

Keysight Technologies

Мультиметр 3458А



Руководство
по эксплуатации



**НАУЧНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
ГРУППА КОМПАНИЙ

Уведомления

Уведомление об авторском праве

© Keysight Technologies, 1988–2017

Никакая часть данного руководства не может быть скопирована в любой форме или любым способом (включая хранение в электронном виде и перевод на другие языки) без предварительного письменного согласия компании Keysight Technologies на условиях, определяемых законодательством США и международным законодательством

Артикул производства

03458-90054

Редакция

Выпуск 6, 1 июля 2017 г.

Отпечатано

Отпечатано в Малайзии

Опубликовано

Keysight Technologies
Bayan Lepas Free Industrial Zone,
11900 Penang, Malaysia

Лицензии на технологии

Программное и/или аппаратное обеспечение, описываемое в данном документе, предоставляется по лицензии, и любое его использование или копирование допускается только на условиях этой лицензии.

Декларация о соответствии

Декларация соответствия для данного инструмента и прочих продуктов Keysight доступна в Интернете. Перейдите по адресу <http://www.keysight.com/go/conformity>. Чтобы найти последний выпуск декларации соответствия, выполните поиск по номеру продукта.

Права правительства США

Это Программное обеспечение является «коммерческим программным обеспечением» согласно определению в правилах закупок Federal Acquisition Regulation («FAR»), п. 2.101. В соответствии с правилами закупок FAR, п. 12.212 и п. 27.405-3, а также дополнением МО США к правилам закупок FAR («DFARS»), п. 227.7202, правительство США приобретает коммерческое программное обеспечение для компьютеров на тех же условиях, на которых это программное обеспечение обычно предоставляется публике. Согласно этому компания Keysight предоставляет Программное обеспечение заказ-

чикам из правительства США в соответствии со своей стандартной коммерческой лицензией, которая включена в состав Лицензионного соглашения с конечным пользователем (End User License Agreement, EULA); копию этого соглашения можно найти по адресу <http://www.keysight.com/find/sweula>.

Лицензия, определяемая в Лицензионном соглашении с конечным пользователем (EULA), представляет эксклюзивный набор полномочий, согласно которым правительство США может использовать, модифицировать, распространять или раскрывать Программное обеспечение. Лицензионное соглашение с конечным пользователем (EULA) и предоставляемая в нем лицензия не требуют и не допускают, помимо прочего, чтобы компания Keysight: (1) предоставляла техническую информацию, связанную с коммерческим программным обеспечением для компьютеров, или документацию по программному обеспечению для компьютеров, которая обычно не предоставляется публике; или (2) отказывалась от своих прав или каким-либо иным образом предоставляла правительству права, за исключением таких прав, обычно предоставляемых публике, на использование, модификацию, воспроизведение, передачу в свободный доступ, выполнение, отображение или раскрытие коммерческого программного обеспечения для компьютеров или документации коммерческого программного обеспечения для компьютеров. Никакие дополнительные правительственные требования, за исключением тех, которые определены в Лицензионном соглашении с конечным пользователем (EULA), применяться не будут, кроме тех случаев, когда такие условия, права или лицензии явно требуются от всех поставщиков коммерческого программного обеспечения для компьютеров в соответствии с правилами закупок FAR или DFARS и явно выражены в письменной форме в какой-либо другой части Лицензионного соглашения с конечным пользователем (EULA). Компания Keysight не принимает на себя какие-либо обязательства по обновлению, редактированию или каким-либо иным модификациям Программного обеспечения. В отношении технических данных («technical data») согласно определению в правилах закупок FAR п. 2.101, в соответствии с пунктами FAR 12.211 и 27.404.2, а также согласно определению в правилах закупок DFARS п. 227.7102, правительство США получает не более чем Ограниченные права («Limited Rights») согласно определениям в правилах FAR, п. 27.401 или правилах DFARS, п. 227.7103-5 (c), в соответствии с применимостью к любым техническим данным.

Гарантия

МАТЕРИАЛЫ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ НА УСЛОВИЯХ «КАК ЕСТЬ» И МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ В ПОСЛЕДУЮЩИХ РЕДАКЦИЯХ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УВЕДОМЛЕНИЯ. КРОМЕ ТОГО, В РАМКАХ, МАКСИМАЛЬНО ДОПУСКАЕМЫХ ДЕЙСТВУЮЩИМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ KEYSIGHT ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ — ЯВНЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ — В ОТНОШЕНИИ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА И СОДЕРЖАЩИХСЯ В НЕМ СВЕДЕНИЙ, ВКЛЮЧАЯ, СРЕДИ ПРОЧЕГО, ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОГО КАЧЕСТВА И ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. KEYSIGHT НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ ОШИБКИ, А ТАКЖЕ СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ ОПСРЕДОВАННЫЕ УБЫТКИ, СВЯЗАННЫЕ С ДОСТАВКОЙ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЛИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ НАСТОЯЩЕГО ДОКУМЕНТА ИЛИ ЛЮБОЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ. ПРИ НАЛИЧИИ ОТДЕЛЬНОГО ПИСЬМЕННОГО СОГЛАШЕНИЯ МЕЖДУ KEYSIGHT И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ, ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ КОТОРОГО В ОТНОШЕНИИ ПРОДУКЦИИ, РАССМАТРИВАЕМОЙ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРОТИВОРЕЧАТ ПРИВЕДЕННЫМ ЗДЕСЬ УСЛОВИЯМ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННУЮ СИЛУ ИМЕЮТ ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ ТАКОГО ОТДЕЛЬНОГО СОГЛАШЕНИЯ.

Информация об опасности

ВНИМАНИЕ!

Текст, отмеченный заголовком ОСТОРОЖНО, означает опасность. Он призван привлечь внимание к определенной процедуре, методике и т. п., неправильное выполнение или несоблюдение которой может привести к повреждению устройства или потере важных данных. Не пропускайте ни одного примечания ОСТОРОЖНО, не разобравшись полностью в его условиях и не убедившись в их выполнении.

ОСТОРОЖНО!

Текст, отмеченный заголовком ВНИМАНИЕ, означает опасность. Он призван привлечь внимание к определенной процедуре, методике и т. п., неправильное выполнение или несоблюдение которой может привести к травмам или смерти. Не пропускайте ни одного примечания ВНИМАНИЕ, не разобравшись полностью в его условиях и не убедившись в их выполнении.







Ограниченные права правительства США

Программное обеспечение и документация были разработаны исключительно на средства частных лиц. Они поставляются и лицензируются как «коммерческое компьютерное программное обеспечение» согласно определению этого термина в Правилах закупок для нужд обороны DFAR 252.227-7013 (октябрь 1988 г.), DFARS 252.211-7015 (май 1991 г.) или DFARS 252.227-7014 (июнь 1995 г.), как «коммерческий продукт» согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд FAR 2.101(a) или как «компьютерное программное обеспечение с ограниченными условиями использования» согласно определению в Правилах закупок для федеральных нужд FAR 52.227-19 (июнь 1987 г.) (или аналогичных правилах агентства или статьях договора) в зависимости от применимости указанных документов. Вам предоставляются только те права, которые указаны для данного ПО и документации в применимых статьях FAR/DFARS или в стандартном соглашении компании Keysight на программное обеспечение для соответствующего продукта.



Предупреждающие знаки безопасности

Следующие символы, отображаемые на приборе и в документации, указывают на меры предосторожности, которые необходимо принять для обеспечения безопасной эксплуатации изделия.

	Постоянный ток		Переменный ток
	ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.		Знак руководства по эксплуатации на корпусе изделия. Он означает, что пользователю следует ознакомиться с руководством для получения конкретных сведений о ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯХ и ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯХ во избежание травм или повреждения изделия.
	Указывает контакт, который должен быть подключен к заземлению при использовании внешней электропроводки до начала работы с изделием для защиты от поражения электрическим током в случае возникновения неисправностей.		Контакт заземления на раме или шасси — обычно соединен с металлической рамой изделия.

Сведения по технике безопасности

Ознакомьтесь с приведенной ниже информацией перед началом работы с прибором.

Ниже описаны общие меры предосторожности, которые необходимо соблюдать на всех этапах эксплуатации, обслуживания и ремонта данного прибора. Несоблюдение данных мер предосторожности или специальных предупреждений, размещенных в других разделах настоящего руководства, является нарушением норм безопасности при проектировании, изготовлении и использованию прибора по назначению. Компания Keysight Technologies не несет никакой ответственности в случае несоблюдения пользователем этих требований.

ОСТОРОЖНО!

- **Заземление оборудования.** Для оборудования с классом защиты 1 (с защитным заземляющим контактом) необходимо обеспечить постоянный контакт защитного заземляющего контакта розетки электропитания с входными разъемами изделия или входящего в комплект кабеля питания.
- **НЕ** эксплуатируйте изделие во взрывоопасной среде или при наличии в воздухе горючих газов и испарений.
- **Для постоянной защиты** от возгорания при замене предохранителей питания используйте только предохранители, рассчитанные на те же номинальные значения напряжения/тока и только того же типа. **НЕ ИСПОЛЬЗУЙТЕ** восстановленные предохранители или закороченные гнезда предохранителей.
- **Не прикасайтесь к цепям под напряжением.** Работающий с прибором персонал не должен снимать крышки и экраны прибора. Действия, связанные со снятием крышек и экранов должны выполняться исключительно квалифицированными специалистами сервис-центров. При определенных условиях возможно наличие напряжения опасного уровня даже на выключенном оборудовании. Во избежание поражения электрическим током **НЕ** производите действий, связанных со снятием крышек и экранов, если только вы не обладаете требуемой для этого квалификацией.



ОСТОРОЖНО!

- **НЕ эксплуатируйте поврежденное оборудование.** В случае возможного повреждения защитных средств безопасности, которыми оснащено изделие (из-за механических повреждений, повышенного уровня влажности или каких-либо других причин) **ОТКЛЮЧИТЕ ПИТАНИЕ** и не пользуйтесь изделием до того, пока квалифицированным специалистом сервис-центра не будет подтверждена безопасность его эксплуатации. При необходимости верните изделие в компанию Keysight для обслуживания и ремонта, чтобы гарантировать работоспособность средств безопасности.
- **НЕ производите обслуживание и настройку в одиночку.** Все действия по внутреннему обслуживанию и настройке прибора должны выполняться только в присутствии помощника, способного оказать первую медицинскую помощь и выполнить действия по реанимации.
- **НЕ заменяйте компоненты изделия и не вносите изменений в его конструкцию.** Не заменяйте компоненты изделия и не вносите несанкционированные изменения в его конструкцию, поскольку это может привести к появлению дополнительных угроз безопасности. Верните изделие в компанию Keysight для обслуживания и ремонта, чтобы гарантировать работоспособность средств безопасности.
- **Измерения высокого напряжения всегда связаны с повышенной опасностью.** ВСЕ входные разъемы мультиметра (как на передней, так и на задней панели) считаются опасными при подаче входного напряжения, превышающего 42 В (постоянного напряжения или пикового значения переменного напряжения), на ЛЮБОЙ разъем.
- **Постоянные подключения для напряжения опасного уровня** и источники с мощностью выше 150 ВА должны быть промаркированы, снабжены предохранителями или какими-либо другими функциями защиты от случайного замыкания и неисправностей оборудования.
- **НЕ** оставляйте измерительные разъемы под напряжением, когда они не используются.
- **НЕ** используйте переключатель на передней/задней панели для коммутации сигналов опасного уровня между разъемами передней/задней панели мультиметра.

Директива об утилизации электрического и электронного оборудования

Данное изделие соответствует требованиям к маркировке Директивы по утилизации электрического и электронного оборудования. Такая маркировка на устройстве обозначает, что оно является электрическим или электронным устройством, не предназначенным для утилизации с обычными бытовыми отходами.

Категория изделия:

Согласно определениям типов оборудования в Приложении 1 Директивы об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE), данный прибор классифицируется как «устройство для наблюдения и измерений».

Ниже представлена маркировка, прикрепленная к устройству.



Не выбрасывать вместе с бытовыми отходами.

Для возврата ненужного прибора обратитесь в ближайший сервис-центр компании Keysight или посетите веб-сайт

<http://about.keysight.com/en/companyinfo/environment/takeback.shtml>.



Продажа и техническая поддержка

Чтобы связаться с Keysight по вопросам продажи и технической поддержки, используйте ссылки по поддержке на следующих веб-сайтах Keysight:

- www.keysight.com/find/xxxxx
(информация об изделии и его поддержка, обновления программного обеспечения и документации)
- www.keysight.com/find/assist
(контактные данные для ремонта и обслуживания по всему миру)

Введение

В данном руководстве содержатся сведения по установке, эксплуатации и программированию 3458A, а также по его программированию. Руководство состоит из перечисленных ниже глав.

Глава 1. Установка и техническое обслуживание

В данной главе содержатся сведения по первичной проверке, установке и техническому обслуживанию. В ней также приведены списки доступных опций и принадлежностей.

Глава 2. Начало работы

В данной главе описываются основные принципы работы мультиметра. В ней приведены инструкции по работе с передней панелью прибора, по отправке мультиметру команд с удаленных устройств и получения данных с удаленных устройств.

Глава 3. Настройка для выполнения измерений

В этой главе описывается, как настроить мультиметр для измерений всех типов, за исключением функций оцифровки (которые описаны в Главе 5). В этой главе также описано использование подпрограмм и памяти состояний, входного буфера и регистра состояния.

Глава 4. Выполнение измерений

В этой главе обсуждаются способы запуска измерений и форматы отсчетов, а также представлены инструкции по использованию памяти отсчетов и передаче данных отсчетов по шине GPIB. Кроме того, в этой главе приведены рекомендации по повышению скорости сбора отсчетов, использованию сигнала EXTOUT мультиметра и использованию математических операций.

Глава 5. Оцифровка

Оцифровкой называется процесс преобразования непрерывного аналогового сигнала в последовательность дискретов (отсчетов). В этой главе описываются различные способы оцифровки сигналов, важность правильного выбора частоты дискретизации и использование запуска по уровню.



Глава 6. Справочные сведения по командам

В этой главе описаны команды языка мультиметра (HPML) и содержатся подробные описания каждой команды этого языка. Команды представлены в алфавитном порядке.

Глава 7. Язык программирования BASIC

В этой главе описаны команды BASIC, поддерживаемые внутренней операционной системой мультиметра 3458A. Данная функция позволяет легко выполнить множество имеющихся специальных потребностей с помощью создания и загрузки простой подпрограммы BASIC для настройки режима работы мультиметра.

Приложения

В приложениях приведены технические характеристики мультиметра, информация о командах GPIB, распознаваемых мультиметром, и сведения о блокировке переключателя разъемов на передней/задней панели мультиметра, а также примечания к прибору по оцифровке и достижении максимальной частоты сбора отсчетов и производительности.

Содержание

Ограниченные права правительства США	3
Предупреждающие знаки безопасности	4
Сведения по технике безопасности	5
Директива об утилизации электрического и электронного оборудования	7
Категория изделия:	7
Продажа и техническая поддержка	8
Введение	9
1 Монтаж и техническое обслуживание	
Введение	30
Первичная проверка	31
Опции и принадлежности	32
Установка мультиметра	34
Требования к заземлению	34
Требования к сетевому питанию	35
Установка переключателей сетевого напряжения	35
Установка сетевого предохранителя	36
Кабели питания	37
Подключение кабеля GPIB	38
Адрес GPIB	39
Монтаж мультиметра	39
Проверка установки	39
Техническое обслуживание	40
Замена сетевого предохранителя	40
Замена предохранителя тока	40
Ремонтный сервис-центр	41
2 Начало работы	
Введение	44
Перед включением питания	45
Включение питания	46



Самотестирование при включении питания	46
Состояние после включения	46
Дисплей	48
Выполнение действий с передней панели	49
Выполнение измерений	50
Изменение функции измерений	51
Автоматический и ручной выбор диапазона	52
Самопроверка	53
Считывание данных из регистра ошибок	54
Предварительная настройка мультиметра	56
Использование клавиш конфигурации	57
Использование клавиш MENU	62
Команды запросов	63
Управление дисплеем	64
Отображаемые разряды	67
Recall	67
Клавиши, определяемые пользователем	68
Установка накладки на клавиатуру	69
Выполнение действий в дистанционном режиме	71
Команды ввода и вывода данных	71
Считывание адреса GPIB	71
Изменение адреса GPIB	72
Отправка команды удаленного управления	72
Получение данных из мультиметра	72
Клавиша Local (локальный режим)	73
3 Настройка для выполнения измерений	
Введение	76
Основная настройка	77
Самопроверка	77
Просмотр регистров ошибок	77
Калибровка	79
Выбор входных разъемов	81
Защитный экран	84
Приостановка сбора отсчетов	84
Установка начальных параметров	85
Указание функции измерений	87

Автоматический диапазон	88
Указание диапазона	88
Настройка для измерений постоянного тока и сопротивления	90
Постоянное напряжение	90
Значение постоянного тока	91
Сопротивление	93
Настройка АЦП	96
Автоматическая установка нуля	100
Компенсация смещения	101
Фиксированное входное сопротивление	102
Настройка для измерений переменного тока	103
Переменное напряжение или переменное напряжение с постоянной составляющей	103
Переменный ток или переменный ток с постоянной составляющей	107
Частота и период	108
Указание полосы пропускания	110
Установка времени интегрирования	110
Указание разрешения	112
Настройка для измерений отношений	116
Установка режима измерений отношений	117
Использование программной памяти	118
Сохранение подпрограммы	118
Запуск подпрограммы	119
Приостановка выполнения подпрограммы	119
Встроенные подпрограммы	120
Автоматический запуск подпрограммы	121
Сжатие подпрограмм	122
Удаление подпрограмм	122
Использование памяти состояний	123
Сохранение состояний	123
Вызов состояний	124
Удаление состояний	124
Использование входного буфера	125
Использование регистра состояния	126



Считывание данных регистра состояния	127
Прерывания	128
4	Выполнение измерений
Введение	132
Запуск измерений	133
Событие активации запуска	134
Событие запуска	134
Событие дискретизации	134
Выбор событий	134
Непрерывный сбор отсчетов	135
Сбор одиночных отсчетов	136
Сбор нескольких отсчетов	137
Множественная активация запуска	138
Синхронный сбор отсчетов	139
Сбор отсчетов по таймеру	140
Сбор отсчетов с задержкой	141
Внешний запуск	142
Комбинации событий	145
Форматы отсчетов	150
ASCII	150
Одиночные и двойные целочисленные данные	150
Одиночное действительное число	151
Использование памяти отсчетов	154
Форматы памяти	154
Вызов данных отсчетов	156
Отправка данных отсчетов по шине	160
Форматы вывода данных	160
Оператор завершения вывода данных	162
Использование выходных форматов SINT и DINT	162
Использование формата вывода данных SREAL	165
Использование формата вывода данных DREAL	166
Повышение скорости сбора отсчетов	168
Высокоскоростной режим	168
Настройка для высокоскоростного режима сбора отсчетов	169
Высокоскоростная передача данных по шине GPIB	177

Высокоскоростная передача данных из памяти	179
Определение скорости сбора отсчетов	180
Сигнал EXTOUT	183
Завершение сбора отсчетов	185
Пакет завершен	186
Завершение ввода	187
Форма сигнала апертуры	188
Сервисный запрос	188
Команда EXTOUT ONCE	190
Математические операции	191
Сравнение режимов «обработка в реальном времени» и «постобработка»	191
Включение математических операций	192
Математические регистры	193
Операция NULL	194
Операция SCALE	196
Операция Percent	198
Операция DB	199
Операция DBM	200
Операция Statistics	202
Операция Pass/Fail	203
Операция FILTER	205
Операция RMS	206
Измерения температуры	207

5 Оцифровка

Введение	210
Методы оцифровки	211
Частота дискретизации	213
Запуск по уровню	215
Примеры запуска по уровню	215
Фильтрация по уровню	218
Оцифровка значений постоянного напряжения	220
Примечания по постоянному напряжению	221
Пример измерений постоянного напряжения	223



Непосредственная дискретизация	225
Примечания по непосредственной дискретизации	226
Пример непосредственной дискретизации	228
Субдискретизация	230
Основы субдискретизации	230
Событие синхронизации с сигналом источника	232
Примечания для субдискретизации	234
Отправка отсчетов в память	236
Отправка отсчетов в контроллер	237
Просмотр дискретизированных данных	240
6 Справочные сведения по командам	
Введение	246
Языковые соглашения	248
Завершение выполнения команд	248
Несколько команд	249
Параметры	249
Команды запросов	250
Команды по функциональным группам	253
Команды и функции измерений	255
ACAL	257
ACBAND	258
ACDCI, ACDCV, ACI, ACV	260
ADDRESS	260
APER	261
ARANGE	262
AUXERR?	263
AZERO	265
BEEP	267
CAL	268
CALL	268
CALNUM?	269
CALSTR	270
COMPRESS	271
CONT	272
CSB	272

DCI, DCV	273
DEFEAT	273
DEFKEY	274
DELAY	276
DELSUB	277
DIAGNOST	278
DISP	278
DSAC, DSDC	279
EMASK	283
END	285
ERR?	286
ERRSTR?	288
EXTOUT	289
FIXEDZ	291
FREQ	293
FSOURCE	295
FUNC	296
ID?	302
INBUF	302
ISCALE?	304
LEVEL	307
LFILTER	309
LFREQ	310
LINE?	311
LOCK	312
MATH	313
MCOUNT?	316
MEM	317
MENU	319
MFORMAT	320
MMATH	322
MSIZE	326
NDIG	327
NPLC	328
NRDGS	331
OCOMP	335
OFORMAT	336
OHM, OHMF	343



OPT?	343
PAUSE	344
PER	346
PRESET	348
PURGE	350
QFORMAT	351
R	353
RANGE	353
RATIO	357
RES	360
RESET	362
REV?	364
RMATH	365
RMEM	366
RQS	368
RSTATE	370
SCAL	371
SCRATCH	371
SECURE	371
SETACV	373
SLOPE	374
SMATH	375
SRQ	377
SSAC, SSDC	377
SSPARM?	383
SSRC	384
SSTATE	389
STB?	391
SUB	392
SUBEND	396
SWEEP	396
T	400
TARM	400
TBUFF	404
TEMP?	405
TERM	406
TEST	407
TIMER	407

TONE	409
TRIG	409
7 Язык BASIC для 3458A	
Введение	414
Принцип работы	415
Команды языка BASIC	416
Переменные и массивы	416
Математические операции	417
Определение/удаление подпрограмм	417
Команды выполнения подпрограмм	418
Создание циклов и ветвей	418
Бинарные программы	418
Новые команды мультиметра	419
Пример программы на языке BASIC 3458A	420
Переменные и массивы	422
Объявления типов	422
Преобразование типа	423
Использование переменных	424
Массивы	426
Математические выражения общего назначения	428
Математические операторы	428
Математическая иерархия	431
Математические ошибки	432
Оптимизация сравнений	432
Подпрограммы	434
Написание и загрузка подпрограмм	436
Типы команд в подпрограммах	438
Команды определения/удаления	438
Команды исполнения	440
Условные операторы в подпрограммах	444
Циклы FOR...NEXT	444
Циклы WHILE	445
Ветвление IF...THEN	446



Приложение А. Технические характеристики

Приложение В. Команды GPIB

Введение	450
ABORT 7 (IFC)	451
CLEAR (DCL или SDC)	451
Команда LOCAL (GTL)	452
Команда LOCAL LOCKOUT (LLO)	452
Команда REMOTE	453
Команда SPOLL (Serial Poll)	454
Команда TRIGGER (GET)	456

Приложение С. Процедура блокировки переключателей контактов на передней/задней панели, а также охранных контактов

Введение	458
Необходимые приспособления	459
Порядок действий	460
Процедура удаления крышек	460
Процедура удаления рычагов защитных переключателей	463
Процедура удаления рычагов передней/задней панели	463
Процедура установки крышки переключателя	467
Процедура установки крышек	468

Приложение D. Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

Обзор прибора 3458A	472
Язык команд, ориентированный на приложения	472
Измерения, медленные по физической природе	472
Максимальное ускорение измерений	474
Программная память	474
Хранилище данных о состоянии	474
Анализ результатов измерений	474
Группировка задач и циклы измерений	475
Время безотказной работы системы	475

Назначение	477
В разделе «Примечания к прибору» описываются перечисленные ниже темы.	477
Значения постоянного напряжения, постоянного тока и сопротивления	478
Оптимизация параметров тракта постоянного напряжения	478
Значение постоянного тока	482
Сопротивление	482
Оптимизация параметров тракта слежения и запоминания (непосредственная дискретизация и субдискретизация)	484
Переменное напряжение и переменный ток	486
Аналоговые измерения переменного напряжения	486
Синхронные измерения переменного напряжения	486
Измерения переменного напряжения в случайных точках	487
Сравнение режимов измерений переменного напряжения	487
Значение перемен. тока	488
Частота и период	489
Оптимизация процесса тестирования путем распределения задач	491
Математические операции	491
Хранение данных	491
Форматы вывода данных	492
Память состояний и программная память	493
Список измерений	494
Оценка производительности	496
Результаты оценки производительности	498
Повышение скорости	503
Приложение Е. Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458А	
Введение	522
Скорость и разрешение	523
Оцифровка аналоговых сигналов	523
Предотвращение наложения спектров	524
Возможность выбора одного из двух измерительных трактов	526
Использование тракта постоянного напряжения для непосредственной дискретизации	526



Использование тракта слежения и запоминания для непосредственной или последовательной дискретизации	527
Захват данных	529
Высокоскоростная передача данных	534
Программное обеспечение «Библиотека результатов анализа сигналов»	534
Начальная основная программа	536
Ошибки измерений	539
Амплитудные погрешности	540
Ошибки запуска и временной развертки	545

Алфавитный указатель

Список рисунков

Рисунок 2-1	Задняя панель	34
Рисунок 2-2	Положения переключателей напряжения питания	36
Рисунок 2-3	Кабели питания	37
Рисунок 2-4	Типичные подключения GPIB	38
Рисунок 2-5	Разъем с предохранителем тока	41
Рисунок 3-1	Передняя панель	49
Рисунок 3-2	Измерения с использованием двух проводов (+ экран)	50
Рисунок 3-3	Клавиши функций	51
Рисунок 3-4	Тест дисплея	56
Рисунок 3-5	Функции клавиш конфигурации	57
Рисунок 3-6	Накладка на клавиатуру (артикул Keysight 03458A-84303)	70
Рисунок 3-7	Установка наклейки на клавиатуру	70
Рисунок 4-1	Подключения для измерений напряжения	91
Рисунок 4-2	Подключения для измерений силы тока	92
Рисунок 4-3	2-проводная схема соединений для измерений сопротивления	94
Рисунок 4-4	4-проводная схема соединений для измерений сопротивления	95
Рисунок 4-5	Подключения для измерений отношений	116
Рисунок 5-1	Иерархия запуска	133
Рисунок 5-2	Множественная активация запуска	138
Рисунок 5-3	Интервал TIMER или SWEEP	141
Рисунок 5-4	Сочетание параметров DELAY и SWEEP (или TIMER)	142
Рисунок 5-5	Взаимосвязь событий АЦП	184
Рисунок 5-6	Использование внешнего сканера	186
Рисунок 6-1	Оцифрованная синусоида	210
Рисунок 6-2	Пути измеряемых сигналов	211
Рисунок 6-3	Подключения для измерений	212
Рисунок 6-4	Наложение спектров из-за недостаточной частоты дискретизации	213
Рисунок 6-5	Запуск по уровню при переходе нулевого значения с положительным фронтом	215
Рисунок 6-6	Запуск по уровню, 50 %, отрицательный фронт, тип связи по переменному току	217
Рисунок 6-7	Запуск по уровню, -50 %, положительный фронт, тип связи по переменному току	217
Рисунок 6-8	Запуск по уровню, -25 %, положительный фронт, тип связи по постоянному току	218
Рисунок 6-9	Непосредственная дискретизация	226



Рисунок 6-10	Пример субдискретизации	231
Рисунок 6-11	Сигнал сложной формы	232
Рисунок 6-12	Типичный сигнал синхронизации для события синхронизации с сигналом источника EXT	233
Рисунок 6-13	Типичный график сигнала	241
Рисунок С-1	Правая панель 3458А	460
Рисунок С-2	3458А — вид слева	461
Рисунок С-3	Крышки винтов заземления	462
Рисунок С-4	3458А — вид сзади	462
Рисунок С-5	3458А — вид снизу в разборе	464
Рисунок С-6	Расположение защитного переключателя и рычага	465
Рисунок С-7	3458А — вид сверху в разборе	466
Рисунок С-8	Расположение переключателя передней/задней панели и рычага	467
Рисунок С-9	Установка крышек переключателей	468
Рисунок D-1	Точность, частота считывания, разрешение и шумы в зависимости от выбора значения апертуры или NPLC	480
Рисунок D-2	Для значения времени стабилизации при измерениях сопротивления предполагается, что шунтирующая емкость в цепи измерений составляет менее 200 пФ. Для более низких значений сопротивления установка значения задержки ниже стандартных значений не обеспечивает каких-либо преимуществ. Для значений сопротивления более 100 кОм для достижения окончательных значений требуются более высокие значения времени стабилизации. Поэтому установка значений времени стабилизации в таком случае может сократить время измерений, однако, сокращая тем самым точность измерений.	483
Рисунок D-3	Функция компенсации смещения при измерениях сопротивления устраняет эффект влияния последовательных источников напряжения небольшого уровня, такого как эффект термопары в цепи. Путем измерений напряжения на сопротивлении неизвестного значения (V_e) с отключенным источником тока с последующими измерениями напряжения на сопротивлении неизвестного значения (V_e) с включенным источником тока устраняется эффект влияния напряжения V_e на результаты измерений.	484
Рисунок D-4	На функциональной схеме сигнального тракта представлены три способа измерений переменного напряжения	488

Рисунок D-5	Список измерений и список сканирования повышают производительность тестирования при использовании в схеме с подключением разъема External Increment (Внешний шаг) к разъему External Output (Внешний выход), а разъема Channel (Канал) — к разъему внешнего запуска	495
Рисунок D-6	Значения времени выполнения для различных конфигураций	497
Рисунок E-1	В целом, в системах цифровой обработки сигнала должны учитываться различные функции, начиная с аналогового сигнала и заканчивая понятными пользователю результатами	524
Рисунок E-2	При непосредственной дискретизации получение сигнала происходит за один прогон входного сигнала. Для последовательной дискретизации требуется периодический сигнал, для которого период реконструируется за несколько прогонов. Числами обозначены выборки, полученные за один период получения входного сигнала	525
Рисунок E-3	3458A имеет два разных тракта оцифровки: стандартный тракт постоянного напряжения и тракт слежения и запоминания	527
Рисунок E-4	Для захвата коротких импульсов следует использовать тракт слежения и запоминания с полосой пропускания 12 МГц. Обратите внимание, что минимальное время между сбором данных и событием запуска составляет 175 нс	528
Рисунок E-5	Указанные варианты события запуска обеспечивают достаточную гибкость для использования в различных сферах применения.	529
Рисунок E-6	Оцифровка стандартной команды запуска. Команда активации запуска (TARM SGL, 4) разрешает только 4 повтора цикла измерений, сокращая объем данных, требуемых для определения отношения затененных областей во входном сигнале	531
Рисунок E-7	Когда условия активации запуска и события запуска выполнены, сбор пакета измерений может выполнить оцифровку сигнала, как показано в данном примере	532
Рисунок E-8	Использование 3458A в качестве амплитудно-фазного анализатора с генератором качающейся частоты для амплитудных диаграмм Боде. Тестируемое устройство может быть определено по частоте с синхронизируемым по фазе запуском для определения времени измерений	533



Рисунок E-9	Здесь представлен стандартный способ структурировать собственную программу автоматических измерений с использованием подпрограмм библиотеки (список может быть не исчерпывающим)	535
Рисунок E-10	Пример результатов, сгенерированных с использованием библиотеки результатов анализа сигналов	538
Рисунок E-11	Эти источники погрешностей оцифровки следует учитывать в любых измерениях	540
Рисунок E-12	При статическом входном сигнале постоянного тока АЦП может давать идеальную передаточную функцию, как показано на рис. 12а. При динамическом входном сигнале, однако, могут появиться погрешности, как показано на рис. 12b	542
Рисунок E-13	АЦП с погрешностью нелинейности дают паразитные отклики, которые невозможно устранить за счет усреднения. Разрядность 3458А — 16 разрядов при 100 000 отсчетов/с	543
Рисунок E-14	Спад амплитуды на 3458А для двух разных измерительных трактов	544
Рисунок E-15	Последствия дрожания временной развертки изображены ниже. Для 3458А дрожание составляет 50 пс (среднеквадратичное значение). Для дрожания характерна повторяемость, благодаря чему его можно выделить и скорректировать	545

Список таблиц

Таблица 2-1	Доступные опции	32
Таблица 2-2	Доступные принадлежности	32
Таблица 2-3	Предельные значения сетевого напряжения	35
Таблица 2-4	Замена сетевых предохранителей и крышек	40
Таблица 3-1	Состояние при включении питания	46
Таблица 3-2	Индикаторы на дисплее	48
Таблица 4-1	Номинальные входные параметры	83
Таблица 4-2	Состояние PRESET NORM	85
Таблица 4-3	Параметры функций измерений	87
Таблица 4-4	Диапазоны постоянного напряжения	90
Таблица 4-5	Диапазоны постоянного тока	92
Таблица 4-6	Диапазоны измерений сопротивления	93
Таблица 4-7	Способы измерений переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей	104
Таблица 4-8	Диапазоны переменного тока/переменного тока с постоянной составляющей и разрешение	108
Таблица 4-9	Параметры команды FSOURCE	109
Таблица 4-10	Зависимости для АЦП при аналоговых измерениях переменного тока	112
Таблица 4-11	Время счета и разрешение для измерений частоты/периода	114
Таблица 5-1	Параметры событий	134
Таблица 5-2	Комбинации событий	145
Таблица 5-3	Команды, выполняемые при запуске команды PRESET FAST	170
Таблица 5-4	Математические регистры	193
Таблица 5-5	Регистры STAT	202
Таблица 5-6	Математические операции, относящейся к измерениям температуры	207
Таблица 6-1	Методы оцифровки	211
Таблица 6-2	Амплитудная погрешность и разрешение в сравнении с апертурным временем	223
Таблица 7-1	Команды и функции измерений	255
Таблица В-1	Возможности интерфейса GPIB	450
Таблица D-1	Время интегрирования и отклик на запрос	480



Таблица D-2	Сравнения режимов измерений переменного напряжения	488
Таблица D-3	Представлено снижение разрешения для каждого значения времени счета	489

1 Монтаж и техническое обслуживание

Введение	30
Первичная проверка	31
Опции и принадлежности	32
Установка мультиметра	34
Техническое обслуживание	40

Введение

В данной главе содержатся сведения по первичной проверке, установке и техническому обслуживанию. В ней также приведены списки доступных опций и принадлежностей. Рекомендуется ознакомиться с данной главой до подключения каких-либо электрических цепей к мультиметру.

Первичная проверка

ОСТОРОЖНО!

При проявлении каких-либо из описанных ниже симптомов или подозрениях на их наличие выведите мультиметр из эксплуатации.

- Видимые повреждения.
- Значительные механические воздействия при транспортировке.
- Длительное воздействие неблагоприятных условий.
- Сбой при выполнении требуемых измерений или функций.

Не используйте мультиметр, пока квалифицированным специалистом сервис-центра не будет подтверждена безопасность его эксплуатации.

Перед отгрузкой с завода-изготовителя мультиметр прошел тщательную проверку. При получении он не должен быть поврежден и должен находиться в полностью работоспособном состоянии. Если транспортная тара или амортизирующий материал имеют повреждения, сохраните их до завершения проверки посылки и проверки мультиметра. При распаковке мультиметра убедитесь, что помимо мультиметра в комплекте имеются перечисленные ниже позиции.

- Краткое справочное руководство (1 шт.)
- Руководство пользователя по работе с передней панелью (1 шт.)
- Руководство по калибровке (1 шт.)
- Руководство по ремонту на уровне компонентов (1 шт.)
- Сетевой кабель питания (1 шт.)
- Запасные сетевые предохранители: 500 мА, Т (1 шт. для напряжения 220/240 В), 1,5 А NTD (1 шт. для напряжения 100/120 В)
- Накладка на клавиатуру (5 шт.)
- Крышки блокировки переключателей (2 шт.)
- Комплект измерительных щупов (1 шт.)

Если мультиметр поврежден или обнаружена некомплектность, немедленно уведомите об этом ближайшее представительство компании Keysight Technologies.



Опции и принадлежности

В **Таблице 1-1** представлены все доступные опции, а в **Таблице 1-2** — все доступные принадлежности для мультиметра.

Таблица 1-1 Доступные опции

Описание	Номер опции	Артикул для модификации в процессе эксплуатации
Расширенная память отсчетов (расширение до общего объема 148 КБ)	001	03458A-87901
Высокостабильный источник эталонного сигнала (4 единицы на миллион/год)	002	03458A-80002
Комплект для передней панели	907	5063-9226
Комплект фланца для стойки	908	5063-9212
Комплект фланца для стойки (с ручками)	909	5063-9219
2 дополнительных года для возврата в службу технической поддержки оборудования компании Keysight	W30	

Таблица 1-2 Доступные принадлежности

Описание	Модель или артикул
Запасное руководство пользователя, краткое справочное руководство, руководство по калибровке, Руководство по ремонту на уровне компонентов и руководство пользователя по работе с передней панелью	03458A-90101
Запасное руководство пользователя по работе с передней панелью мультиметра Keysight 3458A	03458A-90007
Запасное краткое справочное руководство	03458A-90008
Запасное руководство по ремонту на уровне компонентов	03458A-90011
Запасное руководство по калибровке	03458A-90017
Пользовательская накладка на клавиатуру	03458A-84313

Таблица 1-2 Доступные принадлежности (продолжение)

Описание	Модель или артикул
Крышка блокировки переключателей (1 шт.)	03458A-44113
Кабель GPIB длиной 1 м	10833A
Кабель GPIB длиной 2 м	10833B
Кабель GPIB длиной 4 м	10833C
Кабель GPIB длиной 0,5 м	10833D
Комплект измерительных щупов	34137A
Шунт на 30 А	34330A
Комплект пробников Кельвина (4 провода + заземление, каждый длиной 1 м)	11059A
Комплект зажим Кельвина (2 для каждого)	11062A
Термисторный температурный датчик 5 кОм	E2308A
Термистор 10 кОм	34308A



Установка мультиметра

В данном разделе описаны действия по заземлению мультиметра и требования к источнику питания, а также содержатся инструкции по установке мультиметра. (Инструкции по установке крышек блокировки переключателей см. в разделе **Приложение С.**) На **Рисунке 1-1** показана задняя панель мультиметра. В данном разделе описана значительная часть разъемов и переключателей на задней панели.

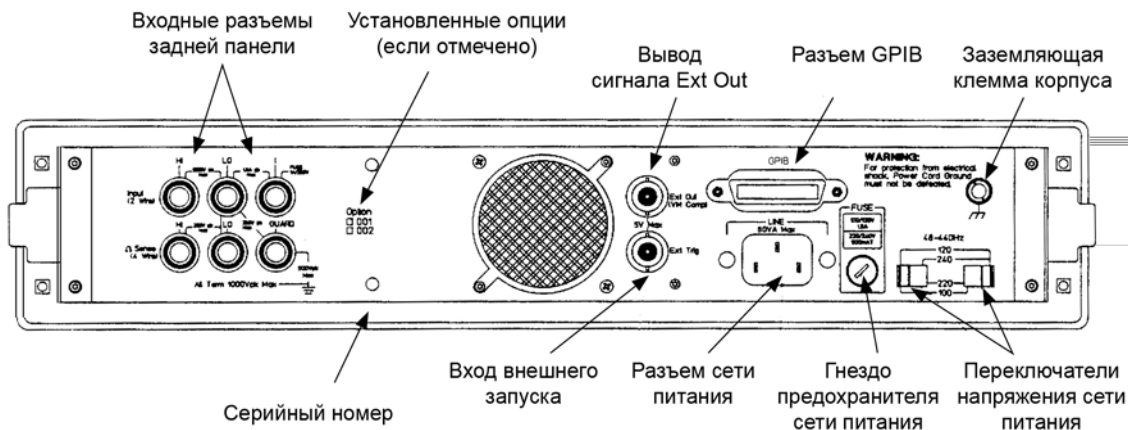


Рисунок 1-1 Задняя панель

Требования к заземлению

Мультиметр поставляется с трехконтактным сетевым кабелем питания (см. **Рисунок 1-3**). Сетевой кабель питания должен подключаться к соответствующей стандартной трехконтактной электророзетке с контактом заземления, подключенным к электрическому заземлению (защитному заземлению). Разъем питания мультиметра и комплектный кабель питания должны соответствовать стандартам безопасности Международной электротехнической комиссии (МЭК).

ПРИМЕЧАНИЕ

Для защиты от поражения электрическим током не следует оставлять неподключенным заземляющий контакт сетевого кабеля.

Требования к сетевому питанию

Мультиметр можно эксплуатировать с подключением к однофазному источнику электропитания с напряжением 100, 120, 220 или 240 В переменного тока (среднеквадратичные значения) и частотой от 48 до 440 Гц. Напряжение сети питания может колебаться в пределах $\pm 10\%$, однако не должно превышать 250 В переменного тока (среднеквадратичное значение). Максимальная потребляемая мощность составляет 80 ВА (вольт-ампер). Номинальные значения напряжения в сети и соответствующие предельные значения представлены в [Таблице 1-3](#).

ВНИМАНИЕ!

Возможно повреждение мультиметра. До подключения мультиметра к источнику сетевого питания необходимо убедиться, что переключатели напряжения питания мультиметра установлены в соответствии с напряжением в сети электропитания переменного тока и установлен соответствующий сетевой предохранитель. Данные сведения приведены в перечисленных ниже разделах.

Таблица 1-3 Предельные значения сетевого напряжения

Номинальное значение (среднеквадратичное)	Допустимые предельные значения (среднеквадратичное значение)
100 В перем. тока	От 90 до 110 В перем. тока
120 В перем. тока	От 108 до 132 В перем. тока
220 В перем. тока	От 198 до 242 В перем. тока
240 В перем. тока	От 216 до 250 В перем. тока

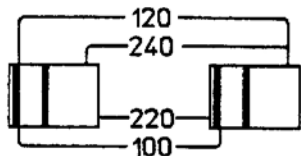
Установка переключателей сетевого напряжения

Переключатели сетевого напряжения изначально установлены в соответствии со стандартами страны, в которую поставляется изделие. Если требуется изменить настройку, выполните описанные ниже действия.

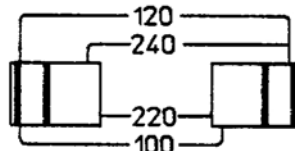
- 1 Перед изменением положений переключателей сетевого напряжения питания отключите сетевой кабель.
- 2 С помощью мелкой плоской отвертки переместите переключатели в соответствующие положения, как показано на [Рисунке 1-2](#).



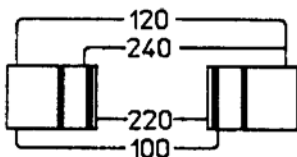
- 3 Установите соответствующий сетевой предохранитель, как описано в следующем разделе.



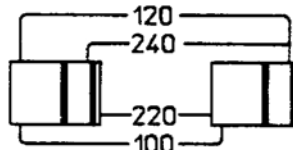
100 В переменного тока



120 В переменного тока



220 В переменного тока



240 В переменного тока

0ME10134580PDF.12

Рисунок 1-2 Положения переключателей напряжения питания

Установка сетевого предохранителя

Сетевой предохранитель должен соответствовать выбранному напряжению питания. Для напряжения 100 или 120 В перем. тока установите предохранитель 1,5 А. Для напряжения 220 или 240 В перем. тока установите предохранитель 500 мА, Т.

Гнездо сетевого предохранителя расположено с правой стороны задней панели мультиметра (см. [Рисунок 1-1](#)). Перед установкой предохранителя убедитесь, что сетевой кабель отключен. Установите предохранитель одним контактом в крышку предохранителя. Установите крышку с предохранителем в гнездо предохранителя. С помощью мелкой плоской отвертки нажмите на крышку предохранителя и поверните ее по часовой стрелке.

Кабели питания

На **Рисунке 1-3** представлены различные кабели питания для мультиметра и их артикулы Keysight. Если в комплекте поставки был получен неправильный кабель питания, уведомите об этом местное торговое представительство компании Keysight для его замены.



Страна	Артикул	Опция	Напряжение
Австралия	8120-1369	901	250 В, 6 А
Дания	1820-2956	912	259 В, 6 А
Европа	1820-1689	902	250 В, 6 А
Великобритания	1820-1351	900	250 В, 6 А
Швейцария	1820-2104	906	250 В, 6 А
США	1820-1378	903	120 В, 10 А
США	1820-0698	904	240 В, 10 А

Кабели питания, поставляемые компанией Keysight, имеют расположение контактов, соответствующее параметрам разъема электропитания прибора.

ПРИМЕЧАНИЕ. Вилки представлены со стороны разъема. Форма опрессованного штепселя может различаться для разных стран.

* Сертификация CSA включает только данные кабели питания.

Рисунок 1-3 Кабели питания



Подключение кабеля GPIB

Подключите кабель GPIB^[1] к 24-контактному разъему GPIB на задней панели мультиметра. Затяните пальцами два винта на разъеме кабеля. На **Рисунке 1-4** показано стандартное подключение GPIB между мультиметром и контроллером.

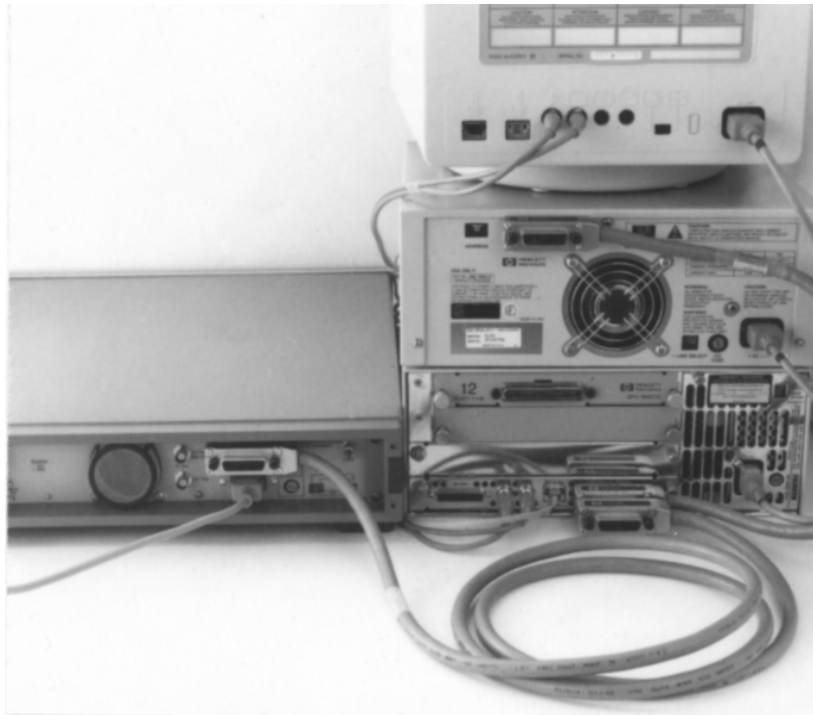


Рисунок 1-4 Типичные подключения GPIB

К одной шине GPIB можно подключить до 15 устройств. На каждом конце кабелей имеются одиночные разъемы штекер/розетка, позволяющие одновременно подключать несколько кабелей один на другой. Общая длина кабелей GPIB не должна превышать 20 метров (65 футов) и 2 метров (6,5 футов) для одного устройства (в зависимости от того, какое из значений является минимальным).

[1] Интерфейс GPIB (General Purpose Interface Bus) — реализация стандартов IEEE Standard 488-1978 и ANSI MC 1.1.

Адрес GPIB

Адрес GPIB мультиметра можно изменить с помощью команды ADDRESS. Инструкции по изменению адреса GPIB см. в разделе «Изменение адреса GPIB», Глава 2. При отгрузке с завода-изготовителя для мультиметра установлен десятичный адрес 22. Код ASCII соответствует адресу прослушивания 6 и адресу передачи V.

ПРИМЕЧАНИЕ

Примеры в данном руководстве относятся к компьютерам Hewlett-Packard серии 200/300 с использованием языка BASIC. В них предполагается, что для интерфейса GPIB выбран код 7, а для прибора — адрес 22, что вместе составляет адрес GPIB 722.

Монтаж мультиметра

Мультиметр поставляется с четырьмя ножками, позволяющими использовать его в качестве настольного прибора. У него также имеется две наклонные стойки, позволяющие приподнять переднюю часть мультиметра. Мультиметр можно смонтировать в стандартную 19-дюймовую стойку с помощью комплектов для установки в стойку (дополнительная опция), описанных в Таблице 1-1.

Проверка установки

Следующая программа позволяет убедиться в том, что мультиметр работает и может взаимодействовать с контроллером по шине GPIB.

```
10 PRINTER IS 1
20 OUTPUT 722;"ID?"
30 ENTER 722; IDENT$
40 PRINT IDENT$
50 END
```

Если мультиметр установлен правильно, то на назначенном системном принтере будет распечатано сообщение Keysight 3458A. Если никакие сообщения не печатаются, убедитесь, что на мультиметр подается электропитание. Также проверьте подключения GPIB, настройку адреса интерфейса и адреса мультиметра.



Техническое обслуживание

В данном разделе приведены инструкции по замене предохранителей мультиметра и обращению в сервис-центр для ремонта.

Замена сетевого предохранителя

Гнездо сетевого предохранителя расположено с правой стороны задней панели мультиметра. Перед заменой предохранителя необходимо отключить электропитание мультиметра. Для замены предохранителя с помощью мелкой плоской отвертки нажмите на крышку предохранителя и поверните ее против часовой стрелки. Снимите крышку предохранителя и замените предохранитель на предохранитель соответствующего типа (см. [Таблицу 1-4](#)). (Артикул Keysight для серой крышки сетевого предохранителя: 2110-0565.) Установите на место крышку предохранителя и включите электропитание.

Таблица 1-4 Замена сетевых предохранителей и крышек

Сетевое напряжение	Сетевой предохранитель
100 или 120 В перем. тока (номинальное значение)	1,5 А NTD, артикул Keysight 2110-0043
220 или 240 В перем. тока (номинальное значение)	500 мА, Т, SB, артикул Keysight 2110-0202

Замена предохранителя тока

Каждый разъем измерений силы тока на передней и задней панели (с маркировкой I) оснащен предохранителем тока. Для доступа к предохранителю отверните зажим разъема измерений силы тока (вращая против часовой стрелки) до упора. Нажмите на разъем и поверните его по часовой стрелке. После этого можно снять разъем с предохранителем, как показано на [Рисунок 1-5](#). При необходимости замените предохранитель предохранителем 1 А, 250 В, NTD (артикул Keysight 2110-0001).

(ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ. Ни в коем случае не используйте тугоплавкие предохранители в качестве предохранителей тока. Это может привести к повреждению мультиметра.) Установите на место разъем с предохранителем, нажав на него и вращая против часовой стрелки, пока он не будет зафиксирован.

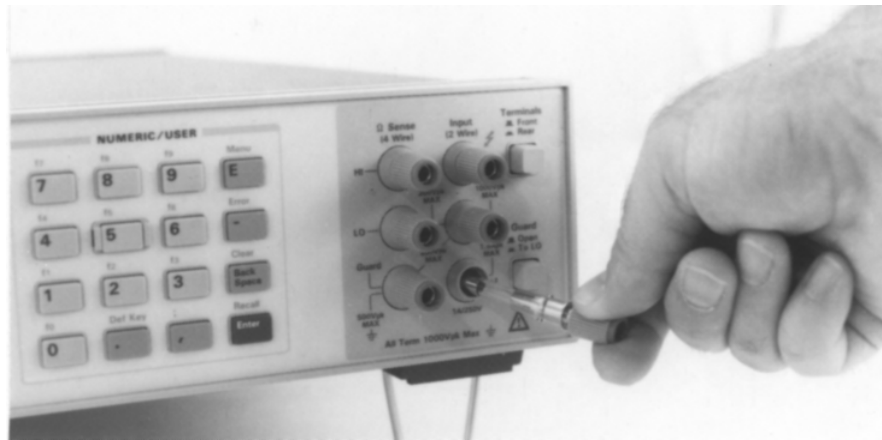


Рисунок 1-5 Разъем с предохранителем тока

Ремонтный сервис-центр

Мультиметр можно отремонтировать в сервис-центре компании Keysight Technologies независимо от того, находится ли мультиметр на гарантии или нет. Перед возвратом прибора обратитесь в ближайшее торговое представительство компании Keysight для получения инструкций по отправке.

Серийный номер

Приборы компании Keysight идентифицируются по десятизначному серийному номеру в формате 0000A00000, состоящего из двух частей. Первые четыре цифры одинаковы для всех аналогичных изделий. Они изменяются только при внесении изменений в изделие. Буква обозначает страну производства. Буква А означает, что изделие было произведено в США. Последние пять цифр уникальны для каждого прибора. Серийный номер мультиметра находится справа от разъемов его задней панели.



Инструкции по отправке

При необходимости отправки мультиметра следует убедиться, что он помещен в защитную упаковку (во избежание повреждения во время перевозки используйте оригинальную транспортную тару и амортизирующие материалы). На такие повреждения гарантия не распространяется. Прикрепите к посылке наклейку со сведениями о владельце и необходимых действиях по обслуживанию или ремонту. Укажите номер модели и серийный номер мультиметра. Посылку рекомендуется застраховать.

2 Начало работы

Введение	44
Перед включением питания	45
Включение питания	46
Выполнение действий с передней панели	49
Выполнение действий в дистанционном режиме	71

Введение

Данная глава предназначена для пользователей мультиметра, не имеющих опыта работы с прибором. В ней приведены инструкции по работе с передней панелью прибора, по отправке мультиметру команд с удаленных устройств и получения данных с удаленных устройств. Поскольку сначала описывается работа с передней панелью, в главе затрагиваются такие важные аспекты, как состояние после включения питания, индикаторы дисплея и различные способы выбора и ввода параметров, а также выполнение простых измерений для постоянного тока. Поэтому рекомендуется ознакомиться со всем содержимым данной главы, даже если планируется использовать мультиметр в основном в дистанционном режиме.

Перед включением питания

- Убедитесь, что переключатели выбора напряжения питания на задней панели мультиметра установлены в соответствии с напряжением в местной электросети.
- Убедитесь, что установлен правильный сетевой предохранитель.

При наличии каких-либо вопросов по установке или требованиям к электропитанию см. [Главу 1](#).



Включение питания

Для включения мультиметра нажмите выключатель Power (Питание) на его передней панели. Если мультиметр не включился, проверьте, подключен ли он к сети электропитания. Если проблемы с сетью электропитания не обнаружены, отсоедините кабель питания и проверьте сетевой предохранитель и положение переключателей выбора напряжения питания.

Самотестирование при включении питания

При включении питания мультиметром выполняется ограниченное самотестирование. В его процессе проверяется правильность работы мультиметра, однако не проверяется точность измерений.

Состояние после включения

По завершении самотестирования при включении питания мультиметр подает один звуковой сигнал, автоматически запускается, автоматически выбирает диапазон и включает режим измерений постоянного напряжения. Кроме того, при включении питания для многих команд мультиметра устанавливаются начальные значения, как показано в [Таблице 2-1](#). Это состояние называется состоянием при включении питания.

Таблица 2-1 Состояние при включении питания

Команда	Описание
ACBAND 20, 2E6	Ширина полосы пропускания по переменному току 20 Гц – 2 МГц
AZERO ON	Включена функция автоматической установки нуля
DCV AUTO	Измерения постоянного напряжения, автовыбор диапазона
DEFEAT OFF	Функция сокращения выключена
DELAY -1	Начальная задержка
DISP ON	Дисплей включен
EMASK 32767	Включение всех условий ошибок
END OFF	Отключение функции GPIB EOI
EXTOUT ICOMP, NEG	Сигнала завершения ввода EXTOUT, отрицательный импульс

Таблица 2-1 Состояние при включении питания (продолжение)

Команда	Описание
FIXEDZ OFF	Отключение фиксированного входного сопротивления
FSOURCE ACV	Источник частоты и периода — переменное напряжение
INBUF OFF	Отключение входного буфера
LEVEL 0, AC	Запуск по уровню 0 %, связь по переменному току
LFILTER OFF	Отключение фильтра уровня
LFREQ 50 or 60	Измеренная частота электросети, округленная до значения 50 или 60 Гц
LOCK OFF	Клавиатура включена
MATH OFF	Отключение обработки математических функций в режиме реального времени
MEM OFF	Отключение памяти отсчетов (последняя операция с памятью = FIFO)
MFORMAT SREAL	Формат памяти отсчетов с одиночными действительными числами
MMATH OFF	Отключение функции последующей математической обработки
NDIG 7	Отображение в формате 7,5 десятичных разрядов
NPLC 10	Время интегрирования — 10 периодов сигнала электросети
NRDGS 1, AUTO	1 отсчет на цикл запуска, автоматическая дискретизация для события
OCOMP OFF	Отключение сопротивления, компенсированного смещением
OFORMAT ASCII	Формат вывода данных ASCII
QFORMAT NORM	Формат обычного запроса
RATIO OFF	Отключение измерений отношений
RQS 0 (или 8)	Значение 0 отключает условия регистра состояний (если при отключении питания параметр SRQ был включен, то значение = 8)
SETACV ANA	Режим аналоговых измерений переменного напряжения
SLOPE POS	Положительный фронт для запуска по уровню
SSRC LEVEL, AUTO	Событие источника синхронизации по уровню, автосинхронизация по переменному напряжению
SWEEP IOOE-9,1024	Интервал дискретизации 100 нс, 1024 отсчетов
TARM AUTO	Событие активации автоматического запуска
TBUFF OFF	Отключение буферизации внешнего запуска



Таблица 2-1 Состояние при включении питания (продолжение)

Команда	Описание
TIMER 1	Интервал таймера 1 с
TRIG AUTO	Событие автоматического запуска
DEGREE = 20 REF = 1 SCALE = 1 RES = 50 PERC = 1	

Дисплей

При включении питания изображение на дисплее непрерывно обновляется с каждым новым отсчетом постоянного напряжения. Вдоль нижней границы дисплея расположен ряд индикаторов. Эти индикаторы оповещают о различных условиях. Например, индикатор **SMPL** мигает, когда мультиметр завершил сбор данных. В [Таблице 2-2](#) приведены описания всех индикаторов на дисплее.

Таблица 2-2 Индикаторы на дисплее

Индикаторы на дисплее	Описание
SMPL	Мигает по завершению сбора данных
REM	Мультиметр находится в дистанционном режиме GPIB
SRQ	Мультиметром создан сервисный запрос GPIB
TALK	Адресация для мультиметра по обмену данными по шине GPIB
LSTN	Адресация для мультиметра по приему данных по шине GPIB
AZERO OFF	Отключение функции автоматической установки нуля
MRNG	Автоматический выбор диапазона отключен (мультиметром используется фиксированный диапазон)
MATH	Включена одна или несколько операций последующей математической обработки в режиме реального времени
ERR	Обнаружена ошибка
SHIFT	Нажата клавиша SHIFT
MORE INFO	Доступна дополнительная информация по текущей конфигурации (для ее просмотра воспользуйтесь клавишей со стрелкой вправо)

ПРИМЕЧАНИЕ

Если в это время отображается индикатор **ERR**, то был обнаружен сбой во время или после самотестирования при включении питания. Сведения по идентификации ошибок приведены далее в разделе «Считывание данных из регистра ошибок» этой главы.

Выполнение действий с передней панели

В данном разделе описаны действия по простым измерениям постоянного напряжения, использованию различных клавиш передней панели, а также описания важных функций мультиметра, связанных с использованием передней панели. На **Рисунке 2-1** показаны элементы управления передней панели мультиметра.



Рисунок 2-1 Передняя панель



Выполнение измерений

При включении питания мультиметр переходит в режим измерений постоянного напряжения с автоматическим запуском и выбором диапазона. При включении питания можно выполнять измерения постоянного напряжения просто путем подачи постоянного напряжения на входные разъемы, как показано на **Рисунке 2-2**. Схема подключения на **Рисунке 2-2** также относится к переменному напряжению, 2-х проводным измерениям сопротивления, измерениям переменного напряжения с постоянной составляющей и оцифровке, а также измерениям частоты и периода сигнала источника входного напряжения. Сведения о максимально допустимых значениях входного напряжения и тока для мультиметра см. в **Главе 3**.

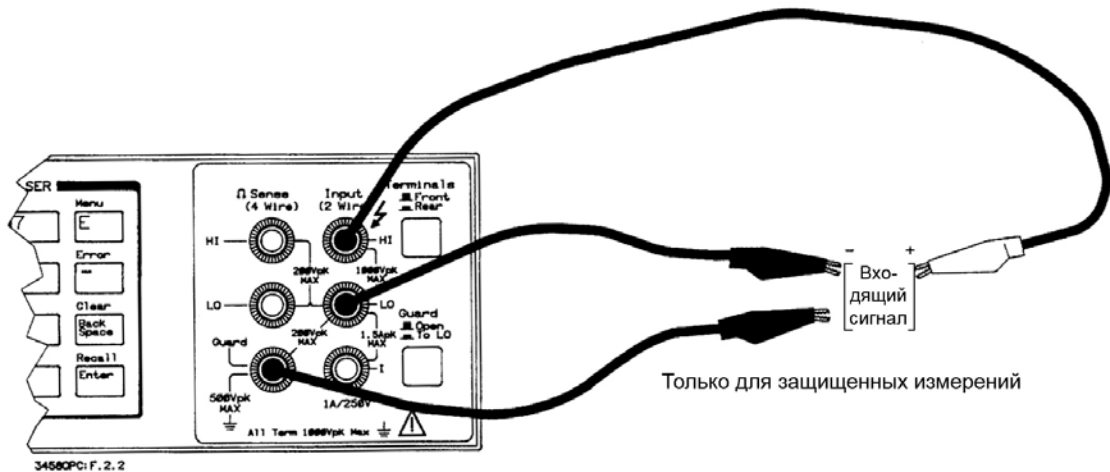


Рисунок 2-2 Измерения с использованием двух проводов (+ экран)

Изменение функции измерений

Ряд клавиш, расположенных непосредственно под дисплеем (клавиши **FUNCTION**) предназначен для выбора стандартных функций измерений мультиметра. На **Рисунке 2-3** представлены клавиши **FUNCTION** (ФУНКЦИИ) и связанные с ними функции измерений.

Клавиша	Описание
	Измерения напряжения постоянного тока
	Измерения напряжения переменного тока
	Измерения сопротивления по 2-проводной схеме
	Измерения постоянного тока
	Измерения переменного тока
	Измерения частоты
 	Измерения напряжения переменного+постоянного тока
 	Измерения сопротивления по 4-проводной схеме
 	Измерения переменного+постоянного тока
 	Измерения периода

Рисунок 2-3 Клавиши функций



Помимо функций, выбираемых с помощью клавиш **FUNCTION**, мультиметр может выполнять оцифровку в режиме прямой выборки или подвыборки и измерения отношений, а также измерения переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей с помощью способов синхронных измерений и измерений в случайных точках. Эти функции можно выбрать на передней панели с помощью соответствующих команд с использованием алфавитных клавиш меню (данные клавиши описаны далее в разделе «Использование клавиш MENU»). Дополнительные сведения по функциям и способам измерений см. в [Главе 1](#).

Автоматический и ручной выбор диапазона

При включении питания мультиметр автоматически выбирает соответствующий диапазон измерений. Эта функция называется автоматическим выбором диапазона. Во многих случаях можно продолжить работу в режиме автоматического выбора диапазона. Однако имеется два других варианта выбора: удержание диапазона и его выбор вручную.

Удержание

Данный вариант позволяет отключить режим автоматического выбора диапазона. Для этого следует дождаться автоматического выбора диапазона, а затем нажать клавишу:



ПРИМЕЧАНИЕ

При нажатии синей клавиши SHIFT на дисплее отобразится индикатор **SHIFT**. Функции клавиш при нажатии клавиши SHIFT показаны синим цветом над соответствующими клавишами.

На дисплее отобразится индикатор **MRNG** (выбор диапазона вручную). Этот индикатор присутствует на дисплее, когда не используется режим автоматического выбора диапазона.

Выбор диапазона вручную

Второй вариант позволяет выбрать диапазон вручную. Когда мультиметр находится в режиме измерений (т. е. производит измерения и отображает их результаты или на дисплее отображается индикатор OVLД), можно перейти в режим изменения диапазона вручную, нажав клавишу со стрелкой вверх или вниз. Для перехода к более высокому диапазону нажмите клавишу:



С помощью нескольких последовательных нажатий клавиши со стрелкой вверх можно пошагово перейти к самому высокому диапазону. По достижении самого высокого диапазона нажатие клавиши со стрелкой вверх перестает переключать диапазон. Для перехода к более низкому диапазону нажмите клавишу:



С помощью нескольких последовательных нажатий клавиши со стрелкой вниз можно пошагово перейти к самому низкому диапазону. По достижении самого низкого диапазона нажатие клавиши со стрелкой вниз перестает переключать диапазон. Для возврата в режим автоматического выбора диапазона нажмите клавишу:



Самопроверка

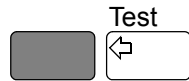
При включении питания мультиметром автоматически выполняется ограниченное самотестирование. Однако до начала выполнения измерений может потребоваться более тщательная проверка полной работоспособности мультиметра. Это производится с помощью функции самопроверки. Во время самотестирования выполняется ряд действий по проверке работоспособности мультиметра и точности измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ

Перед выполнением самопроверки обязательно отключите все входные сигналы. Если не отключить все входные сигналы от мультиметра, то это может привести к сбою при выполнении самопроверки.



Цикл самопроверки занимает более 50 с. Для запуска самопроверки нажмите:



Если самопроверка прошла успешно, на дисплее отображается:

SELFTEST PASSED

По завершении самопроверки имеется практически полная уверенность в том, что мультиметр функционирует правильно и откалиброван должным образом, а результаты измерений будут точными.

Если какие-либо тесты завершились сбоем, загорается индикатор **ERR** и на дисплее отображается:

SELFTEST FAILED

Если во время выполнения самопроверки произошел сбой, значит, было обнаружено одно или несколько условий ошибки. См. следующий раздел «Считывание данных из регистра ошибок».

Считывание данных из регистра ошибок

Отображение на дисплее индикатора **ERR** говорит о том, что было обнаружено одна или несколько ошибок. Данные об аппаратных ошибках хранятся в дополнительном регистре ошибок. Данные о программных и синтаксических ошибках хранятся в регистре ошибок. Для считывания данных об ошибках нажмите:



Отображается ошибка с наименьшим порядковым номером и ее описание. Ниже приведен пример сообщения об ошибке.

209, "HARDWARE FAILURE--
INTERNAL OVERLOAD: 101"

Для просмотра всего сообщения об ошибке воспользуйтесь клавишей со стрелкой вправо. Сообщения об ошибке с числовым префиксом формата 100 (например 105) относятся к программным и синтаксическим ошибкам. Ошибки с префиксом формата 200 (например 209) относятся к аппаратным ошибкам.

ПРИМЕЧАНИЕ

При получении сообщения об аппаратной ошибке (с префиксом в формате 200) запустите самопроверку еще раз. Если ошибка появляется несколько раз, мультиметр может нуждаться в ремонте.

Если по-прежнему отображается индикатор **ERR**, имеются записи о других ошибках. Используйте указанную выше последовательность нажатия клавиш, пока все ошибки не будут считаны и не погаснет индикатор **ERR**. После считывания всех ошибок индикатор ошибок гаснет. При попытке считывания другой ошибки на дисплее отображается сообщение:

0, NO "ERROR"

Для диагностики ошибки запускать самопроверку не следует. Мультиметр обнаруживает ошибки при вводе данных, изменении функций или диапазонов и т. п. При обнаружении ошибки мультиметр издает звуковой сигнал.

Для очистки данных (таких, как описания ошибок) с дисплея и возврата к отображению результатов измерений нажмите:

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Для очистки показаний дисплея также можно воспользоваться несколькими последовательными нажатиями клавиши **Back Space** (без нажатой клавиши SHIFT).



Предварительная настройка мультиметра

Часто во время работы требуется вернуть мультиметр к настройкам после включения питания. Кнопка **Reset** на передней панели позволяет вернуться к состоянию при включении питания без необходимости отключения и повторного включения питания мультиметра. Для предварительной настройки мультиметра нажмите:



Мультиметр запускает процедуру предварительной настройки с тестированием дисплея, при котором отображаются все элементы на дисплее, включая индикаторы, представленные на **Рисунке 2-4**. (При удержании нажатой кнопки **Reset** мультиметр постоянно выполняет тест дисплея).

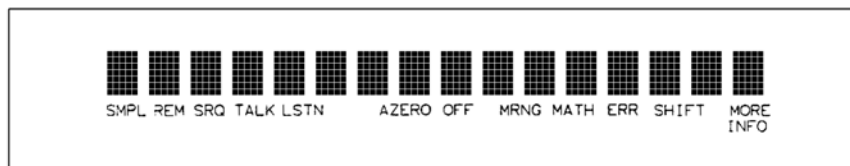


Рисунок 2-4 Тест дисплея

ВНИМАНИЕ!

При нажатии кнопки **Reset** на передней панели в режиме нажатой кнопки **SHIFT** запускается самопроверка при включении питания, аналогичная проверке при отключении питания и его повторном включении. При этом удаляются все сохраненные данные отсчетов и сжатой подпрограммы, для разряда **SRQ** в регистре состояний устанавливается значение, как при включении питания (данные функции описаны далее в этом руководстве), производится предварительная настройка значения опорной частоты АЦП и выполняется процедура самопроверки при включении питания. При запуске команды **RESET** с помощью меню алфавитных команд (кнопка **MENU**) мультиметр переводится в режим включения питания без выполнения процедур включения питания. Кнопка **MENU** описаны ниже в данной главе.

Использование клавиш конфигурации

Клавиши конфигурации (без нажатия клавиши SHIFT для клавиш **MENU**) обеспечивают быстрый доступ к наиболее часто используемым функциям. На **Рисунке 2-5** представлены все клавиши, соответствующие команды мультиметра и их функции. (Эти функции подробно описаны в **Главе 3** и **Главе 4**.)









Клавиша	Команда	Описание
	ACAL	Выполняет одну или несколько процедур автокалибровки (для выполнения всех процедур требуется 11 минут; никогда не сбрасывайте мультиметр, чтобы остановить автокалибровку; запустив автокалибровку, ее необходимо закончить)
	NPLC	Устанавливает время интегрирования в виде периодов сигнала электросети
	Auto Zero	Включает или отключает функцию автоматической установки нуля
	Offset Comp On	Включает или отключает компенсацию смещения для измерений сопротивления по 2- или 4-проводной схеме
	TRIG	Вызывает событие запуска
	NRDGS	Устанавливает количество считываний на событие запуска дискретизации
	RSTATE	Возвращает мультиметр к памяти ранее сохраненное состояние
	SSTATE	Сохраняет текущее состояние мультиметра в памяти

Рисунок 2-5 Функции клавиш конфигурации



Ниже продемонстрировано использование клавиш конфигурации на примере клавиши **Trig**. Нажмите:



На дисплее будет отображено:

TRIG ■■

Это — заголовок команды запуска. При этом мультиметром автоматически вставляется пробел после заголовка команды.

Выбор параметра

Для параметров, имеющих несколько вариантов выбора (нечисловых параметров) можно воспользоваться клавишами со стрелками вверх и вниз, чтобы просмотреть варианты выбора. Нажмите:



На дисплее будет отображено:

TRIG LEVEL ■■

Нажмите:



На дисплее будет отображено:

TRIG AUTO ■■

При использовании клавиш со стрелками вверх и вниз и выборе последнего параметра из списка происходит переход к другому концу меню. Допустим, требуется отложить запуск. Нажимайте клавиши со стрелками вверх и вниз, пока на дисплее не отобразится следующее:

TRIG HOLD ■■

Нажмите:



При этом режим события запуска был изменен с состояния «авто» (состояние при включении питания) в состояние HOLD (УДЕРЖАНИЕ), и мультиметр прекратит сбор отсчетов. (Параметры запуска подробно описаны в [Главе 4.](#))

Начальные значения

Для большинства параметров имеются начальные значения. Начальное значение соответствует значению, используемому в случае выбора команды без указания значения. Например, для начального параметра запуска используется значение SGL. Нажмите:



TRIG ■

Нажмите:



Мультиметр записывает один отсчет, и сбор отсчетов останавливается (после одиночного запуска для параметра запуска устанавливается значение HOLD, независимо от ранее указанного события запуска). Для выбора начального значения можно также ввести -1. Нажмите:



При этом мультиметр запишет один отсчет и остановит их сбор.

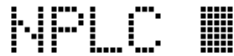


Числовые параметры

Для некоторых команд используются числовые параметры. Числовой параметр фактически используется мультиметром в работе. Для демонстрации числовых параметров ниже используется клавиша конфигурации NPLC. Нажмите:



На дисплее будет отображено:



Учтите, что при нажатии клавиш со стрелками вверх или вниз выбранное значение параметра не отображается. Т. е. список меню параметров отсутствует и следует ввести числовое значение. Например, нажмите:



При этом для периода интегрирования АЦП будет выбран 1 период линии электропитания. Время интегрирования соответствует фактическому периоду измерений входного сигнала АЦП. (Параметры времени интегрирования подробно описаны в [Главе 3.](#))

Экспоненциальные параметры

Ввод числовых параметров также возможен в экспоненциальном формате. Например, нажмите:



При этом для периода интегрирования будет выбрано значение 0,1 для периода линии электропитания. На этом этапе следует выполнить предварительную настройку мультиметра для восстановления исходного значения периодов линии электропитания (10), нажав:



Несколько параметров

У многих команд имеется несколько параметров. (Параметры разделяются запятыми.) В качестве примера команды с несколькими параметрами ниже используется команда NRDGS, у которой имеется два параметра. Нажмите:



На дисплее будет отображено:

NRDGS ■■

Первый параметр в команде NRDGS является числовым, указывающим количество отсчетов, собираемых для события запуска. Например, для указания значения 5 отсчетов для события запуска, нажмите:



На дисплее будет отображено:

NRDGS 5, ■■

Второй параметр команды NRDGS определяет событие, активирующее запуск каждого цикла сбора отсчетов. Поскольку этот параметр не является числовым, для него отображается меню выбора параметра. Для перемещения по списку вариантов выбора воспользуйтесь клавишами со стрелками вверх и вниз. Когда на дисплее будет отображено:

NRDGS 5, AUTO ■■

Запустите команду, нажав:

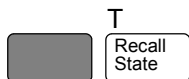


Теперь выбрано пять отсчетов на событие запуска. Например, при запуске команды TRIG SGL мультиметр записывает пять отсчетов и останавливает запись. (Команда NRDGS подробно описана в [Главе 4.](#))



Использование клавиш MENU

Помимо клавиш конфигурации у мультиметра имеется меню команд с буквами, доступ к которому возможен при нажатии клавиши SHIFT и клавиш **MENU** с маркерами C, E, L, N, R, S и T. Каждая из этих букв соответствует области, вводимой в командное меню. Например, для ввода в меню команд, начинающихся с буквы T, нажмите:



На дисплее будет отображено:

TARM ■■■

Теперь можно использовать клавиши **Menu Scroll** (клавиши со стрелками вверх или вниз) для пошагового перемещения по меню в алфавитном порядке (клавиша со стрелкой вниз) или в порядке, обратном алфавитному (клавиша со стрелкой вверх). Например, начиная с описанной ранее отображаемой на дисплее команды TARM, однократное нажатие клавиши со стрелкой вниз приведет к отображению следующей по алфавиту команды TBUFF. (Для быстрой прокрутки меню также можно нажать и удерживать клавишу со стрелкой вверх или вниз.) Когда нужная команда будет выбрана, можно нажать клавишу **Enter** для немедленного запуска этой команды (с использованием начальных параметров при их наличии). Если требуется указать параметры команды, при ее отображении на дисплее следует нажать клавишу со стрелкой вправо или клавишу запятой (или, если первый параметр является числовым, числовую клавишу). При этом будет выбрана команда и можно будет указать или выбрать нужные параметры с помощью действий, описанных ранее в этом разделе.

Имеется два меню с буквами: FULL (ПОЛНОЕ) и SHORT (СОКРАЩЕННОЕ). Переключаться между этими меню можно с помощью клавиши **Menu** при нажатой клавише SHIFT. Выбор соответствующего меню сохраняется в постоянной памяти (данные которой сохраняются при отключении питания). В меню FULL содержатся все команды, за исключением команд запросов, которые можно составлять с помощью добавления к команде знака вопроса (например, BEEP, BEEP?). (Команды запросов будут описаны далее.) В меню SHORT отсутствуют команды, относящиеся к шине

GPIO и команды, редко используемые с передней панели, а также команды, назначенные для клавиш передней панели (например, клавиша **NPLC** или **Trig**).

Команды запросов

В отсортированном по алфавиту списке команд имеется ряд команд, заканчивающихся символом вопросительного знака. Эти команды называются командами запросов, поскольку они относятся к определенным запросам. Например, выберите команду запроса **LINE?** в меню команд и нажмите клавишу **Enter**. Реакцией мультиметра на эту команду будут измерения частоты электросети и отображение результата измерений. (Для просмотра всего текста результата запроса воспользуйтесь клавишей со стрелкой вправо.) Или, например, выберите команду запроса **TEMP?** в меню команд и нажмите клавишу **Enter**. Реакцией на эту команду будет отображение мультиметром его внутренней температуры в корпусе в формате градусов по Цельсию.

Стандартные запросы

Меню команд **FULL** включает приведенный ниже стандартный набор команд запросов.

AUXERR?MCOUNT?
 CAL?MSIZE?
 CALNUM?OPT?
 ERR?REV?
 ERRSTR?SSPARM?
 ID?STB?
 ISCALE?TEMP?
 LINE?

Дополнительные запросы

Помимо перечисленных выше запросов можно создавать и другие, добавляя к любой команде, используемой в программировании мультиметра, знак вопроса. Например, команда **AZERO** (клавиша конфигурации **Auto Zero**) позволяет включить или отключить функцию автоматической уста-



новки нуля. Определить, включена ли функция автоматической установки нуля, можно с помощью добавления знака вопроса к команде AZERO. Для этого нажмите:



На дисплее мультиметра будет отображено текущее состояние функции автоматической установки нуля (при включении питания состояние функции — включена). (Учтите, что данная команда обрабатывается немедленно. Нажимать клавишу **Enter** не требуется.)

ПРИМЕЧАНИЕ

Для определения того, какими должны быть ответы на запросы (числовыми, буквенными или комбинированными из чисел и букв), можно воспользоваться командой QFORMAT. Для получения дополнительных сведений см. описание команды QFORMAT в [Главе 6](#).

Управление дисплеем

Дисплеем можно управлять с помощью клавиш **Clear**, **Back Space** и **Display/Window** при нажатой клавише SHIFT (клавишами со стрелками вправо и влево).

Очистка дисплея

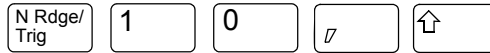
Для очистки данных (таких как ответы на запросы) с дисплея нажмите:



Изменение содержимого дисплея

Клавиша **Back Space** позволяет изменять фрагменты командной строки при вводе ее текста или ее вызове (описано ниже). Для буквенных параметров и заголовков команд однократное нажатие клавиши **Back Space**

приводит к удалению всего параметра или заголовка. Для запятых, пробелов и числовых параметров при каждом нажатии клавиши **Back Space** удаляется только один символ. Например, нажмите:



На дисплее будет отображено:

NRDGS 10, LINE ■■

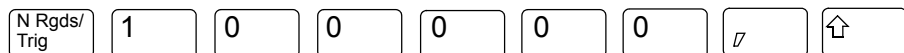
При однократном нажатии клавиши **Back Space** удаляется весь второй параметр (LINE). На дисплее будет отображено:

NRDGS 10, ■■

В данном случае при однократном нажатии клавиши **Back Space** удаляется запятая. При нажатии клавиши **Back Space** еще два раза будут удалены оба числовых символа (10). На данном этапе можно повторно ввести первый параметр с помощью буквенной клавиатуры и второй параметр с помощью клавиш **Menu Scroll**. Для выполнения измененной команды нажмите клавишу **Enter**.

Просмотр длинных сообщений на дисплее

При вводе команд, содержащих более 16 символов, введенные ранее символы скрываются за левой границей дисплея для отображения вновь введенных символов. С помощью клавиш **Display/Window** (клавиш со стрелками вправо и влево) можно просмотреть всю строку, прокручивая ее влево и вправо. Клавиши **Display/Window** также можно использовать для просмотра длинных строк, таких как сообщения об ошибках, строку калибровки (по команде CALSTR?) и пользовательских определений клавиш (описанных ниже). Например, нажмите:



На дисплее будет отображено:

DGS 100000, LINE ■■



При нажатии клавиши со стрелкой влево можно просмотреть первую часть командной строки с прокручиванием ее правой части на дисплее. При нажатии клавиши со стрелкой вправо можно просмотреть последнюю часть командной строки с прокручиванием ее первой части на дисплее.

ПРИМЕЧАНИЕ

Дисплей можно воспринимать как программное окно, содержимое которого можно перемещать влево и вправо с помощью клавиш со стрелками.

Дисплей MORE INFO

Помимо перемещения текста на дисплее влево и вправо клавиши **Display/Window** позволяют просматривать на дисплее дополнительную информацию при отображении индикатора **MORE INFO**. Например, выберите команду SETACV RNDM в алфавитном меню и запустите ее. Затем нажмите клавишу **ACV** на передней панели. На дисплее отобразится индикатор **MORE INFO**. Это означает, что доступно больше информации, чем отображается на дисплее. Нажмите:



Отображается текущий способ измерений переменного напряжения (SETACV RNDM). На данном этапе выполните предварительную настройку мультиметра для возврата в состояние при включении питания, нажав:



Отображаемые разряды

При отображении мультиметром результатов измерений можно изменить количество разрядов на дисплее. При включении питания на дисплее отображается 7,5 разрядов, хотя точность отображения мультиметра составляет 8,5 разрядов. Для отображения всех 8,5 разрядов нажмите:



ПРИМЕЧАНИЕ

Левый разряд дисплея (называемый разрядом 1/2) применяется при указании разрядов.

С помощью команды NDIG можно только скрыть разряды с дисплея. Она не влияет на данные, записываемые в память отсчетов и передаваемые по шине GPIB. Кроме того, отобразить количество разрядов более, чем разрешается мультиметром, невозможно.

Recall

Можно легко повторно вызвать последнюю запущенную команду без необходимости ее повторного ввода. Нажмите:

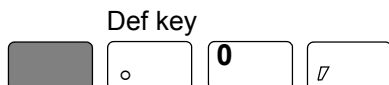


На дисплее будет отображена последняя запущенная команда. (Невозможно повторно вызвать команды, которые запускаются немедленно, такие как Reset или DCV, а также какие-либо команды, содержащие защитный код калибровки.) С помощью повтора указанных выше сочетаний клавиш можно вызвать выполненные ранее команды. После вызова нужной команды ее можно изменить (см. раздел «Изменение содержимого дисплея», приведенный ранее в данной главе) и запустить ее с помощью нажатия клавиши Enter.



Клавиши, определяемые пользователем

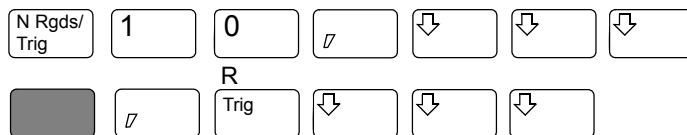
Клавишам **USER** с маркерами **f0–f9** можно назначить одну или несколько командных строк. После назначения командной строки одной из этих клавиш (с максимальной длиной 40 символов) при нажатии этой клавиши соответствующая строка отображается на дисплее. Затем можно выполнить эту командную строку, нажав клавишу **Enter**. Клавиша **Def** позволяет назначить командную строку любой определяемой пользователем клавише. Например, для назначения команд **NRDGS 10, AUTO; TRIG SGL** (символ точки с запятой является разделителем команд) определяемой пользователем клавише **f0** нажмите:



На дисплее будет отображено:

DEFKEY 0, "█

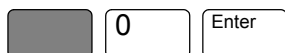
Теперь можно ввести строку, нажав:



Для сохранения строки (при этом команды не запускаются, а просто назначаются определяемой пользователем клавише) нажмите:



Для доступа к строке, назначенной клавише **f0**, и ее запуска нажмите:



При этом мультиметр запишет 10 отсчетов и остановит их сбор.

Можно воспользоваться специальной функцией клавиатуры, предоставляющей доступ к строке, назначенной клавише, без нажатия клавиши SHIFT (за исключения случаев когда ввод команды не завершен). Например, для получения доступа к строке, назначенной клавише **f0**, и ее запуска нажмите:

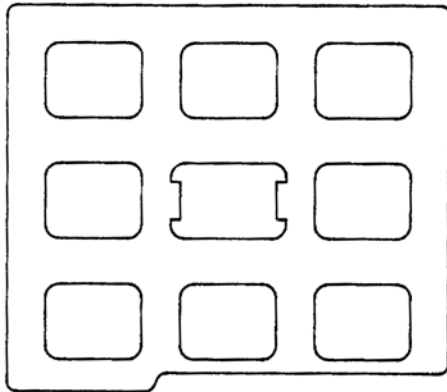


Определяемым пользователям клавишам можно также назначать команды из меню команд. Назначить команду с помощью клавиши немедленного выполнения (DCV, ACV и т. д.) нельзя. Вместо этого следует выбрать эту команду в меню. Определения клавиш, сохраненные с помощью передней панели, можно редактировать на передней панели. (Редактирование определения клавиши, загруженного с контроллера, невозможно.) Для редактирования следует нажать определяемую пользователем клавишу и, когда строка отображается на дисплее, изменить ее содержимое, как описано ранее в подразделе «Изменение содержимого дисплея» данного раздела. По завершении редактирования строки нажмите клавишу **Enter**, чтобы запустить выполнение строки. (Определяемой пользователем клавише по-прежнему остается назначена предыдущая строка.) Отредактированную строку невозможно назначить определяемой пользователем клавише. Если требуется изменить определение клавиши, следует выполнить описанные ниже действия.

Установка накладки на клавиатуру

На [Рисунке 2-6](#) показана пользовательская накладка на клавиатуру. На эту накладку можно наносить надписи карандашом в соответствии с командами, назначенными определяемым пользователем клавишам.





34580PC: F. 2. 4

Рисунок 2-6 Накладка на клавиатуру (артикул Keysight 03458A-84303)

Накладка фиксируется двумя выступами на буртике, расположенном вокруг цифровой клавиши **5**. Для установки накладки вставьте левый выступ накладки в левую часть буртика. Изогните накладку, как показано на **Рисунке 2-7**, и, нажав на правый выступ, защелкните его на буртике.

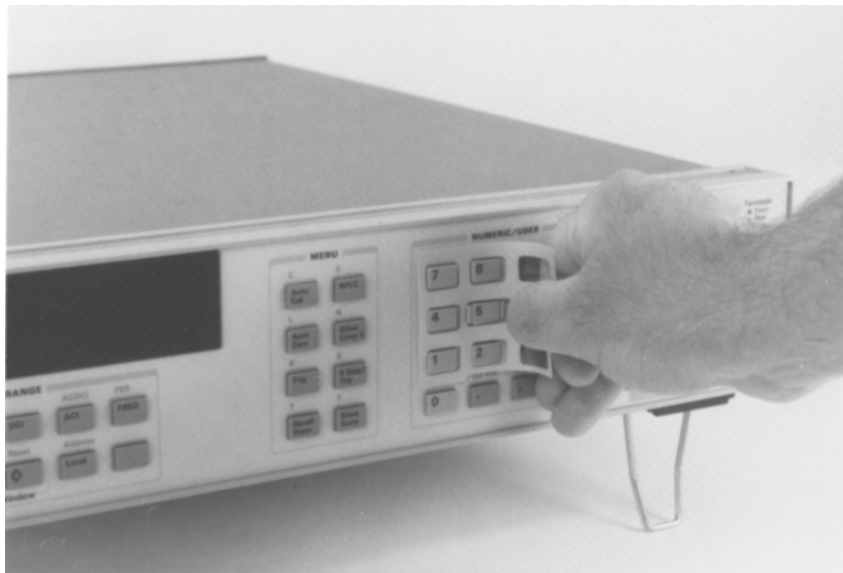


Рисунок 2-7 Установка накладки на клавиатуру

Выполнение действий в дистанционном режиме

В данном разделе представлены основные сведения по выполнению действий с мультиметром в дистанционном режиме. Действия включают просмотр и изменение адреса GPIB, отправку команд мультиметру и извлечение данных из мультиметра.

Команды ввода и вывода данных

Команды, используемые для работы с мультиметром в дистанционном режиме, зависят от компьютера и его языка программирования. В частности, требуется знать команды, используемые компьютером для ввода и вывода данных. Например, в компьютерах Hewlett-Packard серии 200/300 для ввода данных используются перечисленные ниже команды BASIC.

ENTER или TRANSFER

Команда вывода данных:

OUTPUT

Необходимые команды см. в руководстве к компьютеру. В примерах данного руководства использован язык BASIC для компьютеров Hewlett-Packard серии 20200/300.

Считывание адреса GPIB

До начала работы с мультиметром в дистанционном режиме требуется определить его адрес GPIB (заводская настройка = 22). Для проверки адреса нажмите:



Стандартное изображение на дисплее:

ADDRESS 22 ■■

На дисплее отобразится адрес устройства. При отправке команд в дистанционном режиме этот адрес добавляется к коду выбора интерфейса GPIB (обычно 7). Например, если код выбора — 7, а адрес устройства — 22, то требуемая комбинация — 722.

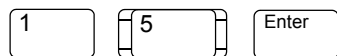


Изменение адреса GPIB

У каждого аппаратного интерфейса GPIB должен иметься уникальный адрес. Если адрес мультиметра требуется изменить, выберите в меню команд команду ADDRESS (клавиши **MENU**), чтобы на дисплее отображилось следующее:

ADDRESS █

Можно ввести новый адрес. Например, нажмите:



При этом устанавливается новый адрес — 15. Если требуется вновь установить адрес 22, повторите описанные выше действия (или воспользуйтесь клавишей **Recall**) и вместо 15 укажите 22.

Отправка команды удаленного управления

Для отправки мультиметру команды удаленного управления скомбинируйте команду вывода данных с компьютера с командой выбора интерфейса GPIB, адресом устройства и, наконец, самой командой для мультиметра. Например, чтобы мультиметр выдал звуковой сигнал, отправьте следующую команду:

```
OUTPUT 722;"BEEP"
```

На дисплее отобразятся индикаторы REM и LSTN. Это означает, что мультиметр находится в режиме дистанционного управления и получил команду на прослушивание (получение команд).

Получение данных из мультиметра

Мультиметр позволяет выводить данные отсчетов и ответные данные по командам запросов. Например, для получения от мультиметра ответа на команду запроса отправьте команду:

```
OUTPUT 722;"ID?"
```


При отправке запроса с удаленного устройства ответные данные не отображаются на его дисплее, а при запуске команды с его передней панели — отображаются. Вместо отображения ответных данных они отправляются в выходной буфер мультиметра. Выходной буфер — это регистр, в который записываются ответные данные по запросу или одиночный отсчет, который считывается компьютером или заменяется новыми данными. Воспользуйтесь командой ввода компьютера, чтобы получить ответные данные из выходного буфера. Например, при запуске приведенной ниже команды производится чтение ответных данных (мультиметра Keysight 3458A) и их распечатка.

```
10 ENTER 722;A$
20 PRINT A$
30 END
```

Аналогичный способ позволяет получить данные отсчетов из мультиметра. Если мультиметр выполняет измерения, а память отсчетов не была активирована (память отсчетов описана в [Главе 4](#)), для получения данных отсчетов можно воспользоваться приведенной ниже программой.

```
10 ENTER 722;A
20 PRINT A
30 END
```

Клавиша Local (локальный режим)

При работе мультиметра с удаленным источником нажатие клавиш на клавиатуре мультиметра не вызывает отклика. Это происходит потому, что мультиметр находится в дистанционном режиме (это обозначается индикатором **REM** на дисплее) и игнорирует нажатия всех клавиш, за исключением клавиши **Local**. Для возврата мультиметра в режим локальной работы нажмите:



3 Настройка для выполнения измерений

Введение	76
Основная настройка	77
Настройка для измерений постоянного тока и сопротивления	90
Настройка для измерений переменного тока	103
Настройка для измерений отношений	116
Использование программной памяти	118
Использование памяти состояний	123
Использование входного буфера	125
Использование регистра состояния	126

Введение

В этой главе описывается, как настроить мультиметр для измерений всех типов, за исключением функций оцифровки.^[1] В этой главе также описано использование подпрограмм и памяти состояний, входного буфера и регистра состояния. После ознакомления с данной главой для настройки конфигурации мультиметра в определенных целях можно перейти к [Главе 4](#), чтобы узнать о функциях запуска записи отсчетов и их передачи в память отсчетов или выходной буфер GBIB. Ниже перечислены основные разделы данной главы.

- Основная настройка
- Настройка для измерений постоянного тока и сопротивления
- Настройка для измерений переменного тока
- Настройка для измерений отношений
- Использование программной памяти
- Использование памяти состояний
- Использование входного буфера
- Использование регистра состояния

[1] В этой главе не содержатся сведения, специально описывающие оцифровку, однако большая часть раздела «[Основная настройка](#)» относится к оцифровке. Специальные сведения по оцифровке см. в [Главе 5](#).

Основная настройка

В данном разделе описаны процедуры самопроверки и калибровки мультиметра, а также основные темы по основной настройке, применимые ко многим функциям измерений.

Самопроверка

До начала настройки для выполнения измерений следует запустить процедуру самопроверки, чтобы убедиться в правильной работе мультиметра. Цикл самопроверки занимает приibl. 50 с. Для запуска самопроверки воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"TEST"
```

При успешном завершении самопроверки имеется практически полная уверенность в том, что мультиметр функционирует правильно и правильно откалиброван, а результаты измерений будут точными. При возникновении сбоев в одном или нескольких тестах мультиметром сохраняются соответствующие данные в разрядах дополнительного регистра ошибок с установкой значения разряда 0 регистра ошибок и отображением на дисплее индикатора **ERR**.

Просмотр регистров ошибок

При обнаружении аппаратной ошибки мультиметром устанавливаются соответствующие значения в дополнительном регистре, регистре ошибок и в разряде 0 дополнительного регистра ошибок. При обнаружении программной ошибки, значение устанавливается только в регистре ошибок.

Команда ERRSTR? позволяет просмотреть каждую ошибку (по одной одновременно), а затем очистить соответствующий разряд. Если в дополнительном регистре ошибок установлен один или несколько разрядов, то перед переходом к регистру ошибок команда ERRSTR? считывает данные из этого регистра. По команде ERRSTR? возвращается два ответа. Первый — десятичный, значение установленного разряда с наименьшим номером. Второй — сообщение (строка) с описанием ошибки (максимальная длина возвращаемой строки составляет 200 символов). После считывания разряда с помощью команды ERRSTR? его содержимое удаляется.



3 Настройка для выполнения измерений

В приведенной ниже программе команда используется ERRSTR? для просмотра всех ошибок, одну за другой. После просмотра и очистки всех установленных разрядов или при отсутствии установленных разрядов в регистре по команде ERRSTR? возвращается ответ 0, "NO ERROR".

```
10 OPTION BASE 1
!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM A$(200)
!ПЕРЕМЕННАЯ РАЗМЕРНОСТИ СТРОКИ
30 OUTPUT 722; "ERRSTR?"
!ПРОСМОТР СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКЕ
40 ENTER 722; A,A$
!ВВОД ЧИСЛОВОГО ЗНАЧЕНИЯ В А И СТРОКИ В А$
50 PRINT A,A$
!РАСПЕЧАТКА ОТВЕТОВ
60 IF A>0 THEN GOTO 30
!ЦИКЛ ДЛЯ ПРОСМОТРА ВСЕХ ОШИБОК
70 END
```

При отправке команд ERR? и AUXERR? возвращается десятичная сумма всех разрядов, установленных, соответственно, в регистре ошибок и дополнительном регистре ошибок. Примеры программ и списки возможных ошибок см. в [Главе 6](#).

Калибровка

В мультиметре имеется два режима калибровки — внешняя калибровка и автокалибровка. Для внешней калибровки требуются внешние источники образцовых значений. Дополнительные сведения о внешней калибровке см. в документе 3458A Руководство по калибровке.

При отправке команды запроса CALNUM? возвращается число выполненных внешних калибровок мультиметра. Периодическая проверка этого числа позволяет отслеживать калибровки, выполненные для мультиметра. Приведенная ниже программа позволяет просмотреть и вернуть текущее число калибровок.

```
10 OUTPUT 722;"CALNUM?"  
20 ENTER 722;A  
30 PRINT A  
40 END
```

Автокалибровка

В мультиметре имеется четыре процедуры автокалибровки: DCV, AC, OHMS и ALL. Эти процедуры позволяют повысить кратковременную точность для многих функций измерений, но не отменяют необходимость периодических внешних калибровок мультиметра. Ниже перечислены функции измерений, затрагиваемые каждой из этих процедур.

- Процедура DCV повышает точность всех функций измерений. Выполнение этой процедуры занимает прикл. 1 мин.
- В рамках процедуры AC выполняются специальные оптимизации для измерений переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей (для всех способов измерений), измерений переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей, оцифровки в режимах прямой выборки и подвыборки (для связи по переменному и постоянному току), частоты и периода. Выполнение процедуры AC занимает прикл. 1 мин.
- При выполнении процедуры OHMS производятся специальные оптимизации для измерений сопротивления по 2-проводной и 4-проводной схеме (измерений по постоянному и переменному току). Выполнение процедуры OHMS занимает прикл. 10 мин.



3 Настройка для выполнения измерений

- Процедура ALL позволяет повысить точность всех функций измерений, совмещая все вышеперечисленные процедуры. Выполнение процедуры ALL занимает прибл. 11 мин.

ПРИМЕЧАНИЕ

При выполнении процедуры автокалибровки нельзя отключать питание мультиметра или производить предварительную настройку его параметров. В противном случае мультиметр выдаст ошибку ACAL REQUIRED (поскольку при этом будет стерто большое количество постоянных значений автокалибровки или все эти значения). Для устранения ошибки нужно будет повторно запустить процедуру ALL.

Поскольку процедура DCV относится ко всем функциям измерений, перед выполнением процедур самопроверки AC или OHMS следует либо запустить процедуру DCV, либо процедуру ALL (см. второй пример ниже).

Выполнение самопроверки

Например, требуется выполнять измерения сопротивления по 4-проводной схеме. Процедура автокалибровки DCV повышает кратковременную точность для всех измерений, процедура OHMS — точность измерений сопротивления (и измерений силы тока). Приведенная ниже программа позволяет запустить процедуру автокалибровки DCV, а затем — процедуру автокалибровки OHMS.

```
10 OUTPUT 722; "ACAL DCV"  
20 OUTPUT 722; "ACAL OHMS"  
30 END
```

Если запуск автокалибровки заблокирован (при поставке с завода-изготовителя он не заблокирован), то для запуска автокалибровки следует ввести защитный код. Дополнительные сведения см. в разделе описания команды ACAL в [Глава 6](#). Для выполнения всех процедур автокалибровки (в последовательности DCV, OHMS и AC) можно воспользоваться следующей командой:

```
OUTPUT 722; "ACAL ALL"
```


Перед выполнением автокалибровки обязательно отключайте все входные сигналы. Если не отключить какой-либо входной сигнал от мультиметра, это может отрицательно сказаться на результатах автокалибровки и последующих измерений.

Когда следует использовать автокалибровку

Для достижения максимальной точности измерений рекомендуется запускать команду ACAL ALL каждые 24 часа или при изменении температуры мультиметра более чем на ± 1 °C с момента предыдущей внешней калибровки или автокалибровки. (Рекомендуется сохранить значение внутренней температуры мультиметра при калибровке с помощью команды CALSTR. Позже это значение можно будет вызвать с помощью команды CALSTR?.) В приведенном ниже примере показано использование команды TEMP? для отслеживания внутренней температуры мультиметра (в градусах Цельсия).

```
10 OUTPUT 722;"TEMP?"
```

```
20 ENTER 722;A
```

```
30 PRINT A
```

```
40 END
```

Константы автокалибровки сохраняются в постоянной памяти (они сохраняются при отключении питания). Поэтому из-за отключения и включения питания производить повторную автокалибровку не требуется.

Выбор входных разъемов

Для подключения измеряемых сигналов у мультиметра имеются разъемы как на передней, так и на задней панели. Переключатель разъемов на передней панели позволяет выбрать один из двух вариантов (кнопка не нажата = Rear (Задняя панель), кнопка нажата = Front (Передняя панель). Выбор входных терминалов в дистанционном режиме невозможен. В приведенных в данной главе схемах подключений для измерений представлены только подключения к разъемам передней панели. При подключении к разъемам задней панели используйте разъемы с такой же маркировкой, как и на передней панели. Для всех измерений рекомендуется использовать высоко-импедансные кабели с низкими диэлектрическими потерями.



ОСТОРОЖНО!

- Демонтаж и монтаж мультиметра, а также подключение к нему кабелей должны производиться только квалифицированным сервисным персоналом, ознакомленным со связанными с такими действиями опасностями. Перед снятием каких-либо крышек или изменением положения переключателей напряжения питания, а также установкой или заменой сетевого предохранителя необходимо отключить кабель питания мультиметра.
 - Измерения высокого напряжения всегда связаны с повышенной опасностью. Все входные разъемы мультиметра (как на передней, так и на задней панели) считаются опасными при подаче входного напряжения, превышающего 42 В на любой разъем. Следует считать, что все разъемы находятся под напряжением, равным самому высокому значению напряжения на любом из них.
 - Компанией Keysight рекомендуется, чтобы при подключении любых кабелей с опасным напряжением прикреплялись соответствующие этикетки. Такая этикетка должна располагаться как можно ближе к соответствующим входам и должна быть яркого цвета, такого как красный или желтый. На этикетке следует четко указать возможность наличия высокого напряжения.
-

ВНИМАНИЕ!

Номинальное значение тока входных разъемов для измерений силы тока (I) составляет $\pm 1,5$ А (пиковое значение) с максимальным неразрушающим входным током не более 1,25 А (среднеквадратичное значение). Входы для измерений силы тока защищены предохранителями. Ниже приведены значения номинального входного напряжения для мультиметра.

Таблица 3-1 Номинальные входные параметры

	Номинальное входное значение	Максимальное неразрушающее входное значение
Вход HI/LO:	± 1000 В (пиковое значение)	± 1200 В (пиковое значение)
Вх. HI/LO изм. сопротивления — вх. LO:	± 200 В (пиковое значение)	± 350 В (пиковое значение)
Вх HI— вх. LO изм. сопротивления :	± 200 В (пиковое значение)	± 350 В (пиковое значение)
Вх. LO — экран:	± 200 В (пиковое значение)	± 350 В (пиковое значение)
Экран — заземление:	± 500 В (пиковое значение)	± 1000 В (пиковое значение)
Вх. HI/LO, вх. HI/LO изм. сопротивления или разъем I — заземление:	± 1000 В (пиковое значение)	± 1500 В (пиковое значение)

При превышении какого-либо из указанных выше максимальных значений мультиметр будет поврежден.



Защитный экран

В данной главе представлены схемы подключения для измерений с разъемом Guard (Защитный экран), подключенной к низкому потенциалу источника измерений (измерения с защитным экраном). Такая конфигурация обеспечивает максимальную эффективность подавления синфазного сигнала на входных разъемах, выбранных с помощью переключателя разъемов, в предположении, что переключатель защитного экрана находится в положении Open (Откл.). Для измерений без защитного экрана нажмите переключатель Guard, чтобы установить его в положение TO LO и не подключайте разъем Guard к источнику измерений. В положении TO LO переключатель Guard соединяет разъем Guard с входным разъемом LO внутри мультиметра для разъемов, выбранных с помощью переключателя. При такой конфигурации эффективность подавления синфазного сигнала снижается. В технических характеристиках, приведенных в [Приложении А](#), представлены значения эффективности подавления синфазного сигнала для измерений с защитным экраном. Для всех измерений рекомендуется использовать высоко-импедансные кабели с низкими диэлектрическими потерями.

Приостановка сбора отсчетов

Когда мультиметр включен, для параметров активации запуска, запуска и событий дискретизации установлено значение AUTO (эти события обсуждаются позже в [Главе 4](#)). При этом мультиметр непрерывно производит сбор отсчетов. Перед настройкой мультиметра для измерений следует приостановить сбор отсчетов. Приостановка сбора отсчетов сокращает время, необходимое для настройки и предотвращает возможность записи нежелательных отсчетов в память отсчетов или выходной буфер GPIB. Для приостановки сбора отсчетов можно либо установить для мультиметра начальные параметры (описано далее), либо установить для параметров активации запуска или события запуска значение HOLD с помощью приведенных ниже команд.

OUTPUT 722; "TARM HOLD"

или

OUTPUT 722; "TRIG HOLD"

По завершении настройки мультиметра можно запустить измерения путем изменения значения HOLD для параметров активации запуска или события запуска на какое-либо другое значение. Дополнительные сведения по запуску измерений см. в [Главе 2](#).

Установка начальных параметров

Команда PRESET NORM аналогична команде RESET, но позволяет обеспечить требуемые начальные настройки для работы в дистанционном режиме. (Команда RESET в основном предназначена для работы с передней панелью.) При настройке мультиметра рекомендуется сначала запустить команду PRESET NORM, поскольку при этом для мультиметра устанавливается известная конфигурация и приостанавливается сбор отсчетов путем установки синхронного режима для событий запуска (команда TRIG SYN). В **Таблице 3-2** представлены команды, выполняемые при запуске команды PRESET NORM.

Таблица 3-2 Состояние PRESET NORM

Команда	Описание
ACBAND 20,2E+6	Ширина полосы пропускания по переменному току 20 Гц – 2 МГц
AZERO ON	Включена функция автоматической установки нуля
BEEP ON	Включен звуковой сигнал
DCV AUTO	Измерения постоянного напряжения, автовыбор диапазона
DELAY -1	Начальная задержка
DISP ON	Дисплей включен
FIXEDZ OFF	Отключение фиксированного входного сопротивления
FSOURCE ACV	Источник частоты и периода — переменное напряжение
INBUF OFF	Отключение входного буфера
LOCK OFF	Клавиатура включена
MATH OFF	Отключение обработки математических функций в режиме реального времени
MEM OFF	Отключение памяти отсчетов
MFORMAT SREAL	Формат памяти отсчетов с одиночными действительными числами
MMATH OFF	Отключение функции последующей математической обработки
NDIG 6	Отображение в формате 6,5 десятичных разрядов
NPLC 1	Время интегрирования — 1 период сигнала электросети
NRDGS 1,AUTO	1 отсчет на цикл запуска, автоматическая дискретизация для события
OCOMP OFF	Отключение сопротивления, компенсированного смещением
OFORMAT ASCII	Формат вывода данных ASCII



Таблица 3-2 Состояние PRESET NORM (продолжение)

Команда	Описание
TARM AUTO	Событие активации автоматического запуска
TIMER 1	Интервал таймера 1 с
TRIG SYN	Событие синхронного запуска

Для всех математических регистров устанавливается значение 0, за исключением следующих:

DEGREE = 20

PERC = 1

REF = 1

RES = 50

SCALE = 1

При попытке установить для мультиметра начальных параметров может оказаться, что он занят или работа интерфейса GPIB приостановлена. В любом из этих случаев мультиметр не отреагирует на команду удаленного управления. Перед установкой для мультиметра начальных параметров рекомендуется отправить команду Device Clear по интерфейсу GPIB. На команду Device Clear мультиметр реагирует немедленно. Ниже представлена отправка команды Device Clear с последующей командой PRESET NORM.

```
10 CLEAR 722
```

```
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
```

```
30 END
```

Помимо команды PRESET NORM у мультиметра имеется команда PRESET FAST (настройка для ускоренного сбора отсчета и отправки данных), которая описана в [Главе 4](#), и команда PRESET DIG (настройка для оцифровки постоянного напряжения), которая описана в [Главе 5](#).

Указание функции измерений

С помощью первого параметра команды FUNC выбирается функция измерений. Например, чтобы выбрать измерения постоянного напряжения, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"FUNC DCV"
```

Заголовок команды FUNC не является обязательным и может быть пропущен. Например, чтобы выбрать измерения постоянного напряжения, можно просто отправить команду:

```
OUTPUT 722;"DCV"
```

В остальных примерах данной главы используется сокращенная версия (без заголовка команды FUNC). В [Таблице 3-3](#) представлены различные параметры функций измерений и выбираемые с помощью каждого из этих параметров функции.

Таблица 3-3 Параметры функций измерений

Параметр функции	Описание
ACDCI	Измерения силы переменного тока, связь по постоянному току
ACDCV	Измерения переменного напряжения, связь по постоянному току
ACI	Измерения силы переменного тока, связь по переменному току
ACV	Измерения переменного напряжения, связь по переменному току
DCI	Измерения силы постоянного тока
DCV	Измерения постоянного напряжения
DSAC ^[a]	Непосредственная дискретизация, связь по переменному току
DSDC ^[a]	Непосредственная дискретизация, связь по постоянному току
FREQ	Измерения частоты
OHM	Измерения сопротивления по 2-проводной схеме
OHMF	Измерения сопротивления по 4-проводной схеме
PER	Измерения периода
SSAC ^[a]	Субдискретизация, связь по переменному току
SSDC ^[a]	Субдискретизация, связь по постоянному току

[a] Дополнительные сведения по этим функциям см. в [Главе 5, «Оцифровка»](#).



Автоматический диапазон

При включенной функции автоматического выбора диапазона перед записью каждого отсчета мультиметр производит дискретизацию входного сигнала (когда запущен сбор отсчетов) и автоматически выбирает правильный диапазон. Поскольку для автоматического выбора диапазона требуется дискретизация входного сигнала, измерения с включенной функцией автоматического выбора диапазона могут занимать больше времени по сравнению с включенной функцией фиксированного диапазона. При включенном питании и в состоянии PRESET NORM функция автоматического выбора диапазона включена. Если планируется измерять достаточно стабильный сигнал, то можно воспользоваться командой ARANGE ONCE, чтобы разрешить выбор правильного диапазона с помощью функции автоматического выбора (при запуске сбора отсчетов), а затем отключить автоматический выбор для последующих отсчетов. Это предоставит возможность как автоматического выбора диапазона, так и повышения скорости сбора отсчетов при выключенной функции автовыбора. Для этого воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"ARANGE ONCE"
```

В этом случае при запуске мультиметр выберет правильный диапазон, а затем отключит функцию автовыбора. Если затем потребуется вновь включить функцию автовыбора диапазона, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "ARANGE ON"
```

Указание диапазона

Для указания фиксированного диапазона используется первый параметр команд (ACV, DCV, OHM и т. п.) или команда RANGE. Этот параметр называется *max_input*, поскольку указывает максимально ожидаемую амплитуду входного сигнала (или максимальное сопротивление для измерений сопротивления). При этом мультиметром выбирается правильный диапазон. При указании параметра *max_input* следует использовать абсолютное значение входного сигнала — без отрицательных значений. Например, чтобы указать постоянное напряжение с максимальным входным значением $-2,5$ В, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "DCV 2.5"
```


В этом случае мультиметром выбирается диапазон 10 В постоянного напряжения. Для указания другого значения параметра *max_input* (например 15 В) без изменения функции измерений воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "RANGE 15"
```

В этом случае мультиметром выбирается диапазон 100 В.

ПРИМЕЧАНИЕ

При измерениях частоты и периода параметр *max_input* указывает максимальное значение амплитуды входного сигнала. Частотный диапазон (Гц) или диапазон периода (в секундах) не указывается.

Для выбора режима автовыбора можно установить начальное значение для параметра *max_input* или указать режим AUTO. Например, чтобы выбрать автовыбор диапазона с помощью команды DCV, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "DCV"
```

Диапазоны для каждой функции измерений см. в таблицах для команд FUNC и RANGE в [Главе 6](#).



Настройка для измерений постоянного тока и сопротивления

В данном разделе приведены инструкции по настройке мультиметра для измерений постоянного напряжения и постоянного тока, а также сопротивления по 2-проводной и 4-проводной схеме.

Постоянное напряжение

Мультиметр измеряет постоянное напряжение в любом из пяти диапазонов. В [Таблице 3-4](#) представлен каждый диапазон постоянного напряжения и соответствующая полная шкала отображения результатов (для которой также показано максимальное число десятичных разрядов для диапазона). Кроме того, в [Таблице 3-4](#) для каждого диапазона указано максимальное разрешение и входное сопротивление. (Разрешение является функцией от времени интегрирования. Более подробные сведения см. в подразделе [«Установка времени интегрирования»](#) далее в данном разделе.) На [Рисунке 3-1](#) показаны схемы подключения разъемов для всех типов измерений напряжения. При включенном питании и в состояниях PRESET NORM. Выбран режим измерений постоянного напряжения. Выбрать режим измерений постоянного напряжения можно также с помощью команды DCV. Например, чтобы выбрать измерения постоянного напряжения с диапазоном 1 В, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"DCV 1"
```

Таблица 3-4 Диапазоны постоянного напряжения

Диапазон постоянного напряжения	Полная шкала отображения	Максимальное разрешение	Входное сопротивление
100 мВ	120,00000 мВ	10 нВ	>10 ГОм ^[a]
1 В	1,20000000 В	10 нВ	>10 ГОм ^[a]
10 В	12,0000000 В	100 нВ	>10 ГОм ^[a]
100 В	120,000000 В	1 мкВ	10 МОм
1000 В	1050,00000 В	10 мкВ	10 МОм

[a] С параметром FIXEDZ OFF. С параметром FIXEDZ ON входное сопротивление фиксировано и составляет 10 МОм. Дополнительные сведения см. в разделе [«Фиксированное входное сопротивление»](#) далее в данной главе.

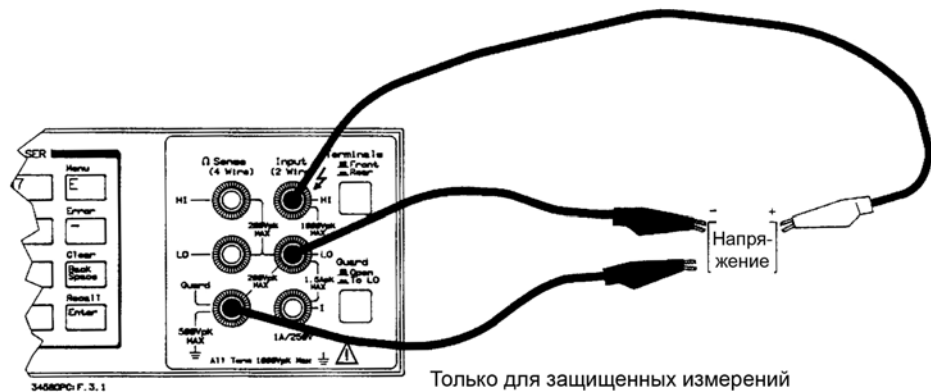


Рисунок 3-1 Подключения для измерений напряжения

Значение постоянного тока

Мультиметр измеряет силу тока с помощью подключения внутреннего шунтирующего резистора параллельно измерительным разъемам, измерений напряжения на этом резисторе и вычисления значения силы тока (сила тока = напряжение/сопротивление). Разъемы для измерений силы тока на передней и задней панели мультиметра защищены предохранителями на 1 А, 250 В. На [Рисунке 3-2](#) показаны схемы подключения разъемов для всех типов измерений силы тока.

Мультиметр измеряет силу постоянного тока в любом из восьми диапазонов. В [Таблице 3-5](#) представлен каждый диапазон постоянного тока и соответствующая полная шкала отображения результатов (для которой также показано максимальное число десятичных разрядов для каждого диапазона). Кроме того, в [Таблице 3-5](#) для каждого диапазона указано максимальное разрешение шунтирующий резистор. (Разрешение является функцией от времени интегрирования. Более подробные сведения см. в подразделе [«Установка времени интегрирования»](#) далее в данном разделе.) Выбрать режим измерений силы постоянного тока можно с помощью команды DCI. Например, чтобы выбрать режим измерений силы постоянного тока с диапазоном 10 мкА, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"DCI 10E-6"
```

3 Настройка для выполнения измерений

Таблица 3-5 Диапазоны постоянного тока

Диапазон значений постоянного тока	Полная шкала отображения	Максимальное разрешение	Шунтирующий резистор
100 нА	120,000 нА	1 пА	545,2 кОм
1 мкА	1,200000 мкА	1 пА	45,2 кОм
10 мкА	12,000000 мкА	1 пА	5,2 кОм
100 мкА	120,00000 мкА	10 пА	730 Ом
1 мА	1,2000000 мА	100 пА	100 Ом
10 мА	12,000000 мА	1 нА	10 Ом
100 мА	120,00000 мА	10 нА	1 Ом
1 А	1,0500000 А	100 нА	0,1 Ом

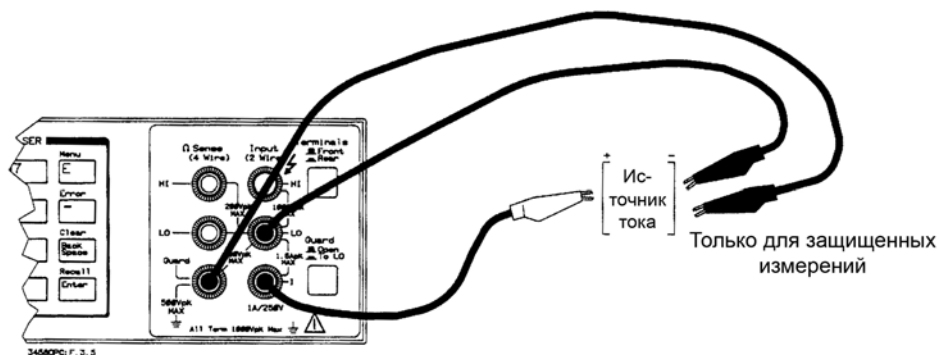


Рисунок 3-2 Подключения для измерений силы тока

Сопротивление

Мультиметр измеряет сопротивление с помощью подачи тока известного значения на резистор с неизвестным сопротивлением, которое требуется измерить. При пропускании тока через резистор на нем образуется напряжение. Мультиметр измеряет это напряжение и вычисляет значение сопротивления (сопротивление = напряжение/сила тока). В **Таблице 3-6** представлен каждый диапазон сопротивления с 2-проводной и 4-проводной схемой и соответствующая полная шкала отображения результатов (для которой также показано максимальное число десятичных разрядов для каждого диапазона). Кроме того, в **Таблице 3-6** для каждого диапазона указано максимальное разрешение и сила тока источника. (Разрешение является функцией от времени интегрирования. Более подробные сведения см. в подразделе «**Установка времени интегрирования**» далее в данном разделе.)

Таблица 3-6 Диапазоны измерений сопротивления

Диапазон сопротивления	Полная шкала отображения	Максимальное разрешение	Сила тока источника
10 Ом	12,00000 Ом	10 мкОм	10 мА
100 Ом	120,00000 Ом	10 мкОм	1 мА
1 кОм	1,2000000 кОм	100 мкОм	1 мА
10 кОм	12,0000000 кОм	1 мОм	100 мкА
100 кОм	120,000000 кОм	10 мОм	50 мкА
1 МОм	1,2000000 МОм	10 мОм	5 мкА
10 МОм	12,0000000 МОм	1 Ом	500 нА
100 МОм	120,000000 МОм	10 Ом	500 нА
1 ГОм	1,2000000 ГОм	100 Ом	500 нА



Измерения сопротивления по 2-проводной схеме

Измерения сопротивления по 2-проводной схеме обычно используются, когда сопротивление измерительных щупов намного ниже измеряемого значения. Если сопротивление кабелей щупов относительно велико по сравнению с измеряемым сопротивлением, то результаты измерений будут неточными. Например, измеряется сопротивление резистора 1 Ом, расположенного на расстоянии 3 метра. При использовании для соединения медного провода калибра 24 его сопротивление при измерениях для длины 6 метров составит прикл. 0,5 Ома. Это приведет к общей ошибке измерений сопротивления резистора 1,5 Ом в 50 %. Ряд прочих факторов, которые могут влиять на высокое сопротивление проводов, включает плохой или загрязненный контакт, изгиб и повреждение проводов, а также слишком высокая температура окружающей среды. Точность измерений сопротивления по 2-проводной схеме можно повысить с помощью математической операции NULL (дополнительные сведения см. в разделе «Операция NULL» в Главе 4). На Рисунке 3-3 представлена схема подключения к разъемам передней панели для измерений сопротивления по 2-проводной схеме. Выбрать режим измерений сопротивления по 2-проводной схеме можно с помощью команды OHM. Например, чтобы выбрать измерения сопротивления по 2-проводной схеме с диапазоном 1 кОм, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"OHM 1E3"
```

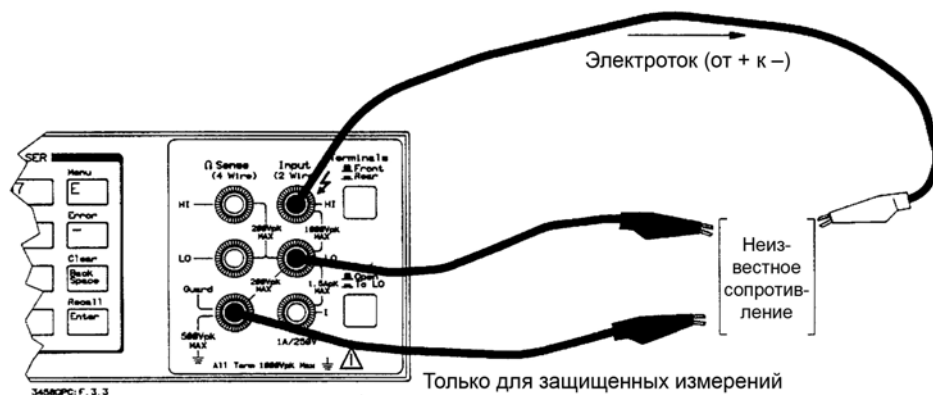


Рисунок 3-3 2-проводная схема соединений для измерений сопротивления

Измерения сопротивления по 4-проводной схеме

Режим измерений сопротивления по 4-проводной схеме позволяет устранить ошибки измерений, вызванные сопротивлением кабелей измерительных щупов. При измерениях сопротивления по 2-проводной схеме сопротивление цепи, для которой измеряется падение напряжения, включает сопротивление кабелей щупов и само измеряемое сопротивление. При измерениях сопротивления по 4-проводной схеме падение напряжения измеряется только на измеряемом сопротивлении, а не на комбинированном сопротивлении. Важно, чтобы сопротивление кабелей щупов было высоким относительно измеряемого сопротивления. На **Рисунке 3-4** представлена схема подключения к разъемам передней панели для измерений сопротивления по 4-проводной схеме. Выбрать режим измерений сопротивления по 4-проводной схеме можно с помощью команды OHMF. Например, чтобы выбрать измерения сопротивления по 4-проводной схеме с диапазоном 10 МОм, воспользуйтесь командой:

OUTPUT 722; "OHMF 10E6"

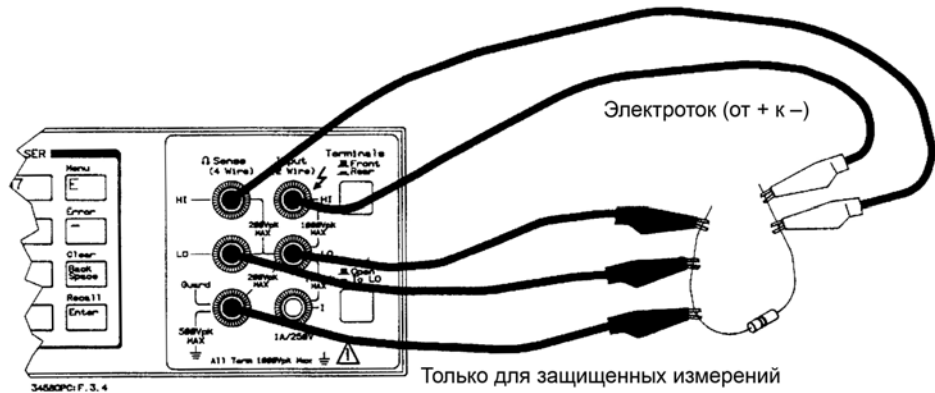


Рисунок 3-4 4-проводная схема соединений для измерений сопротивления



Настройка АЦП

Конфигурация АЦП определяет скорость измерений, разрешение, точность и подавление дифференциальных помех^[1] для измерений постоянного тока и сопротивления. На конфигурацию АЦП влияют такие параметры, как опорная частота, указанное время интегрирования и заданное разрешение.

Опорная частота

При включении питания мультиметр измеряет частоту сети электропитания, округляет ее до значения 50 или 60 Гц и согласно этому значению настраивает опорную частоту АЦП. (Для частоты сети электропитания 400 Гц в качестве опорной частоты мультиметром используется частота 50 Гц, поскольку она является субгармоникой частоты 400 Гц.) Для измерений постоянного тока и сопротивления мультиметр подавляет дифференциальные помехи на опорной частоте, когда время интегрирования ≥ 1 периоду в линии электропитания. Дополнительные сведения см. в приведенном далее разделе «Установка времени интегрирования».

Изменение опорной частоты

Для большинства условий работы определение опорной частоты при включении питания обеспечивает высокую эффективность подавления дифференциальных помех. Однако для достижения максимальной эффективности подавления дифференциальных помех следует установить значение опорной частоты в точном соответствии с фактическим значением частоты в сети питания. (Если частота в сети электропитания непостоянна, может потребоваться периодическая коррекция опорной частоты.) Приведенная ниже команда позволяет измерить частоту сети электропитания и установить опорную частоту в точном соответствии с измеренным значением (для частоты в сети электропитания 400 Гц мультиметр делит измеренное значение частоты на 8 и использует полученный результат в качестве опорной частоты).

```
OUTPUT 722;"LFREQ LINE"
```

[1] Подавление дифференциальных помех — это функция мультиметра, позволяющая подавлять шумы с частотой сети электропитания при измерениях постоянного тока и сопротивления.

Можно также использовать команду LFREQ для непосредственного указания опорной частоты. Это особенно полезно в случаях, когда мультиметр частота сети электропитания мультиметра отличается от частоты в сети электропитания измеряемого устройства. Например, частота в сети электропитания мультиметра составляет 60 Гц, а частота сети электропитания измеряемого устройства — 50 Гц. В этом случае для подавления дифференциальных помех можно установить опорную частоту 50 Гц с помощью следующей команды:

```
OUTPUT 722;"LFREQ 50"
```

Учтите, что при каждом отключении и повторном включении питания или нажатии кнопки **Reset** на передней панели значение опорной частоты возвращается к округленному значению 50 или 60 Гц.

Установка времени интегрирования

Время интегрирования соответствует периоду измерений входного сигнала АЦП. Для измерений постоянного тока или сопротивления время интегрирования определяет скорость измерений, точность, максимальное количество десятичных разрядов и разрешение, а также уровень подавления дифференциальных помех и опорную частоту АЦП. Время интегрирования можно указать либо с помощью команды NPLC в периодах линии электропитания, либо непосредственно (в секундах) с помощью команды APER. Поскольку обе команды (NPLC и APER) позволяют установить время интегрирования, запуск любой из них приведет к переопределению времени интегрирования, установленного ранее другой командой.

Указание количества периодов линии электропитания

Мультиметр подавляет дифференциальные помехи для шумов на опорной частоте АЦП, когда время интегрирования ≥ 1 периоду в линии электропитания. Время интегрирования можно указать с помощью команды NPLC в периодах линии электропитания. Для определения времени интегрирования мультиметр умножает указанное число на период опорной частоты АЦП (команда LFREQ). Например, период для частоты в линии электропитания 50 Гц составляет $1/50 = 20$ мс. При указании значения 10 периодов линии электропитания время интегрирования будет равно 200 мс. При включении питания для времени интегрирования устанавливается 10 периодов линии электропитания. В состоянии PRESET NORM для времени интегрирования устанавливается 1 период линии электропитания. Чтобы установить время



интегрирования для достижения максимальной скорости измерений (с наиболее низкой точностью, наиболее низким разрешением и без функции подавления дифференциальных помех) воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "NPLC 0"
```

Для установки наивысшей точности, наивысшего разрешения и уровня подавления дифференциальных помех 80 дБ для измерений постоянного тока или сопротивления (с самой низкой скоростью измерений) воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"NPLC 1000"
```

Периоды линии электропитания можно указать в следующих диапазонах:

- 0–1 пер. (с шагом в 0,000006 пер. для опорн. частоты 60 Гц и 0,000005 пер. для опорн. частоты 50 Гц)
- 1–10 пер. с шагом 1 пер.
- 10–100 пер. с шагом 10 пер.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для значений времени интегрирования, превышающих 10 периодов, мультиметр производит усреднение количества отсчетов для времени интегрирования 10 периодов. Например, если указать 60 пер., мультиметр округляет шесть отсчетов для 10 пер.

Широкий диапазон возможных значений периода линии электропитания обеспечивает гибкие возможности выбора скорости измерений, точности, разрешения и уровня подавления дифференциальных помех. Обычно следует выбирать такое значение времени интегрирования, которое обеспечивает допустимую скорость при поддержании допустимого значения разрешения и уровня подавления дифференциальных помех. В таблицах спецификаций в [Приложение А](#) представлена связь между временем интегрирования со значениями разрешения и уровня подавления дифференциальных помех для измерений постоянного тока и сопротивления.

Непосредственное указание времени интеграции Для измерений постоянного тока и сопротивления можно непосредственно указать время интегрирования (в секундах) с помощью команды APER (апертура). Например, чтобы указать время интегрирования 22 мс, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"APER.022"
```

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании команды APER мультиметр не усредняет отсчеты для больших значений времени интегрирования, как он делает это при получении команды NPLC. Например, если указать число периодов 60 (время интегрирования — 1 секунда при частоте линии электропитания 60 Гц) с помощью команды NPLC, мультиметром усредняется шесть отсчетов для 10 периодов. Если указать время интегрирования, равное 1 секунде, с помощью команды APER, мультиметр интегрирует один отсчет за 1 секунду.

Команда APER позволяет указать время интегрирования в диапазоне от 500 нс до 1 с шагом 100 нс. Команда APER в основном используется при дискретизации определенного фрагмента сигнала (например, импульса) или для оцифровки. Команду APER также можно использовать для подавления шумового сигнала определенной частоты во входном сигнале. Для этого установите значение времени интегрирования равным целому числу, умноженному на период сигнала, который требуется подавить. Например, для подавления шумового сигнала на частоте 100 Гц (период = 10 мс) укажите время интегрирования равным 10 мс, 20 мс, 30 мс и т. п.

Указание разрешения

Для указания разрешения при измерениях используется последний параметр функциональной команды (FUNC, ACV, DCV и т. п.) или команды RANGE.^[1] Этот параметр называется %_resolution, поскольку его значение указывается в формате процентов для параметра max._input команды (см. раздел «Указание диапазона» ранее в этой главе). Для определения разрешения измерений мультиметр умножает указанное значение параметра %_resolution на значение параметра max._input. Для расчета значения параметра %_resolution используется следующая формула:

$$\%_resolution = (\text{фактическое разрешение/максимальное входное значение}) \times 100$$

Например, максимальное входное значение составляет 10 В постоянного напряжения, а требуемое разрешение — 1 мВ постоянного напряжения. Формула будет выглядеть следующим образом:

$$\%_resolution = (0,001/10) \times 100 = 0,01$$

[1] Указать разрешение можно также с помощью команды RES. Примеры использования команды RES см. в [Главе 6](#).



3 Настройка для выполнения измерений

При использовании начального значения для параметра `%_resolution` значение времени интегрирования будет равно значению, указанному с помощью последней полученной команды `APER` или `NPLC`.

Для измерений постоянного тока и сопротивления (и аналоговых измерений переменного напряжения) разрешение определяется временем интегрирования АЦП. При указании разрешения фактически косвенно указывается время интегрирования. Поскольку команды `APER` и `NPLC` также позволяют указать время интегрирования, при указании разрешения возникают описанные ниже взаимодействующие факторы.

- При использовании команды `APER` или `NPLC` до указания разрешения мультиметр выполняет ту команду, в которой указано большее разрешение (большее время интегрирования).
- При использовании команды `APER` или `NPLC` после указания разрешения мультиметром выбирается время интегрирования, указанное с помощью команды `APER` или `NPLC`, а предыдущее указанное разрешение игнорируется.

Когда указывать разрешение

Для измерений постоянного тока или сопротивления следует указать разрешение, когда его значение, указанное с помощью команды `NPLC` или `APER`, является недостаточным. Например, в приведенной ниже программе в строке 10 указывается значение времени интегрирования 1 период линии электропитания, что обеспечивает уровень подавления дифференциальных помех 60 дБ и разрешение $7\frac{1}{2}$ десятичных разрядов. Это обеспечивает фактическое разрешение 1 мкВ для диапазона 10 В. В данном случае требуется разрешение 100 нВ при значении параметра `max_input` 10 В. Результат предварительного расчета по формуле для параметра `%_resolution` составляет 0,000001 (1E-6). Это указано в строке 20.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1"  
20 OUTPUT 722;"DCV 10, 1E-6"  
30 END
```

Автоматическая установка нуля

Функция автоматической установки нуля гарантирует обнуление всех внутренних ошибок мультиметра из-за смещения для последующих измерений постоянного тока и сопротивления. Функция автоматической установки

нуля управляется с помощью команды AZERO. В режиме AZERO ON мультиметр самостоятельно отключает входной сигнал и производит измерения нулевого значения после каждых измерений. Затем полученное нулевое значение математически вычитается из результата предыдущих измерений. В режиме AZERO OFF или ONCE мультиметр измеряет одно значение нуля и математически вычитает полученный результат из последующих результатов измерений. При использовании команд AZERO OFF или AZERO ONCE производят измерения для автоматической установки нуля по возникновению первого события активации запуска для всех событий, за исключением события TARM EXT, для которого измерения автоматической установки нуля производится при запуске команды TARM EXT. (Событие активации запуска описано в [Главе 4](#).) Результаты измерений для автоматической установки нуля обновляется при каждых изменениях функции, диапазона или времени интегрирования (это обновление производится при возникновении события активации запуска или запуске команды TARM EXT). При включенном питании и в состоянии PRESET NORM для параметра AZERO установлено значение ON. Чтобы изменить это, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"AZERO OFF"
```

ПРИМЕЧАНИЕ

Для измерений сопротивления по 4-проводной схеме функция автоматической установки нуля должна быть включена (команда AZERO ON). При необходимости отключения функции автоматической установки нуля (AZERO OFF или ONCE) следует убедиться, что перед ее выключением были выполнены все подключения для измерений, а также в том, что сопротивление проводов не будет изменяться. Если функцию автоматической установки нуля выключить до выполнения подключений по 4-проводной схеме или при изменении сопротивления проводов с выключенной функцией автоматической установки нуля (например, при сканировании), результаты измерений сопротивления по 4-проводной схеме могут оказаться некорректными.

Компенсация смещения

Поскольку при измерениях сопротивления происходит выборка падения напряжения на измеряемом резисторе, наличие какого-либо постороннего напряжения (напряжения смещения) будет влиять на точность измерений. При включенной функции компенсации смещения мультиметр корректирует результаты измерений сопротивления, устраняя эффект, вносимый



напряжением смещения. Для этого мультиметр сначала измеряет входное напряжение с включенным внутренним источником тока. Затем источник тока отключается и снова измеряется входное напряжение. Фактическое наведенное напряжение соответствует разнице между двумя результатами измерений напряжения. Функцию компенсации смещения можно использовать при измерениях сопротивления как по 2-х проводной, так и по 4-х проводной схеме. Использование функции компенсации смещения мультиметра возможно только для диапазонов от 10 Ом до 100 кОм. На других диапазонах эта функция не работает. При включенном питании и в состоянии PRESET NORM функция компенсации выключена. Для включения функции компенсации смещения воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722:"OCOMP ON"
```

Технические характеристики, касающиеся максимального значения напряжения смещения для компенсации при измерениях сопротивления см. в [Приложении А](#).

Фиксированное входное сопротивление

При выполнении измерений постоянного тока можно зафиксировать входное сопротивление мультиметра с помощью команды FIXEDZ. Это бывает нужно для предотвращения влияния изменения входного сопротивления (из-за изменения диапазонов) на результаты измерений. В [Таблице 3-4](#) приведены значения входного сопротивления в режиме FIXEDZ OFF. В режиме FIXEDZ ON входное сопротивление постоянно составляет 10 МОм для всех диапазонов постоянного тока. При включенном питании и в состоянии PRESET NORM функция постоянного входного сопротивления выключена (значение параметра OFF). Для включения функции постоянного входного сопротивления воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "FIXEDZ ON"
```

Для выключения функции постоянного входного сопротивления воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"FIXEDZ OFF"
```

Настройка для измерений переменного тока

В данном разделе приведены инструкции по настройке мультиметра для измерений переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей и переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей, а также частоты и периода.

Переменное напряжение или переменное напряжение с постоянной составляющей

Мультиметр может выполнять измерения среднеквадратичного значения переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей одним из трех способов: аналоговое преобразование среднеквадратичного значения, преобразование со случайным расположением точек дискретизации и синхронным преобразованием дискретизации. Для каждого способа имеется шесть диапазонов: 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В и 1000 В с максимальным разрешением $6\frac{1}{2}$ десятичных разрядов в любом диапазоне.

В [Таблице 3-7](#) приведены характеристики измерений и требования к сигналу для всех способов измерений. На [Рисунке 3-1](#) показаны схемы подключения разъемов для всех типов измерений напряжения.

При измерениях переменного тока мультиметр измеряет только переменную составляющую входного сигнала. При измерениях переменного тока с постоянной составляющей мультиметр измеряет постоянную составляющую и переменную составляющую в диапазонах частот, представленных в [Таблице 3-7](#). Учтите, что при измерениях переменного напряжения с постоянной составляющей с помощью аналогового способа переменные составляющие с частотой ниже 10 Гц не включаются в результаты измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ

При измерениях в диапазонах 10 мВ и 100 мВ с помощью аналогового способа возможно влияние наведенных шумов (таких как помехи при включении/отключении мощных электродвигателей), что может привести к неточным результатам измерений. Для обеспечения точных результатов измерений в этих диапазонах следует убедиться, что окружающее оборудование не излучает помех и используются экранированные кабели измерительных щупов.



Таблица 3-7 Способы измерений переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей

Способ измерений переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей	Полоса обзора	Наивысшая точность	Требуется периодический сигнал	Количество отсчетов в секунду	
				Min. (Мин.)	Max. (Макс.)
Синхронный	1 Гц – 10 МГц	0,01 %	Да	0,025	10
Аналоговый	10 Гц – 2 МГц	0,03 %	Нет	0,8	50
По случайным точкам	20 Гц – 10 МГц	0,10 %	Нет	0,025	45

Синхронное преобразование дискретизации

При синхронном преобразовании дискретизации фактическое среднеквадратичное значение рассчитывается по значениям отсчетов, однако для этого требуется периодичность входного сигнала. Синхронная дискретизация обеспечивает прекрасную линейность и является самым точным из трех описанных способов. Синхронная дискретизация полезна при измерениях периодических сигналов в полосе обзора от 1 Гц до 10 МГц.

Примечания для синхронной дискретизации

- При синхронной дискретизации для синхронизации процесса дискретизации в мультиметре используется событие синхронизации с сигналом источника LEVEL (начальный режим). Если входной сигнал пропадает во время сбора отсчетов и не появляется в течение определенного периода времени (ограничения времени определяются в основном настройкой ширины полосы пропускания по переменному току, которая описана далее в этом разделе), для возможности продолжения измерений способ измерений изменяется на дискретизацию в случайных точках. Можно предотвратить изменение способа измерений с помощью команды SSRC. С помощью команды SSRC можно также синхронизировать процесс синхронной дискретизации с сигналом на разъеме Ext Trig (Внешний запуск). Для получения дополнительных сведений и примеров программ см. описание команды SSRC в [Главе 6](#).
- При использовании источника синхронизации LEVEL возможны ложные запуски из-за шумов во входном сигнале, приводящие к неточным результатам. Для обеспечения точных результатов измерений следует

убедиться, что окружающее оборудование не излучает помех и используются экранированные кабели измерительных щупов. Включение функции фильтрации уровня (команда LFILTER ON) позволяет снизить чувствительность к таким шумам. Для получения дополнительных сведений см. описание команды LFILTER в [Главе 6](#).

- При синхронной дискретизации входной сигнал всегда имеет связь по постоянному току, независимо от указанной функции измерений (измерения по переменному току или по переменному току с постоянной составляющей). Если выбран режим измерений по переменному току, составляющие постоянного тока математически вычитаются из отсчетов. Важно учитывать, что поскольку уровни переменного и постоянного напряжения складываются, это может привести к перегрузке, даже если сам по себе уровень переменного напряжения является допустимым.

Аналоговое преобразование среднеквадратичного значения

При аналоговом преобразовании среднеквадратичного значения производится непосредственная интеграция входного сигнала. Этот способ выбран при включении питания. Этот способ хорошо подходит для измерений сигналов в диапазоне от 10 Гц до 2 МГц и может обеспечить самую высокую скорость из всех трех описанных способов.

Преобразование со случайным расположением точек дискретизации

При преобразовании со случайным расположением точек дискретизации для каждого отсчета собирается несколько точек входного сигнала. Точки распределены случайно относительно шкалы времени внутреннего генератора, и фактическое среднеквадратичное значение входного сигнала рассчитывается статистически. Для способа со случайным расположением точек дискретизации периодичность входного сигнала не требуется (как при синхронной дискретизации), что позволяет использовать этот способ для измерений таких сигналов, как широкополосный шум. Этот способ обеспечивает прекрасную линейность, высокую точность и предназначен для измерений сигналов низкого уровня (<1/10 от полной шкалы). Ширина полосы пропускания для измерений со случайным расположением точек дискретизации составляет от 20 Гц до 10 МГц.



Указание способа измерений переменного напряжения

При включении питания выбран способ аналогового преобразования среднеквадратичное значения. При включенном питании для измерений с аналоговым преобразованием среднеквадратичного значения достаточно выбрать режим измерений переменного напряжения (AC) или переменного напряжения с постоянной составляющей (AC+DC) с помощью следующих команд:

```
OUTPUT 722;"ACV"
```

!ВЫБОР РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ СО СВЯЗЬЮ
О ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ

или

```
OUTPUT 722; "ACDCV"
```

!ВЫБОР РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ СО СВЯЗЬЮ
ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Команда SETACV позволяет указать способ измерений переменного напряжения. Например, чтобы указать способ измерений со случайным расположением точек дискретизации, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"SETACV RNDM"
```

Для выбора способа с синхронной дискретизацией воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"SETACV SYNC"
```

Для возврата к аналоговой дискретизации среднеквадратичного значения используйте команду:

```
OUTPUT 722;"SETACV ANA"
```

Указанный способ измерений переменного напряжения действует до отключения/включения питания, предварительной настройки параметров мультиметра или выбора другого способа. При выборе измерений по переменному току или переменному току с постоянной составляющей будет использоваться последний указанный способ (или начальный способ при включении питания).

Переменный ток или переменный ток спостоянной составляющей

Мультиметр измеряет силу тока с помощью подключения внутреннего шунтирующего резистора параллельно измерительным разъемам, измерений напряжения на этом резисторе и вычисления значения силы тока (сила тока = напряжение/сопротивление). В отличие от измерений переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей, измерения переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей можно выполнять только с использованием аналогового способа (непосредственного интегрирования). Разъемы для измерений силы тока на передней и задней панели мультиметра защищены предохранителями на 1 А, 250 В. На [Рисунке 3-2](#) показаны схемы подключения разъемов для всех типов измерений силы тока.

Мультиметр измеряет силу переменного тока или переменного тока с постоянной составляющей в любом из восьми диапазонов. При измерениях переменного тока мультиметр измеряет только переменную составляющую входного сигнала. При измерениях переменного тока с постоянной составляющей мультиметр измеряет постоянную составляющую и переменную составляющую с частотой выше 10 Гц. Учтите, что при измерениях переменного тока с постоянной составляющей переменные составляющие с частотой ниже 10 Гц не включаются в результаты измерений. Максимальное разрешение для измерений переменного тока или переменного тока с постоянной составляющей составляет $6\frac{1}{2}$ десятичных разрядов. В [Таблице 3-8](#) приведены все диапазоны силы тока с соответствующими им полными шкалами отображения, максимальными значениями разрешения и используемым шунтирующим резистором. (Разрешение является функцией от времени интегрирования. Более подробные сведения см. в подразделе [«Установка времени интегрирования»](#) далее в данном разделе.) Режим измерений переменного тока выбирается с помощью команды ACI, а режим измерений переменного тока с постоянной составляющей — с помощью команды ACDCI. Например, чтобы выбрать измерения силы переменного тока с диапазоном 100 мкА, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"ACI 100E-6"
```

Чтобы выбрать режим измерений силы постоянного тока с постоянной составляющей с диапазоном 10 мА, воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"ACDCI 10E-3"
```



Таблица 3-8 Диапазоны переменного тока/переменного тока с постоянной составляющей и разрешение

Диапазон силы переменного тока	Полная шкала отображения	Максимальное разрешение	Шунтирующий резистор
100 мкА	120 0000 мкА	100 пА	730 Ом
1 мА	1,200000 мА	1 нА	100 Ом
10 мА	12,00000 мА	10 нА	10 Ом
100 мА	120,0000 мА	100 нА	1 Ом
1 А	1,050000 А	1 мкА	0,1 Ом

Частота и период

Счетчик мультиметра для измерений частоты и периода принимает сигналы с входов переменного напряжения и переменного тока. Максимальное разрешение составляет 7 десятичных разрядов^[1] (как при измерениях частоты, так и при измерениях периода). (Дополнительные сведения см. далее в разделе «Указание разрешения».)

Режим измерений частоты выбирается с помощью команды `FREQ`, а режим измерений периода — с помощью команды `PER`. Для измерений частоты и периода следует также указать, поступает ли измеряемый сигнал от источника напряжения или от источника тока, и какая связь будет использоваться для измерений — по переменному или по постоянному току. Для этого следует воспользоваться командой `FSOURCE` (начальное значение при включении питания — `ACV`). В [Таблице 3-9](#) описаны параметры команды `FSOURCE`, а также тип входа и возможности измерения для каждого. Схема подключения разъемов для измерений частоты и периода источника напряжения приведена на [Рисунке 3-1](#). Схема подключения разъемов для измерений частоты и периода источника тока приведена на [Рисунке 3-1](#).

[1] Самый левый десятичный разряд (с диапазоном $\frac{1}{2}$ при большинстве других функций измерений) является полнодиаметром (0–9) при измерениях частоты и периода.

ПРИМЕЧАНИЕ

Команда LEVEL влияет на порог пересечения нулевого уровня и тип связи для входного сигнала при измерениях частоты или периода. Для получения дополнительных сведений см. описание команды LEVEL в [Главе 6](#).

Таблица 3-9 Параметры команды FSOURCE

Параметры команды FSOURCE	Определение	Возможности измерений	
		Частота	Период
ACV	Вход переменного напряжения со связью по переменному току	1 Гц – 10 МГц	100 нс – 1 с
ACDCV	Вход переменного напряжения со связью по постоянному току	1 Гц – 10 МГц	100 нс – 1 с
ACI	Вход переменного тока со связью по переменному току	1 Гц – 10 кГц	10 мкс – 1 с
ACDCI	Вход переменного тока со связью по постоянному току	1 Гц – 10 кГц	10 мкс – 1 с

Приведенная ниже программа позволяет настроить мультиметр для измерения частоты сигнала от источника напряжения с уровнем в диапазоне 10 В. Для входного сигнала выбирается связь по переменному току.

```
10 OUTPUT 722;"FREQ 10"
20 OUTPUT 722;"FSOURCE ACV"
30 END
```

Приведенная ниже программа позволяет настроить мультиметр для измерения периода сигнала от источника тока с уровнем в диапазоне 10 мА. Для входного сигнала выбирается связь по постоянному току.

```
10 OUTPUT 722;"PER 10E-3"
20 OUTPUT 722;"FSOURCE ACDCI"
30 END
```

ПРИМЕЧАНИЕ

При измерениях частоты или периода можно снизить высокочастотные шумы в диапазоне выше 75 кГц, включив фильтр уровня. Для получения дополнительных сведений см. описание команды LFILTER в [Главе 6](#).



Указание полосы пропускания

Команда ACBAND позволяет указать частотный состав входного сигнала для всех измерений переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей. Указание частотного состава обеспечивает точность результатов измерений мультиметра и его настройку для достижения наивысшей скорости измерений. В первом параметре команды ACBAND указывается самая низкая ожидаемая частота (значение PRESET NORM при включении питания составляет 20 Гц). Во втором параметре команды ACBAND указывается самая высокая ожидаемая частота (значение PRESET NORM при включении питания составляет 2 МГц). Например, если входной сигнал имеет частотный диапазон от 750 Гц до 2 кГц, то следует воспользоваться командой:

```
OUTPUT 722;"ACBAND 750,2000"
```

Точные технические характеристики (а также скорость считывания для аналоговых измерений переменного тока) на основании частотных составляющих входного сигнала см. в «[Приложении А: Технические характеристики](#)» на странице 447.

ПРИМЕЧАНИЕ

При синхронных измерениях переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей параметры полосы пропускания используются мультиметром для расчета значений тайм-аута и параметров дискретизации. При измерениях частоты или периода с включенной функцией автоматического выбора диапазона параметры полосы пропускания используются для определения времени, необходимого для автоматического выбора диапазона. Для таких измерений крайне важно указать полосу пропускания (особенно нижнюю частоту), соответствующую частотному составу входного сигнала.

Установка времени интегрирования

Время интегрирования соответствует периоду измерений входного сигнала АЦП. Для аналоговых измерений переменного тока время интегрирования определяет максимальное количество десятичных разрядов и разрешение, а также, наряду с указанной полосой пропускания, влияет на скорость измерения. (Время интегрирования также незначительно влияет на погрешность аналоговых измерений переменного тока). Аналоговые измерения пере-

менного тока определяются только как измерения переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей с помощью способа с аналоговым преобразованием (команда SETACV ANA), а также измерения переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей. С увеличением значения времени интегрирования разрешение и точность измерений увеличивается, однако скорость измерений снижается.

ПРИМЕЧАНИЕ

Время интегрирования не оказывает влияния на измерения частоты или периода. Для измерений переменного напряжения с оцифровкой (SET ACV SYNC или SET ACV RNDM) время интегрирования АЦП устанавливается автоматически, и мультиметр обеспечивает указанное разрешение («Указание разрешения» описывается в следующем разделе) путем изменения количества собираемых отсчетов.

Для аналоговых измерений переменного тока время интегрирования можно указать с помощью команды NPLC в периодах линии электропитания. (Можно также воспользоваться командой APER, чтобы указать время интегрирования, хотя такой способ в основном предназначен для измерений постоянного тока. Дополнительные сведения о команде APER см. в [Главе 6](#).) Для определения времени интегрирования мультиметр умножает указанное число на период опорной частоты АЦП (команда LFREQ). Например, период для частоты в линии электропитания 50 Гц составляет $1/50 = 20$ мс. При указании значения 10 периодов линии электропитания время интегрирования будет равно 200 мс. При включении питания для времени интегрирования устанавливается 10 периодов линии электропитания. В состоянии PRESET NORM для времени интегрирования устанавливается 1 период линии электропитания. Чтобы установить время интегрирования для достижения максимальной скорости измерений (с наиболее низкой точностью и разрешением $4\frac{1}{2}$, десятичных разрядов) воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "NPLC 0"
```

Для установки наивысшей точности и разрешения ($6\frac{1}{2}$ десятичных разрядов), с наименьшей скоростью измерений воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "NPLC 1000"
```



3 Настройка для выполнения измерений

Периоды линии электропитания можно указать в следующих диапазонах:

- 0–1 пер. (с шагом в 0,000006 пер. для опорн. частоты 60 Гц и 0,000005 пер. для опорн. частоты 50 Гц)
- 1–10 пер. с шагом 1 пер.
- 10–100 пер. с шагом 10 пер.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для значений времени интегрирования, превышающих 10 периодов, мультиметр производит усреднение количества отсчетов для времени интегрирования 10 периодов. Например, если указать время интегрирования 60 периодов, то мультиметр округляет шесть отсчетов для 10 периодов.

Обычно следует выбирать такое значение времени интегрирования, которое обеспечивает допустимую скорость при поддержании допустимого значения точности и разрешения. В **Таблице 3-10** представлена зависимость между временем интегрирования и количеством десятичных разрядов разрешения для аналоговых измерений переменного тока.

Таблица 3-10 Зависимости для АЦП при аналоговых измерениях переменного тока

Разряды разрешения	Периоды линии электросети (команда NPLC)	
	LFREQ = 60 Гц	LFREQ = 50 Гц
4,5	0–0,000030	0–0,000025
5,5	0,000036–0,000360	0,000030–0,000300
6,5	0,000366–1000	0,000305–1000

Указание разрешения

Для указания разрешения измерений используется последний параметр (параметр %_resolution) функциональной команды (FUNC, ACV, ACI и т. п.) или команды RANGE.^[1]

[1] Указать разрешение можно также с помощью команды RES. Примеры использования команды RES см. в **Главе 6**.

Для всех измерений переменного напряжения и тока значение параметра `%_resolution` указывается в процентах от значения параметра `max._input`. Для определения разрешения измерений мультиметр умножает указанное значение параметра `%_resolution` на значение параметра `max._input`. Для определения значения параметра `%_resolution` используется следующая формула:

$$\%_resolution = (\text{фактическое разрешение/максимальное входное значение}) \times 100$$

Например, максимальное ожидаемое входное значение составляет 10 В переменного тока, а требуемое разрешение — 1 мВ переменного тока. Формула будет выглядеть следующим образом:

$$\%_resolution = (0,001/10) \times 100 = 0,01$$

Для аналоговых измерений переменного тока разрешение определяется временем интегрирования АЦП. При указании разрешения фактически косвенно указывается время интегрирования. Поскольку команда `NPLC` также позволяют указать время интегрирования, при указании разрешения возникают описанные ниже взаимодействующие факторы.

- При использовании команды `NPLC` до указания разрешения мультиметр выполняет ту команду, в которой указано большее разрешение (большее время интегрирования).
- При использовании команды `NPLC` после указания разрешения мультиметром выбирается время интегрирования, указанное с помощью команды `NPLC`, а предыдущее указанное разрешение игнорируется.

Для аналоговых измерений переменного тока и использовании начального значения для параметра `%_resolution` значение времени интегрирования будет установлено в соответствии с указанным в последней выполненной команде `NPLC`.

При измерениях в режиме `ACV` или `ACDCV` с оцифровкой для значений со случайными точками дискретизации (`SETACV RNDM`) устанавливается фиксированное значение разрешения в 4,5 десятичных разрядов, изменить которое невозможно. При синхронной оцифровке (`SETACV SYNC`) значение параметра `%_resolution` — 0,001 = 7,5 десятичных разрядов; 0,01 = 6,5 десятичных разрядов; 0.1 = 5,5 десятичных разрядов; 1 = 4,5 десятичных разрядов.



3 Настройка для выполнения измерений

При измерениях частоты или периода параметр `%_resolution` указывает время счета и количество десятичных разрядов разрешения, как показано в [Таблице 3-11](#). Например, в приведенной ниже программе указывается режим измерений частоты для входа источника напряжения с диапазоном 10 В. Параметр `%_resolution` в строке 20 (0,00001) указывает время счета 1 с и 7 десятичных разрядов разрешения.

```
10 OUTPUT 722; "FSOURCE ACV"  
20 OUTPUT 722;"FREQ 10,.00001"  
30 END
```

При использовании начального значения для параметра `%_resolution` для измерений в режиме FREQ или PER, мультиметр устанавливает значение параметра `%_resolution` 0,00001, при котором выбирается время счета 1 с и 7 десятичных разрядов разрешения.

Таблица 3-11 Время счета и разрешение для измерений частоты/периода

Параметр <code>%_resolution</code>	Выбор времени счета	Разряды разрешения
0,00001	1 с	7
0,0001	100 мс	7
0,001	10 мс	6
0,01	1 мс	5
0,1	100 мкс	4

Когда указывать разрешение

Для аналоговых измерений в режиме ACV или ACDCV (SETACV ANA), а также ACI и ACDCI, разрешение следует указать, если требуется его более высокое значение, чем получаемое при использовании команды NPLC. Например, в строке 10 приведенной ниже программы указано значение времени интегрирования 0,0001 периода, при котором устанавливается разрешение 5½ десятичных разрядов, позволяющее получить фактическое разрешение 100 мкВ в диапазоне 10 В. Однако, в данном случае требуется разрешение 10 мкВ при значении параметра `max._input` 10 В. Результат предварительного расчета по формуле для параметра `%_resolution`

составляет 0,0001 (1E-4), что указано в строке 30 (для данного разрешения считывание занимает прибл. 40 с).

```
10 OUTPUT 722;"NPLC .0001"  
20 OUTPUT 722;"SETACV ANA"  
30 OUTPUT 722;"ACV 10,1E-4"  
40 END
```

Для измерений с синхронизованной оцифровкой в режиме ACV или ACDCV (SETACV SYNC), а также FREQ и PER указание разрешения — единственный способ изменить его фактическое значение. Для таких измерений время интегрирования является фиксированным и не зависит от команды NPLC и параметра %_resolution. Мультиметр обеспечивает указанное разрешение для оцифрованного переменного напряжения путем изменения количества собираемых отсчетов. (При использовании начального значения для параметра %_resolution мультиметр устанавливает значение параметра %_resolution 0,01 % для способа синхронного преобразования и 0,4 % для способа преобразования со случайными точками дискретизации.) В приведенной ниже программе выбираются измерения переменного напряжения с синхронной оцифровкой. Максимальное ожидаемое входное напряжение составляет 10 В, а значение 0, для параметра %_resolution соответствует 5,5 десятичным разрядам с фактическим разрешением 1 мВ.

```
10 OUTPUT 722; "SETACV SYNC"  
20 OUTPUT 722;"ACV 10, .1"  
30 END
```



Настройка для измерений отношений

При измерениях отношений мультиметр измеряет разницу между опорным постоянным напряжением, поданным на разъемы для измерений сопротивления, и напряжением сигнала, поданного на входные разъемы. Затем мультиметр рассчитывает соотношение по следующей формуле:

$$\text{Коэффициент} = \frac{\text{Напряжение сигнала}}{\text{Опорное напряжение пост. тока}}$$

Для функции измерений напряжения сигнала можно выбрать постоянное напряжение, переменное напряжение или переменное напряжение с постоянной составляющей. (Для измерений переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей можно выбрать любой из трех способов — ANA, RNDM и SYNC.) Функция опорного напряжения всегда используется для измерений постоянного напряжения, а максимальное измеряемое входное напряжение составляет ± 12 В постоянного напряжения. На **Рисунке 3-5** представлена схема подключения к разъемам передней панели для измерений отношения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для разъемов измерений сопротивления LO и входных разъемов LO должен использоваться один и тот же опорный сигнал, а разность потенциалов не должна превышать 0,25 В.

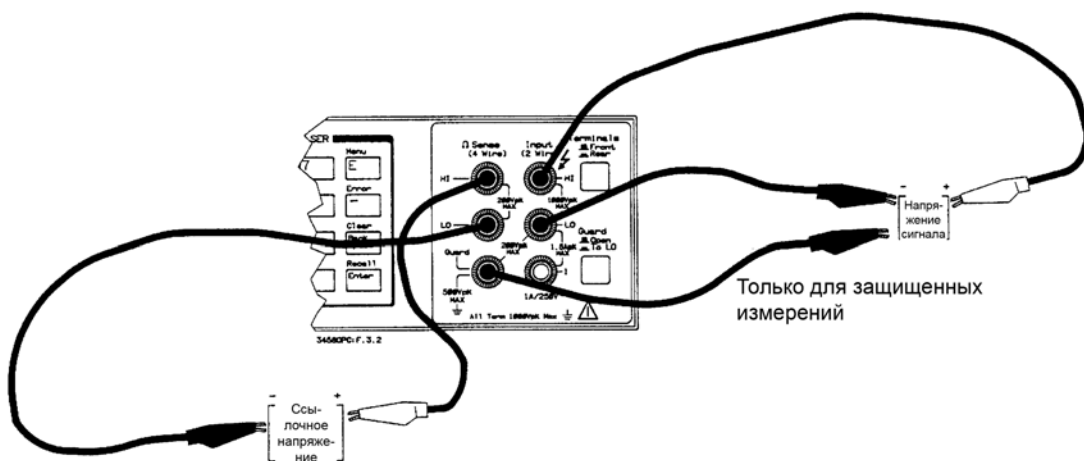


Рисунок 3-5 Подключения для измерений отношений

Установка режима измерений отношений

Для установки режима измерений отношений сначала следует выбрать функцию измерений для измерений сигнала (и способ измерений для переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей), а затем включить режим измерений отношений с помощью команды RATIO. Например, в приведенной ниже программе указывается режим измерений отношения для переменного напряжения (для диапазона 10 В) с помощью преобразования с синхронной оцифровкой.

```
10 OUTPUT 722;"ACV 10"
```

```
20 OUTPUT 722; "SETACV SYNC"
```

```
30 OUTPUT 722;"RATIO ON"
```

```
40 END
```

Позже для отключения режима измерений отношений можно воспользоваться командой:

```
OUTPUT 722;"RATIO OFF"
```

Для измерений отношения указанный диапазон применяется только к измерениям напряжения сигнала (входные разъемы). Для измерений опорного напряжения (разъемы измерений сопротивления) всегда устанавливается режим автоматического выбора диапазона. Изменение диапазонов было описано ранее в разделе «Основная настройка» данной главы.



Использование программной памяти

Мультиметр может сохранять программные строки в качестве подпрограмм. Это позволяет запускать часто используемые программные строки с минимумом действий по взаимодействию с шиной/контроллером. Поскольку сохраненные подпрограммы уже скомпилированы, мультиметр обрабатывает их гораздо быстрее, чем аналогичные команды, полученные по интерфейсу GPIB. У мультиметра имеется память емкостью 14 КБ, которая совместно используется для подпрограмм и состояний (описано позже). При заполнении памяти подпрограмм/состояний мультиметр выдает сообщение Memory Error (Ошибка памяти), разряд 7 регистра ошибок.

ПРИМЕЧАНИЕ

В регистре состояния имеется разряд завершения выполнения подпрограммы, позволяющий определить, когда выполнение подпрограммы было завершено. Дополнительные сведения см. в разделе [«Использование регистра состояния»](#) далее в данной главе.

Сохранение подпрограммы

Для сохранения подпрограмм используются команды SUB и SUBEND. Команда SUB отмечает начало подпрограммы и ее идентификационное имя. Имя подпрограммы может содержать до 10 символов. Имя может содержать все буквенные символы или комбинацию букв и цифр (в имени также можно использовать символы ? и _). При использовании буквенно-цифрового имени первый символ должен быть буквой. Буквенные и буквенно-цифровые имена подпрограмм не должны совпадать с названиями команд или параметров мультиметра, а также именами сохраненных состояний.

После команды SUB следует ввести команды подпрограммы в требуемом порядке их выполнения. Команда SUBEND определяет конец подпрограммы. Все подпрограммы сохраняются в постоянной памяти (содержимое которой сохраняется при отключении питания), если только подпрограмма не подверглась сжатию (см. раздел [«Сжатие подпрограмм»](#) далее в этой главе). Например, приведенная ниже программа позволяет сохранить команды с номерами строк 20–60 в качестве подпрограммы с именем DCCUR1.

```
10 OUTPUT 722;"SUB DCCUR1"
```

```
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"  
30 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"  
40 OUTPUT 722;"DCI 1,.01"  
50 OUTPUT 722; "NRDGS 5, AUTO"  
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"  
70 OUTPUT 722; "SUBEND"  
80 END
```

При создании подпрограммы с именем, совпадающим с именем уже существующей подпрограммы, старая подпрограмма будет заменена новой.

Запуск подпрограммы

Для запуска записанной подпрограммы воспользуйтесь командой CALL и именем подпрограммы. Например, для запуска предыдущей подпрограммы воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"CALL DCCUR1"
```

ПРИМЕЧАНИЕ

Если входной буфер (описан далее в этой главе) отключен, мультиметр не держит шину GPIB в режиме ожидания до завершения выполнения подпрограммы или получения команды PAUSE (описана ниже). Сведения о выводе шины из режима ожидания сразу после вызова подпрограммы см. в разделе «**Использование входного буфера**». Для прерывания выполнения подпрограммы воспользуйтесь командой GPIB Device Clear.

С помощью передней панели можно просмотреть имена всех сохраненных подпрограмм, используя команду CALL и нажимая клавиши со стрелками вверх или вниз. Когда нужная подпрограмма будет найдена, нажмите клавишу **Enter** для запуска подпрограммы.

Приостановка выполнения подпрограммы

Можно временно приостановить выполнение подпрограммы, включив в сохраненную подпрограмму команду PAUSE. Подпрограммы выполняются мультиметром пошагово в порядке следования команд. По достижении команды PAUSE выполнение подпрограммы приостанавливается и, если подпрограмма была запущена дистанционно, шина GPIB выво-



3 Настройка для выполнения измерений

дится из режима ожидания. Например, в строке 60 описанной ниже программы имеется команда PAUSE.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 2"  
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"  
30 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"  
40 OUTPUT 722;"DCV 10"  
50 OUTPUT 722;"NRDGS 5,AUTO"  
60 OUTPUT 722;"PAUSE"  
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL "  
80 OUTPUT 722;"SUBEND"  
90 END
```

При вызове такой подпрограммы все команды выполняются до команды PAUSE, а затем выполнение приостанавливается. Для возобновления выполнения подпрограммы воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"CONT"
```

Для возобновления выполнения подпрограммы можно также воспользоваться командой выполнения группового запуска по шине GPIB (при этом чтение данных само по себе запущено не будет, будет только возобновлено выполнение подпрограммы).

Встроенные подпрограммы

Подпрограмму можно использовать для вызова другой подпрограммы (встроенных подпрограмм). Например, при вызове приведенной ниже подпрограммы (с помощью команды CALL 1) будет произведен сбор 10 отсчетов постоянного напряжения, а затем будет вызвана предыдущая сохраненная подпрограмма DCCUR1.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 1"  
20 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"  
30 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO"  
40 OUTPUT 722;"DCV 10"  
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL "  
60 OUTPUT 722; "CALL DCCUR1"  
70 OUTPUT 722; "SUBEND"  
80 END
```


Вызов подпрограммы, содержащей команду PAUSE, из другой подпрограммы невозможен. Мультиметр позволяет встраивать до 10 подпрограмм, т. е. подпрограмма 1 вызывает подпрограмму 2, которая вызывает подпрограмму 3, вызывающую подпрограмму 4 ..., которая вызывает подпрограмму 10.

Автоматический запуск подпрограммы

При вызове по имени подпрограммы 0 она запускается по завершении выполнения мультиметром последовательности операций при включении питания или предварительной настройке его состояния с помощью клавиши **Reset** на передней панели. Это особенно полезно для автоматического возврата мультиметра в предыдущее состояние при сбоях в линии электропитания. При обнаружении сбоя в линии электропитания мультиметр сохраняет текущее состояние как состояние 0 (состояния описаны далее в этой главе). Приведенная ниже программа позволяет сохранить автоматически запускаемую программу, возвращающую состояние мультиметра при отключении питания, а также устанавливающую опорную частоту АЦП в соответствии с точной частотой линии электропитания (подробные сведения см. в приведенном выше разделе «Изменение опорной частоты»).

```
10 OUTPUT 722; "SUB 0"  
20 OUTPUT 722;"RSTATE 0"  
30 OUTPUT 722;"LFREQ LINE"  
40 OUTPUT 722; "SUBEND"  
50 END
```

При необходимости запуска подпрограммы автозапуска без выключения/включения питания мультиметра ее можно также запустить с помощью команды CALL 0.



Сжатие подпрограмм

При сохранении подпрограммы мультиметр сохраняет текст ASCII в постоянную память, а скомпилированную версию подпрограммы — во временную память. При вызове подпрограммы мультиметр запускает скомпилированную версию (поэтому подпрограммы выполняются быстрее, чем те же команды, получаемые по шине). Когда питание отключается, сохраняется только текст ASCII. При повторном включении питания мультиметр с помощью текста ASCII создает скомпилированную версию подпрограммы. Подпрограммы можно сжимать с помощью команды COMPRESS. При сжатии подпрограммы текст ASCII удаляется из постоянной памяти, и остается только скомпилированная версия во временной памяти. Это позволяет освободить место в постоянной памяти, однако подпрограмма из нее удаляется (при отключении питания или нажатии кнопки **Reset** на передней панели все данные подпрограммы будут удалены). Приведенная ниже программа позволяет сжать предварительно сохраненную подпрограмму с именем DCCUR1.

```
OUTPUT 722; "COMPRESS DCCUR1"
```

Удаление подпрограмм

Команда DELSUB позволяет удалить определенную подпрограмму. Например, для удаления подпрограммы с именем DCCUR1 воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "DELSUB DCCUR1"
```

Можно также удалить все сохраненные подпрограммы и все сохраненные состояния с помощью команды SCRATCH.

Использование памяти состояний

Текущую конфигурацию мультиметра (функция измерений, диапазон, разрешение, время интегрирования и т. п.) можно сохранить в памяти состояний. Подпрограммы, отсчеты и содержимое ряда математических регистров (подробные сведения см. в [Главе 6](#)) не включаются в сохраняемые данные состояния. В случае пропадания электропитания мультиметр сохраняет текущую конфигурацию в состоянии 0. При этом при отключении питания состояние, сохраненное как состояние 0, будет перезаписано текущей конфигурацией. Объем памяти мультиметра составляет 14 КБ, которые используются как для состояний, так и для подпрограмм. Каждое состояние занимает прибл. 300 байт. Если подпрограммы в памяти отсутствуют, мультиметр может загрузить максимум 46 состояний. При заполнении памяти подпрограмм/состояний мультиметр выдает сообщение Memory Error (Ошибка памяти), разряд 7 регистра ошибок.

Сохранение состояний

Команда SSTATE позволяет сохранить текущее состояние мультиметра с идентифицирующим его именем. Имя состояния может содержать до 10 символов. Имя может содержать все буквенные символы или комбинацию букв и цифр (в имени также можно использовать символы ? и _). В качестве имени можно также использовать целые числа от 0 до 127 (это обычно делается для работы с передней панелью). При использовании буквенно-цифрового имени первый символ должен быть буквой. Буквенные и буквенно-цифровые имена состояний не должны совпадать с названиями команд или параметров мультиметра, а также именами сохраненных подпрограмм. При использовании имени, состоящих из целых чисел, при сохранении мультиметр добавляет к целому числу префикс STATE. Это позволяет различать целочисленные имена состояний от целочисленных имен подпрограмм. Например, состояние, сохраненное с именем, 8 будет сохранено как STATE8. Позже можно вызвать состояние либо по имени 8, либо по имени STATE8.



3 Настройка для выполнения измерений

Все состояния сохраняются в постоянной памяти (они сохраняются при отключении питания). При сохранении состояния мультиметр компилирует эти данные. Это означает, что при вызове состояния мультиметр выполняет самонастройку гораздо быстрее, чем при выполнении отдельных команд, используемых для настройки состояния. Для сохранения текущего состояния мультиметра с именем ACST1 воспользуйтесь следующей командой:

```
OUTPUT 722; "SSTATE ACST1"
```

Вызов состояний

Команда RSTATE позволяет вызвать состояние из памяти и настроить конфигурацию мультиметра в соответствии с вызванным состоянием. Например, для вызова состояния ACST1 воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"RSTATE ACST1"
```

С помощью передней панели можно просмотреть имена всех сохраненных состояний, используя команду RSTATE и нажимая клавиши со стрелками вверх или вниз. Когда нужное состояние будет найдено, нажмите клавишу Enter для вызова состояния.

Удаление состояний

Для удаления одного сохраненного состояния можно воспользоваться командой PURGE. Например, для удаления состояния ACST1 воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"PURGE ACST1"
```

Можно также воспользоваться командой SCRATCH, позволяющей удалить из памяти все сохраненные состояния и подпрограммы.

Использование входного буфера

При включенном питании мультиметра и в состоянии PRESET NORM входной буфер отключен. Это означает, что мультиметр должен обрабатывать каждую команду GPIB отдельно и ждать завершения ее обработки перед выводом шины GPIB из режима ожидания или принятием другой команды. В большинстве случаев требуется ожидание контроллером перед продолжением его работы вывода шины из режима ожидания, что обеспечивает синхронизацию между контроллером и прибором. Это особенно заметно для команд, требующих длительного времени обработки. Например, при запуске полной процедуры самотестирования с дистанционного контроллера (команда TEST) мультиметр не переводит шину GPIB из режима ожидания до завершения этой процедуры, которая выполняется приibl. 50 с.

При включенном входном буфере мультиметр временно сохраняет команды в буфере и немедленно выводит шину GPIB из режима ожидания. Затем мультиметр извлекает команды из входного буфера и выполняет их пошагово в порядке получения. Это позволяет контроллеру выполнять другие действия при обработке команд мультиметром. Приведенная ниже программа позволяет включить входной буфер до выполнения команды TEST.

```
10 OUTPUT 722;"INBUF ON"  
20 OUTPUT 722; "TEST"  
30 END
```

Входной буфер позволяет сохранить до 255 символов. При получении символов, объем которых превышает емкость входного буфера, мультиметр устанавливает для шины режим ожидания до появления доступного места во входном буфере. Когда появляется свободное место во входном буфере, в него принимаются остальные символы, и шина выводится из режима ожидания.

При использовании входного буфера могут потребоваться сведения о том, что были обработаны все буферизованные команды. Мультиметр выводит эту информацию путем установки значения в разряде 4 (готовность к приему инструкций) регистра состояний (описано далее). Если регистр состояний активирован должным образом, то он управляет линией GPIB SRQ (сервисные запросы). Контроллер будет воспринимать это, если он был ранее запрограммирован на прием сервисных запросов (SRQ) в качестве прерывания.



Использование регистра состояния

В регистре состояния отслеживается следующая информация о состоянии мультиметра.

- Завершение подпрограммы
- Превышение порога максимального или минимального значения
- Выполнение команды SRQ
- Включение питания
- Готовность к получению инструкций
- Наличие ошибок
- Сервисный запрос
- Доступны данные

При возникновении одного из перечисленных событий в регистре состояния устанавливается значение для соответствующего разряда. В приведенном ниже списке описаны значения каждого разряда регистра состояния.

Bit 0 (weight = 1) Subprogram Complete — завершение выполнения сохраненной подпрограммы.

Bit 1 (weight = 2) High or Low Limit Exceeded — для одного или нескольких отсчетов возникло превышение порога максимального или минимального значения, указанного для удачного/неудачного результата математической операции. Этот разряд относится как к обработке в режиме реального времени, так и к последующей математической обработке. (См. описание «Операция Pass/Fail» в [Главе 4](#).)

Bit 2 (weight = 4) SRQ Command Executed — мультиметром была выполнена команда SRQ.

Bit 3 (weight = 8) Power-On — была обнаружена процедура включения питания.

Bit 4 (weight = 16) Ready for Instructions — мультиметр завершил выполнение всех предыдущих команд и готов к получению следующих команд. (При использовании команд TRIG SGL или TARM SGL для инициации группы отсчетов с выключенным входным буфером этот разряд может использоваться для отслеживания момента завершения сбора всех отсчетов.)

Bit 5 (weight = 32) Error — в регистре ошибок/дополнительном регистре зафиксированы ошибки. Дополнительные сведения см. в разделе «[Прочитать регистров ошибок](#)» ранее в данной главе.

ПРИМЕЧАНИЕ

Команда EMASK позволяет предотвратить установку разряда ошибки в регистре состояния для всех ошибок. Для получения дополнительных сведений см. описание команды EMASK в [Главе 6](#).

Bit 6 (weight = 64) Service Request — сервисный запрос, для линии GPIB SRQ установлено значение True. Этот разряд устанавливается при установке любых других разрядов регистра состояния и разрешении приема SRQ с помощью команды RQS. Это допускается только для разряда 6 (при установке значения разряда ошибкой в регистре ошибок, что, в свою очередь, приводит к установке разряда 6). Позже регистр ошибок был прочитан, что привело к удалению разряда ошибки, но с сохранением разряда 6.

Bit 7 (weight = 128) Data Available — в выходном буфере доступны данные отсчета или ответа на запрос.

Считывание данных регистра состояния

Команда запроса STB? позволяет считать данные в регистре состояния с возвратом взвешенной суммы всех установленных разрядов. При выполнении команды STB? регистр состояния не очищается. В приведенной ниже программе используется команда STB? для считывания содержимого регистра состояния.

```
10 OUTPUT 722."STB?"  
20 ENTER 722; A  
30 PRINT A  
40 END
```

Например, установлен разряд 3 (вес = 8) и разряд 7 (вес = 128). Приведенная выше программа возвращает сумму двух весов (136).



По команде STB? никогда не считывается значение разряда 4 (готовность к получению инструкций), поскольку мультиметр всегда занят при обработке команды STB?, и, следовательно, не готов к получению новых команд. При необходимости отслеживания разряда готовности регистра состояния следует использовать команду GPIB Serial Poll. Если состояние линии SRQ — True, то команда Serial Poll приводит к очистке всех разрядов регистра состояния.* При очистке разряда 6 для линии SRQ также устанавливается состояние False. Если при отправке команды Serial Poll для параметра линии SRQ установлено значение False, содержимое регистра не изменяется. В приведенной ниже программе показано, как считать содержимое регистра состояния с помощью команды Serial Poll.

```
10 P=SPOLL(722)
20 DISP P
30 END
```

Для очистки регистра состояния^[1] воспользуйтесь следующей командой:
OUTPUT 722; "CSB"

Прерывания

Если был установлен разряд в регистре состояния и был разрешен прием SRQ (команды RQS), мультиметр устанавливает состояние True для линии GPIB SRQ. Это можно использовать для оповещения контроллера о прерывании текущей работы и определения того, какая сервисная операция требуется мультиметру. (Сведения о программировании контроллера для реагирования на прерывание см. в руководстве по работе с контроллером.)

Чтобы разрешить установку состояния True для линии SRQ какими-либо разрядами регистра состояния, сначала следует активировать эти разряды с помощью команды RQS. Например, для текущего приложения требуется прерывание при превышении верхней или нижней границы (разряд 1), включении/выключении питания (разряд 3) или при возникновении ошибки (разряд 5). Десятичные значения для этих разрядов составляют соответственно 2, 8 и 32. Десятичная сумма составляет 42. Чтобы активировать эти разряды для приема SRQ, воспользуйтесь следующей командой:

```
OUTPUT 722;"RQS 42"
```

[1] Разряды 4, 5 и 6 не очищаются, если для них по-прежнему установлены условия задания их значений.

Теперь при возникновении любого события, связанного с разрядами 1, 3 или 5, в регистре состояния будет установлен разряд 6 с разрешением приема SRQ. Учтите, что не активированные разряды по-прежнему отвечают установленным для них условиям. Это, однако, не относится к разряду 6 и приему SRQ. Приведенная ниже программа является примером прерывания с использованием языка BASIC для устройств Keysight серии 200/300.

```
10 !HI/LO LIMIT EXCEEDED,ERROR, POWER CYCLED INTERRUPT
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
30 OUTPUT 722; "CSB"
40 ON INTR 7 GOTO 90
50 ENABLE INTR 7;2
60 OUTPUT 722;"RQS 42;MATH PFAIL;SMATH MIN -5;SMATH MAX 5"
70 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"
80 GOTO 80
90 OUTPUT 722; "STB?"
100 ENTER 722;A
110 IF BINAND (A,2) THEN PRINT "HI/LO LIMIT EXCEEDED"
120 IF BINAND (A,8) THEN PRINT "POWER WAS CYCLED"
130 IF BINAND (A,32) THEN PRINT "ERROR OCCURRED"
140 END
```

Строка 20 — предварительная настройка мультиметра для отложенного запуска. Строка 30 — очистка регистра состояния. Строка 40 — инструкция контроллеру по переходу к строке 90 при возникновении прерывания. Строка 50 — включение прерываний SRQ на интерфейсе GPIB. Строка 60 — активация предельных высоких/низких значений, включения питания и разрядов ошибок для приема SRQ. Строка 60 также активирует обработку удачного/неудачного результата математической операции в режиме реального времени со значениями –5 для нижнего предела и +5 для верхнего предела. Строка 70 — активация автоматического запуска. Строка 80 — команда контроллеру на ожидание прерывания. Строки 90–130 — считывание данных из регистра состояния и печать условий, вызвавших прерывание.





4 Выполнение измерений

Введение	132
Запуск измерений	133
Форматы отсчетов	150
Использование памяти отсчетов	154
Отправка данных отсчетов по шине	160
Повышение скорости сбора отсчетов	168
Сигнал EXTOUT	183
Математические операции	191

Введение

В этой главе обсуждаются способы запуска измерений и форматы отсчетов, а также представлены инструкции по использованию памяти отсчетов и передаче данных отсчетов по шине. Кроме того, в этой главе приведены рекомендации по повышению скорости передачи данных по шине GPIB, сбора отсчетов, использованию сигнала EXTOUT мультиметра и использованию математических операций.

Запуск измерений

Чтобы мультиметр начал сбор отсчетов, должны произойти три отдельных события в установленном порядке. Эти события: (1) активация запуска, (2) запуск и (3) дискретизация. Единственными исключениями в этой иерархии запуска являются субдискретизация (описана в [Главе 5](#)) и многократная активация запуска (описано в этой главе). Как показано на [Рисунке 4-1](#), при появлении всех трех событий в перечисленном порядке мультиметр начинает сбор отсчетов в указанном режиме. При включенном питании мультиметр настроен на автоматический сбор отсчетов, т. е. для всех трех событий установлено значение AUTO (АВТО). Для большинства применений потребуется использование только одного или двух из этих событий, а для остальных событий можно будет оставить значение AUTO. В данном разделе описаны различные события, которые можно использовать для выполнения условий активации запуска, запуска и дискретизации, а также приводятся примеры использования этих событий.

ПРИМЕЧАНИЕ

Примеры в данном руководстве относятся к компьютерам Hewlett-Packard серии 200/300 с использованием языка BASIC. В них предполагается, что для интерфейса GPIB выбран код 7, а для прибора — адрес 22, что вместе составляет адрес GPIB 722. В некоторых примерах данного раздела отсчеты сохраняются в памяти, а в некоторых — передаются в контроллер. Выбор направления передачи данных отсчетов подробно описано в разделах [«Использование памяти отсчетов»](#) и [«Отправка данных отсчетов по шине»](#) данной главы.

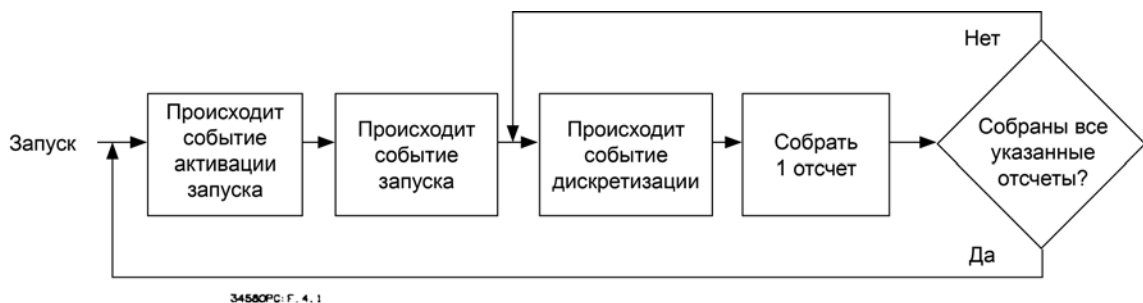


Рисунок 4-1 Иерархия запуска



Событие активации запуска

При обнаружении события активации запуска инициализируется процедура активации запуска мультиметра. Т. е. событие активации запуска инициализирует последующее событие запуска. Для указания события активации запуска используется команда TARM.

Событие запуска

При обнаружении указанного события запуска (когда событие активации запуска уже произошло) инициализируется следующее событие дискретизации. Для указания события запуска используется команда TRIG.

Событие дискретизации

При обнаружении события дискретизации (когда события активации запуска и запуска уже произошли) мультиметр начинает сбор отсчетов. Затем мультиметр будет записывать по одному отсчету для каждого события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. В первом параметре команды NRDGS (количество отсчетов) указывается количество отсчетов для каждого события запуска. Во втором параметре команды NRDGS определяется событие (событие дискретизации), инициализирующее запись каждого отсчета.

Выбор событий

В качестве событий активации запуска, запуска и дискретизации можно выбрать различные события. В [Таблице 4-1](#) описаны параметры события и представлены команды, к которым они относятся.

Таблица 4-1 Параметры событий

Параметр события	Используется с: TARM	Используется с: TRIG	NRDGS	Описание события
AUTO	✓	✓	✓	Возникает автоматически (когда это требуется)
EXT	✓	✓	✓	Возникает по отрицательному фронту сигнала на входе внешнего запуска мультиметра

Таблица 4-1 Параметры событий (продолжение)

Параметр события	Используется с: TARM	Используется с: TRIG	NRDGS	Описание события
HOLD	✓	✓		Приостановка измерений
LEVEL ^[a]		✓	✓	Возникает при достижении указанного уровня напряжения на указанном фронте входного сигнала
LINE ^[b]		✓	✓	Возникает при переходе сетевого напряжения через нулевой уровень
SGL	✓	✓		Возникает однократно (при получении команды TARM SGL или TRIG SGL, а затем переходит в состояние HOLD)
SYN	✓	✓	✓	Возникает при опустошении выходного буфера мультиметра, опустошении или заполнении памяти отсчетов и запросе данных контроллером
TIMER ^[b]			✓	Возникает автоматически с интервалом времени между отсчетами

[a] Параметр запуска или события дискретизации LEVEL можно использовать только для постоянного напряжения или непосредственной дискретизации.

[b] События TIMER и LINE нельзя использовать при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей для способа с синхронным преобразованием или преобразованием со случайными точками дискретизации, а также для измерений частоты и периода.

Непрерывный сбор отсчетов

При включенном питании для режима автозапуска, запуска и событий дискретизации мультиметра устанавливается состояние AUTO. В этом состоянии мультиметр производит непрерывный сбор отсчетов. Обычно перед настройкой конфигурации мультиметра непрерывный сбор отсчетов следует приостановить либо с помощью команды TARM HOLD или TRIG HOLD, либо путем перевода мультиметра в одно из состояний PRESET (см. раздел «Приостановка сбора отсчетов» в Главе 3). После настройки конфигурации мультиметра можно продолжить работу в режиме непрерыв-



ного сбора отсчетов (если другие события запуска не были изменены), воспользовавшись командой:

```
OUTPUT 722;"TARM AUTO"
```

!Продолжение непрерывного сбора отсчетов, приостановленного командой TARM HOLD, PRESET FAST или PRESET DIG

или

```
OUTPUT 722; "TRIG AUTO"
```

!Продолжение непрерывного сбора отсчетов, приостановленного командой TRIG HOLD или PRESET NORM

Сбор одиночных отсчетов

С помощью команды NRDGS указывается количество отсчетов, собираемых по событию запуска и событию дискретизации, инициализирующего каждый цикл сбора отсчета. При включенном питании и состоянии RESET, PRESET NORM или PRESET FAST число отсчетов на один запуск составляет 1, а для события запуска установлено состояние AUTO (NRDGS 1, AUTO). В любом из этих состояний можно инициализировать одиночный сбор отсчетов с помощью команды TARM SGL или TRIG SGL (в зависимости от того, какое событие, при его наличии, вызывает приостановку сбора отсчетов). Например, в приведенной ниже программе производится предварительная настройка параметров мультиметра и приостановка сбора отсчетов с помощью установки события активации запуска в состояние HOLD. Настройки конфигурации меняются (строки 30–50), а строка 60 инициализирует сбор одного отсчета, данные которого передаются в контроллер и отображаются на дисплее. По завершении сбора одного отсчета состояние активации запуска изменяется на HOLD, и сбор отсчетов приостанавливается.

```
10 OUTPUT 722;"RESET"!RESET, ALL TRIGGERING EVENTS AUTO
20 OUTPUT 722;"TARM HOLD"!SUSPEND READINGS
30 OUTPUT 722;"DCV 10"!DC VOLTAGE, 10 V RANGE
40 OUTPUT 722;"NPLC 1"!1 PLC INTEGRATION TIME
50 OUTPUT 722;"AZERO OFF"!AUTOZERO OFF
60 OUTPUT 722;"TARM SGL"!TRIGGER 1 READING
70 ENTER 722;A!ENTER READING
80 PRINT A!PRINT READING
90 END
```


В состоянии PRESET NORM сбор отсчетов приостанавливается, поскольку для события запуска установлено событие SYN (событие SYN описано далее в этой главе). В этом состоянии можно инициализировать сбор одиночного отсчета с помощью команды TRIG SGL. Например, в строке 10 приведенной ниже программы сбор отсчетов приостанавливается с помощью установки события запуска SYN. В строке 20 инициализируется сбор одного отсчета, данные которого передаются на контроллер и отображаются на дисплее. Затем следует команда TRIG SGL, для события запуска устанавливается состояние HOLD и сбор отсчетов приостанавливается.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, NRDGS 1,AUTO
20 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!GENERATE SINGLE TRIGGER
30 ENTER 722;A!ENTER READING
40 PRINT A!PRINT READING
50 END
```

Сбор нескольких отсчетов

С помощью команды NRDGS можно установить сбор более одного отсчета на событие запуска. Например, в приведенной ниже программе на одно событие запуска собирается 10 отсчетов (для одного события дискретизации собирается один отсчет), и эти данные передаются в контроллер. Учтите, что входной буфер включен (строка 40). Это обусловлено тем, что при выключенном выходном буфере событие SGL (строка 60) переводит шину GPIB в режим ожидания до завершения сбора всех указанных отсчетов. Это предотвратит заданную в строке 70 передачу в контроллер всех данных, за исключением данных последнего отсчета. Включение входного буфера предотвращает перевод шины в режим ожидания командой TRIG SGL и позволяет передать данные всех отсчетов по мере их доступности.

```
10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(10)!DIMENSION ARRAY FOR 10 READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"INBUF ON"!ENABLE INPUT BUFFER
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10, AUTO"!10 READINGS/TRIGGER, AUTO SAMPLE EVENT
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!TRIGGER READINGS
70 ENTER 722;Rdgs(*)!ENTER READINGS
80 PRINT Rdgs(*)!DISPLAY READINGS
90 END
```



Многократная активация запуска

Второй параметр команды TARM позволяет указать многократную активацию запуска. Если выбрана многократная активация запуска, то при возникновении одного события активации запуска мультиметр будет активирован для запуска указанное количество раз. (Для многократной активации должно быть установлено событие активации запуска SGL). При этом мультиметр производит сбор нескольких групп отсчетов, как показано на [Рисунке 4-2](#).



Рисунок 4-2 Многократная активация запуска

В приведенной ниже программе с помощью команды NRDGS выбирается 10 отсчетов на событие запуска. Во втором параметре команды TARM указано 5 активаций. Эта программа позволяет сохранить 5 групп по 10 отсчетов (итого 50 отсчетов).

```
10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(50)!DIMENSION ARRAY FOR 50 READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"TARM HOLD"!HOLD TRIGGER ARM EVENT
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"!AUTO TRIGGER EVENT
60 OUTPUT 722;"INBUF ON"!ENABLE INPUT BUFFER
70 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO"!10 READINGS/TRIGGER, AUTO SAMPLE EVENT
80 OUTPUT 722;"TARM SGL,5"!ARM TRIGGERING 5 TIMES
90 ENTER 722;Rdgs(*)!ENTER READINGS
100 PRINT Rdgs(*)!PRINT READINGS
110 END
```

Синхронный сбор отсчетов

Можно синхронизировать мультиметр с контроллером, установив для событий активации запуска, запуска и/или события дискретизации синхронный режим (SYN). Синхронное событие возникает при опустошении выходного буфера мультиметра, опустошении или заполнении памяти отсчетов и запросе данных контроллером. Это означает, что измерения выполняются по запросу контроллера. Это является исключительно важной функцией для дистанционной работы, особенно когда мультиметр находится в высокоскоростном режиме.

В высокоскоростном режиме синхронизированные события гарантируют, что контроллер готов к приему данных отсчетов и не снизит скорость сбора отсчетов. Дополнительные сведения см. в разделе «**Высокоскоростной режим**» далее в данной главе. В приведенной ниже программе с помощью команды PRESET NORM устанавливается синхронизированный режим события запуска. В строке 40 указывается 15 отсчетов на событие синхронизированного запуска. В строке 50 размещен запрос на получение данных от мультиметра. При этом устанавливается событие синхронизированного запуска и инициализируется сбор отсчетов. Учтите, что в строке 50 размещен запрос на получение данных от мультиметра 15 раз. При указании нескольких отсчетов и использовании параметра SYN в качестве события запуска или активации запуска мультиметр не распознает запросы как отдельные события SYN. Т. е. в этой программе событие запуска SYN используется однократно, а не 15 раз.

```
10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs (15)!DIMENSION ARRAY FOR 15 READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE,
MEM OFF
40 OUTPUT 722;"NRDGS 15,AUTO"!15 READINGS/TRIGGER, AUTO SAMPLE EVENT
50 ENTER 722;Rdgs(*)!GENERATE SYN EVENT, ENTER READINGS
60 PRINT Rdgs(*)!DISPLAY READINGS
70 END
```

В приведенной ниже программе в качестве события дискретизации используется синхронное событие. В строке 60 размещен запрос на получение данных от мультиметра 15 раз. Когда в качестве события дискретизации используется SYN, каждый запрос данных воспринимается как событие SYN. Т. е. в этой программе событие SYN возникает 15 раз.



```

10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(15)!DIMENSION ARRAY FOR 15 READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 15,SYN"!15 READINGS PER TRIGGER, SYN SAMPLE EVENT
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"!AUTO TRIGGER EVENT
60 ENTER 722;Rdgs(*)!SYN EVENT, ENTER EACH READING
70 DISP Rdgs(*)!PRINT READINGS
80 END

```

Сбор отсчетов по таймеру

При сборе нескольких отсчетов на запуск можно воспользоваться событием дискретизации **TIMER**, чтобы указать определенный интервал между отсчетами. Этот интервал соответствует промежутку времени от начала одного отсчета до начала следующего отсчета. Интервал указывается в секундах с помощью команды **TIMER**. (Если указанный интервал меньше промежутка времени, требуемого для сбора каждого отсчета, мультиметр выдает ошибку **TRIG TOO FAST**). В приведенной ниже программе указано 8 отсчетов на запуск с интервалом 1 с между отсчетами (как показано на [Рисунке 4-3](#)).

```

10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(8)!DIMENSION ARRAY FOR 8 READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 8, TIMER"!8 READINGS/TRIGGER, TIMER SAMPLE EVENT
50 OUTPUT 722;"TIMER 1"!1 SECOND TIMER INTERVAL
60 ENTER 722;Rdgs(*)!SYN EVENT,ENTER EACH READING
70 PRINT Rdgs(*)!PRINT READINGS
80 END

```

Можно также воспользоваться командой **SWEEP**, чтобы заменить команды **NRDGS n**, **TIMER** и **TIMER**. В первом параметре команды **SWEEP** указывается интервал между отсчетами, а во втором — количество отсчетов. (Команды **SWEEP** и **NRDGS** взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную из них.) Например, в приведенной ниже программе также производится сбор 8 отсчетов с интервалом 1 с между ними (как показано на [Рисунке 4-3](#)).

```

10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(8)!DIMENSION ARRAY FOR 8 READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"SWEEP 1,8"!1 SECOND INTERVAL, 8 READINGS/TRIGGER
50 ENTER 722; Rdgs(*)!SYN EVENT,ENTER EACH READING

```

```
60 PRINT Rdgs(*)!PRINT READINGS 80 END
70 END
```

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании событие дискретизации TIMER или команды SWEEP функция автоматического выбора диапазона отключена. TIMER и SWEEP нельзя использовать при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей для способа с синхронным преобразованием или преобразованием со случайными точками дискретизации (SETACV SYNC или RNDM), а также для измерений частоты и периода.

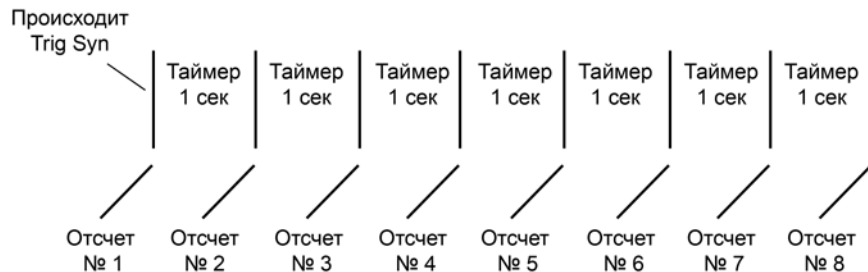


Рисунок 4-3 Интервал TIMER или SWEEP

Сбор отсчетов с задержкой

Команда DELAY позволяет указать интервал времени между событием запуска и первым событием дискретизации. Например, в приведенной ниже программе указывается интервал задержки 2 с, а интервал SWEEP — 1 с. В строке 40 указывается 8 отсчетов на событие запуска. На [Рисунке 4-4](#) показана задержка между событием запуска (TRIG SGL) и первым отсчетом. Затем используется интервал SWEEP между каждым отсчетом. В данном примере время, добавляемое к общему времени измерения, составляет 9 с.

```
10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(8)!DIMENSION ARRAY FOR READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"SWEEP 1,8"!1 SECOND INTERVAL, 8 READINGS/TRIGGER
50 OUTPUT 722;"DELAY 2"!2 SECOND DELAY
60 ENTER 722;Rdgs(*)!ENTER READINGS
```



```
70 PRINT Rdgs(*)!PRINT READINGS
80 END
```

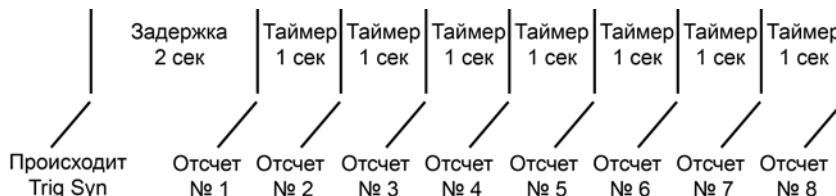


Рисунок 4-4 Сочетание параметров DELAY и SWEEP (или TIMER)

Начальные значения задержки

Если интервал задержки не был указан пользователем, мультиметр автоматически определяет это значение (начальное время задержки) на основании текущей функции измерений, диапазона, разрешения и полосы пропускания по переменному току. Это время задержки фактически используется как время стабилизации, устанавливаемое перед началом измерений, обеспечивая точность измерений. Начальное время задержки обновляется автоматически при изменении функции, диапазона, разрешения и полосы пропускания по переменному току. Однако если время задержки указано пользователем в явном виде, оно остается неизменным до использования команды RESET или PRESET, выключения/включения питания, указания другого значения времени задержки или установки для времени задержки начального значения (команда DELAY -1, позволяющая вернуть для времени задержки автоматический режим). В приведенной ниже программе используется команда запроса DELAY? для получения значения времени задержки в состоянии PRESET NORM.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"DELAY?"
30 ENTER 722;A$
40 PRINT A$
50 END
```

Внешний запуск

Внешнее событие (EXT) позволяет запускать мультиметр от внешнего источника. Это событие можно использовать для активации запуска, события запуска и/или события дискретизации. Событие EXT возникает по отрицательному фронту сигнала TTL, поступающего на разъем Ext Trig

задней панели мультиметра. Минимальная длительность распознаваемого импульса составляет 250 нс. Полоса пропускания цепи внешнего запуска составляет 5 МГц.

В приведенной ниже программе в качестве события запуска используется событие EXT. Для события дискретизации используется режим AUTO. Для количества отсчетов на событие запуска установлено значение 1. По отрицательному фронту сигнала, поданного на разъем Ext Trig мультиметр фиксирует отсчет, данные которого затем передаются в контроллер. Второй отрицательный фронт инициирует второй отсчет, данные которого передаются в контроллер. Эта последовательность продолжается до завершения сбора 20 отсчетов и передачи их данных в контроллер.

```
10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(20)!DIMENSION ARRAY FOR READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO,TRIG SYN, NRDGS 1,AUTO,
50 OUTPUT 722;"TRIG EXT"!TRIGGER EACH READING
60 ENTER 722;Rdgs(*)!ENTER READINGS
70 PRINT Rdgs(*)!PRINT READINGS
80 END
```

В приведенном ниже примере в качестве события дискретизации используется событие EXT. Событие запуска является синхронным (выбирается с помощью команды PRESET NORM). Для количества отсчетов на событие запуска установлено значение 10. При обработке контроллером строки 50 возникает синхронное событие, активирующее событие дискретизации (EXT). По отрицательному фронту сигнала, поданного на разъем Ext Trig мультиметр фиксирует отсчет, данные которого затем передаются в контроллер. Второй отрицательный фронт инициирует второй отсчет, данные которого передаются в контроллер. Эта последовательность продолжается до завершения сбора 10 отсчетов и передачи их данных в контроллер.

```
10 OPTION BASE 1!COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs(10)!DIMENSION ARRAY FOR READINGS
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 10,EXT"!10 READINGS/TRIGGER, EXTERNAL SAMPLE
   EVENT
50 ENTER 722;Rdgs(*)!ENTER READINGS
60 PRINT Rdgs(*)!PRINT READINGS
70 END
```



ПРИМЕЧАНИЕ

Примеры организации синхронизации мультиметра по внешнему сканирующему устройству приведены в разделе EXTOUT Signal ниже в этой главе.

Буферизация внешнего запуска

Буферизация запуска позволяет устранить ошибку (TRIGGER TOO FAST), которая может возникнуть при использовании внешнего сигнала (EXT) для активации запуска, запуска или события дискретизации. При отключенной буферизации запуска любой внешний сигнал запуска, приходящий во время обработки отсчета, создает ошибку TRIGGER TOO FAST, и запуск игнорируется. При включенной буферизации запуска первый внешний сигнал запуска, приходящий во время обработки отсчета, сохраняется, и для него и всех последующих сигналов запуска ошибки не создаются. По завершении обработки отсчета сохраненные события EXT обрабатываются мультиметром, если он запрограммирован соответствующим образом. Буферизация запуска полезна в случаях, когда используется внешнее сканирующее устройство, синхронизированное по сигналу EXTOUT мультиметра с помощью события завершения ввода (ICOMP). Поскольку импульс ICOMP появляется до завершения обработки каждого отсчета, сканер может закрыть следующий канал и создать импульс закрытия канала (используемый для запуска мультиметра) до завершения обработки отсчета. (Дополнительные сведения см. в разделе «Завершение ввода» далее в данной главе.) При включенном питании мультиметра буферизация запуска отключена. Для включения функции буферизации запуска воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722;"TBUFF ON"
```

Для выключения функции буферизации запуска воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "TBUFF OFF"
```


Комбинации событий

В соответствии с конкретными требованиями можно указать множество комбинаций событий активации запуска, запуска и дискретизации.

В **Таблице 4-2** представлены все возможные комбинации таких событий и приведены описания получаемой в результате последовательности запуска для каждой комбинации.

Таблица 4-2 Комбинации событий

Событие активации запуска	Событие запуска	Событие дискретизации	Описание
AUTO	AUTO	Любое	Один отсчет на событие дискретизации (если для события дискретизации установлено состояние AUTO, отсчеты собираются непрерывно).
AUTO	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	По отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
AUTO	EXT	SYN	Illegal
AUTO	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	По возникновении события LEVEL ^[a] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
AUTO	LEVEL	SYN, LINE	Illegal
AUTO	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	После момента перехода сетевого напряжения через нулевое значение берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
AUTO	LINE	SYN, LEVEL	Illegal
AUTO	SGL	Любое	После выполнения команды TRIG SGL берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. Затем событие запуска переводится в состояние HOLD. При использовании события дискретизации SYN должен быть включен входной буфер или следует подавить sg If при отправке команды TRIG SGL.



Таблица 4-2 Комбинации событий (продолжение)

Событие активации запуска	Событие запуска	Событие дискретизации	Описание
AUTO	SYN	SYN	После запроса данных от контроллера ^[b] удовлетворяются условия обоих событий SYN и берется первый отсчет. Для каждого события SYN собирается по одному отсчету, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
AUTO	SYN	AUTO, EXT, LEVEL, LINE, TIMER	После запроса контроллером данных ^[b] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
EXT	AUTO	Любое	По отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
EXT	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	По двум отрицательным фронтам сигнала на входе Ext Trig берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
EXT	EXT	SYN	Illegal
EXT	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	По отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig с последующим возникновением события LEVEL ^[a] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
EXT	LEVEL	SYN, LINE	Illegal
EXT	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	По отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig с последующим переходом сетевого напряжения через нулевой уровень берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
EXT	LINE	SYN, LEVEL	Illegal
EXT	SGL	Любое	Illegal
EXT	SYN	SYN	По отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig с последующим запросом данных от контроллера ^[b] (соответствующего обоим условиям события SYN) берется первый отсчет. Для каждого события SYN собирается по одному отсчету, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.

Таблица 4-2 Комбинации событий (продолжение)

Событие активации запуска	Событие запуска	Событие дискретизации	Описание
EXT	SYN	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	По отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig с последующим запросом данных от контроллера ^[b] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
HOLD	Любое	Любое	Сбор отсчетов не производится, пока не будет изменено событие активации запуска.
AUTO, EXT, SGL, SYN	HOLD	Любое	Сбор отсчетов не производится, пока не будет изменено событие запуска. При использовании события активации запуска SGL и события дискретизации SYN должен быть включен входной буфер или следует подавить cr lf при отправке команды TARM SGL.
SGL	AUTO	Любое	После выполнения команды TARM SGL берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. Затем событие активации запуска переводится в состояние HOLD. При использовании события дискретизации SYN должен быть включен входной буфер или следует подавить cr lf при отправке команды TARM SGL.
SGL	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После выполнения команды TARM SGL по последующему отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. Затем событие активации запуска переводится в состояние HOLD.
SGL	EXT	SYN	Illegal
SGL	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	После выполнения команды TARM SGL по последующему появлению события LEVEL ^[a] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. Затем событие активации запуска переводится в состояние HOLD.
SGL	LEVEL	SYN, LINE	Illegal



Таблица 4-2 Комбинации событий (продолжение)

Событие активации запуска	Событие запуска	Событие дискретизации	Описание
SGL	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	После выполнения команды TARM SGL по последующему переходу сетевого напряжения через нулевой уровень берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. Затем событие активации запуска переводится в состояние HOLD.
SGL	LINE	SYN, LEVEL	Illegal
SGL	SGL	Любое	Illegal
SGL	SYN	SYN	После выполнения команды TARM SGL с последующим получением запроса данных от контроллера ^[b] (соответствующего обоим условиям события SYN) берется первый отсчет. Для каждого события SYN собирается по одному отсчету, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. ^[c] Затем событие активации запуска переводится в состояние HOLD.
SGL	SYN	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После выполнения команды TARM SGL по последующему запросу данных от контроллера ^[b] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов. ^[c] Затем событие активации запуска переводится в состояние HOLD.
SYN	AUTO	SYN	После получения запроса данных от контроллера ^[b] (соответствующего обоим условиям события SYN) берется первый отсчет. Для каждого события SYN собирается по одному отсчету, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
SYN	AUTO	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После запроса контроллером данных ^[b] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
SYN	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После запроса данных от контроллера ^[b] по последующему отрицательному фронту сигнала на входе Ext Trig берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.

Таблица 4-2 Комбинации событий (продолжение)

Событие активации запуска	Событие запуска	Событие дискретизации	Описание
SYN	EXT	SYN	Illegal
SYN	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	После запроса данных от контроллера ^[b] по последующему появлению события LEVEL ^[a] берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
SYN	LEVEL	SYN, LINE	Illegal
SYN	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	После запроса данных от контроллера ^[b] по последующему переходу сетевого напряжения через нулевой уровень берется один отсчет для события дискретизации, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
SYN	LINE	SYN, LEVEL	Illegal
SYN	SGL	Любое	Illegal
SYN	SYN	SYN	После запроса данных от контроллера ^[b] удовлетворяются все три условия событий SYN, и берется первый отсчет. Для каждого события SYN собирается по одному отсчету, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.
SYN	SYN	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После запроса данных от контроллера ^[b] удовлетворяются условия обоих событий SYN. Для каждого события дискретизации собирается по одному отсчету, пока не будет собрано указанное количество отсчетов.

[a] Событие LEVEL возникает при достижении указанного уровня напряжения на указанном фронте входного сигнала. Событие LEVEL или событие дискретизации можно использовать только для постоянного напряжения или непосредственной дискретизации.

[b] Для возникновения события SYN выходной буфер должен быть пуст, а память отсчетов должна быть отключена или пуста.

[c] Должен быть включен входной буфер или следует подавить `sr If` при отправке команды TARM SGL.



Форматы отсчетов

В данном разделе описаны форматы ASCII, одиночный целочисленный (SINT), двойной целочисленный (DINT), одиночный действительный (SREAL) и двойной действительный (DREAL), которые могут использоваться для сохранения данных отсчетов или их вывода по шине GPIB. Сохранение отсчетов в памяти описано далее в разделе «Использование памяти отсчетов» этой главы. Вывод данных отсчетов по шине GPIB описано далее в разделе «Отправка данных отсчетов по шине» этой главы.

ASCII

В формате ASCII используется 15 байтов на один отсчет с кодировкой в экспоненциальном формате в стандартных единицах измерения (вольты, амперы, омы, герцы или секунды), как показано ниже:

SD.DDDDDDDDESDD

Где:

S = знак (+ или -)

D = число от 0 до 9

E = разделитель между мантиссой и основанием степени

Одиночные и двойные целочисленные данные

В формате одиночного целого числа (SINT) имеется 2 байта на каждый отсчет, а формате двойного целого числа (DINT) — 4 байта на каждый отсчет. В обоих форматах используется двойное дополнительное кодирование.

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании форматов SINT или DINT для записи в память или вывода данных мультиметр применяет к данным отсчетов коэффициент масштабирования. Коэффициент масштабирования зависит от функции измерений мультиметра, диапазона, настроек АЦП и включения функции математических операций. Для измерений частоты и периода, при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки, а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат SINT или DINT не следует.

Двойное дополнительное двоичное кодирование

Двойное дополнительное двоичное кодирование — способ, позволяющий представить в двоичном коде как положительные, так и отрицательные целые числа. Двойное дополнительное двоичное кодирование производится путем преобразования знака и, если это применимо, десятичного эквивалента старшего разряда (most significant bit, MSB). Когда для MSB установлено значение 1 в формате 1-байтного двойного дополнительного числа, его значение составляет $1 \times -(2^7) = -128$. Когда для MSB установлено значение 0, его значение составляет $0 \times -(2^7) = 0$. Учтите, что диапазон 8 бит для 1-байтного двойного дополнительного числа — от -128 до 127, а не от 0 до 255.

В следующем примере представлено разрешение десятичного эквивалента этого дополнительного слова:

10110101 10010110

Эквивалентом этого двойного дополнительного слова является:

$$-(2^{15}) + 2^{13} + 2^{12} + 2^{10} + 2^8 + 2^7 + 2^4 + 2^2 + 2^1$$

Что равно: -19050

Одиночное действительное число

Формат одиночного действительного числа (SREAL) соответствует спецификациям стандарта IEEE-754. В этом формате имеется 32 разряда (4 байта) для каждого отсчета:

S EEE EEEE E MMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM

байт 0 байт 1 байт 2 байт 3

Где:

S = разряд знака (1 = отрицательный, 0 = положительный)

E = двойное основание степени, смещенное на 127 (для «раскодирования» этих 8 разрядов из их десятичного эквивалента следует вычесть 127).

M = разряды мантиссы (справа от разделителя основания системы счисления). Слева от разделителя основания системы счисления располагается старший разряд (MSB). Предполагается, что значение этого разряда всегда равно 1. При этом обеспечивается эффективная точность в диапазоне



24 разрядов с весом младшего разряда (крайнего справа) 2^{-23} . Другим способом проанализировать такую мантиссу является преобразование этих 24 разрядов (при MSB = 1) в целое число с последующим умножением на 2^{-23} .

Значение числа в формате SREAL рассчитывается следующим образом:

$$(-1)^s \times (\text{мантисса}) \times 2^{(\text{основание})}$$

Пример формата SREAL

В данном примере разрешается десятичный эквивалент числа в формате SREAL:

SEEEEEEE EMMMMMMM MMMMMMMM MMMMMMMM

10111011 11001000 01001000 10010000

Значение разряда S знака равно 1, что означает отрицательное число.

Двойное основание степени (01110111) равно:

$$2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 119$$

Поскольку основание смещено на 127, фактическое значение составляет:

$$\text{основание} - 127 = 119 - 127 = -8$$

Мантисса [1.10010000100100010010000 (при MSB = 1)] равна:

$$1 + 2^{-1} + 2^{-4} + 2^{-9} + 2^{-12} + 2^{-16} + 2^{-19} = 1,56471443177$$

Оценка мантиссы на уровне байтов вместо уровня битов:

байт 1 байт 2 байт 3 = байт 1 байт 2 байт 3

11001000 01001000 10010000 200 72 144

$$\text{мантисса} = 200 \times 2^{-7} + 72 \times 2^{-15} + 144 \times 2^{-23} = 1,56471443177$$

или

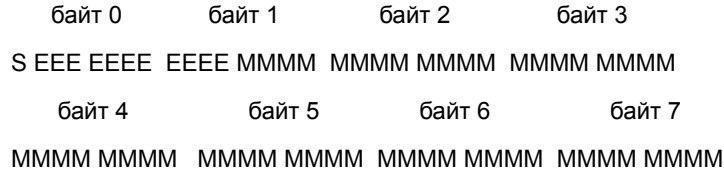
$$\text{мантисса} = (200 \times 2^{16} + 72 \times 2^8 + 144) \times 2^{-23} = 1,56471443177$$

Значение SREAL вычисляется следующим образом:

$$-1 \times 2^{-8} \times 1,56471443177 = -6,1121657491E-3$$

Двойное действительное число

Формат двойного действительного числа (DREAL) соответствует спецификациям стандарта IEEE-754 и содержит 64 бит (8 байтов) на один отсчет, как показано ниже:



Где:

S = разряд знака (1 = отрицательный, 0 = положительный)

E = двойное основание степени, смещенное на 1023 (для раскодирования этих 11 разрядов из их десятичного эквивалента следует вычесть 1023).

M = разряды мантииссы (справа от разделителя основания системы счисления). Слева от разделителя основания системы счисления располагается старший разряд (MSB). Значение этого разряда всегда равно 1. При этом обеспечивается эффективная точность в диапазоне 53 разрядов с весом младшего разряда (крайнего справа) 2^{-52} . Другим способом проанализировать такую мантииссу является преобразование этих 53 разрядов (MSB = 1) в целое число с последующим умножением на 2^{-52} .

Значение числа в формате DREAL рассчитывается следующим образом:

$$(-1)^S \times (\text{мантиисса}) \times 2^{(\text{основание})}$$



Использование памяти отсчетов

Мультиметр сохраняет отсчеты в памяти при их сборе и включенной памяти отсчетов. Память отсчетов работает в режимах FIFO (стека обратного магазинного типа) и LIFO (стека магазинного типа). В режиме FIFO первый сохраненный отчет считывается первым при вызове отсчетов без указания номеров считывания (этот способ описан позже в этой главе). Если память отсчетов заполняется в режиме FIFO, все сохраненные отсчеты остаются неизменными, а новые отсчеты не сохраняются.

В режиме LIFO последний сохраненный отчет считывается первым при вызове отсчетов без указания номеров считывания. Если память отсчетов заполняется в режиме LIFO, самые ранние отсчеты заменяются более новыми. Включить память отсчетов и указать режим работы можно с помощью команды MEM. (При указании режима работы памяти отсчетов все сохраненные ранее отсчеты стираются.) Например, чтобы указать режим LIFO для памяти отсчетов, воспользуйтесь следующей командой:

```
OUTPUT 722;"MEM LIFO"
```

Теперь мультиметр настроен для записи отсчетов. По завершении сохранения отсчетов можно отключить память отсчетов и оставить все сохраненные отсчеты без изменения, воспользовавшись командой:

```
OUTPUT 722;"MEM OFF"
```

Позже можно продолжить работу в предыдущем режиме для сохранения дополнительных отсчетов без очистки уже сохраненных отсчетов, воспользовавшись командой:

```
OUTPUT 722;"MEM CONT"
```

Форматы памяти

Отсчеты можно сохранять в любом из перечисленных ниже пяти форматов: ASCII, одиночный целочисленный (SINT), двойной целочисленный (DINT), одиночный действительный (SREAL) и двойной действительный (DREAL). Ниже приведены значения объема памяти, необходимые для каждого формата:

ASCII - 16 байт на отсчет^[1]

SINT - 2 байта на отсчет

DINT - 4 байта на отсчет
 SREAL - 4 байта на отсчет
 DREAL - 8 байт на отсчет

Чтобы определить количество отсчетов, которое можно сохранить в определенном формате, разделите значение емкости памяти (первый ответ по команде MSIZE?) на количество байт на отсчет, указанное выше.

- При измерениях с низким разрешением (3,5 или 4,5 десятичных разрядов) на самой высокой скорости при фиксированном диапазоне (при выключенной функции автовыбора диапазона) для одиночного целочисленного (SINT) и двойного целочисленного (DINT) форматов в памяти используется формат SINT. (Поскольку в формате SINT используется всего 2 байта на отсчет, формат SINT позволяет сохранить наибольшее количество отсчетов по сравнению со всеми остальными форматами.) При выполнении измерений с высоким разрешением (5,5 десятичных разрядов и более) на самой высокой частоте при фиксированном диапазоне используйте формат DINT.

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании форматов памяти SINT или DINT мультиметр применяет к данным отсчетов коэффициент масштабирования. Коэффициент масштабирования зависит от настроек конфигурации мультиметра (функции измерений, диапазона, настроек АЦП и включения функции математических операций). При вызове отсчетов мультиметр рассчитывает коэффициент масштабирования на основании текущих настроек конфигурации. Если после сохранения отсчетов настройки конфигурации были изменены, может быть использован другой коэффициент масштабирования, что вызовет некорректные данные отсчетов. При вызове сохраненных данных отсчетов очень важно, чтобы настройки мультиметра совпадали с настройками при записи отсчетов. Для измерений частоты и периода, при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки, а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат SINT или DINT не следует.

- Отсчеты, сохраненные в форматах SREAL и DREAL, в отличие от форматов SINT и DINT, не масштабируются и могут использоваться в любых

[1] В формате ASCII фактически используется 15 байт на отсчет и еще один байт для нулевого символа, используемого исключительно в качестве разделителя данных отсчетов в формате ASCII.



конфигурациях измерений мультиметра. (Поскольку при этом не используется коэффициент масштабирования, форматы SREAL и DREAL идеально подходят для случаев включенной функции автоматического выбора диапазона и математических функций). Формат SREAL используется для измерений с точностью $\leq 6,5$ десятичных разрядов. Формат DREAL используется для измерений с точностью более 6,5 десятичных разрядов.

- Формат памяти ASCII может использоваться для любых измерительных функций мультиметра. Поскольку в формате ASCII имеется максимальное количество байт на отсчет, его следует использовать только при формате вывода данных ASCII, когда скорость измерений не является критически важным параметром и количество сохраняемых отсчетов не так велико.

Команда MFORMAT позволяет указать формат данных в памяти отсчетов (формат при включении питания и устанавливаемый изначально — SREAL). Например, для выбора одиночного целочисленного формата воспользуйтесь следующей командой:

```
OUTPUT 722; "MFORMAT SINT"
```

Индикация перегрузки

Мультиметр сообщает об условии перегрузки (превышения уровня входного сигнала для доступного диапазона измерений) путем сохранения в памяти отсчетов значения $\pm 1E+38$ вместо текущего фактического значения. При вызове на дисплей значений перегрузки на нем отображается $\pm 1E+38$. При передаче значений перегрузки из памяти отсчетов в выходной буфер GPIB они преобразуются в номера перегрузки в соответствии с указанным форматом вывода данных. Дополнительные сведения см. в разделе «Отправка данных отсчетов по шине» далее в данной главе.

Вызов данных отсчетов

Для вызова отсчетов из памяти можно воспользоваться либо номером отсчета, либо способом, называемым «косвенное чтение». Независимо от выбранного формата памяти отсчетов, вызываемые данные отсчетов выдаются в формате, указанном командой OFORMAT (дополнительные сведения см. в разделе «Отправка данных отсчетов по шине» далее в этой главе). Перед вызовом данных отсчетов может потребоваться определить

количество сохраненных отсчетов. Для этого можно воспользоваться командой запроса MCOUNT?. Приведенная ниже программа позволяет просмотреть общее число сохраненных отсчетов.

```
10 OUTPUT 722;"MCOUNT?"
20 ENTER 722;A
30 PRINT A
40 END
```

Использование, номера отсчетов

Для каждого отсчета в памяти мультиметра назначается его номер. Для самого последнего отсчета присваивается наименьший номер (1), а для самого первого — наибольший. Номера отсчетов всегда присваиваются таким образом независимо от выбранного режима — LIFO или FIFO. Команда RMEM позволяет использовать номера отсчетов для копирования отсчета или группы отсчетов из памяти в выходной буфер. При запуске команды RMEM отсчеты в памяти не удаляются — они просто копируются в выходной буфер.

При использовании команды RMEM память отсчетов отключается. Это означает, что все записанные ранее отсчеты сохраняются, а новые отсчеты не сохраняются. В первом параметре команды RMEM указывается номер начального отсчета для считывания (первый параметр). Во втором параметре (число) указывается число отсчетов для вызова при начале с начального номера. В третьем параметре (запись) указывается номер записи, из которой требуется вызвать отсчеты. Записи соответствуют количеству отсчетов, указанному в команде NRDGS или SWEEP. Например, при указании в команде NRDGS четырех отсчетов каждая запись в памяти отсчетов содержит четыре отсчета. В приведенной ниже программе указано 10 отсчетов на запуск (NRDGS 10) и используется команда TARM SGL для вызова 8 групп по 10 отсчетов (для нескольких активаций запуска). Это соответствует 80 отсчетам в памяти.

```
10 OUTPUT 722;"TARM HOLD"!ПРИОСТАНОВКА СБОРА ОТСЧЕТОВ
20 OUTPUT 722."DCV 1"!ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН 1 В
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
40 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА AUTO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO"!10 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL,8"!АКТИВАЦИЯ ЗАПУСКА 8 РАЗ
70 END
```



Теперь к сохраненным отсчетам можно получить доступ по их индивидуальному номеру (от 1 до 80) или по номеру записи/отсчета (т. е. 3-му отсчету в записи 2 соответствует номер отсчета 13). Например, в приведенной ниже программе вызывается и отображается отсчет с номером 50 (31-й отсчет, вызываемый с помощью предыдущей программы).

```
10 OUTPUT 722;"RMEM 50"!ВЫЗОВ ОТСЧЕТА С НОМЕРОМ 50
20 ENTER 722;A!ВВОД ОТСЧЕТА
30 PRINT A!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
40 END
```

В приведенной ниже программе для вызова и отображения отсчетов с номерами от 12 до 17 используется первый параметр и параметр номера отсчета.

```
10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(6)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 6 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"RMEM 12,6"!ВЫЗОВ 6 ОТСЧЕТОВ, НАЧИНАЯ С НОМЕРА 12
40 ENTER 722;Rdgs(*)!ВВОД ОТСЧЕТОВ
50 PRINT Rdgs(*)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
60 END
```

При вызове отсчетов можно также использовать номера записей. Для самого последнего отсчета мультиметр присваивает наименьший номер (1), а для самого первого — наибольший. В приведенной ниже программе вызываются отсчеты с номерами 3 и 4 в записи с номером 6 (в данном случае — соответственно, отсчеты с номерами 53 и 54).

```
10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(2)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"RMEM 3,2,6"!ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ С НОМЕРАМИ 3 И 4 ИЗ ЗАПИСИ
  С НОМЕРОМ 6
40 ENTER 722;Rdgs(*)!ВВОД ОТСЧЕТОВ
50 PRINT Rdgs(*)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
60 END
```

При запуске команды RMEM с передней панели после вызова отсчета по его номеру для прокрутки других отсчетов в памяти отсчетов можно воспользоваться клавишами со стрелками вверх и вниз. (Команда RMEM — единственный способ вызова сохраненных отсчетов с передней панели.)

Использование косвенного чтения

Если контроллер запрашивает данные у мультиметра, а выходной буфер мультиметра пуст при включенной памяти отсчетов, отсчет извлекается из памяти, размещается в выходном буфере и передается контроллеру. Это называется «косвенным методом» вызова отсчетов. В отличие от использования команды RMEM при косвенном чтении отсчеты стираются из памяти. В режиме LIFO вызывается последний отсчет. В режиме FIFO вызывается первый отсчет. В приведенной ниже программе собирается 200 отсчетов, которые сохраняются в памяти отсчетов. Затем с помощью косвенного чтения данные передаются в контроллер.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(200) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 200 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 200,AUTO" !200 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
70 PAUSE !ПРИОСТАНОВКА ПРОГРАММЫ, ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ НАЖМИТЕ
    CONTINUE (ПРОДОЛЖИТЬ)
80 ENTER 722;Rdgs(*) !ВВОД ОТСЧЕТОВ
90 PRINT Rdgs(*) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
100 END

```



Отправка данных отсчетов по шине

В этом разделе описаны форматы вывода отсчетов и способы передачи этих данных из мультиметра в контроллер.

Форматы вывода данных

Мультиметр отправляет данные отсчетов в выходной буфер GPIB при их сборе с выключенной памятью отсчетов (команда MEM OFF). (В состоянии включения питания, предварительной настройки (RESET) или любых состояний с предустановленными параметрами (PRESET) память отсчетов выключена.) Ниже перечислены пять форматов вывода данных и количество байтов на один отсчет.

ASCII-- 15 байт на отсчет
SINT -- 2 байта на отсчет
DINT -- 4 байта на отсчет
SREAL-- 4 байта на отсчет
DREAL-- 8 байт на отсчет

- Формат ASCII является наиболее часто используемым форматом вывода данных, поскольку у него отсутствует коэффициент масштабирования, и для него не требуется преобразование данных контроллером. Поскольку в формате ASCII используется максимальное количество байт на отсчет, его следует применять, когда скорость измерений не является критичной.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для формата ASCII требуются 2 дополнительных байта для команд возврата каретки/перевода строки (**cr**, **lf**) в конце строки данных. Команды **cr**, **lf** используются только в формате ASCII и обычно завершают каждый отсчет на выходе в формате **ASCII**. Однако при использовании формата вывода данных ASCII и запросе из памяти отсчетов нескольких отсчетов с помощью команды RMEM мультиметр разделяет эти отсчеты символом запятой (запятая = 1 байт). В этом случае символы **cr**, **lf** используются только однократно после последнего отсчета в группе запрашиваемых отсчетов. Запятые не используются при выводе данных отсчетов непосредственно через шину (при отключенной памяти отсчетов), когда отсчеты запрашиваются в режиме «косвенного чтения» и при использовании других форматов вывода данных.

- При измерениях с низким разрешением (3,5 или 4,5 десятичных разрядов) на самой высокой скорости при фиксированном диапазоне (при выключенной функции автовыбора диапазона) для одиночного целочисленного (SINT) и двойного целочисленного (DINT) форматов используется формат SINT. (Поскольку в формате SINT используется всего 2 байта на отсчет, формат SINT позволяет передавать данные по шине GPIB быстрее, чем любые другие форматы.) При выполнении измерений с высоким разрешением (5,5 десятичных разрядов и более) на самой высокой частоте при фиксированном диапазоне используйте формат DINT.

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании форматов SINT или DINT для записи в память или вывода данных мультиметр применяет к данным отсчетов коэффициент масштабирования. Коэффициент масштабирования зависит от функции измерений мультиметра, диапазона, настроек АЦП и включения функции математических операций. Для измерений частоты и периода, при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки, а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат SINT или DINT не следует.

- Отсчеты, сохраненные в форматах SREAL и DREAL, в отличие от форматов SINT и DINT, не масштабируются и могут использоваться в любых конфигурациях измерений мультиметра. (Поскольку при этом не используется коэффициент масштабирования, форматы SREAL и DREAL идеально подходят для случаев включенной функции автоматического выбора диапазона и математических функций). У формата DREAL имеется дополнительное преимущество, которое заключается в отсутствии необходимости преобразования данных контроллером. Формат SREAL используется для измерений с точностью $\leq 6,5$ десятичных разрядов. Формат DREAL используется для измерений с точностью более 6,5 десятичных разрядов.

Команда OFORMAT позволяет указать формат выходных данных отсчетов (формат при включении питания и устанавливаемый изначально — ASCII). Например, для выбора двойного целочисленного формата воспользуйтесь следующей командой:

```
OUTPUT 722;"OFORMAT DINT"
```



Индикация перегрузки

Мультиметр сообщает об условии перегрузки (превышения уровня входного сигнала для доступного диапазона измерений) путем вывода максимального доступного номера для определенного формата вывода.

SINT format: +32767 or -32768 (unscaled)

DINT format: +2.147483647E+9 or -2.147483648E+9 (unscaled)

ASCII, SREAL, DREAL: +/-1.OE+38

Оператор завершения вывода данных

Каждая строка данных отсчета, выводимая по шине GPIB в формате ASCII, обычно сопровождается символами `cr lf` (возврата каретки/перевода строки). Символы `cr lf` означают конец передачи данных для большинства контроллеров. Для выводимых данных отсчетов в каком-либо другом формате символы `cr lf` в конце строки не используются. Для любого формата вывода данных можно включить функцию GPIB EOI (End Or Identify, конец или идентификация), чтобы отметить конец передачи данных. Для получения дополнительных сведений см. описание команды `END` в [Главе 6](#).

Использование выходных форматов SINT и DINT

По команде `ISCALE?` возвращается значение коэффициента умножения (в формате ASCII) для выводимых данных отсчетов в форматах SINT и DINT. (После извлечения контроллером коэффициента масштабирования формат вывода данных возвращается к указанному формату SINT или DINT.) Коэффициент масштабирования можно вызвать после настройки мультиметра, но до запуска сбора отсчетов или же после завершения сбора всех отсчетов и их передачи в контроллер. (Если отсчет находится в выходном буфере при выполнении команды `ISCALE?`, он будет перезаписан с использованием коэффициента масштабирования.)

Пример формата SINT

В приведенной ниже программе представлен вывод 10 отсчетов в формате SINT, извлечение коэффициента масштабирования и умножение значений всех отсчетов на его значение. Данные отсчетов передаются в контроллер с помощью команды `TRANSFER` (эта команда используется для контроллеров Hewlett-Packard 200/300 с использованием языка BASIC). Команда `TRANSFER` — наиболее быстрый способ передачи данных отсчетов

по шине GPIB, особенно когда она используется в режиме прямого доступа к памяти (DMA) интерфейса GPIB. Команду TRANSFER следует использовать, когда важна скорость измерений и передачи данных.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ
30 INTEGER Int_rdgs (1: 10) BUFFER!СОЗДАНИЕ МАССИВА ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
  БУФЕРА
40 REAL Rdgs(1:10)!СОЗДАНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО МАССИВА
50 Num_readings=10!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 10
60 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ БУФЕРА
  ВВОДА/ВЫВОДА
80 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS
  ";Num_readings
85 !TARM AUTO, TRIG SYN, SINT OUTPUT FORMAT, MIN. INTEGRATION TIME 90
  TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT!СОБЫТИЕ SYN,ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
  ОТСЧЕТОВ В
91 !ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
  КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С
95 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
  (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
100 OUTPUT @Dvm;"I SCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
  ОЛЯ ФОРМАТА SINT
110 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
120 FOR I=1 TO Num_readings
130 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
  В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
135 !ФОРМАТ (ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО
  ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
140 R=ABS(Rdgs(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
  ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
150 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
  СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S!УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЯ
  КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
180 NEXT I
190 END

```



Пример формата DINT

Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней производится сбор 50 отсчетов и их передача в компьютер в формате DINT.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings,L,J,K!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_readings= 50! КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ
    ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[4*Num_readings]!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
    БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;FORMAT
    DINT;NRDGS";Num_readings
75 TARM AUTO, TRIG SYN,DCV 10 V RANGE,DINT OUTPUT FORMAT,NRDGS
    50,AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
    ОТСЧЕТОВ
90 OUTPUT @Dvm;"1 SCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА
    МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМАТА DINT
100 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K!ВВОД ОДНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
    16-РАЗРЯДНОГО ЗНАЧЕНИЯ
121 !СЛОВО В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K(# = ТЕРМИНАТОР ДЛЯ КОМАНДЫ
    HE
125 !ТРЕБУЕТСЯ. W = ВВОД ДАННЫХ В ФОРМАТЕ 16-РАЗРЯДНОГО
    ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ)
130 Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0))!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ
    ЧИСЛО
140 R=ABS(Rdgs(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
    ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
150 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
    СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S!ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)!ОКРУГЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОГО ЗНАЧЕНИЯ
180 PRINT Rdgs(I)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
190 NEXT I
200 END

```

Использование формата вывода данных SREAL

В приведенной ниже программе показано, как преобразовать 10 отсчетов на выходе в формат SREAL.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ
30 Num_readings=10!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 10
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ
    ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[4*Num_readings]!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
    БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SREAL;NRDGS";Num_readings
75 !ЗАПУСК SYN, ВЫХОДНОЙ ФОРМАТ SREAL, 1 ПЕРИОД, АВТОДИАПАЗОН
    DCV, 10 ОТСЧЕТОВ
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!СОБЫТИЕ SYN. ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
    ОТСЧЕТОВ
90 FOR I=1 TO Num_readings
100 ENTER @Buffer USING "#,B";A,B,C,D!ВВЕДИТЕ ОДИН БАЙТ ИЗ 8 РАЗРЯДОВ В
101 !КАЖДАЯ ПЕРЕМЕННАЯ, (# = ЗАВЕРШАЮЩИЙ ОПЕРАТОР КОМАНДЫ
    НЕ ТРЕБУЕТСЯ, B = ВВЕДИТЕ ОДИН
105 !8-РАЗРЯДНЫЙ БАЙТ В КАЧЕСТВЕ ЦЕЛОГО ЧИСЛА МЕЖДУ 0 И 255)
110 S=1!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
120 IF A>127 THEN S=-1!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
130 IF A>127 THEN A=A-128!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
140 A=A*2- 127!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
150 IF B>127 THEN A=A+1!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
160 IF B<=127 THEN B=B+128!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА
    SREAL
170 Rdgs(I)=S*(B*65536.+C*256.+D)*2^(A-23)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА
    ИЗ ФОРМАТА SREAL
180 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),7)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 7 РАЗРЯДОВ. ЭТО
181 !ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ЗНАЧЕНИЙ В ФОРМАТЕ SREAL, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ
    ОКРУГЛЕНИЕ ВСЕХ ПРЕДЫДУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ДО
185 !ЗНАЧЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ 1.E+38 (БЕЗ ОКРУГЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЕ МОЖЕТ
    ОКАЗАТЬСЯ НЕСКОЛЬКО НИЖЕ)
190 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN!ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
200 PRINT "Overload Occurred"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
210 ELSE!ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
220 PRINT Rdgs(I)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
230 END IF
240 NEXT I
250 END

```



Использование формата вывода данных DREAL

В приведенной ниже программе используется формат вывода данных DREAL. Учтите, что преобразование при использовании формата DREAL не требуется, поскольку этот формат совпадает с форматом, используемым контроллером в качестве внутреннего формата данных (8 байтов на слово).

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 REAL Rdgs(1:10) BUFFER!СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА
30 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Rdgs TO BUFFER Rdgs(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ БУФЕРА
   ВВОДА/ВЫВОДА
50 OUTPUT @Dvm;1'PRESET NORM;NPLC 10;OFORMAT DREAL;NRDGS 10"
55 !ЗАПУСК SYN, 10 ПЕРИОДОВ, АВТОДИАПАЗОН DCV, ВЫХОДНОЙ ФОРМАТ
   DREAL, 10 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК.
60 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
   ОТСЧЕТОВ
70 FOR I=1 TO 10
80 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN!ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
90 PRINT "OVERLOAD OCCURRED"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
100 EISE!ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
110 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)!ОКРУГЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ОТСЧЕТОВ
120 PRINT Rdgs(I)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
130 END IF
140 NEXT I
150 END

```

В предыдущей программе для вызова отсчетов из мультиметра использовалась команда TRANSFER. В приведенной ниже программе для вызова отсчетов из мультиметра в компьютер в формате DREAL используется команда ENTER. Команда ENTER проще в использовании, поскольку для нее тоже требуется путь ввода/вывода, однако его скорость намного ниже, чем для команды TRANSFER. Кроме того, для команды ENTER можно использовать команду FORMAT OFF, переводящую контроллер в режим использования собственного внутреннего формата вместо формата ASCII.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 Num_readings=20!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 20
30 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ
   ОТСЧЕТОВ
40 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT DREAL;NPLC
   10;NRDGS";Num_readings

```

```
55 !СИНХРОНИЗАЦИЯ SYN, АВТОДИАПАЗОН DCV, ВЫХОДНОЙ ФОРМАТ
    DREAL, 10 ПЕРИОДОВ, 20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
60 ASSIGN @Dvm;FORMAT OFF!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ С 8
    БАЙТАМИ НА СЛОВО
70 FOR I=1 TO Num_readings
80 ENTER @Dvm;Rdgs(I)!ВВОД ВСЕХ ОТСЧЕТОВ
90 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN!ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
100 PRINT "OVERLOAD OCCURRED"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
110 ELSE!ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ
120 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)!ОКРУГЛЕНИЕ ОТСЧЕТОВ ДО 8 РАЗРЯДОВ
130 PRINT Rdgs(I)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
140 END IF
150 NEXT I
160 END
```



Повышение скорости сбора отсчетов

В этом разделе описан высокоскоростной режим мультиметра и параметры, влияющие на скорость сбора отсчетов. В нем содержатся примеры программ, демонстрирующие возможности повышения сбора отсчетов и передачи данных отсчетов на высокой скорости непосредственно в контроллер, а также высокоскоростной передачи данных из памяти отсчетов в контроллер и определения скорости сбора отсчетов.

Высокоскоростной режим

Для постоянного напряжения, постоянного тока, измерений сопротивления по 2-х и 4-х проводной схеме, а также для измерений с непосредственной дискретизацией и субдискретизацией^[1] при инициализации сбора отсчетов мультиметров включается высокоскоростной режим, в котором время интегрирования составляет менее 10 периодов сети, и выполняются приведенные ниже команды.

ARANGE OFF

DISP OFF

MATH OFF

MFORMAT SINT or DINT (требуется только в том случае, если чтение памяти включено)

OFORMAT SINT or DINT (требуется только в том случае, если чтение памяти не включено)

При сборе отсчетов в высокоскоростном режиме мультиметр будет полностью занят процессом измерений. Это означает, что он не будет реагировать на какие-либо команды до завершения указанных измерений. По отправке результатов измерений в выходной буфер в высокоскоростном режиме мультиметр переходит в режим ожидания, пока каждый отсчет не будет вызван из выходного буфера до сохранения им в этом буфере следующего отсчета. Это предотвращает потерю отсчетов из-за ограничений скорости передачи данных по шине и в контроллер. (В режимах, отличающихся от высокоскоростного режима сбора данных, мультиметр перезаписывает отсчеты в выходном буфере при доступности новых отсчетов.)

[1] Дополнительные сведения об измерениях с непосредственной дискретизацией и субдискретизацией см. в [Главе 5](#).

При включенном режиме FIFO для памяти отсчетов и ее заполнении в высокоскоростном режиме для события активации запуска устанавливается состояние HOLD. При этом сбор отсчетов останавливается, а мультиметр выводится из высокоскоростного режима. После извлечения части или всех отсчетов из памяти можно продолжить измерения, изменив состояние события активации запуска (с помощью команды TARM). При заполнении памяти отсчетов в режиме LIFO самые первые сохраненные отсчеты заменяются последними отсчетами — как в высокоскоростном режиме, так и в других режимах.

ПРИМЕЧАНИЕ

В высокоскоростном режиме при сборе отсчетов входной буфер временно отключается. Кроме того, при использовании команды END ALWAYS (указывающей режим EOI для шины GPIB) при сборе отсчетов режим EOI заменяется на END ON. По завершении обработки отсчетов режим работы входного буфера и режим EOI возвращаются в предыдущее состояние.

В высокоскоростном режиме мультиметр реагирует только на команду CLEAR (предварительная настройка параметров прибора) по шине GPIB. Если по какой-либо причине мультиметр требуется вывести из высокоскоростного режима, воспользуйтесь указанной ниже командой:

Команда CLEAR 722

Команда CLEAR приостанавливает выполнение измерений и переводит мультиметр из высокоскоростного режима. Для получения дополнительной информации об использовании команды GPIB CLEAR см. раздел [Приложение В](#).

Настройка для высокоскоростного режима сбора отсчетов

С помощью команды PRESET FAST выполняется последовательность команд для настройки режима высокоскоростных измерений. Кроме того, на скорость сбора отсчетов влияет значение времени интегрирования и/или разрешения, а также настройка параметров запуска, время задержки, полоса пропускания по переменному току (только для измерений переменного тока) и, только для измерений сопротивления — режим компенсации смещения.



ПРИМЕЧАНИЕ

Помимо команд, описанных в данном разделе, можно использовать команду DEFEAT, чтобы ускорить производительность и скорость путем отключения алгоритма защиты входов мультиметра, а также некоторых алгоритмов проверки синтаксиса и ошибок. При отключении этих алгоритмов мультиметр может быстрее переключиться на новую конфигурацию измерений. Подробные сведения об использовании команды DEFEAT и связанные с ней предостережения см. в [Главе 6](#).

Команда PRESET FAST

Команда PRESET FAST отключает многие функции, замедляющие скорость сбора отсчетов и настраивает для мультиметра режим скоростной передачи данных в память и в шину GPIB. В [Таблице 4-3](#) представлены относящиеся к скорости команды, выполняемые по команде PRESET FAST, и причины для выполнения каждой из них.

Таблица 4-3 Команды, выполняемые при запуске команды PRESET FAST

Команда	Описание
DCV 10	Выбор измерений по постоянному току в диапазоне 10 В с отключением режима автоматического переключения диапазона. При включенной функции автоматического выбора диапазона до сбора каждого отсчета производятся измерения уровня входного сигнала, поэтому это занимает больше времени, чем в режиме фиксированного диапазона. Недостатками использования фиксированного диапазона является более низкое разрешение для сигналов с уровнем менее 10 % от полной шкалы и возможность возникновения условий перегрузки для отсчетов, уровень которых превышает полную шкалу.
AZERO OFF	При включенной функции автоматической установки нуля после сбора каждого отсчета производятся измерения нулевого уровня (только для измерений постоянного тока), что повышает время сбора каждого отсчета.
DISP OFF	Время, необходимое на обновление показаний дисплея мультиметра, снижает скорость сбора отсчетов.
MATH OFF	Включение каких-либо математических функций обработки результатов в реальном времени снимает скорость сбора отсчетов. Если для отсчетов требуется производить математическую обработку, используйте режим последующей математической обработки (команда MMATH). Дополнительные сведения см. в разделе « Математические операции » далее в данной главе.

Таблица 4-3 Команды, выполняемые при запуске команды PRESET FAST (продолжение)

Команда	Описание
MFORMAT DINT	Отсчеты передаются из АЦП в формате SINT или DINT (используемый формат зависит от указанного разрешения измерений; ^[a] в конфигурации, выбранной с помощью команды PRESET FAST, АЦП использует формат DINT). Самым быстрым способом передачи данных отсчетов в память отсчетов — обеспечение соответствия формата памяти отчетов (команда MFORMAT) формату АЦП, что устраняет необходимость преобразования. (Рекомендации по использованию формата SINT или DINT см. выше в разделе « Форматы отсчетов » данной главы).
OFORMAT DINT	Отсчеты передаются из АЦП в формате SINT или DINT (используемый формат зависит от указанного разрешения измерений; ^[a] в конфигурации, выбранной с помощью команды PRESET FAST, АЦП использует формат DINT). Самым быстрым способом передачи данных отсчетов в выходной буфер — обеспечение соответствия формата вывода отчетов (команда OFORMAT) формату АЦП, что устраняет необходимость преобразования. Кроме того, когда выходной формат соответствует формату памяти отсчетов, не требуется никакого преобразования для вызова отсчетов из памяти. При использовании форматов SINT или DINT не следует забывать использовать команду ISCALE? для извлечения коэффициента масштабирования. (Рекомендации по использованию формата SINT или DINT см. выше в разделе « Форматы отсчетов » данной главы).

[a] Для непосредственной дискретизации используемый формат зависит от амплитуды входного сигнала. Для получения дополнительной информации см. [Главу 5](#).

Время интегрирования и разрешение

Постоянный ток, сопротивление и аналоговые измерения переменного тока. Указанное время интегрирования и/или разрешения оказывает основное влияние на скорость сбора отсчетов для постоянного напряжения. Постоянный ток, измерения сопротивления по 2-проводной и 4-проводной схеме; измерения переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей; измерения переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей (только с помощью способа SETACV ANA). Чем больше время интегрирования (или выше разрешение), тем ниже скорость сбора отсчетов. В технических характеристиках раздела [Приложение А](#) приведены выбранные значения скорости сбора отсчетов для каждого из указанного измерений на основании времени интегрирования.



Измерения переменного напряжения с оцифровкой. При измерениях переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей с использованием способов SETACV SYNC и SETACV RNDM значение времени интегрирования является фиксированным, и изменить его невозможно. Для таких измерений указанное разрешение оказывает определяющее влияние на скорость сбора отсчетов. В технических характеристиках раздела **Приложение А** приведены выбранные значения скорости сбора отсчетов для измерений переменного напряжения с оцифровкой на основании указанного разрешения.

Измерения частоты и периода. Время интегрирования не оказывает влияния при измерениях частоты или периода. Для таких измерений указанное разрешение (которое также влияет на выбор времени счета) оказывает определяющее влияние на скорость сбора отсчетов. В технических характеристиках раздела **Приложение А** приведены значения скорости сбора отсчетов для измерений частоты и периода на основании указанного разрешения.

Настройка запуска

Для обеспечения максимального быстродействия конфигурации запуска следует задать для параметров активации запуска, запуска и событий дискретизации значения AUTO. Можно также использовать событие дискретизации TIMER (или команду SWEEP). В предположении отсутствия ошибки TRIGGER TOO FAST частота сбора отсчетов обратно пропорциональная значениям параметра TIMER или SWEEP.

Время задержки

В обычном режиме работы мультиметр автоматически определяет это значение (начальное время задержки) на основании текущей функции измерений, диапазона, разрешения, а для измерений переменного тока — полосы пропускания по переменному току. Это время задержки фактически используется как время стабилизации, добавляемое перед каждым сбором отсчета, обеспечивая точность собираемых отсчетов. Начальное значение задержки сильно влияет на скорость сбора отсчетов при аналоговых измерениях переменного тока и слабо влияет на скорость сбора отсчетов при измерениях переменного напряжения с оцифровкой и измерениях постоянного тока. При аналоговых измерениях переменного тока можно повысить скорость сбора отсчетов, указав более короткое время задержки по сравнению с начальным значением. Однако полученное в результате время стабилизации может не обеспечивать точность измерений.

Полоса пропускания по переменному току

Для максимальной скорости измерений переменного тока, укажите значение полосы пропускания переменного тока (команда ACBAND) в соответствии с параметрами частотных составляющих входного сигнала.

Технические характеристики в **Приложение А** показывают значения скорости сбора отсчетов для измерений переменного тока на основании частотных составляющих входного сигнала.

Компенсация смещения

При измерениях сопротивления по 2-проводной и 4-проводной схеме с включенной функцией компенсации смещения перед каждым измерением сопротивления производятся измерения напряжения смещения. Для этого требуется больше времени, чем при выключенной функции компенсации смещения (OSCOMP OFF).

Пример высокоскоростных измерений постоянного напряжения

В приведенной ниже программе производятся измерения постоянного напряжения с максимально возможной скоростью (> 100 000 отсчетов/с). Отсчеты сохраняются в памяти отсчетов.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!DCV, ДИАПАЗОН 10 В, TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"!НАИБОЛЬШЕЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ,
    ДОПУСТИМОЕ ДЛЯ
25 !СКОРОСТИ >100 000 ОТСЧЕТОВ/С
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10000,AUTO!10 000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ОИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
70 END
```

Пример высокоскоростных измерений сопротивления (ОНМ или ОНMF)

В приведенной ниже программе производятся измерения сопротивления по 2-проводной схеме с максимально возможной скоростью (> 100 000 отсчетов/с). Эту программу можно адаптировать для измерений по 4-проводной схеме, заменив в строке 50 команду ОНМ командой ОНMF.



4 Выполнение измерений

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!DCV, ДИАПАЗОН 10 В, TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"!НАИБОЛЬШЕЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ,
    ДОПУСТИМОЕ ДЛЯ
25 !СКОРОСТИ >100 000 ОТСЧЕТОВ/С
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
50 OUTPUT 722;"OHM 100E3"!ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО 2-ПРОВОДНОЙ
    СХЕМЕ, ДИАПАЗОН 100 КОМВ
60 OUTPUT 722;"NRDGS 10000,AUTO"!10 000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
80 END
```

Пример высокоскоростных измерений постоянного тока

В приведенной ниже программе производятся измерения постоянного тока с максимально возможной скоростью

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!DCV, ДИАПАЗОН 10 В, TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"!НАИБОЛЬШЕЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ,
    ДОПУСТИМОЕ ДЛЯ
25 !МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
50 OUTPUT 722;"DCI 100E-3"!ПОСТОЯННЫЙ ТОК, ДИАПАЗОН 100 МА
60 OUTPUT 722;"NRDGS 5000 AUTO"!5000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
80 END
```

Пример высокоскоростных синхронных измерений переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей

В приведенной ниже программе производятся измерения переменного напряжения синхронным способом на максимальной доступной скорости (прибл. 10 отсчетов/с). Эту программу можно адаптировать для измерений переменного напряжения с постоянной составляющей, заменив в строке 50 команду ACV командой ACDCV.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
```

```
40 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"!СИНХРОННЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
    ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
50 OUTPUT 722;"ACV 10,2"!ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН 10 В,
    РАЗРЕШЕНИЕ 2 %
60 OUTPUT 722;"ACBAND 5Е3,8Е3"!ЧАСТОТА СИГНАЛА МЕЖДУ 5 КГЦ И 8 КГЦ
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20, AUTO"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
90 END
```

Пример высокоскоростной дискретизации переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей со случайными точками

В приведенной ниже программе производятся измерения переменного напряжения путем преобразования со случайными точками на максимальной доступной скорости (прибл. 45 отсчетов/с). Эту программу можно адаптировать для измерений переменного напряжения с постоянной составляющей, заменив в строке 50 команду ACV командой ACDCV.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
40 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"!СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО
    НАПРЯЖЕНИЯ СО СЛУЧАЙНЫМИ ТОЧКАМИ
50 OUTPUT 722;"ACV 10 6"!ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН 10 В,
    РАЗРЕШЕНИЕ 6 %
60 OUTPUT 722;"ACBAND 10Е3,20Е3"!ЧАСТОТА СИГНАЛА МЕЖДУ 10 КГЦ И 20 КГЦ
70 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"!100 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
90 END
```

Пример высокоскоростных аналоговых измерений переменного напряжения/переменного напряжения с постоянной составляющей

В приведенной ниже программе производятся измерения переменного напряжения аналоговым способом на высокой скорости. В этой программе используется начальное значение времени задержки. Можно достичь более высокой скорости сбора отсчетов, указав меньшее значение для времени задержки. Однако при этом полученное в результате значение времени стабилизации может не обеспечить точность измерений. Для повышения скорости сбора отсчетов можно также указать меньшее значе-



ние времени интеграции в строке 60. Эту программу можно адаптировать для измерений переменного напряжения с постоянной составляющей, заменив в строке 50 команду ACV командой ACDCV.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
40 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"!АНАЛОГОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
    ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
50 OUTPUT 722;"ACV 10"!ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН 10 В
60 OUTPUT 722;"NPLC 0,1"!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 0,1 ПЕР.
70 OUTPUT 722;"ACVBAND 10E3,20E3"!ЧАСТОТА СИГНАЛА МЕЖДУ 10 КГЦ И 20 КГЦ
80 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"!100 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
90 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
100 END
```

Пример высокоскоростных измерений переменного тока/
переменного тока с постоянной составляющей

В приведенной ниже программе производятся измерения переменного тока с высокой скоростью. В этой программе используется значение времени начальной задержки. Можно достичь более высокой скорости сбора отсчетов, указав меньшее значение для времени задержки. Однако при этом полученное в результате значение времени стабилизации может не обеспечить точность измерений. Для повышения скорости сбора отсчетов можно также указать меньшее значение времени интеграции в строке 50. Эту программу можно адаптировать для измерений переменного тока с постоянной составляющей, заменив в строке 40 команду ACI командой ACDCI.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
40 OUTPUT 722;"ACI 100E-3"!ПОСТОЯННЫЙ ТОК, ДИАПАЗОН 100 МА
50 OUTPUT 722;"NPLC 0,1"!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 0,1 ПЕР.
60 OUTPUT 722;"ACVBAND 10E3,20E3"!ЧАСТОТА СИГНАЛА МЕЖДУ 10 КГЦ И 20 КГЦ
70 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"!100 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
90 END
```


Пример высокоскоростных измерений частоты (или периода)

В приведенной ниже программе производятся измерения частоты с высокой скоростью. Эту программу можно адаптировать для измерений периода, заменив в строке 40 команду `FREQ` командой `PER`.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SREAL"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SREAL
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
40 OUTPUT 722;"FREQ 10, .1"!ЧАСТОТА, ДИАПАЗОН 10 В, ВРЕМЯ СЧЕТА 100 МКС
50 OUTPUT 722;"ACBAND 10ЕЗ,20ЕЗ"!ЧАСТОТА СИГНАЛА МЕЖДУ 10 КГЦ И 20 КГЦ
60 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"!100 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ
    ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
80 END
```

Высокоскоростная передача данных по шине GPIB

Настройка формата вывода данных (с помощью команды `OFORMAT`) в соответствии с форматом, используемым АЦП (`SINT` или `DINT`) обеспечивает максимальную скорость передачи данных отсчетов в контроллер. Это происходит благодаря отсутствию необходимости преобразования данных в мультиметре. Для высокоскоростного сбора отсчетов с низким разрешением (3,5 или 4,5 десятичных разрядов) с фиксированным диапазоном используйте формат вывода данных `SINT`. (Поскольку в формате `SINT` используется всего 2 байта на отсчет, формат `SINT` позволяет передавать данные для нескольких отсчетов по шине GPIB быстрее, чем любые другие форматы вывода данных.) Для высокоскоростной передачи данных отсчетов с высоким разрешением (5,5 десятичных разрядов и более) с фиксированным диапазоном используйте формат вывода данных `DINT`.

Мультиметр способен собирать отсчеты и передавать их данные в контроллер с частотой > 100 000 отсчетов/с. При использовании выходного формата `SINT` на такой частоте сбора отсчетов шина GPIB и контроллер должны иметь пропускную способность > 200 КБ/с. При использовании компьютеров Hewlett-Packard серии 200/300 для этого требуется карта прямого доступа к памяти (DMA). Кроме того, для достижения максимальной скорости передачи данных следует удалить устройства, замедляющие работу шины GPIB, а также кабели GPIB с неоправданно большой длиной.

В приведенной ниже программе производится передача данных отсчетов непосредственно в контроллер на максимально возможной скорости. Эта



программа позволяет настроить мультиметр для сбора отсчетов на максимально возможной скорости ($> 100\,000$ отсчетов/с). Отсчеты выводятся в формате SINT. Если шина/контроллер не способны обеспечить пропускную способность > 200 КБ/с, скорость сбора отсчетов будет ниже. Причиной является то, что в высокоскоростном режиме мультиметр переходит в режим ожидания, пока каждый отсчет не будет вызван из выходного буфера до сохранения им в этом буфере следующего отсчета. В приведенной ниже программе для запуска сбора отсчетов используется событие активации запуска SYN (также можно использовать событие TRIG SYN). Событие SYN является крайне важным для высокоскоростной работы, поскольку оно обеспечивает готовность контроллера к приему первого отсчета от мультиметра. Команда TRANSFER (строка 120) удовлетворяет условиям события SYN и является наиболее быстрым способом передачи данных отсчетов по шине GPIB, особенно когда она используется в режиме прямого доступа к памяти (DMA) интерфейса GPIB.

```

10  OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20  INTEGER Num_readings!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ
30  INTEGER Int_rdgs(1:30000) BUFFER!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
    МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
40  REAL Rdgs(1:30000)!СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ
50  Num_readings=30000!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 30 000
60  ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
70  ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ БУФЕРА
    ВВОДА/ВЫВОДА
80  OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"!TARM SYN,TRIG AUTO, DCV 10 V
90  OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6"!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 1,4 МКС
100 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"!ФОРМАТ ВЫВОДА SINT
110 OUTPUT @Dvm; "NRDGS"; Num_readings !30 000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК,
    AUTO
115 !СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ (НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ)
120 TRANSFER @Dvm TO @Int rdgs;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
    ОТСЧЕТОВ
121 !ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
    КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С
125 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
    (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
    ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
150 FOR I=1 TO Num_readings
160 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
    В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

```

```

165 !ФОРМАТ (ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО
    ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
170 R=ABS(Rdgs(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
    ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
    СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
190 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S!УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЯ
    КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
200 Rdgs(I)=OROUND(Rdgs(I),4)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
210 NEXT I
220 END

```

Высокоскоростная передача данных из памяти

Настройка формата данных в памяти отсчетов (с помощью команды MFORMAT) в соответствии с выходным форматом (команда OFORMAT) помогает обеспечить максимальную скорость передачи данных из памяти отсчетов в контроллер. Это достигается благодаря отсутствию необходимости преобразования при вызове данных отсчетов из памяти. Для высокоскоростного сбора отсчетов с низким разрешением (3,5 или 4,5 десятичных разрядов) с фиксированным диапазоном используйте формат SINT. (Поскольку в формате SINT используется всего 2 байта на отсчет, формат SINT позволяет сохранять данные в памяти и передавать их для нескольких отсчетов по шине GPIB быстрее, чем любые другие форматы вывода данных.) Для высокоскоростной передачи данных отсчетов с высоким разрешением (5,5 десятичных разрядов и более) с фиксированным диапазоном используйте формат DINT. При включенной функции автоматического выбора диапазона и необходимости высокой скорости передачи данных используйте формат SREAL (для отсчетов с разрешением 6,5 десятичных разрядов и менее) или формат DREAL (для отсчетов с разрешением 7,5 или 8,5 десятичных разрядов). Отключение дисплея и всех математических операций также обеспечивает достижение максимальной скорости передачи данных из памяти отсчетов в контроллер.

В приведенной ниже программе приводится пример передачи данных отсчетов из памяти в контроллер на максимально возможной скорости. В программе 5000 отсчетов сохраняются в памяти в формате SINT. Данные отсчетов вызываются из памяти с помощью «косвенного чтения» и передаются в контроллер (в формате SINT) с помощью команды TRANSFER (строка 130). Затем контроллер запрашивает коэффициент масштабирования, умножает на него каждый отсчет и сохраняет откорректированные значения в массиве Rdgs.



```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ
30 INTEGER Int_rdgs(1:30000) BUFFER!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
    МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
40 REAL Rdgs(1:30000)!СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ
50 Num_readings=30000!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 30 000
60 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ БУФЕРА
    ВВОДА/ВЫВОДА
80 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"!TARM SYN,TRIG AUTO, DCV 10 V
90 OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6"!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 1,4 МКС
100 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"!ФОРМАТ ВЫВОДА SINT
110 OUTPUT @Dvm; "NRDGS"; Num_readings !30 000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, AUTO
115 !СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ (НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ)
120 TRANSFER @Dvm TO @Int rdgs;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
    ОТСЧЕТОВ
121 !ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
    КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С
125 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
    (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
    ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
150 FOR I=1 TO Num_readings
160 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
    В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
165 !ФОРМАТ (ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО
    ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
170 R=ABS(Rdgs(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
    ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLД"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
    СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
190 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S!УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЯ
    КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
200 Rdgs(I)=OROUND(Rdgs(I),4)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
210 NEXT I
220 END

```

Определение скорости сбора отсчетов

При использовании события дискретизации TIMER или команды SWEEP скорость сбора отсчетов обратно пропорциональна указанному значению интервала между отсчетами (в предположении отсутствия ошибки TRIGGER

TOO FAST). Например, если для интервала TIMER указано значение $1E-4$, то частота сбора отсчетов составляет $1/1E-4 = 10\,000$ отсчетов/с. При использовании другого события дискретизации можно определить скорость сбора отсчетов, указав импульс на выходе после каждого отсчета (команда EXTOUT RCOMP) и подключив электронный частотомер к разъему Ext Out мультиметра. Частота, отображаемая на дисплее частотомера, является частотой сбора отсчетов в единицах отсчет/с.

В другом способе используется контроллер, определяющий время получения определенного количества отсчетов с инициализацией по команде TARM SGL или TRIG SGL. При отключенном входном буфере (команда INBUF OFF) событие SGL вызывает приостановку работы шины GPIB до завершения сбора отсчетов. Это означает, что время, необходимое на обработку команды TARM SGL или TRIG SGL, является общим временем выполнения измерений. Например, в приведенной ниже программе отсчеты сохраняются в памяти отсчетов, отсчитывается время выполнения команды TARM SGL для 10 000 отсчетов, полученное значение общего времени делится на 10 000, а затем отображается значение количества отсчетов в секунду. Команда TIMEDATE (строки 90 и 110) используется для компьютеров Hewlett-Packard серии 200/300 с языком BASIC. Дополнительные сведения об использовании таймера компьютера см. в инструкциях по работе с имеющимся компьютером.

```

10 REAL Num_readings!СОЗДАНИЕ МАССИВА
20 Num_readings=10000!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 10 000
30 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST"!ДИАПАЗОН ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
   10 В, ФОРМАТ ПАМЯТИ DINT, ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РЕЖИМ
45 !READINGS, TARM SYN, TRIG AUTO
50 OUTPUT @Dvm;"NPLC 0"!МИНИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ (500 НС)
60 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
70 OUTPUT @Dvm;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
80 OUTPUT @Dvm;"NRDGS"; Num_readings ,"AUTO" ! 10000 ОТСЧЕТОВ
   НА ЗАПУСК, AUTO
85 !СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ
90 TO=TIMEDATE!ЗАПУСК ТАЙМЕРА
100 OUTPUT @Dvm;"TARM SGL"!ОТСЧЕТЫ ПО ЗАПУСКУ
110 T1=TIMEDATE!ОСТАНОВКА ТАЙМЕРА
120 PRINT "Readings per second = ";Num_readings/(T1-T0)
125 !ПЕЧАТЬ КОЛ-ВА ОТСЧЕТОВ В СЕКУНДУ
130 END

```



Если используется режим передачи нескольких значений по шине вместо их записи в память отсчетов, можно использовать событие активации запуска или запуска SYN (синхронный), при котором также работа шины приостанавливается до завершения сбора и отправки всех отсчетов, а также команда контроллера ENTER или TRANSFER. Пример такого режима представлен в приведенной ниже программе (событие синхронной активации запуска указывается командой PRESET FAST в строке 50).

```

10 REAL Num_readings!СОЗДАНИЕ МАССИВА
20 Num_readings=300000!КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 300 000
30 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[2*Num_readings]!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
   БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
50 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"!ДИАПАЗОН ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
   10 В, ФОРМАТ ВЫВОДА DINT,
55 !ОТСЧЕТЫ, TARM SYN, TRIG AUTO
60 OUTPUT @Dvm;"NPLC 0"!МИНИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ
70 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"!ФОРМАТ ВЫВОДА SINT
80 OUTPUT @Dvm; "NRDGS "; Num_readings, "AUTO"
85 !300 000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ
   ДИСКРЕТИЗАЦИИ
90 TO=TIMEDATE!ЗАПУСК ТАЙМЕРА ОТСЧЕТОВ
100 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!СОБЫТИЕ SYN. ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
   ОТСЧЕТОВ
110 T1=TIMEDATE!ОСТАНОВКА ТАЙМЕРА ОТСЧЕТОВ
120 PRINT "READINGS PER SECOND = 11;Num_readings/(T1/T0)
125 !ПЕЧАТЬ КОЛ-ВА ОТСЧЕТОВ В СЕКУНДУ
130 END

```

ПРИМЕЧАНИЕ

В приведенной выше программе не учитывается время, требуемое для получения коэффициента масштабирования, требуемого для преобразования выходных значений отсчетов в формате SINT.

Сигнал EXTOUT

Мультиметр можно запрограммировать на выдачу данных с помощью сигнала, совместимого с логическим уровнем TTL, на разъеме Ext Out, при возникновении указанного события АЦП, при формировании мультиметром сервисного запроса GPIB или при обработке команды EXTOUT ONCE. Этот сигнал может использоваться для синхронизации внешнего оборудования с мультиметром. В первом параметре команды EXTOUT указывается событие, вызвавшее создание сигнала, а во втором — полярность этого сигнала: NEG = низкий уровень, POS = высокий уровень. Ниже перечислены события, по которым может создаваться сигнал на разъеме Ext Out.

- Завершение сбора отсчетов
- Завершение сбора пакета отсчетов
- Завершение ввода
- Форма сигнала апертуры
- Сервисный запрос
- Обработка команды EXTOUT ONCE

Большинство перечисленных выше команд относится к АЦП. На [Рисунок 4-5](#) представлена взаимосвязь этих событий с рабочими операциями АЦП.

ПРИМЕЧАНИЕ

Значения полного времени интервалов на [Рисунке 4-5](#) приведены только в целях иллюстрации. Они не отражают реальные значения интервалов мультиметра.



4 Выполнение измерений



Рисунок 4-5 **Взаимосвязь событий АЦП**

Завершение сбора отсчетов

Когда указан такой режим, по событию завершения сбора отсчетов (событию RCOMP) формируется импульс длительностью 1 мкс после каждого отсчета для любой функции измерений. Для измерений переменного напряжения с дискретизацией (режимы SETACV SYNC или RNDM) импульс выдается по завершении вычислений для каждого отсчета, а не по завершении сбора каждого отсчета для обработки. Это событие может использоваться для синхронизации внешнего сканера с мультиметром при обработке каждого отсчета на один канал сканера.

В приведенной ниже программе для синхронизации мультиметра со сканером используется событие RCOMP (в примере используется блок тестирования/коммутации 3235 с модулем сканирования в слоте 200). Схема подключений для измерений представлена на [Рисунке 4-6](#). Сканер запрограммирован на выдачу импульсного сигнала низкого уровня для каждого закрытия канала (строка 60). Этот сигнал подается на разъем Ext Trig мультиметра и запускает каждый отсчет. По завершении каждого отсчета сигнал EXTOUT мультиметра вызывает переключение сканера на следующий канал. Событие закрытия канала создает сигнал, который запускает следующий отсчет. Такая последовательность повторяется до завершения сканирования всех 6 каналов. Отсчеты сохраняются в памяти отсчетов мультиметра.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!DCV,NRDGS,1,AUTO, TARM AUTO, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА = ВНЕШНЕЕ
40 OUTPUT 722;"EXTOUT RCOMP,NEG" !СИГНАЛ ЗАВЕРШЕНИЯ ОТСЧЕТА
    НА ВЫХОДЕ EXTOUT, СИГНАЛ TTL НИЗКОГО УРОВНЯ
45 !НАСТРОЙКА ВНЕШНЕГО СКАНЕРА
50 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"!РАСШИРЕННЫЙ СКАНЕР ПО СИГНАЛУ EXTOUT
    МУЛЬТИМЕТРА
60 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"!ИМПУЛЬС НИЗКОГО УРОВНЯ НА ВЫХОДЕ
    ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАКРЫТИЯ
70 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"!СКАНИРОВАНИЕ КАНАЛОВ 01-06 НА СКАНЕРЕ
    В СЛОТЕ 200
75 !И ПЕРЕХОД К КАНАЛУ 01, ЗАПУСК СКАНИРОВАНИЯ
80 END
```



4 Выполнение измерений

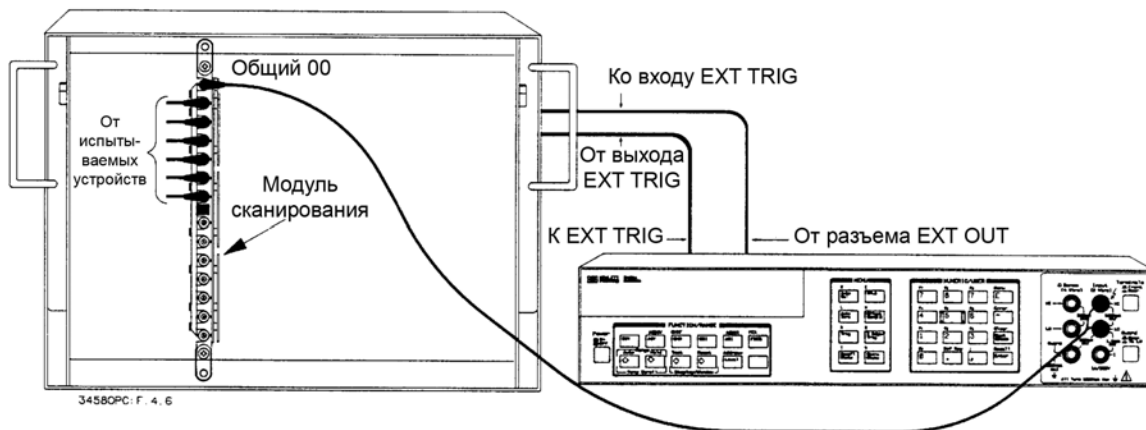


Рисунок 4-6 Использование внешнего сканера

Пакет завершен

Когда указан такой режим, по событию завершения пакета (событию BCOMP) формируется импульс длительностью 1 мкс после завершения обработки группы отсчетов. Число отсчетов в группе указывается командой NRDGS или SWEEP. Событие BCOMP может использоваться для синхронизации внешнего сканера с мультиметром при обработке нескольких отсчетов на канал сканера. Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней используется событие BCOMP и 15 отсчетов по каждому каналу сканера. Схема подключений для данного примера представлена на [Рисунке 4-6](#).

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!DCV, NRDGS 1,AUTO, TARM AUTO, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА = ВНЕШНЕЕ
40 OUTPUT 722;"EXTOUT BCOMP, NEG"!СОБЫТИЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ПАКЕТА
    ОТСЧЕТОВ, СИГНАЛ TTL НИЗКОГО УРОВНЯ
50 OUTPUT 722;"NRDGS 15, AUTO"!15 ОТСЧЕТОВ НА КАНАЛ
55!НАСТРОЙКА ВНЕШНЕГО СКАНЕРА
60 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"!РАСШИРЕННЫЙ СКАНЕР ПО СИГНАЛУ EXTOUT
    МУЛЬТИМЕТРА
70 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"!ИМПУЛЬС НИЗКОГО УРОВНЯ НА ВЫХОДЕ
    ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАКРЫТИЯ
```

```

80 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"!СКАНИРОВАНИЕ КАНАЛОВ 01-06 НА СКАНЕРЕ
  В СЛОТЕ 200
85 !И ПЕРЕХОД К КАНАЛУ 01, ЗАПУСК СКАНИРОВАНИЯ
90 END

```

Завершение ввода

Событие завершения ввода (событие ICOMP) аналогично событию RCOMP, по которому формируется импульс длительностью 1 мкс для каждого отсчета. Однако если указано событие ICOMP, импульс формируется по завершении интегрирования АЦП входного сигнала, но до завершения обработки отсчета (см. [Рисунок 4-5](#)). Событие ICOMP может использоваться с внешним сканером при использовании одного отсчета на канал сканера. Это событие особенно важно, когда используется сканер низкоскоростного типа (на основе реле). Поскольку событие ICOMP возникает до завершения обработки отсчета, оно передается на сканер с большим упреждением, чем при использовании события RCOMP. В приведенной ниже программе событие ICOMP используется для обработки одного отсчета по каждому из 6 каналов сканера. Обратите внимание, что в строке 40 включается режим буферизации запуска. Это предотвращает возникновение ошибки TRIGGER TOO FAST мультиметра при выдаче сигнала закрытия канала сканера до завершения обработки текущего события. Схема подключений для данного примера представлена на [Рисунке 4-6](#).

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!DCV, NRDGS,1,AUTO, TARM AUTO, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА = ВНЕШНЕЕ
40 OUTPUT 722;"TBUFF ON"!ВКЛЮЧЕНИЕ БУФЕРА ЗАПУСКА
50 OUTPUT 722 "EXTOUT ICOMP,NEG"!СИГНАЛ ЗАВЕРШЕНИЯ ВВОДА
  НА ВЫХОДЕ EXTOUT, TTL НИЗКОГО УРОВНЯ
55 !НАСТРОЙКА ВНЕШНЕГО СКАНЕРА
60 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"!РАСШИРЕННЫЙ СКАНЕР ПО СИГНАЛУ EXTOUT
  МУЛЬТИМЕТРА
70 OUTPUT 709;"SNCLOSED EXT"!ИМПУЛЬС НИЗКОГО УРОВНЯ НА ВЫХОДЕ
  ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАКРЫТИЯ
80 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"!СКАНИРОВАНИЕ КАНАЛОВ 01-06 НА СКАНЕРЕ
  В СЛОТЕ 200
85 !И ПЕРЕХОД К КАНАЛУ 01, ЗАПУСК СКАНИРОВАНИЯ
90 END

```



Форма сигнала апертур

Когда указан такой режим, по событию формы сигнала апертур (событию APER) выдается форма сигнала, показывающая, когда входной сигнал измеряется АЦП. Помимо индикации времени измерений отсчета форма сигнала апертур также указывает на все выполняемые измерения с функциями автоматической установки нуля и автоматического выбора диапазона. Эта форма сигнала может использоваться для синхронизации внешнего коммутирующего оборудования с мультиметром. Например, для обеспечения среды без электрических помех при высокоточных измерениях может потребоваться приостановка работы внешнего коммутирующего оборудования во время интегрирования каждого отсчета АЦП. Это можно сделать с помощью включения события APER и программирования внешнего коммутатора на работу только в те промежутки времени, когда форма сигнала апертур показывает, что в это время не производится интеграция входного сигнала АЦП. С помощью приведенной ниже программной строки включается событие APER с положительной полярностью (см. [Рисунок 4-5](#)):

```
OUTPUT 722;"EXTOUT APER,POS"
```

Сервисный запрос

Когда указан такой режим, по событию сервисного запроса (событию SRQ) формируется импульс длительностью 1 мкс при каждом создании мультиметром сервисного запроса GPIB. Это событие может использоваться в качестве оповещения внешнего оборудования (особенно оборудования, не допускающего подключения по GPIB) о возникновении одного или нескольких специальных событий и создании сервисного запроса (дополнительные сведения о сервисных запросах см. в разделе [«Использование регистра состояния»](#), Глава 3).

ПРИМЕЧАНИЕ

Когда событием состояния устанавливается разряд SRQ в регистре, этот разряд не сбрасывается до его стирания (например, с помощью команды CSB). Когда указан такой режим, при возникновении любого события запуска, которое было включено для приема SQR (команда RQS), формируется импульс EXTOUT SRQ. Импульс EXTOUT SRQ не обязательно формируется при установке разряда SRQ. Он формируется при возникновении включенного события состояния.

В приведенной ниже программе для синхронизации мультиметра с внешним оборудованием используется событие SRQ. С помощью программы в мультиметр загружается подпрограмма. При вызове контроллером подпрограммы (строка 120) она настраивает мультиметр для высокоточных измерений температуры с помощью термистора с сопротивлением 10 кОм. После вызова и выполнения подпрограммы в регистре состояния устанавливается разряд 0 (выполнение команд из программной памяти завершено). При этом принимается команда GPIB SRQ (включенная в строке 30) и формируется импульс на разьеме Ext Out (указанный в строке 40). Этот импульс оповещает внешнее оборудование о настройке мультиметра и его готовности к выполнению измерений.

```

10 OUTPUT 722;"SUB EXTSRQ"! ЗАГРУЗКА ПРОДПРОГРАММЫ С ИМЕНЕМ
   "EXTSRQ"
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"! PRESET,TRIG SYN, TARM AUTO, NRDGS
   1,AUTO
30 OUTPUT 722;"RQS 1"!ВКЛЮЧЕНИЕ РАЗРЯДА ЗАВЕРШЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
   ПОДПРОГРАММЫ
40 OUTPUT 722;"EXTOUT SRQ,POS"!СОБЫТИЕ SRQ EXTOUT, ИМПУЛЬС
   ВЫСОКОГО УРОВНЯ
50 OUTPUT 722;"OHMF 10E3"!ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО
   2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЕ, ДИАПАЗОН 10 КОМ
60 OUTPUT 722;"NPLC 100"!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 100 ПЕР.
70 OUTPUT 722;"OSCOMP ON"!ВКЛЮЧЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ СМЕЩЕНИЯ
80 OUTPUT 722;"TRIG EXT"!ВНЕШНЕЕ СОБЫТИЕ ЗАПУСКА
90 OUTPUT 722;"MATH STHRM10K"!ВКЛЮЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
   ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ТЕРМИСТОРА 10 КОМ
100 OUTPUT 722;"CSB"!ОЧИСТКА РЕГИСТРА СОСТОЯНИЯ
110 OUTPUT 722;"SUBEND"!КОНЕЦ ПОДПРОГРАММЫ
120 OUTPUT 722;"CALL EXTSRQ"!ВЫЗОВ ПОДПРОГРАММЫ
130 END

```



Команда EXTOUT ONCE

По запуску команды EXTOUT ONCE на разъеме Ext Out мультиметра формируется один импульс длительностью 1 мкс. По завершении обработки команды EXTOUT ONCE для режима снова устанавливается значение (сигнал EXTOUT выключен). Пример представлен в приведенной ниже программе. Команда EXTOUT ONCE полезна в подпрограммах для оповещения внешнего оборудования о завершении выполнения подпрограммы или ее фрагмента.

```

10  OUTPUT 722;"SUB EXTONCE"!ЗАГРУЗКА ПОДПРОГРАММЫ С ИМЕНЕМ
    "EXTONCE"
20  OUTPUT 722;"EXTOUT ONCE"!СИГНАЛ ВНЕШНЕМУ ОБОРУДОВАНИЮ
    НА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ
25  !В РЕЖИМ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
30  OUTPUT 722;"PRESET FAST!FAST READINGS, TARM SYN, TRIG AUTO"
40  OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50  OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
60  OUTPUT 722;"TARM SGL"!ЗАПУСК 20 ОТСЧЕТОВ
70  OUTPUT 722;"EXTOUT ONCE"!СИГНАЛ ВНЕШНЕМУ ОБОРУДОВАНИЮ
    НА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ В РЕЖИМ
75  !ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ
80  OUTPUT 722;"ОСОМР ON"!ВКЛЮЧЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ СМЕЩЕНИЯ
90  OUTPUT 722;"ОНМ 1Е3"!ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО 2-ПРОВОДНОЙ
    СХЕМЕ, ДИАПАЗОН 1 КОМ
100 OUTPUT 722;"NRDGS 40"!40 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
110 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ЗАПУСК 40 ОТСЧЕТОВ
120 OUTPUT 722;"SUBEND"!КОНЕЦ ПОДПРОГРАММЫ
130 OUTPUT 722;"CALL EXTONCE"!ВЫЗОВ ПОДПРОГРАММЫ
140 END

```

Математические операции

Каждая математическая операция позволяет выполнить определенные математические действия для каждого отсчета и/или сохранить последовательность отсчетов. Мультиметр позволяет производить для отсчетов следующие математические операции: обнуление, масштабирование, проценты, dB, dBm, фильтрация и вычисление среднеквадратичного значения, а также математические операции, связанные с температурой. При математических операциях с вычислением статистики и удачного/неудачного результата математической операции сами отсчеты не изменяются, а только сохраняется информация, относящаяся к отсчетам. В данном разделе приведены инструкции по включению и отключению математических операций, а также подробные описания всех математических операций.

Сравнение режимов «обработка в реальном времени» и «постобработка»

Обработка математических операций возможна как в режиме реального времени, так и в режиме последующей обработки. При включенном режиме обработки математических операций в реальном времени все операции производятся для всех отсчетов сразу после сбора каждого отсчета. Затем результаты могут быть сохранены в памяти отсчетов или переданы по шине GPIB. При включенном режиме последующей обработки математических операций (за исключением операций STAT и PFAIL) обработка каждого отсчета производится по его удалению или копированию из памяти отсчетов с выводом на дисплей или в выходной буфер GPIB. (При выполнении любых математических операций в режиме последующей обработки отсчеты в памяти отсчетов остаются неизменными.) Математические операции STAT и PFAIL в режиме последующей обработки выполняются с отсчетами в памяти немедленно по команде MMATH. Для статистических операций результаты сохраняются в регистры статистики. Для операций удачного/неудачного результата соответствия предельным значениям при обнаружении неудачного результата в регистре состояния устанавливается разряд 1 и отображается сообщение FAILED HIGH (НЕСООТВЕТСТВИЕ ВЕРХНЕМУ ПРЕДЕЛУ) или FAILED LOW (НЕСООТВЕТСТВИЕ НИЖНЕМУ ПРЕДЕЛУ) в зависимости от превышения верхнего/нижнего предела.



Включение математических операций

Для включения математической операции следует отправить команду MATH (для обработке в режиме реального времени) или MMATH (для последующей обработки), за которой следует параметр операции (DB, DBM, FILTER, NULL, PERC, PFAIL, RMS, SCALE и STAT или один из параметров, относящихся к температуре, список которых представлен в разделе «Измерения температуры» позже в данной главе). После включения математической операции она остается включенной до ее отключения, выключения/включения питания, использования команды RESET или одной из команд PRESET. Например, для включения операции NULL отправьте следующую команду:

```
OUTPUT 722; "MATH NULL" !ВКЛЮЧЕНИЕ NULL В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО  
ВРЕМЕНИ
```

или

```
OUTPUT 722; "MMATH NULL" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ  
ОБРАБОТКОЙ
```

Одновременно можно включить до двух математических операций. Операции производятся с каждым отсчетом в порядке их перечисления в команде. Например, для включения операций NULL и SCALE отправьте следующую команду:

```
OUTPUT 722;"MATH NULL, SCALE" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ NULL И SCALE  
В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
```

или

```
OUTPUT 722;"MMATH NULL, SCALE" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ NULL И SCALE  
С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ
```

Для отключения всех включенных математических операций отправьте команду:

```
OUTPUT 722;"MATH OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ МАТ. ОПЕРАЦИЙ В РЕЖИМЕ  
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
```

или

```
OUTPUT 722;"MMATH OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ МАТ. ОПЕРАЦИЙ  
С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ
```


Позже можно заново включить отключенные математические операции с помощью команды MATH OFF или MMATH OFF. Чтобы заново включить одну математическую операцию (если ранее были отключены две операции, при этом будет включена только первая из этих операций), отправьте команду:

OUTPUT 722;"MATH CONT" !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

или

OUTPUT 722;"MATH CONT" !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ

Чтобы заново включить две включенные ранее математические операции, отправьте команду:

OUTPUT 722;"MATH CONT,CONT" !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ДВУХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

или

OUTPUT 722;"MATH CONT" !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ДВУХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ

Математические регистры

В **Таблице 4-4** представлены регистры, используемые для математических операций с обработкой в режиме реального времени или с последующей обработкой.

Таблица 4-4 Математические регистры

Название регистра	Содержимое регистра
DEGREE	Константа времени для операций FILTER и RMS
LOWER	Наименьшее значение отсчета для операции STATS
MAX	Верхний предел для операции PFAIL
MEAN	Средне значение отсчетов в операции STATS
MIN	Нижний предел для операции PFAIL
NSAMP	Количество отсчетов в операции STATS



Таблица 4-4 Математические регистры (продолжение)

Название регистра	Содержимое регистра
OFFSET	Вычитаемое в операциях NULL и SCALE
PERC	Процентное значение для операции PERC
REF	Базовое значение для операции DB
RES	Базовое значение для операции DBM
SCALE	Делитель в операции SCALE
SDEV	Среднеквадратическое отклонение в операции STATS
UPPER	Наибольшее значение отсчета в операции STATS
PFAILNUM	Количество успешно оцененных отсчетов в операции PFAIL до возникновения сбоя

С помощью команды SMATH можно записать значение в любой математический регистр (за исключением SDEV). Например, для записи значения 22 в регистр DEGREE отправьте команду:

```
OUTPUT 722;"SMATH DEGREE,22"
```

С помощью команды RMATH можно считать значение из любого математического регистра. Например, приведенная ниже программа позволяет считать и распечатать значение в регистре RES.

```
10 OUTPUT 722;"RMATH RES"
20 ENTER 722;A
30 PRINT A
40 END
```

Операция NULL

Операция NULL вычитает значение из каждого отсчета (после первого отсчета). Используется следующая формула:

$$\text{Результат} = \text{Отсчет} - \text{OFFSET}$$

Где:

OFFSET — значение, сохраненное в регистре OFFSET (обычно значение первого отсчета).

Отсчет — любой отсчет после первого отсчета.

При выборе операции NULL значение первого собранного отсчета (в режиме реального времени) или первого отсчета, извлеченного из памяти (в режиме с последующей обработкой) сохраняется в регистре OFFSET. Затем значение отсчета вычитается из значений следующих отсчетов. Если требуется, чтобы значение первого отсчета не было нулевым, можно записать другое значение в регистр OFFSET с помощью команды SMATH. Однако до изменения значения следует дождаться, пока не будет записано значение первого собранного отсчета (в режиме реального времени) или первого отсчета, извлеченного из памяти (в режиме с последующей обработкой).

Типичное применение операции NULL — повышение точности измерений сопротивления по 2-проводной схеме. Для этого следует выбрать режим измерений сопротивления по 2-проводной схеме (команда OHM) и замкнуть между собой измерительные щупы. Затем следует запустить операцию NULL. Первый собранный отсчет (сопротивление измерительных кабелей) записывается в регистр OFFSET. Соедините измерительные щупы с сопротивлением, которое требуется измерить. После этого мультиметр будет вычитать значение из регистра OFFSET из всех последующих значений отсчетов, пока математическая операция NULL не будет отключена. Этот способ не обеспечивает такой точности, как измерения сопротивления по 4-проводной схеме, поскольку сопротивление кабелей при замыкании между собой измерительных щупов может отличаться от их сопротивления при подключении к измеряемому сопротивлению. Кроме того, сопротивление измерительных кабелей проверяется только один раз для последовательности измерений, и сопротивление измерительных кабелей может изменяться.

В приведенной ниже программе выполняется математическая операция NULL в режиме реального времени для 20 отсчетов. По завершении выполнения команды NULL запускается сбор первого отсчета (строка 50). Затем значение в регистре OFFSET заменяется на 3,05. Сбор 20 отсчетов запускается в строке 90, и из значения каждого отсчета вычитается 3,05.

```
10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rds(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10
40 OUTPUT 722;"MATH NULL"!ВКЛЮЧЕНИЕ МАТ. ОПЕРАЦИИ NULL В РЕЖИМЕ
    РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
50 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТА 1, СОХРАНЕНИЕ В РЕГИСТРЕ
    OFFSET
60 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05"!ЗАПИСЬ 3.05 В РЕГИСТР OFFSET
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
80 OUTPUT 722;"TRIG SYN"!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА SYN
```



```

90 ENTER 722;Rdgs(*)!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ,
    ОТКОРРЕКТИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ОПЕРАЦИИ NULL
100 PRINT Rdgs(*)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ, ОТКОРРЕКТИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ
    ОПЕРАЦИИ NULL
110 END

```

В приведенной ниже программе выполняется математическая операция NULL в режиме последующей обработки для 20 отсчетов. По завершении выполнения команды MMATH NULL производится сбор 21 отсчетов с их сохранением в памяти отсчетов в режиме FIFO. В строке 80 вызывается первый отсчет, сохраненный в регистре OFFSET. Затем значение в регистре OFFSET заменяется на 3,05. Затем из памяти вызываются остальные 20, и к ним применяется операция NULL.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
    OUTPUT 722;"MMATH NULL" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ
    ОБРАБОТКОЙ
60 OUTPUT 722;"NRDGS 21"!21 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ЗАПУСК ОТСЧЕТОВ
80 ENTER 722;!ВЫЗОВ ПЕРВОГО ОТСЧЕТА С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО
    ЧТЕНИЯ
90 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05"!ЗАПИСЬ 3.05 В РЕГИСТР OFFSET
100 ENTER 722;Rdgs(*)!ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО ЧТЕНИЯ,
105 !ВЫПОЛНЕНИЕ ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ НИХ ОПЕРАЦИИ NULL
110 PRINT Rdgs(*)!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ, ИЗМЕНЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ
    ОПЕРАЦИИ NULL
120 END

```

Операция SCALE

Операция SCALE изменяет каждый отсчет путем вычитания значения смещения и деления результата на коэффициент масштабирования. Используется следующая формула:

$$\text{Результат} = (\text{Отсчет} - \text{OFFSET})/\text{SCALE}$$

Где:

Отсчет — любой отсчет.

OFFSET — это значение, сохраненное в регистре OFFSET (по умолчанию = 0; учтите, что первый отсчет не сохраняется в регистре OFFSET, поскольку такой способ использовался для операции NULL).

SCALE — это значение, сохраненное в регистре SCALE (начальное = 1).

Учтите, что начальные значения не изменяют содержимое отсчетов (при этом вычитается 0 и производится деление на 1). Можно изменить значения в регистре OFFSET и SCALE с помощью команды SMATH.

В приведенной ниже программе для деления всех 20 отсчетов на 2 с помощью операции масштабирования в режиме реального времени. Начальное значение 0 остается в регистре OFFSET, поэтому перед масштабированием отсчетов из их значений ничего не вычитается.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
50 OUTPUT 722;"MATH SCALE"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ SCALE В РЕЖИМЕ
    РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
60 OUTPUT 722;"SMATH SCALE 2"!ЗАПИСЬ 2 В РЕГИСТР SCALE
70 ENTER 722;Rdgs(*)!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТМАСШТАБИРОВАННЫХ ОТСЧЕТОВ
80 PRINT Rdgs(*)!ПЕЧАТЬ ОТМАСШТАБИРОВАННЫХ ОТСЧЕТОВ
90 END

```

В приведенной ниже программе для вычитания из каждого отсчета значения 1 с последующим делением результатов на 2 используется операция масштабирования в режиме последующей обработки.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
60 OUTPUT 722;"MMATH SCALE"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ SCALE В РЕЖИМЕ
    ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ
70 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET 1"!ЗАПИСЬ 1 В РЕГИСТР OFFSET
80 OUTPUT 722;"SMATH SCALE 2"!ЗАПИСЬ 2 В РЕГИСТР SCALE
90 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТОВ
100 ENTER 722;Rdgs(*)!!ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО
    ЧТЕНИЯ,
105 !ВЫПОЛНЕНИЕ ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ НИХ ОПЕРАЦИИ SCALE
110 PRINT Rdgs(*)!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ
120 END

```



Операция Percent

Математическая операция PERC определяет разницу в процентах между каждым отсчетом и значением в регистре PERC. Используется следующая формула:

$$\text{Результат} = ((\text{Отсчет} - \text{PERC})/\text{PERC}) \cdot 100$$

Где:

Отсчет — любой отсчет.

PERC — это значение, сохраненное в регистре PERC (при включении питания значение = 1).

Математическую операцию PERC можно использовать для определения разницы (в процентах) между идеальным значением и измеренным значением. Например, в приведенной ниже программе определяется процентная ошибка измерений постоянного напряжения 10 В. В строке 60 вводится идеальное значение (10) в регистр PERC. В строке 70 запускаются 20 отсчетов. Если значение отсчета точно равно 10 В постоянного напряжения, то возвращается значение 0. Если значение отсчета равно, например, 10,1 В постоянного напряжения, то возвращается значение:

$$\text{Результат} = ((10,1 - 10)/10) \cdot 100 = 0,01 \cdot 100 = 1$$

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Perc(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ПРОЦЕНТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
50 OUTPUT 722;"MATH PERC"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PERC В РЕЖИМЕ
    РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
60 OUTPUT 722;"SMATH PERC 10"!ЗАПИСЬ 10 В РЕГИСТР PERC
70 ENTER 722;Perc(*)!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД РАЗНИЦЫ В ПРОЦЕНТАХ
80 PRINT Perc(*)!ПЕЧАТЬ РАЗНИЦЫ В ПРОЦЕНТАХ
90 END

```

Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней используется операция PERC в режиме последующей обработки.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Perc(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ПРОЦЕНТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
60 OUTPUT 722;"MMATH PERC"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PERC В РЕЖИМЕ
    ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

```

```

70 OUTPUT 722;"SMATH PERC 10"!ЗАПИСЬ 10 В РЕГИСТР PERC
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТОВ
90 ENTER 722;Perc(*)!ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО ЧТЕНИЯ,
95 !ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PERC
100 PRINT Perc(*)!ПЕЧАТЬ РАЗНИЦЫ В ПРОЦЕНТАХ
110 END

```

Операция DB

Математическая операция DB позволяет рассчитать отношение в децибелах. Используется следующая формула:

$$\text{Результат} = 20 \times \log_{10}(\text{Отсчет}/\text{REF})$$

Где:

Отсчет — любой отсчет.

REF — это значение, сохраненное в регистре REF (начальное = 1).

С помощью команды SMATH можно изменить значение в регистре REF.

В приведенной ниже программе используется операция DB в режиме реального времени для определения коэффициента усиления по напряжению. В строке 40 значение входного напряжения усилителя (0,1 В) сохраняется в регистре REF. Измеряется выходное напряжение усилителя и рассчитывается его коэффициент усиления.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"ACV"!ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ,
    АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ДИАПАЗОНА
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"!АНАЛОГОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
    ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
40 OUTPUT 722;"SMATH REF 0.1"!ЗАПИСЬ 0,1 В РЕГИСТР REF
50 OUTPUT 722;"MATH DB"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DB В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО
    ВРЕМЕНИ
60 ENTER 722;!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ЗНАЧЕНИЯ DB
70 PRINT A!ПЕЧАТЬ DB
80 END

```

Например, если уровень входного напряжения составляет 0,1 В, а выходного — 10 В, то коэффициент усиления равен:

$$20 \times \log_{10}(10/0,1) = 20 \times \log_{10}100 = 40 \text{ дБ}$$



Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней используется операция DB в режиме последующей обработки.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"ACV"!ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ,
    АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ДИАПАЗОНА
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"!АНАЛОГОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
    ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"SMATH REF 0.1"!ЗАПИСЬ 0,1 В РЕГИСТР REF
60 OUTPUT 722;"MMATH DB"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DB В РЕЖИМЕ
    ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТА
80 ENTER 722;A!ВЫЗОВ ОТСЧЕТА С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО ЧТЕНИЯ,
85 !ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DB
90 PRINT A!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТА DB
100 END

```

Операция DBM

Математическая операция DBM позволяет рассчитать мощность, прикладываемую к сопротивлению относительно уровня 1 мВт. Используется следующая формула:

$$\text{Результат} = 10 \times \log_{10}(\text{Отсчет}^2/\text{RES}/1 \text{ мВт})$$

Где:

Отсчет — любой отсчет напряжения.

REF — это значение сопротивления, сохраненное в регистре RES (начальное = 50).

С помощью команды SMATH можно изменить значение в регистре RES.

В приведенной ниже программе используется операция DBM в режиме реального времени для определения мощности, подаваемой на динамик. В строке 40 импеданс динамика сохраняется в регистре RES (например, 8 Ом). Затем измеряется напряжение, подаваемое на динамик, и выполняется операция DBM.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"ACV"!ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ,
    АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ДИАПАЗОНА

```



```
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"!АНАЛОГОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
    ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
40 OUTPUT 722;"SMATH RES 8"!ЗАПИСЬ 8 В РЕГИСТР RES
50 OUTPUT 722;"MATH DBM"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DBM В РЕЖИМЕ
    РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
60 ENTER 722;!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ЗНАЧЕНИЯ DBM
70 PRINT A!ПЕЧАТЬ DBM
80 END
```

Например, если уровень подаваемого напряжения составляет 10 В,
то мощность равна:

$$10 \times \log_{10}(10^2/8/1 \text{ мВт}) = 40,97 \text{ дБм}$$

Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней используется операция DBM в режиме последующей обработки.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"ACV"!ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ,
    АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ДИАПАЗОНА
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"!АНАЛОГОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
    ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"SMATH RES 8"!ЗАПИСЬ 8 В РЕГИСТР RES
60 OUTPUT 722;"MMATH DBM"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DBM В РЕЖИМЕ
    ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТА
80 ENTER 722;!ВЫЗОВ ОТСЧЕТА С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО ЧТЕНИЯ,
85 !ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DBM
90 PRINT A!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТА DBM
100 END
```



Операция Statistics

При выполнении операции STAT производится пять вычислений для группы отсчетов с сохранением результатов в пяти математических регистрах. Эти вычисления: среднеквадратическое отклонение, среднеквадратичное значение, количество отсчетов, наибольший отсчет и наименьший отсчет. В **Таблице 4-5** показаны регистры STAT и их содержимое. С помощью команды RMATH можно считать значение из любого регистра STAT.

Таблица 4-5 Регистры STAT

Регистр	Сохраненный результат
SDEV	Среднеквадратическое отклонение
MEAN	Среднеквадратичное значение для отсчетов
NSAMP	Количество отсчетов в группе измерений
UPPER	Наибольший отсчет в группе измерений
LOWER	Наименьший отсчет в группе измерений

В приведенной ниже программе используется операция STAT в режиме реального времени для расчета результатов пяти вычислений по 20 отсчетам постоянного напряжения. После сбора отсчетов и их отправки в контроллер считывается среднеквадратическое отклонение и возвращается результат.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
50 OUTPUT 722;"MATH STAT"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ STAT В РЕЖИМЕ
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
60 ENTER 722 Rdgs(*)!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ
70 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"!СЧИТЫВАНИЕ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО
ОТКЛОНЕНИЯ
80 ENTER 722;S!ВВОД СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ
90 PRINT S!ПЕЧАТЬ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ
100 END

```

В приведенной ниже программе выполняется математическая операция STAT в режиме последующей обработки для 20 отсчетов, сохраненных в памяти. Операция STAT в режиме последующей обработки является пакетной операцией. Т. е. для выполнения операции STAT отсчеты не требуется вызывать

из памяти. Также обратите внимание на то, что отсчеты должны быть сохранены в памяти до включения операция STAT в режиме последующей обработки (в противном случае возникнет ошибка MEMORY ERROR).

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
40 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТОВ
50 OUTPUT 722;"MMATH STAT"!ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ STAT В РЕЖИМЕ
    ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ
60 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"!СЧИТЫВАНИЕ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО
    ОТКЛОНЕНИЯ
70 ENTER 722;S!ВВОД СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ
80 PRINT S!ПЕЧАТЬ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ
90 END

```

Операция Pass/Fail

Математическая операция PFAIL позволяет проверить каждый отсчет на соответствие предельным значениям, установленным в регистрах MAX и MIN. При выходе за установленные рамки в регистре состояния устанавливается разряд высокого/низкого предела. Кроме того, в регистр PFAILNUM записывается число отсчетов, успешно прошедших проверку с помощью операции PFAIL до возникновения сбоя. Значение по умолчанию для обоих регистров (MAX и MIN) равно 0. С помощью команды SMATH можно изменить значение в любом из этих регистров.

В приведенной ниже программе используется операция PFAIL в режиме реального времени для проверки 20 отсчетов постоянного напряжения на соответствие верхнему и нижнему пределу 11 В и 9 В. После запуска отсчетов проверяется разряд HI/LO LIMIT регистра состояния (разряд 2). При возникновении одного или нескольких сбоев выполняется запрос к регистру PFAILNUM с возвратом его состояния.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"MATH PFAIL"!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PFAIL В РЕЖИМЕ
    РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
50 OUTPUT 722;"SMATH MIN 9"!НИЖНИЙ ПРЕДЕЛ = 9 В
60 OUTPUT 722;"SMATH MAX 11"!ВЕРХНИЙ ПРЕДЕЛ = 11 В
70 OUTPUT 722;"CSV"!ОЧИСТКА РЕГИСТРА СОСТОЯНИЯ
80 OUTPUT 722;"RQS 2"!ВКЛЮЧЕНИЕ РАЗРЯДА HI/LO РЕГИСТРА СОСТОЯНИЯ
90 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК

```



```

100 ENTER 722;Rdgs(*)!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ
110 OUTPUT 722; "STB?";!ЗАПРОС УСТАНОВЛЕННЫХ РАЗРЯДОВ В РЕГИСТРЕ
    СОСТОЯНИЯ
120 ENTER 722;A!ВВОД ОТКЛИКА НА ЗАПРОС
130 IF BINAND(A,2) THEN!ЕСЛИ БЫЛ УСТАНОВЛЕН РАЗРЯД 2:
140 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST FAILED"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О СБОЕ
150 OUTPUT 722; "RMATH PFAILNUM"!ЗАПРОС РЕГИСТРА PFAILNUM
160 ENTER 722;B!ВВОД ОТКЛИКА НА ЗАПРОС
170 PRINT "NUMBER OF READINGS THAT PASSED BEFORE FAILURE WERE";B
175 !ПЕЧАТЬ ОТКЛИКА НА ЗАПРОС PFAILNUM
180 ELSE!ЕСЛИ РАЗРЯД 2 НЕ БЫЛ УСТАНОВЛЕН:
190 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST PASSED"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ ОБ УСПЕШНО
    ПРОЙДЕННОМ ТЕСТЕ
200 END IF
210 END

```

Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней используется операция PFAIL в режиме последующей обработки для 20 отсчетов, сохраненных в памяти. Операция PFAIL в режиме последующей обработки является пакетной операцией. Т. е. для выполнения операции PFAIL отсчеты не требуется вызывать из памяти. Также обратите внимание на то, что отсчеты должны быть сохранены в памяти до включения операция PFAIL в режиме последующей обработки (в противном случае возникнет ошибка MEMORY ERROR).

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"SMATH MIN 9"!НИЖНИЙ ПРЕДЕЛ = 9 В
40 OUTPUT 722;"SMATH MAX 11"!ВЕРХНИЙ ПРЕДЕЛ = 11 В
50 OUTPUT 722;"CSB"!ОЧИСТКА РЕГИСТРА СОСТОЯНИЯ
60 OUTPUT 722;"RQS 2"!ВКЛЮЧЕНИЕ РАЗРЯДА HI/LO РЕГИСТРА СОСТОЯНИЯ
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20"!20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТОВ
90 OUTPUT 722;"MMATH PFAIL"!ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PFAIL В РЕЖИМЕ
    ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ
100 OUTPUT 722;"STB?";!ЗАПРОС УСТАНОВЛЕННЫХ РАЗРЯДОВ В РЕГИСТРЕ
    СОСТОЯНИЯ
110 ENTER 722;A!ВВОД ОТКЛИКА НА ЗАПРОС
120 IF BINAND(A,2) THEN!ЕСЛИ БЫЛ УСТАНОВЛЕН РАЗРЯД 2:
130 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST FAILED"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О СБОЕ
140 OUTPUT 722; "RMATH PFAILNUM"!ЗАПРОС РЕГИСТРА PFAILNUM
150 ENTER 722;B!ВВОД ОТКЛИКА НА ЗАПРОС
160 PRINT "NUMBER OF READINGS THAT PASSED BEFORE FAILURE WERE";B
165 !ПЕЧАТЬ ОТКЛИКА НА ЗАПРОС PFAILNUM

```

```

170 ELSE!ЕСЛИ РАЗРЯД 2 НЕ БЫЛ УСТАНОВЛЕН:
180 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST PASSED"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ ОБ УСПЕШНО
    ПРОЙДЕННОМ ТЕСТЕ
190 END IF
200 END

```

Операция FILTER

Математическая операция фильтрации позволяет смоделировать сигнал на выходе однополюсного фильтра, фильтра нижних частот и RC-фильтра. Это дает возможность снизить эффект от случайных шумов с сохранением долгосрочных изменений сигнала. Используется следующая формула:

$$\text{Результат} = (\text{Предыдущий результат}) \times (\text{DEGREE} - 1) / \text{DEGREE} + \text{Результат} / \text{DEGREE}$$

Где:

Для предыдущего результата изначально установлено значение первого отсчета, а далее — результата операции FILTER.

Отсчет — любой отсчет.

Параметр DEGREE определяет переходную характеристику фильтра.

Значение параметра DEGREE соответствует переходной характеристике фильтра низких частот. Т. е. если для параметра DEGREE установлено значение 20, то для достижения переходной характеристикой значения 63 % от ее конечного уровня требуется 20 отсчетов. Для достижения более медленного отклика или более плавных отсчетов можно увеличить значение параметра DEGREE. Фактическая постоянная времени (R×C) фильтра может быть определена следующим образом:

$$t = \frac{1}{f_s} \left[\frac{1}{\ln \frac{\text{DEGREE}}{\text{DEGREE} - 1}} - 1 \right]$$

Где:

t = постоянная времени (R×C)

f_s = частота дискретизации, которая определяется следующим образом:

1/временной интервал (при использовании команд TIMER и NRDGS)

или 1/эффективный интервал (при использовании команды SWEEP).

Если команда TIMER или SWEEP не используется, см. раздел «Определение скорости сбора отсчетов» ранее в этой главе.



Если значение параметра DEGREE более 10, значение (R×C) можно аппроксимировать следующим способом:

$$t \approx (1/f_s) \times \text{DEGREE}$$

Например (используя первую формулу), если частота дискретизации составляет 200 Гц, а значение параметра DEGREE — 20, то постоянная времени:

$$t = \frac{1}{200} \left[\frac{1}{\ln \frac{20}{20-1}} - 1 \right] = 0,092 \text{ с}$$

При использовании второй формулы с теми же значениями частоты дискретизации и параметра DEGREE получится следующий результат:

$$t \approx (1/200) \times 20 = 0,1 \text{ с}$$

Операция RMS

Математическая операция RMS может использоваться для вычисления комбинированного значения переменной и постоянной составляющих оцифрованных (с помощью команды DCV, DSAC или DSDC) низкочастотных сигналов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для периодических сигналов переменного тока с частотой 1 кГц и более вместо математической операции RMS можно воспользоваться синхронным способом измерений сигналов переменного тока. При частоте сигнала переменного тока 10 Гц и более можно использовать аналоговый способ измерений сигналов переменного тока. При частоте сигнала переменного тока 20 Гц и более можно использовать способ преобразования со случайными точками дискретизации. Среднеквадратичное значение переменной составляющей синусоидальных сигналов можно также определить с помощью оцифровки (с помощью команды DCV, DSAC или DSDC) и включения математической операции STATS. После обработки нескольких отсчетов результат, сохраненный в регистре SDEV, соответствует среднеквадратичному значению переменной составляющей входного сигнала.

При выполнении математической операции RMS вычисляется квадратный корень из результата предыдущей операции FILTER для отсчета и предыдущего результата, который ранее был возведен в квадрат. Формула для вычисления результата операции RMS:

$$\text{Результат} = \sqrt{\frac{\text{Предыдущий результат}^2 \times (\text{DEGREE} - 1)}{\text{DEGREE} + \frac{\text{Отсчет}^2}{\text{DEGREE}}}}$$

Где:

Для предыдущего результата изначально установлено значение первого отсчета, а далее — результата операции FILTER.

Отсчет — последний собранный отсчет.

Параметр DEGREE определяет переходную характеристику фильтра.

Измерения температуры

Математические операции, относящиеся к измерениям температуры, основаны на преобразовании измеренного сопротивления термистора или РДТ в значение температуры по шкале Фаренгейта или Цельсия. В [Таблице 4-6](#) приведены описания каждой математической операции, относящейся к измерениям температуры. Измерения сопротивления могут производиться как 2-проводной схеме (команда OHM), так и по 4-проводной схеме (команда OHMF). Для достижения наивысшей точности следует использовать режим 4-проводной схемы. Условия, влияющие на точность обычных измерений сопротивления, также влияют на точность измерений температуры (см. разделы [«Сопротивление»](#) и [«Калибровка»](#) в [Главе 3](#)).

Таблица 4-6 Математические операции, относящейся к измерениям температуры

Математическая операция	Описание
CTHRM2K	Результат = температура (°C) термистора 2 кОм (40653A)
CTHRM	Результат = температура (°C) термистора 5 кОм (40653B)
CTHRM10K	Результат = температура (°C) термистора 10 кОм (40653A)
FTHRM2K	Результат = температура (°F) термистора 2 кОм (40653A)
FTHRM	Результат = температура (°F) термистора 5 кОм (40653B)



Таблица 4-6 Математические операции, относящейся к измерениям температуры (продолжение)

Математическая операция	Описание
FTHRM10K	Результат = температура (°F) термистора 10 кОм (40653С)
CRTD85	Результат = температура (°C) РДТ 100 Ом, альфа = 0,00385 (40654А или 40654В)
CRTD92	Результат = температура (°C) РДТ 100 Ом, альфа = 0,003916
FRTD85	Результат = температура (°F) РДТ 100 Ом, альфа = 0,00385 (40654А или 40654В)
FRTD92	Результат = температура (°F) РДТ 100 Ом, альфа = 0,003916

В приведенном ниже примере производятся измерения температуры с помощью термистора 10 кОм и возвратом результата в градусах Цельсия.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ НАСТРОЙКА
МУЛЬТИМЕТРА, ПРИОСТАНОВКА ОТСЧЕТОВ
20 OUTPUT 722;"OHMF 10E3"!ВЫБОР РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПО 4-ПРОВОДНОЙ СХЕМЕ, ДИАПАЗОН 10 КОМ
30 OUTPUT 722;"MATH СТНRM10К"!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ГРАДУСЫ ЦЕЛЬСИЯ,
ТЕРМИСТОР 10 КОМ
40 OUTPUT 722;"TRIG SGL"!ЗАПУСК ОТСЧЕТА
50 ENTER 722;A!ВВОД РЕЗУЛЬТАТА
60 PRINT A!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТА
70 END

```


5 Оцифровка

Введение	210
Методы оцифровки	211
Частота дискретизации	213
Запуск по уровню	215
Оцифровка значений постоянного напряжения	220
Непосредственная дискретизация	225
Субдискретизация	230
Просмотр дискретизированных данных	240

Введение

Оцифровкой называется процесс преобразования непрерывного аналогового сигнала в последовательность дискретов (отсчетов). На [Рисунке 5-1](#) изображен результат оцифровки синусоиды. В этой главе описаны различные способы оцифровки сигналов, важность частоты дискретизации и порядок использования запуска по уровню.

ПРИМЕЧАНИЕ

Данную главу дополняет Примечание к прибору 3458A-2 в [Приложении D](#), где описаны ошибки запуска и временной развертки и их влияние на оцифрованные результаты измерений.

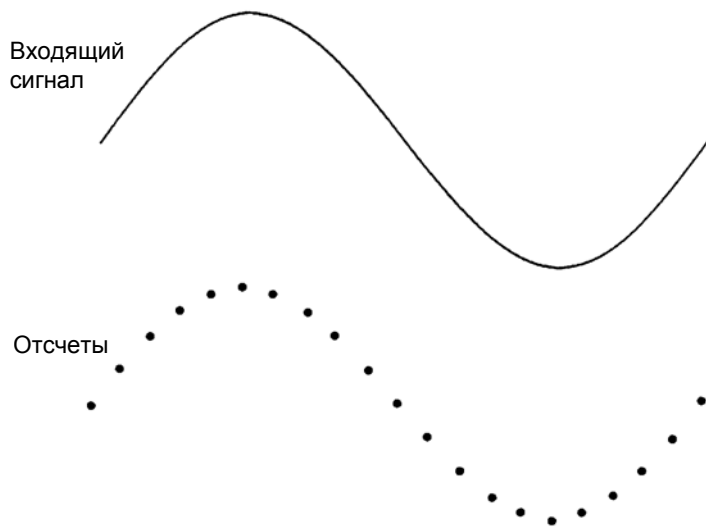


Рисунок 5-1 Оцифрованная синусоида

Методы оцифровки

Мультиметр может оцифровывать сигналы, выполняя измерения постоянного напряжения, используя непосредственную дискретизацию или субдискретизацию. В [Таблице 5-1](#) приводится краткое описание характеристик каждого метода оцифровки. На [Рисунке 5-2](#) изображена упрощенная блок-схема сигнального тракта мультиметра для каждого метода оцифровки. На [Рисунке 5-3](#) показаны схемы подключения разъемов на передней панели для всех методов оцифровки.

Таблица 5-1 Методы оцифровки

Метод оцифровки	Максимальная частота дискретизации	Полоса пропускания	Требуется периодический сигнал
DCV	100 тыс./с	DC — 150 кГц ^[a]	Нет
Непосредственная дискретизация	50 тыс./с	DC — 12 МГц	Нет
Субдискретизация	100 млн/с ^[b]	DC — 12 МГц	Да

[a] Зависит от диапазона. Для получения дополнительных сведений см. «[Приложение А: Технические характеристики](#)» на странице 447.

[b] Эффективная частота дискретизации (для получения дополнительных сведений см. ниже подраздел «[Субдискретизация](#)»).



Рисунок 5-2 Пути измеряемых сигналов



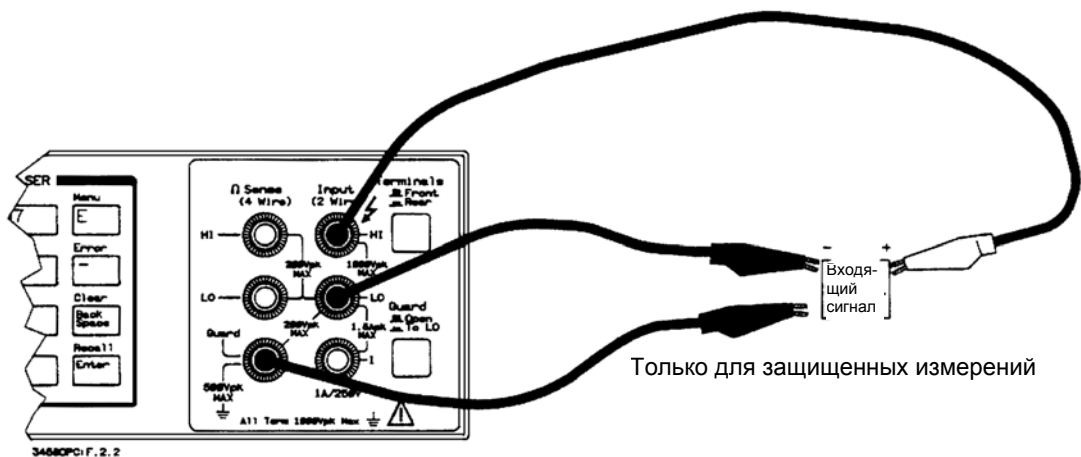


Рисунок 5-3 Подключения для измерений

В большинстве случаев при оцифровке мультиметр переходит в высокоскоростной режим с началом дискретизации. В этом режиме мультиметр выполняет исключительно сбор отсчетов. Это означает, что он не будет реагировать ни на какие команды до получения заданного количества отсчетов. После отправки результатов отсчетов в выходной буфер в высокоскоростном режиме мультиметр переходит в режим ожидания, пока каждый отсчет не будет вызван из выходного буфера до сохранения в этом буфере следующего отсчета. Это предотвращает потерю отсчетов из-за ограничений скорости передачи данных по шине и в контроллер. (В других режимах мультиметр перезаписывает отсчеты в выходном буфере при доступности новых отсчетов.) Для получения дополнительных сведений см. подраздел «**Высокоскоростной режим**» в **Главе 4**.

Частота дискретизации

Теорема отсчетов (теорема Найквиста) гласит:

Если непрерывный сигнал с ограниченной шириной полосы частот не содержит частотных составляющих более F , то исходный сигнал может быть восстановлен без искажения (наложения спектров) при условии частоты дискретизации более $2F$ выборок в секунду.

На практике частота дискретизации мультиметра должна как минимум вдвое превышать наибольшую частотную составляющую измеряемого сигнала. Частота дискретизации — это величина, обратная временному интервалу, заданному командой `TIMER`, или величине `effective_interval`, заданному командой `SWEEP`. Например, предположим, что параметр `effective_interval` равен 20 нс. В этом случае частота дискретизации составит $1/20 \text{ нс} = 50\,000$ выборок в секунду.

На [Рисунке 5-4](#) изображена синусоида, полученная при частоте дискретизации немного меньше $2F$. Как показывает пунктирная линия, в результате получена ложная низкочастотная составляющая, которая значительно отличается от частоты измеряемого сигнала.

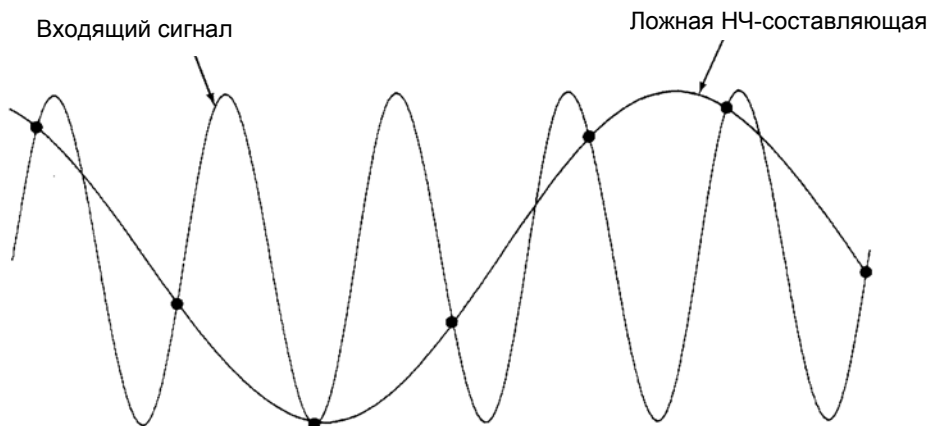


Рисунок 5-4 Наложение спектров из-за недостаточной частоты дискретизации

В некоторые АЦП встроен антиалиасинговый фильтр низких частот с крутым срезом на уровне частоты, равной $1/2$ частоты дискретизации АЦП. Он ограничивает ширину полосы частот входного сигнала и исключает наложение спектров. Поскольку мультиметр использует переменную частоту дискретизации при оцифровке значений постоянного напряжения, для сохранения верхних частот при измерениях на высокой частоте антиалиасинговый фильтр не предусмотрен. Если наложение спектров является проблемой, следует использовать внешний антиалиасинговый фильтр.

Запуск по уровню

В процессе оцифровки важно, чтобы сбор отсчетов начинался в определенной точке входного сигнала, например, когда сигнал переходит через нулевое значение или достигает среднего значения положительной или отрицательной пиковой амплитуды. Запуск по уровню позволяет указать момент начала дискретизации (по напряжению и фронту). Например, на **Рисунке 5-5** показано начало дискретизации при переходе входного сигнала через 0 В с положительным фронтом.

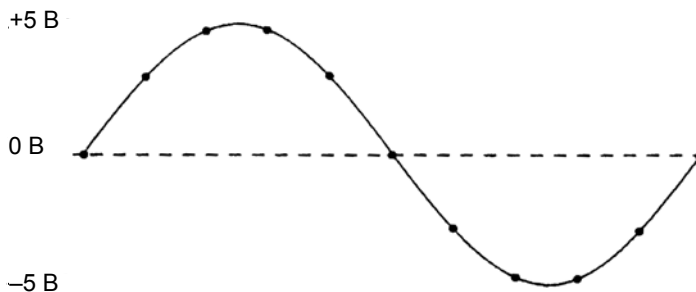


Рисунок 5-5 Запуск по уровню при переходе нулевого значения с положительным фронтом

Примеры запуска по уровню

При непосредственной дискретизации по тракту постоянного напряжения запуск по уровню можно использовать в качестве события запуска (команда TRIG LEVEL) или события дискретизации (команда NRDGS n, LEVEL). При субдискретизации запуск по уровню можно использовать только в качестве события синхронизации с сигналом источника (см. ниже подраздел «Субдискретизация»). В примерах программного кода, приведенных ниже в данном разделе, используется метод оцифровки по тракту постоянного напряжения и диапазон до 10 В. Полные примеры программ с конкретными сведениями об использовании запуска по уровню с каждым методом оцифровки см. ниже подразделы «Оцифровка значений постоянного напряжения», «Непосредственная дискретизация» и «Субдискретизация».

Команда LEVEL задает напряжение для запуска по уровню в виде процента от диапазона измерений. (Диапазоны указаны ниже в данной главе в подразделе по каждому методу оцифровки.) Команда LEVEL задает также тип связи (AC или DC) с цепью определения уровня.

ПРИМЕЧАНИЕ

Тип связи для входного сигнала может влиять на тип связи для запуска по уровню. Другими словами, при выборе типа связи по переменному току для входного сигнала (например, DSAC или SSAC) сигнала запуска по уровню будет также использоваться переменное напряжение вне зависимости от выбранного для него типа связи. Если же для входного сигнала выбран тип связи постоянному току (например, DCV, DSDC, SSDC), типом связи для сигнала запуска по уровню можно управлять с помощью команды LEVEL. При этом тип связи для запуска по уровню никак не влияет на тип связи для входного сигнала.

Команда SLOPE задает используемый фронт сигнала. При выборе для этих команд значения включения питания или начального значения устанавливается уровень, равный 0 % от текущего диапазона (запуск при переходе сигнала через нулевое значение), с положительным фронтом и типом связи с цепью определения уровня по переменному току. Таким образом, в состоянии включения питания для выбора запуска по уровню (см. рис. [Рисунок 5-6](#)) можно просто указать событие запуска LEVEL (команда TRIG LEVEL).

С помощью следующего программного кода запуск по уровню осуществляется при достижении входным сигналом уровня +5 В (50 % от диапазона до 10 В) при негативном фронте (тип связи по переменному току). При пиковом значении входного сигнала 10 В и диапазоне измерений до 10 В, результат будет таким, как изображено на [Рисунке 5-6](#).

```
10 OUTPUT 722;"PRESET DIG" !DCV DIGITIZING, 10 V RANGE
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL" !SELECT LEVEL TRIGGER EVENT
30 OUTPUT 722;"SLOPE NEG"!TRIGGER ON NEGATIVE SLOPE OF SIGNAL
40 OUTPUT 722;"LEVEL 50, AC" !LEVEL TRIGGER AT 50% OF 10 V RANGE,
45 !AC-COUPLED
50 END
```

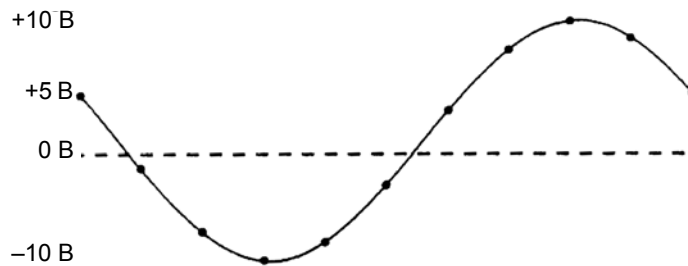



Рисунок 5-6 Запуск по уровню, 50 %, отрицательный фронт, тип связи по переменному току

С помощью следующего программного кода запуск по уровню осуществляется при достижении входным сигналом уровня -5 В (-50 % от диапазона до 10 В) при положительном фронте (тип связи по переменному току). При пиковом значении входного сигнала ± 10 В и диапазоне измерений до 10 В, результат будет таким, как изображено на [Рисунке 5-7](#).

```
10 OUTPUT 722;"PRESET DIG" !DCV DIGITIZING, 10 V RANGE
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL" !SELECT LEVEL TRIGGER EVENT
30 OUTPUT 722;"SLOPE POS"!TRIGGER ON POSITIVE SLOPE OF SIGNAL
40 OUTPUT 722;"LEVEL -50,AC"!LEVEL TRIGGER AT -50% OF 10 V RANGE,
45 !(-5 V) AC-COUPLED
50 END
```

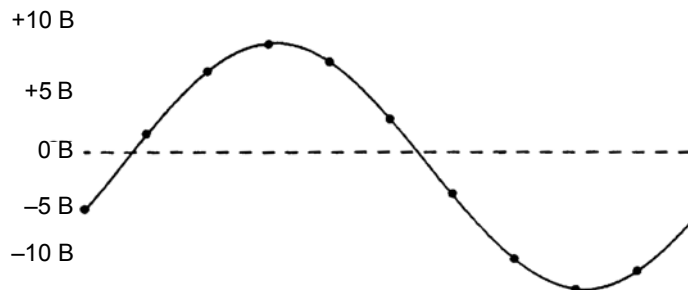


Рисунок 5-7 Запуск по уровню, -50 %, положительный фронт, тип связи по переменному току

В следующем программном коде для входного сигнала используется тип связи с цепью определения уровня по постоянному току; при этом пиковое значение входного сигнала составляет 5 В переменного тока при уровне -5 В постоянного тока. В этом случае отрицательное значение процента от диапазона (-25%) используется для запуска по уровню при достижении $-2,5$ В с положительным фронтом. Результат показан на **Рисунке 5-8**.

```
10OUTPUT 722;"PRESET DIG" !ОЦИФРОВКА DCV, ДИАПАЗОН 10 В
20OUTPUT 722;"TRIG LEVEL" !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА LEVEL
30OUTPUT 722;"SLOPE POS" !ЗАПУСК НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ФРОНТЕ СИГНАЛА
40OUTPUT 722;"LEVEL - 25, DC" !УРОВЕНЬ ЗАПУСКА НА -25% ОТ 10 В
ДИАПАЗОНА
45!ПОСТОЯННОГО ТОКА
50 END
```

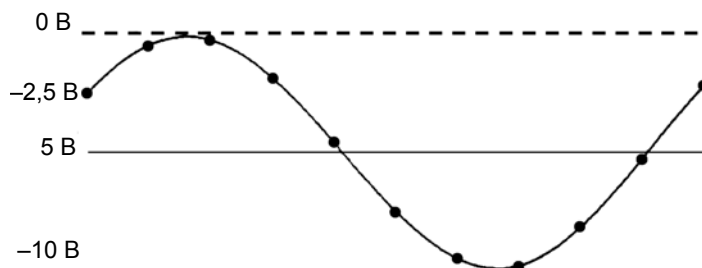


Рисунок 5-8 Запуск по уровню, -25% , положительный фронт, тип связи по постоянному току

Фильтрация по уровню

Если функция фильтрации по уровню включена, она соединяет цепь однополюсного фильтра низких частот со входом цепи определения уровня. Фильтр нижних частот дает ослабление 3 дБ при 75 кГц и предотвращает ложный запуск из-за высокочастотных компонент входного сигнала. Для включения функции фильтрации по уровню воспользуйтесь командой:

```
OUTPUT 722; "LFILTER ON"
```

ПРИМЕЧАНИЕ

Функция фильтрации по уровню позволяет также снизить чувствительность мультиметра к высокочастотному шуму при измерениях частоты и периода или при выполнении измерений с синхронизованной оцифровкой в режиме ACV или ACDCV (SETACV SYNC).



Оцифровка значений постоянного напряжения

Для оцифровки достаточно задать измерения постоянного напряжения с небольшим временем интегрирования и коротким интервалом между отсчетами (относительно частоты оцифровываемого сигнала). Такая процедура считается оцифровкой несмотря на то, что тракт слежения и запоминания не используется. Преимущества оцифровки значений постоянного напряжения по сравнению с непосредственной дискретизацией (см. ниже) включают более низкий уровень шума, более высокое разрешение (до 28 разрядов) и максимальную частоту дискретизации 100 000 выборок в секунду (по сравнению с 50 000 для непосредственной дискретизации). К недостаткам оцифровки значений постоянного напряжения относятся большая величина дрожания запуска (см. «Приложение А: Технические характеристики» на странице 447), невозможность использовать связь по переменному току для входного сигнала и меньшая полоса пропускания входного сигнала 150 кГц (по сравнению с 12 МГц для непосредственной и субдискретизации). Поскольку тракт слежения и запоминания не используется для оцифровки значений постоянного напряжения, каждый отсчет длится гораздо больше (минимум 500 нс по сравнению с 2 нс при непосредственной или субдискретизации).

Команда PRESET DIG служит для настройки мультиметра для измерений постоянного напряжения с частотой дискретизации 50 000 выборок в секунду. С помощью PRESET DIG устанавливается время интеграции 3 мкс и запуск по уровню при пересечении входным сигналом уровня 0 В с позитивным фронтом. Первичные команды, выполняемые PRESET DIG:

TARM HOLD -- Откладывается запуск

TRIG LEVEL -- Событие для запуска по уровню

LEVEL 0,AC -- Запуск по уровню при 0% диапазона (0 В), связь по переменному току

TIMER 20E-6 -- Интервал между отсчетами 20 мкс

NRDGS 256,TIMER -- 256 отсчетов за запуск, событие дискретизации TIMER

DCV 10 -- Измерения постоянного напряжения, диапазон 10 В

DELAY 0 -- Без задержки

APER 3E-6 -- Время интеграции 3 мкс

MFORMAT SINT -- @@Формат памяти в виде целого числа с одинарной точностью

OFORMAT SINT -- Формат выходных данных в виде целого числа с одинарной точностью

AZERO OFF -- Отключает функцию автоматической установки нуля

DISP OFF -- Отключает дисплей

После выполнения PRESET DIG можно повысить частоту дискретизации путем уменьшения интервала TIMER и сокращения времени интеграции с помощью команды APER. Минимальное время интеграции для постоянного напряжения составляет 500 нс.

Примечания по постоянному напряжению

- При оцифровке значений постоянного напряжения следует использовать формат памяти / выходных данных SINT, при котором время интеграции составляет $\leq 1,4$ мкс. Если требуется, чтобы время интеграции составляло $> 1,4$ мкс, используйте формат памяти / выходных данных DINT. (Эти форматы подробно описаны в [Главе 4](#).)

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы добиться максимально быстрой передачи данных отсчетов в память отсчетов и/или в контроллер, можно использовать формат выходных данных/памяти SINT для времени интеграции до 10,8 μ с. Если же время интеграции составляет $> 1,4$ μ с, АЦП генерирует большее количество разрядов, чем входит в формат SINT (при этом менее значимые биты отбрасываются). При использовании формата выходных данных/памяти SINT со временем интеграции $> 10,8$ μ с мультиметр выполняет преобразование данных, поступающих с АЦП, и не может работать в высокоскоростном режиме. Если время интеграции превышает 10,8 μ с, следует использовать формат памяти / выходных данных DINT, совместимый с высокоскоростным режимом.

- При выполнении измерений с использованием события дискретизации TIMER или команды SWEEP функция автоматического выбора диапазона отключена. Можно использовать диапазон, заданный командой PRESET DIG (до 10 В), или указать диапазон в первом параметре команды DCV или RANGE (параметр max_input). Доступны следующие параметры max_input и задаваемые ими диапазоны:



Параметр <i>max_input</i>	Задаваемый диапазон	Полная шкала
от 0 до 0,12	100 мВ	120 мВ
от >0,12 до 1,2	1 В	1,2 В
от >1,2 до 12	10 В	12 В
от >12 до 120	100 В	120 В
от >120 до 1Е3	1000 В	1050 В

- Иерархия запуска мультиметра (событие активации запуска, событие запуска и событие дискретизации) применяется при оцифровке значений постоянного напряжения. Дополнительные сведения по иерархии запуска см. в [Главе 4](#). Для оцифровки значений постоянного напряжения можно использовать либо событие дискретизации `TIMER` и команду `NRDGS n,TIMER`, либо команду `SWEEP`. Команды `NRDGS` и `SWEEP` взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную команду. (При использовании команды `SWEEP` событие дискретизации `TIMER` устанавливается автоматически.)
- Апертурное время — это то время, в течение которого мультиметр фактически измеряет входной сигнал. При непосредственной и субдискретизации с использованием тракта слежения и запоминания апертурное время устанавливается равным 2 нс и не может быть изменено. При оцифровке значений постоянного напряжения апертурное время равно времени интеграции АЦП и может изменяться в диапазоне от 500 нс до 1 с. Мультиметр эффективно усредняет входной сигнал в рамках апертурного времени. Если сигнал меняется в рамках апертурного времени, используется амплитудная погрешность. В [Таблице 5-2](#) приведены значения частоты входного сигнала, при которых фиксируется амплитудная погрешность 3 дБ для выбранного апертурного времени, и разряды, генерируемые для этого апертурного времени.

Таблица 5-2 Амплитудная погрешность и разрешение в сравнении с апертурным временем

Апертурное время	Разряды	Частота при погрешности 3 дБ
2 нс	16	100 МГц
500 нс	15	400 кГц
1 мкс	16	206 кГц
3 мкс	17	69 кГц
6 мкс	18	35 кГц
100 мкс	21	2 кГц

Пример измерений постоянного напряжения

Следующая программа выполняет измерения 256 В постоянного напряжения при частоте дискретизации 100 000 выборок в секунду и помещает их в память отсчетов в формате SINT. Затем данные отсчетов передаются в контроллер в формате выходных данных SINT. Контроллер выполняет преобразование данных из формата SINT и сохраняет их. При удалении строки 100 данные отсчетов будут передаваться напрямую в контроллер, минуя память отсчетов. При этом контроллер и интерфейс должны передавать данные с минимальной скоростью 200 КБ/с. В противном случае мультиметр генерирует ошибку TRIGGER TOO FAST. Для получения дополнительной информации см. подраздел «Высокоскоростная передача данных по шине GPIB» в Главе 4.

- ```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 Num_samples=256!ЗАДАННОЕ КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ
30 INTEGER Int_samp(1:256) BUFFER!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО МАССИВА
 ДЛЯ БУФЕРА
40 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА

```



```

70 OUTPUT @Dvm;"PRESET DIG"!TARM HOLD, DCV, ДИАПАЗОН ДО 10 В,
256 ОТСЧЕТОВ
71 !НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ TIMER, ИНТЕРВАЛ ТАЙМЕРА =
20 МКС, УРОВЕНЬ
75 !ЗАПУСКА (0%, СВЯЗЬ ПО ПЕРЕМ. ТОКУ), ВРЕМЯ ИНТЕГРАЦИИ 3 МКС,
ФОРМАТЫ SINT
80 OUTPUT @Dvm;"TIMER 10E-6"!ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ОТСЧЕТАМИ 10 МКС
90 OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6"!МАКС. АПЕРТУРА ДЛЯ ЧАСТОТЫ
ДИСКРЕТИЗАЦИИ 100 КГЦ
100 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
110 OUTPUT @Dvm; "TARM SYN"!СОБЫТИЕ СИНХРОННОЙ АКТИВАЦИИ ЗАПУСКА
120 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
ОТСЧЕТОВ
121 !В ПАМЯТЬ ОТСЧЕТОВ, А ЗАТЕМ В ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ
В КОМПЬЮТЕРЕ;
122 !ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ
С ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ
123 !НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
150 FOR I=1 TO Num_samples
160 Samp(I)=Int_samp(I)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ
ОТСЧЕТОВ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
165 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
170 R=ABS(Samp(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
190 Samp(I)=Samp(I)*S!УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ
КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
200 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
210 NEXT I
220 END

```



## Непосредственная дискретизация

Непосредственная дискретизация аналогична оцифровке значений постоянного напряжения, т. к. отсчеты выполняются в режиме реального времени, и каждый последующий отсчет отстоит от предыдущего на определенный временной интервал. Различие между ними заключается в том, что при непосредственной дискретизации используется тракт слежения и запоминания мультиметра и более широкая полоса пропускания входного сигнала (12 МГц). Кроме того, при непосредственной дискретизации величина дрожания запуска меньше, а величина шума при измерениях больше, чем при оцифровке значений постоянного напряжения (см. «Приложение А: Технические характеристики» на странице 447).

Тракт слежения и запоминания очень быстро выполняет выборку входного сигнала и запоминает значение до выполнения его интеграции в АЦП. При использовании тракта слежения и запоминания ширина каждого отсчета сокращается до минимального значения 500 нс при оцифровке значений постоянного напряжения и до 2 нс при непосредственной дискретизации. В связи с этим непосредственная дискретизация идеально подходит для решения таких задач, как регистрация пиковой амплитуды короткого импульса. Недостаток непосредственной дискретизации заключается в меньшей максимальной частоте дискретизации (50 000 выборок в секунду по сравнению с частотой 100 000 выборок/с при оцифровке значений постоянного напряжения).

Для выбора режима непосредственной дискретизации служат команды DSAC или DSDC. Команда DSAC позволяет выбрать связь по переменному току, т. е. измерять только переменную составляющую входного сигнала. Команда DSDC позволяет выбрать связь по постоянному току, т. е. измерять и переменную, и постоянную составляющие входного сигнала.

На **Рисунке 5-9** изображено 20 отсчетов при непосредственной дискретизации синусоидального входного сигнала (числа указывают порядок следования отсчетов). При непосредственной дискретизации минимальный возможный интервал между отсчетами равен 20 мкс.



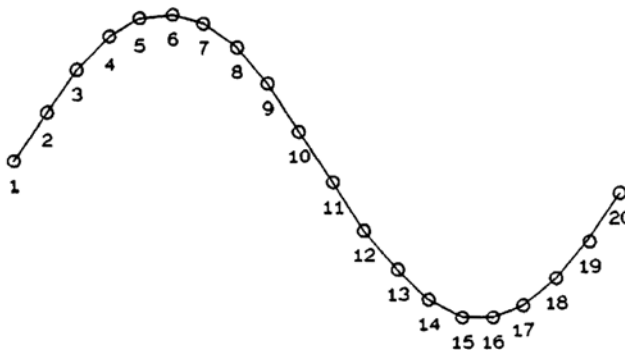


Рисунок 5-9 Непосредственная дискретизация

## Примечания по непосредственной дискретизации

- При выполнении измерений методом непосредственной дискретизации невозможно использовать режим автоматического выбора диапазона; диапазон должен быть указан в первом параметре команды DSAC или DSDC (параметр `max_input`). Доступны следующие параметры `max_input` и задаваемые ими диапазоны:

| Параметр <code>max_input</code> | Задаваемый диапазон | Полная шкала |             |
|---------------------------------|---------------------|--------------|-------------|
|                                 |                     | Формат SINT  | Формат DINT |
| от 0 до 0,012                   | 10 мВ               | 12 мВ        | 50 мВ       |
| от >0,012 до 0,120              | 100 мВ              | 120 мВ       | 500 мВ      |
| от >0,120 до 1,2                | 1 В                 | 1,2 В        | 5,0 В       |
| от >1,2 до 12                   | 10 В                | 12 В         | 50 В        |
| от >12 до 120                   | 100 В               | 120 В        | 500 В       |
| от >120 до 1Е3                  | 1000 В              | 1050 В       | 1050 В      |

Обратите внимание, что при использовании формата памяти/выходных данных DINT полномасштабные значения при непосредственной дискретизации на 500 % (в 5 раз) превышают диапазоны до 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В и 100 В. Это особенно важно учитывать при указании процента для запуска по уровню. Указывая напряжение для запуска по уровню, используйте процент от диапазона измерений. Например, пиковое значение входного сигнала составляет 20 В и используется диапазон до 10 В. Чтобы запуск по уровню выполнялся при 15 В укажите значение 150 % для запуска по уровню (команда LEVEL 150). (Скорость нарастания усилителей мультиметра может быть превышена при измерении сигнала с частотой >2 МГц и амплитудой >120 % диапазона; при этом сигналы с амплитудой ≤120 % диапазона и частотой до 12 МГц не приводят к погрешности скорости нарастания.)

- Иерархия запуска мультиметра (событие активации запуска, событие запуска и событие дискретизации) применяется при непосредственной дискретизации. Это означает, что данные события должны произойти в правильной последовательности до начала непосредственной дискретизации. Дополнительные сведения по иерархии запуска см. в [Главе 4](#). Для непосредственной дискретизации можно использовать либо событие дискретизации TIMER и команду NRDGS *n*, TIMER, либо команду SWEEP (команду SWEEP легче запрограммировать). Команды NRDGS и SWEEP взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную команду. (При использовании команды SWEEP событие дискретизации TIMER устанавливается автоматически.)
- При непосредственной дискретизации входного сигнала с частотой составляющей ≥1 МГц данные первого отсчета могут содержать ошибку из-за времени стабилизации интерполятора. Чтобы данные первого отсчета были точными, установите задержку 500 нс перед первым отсчетом (команда DELAY 500E-9).



## Пример непосредственной дискретизации

Следующая программа представляет собой пример оцифровки при непосредственной дискретизации со связью по постоянному току. Команда SWEEP задает интервал 30 мкс и 200 выборок. Для запуска по уровню выбрано значение 250 % от диапазона до 10 В (250 % от 10 В = 25 В). Данные отсчетов передаются в память отсчетов в формате DINT. Затем они передаются на контроллер, преобразуются и выводятся на печать. При удалении строки 110 данные отсчетов будут передаваться напрямую в контроллер, минуя память отсчетов. При этом контроллер и интерфейс должны передавать данные с минимальной скоростью 134 КБ/с. В противном случае мультиметр генерирует ошибку TRIGGER TOO FAST. Для получения дополнительной информации см. подраздел «Высокоскоростная передача данных по шине GPIB» в Главе 4.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_samples,I,J,K!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_samples = 200!200 ВЫБОРОК
35 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_samples]!НАСТРОЙКА БУФЕРА
 КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ
45 !ПРИЕМА ОТСЧЕТОВ (4 Б/ОТСЧЕТ * 200 ОТСЧЕТОВ = 800 Б)
50 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
60 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST"!ФОРМАТЫ DINT, TARM SYN, TRIG AUTO
70 OUTPUT @Dvm;"SWEEP 30E - 6,200"!ИНТЕРВАЛ 30 мс, 200 ВЫБОРОК
80 OUTPUT @Dvm;"DSDC 10"!НЕПОСРЕДСТВЕННАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ,
 ДИАПАЗОН ДО 10 В
90 OUTPUT @Dvm;"LEVEL 250, DC"!ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ 250 %
 ОТ ДИАПАЗОНА (25 В)
100 OUTPUT @Dvm;TRIG LEVEL"!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ
110 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
120 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
 В КОНТРОЛЛЕР
130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА DINT

```

```
140 ENTER @Dvm;SIBВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
150 FOR I=1 TO Num_samples
160 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K!ВВОД ОДНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 16-РАЗРЯДНОГО ЗНАЧЕНИЯ
161 !СЛОВО В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K(# = ТЕРМИНАТОР ДЛЯ КОМАНДЫ НЕ
165 !ТРЕБУЕТСЯ. W = ВВОД ДАННЫХ В ФОРМАТЕ 16-РАЗРЯДНОГО
 ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ)
170 Samp(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0))!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ
 В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО
180 R=ABS(Samp(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
 ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
190 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
200 Samp(I)=Samp(I)*S!ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),8)!ОКРУГЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОГО
 ЗНАЧЕНИЯ
220 PRINT Samp(I)!ПЕЧАТЬ ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
230 NEXT I
240 END
```



## Субдискретизация

При субдискретизации (последовательной дискретизации) мультиметр выполняет один или несколько отчетов в каждом периоде входного сигнала. С каждым последующим периодом начальная точка отсчета задерживается, и выполняются новые отсчеты. По прошествии некоторого количества периодов и выполнения заданного числа отсчетов данные могут быть восстановлены до сигнала сложной формы с периодом, равным периоду входного сигнала.

Преимущество субдискретизации заключается в том, что отсчеты можно выполнять с минимальным интервалом 10 нс по сравнению с 10 мкс при дискретизации значений постоянного напряжения и 20 мкс при непосредственной дискретизации. Это означает, что субдискретизацию можно использовать для оцифровки сигналов с частотными составляющими до 12 МГц (верхний предел полосы пропускания сигнального тракта при субдискретизации). Для выполнения измерений с субдискретизацией используется тракт слежения и запоминания с апертурой 2 нс. При субдискретизации (и непосредственной дискретизации) дрожание запуска имеет меньшую величину, чем при оцифровке значений постоянного напряжения (см. «[Приложение А: Технические характеристики](#)» на странице 447). К недостаткам субдискретизации относятся обязательная периодичность входного сигнала и выполнение измерений не в режиме реального времени.

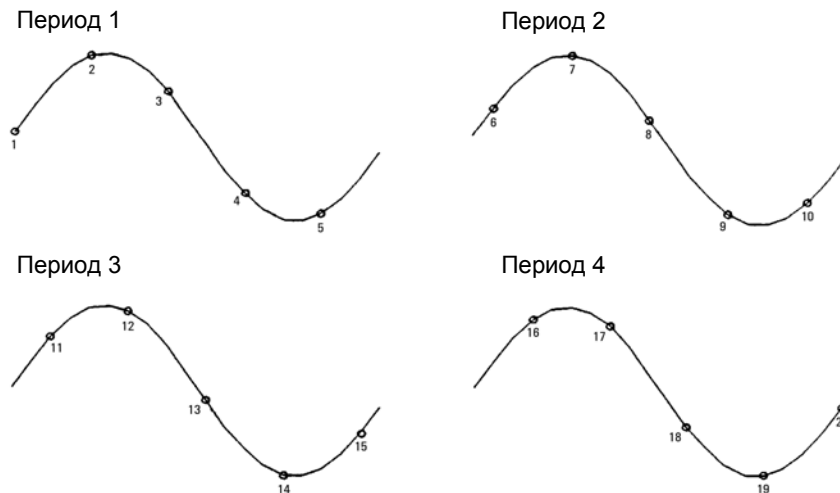
Для выбора режима субдискретизации служат команды SSAC или SSDC. Команда SSAC позволяет выполнять субдискретизацию со связью по переменному току, т. е. оцифровывать только переменную составляющую входного сигнала. Команда SSDC позволяет выполнять субдискретизацию со связью по постоянному току, т. е. оцифровывать и переменную, и постоянную составляющие сигнала.

### Основы субдискретизации

При субдискретизации отсчеты в сигнале сложной формы можно расположить очень близко друг к другу. Это означает, что интервал между отсчетами в сигнале сложной формы (effective\_interval) может быть гораздо меньше (а эффективная частота дискретизации гораздо больше), чем при использовании методов оцифровки значений постоянного напряжения или непосредственной дискретизации. Например, предположим, что вам требуется

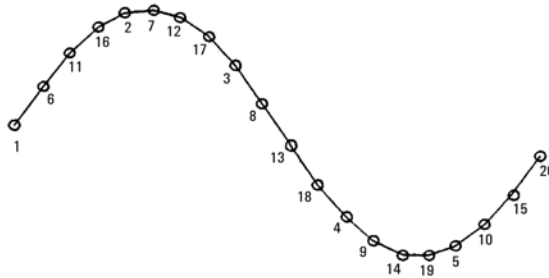
оцифровать периодический входной сигнал 10 кГц при интервале 5 мкс `effective_interval` между отсчетами. Это дает частоту дискретизации  $1/5E-6$  или 200 000 выборок в секунду. (Оцифровка значений постоянного напряжения или непосредственная субдискретизация не могут дать таких показателей, т. к. для них максимальная частота дискретизации составляет, соответственно, 100 000 и 50 000 выборок в секунду.) На [Рисунке 5-10](#) показано, как это можно сделать с помощью субдискретизации. Для `effective_interval` задается значение 5 нс и количество отсчетов 20. `effective_interval` и общее количество отсчетов задаются командой SWEEP. После указания `effective_interval` и количества отсчетов мультиметр рассчитывает, сколько пакетов (т. е. групп отсчетов) потребуется и сколько отсчетов должен содержать каждый пакет.

В этом примере в течение первого периода входного сигнала мультиметр генерирует пакет из 5 отсчетов. Во втором периоде мультиметр откладывает точку запуска на 5 мкс и генерирует еще один пакет из 5 отсчетов. В каждом из оставшихся двух периодов мультиметр откладывает точку запуска на 5 мкс и генерирует пакет из 5 отсчетов. Как показано на [Рисунке 5-11](#), когда все отсчеты выстроены в правильной последовательности, в результате получается один период входного сигнала из 20 отсчетов с интервалом 5 мкс. Таким образом, в этом примере эффективная частота дискретизации составляет 200 000 выборок в секунду.



**Рисунок 5-10** Пример субдискретизации



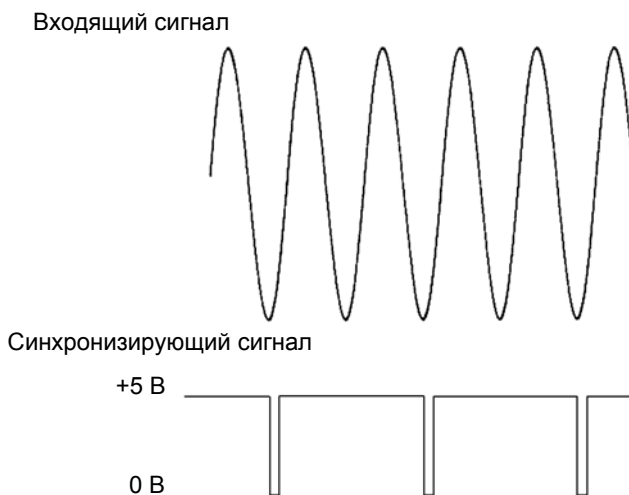


**Рисунок 5-11** Сигнал сложной формы

### Событие синхронизации с сигналом источника

В предыдущем примере субдискретизации предполагалось, что мультиметр может каким-то образом синхронизироваться с периодами входного сигнала. Для этой цели служит событие синхронизации с сигналом источника. В качестве такого события можно использовать события EXT или LEVEL. Событие синхронизации с сигналом источника EXT (задается командой SSRC EXT) происходит на отрицательном фронте коннектора Ext Trig мультиметра. Для этого требуется внешний импульс, синхронный с входным сигналом. На **Рисунке 5-12** показан типичный входной сигнал и требуемый сигнал синхронизации. Обратите внимание, что на **Рисунке 5-12** сигнал синхронизации не обязательно подается в каждом периоде входного сигнала. В то же время он должен быть синхронизирован с входным сигналом по времени.





**Рисунок 5-12** Типичный сигнал синхронизации для события синхронизации с сигналом источника EXT

Событие синхронизации с сигналом источника LEVEL (событие синхронизации при включении питания/начальное) происходит, когда напряжение входного сигнала достигает заданного уровня на указанном фронте (запуск по уровню). На [Рисунке 5-10](#) показано, как происходит событие синхронизации с сигналом источником LEVEL (в данном примере для события LEVEL указано значение 0 %, положительный фронт, связь по переменному току). Первое событие синхронизации с сигналом источника происходит, когда входной сигнал пересекает уровень 0 В с положительным фронтом. После этого мультиметр генерирует пакет отсчетов (в данном случае 5 отсчетов). После следующего события синхронизации с сигналом источника (период 2 входного сигнала) мультиметр откладывает точку запуска и генерирует еще 5 отсчетов. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет получено нужное количество отсчетов.

В следующем примере команда SSDC используется для оцифровки сигнала 1 МГц с пиковым значением 5 В при уровне 5 В постоянного тока. Команда SWEEP содержит инструкцию для мультиметра выполнить 4000 отсчетов с интервалом effective\_interval 10 нс. Строки 60–80 задают уровень напряжения и фронт для события синхронизации с сигналом

источника LEVEL. В результате дискретизация инициируется, когда входной сигнал в первом периоде достигает уровня 7,5 В постоянного тока (75 % от диапазона до 10 В). Строка 90 выполняет событие активации запуска, которое фактически запускает событие синхронизации с сигналом источника.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO, ФОРМАТЫ DINT
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ SINT
40 OUTPUT 722;"SSDC 10"!СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ, ДИАПАЗОН ДО 10 В,
 СОБЫТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ С СИГНАЛОМ ИСТОЧНИКА LEVEL
45 ! (НАЧАЛЬНОЕ СОБЫТИЕ)
50 OUTPUT 722;"SWEEP 10E-9,4000"!4000 ОТСЧЕТОВ, ЭФФЕКТИВНЫЙ
 ИНТЕРВАЛ 10 НС
60 OUTPUT 722;"LEVEL 75 DC"!ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ 75% ОТ ДИАПАЗОНА,
 СВЯЗЬ ПО ПОСТ. ТОКУ
70 OUTPUT 722;"SLOPE POS"!ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ
 ФРОНТЕ
80 OUTPUT 722;"SSRC LEVEL"!СОБЫТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ С СИГНАЛОМ
 ИСТОЧНИКА LEVEL
90 OUTPUT 722;"TARM SGL"!ИНИЦИИРОВАНИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ
100 END

```

## Примечания для субдискретизации

- В случае субдискретизации требования к событию запуска и событию дискретизации игнорируются (эти события описаны в [Главе 4](#)). При субдискретизации применяются только события активации запуска (команда TARM) и синхронизации с сигналом источника (команда SSRC).
- Для субдискретизации невозможно использовать команду NRDGS. Чтобы задать количество отсчетов и `effective_interval`, используйте команду SWEEP. Минимальное значение `effective_interval` для субдискретизации составляет 10 нс. Максимальная частота выполнения отсчетов равна 50 тыс. выборок в секунду (с интервалом 20 мкс между отсчетами).

- При выполнении измерений методом субдискретизации невозможно использовать режим автоматического выбора диапазона; диапазон должен быть указан в первом параметре команды SSAC или SSDC (параметр `max._input`). Доступны следующие параметры `max._input` и задаваемые ими диапазоны:

| Параметр <code>max._input</code> | Задаваемый диапазон | Полная шкала |
|----------------------------------|---------------------|--------------|
| от 0 до 0,012                    | 10 мВ               | 12 мВ        |
| от >0,012 до 0,120               | 100 мВ              | 120 мВ       |
| от >0,120 до 1,2                 | 1 В                 | 1,2 В        |
| от >1,2 до 12                    | 10 В                | 12 В         |
| от >12 до 120                    | 100 В               | 120 В        |
| от >120 до 1Е3                   | 1000 В              | 1050 В       |

Как и в случае с непосредственной дискретизацией можно указать напряжение для запуска по уровню до 500 % от диапазона. Требуемый формат SINT, однако, не может обрабатывать отсчеты более 120 % от диапазона.

- Если память отсчетов отключена при выполнении команды SSAC или SSDC, мультиметр автоматически устанавливает формат выходных данных SINT (формат памяти при этом не меняется). Позднее при переключении на другую функцию измерений формат выходных данных возвращается к предыдущему значению. Формат выходных данных SINT следует использовать при выполнении субдискретизации и передаче данных отсчетов непосредственно в интерфейс GPIB. В то же время, если данные отсчетов сначала помещаются в память отсчетов, можно использовать любой формат выходных данных (см. следующее примечание). Для этого следует включить память отсчетов до выполнения команды SSAC или SSDC (выполнение команды SSAC или SSDC не приводит к изменению формата выходных данных на SINT, если память отсчетов включена).
- При субдискретизации с включенной памятью отсчетов память должна работать в режиме FIFO, должны быть пустой (для очистки памяти служит команда MEM FIFO), а формат памяти SINT должен быть установлен до события активации запуска. В противном случае мультиметр



генерирует ошибку SETTINGS CONFLICT в момент события активации запуска, и отсчеты не выполняются.

- При субдискретизации входного сигнала с частотной составляющей  $\geq 1$  МГц данные первого отсчета могут содержать ошибку из-за времени стабилизации интерполятора. Чтобы данные первого отсчета были точными, установите задержку 500 нс с помощью команды DELAY 500E-9. (При субдискретизации задержка вставляется между событием синхронизации с сигналом источника и первым отсчетом в каждом пакете; начальная задержка для субдискретизации составляет 0 с.)

### Отправка отсчетов в память

При отправке отсчетов непосредственно в память отсчетов (с помощью команды MEM FIFO) мультиметр автоматически изменяет их порядок для получения сигнала сложной формы. Например, в следующей программе данные, полученные методом субдискретизации, отправляются в память отсчетов с использованием обязательного формата памяти SINT. Мультиметр помещает отсчеты в память в скорректированном порядке. Затем отсчеты передаются в контроллер в формате выходных данных DREAL (при первоначальном помещении данных субдискретизации в память отсчетов снимается ограничение на использовать только формата SINT).

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 REAL Samp(1:200) BUFFER!СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА
30 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Samp TO BUFFER Samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ БУФЕРА
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST"!TARM SYN, TRIG AUTO, ФОРМАТЫ DINT
60 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"!ПАМЯТЬ ОТСЧЕТОВ В РЕЖИМЕ
 FIRST-IN-FIRST-OUT
70 OUTPUT @Dvm;"MFORMAT SINT"!ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
80 OUTPUT @Dvm;"OFORMAT DREAL"!ФОРМАТ ВЫВОДА DOUBLE REAL
90 OUTPUT @Dvm;"SSDC 10"!СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ, ДИАПАЗОН ДО 10 В,
 СВЯЗЬ ПО ПОСТ. ТОКУ
100 OUTPUT @Dvm;"SWEEP 5E-6,200"!ЭФФ. ИНТЕРВАЛ 5 МКС, 200 ОТСЧЕТОВ
110 TRANSFER @Dvm TO @Samp;WAIT!ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
 В БУФЕР КОНТРОЛЛЕРА
120 FOR I=1 TO 200

```

```
130 IF ABS(Samp(I))=IE+38 THEN!ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕРЕГРУЗКИ
140 PRINT "Overload Occurred"!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
150 ELSE!ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
160 Samp(I)=DROUND(Samp(I),5)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 5 РАЗРЯДОВ
170 PRINT Samp(I)!ПЕЧАТЬ КАЖДОГО ОТСЧЕТА
180 END IF
190 NEXT I
200 END
```

## Отправка отсчетов в контроллер

Когда отсчеты отправляются непосредственно в контроллер, необходимо использовать алгоритм для изменения их порядка и получения сигнала сложной формы. Команда SSPARM? возвращает три параметра для этого алгоритма. Первый возвращаемый параметр — количество полученных пакетов, содержащих  $N$  отсчетов. Второй возвращаемый параметр — количество полученных пакетов, содержащих  $N-1$  отсчетов. Третий возвращаемый параметр — значение  $N$ . Например, предположим, что выполняется субдискретизация сигнала 10 кГц и задано 22 отсчета со значением `effective_interval` 5 мкс. В этом примере мультиметр генерирует 2 пакета по 6 отсчетов в каждом и 2 пакета по 5 отсчетов в каждом. Каждый пакет отстоит от предыдущего на 5 мкс. Команда SSPARM? в этом случае возвращает значения 2, 2 и 6.

При субдискретизации максимальная частота дискретизации составляет 50 тыс. выборок в секунду вне зависимости от заданного `effective_interval`. (Если задан интервал `effective_interval`  $\geq 20$  мкс, мультиметр переходит из режима субдискретизации к режиму непосредственной дискретизации.) При отправке отсчетов непосредственно в контроллер (с использованием обязательного формата SINT, в котором на каждый отсчет отводится 2 байта) интерфейс GPIB/контроллер должен обрабатывать данные с максимальной частотой 100 КБ в секунду. В противном случае мультиметр генерирует ошибку TRIGGER TOO FAST.

В программе на следующей странице команда SSAC используется для оцифровки сигнала 10 кГц с пиковым значением 5 В. Команда SWEEP содержит инструкцию для мультиметра выполнить 1000 отсчетов (переменная `Num_samples`) с интервалом `effective_interval` 2 мкс (переменная



Eff\_int). При измерениях используется запуск по начальному уровню для события синхронизации с источником сигнала (запуск по входному сигналу, 0 %, связь по переменному току, положительный фронт). Строка 110 генерирует событие SYN и передает отсчеты непосредственно на компьютер. Строки 230–400 служат для сортировки данных субдискретизации для получения сигнала сложной формы. Сигнал сложной формы сохраняется в массиве Wave\_form.

```

10 OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_samples=1000!ЗАДАННОЕ КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ
40 Eff_int=2.0E-6!ЗАДАННЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
 МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСОРТИРОВАННЫХ ДАННЫХ
70 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ
 ОТСЧЕТОВ
80 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSDC 10;SWEEP
 ";Eff_int,Num_samples
101 !РЕЖИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ, TARM SYN, УРОВЕНЬ И НАЧЛЬНЫЙ ФРОНТ,
 СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ (ФОРМАТ ВЫВОДА SINT,
105 !ДИАПАЗОН ДО 10 В, ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мс, 1000 ОТСЧЕТОВ
110 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ
111 !ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
 КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С
115 ! ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
 (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
120 OUTPUT @Dvm; "I SCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА
 МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМАТА SINT
130 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
140 OUTPUT @Dvm; "SSPARM?"!ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
150 ENTER @Dvm;N1,N2,N3!ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ

```

```

160 FOR I=1 TO Num_samples
170 Samp(I)=Int_samp(I)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ
 ОТСЧЕТОВ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
175 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
 ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
180 R=ABS(Samp(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
 ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
190 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"! ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
200 Samp(I)=Samp(I)*S!УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ
 КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
220 NEXT I
225 !-----СОРТИРОВКА ОТСЧЕТОВ-----
230 Inc=N1+N2!ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПАКЕТОВ
240 K=1
250 FOR I=1 TO N1
260 L=I
270 FOR J=1 TO N3
280 Wave_form(L)=Samp(K)
290 K=K+1
300 L=L+Inc
310 NEXT J
320 NEXT I
330 FOR I=N1+1 TO N1+N2
340 L=I
350 FOR J=1 TO N3-1
360 Wave_form(L)=Samp(K)
370 K=K+1
380 L=L+Inc
390 NEXT J
400 NEXT I
410 END

```



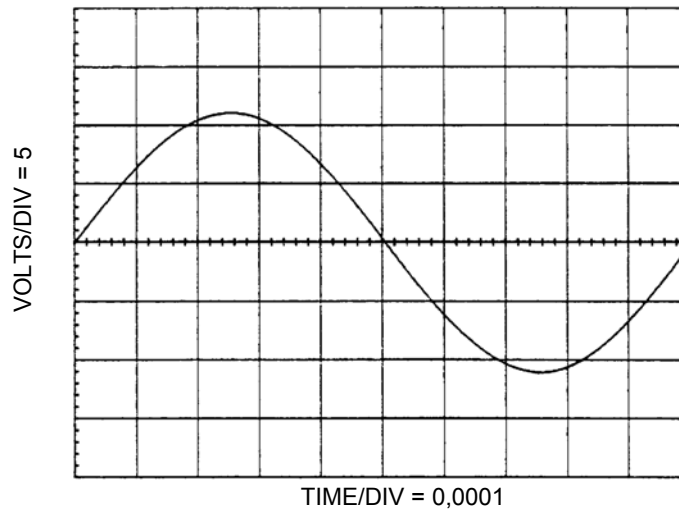
## Просмотр дискретизированных данных

Программа на следующей странице служит для построения графика из оцифрованных данных на мониторе контроллера (данная программа использует субдискретизацию, а построение графика фактически выполняет подпрограмма Plot\_it). Эту программу удобно использовать при разработке программ оцифровки (особенно в режиме субдискретизации), т. к. она позволяет визуально представлять регистрируемые данные. Поскольку эта программа просто рисует векторы между отсчетами (линейная интерполяция), она будет работать хорошо, когда частота дискретизации превышает частоту измеряемого сигнала в 10 раз. Если частота дискретизации меньше этой величины, программа будет давать некорректное визуальное представление входного сигнала. На **Рисунке 5-13** показан типичный график, построенный с помощью этой программы.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Настройка 005 «Библиотека результатов анализа сигналов» 3458A — это программный пакет, предназначенный для регистрации и обработки оцифрованных данных. Он содержит процедуры, которые инициализируют систему, регистрируют и сравнивают данные, вычисляют параметры на основе данных, выполняют Фурье-преобразование и строят графики/выводят данные. Для получения дополнительных сведений обратитесь в торговое представительство компании Keysight.





**Рисунок 5-13 Типичный график сигнала**

```

10OPTION BASE 1!НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L!ДЕКЛАРАЦИЯ ПЕРЕМЕННЫХ
30 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
 МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
40 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples)!РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСОРТИРОВАННЫХ ДАННЫХ
50 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
60 Num_samples=1000!ЗАДАННОЕ КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ
70 Eff_int=2.0E-6!ЗАДАННЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ
80 ASSIGN @Dvm TO 722!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;SSDC 10;SWEEP ";Eff_int, Num_samples
101 !РЕЖИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ, TARM SYN, СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ (ФОРМАТ
 ВЫВОДА SINT), ДИАПАЗОН ДО 10 В
102 !ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мС, 1000 ОТСЧЕТОВ

```



```

110 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT!СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА
 ОТСЧЕТОВ
120 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"!ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА SINT
130 ENTER @Dvm;S!ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
140 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?"!ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
150 ENTER @Dvm;NI,N2,N3!ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
160 FOR I=1 TO Num_samples
170 Samp(I)=Int_samp(I)!ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ
 ОТСЧЕТОВ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
175 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
 ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
180 R=ABS(Samp(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
 ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
190 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLД"!ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
200 Samp(I)=Samp(I)*S!УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ
 КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
220 NEXT I
230 Inc=NI+N2!Inc = ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПАКЕТОВ
240 K=1!СОРТИРОВКА ОТСЧЕТОВ
250 FOR I=1 TO NI! "
260 L=I! "
270 FOR J=1 TO N3! "
280 Wave_form(L)=Samp(K)! "
290 K=K+1! "
300 L=L+Inc! "
310 NEXT J! "
320 NEXT I! "
330 FOR I=NI+1 TO NI+N2! "
340 L=I! "

```

```
350 FOR J=1 TO N3-1! "
360 Wave_form(L)=Samp(K)! "
370 K=K+1! "
380 L=L+Inc! "
390 NEXT J! "
400 NEXT I! "
410 ДИСПОУЧИСТКА МОНИТОРА КОНТРОЛЛЕРА
420 Time_div=1.0E-5 !ВРЕМЯ НА ОДНО ДЕЛЕНИЕ НА ОДИН ГРАФИК
430 Volts_div=5!ВОЛЬТ НА ОДНО ДЕЛЕНИЕ НА ОДИН ГРАФИК
440 Plot_it(Time_div,Volts_div,Wave_form(*),Eff_int)
450 END
460 SUB Plot_it(Time_div,Volts_div,Wave_form(*),Time_base)
470 DIM X_axis$(80),Y_axis$(80)
480 GINIT
490 GRAPHICS ON
500 RAD
510 MOVE 35,10
520 LDIR 0
530 X_axis$="TIME/DIV = "&VAL$(Time_div)
540 LABEL X_axis$
550 MOVE 15,35
560 LDIR PI/2
570 Y_axis$="VOLTS/DIV = "&VAL$(Volts_div)
580 LABEL Y_axis$
590 VIEWPORT 20,110,20,90
600 WINDOW 0,10*Time_div,-4*Volts_div,4*Volts_div
610 AXES Time_div/5,Volts_div/5,0,0,1,1,1
620 GRID Time_div,Volts_div
630 Wave x=0
640 MOVE Wave_x,Wave_form(BASE(Wav_form,1))
```



## 5 Оцифровка

```
650 FOR Wave_y=BASE(Wave_form,1)+1 TO SIZE(Wave_form,1)-1+BASE
 (Wave_form,1)
660 Wave_x=Wave_x+Time_base
670 DRAW Wave_x,Wave_form(Wave_y)
680 NEXT Wave_y
690 IF Wave_x>10*Time_div THEN DISP "Количество выполненных отсчетов
 больше отображенного"
700 SUBEND
```

# 6      Справочные сведения по командам

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Введение                          | 246 |
| Команды по функциональным группам | 253 |
| Команды и функции измерений       | 255 |

## Введение

Первая часть этой главы посвящена языку мультиметра: основные команды, завершение выполнения команд, параметры, команды запросов, списки команд по функциональным группам и таблица сопоставления команд и функций измерений. Вторая часть главы состоит из подробного описания каждой команды (список команд дан в алфавитном порядке).

Прежде чем приступить к использованию информации из этой главы, следует ознакомиться с функциями мультиметра, описанными в предыдущих главах настоящего руководства ([Глава 2](#), [Глава 3](#), [Глава 4](#) и [Глава 5](#)). В указанных главах описывается каждая функция мультиметра и указываются команды, которые требуется использовать. После этого можно более подробно изучить отдельные команды с помощью данной главы.

Для описания команд в данной главе используется следующий формат:

**Заголовок команды** → **BEEP**

**Описание команды** → Controls the multimeter's beeper. When enabled, the beeper emits a 1 kHz beep if an error occurs.

**Оператор синтаксиса** → **Syntax** BEEP [*control*]

Формат команды и ее параметры. В квадратных скобках ([]) указаны необязательные параметры (имеют начальные значения). У параметров, не заключенных в скобки, нет значений по умолчанию; их значения должны быть заданы.

**Описание параметров** → *control* The *control* parameter choices are:

Описание параметров и доступные диапазоны.

| <i>control</i> Parameter | Numeric Query Equiv. | Description                                                  |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| OFF                      | 0                    | Disables the beeper                                          |
| ON                       | 1                    | Enables the beeper                                           |
| ONCE                     | 2                    | Beeps once, then returns to previous mode (either OFF or ON) |

**Значение при включении питания** → Power-on *control* = last programmed value.  
Default *control* = ONCE.

Параметр, используемый при подаче питания.

**Начальное значение** → Remarks

Параметр, используемый при выполнении команды, если параметр не задан.

- The multimeter stores the *control* parameter in continuous memory (the parameter is not lost when power is removed).
- Query Command.** The BEEP? query command returns the present beeper mode. Refer to "Query Commands" near the front of this chapter for more information.
- Related Commands:** TONE

**Примечания** → Example

Особые сведения о команде.

**Примеры** → OUTPUT 722; "BEEP OFF" !DISABLES THE BEEPER

Типичные программы или команды на языке BASIC (мультиметр по адресу 722). Используемый программный синтаксис применим к компьютерам HP серии 200/300.



## Языковые соглашения

Мультиметр взаимодействует с системным контроллером по шине GPIB.<sup>[1]</sup> Каждому прибору, подключенному по шине GPIB, присваивается уникальный адрес. Примеры в данном руководстве относятся к компьютерам Hewlett-Packard серии 200 или 300 с использованием языка BASIC. В них предполагается, что для интерфейса GPIB выбран код 7, а для прибора — адрес 22 (заводская настройка адреса), что вместе составляет адрес GPIB 722. Для упрощения задач программирования рекомендуется использовать именно этот адрес.

## Завершение выполнения команд

Возврат каретки (cr), перевод строки (lf), точка с запятой ( ; ) или функция EOI, отправленные параллельно с последним символом, указывают мультиметру на конец сообщения (завершение выполнения команды). При отправке команды с системного контроллера в стандартном формате (например, OUTPUT 722;"TEST"), контроллер обычно добавляет cr lf в конце команды. Если входной буфер выключен (off — режим входного буфера при включении питания), мультиметр сразу обрабатывает cr и обрабатывает lf только после завершения выполнения команды. Это означает, что благодаря lf шина занята и контроллер недоступен до тех пор, пока мультиметр не завершит выполнение команды (или пока не будет выполнена команда GPIB CLEAR, которая прерывает выполнение команды). Блокировку шины можно предотвратить, подавляя cr lf при отправке команд или включив входной буфер (команда INBUF ON). В следующей командной строке показано, как можно использовать спецификаторы изображения # и K для подавления cr lf при отправке команды на мультиметр.

```
OUTPUT 722 USING "#,K";"TEST;"
```

### ПРИМЕЧАНИЕ

Спецификаторы изображения # и K применимы на компьютерах HP серии 200/300. Сведения о подавлении cr lf на других компьютерах см. в соответствующих руководствах по эксплуатации. Точка с запятой после команды TEST указывает мультиметру на окончание команды и должна обязательно присутствовать в случае подавления cr lf.

[1] Интерфейс GPIB (General Purpose Interface Bus) — реализация компанией Keysight Technologies стандартов IEEE Standard 488-1978 и ANSI MC 1.1.



## Несколько команд

Несколько команд, разделенных точкой с запятой, могут быть отправлены в составе одной командной строки. Например, следующая командная строка содержит три команды для мультиметра.

```
OUTPUT 722; "TRIG HOLD;DCV 3;NPLC 10"
```

## Параметры

Числа, указываемые в качестве параметров команды, могут быть целыми числами, числами с плавающей запятой или экспоненциальными. Параметры с плавающей запятой округляются до ближайшего целого числа, если для команды требуется целое число. Например, "SUB 2.49" округляется в меньшую сторону до "SUB 2", а "SUB 2.5" округляется в большую сторону до "SUB 3".

### Использование начальных параметров

Чтобы использовать начальные параметры, можно их пропустить или заменить на -1 (минус 1). Например, чтобы указать значение 10 для первого параметра и использование начального значения для второго, отправьте команду:

```
OUTPUT 722;"ACV 10"
```

или

```
OUTPUT 722;"ACV 10,-1"
```

Для обозначения начального значения можно использовать две запятых, но только в дистанционном режиме. Например, чтобы указать значение 10 для первого параметра и использование начального значения для второго, отправьте команду:

```
OUTPUT 722;"ACV 10,,"
```

Чтобы использовать начальное значение для первого параметра (в данном примере он служит для автоматического выбора диапазона) и задать значение 0,01 для второго, отправьте команду:

```
OUTPUT 722; "ACV,,.01"
```



## Команды запросов

Команда запроса заканчивается вопросительным знаком и возвращает один или несколько ответов на конкретный запрос. Например, команда запроса ID? возвращает ответ Keysight 3458A.

### Стандартные команды запросов

В данной главе описаны следующие стандартные команды запросов:

```
AUXERR?LINE?
CALNUM?MCOUNT?
ERR?OPT?
ERRSTR?REV?
ID?SSPARM?
ISCALE?STB?
TEMP?
```

### Дополнительные команды запросов

Помимо стандартных команд запросов, можно создавать и другие, добавляя к любой команде, используемой в настройке или программировании мультиметра, знак вопроса. (Команды этого типа не описываются в данной главе. Они включены в описание родительской команды. Другими словами, описание команды AZERO содержит сведения о командах AZERO и AZERO?.) Например, команда AZERO включает или отключает функцию автоматической установки нуля. Доступные режимы — OFF, ON или ONCE. Чтобы определить, включена ли функция автоматической установки нуля, добавьте знак вопроса к команде AZERO, как показано в следующей программе.

```
10 OUTPUT 722;"AZERO?"
20 ENTER 722;A$
30 PRINT A$
40 END
```

При включенном питании мультиметр возвращает числовые ответы на команды запросов. Например, представленная выше программа может вернуть значение 1, которое соответствует параметру ON. Числовые эквиваленты запросов перечислены для каждой применимой команды в данной главе.

Если команда позволяет выбрать один из нескольких параметров (как команда AZERO), запрос с использованием этой команды возвращает выбранный в данный момент параметр (или его числовой эквивалент). Во многих командах используются фактические значения, выраженные в секундах, вольтах, омах и т. д., а не параметры. Например, команда APER позволяет задать время интегрирования в секундах. Диапазон значений для этой команды: от 500 нс до 1 с. При отправке команды запроса APER? мультиметр возвращает указанное в данный момент фактическое значение времени интегрирования.

Чтобы определить, какими должны быть ответы на запросы (числовыми, как показано выше, буквенными или буквенно-цифровыми), можно воспользоваться командой QFORMAT (формат запроса). Например, следующая программа изменяет формат запроса на ALPHA. В результате мультиметр возвращает буквенный заголовок команды и буквенный ответ (если это возможно), как показано ниже.

```
10 OUTPUT 722;"QFORMAT ALPHA"
20 OUTPUT 722;"AZERO?"
30 ENTER 722;A$
40 PRINT A$
50 END
```

Типичный ответ: AZERO ON

Если выбран формат запроса ALPHA, команды, в которых используются фактические значения, возвращают буквенный заголовок и числовой ответ. Например, типичный ответ на команду запроса APER? будет следующим:

```
APER 166.667E-03
```

Многие команды запросов могут возвращать и буквенные, и числовые ответы. Например, команда запроса NRDGS? возвращает два ответа. Первый из них числовой, он обозначает количество отсчетов для события запуска. Второй ответ буквенный (если QFORMAT = ALPHA) и обозначает заданное событие дискретизации. Следующая программа выполняет команду запроса NRDGS? и выводит на печать ответы.

```
10 OUTPUT 722;"NRDGS?"
20 ENTER 722;A$,B$
30 PRINT A$,B$
40 END
```



Ответы на команды запросов всегда выводятся через интерфейс GPIB в формате вывода ASCII вне зависимости от заданного формата вывода. После получения ответа на запрос формат вывода возвращается к предыдущему значению (SINT, DINT, SREAL, DREAL или ASCII).

## Команды по функциональным группам

Ниже приводится список распознаваемых мультиметром команд, разделенных на категории по функциям (функции измерений, оцифровка, АЦП и т. д.).

| Функции измерений           | Оцифровка              | Программная память |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| ACDCI                       | DSAC                   | CALL               |
| ACDCV                       | DSDC                   | COMPRESS           |
| ACI                         | LEVEL                  | CONT               |
| ACV                         | LFILTER                | DELSUB             |
| DCI                         | SLOPE                  | PAUSE              |
| DCV                         | NRDGS                  | SCRATCH            |
| DSAC                        | PRESET (DIG и FAST)    | SUB                |
| DSDC                        | SSAC                   | SUBEND             |
| FREQ                        | SSDC                   |                    |
| FUNC                        | SSPARM?                | Память для         |
| OHM                         | SSRC                   | установок прибора  |
| OHMF                        | SWEEP                  |                    |
| PER                         | TIMER                  | PURGE              |
| SSAC                        |                        | RSTATE             |
| SSDC                        | <b>Запуск</b>          | SCRATCH            |
|                             | EXTOUT                 | SSTATE             |
| <b>Связанные</b>            | LEVEL                  |                    |
| <b>с измерениями</b>        | LFILTER                | <b>АЦП</b>         |
| ACBAND                      | NRDGS                  | APER               |
| ARANGE                      | SLOPE                  | LFREQ              |
| AZERO                       | SSRC                   | LINE?              |
| DELAY                       | SWEEP                  | NPLC               |
| FIXEDZ                      | TARM                   | RES                |
| FSOURCE                     | TBUFF                  |                    |
| LFILTER                     | TIMER                  | <b>Статус</b>      |
| OCOMP                       | TRIG или T             | CSB                |
| PRESET (DIG, FAST или NORM) |                        | RQS                |
| RANGE или R                 | <b>Память отсчетов</b> | SRQ                |
| RATIO                       | MCOUNT?                | STB?               |
| SETACV                      | MEM                    |                    |
| SSPARM?                     | MFORMAT                |                    |
| TERM                        | MSIZE                  |                    |
|                             | RMEM                   |                    |



| Ввод-вывод                     | Система                         | Команды GPIB  |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------|
| END                            | BEEP                            | ABORT IO      |
| INBUF                          | DEFEAT                          | CLEAR         |
| ISCALE?                        | EXTOUT                          | LOCAL         |
| OFORMAT                        | OPT?                            | LOCAL LOCKOUT |
| QFORMAT                        | PRESET (DIG, FAST или NORM)     | REMOTE        |
|                                | QFORMAT                         | SPOLL         |
| <b>Ошибки</b>                  | RESET                           | TRIGGER       |
| AUXERR?                        | TONE                            |               |
| EMASK                          |                                 |               |
| ERR?                           | <b>Дисплей</b>                  |               |
| ERRSTR?                        | DISP                            |               |
|                                | NDIG                            |               |
| <b>Математические операции</b> | <b>Калибровка/ тестирование</b> |               |
| MATH                           | ACAL                            |               |
| MMATH                          | CAL                             |               |
| RMATH                          | CAL?                            |               |
| SMATH                          | CALNUM?                         |               |
|                                | CALSTR                          |               |
| <b>Клавиатура</b>              | REV?                            |               |
| DEFKEY                         | SCAL                            |               |
| LOCK                           | SECURE                          |               |
| MENU                           | TEMP?                           |               |
|                                | TEST                            |               |
| <b>Шина</b>                    |                                 |               |
| ADDRESS                        |                                 |               |
| ID?                            |                                 |               |
| SRQ                            |                                 |               |

## Команды и функции измерений

В **Таблице 6-1** перечислены команды мультиметра, которые применимы только к отдельным функциям измерений. Символ (черная точка в таблице 6-1) означает, что команда применяется без ограничений. Число (1 – 5) указывает, что команда применяется с ограничениями (см. пронумерованные сноски под таблицей). Пустая ячейка означает, что команда неприменима к данной функции измерений. Все остальные команды мультиметра, не представленные в **Таблице 6-1**, применимы ко всем функциям измерений без каких-либо ограничений.

**Таблица 6-1 Команды и функции измерений**

|                       | DCV | DCI | OHM<br>OHMF | ACV<br>ACDCV<br>(ANA) | ACV<br>ACDCV<br>(SYNC) | ACV<br>ACDCV<br>(RNDM) | ACI<br>ACDCI | FREQ<br>PER | DSAC<br>DSDC | SSAC<br>SSDC |
|-----------------------|-----|-----|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| ACBAND                |     |     |             | ●                     | ●                      | ●                      | ●            | ●           |              |              |
| APER                  | ●   | ●   | ●           | ●                     |                        |                        | ●            |             |              |              |
| ARANGE <sup>1</sup>   | ●   | ●   | ●           | ●                     | ●                      | ●                      | ●            | ●           |              |              |
| AZERO                 | ●   | ●   | ●           |                       |                        |                        |              |             |              |              |
| FIXEDZ                | ●   |     | ●           |                       |                        |                        |              |             |              |              |
| FSOURCE               |     |     |             |                       |                        |                        |              | ●           |              |              |
| ISCALE?               | ●   | ●   | ●           | ●                     | ●                      | ●                      | ●            | 1           | ●            | ●            |
| LEVEL                 | ●   |     |             |                       | 2                      |                        |              | 3           | ●            | ●            |
| LFILTER               | ●   |     |             |                       | ●                      |                        |              | ●           | ●            | ●            |
| LFREQ                 | ●   | ●   | ●           | ●                     |                        |                        | ●            |             |              |              |
| (M) MATH <sup>1</sup> | ●   | ●   | ●           | ●                     | ●                      | ●                      | ●            | ●           | ●            | 4            |
| MFORMAT               | ●   | ●   | ●           | ●                     | ●                      | ●                      | ●            | 1           | ●            | 5            |
| NPLC                  | ●   | ●   | ●           | ●                     |                        |                        | ●            |             |              |              |
| OCOMP                 |     |     | ●           |                       |                        |                        |              |             |              |              |
| OFORMAT               | ●   | ●   | ●           | ●                     | ●                      | ●                      | ●            | 1           | ●            | 5            |



Таблица 6-1 Команды и функции измерений (продолжение)

|         | DCV | DCI | OHM<br>OHMF | ACV<br>ACDCV<br>(ANA) | ACV<br>ACDCV<br>(SYNC) | ACV<br>ACDCV<br>(RNDM) | ACI<br>ACDCI | FREQ<br>PER | DSAC<br>DSDC | SSAC<br>SSDC |
|---------|-----|-----|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| RATIO   | ●   |     |             | ●                     | ●                      | ●                      |              |             |              |              |
| SETACV  |     |     |             | ●                     | ●                      | ●                      |              |             |              |              |
| SLOPE   | ●   |     |             |                       | 2                      |                        |              | 3           | ●            | ●            |
| SSPARM? |     |     |             |                       |                        |                        |              |             |              | ●            |
| SSRC    |     |     |             |                       | ●                      |                        |              |             |              | ●            |
| SWEEP   | ●   | ●   | ●           | ●                     |                        |                        | ●            |             | ●            | ●            |
| TIMER   | ●   | ●   | ●           | ●                     |                        |                        | ●            |             | ●            |              |

**1** Для функций измерений FREQ или PER при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки (за исключением STAT или PFAIL), а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат вывода/памяти SINT или DINT не следует.

**2** При выполнении измерений с синхронизированной оцифровкой в режиме ACV или ACDCV в качестве события синхронизации с сигналом начального источника используется запуск по уровню; при этом напряжение и фронт запуска определяются автоматически и не могут быть заданы.

**3** Для функций измерений FREQ или PER невозможно использовать событие запуска LEVEL или событие дискретизации. При этом можно указать уровень и фронт напряжения, который будет использоваться в цепях определения уровня для измерений частоты или периода.

**4** Функцию MATH невозможно использовать для субдискретизации; вместо этого используйте функцию MMATH.

– Если при субдискретизации используется память отсчетов, следует установить для нее формат SINT. Если память отсчетов не используется, следует выбрать формат SINT.



## ACAL

**Автокалибровка.** Содержит инструкцию для мультиметра выполнить одну или все процедуры самокалибровки.

Синтаксис

ACAL [type][,security\_code]

type Варианты значений параметра type:

| Параметр<br>type | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                                                                                      |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALL              | 0                                 | Выполняются автокалибровки DCV, OHMS и AC                                                     |
| DCV              | 1                                 | Усиление и смещение напряжения постоянного тока (см. Примечание 1)                            |
| AC               | 2                                 | Неравномерность амплитуды, усиление и смещение напряжения переменного тока (см. Примечание 2) |
| OHMS             | 4                                 | Усиление и смещение сопротивления (см. Примечание 3)                                          |

type при включения питания = нет.

type начальное = ALL.

security\_code Если функция автокалибровки защищена, для ее выполнения необходимо ввести правильный защитный код. Если функция автокалибровки не защищена, вводить защитный код не требуется. Для получения дополнительных сведений о защитном коде и порядке защиты / отмены защиты функции автокалибровки см. описание команды **SECURE**.

### Примечания

- Поскольку функция автокалибровки DCV применяется ко всем функциям измерений, ее необходимо выполнять до выполнения автокалибровки AC или OHMS. Если указано значение ACAL ALL, автокалибровка DCV выполняется перед выполнением всех остальных автокалибровок.



- Перед выполнением автокалибровки любого типа мультиметр должен находиться в стабильных температурных условиях при выключенном питании, как минимум, в течение 2 часов. Для достижения максимальной точности измерений следует выполнять команду ACAL ALL каждые 24 часа или при изменении температуры мультиметра более чем на  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  с момента предыдущей внешней калибровки или автокалибровки.
- В рамках автокалибровки AC выполняются специальные оптимизации для измерений ACV или ACDCV (для всех методов измерений), ACI или ACDCI, измерений DSAC, DSDC, SSAC, SSDC, FREQ, и PER.
- В рамках автокалибровки OHMS выполняются специальные оптимизации для измерений сопротивления по 2-проводной и 4-проводной схеме, измерений DCI и ACI.
- Перед выполнением автокалибровки обязательно отключайте все входные сигналы переменного тока. Если не отключить какой-либо входной сигнал от мультиметра, это может отрицательно сказаться на результатах автокалибровки.
- Константы автокалибровки сохраняются в постоянной памяти (даже при отключении питания). Из-за отключения и включения питания производить повторную автокалибровку не требуется.
- Время на выполнение каждой процедуры автокалибровки:
  - ALL:11 минут
  - DCV:1 минута
  - AC:1 минута
  - OHMS:10 минут
- **Связанные команды:** CAL, SCAL, SECURE

### Пример

```
OUTPUT 722;"ACAL ALL,3458A" !ВЫПОЛНЕНИЕ ВСЕХ АВТОКАЛИБРОВОК
!С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВОДСКОГО
!ЗАЩИТНОГО КОДА
```

## ACBAND

**Полоса по переменному току.** позволяет указать частотный состав (полосу пропускания) входного сигнала для всех измерений переменного тока и переменного тока с постоянной составляющей. Когда задана полоса пропускания, мультиметр может настроить максимально быстрые измерения.

## Синтаксис

ACBAND [low\_frequency][,high\_frequency]

**low\_frequency** Минимальная ожидаемая частотная составляющая входного сигнала.

low\_frequency при включении питания = 20 Гц

low\_frequency начальная = 20 Гц

**high\_frequency** Максимальная ожидаемая частотная составляющая входного сигнала.

high\_frequency при включении питания = 20 МГц

high\_frequency начальная = 2 МГц

## Примечания

- Точные технические характеристики и скорость считывания на основании полосы пропускания входного сигнала см. в [«Приложение А: Технические характеристики»](#) на странице 447.
- При синхронных измерениях ACV или ACDCV (команда SETACV SYNC) параметры полосы пропускания используются мультиметром для расчета значений тайм-аута и параметров дискретизации. Если используется запуск по уровню (начальный режим) и входной сигнал пропадает во время сбора отсчетов и не появляется в течение определенного периода времени, способ измерений изменяется на дискретизацию в случайных точках для завершения измерений. (После завершения измерений метод снова меняется на SYNC.) Для синхронных измерений ACV или ACDCV очень важно, чтобы заданная полоса пропускания соответствовала частотной составляющей измеряемого сигнала.
- При измерениях частоты или периода с включенной функцией автоматического выбора диапазона параметры полосы пропускания используются для определения времени, необходимого для автоматического выбора диапазона. Для этих измерений очень важно, чтобы заданная полоса пропускания (особенно low\_frequency) соответствовала частотной составляющей измеряемого сигнала.
- Если частотная составляющая входного сигнала неизвестна, используйте начальные параметры ACBAND.



- **Команда запроса:** Команда запроса ACBAND? возвращает два числа, разделенные запятой. Первое число — это заданный в данный момент параметр low\_frequency, второе число — high\_frequency. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** ACDCI, ACDCV, ACI, ACV, FREQ, FUNC, PER, SETACV

#### Пример

```
OUTPUT 722;"ACBAND 500,1000" !ЗАДАНИЕ ВХОДНОГО СИГНАЛА
!В ДИАПАЗОНЕ 500 - 1000 Гц
```

## ACDCI, ACDCV, ACI, ACV

См. команду **FUNC**.

## ADDRESS

Задаёт адрес GPIB мультиметра (только с передней панели). Адрес сохраняется в постоянной памяти даже при выключении питания.

#### Синтаксис

ADDRESS value

value Параметр value — это целое число от 0 до 31.

value при включении питания = сохраненный ранее адрес (заводская настройка = 22).

value начальный = нет; обязательный параметр.

#### Примечания

- При указании адреса 31 адрес мультиметра фактически не изменяется, но мультиметр переключается в режим только передачи. В этом режиме мультиметр выводит данные отсчетов непосредственно на принтер GPIB, без контроллера на шине (следует использовать формат вывода ASCII). Когда мультиметр работает в режиме только передачи, загорается индикатор **TALK**. При наличии контроллера на шине невозможно задать адрес 31. Чтобы вывести мультиметр из режима только передачи, нажмите клавишу **Reset** или укажите адрес, отличный от 31.

- Контроллер, как правило, имеет адрес 21. Не используйте адрес контроллера для других устройств на шине GPIB.
- Если мультиметр обнаруживает ошибку CMOS RAM (дополнительный разряд ошибки 12), он задает адрес 22.
- **Запрос ADDRESS?:** На передней панели мультиметра можно считать текущий адрес с помощью клавиши **Address** (клавиши **Local** при нажатой клавише SHIFT).
- **Связанные команды:** ID?

## APER

**Апертура.** Задает время интегрирования АЦП в секундах.

Синтаксис

APER [aperture]

aperture Задает время интегрирования АЦП в секундах и переопределяет ранее заданное время интегрирования или разрешение. Допустимый диапазон для aperture — 0–1 с с шагом 100 нс. (При выборе значения < 500 нс задается минимальная апертура 500 нс.)

aperture при включении питания = определяется значением при включении питания для NPLC, которое задает время интегрирования 166,667 мс для частоты в сети питания 60 Гц или 200 мс для частоты в сети питания 50 Гц или 400 Гц.

aperture начальное = 500 нс.

Примечания

- Поскольку обе команды APER и NPLC позволяют установить время интегрирования, выполнение любой из них приведет к переопределению времени интегрирования, установленного ранее другой командой. Команда RES или параметр %\_resolution функции или команды RANGE также позволяет опосредованно выбрать время интегрирования. Взаимодействие происходит с командой APER (или NPLC) при выборе разрешения следующим образом:

При использовании команды APER (или NPLC) до указания разрешения мультиметр выполняет ту команду, в которой указано большее разрешение (большее время интегрирования).



При использовании команды APER (или NPLC) после указания разрешения мультиметр выбирает время интегрирования, указанное с помощью команды APER (или NPLC), а предыдущее указанное разрешение игнорируется.

- **Команда запроса:** Команда запроса APER? возвращает заданное в данный момент время интегрирования (в секундах), используемое АЦП. Время интегрирования может быть задано с помощью команды APER, NPLC или RES либо с помощью параметра %\_resolution команды функции или команды RANGE. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** FUNC, NPLC, RANGE, RES

### Пример

OUTPUT 722; "APER 10E-6" !ЗАДАНИЕ АПЕРТУРЫ 10 МС

## ARANGE

**Автоматический диапазон.** Включает или отключает функцию автоматического выбора диапазона.

### Синтаксис

ARANGE [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                       |
|------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключает алгоритм автоматического выбора диапазона                                            |
| ON               | 1                           | Включает алгоритм автоматического выбора диапазона                                             |
| ONCE             | 2                           | Мультиметр использует автоматический выбор диапазона однократно, затем эта функция отключается |

control при включении питания = ON.

control начальный = ON.

### Примечания

- Если автоматический выбор диапазона включен, мультиметр выполняет дискретизацию входного сигнала перед каждым отсчетом и выбирает соответствующий диапазон.
- Списки диапазонов для каждой функции измерений см. в описании команд **FUNC** или **RANGE**.
- Автоматический выбор диапазона не используется для измерений с непосредственной или субдискретизацией (команда DSAC, DSDC, SSAC или SSDC) или при использовании события дискретизации TIMER или команды SWEEP.
- **Команда запроса:** Команда запроса ARANGE? возвращает ответ с указанием текущего режима автоматического выбора диапазона. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** FUNC, RANGE

### Пример

OUTPUT 722;"ARANGE OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫБОРА ДИАПАЗОНА

## AUXERR?

**Дополнительная ошибка.** При обнаружении аппаратной ошибки мультиметр устанавливает разряд в дополнительном регистре ошибок. Команда AUXERR? возвращает число, соответствующее взвешенной сумме всех установленных разрядов. После этого регистр очищается.

### Синтаксис

AUXERR?



## Условия дополнительной ошибки

Условия дополнительной ошибки и соответствующие взвешенные значения:

| Взвешенное значение | Номер разряда | Описание                                         |
|---------------------|---------------|--------------------------------------------------|
| 1                   | 0             | Ведомый процессор не отвечает                    |
| 2                   | 1             | Ошибка DTACK                                     |
| 4                   | 2             | Ошибка самодиагностики ведомого процессора       |
| 8                   | 3             | Ошибка диагностики изоляции                      |
| 16                  | 4             | Ошибка преобразования АЦП                        |
| 32                  | 5             | Калибровочное значение за пределами диапазона    |
| 64                  | 6             | Ошибка микросхемы GPIB                           |
| 128                 | 7             | Ошибка UART                                      |
| 256                 | 8             | Ошибка таймера                                   |
| 512                 | 9             | Внутренняя перегрузка                            |
| 1024                | 10            | Несовпадение контрольной суммы ПЗУ, младший байт |
| 2048                | 11            | Несовпадение контрольной суммы ПЗУ, старший байт |
| 4096                | 12            | Ошибка постоянной памяти                         |
| 8192                | 13            | Ошибка параметра ПЗУ                             |
| 16384               | 14            | Ошибка записи или защиты ПЗУ при калибровке      |

## Примечания

- В дополнительный регистр ошибок вносятся аппаратные ошибки. Если в нем установлен один или более разрядов, требуется выполнить калибровку или ремонт мультиметра.
- Команда AUXERR? возвращает 0, если разряды ошибки не установлены.
- Если в дополнительном регистре ошибок установлен любой разряд, мультиметр устанавливает разряд 0 (аппаратная ошибка) в регистре ошибок. При чтении дополнительного регистра ошибок разряд 0 в регистре ошибок не очищается. Для очистки регистра ошибок необходимо его также прочитать (команда ERR?).
- Невозможно замаскировать разряды в дополнительном регистре ошибок, чтобы они не устанавливали разряд 0 регистре ошибок.



– **Связанные команды:** EMASK, ERR?, ERRSTR?, TEST

### Пример

```
10 OUTPUT 722;"AUXERR?" !ЧТЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РЕГИСТРА ОШИБОК
20 ENTER 722;A!ВВОД ВЗВЕШЕННОЙ СУММЫ В ПЕРЕМЕННУЮ A
30 PRINT A!ВЫВОДИТ НА ПЕЧАТЬ ВЗВЕШЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ
40 END
```

Например, предположим, что команда AUXERR? возвращает взвешенную сумму 3072. Это означает, что произошли ошибки со взвешенными значениями 1024 (контрольная сумма ПЗУ, младший байт) и 2048 (контрольная сумма ПЗУ, старший байт).

## AZERO

**Автоматическая установка нуля.** Включает или отключает функцию автоматической установки нуля. Функция автоматической установки нуля применима только к измерениям напряжения и силы постоянного тока и сопротивления.

### Синтаксис

AZERO [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                 |
|------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Измерения нулевого уровня выполняются однократно и повторяются только после изменения функции, диапазона, апертуры, NPLC или разрешения. |
| ON               | 1                           | Измерения нулевого уровня выполняются после каждого измерения.                                                                           |
| ONCE             | 2                           | Измерения нулевого уровня выполняются однократно и повторяются только после изменения функции, диапазона, апертуры, NPLC или разрешения. |

control при включении питания = ON

control начальный = ON



### Примечания

- Если для автоматической установки нуля выбрано значение ON, мультиметр выполняет измерения нулевого уровня (измерения при отключенном входном сигнале) после каждого измерения и математически вычитает полученный результат из результата измерений. При этом время, необходимое для выполнения измерений, увеличивается почти вдвое.
- Обратите внимание, что значения OFF и ONCE параметра control дают одинаковый эффект. Если для автоматической установки нуля выбрано значение AZERO OFF или ONCE, мультиметр измеряет одно значение нуля и математически вычитает полученный результат из последующих результатов измерений. При использовании команд AZERO OFF или AZERO ONCE мультиметр производит измерения для автоматической установки нуля при возникновении первого события активации запуска для всех событий, за исключением события TARM EXT, для которого измерения автоматической установки нуля производятся при выполнении команды TARM EXT. Результат измерений для автоматической установки нуля обновляется при каждом изменении функции, диапазона или времени интегрирования (это обновление производится при возникновении события активации запуска или выполнении команды TARM EXT).
- Если автоматическая установка нуля отключена, на дисплее загорается индикатор AZERO OFF.
- Автоматическая установка нуля не может быть отключена для измерений постоянного тока.
- При измерениях сопротивления по 2-проводной схеме с включенной функцией компенсации смещения измерения нулевого уровня и измерения смещения выполняются одновременно.
- При измерениях сопротивления по 4-проводной схеме автоматическая установка нуля должна быть включена. При необходимости отключения функции автоматической установки нуля следует убедиться, что перед ее выключением были выполнены все подключения для измерений, а также в том, что сопротивление проводов не будет изменяться. Если функцию автоматической установки нуля выключить до выполнения подключений по 4-проводной схеме или при изменении сопротивления проводов с выключенной функцией автоматической установки нуля (например, при сканировании), результаты измерений сопротивления по 4-проводной схеме могут оказаться некорректными.

- **Команда запроса:** команда запроса AZERO? возвращает текущий режим автоматической установки нуля. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** DCI, DCV, FUNC, OHM, OHMF

#### Пример

OUTPUT 722; "AZERO OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НУЛЯ

## BEEP

Управляет звуковым сигналом мультиметра. Если эта функция включена, мультиметр выдает звуковой сигнал 1 кГц при возникновении ошибки.

#### Синтаксис

BEEP [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                              |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключает звуковой сигнал                                                             |
| ON               | 1                           | Включает звуковой сигнал                                                              |
| ONCE             | 2                           | Выдает звуковой сигнал однократно, затем возвращается в предыдущий режим (OFF или ON) |

control при включении питания = последнее запрограммированное значение.

control начальный = ONCE.

#### Примечания

- Мультиметр сохраняет параметр control в постоянной памяти (даже при выключении питания).



- **Команда запроса:** команда запроса BEEP? возвращает текущий режим звукового сигнала. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** TONE

Пример

OUTPUT 722;"BEEP OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

## CAL

Команда калибровки. Для получения дополнительных сведений см. *Руководство по калибровке 3458A*.

## CALL

**Вызов подпрограммы.** Выполняет ранее сохраненную подпрограмму.

Синтаксис

CALL [name]

name Имя подпрограммы. Имя подпрограммы может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, буквы и цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **SUB**.

name при включении питания = нет.

name начальный = 0.

Примечания

- Подпрограммы создаются с помощью команды SUB.
- После выполнения сохраненной подпрограммы мультиметр устанавливает разряд 0 в регистре состояний.
- С помощью передней панели можно просмотреть имена всех сохраненных подпрограмм, используя команду CALL и нажимая клавиши со стрелками вверх или вниз. Когда нужная подпрограмма будет найдена, нажмите клавишу **Enter** для запуска подпрограммы.

- **Связанные команды:** COMPRESS, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUB, SUBEND

#### Примеры

```
OUTPUT 722;"CALL DCCUR2" !ВЫПОЛНЕНИЕ ПОДПРОГРАММЫ С ИМЕНЕМ
"DCCUR2"
```

## CALNUM?

**Запрос числа калибровок.** Возвращает целое число, соответствующее количеству выполненных калибровок мультиметра.

#### Синтаксис

CALNUM?

#### Примечания

- Число калибровок увеличивается на 1 после каждой калибровки мультиметра. В случае защищенной автокалибровки число калибровок также увеличивается на 1 после каждой автокалибровки; незащищенная автокалибровка никак не влияет на число калибровок.
- Число калибровок сохраняется в защищенной памяти даже при выключении питания.
- Перед отгрузкой с завода-изготовителя мультиметр прошел калибровку. При получении мультиметра следует считать число калибровок, чтобы определить его исходное значение.
- **Связанные команды:** CAL, CALSTR, SCAL

#### Пример

```
10 OUTPUT 722;"CALNUM?" !ЧТЕНИЕ ЧИСЛА КАЛИБРОВОК
20 ENTER 722;!ВВОД ОТВЕТА В КОМПЬЮТЕР
30 PRINT A!ПЕЧАТЬ ОТВЕТА
40 END
```



## CALSTR

**Строка калибровки (только в дистанционном режиме).** Сохраняет строку в постоянной памяти калибровки мультиметра. Как правило, эта строка используется для сохранения внутренней температуры мультиметра в момент калибровки (команда **TEMP?**), даты калибровки, ФИО инженера и плановой даты следующей калибровки.

### Синтаксис

CALSTR string[,security\_code]

**string** Буквенно-числовое сообщение, которое добавляется в память калибровки. Параметр string должен быть заключен в одинарные или двойные кавычки. Максимальная длина параметра string — 75 символов (кавычки, в которые заключен параметр string, в это число не входят).

**security\_code** Если память калибровки защищена (команда **SECURE**), для записи сообщения в память необходимо включить в него security\_code. (Вне зависимости от режима защиты сообщение можно считать с помощью команды **CALSTR?**.) Для получения сведений о защите и отмене защиты памяти см. описание команды **SECURE**.

### Примечания

- **Команда запроса:** команда запроса **CALSTR?** возвращает строку символов из памяти калибровки мультиметра, как показано ниже во втором примере.
- **Связанные команды:** **CAL**, **CALNUM?**, **SCAL**, **SECURE**

### Примеры

CALSTR

OUTPUT 722;"CALSTR 'CALIBRATED 04/02/1987'"

CALSTR?

10 DIM A\$[80] !ПЕРЕМЕННАЯ РАЗМЕРНОСТИ СТРОКИ

20 OUTPUT 722; "CALSTR?" !ЧТЕНИЕ СТРОКИ

30 ENTER 722;A\$ !ВВОД СТРОКИ

40 PRINT A\$ !ПЕЧАТЬ СТРОКИ

50 END

## COMPRESS

**Сжатие подпрограммы.** Удаляет текст ASCII указанной подпрограммы, сохраненный ранее в памяти. При этом освобождается место в памяти, однако подпрограмма удаляется из постоянной памяти (т. е. будет утеряна при отключении питания).

Синтаксис

COMPRESS name

name Имя подпрограммы. Имя подпрограммы может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **SUB**.

name при включении питания = нет.

name начальный = нет; обязательный параметр.

Примечания

- Чтобы избежать фрагментации памяти, сжимайте каждую подпрограмму перед загрузкой других подпрограмм.
- Команду COMPRESS нельзя хранить в составе подпрограммы.
- **Связанные команды:** CALL, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUB, SUBEND

Пример

Приведенная ниже программа позволяет сжать предварительно загруженную подпрограмму TEST12.

```
OUTPUT 722;"COMPRESS TEST12"
```



## CONT

**Продолжение.** Возобновляет выполнение подпрограммы, приостановленной с помощью команды PAUSE.

Синтаксис

CONT

Примечания

- Функция выполнения группового запуска по шине GPIB также позволяет возобновить выполнение приостановленной подпрограммы.
- В приостановленном состоянии сохраняется только одна подпрограмма. Если одна подпрограмма была приостановлена, а затем запущена и приостановлена еще одна подпрограмма, первая подпрограмма будет завершена, а вторая останется в приостановленном состоянии.
- **Связанные команды:** PAUSE, SUB, SUBEND

Пример

OUTPUT 722;"CONT" !ПРОДОЛЖЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОДПРОГРАММЫ

## CSB

**Очистка разрядов состояния.** Очищает (устанавливает значение 0) все разряды в регистре состояний.

Синтаксис

CSB

Примечания

- Если условие, в результате которого был установлен разряд в регистре состояний, еще выполняется, этот разряд будет вновь установлен сразу после выполнения команды CSB.
- В случае очистки разряда 6 (сервисный запрос) мультиметр устанавливает для строки GPIB SRQ значение false.
- **Связанные команды:** RQS, SPOLL (команда GPIB), STB?



### Пример

OUTPUT 722;"CSB" !ОЧИСТКА РЕГИСТРА СОСТОЯНИЙ

## DCI, DCV

См. команду **FUNC**.

## DEFEAT

Включает или отключает алгоритм защиты входов мультиметра (см. ниже раздел «ВНИМАНИЕ»), а также некоторые алгоритмы проверки синтаксиса и наличия ошибок. При отключении этих алгоритмов мультиметр может быстрее переключиться на новую конфигурацию измерений.

### Синтаксис

DEFEAT [mode]

mode    Варианты значений параметра mode:

| Параметр mode | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                         |
|---------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| OFF           | 0                           | Включает алгоритмы защиты, проверки синтаксиса и наличия ошибок  |
| ON            | 1                           | Выключает алгоритмы защиты, проверки синтаксиса и наличия ошибок |

mode при включении питания = OFF

mode начальный = OFF.



## Примечания

**ВНИМАНИЕ!**

DEFEAT ON следует использовать только при полной уверенности, что напряжение тока перегрузки на входных разъемах не превысит пикового значения  $\pm 100$  В в диапазоне до 10 В или ниже. (В диапазонах до 100 В и 1000 В мультиметр может выдерживать пиковые напряжения до  $\pm 1200$  В вне зависимости от значения команды DEFEAT — ON или OFF.) DEFEAT ON отключает определение последовательности входных переключателей, которое защищает входную цепь мультиметра от перегрузки по току. Если при отключенной защите входов обнаружена перегрузка в диапазоне до 10 В или ниже, мультиметр включает защиту входов и выполняет измерение тока перегрузки для целей гарантии.

- Поскольку команда DEFEAT ON отключает некоторые алгоритмы проверки синтаксиса и регистрации ошибок, ее следует использовать только после того, как программирование системы завершено и система полностью работоспособна.
- **Команда запроса:** Команда запроса DEFEAT? возвращает текущий режим DEFEAT. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.

## Пример

OUTPUT 722;"DEFEAT ON" И ОТКЛЮЧЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЗАЩИТЫ, ПРОВЕРКИ СИНТАКСИСА И НАЛИЧИЯ ОШИБОК

## DEFKEY

**Определение ключа.** Позволяет назначить одну или несколько команд функциональной клавише, заданной пользователем, на передней панели (эти клавиши маркированы как **f0** – **f9**). После назначения клавише одной или нескольких команд, при нажатии этой клавиши на экране мультиметра отображаются эти команды. При нажатии клавиши **ВВОД** эти команды выполняются в указанном порядке. Команда DEFKEY DEFAULT стирает строки, назначенные всем заданным пользователем клавишам.

## Синтаксис

DEFKEY number,string

или

DEFKEY DEFAULT

**number** Параметр **number** — это целое число от 0 до 9 (или F0 – F9), которое обозначает определенную функциональную клавишу.

**number** при включении питания = нет.

**number** начальный = 0.

**string** Параметр **string** — это команда или список команд, назначенные функциональной клавише. (Чтобы связать несколько команд, используйте точку с запятой.) Параметр **string** должен быть заключен в одинарные или двойные кавычки. Максимальная длина параметра **string** — 40 символов (кавычки, в которые заключен параметр **string**, в это число не входят).

**string** при включении питания = нет.

**string** начальный = нет (очищает предыдущий параметр **string**).

DEFAULT

Стирает строки, назначенные всем заданным пользователем клавишам.

## Примечания

- Определения клавиш, сохраненные с помощью передней панели, можно редактировать на передней панели. Определения, сохраненные в дистанционном режиме, недоступны для редактирования.
- В параметре DEFKEY **string** нельзя использовать кавычки. Другими словами, нельзя использовать команду DISP с сообщением, заключенным в кавычки, в качестве параметра **string**. При этом можно использовать команду DISP и сообщение без кавычек (сведения об ограничениях использования сообщений без кавычек см. в описании команды **DISP**).
- **Команда запроса:** команда запроса DEFKEY? возвращает параметр **string**, назначенный определенной функциональной клавише (см. пример ниже). Параметр **string**, возвращаемый командой запроса DEFKEY?, заключен в двойные кавычки, вне зависимости от того, какие кавычки (одинарные или двойные) использовались при его указании.
- **Связанные команды:** LOCK, MENU



## Примеры

### DEFKEY

```
OUTPUT 722;"DEFKEY 1,'DCI 1;AZERO OFF;NPLC 0" !НАЗНАЧЕНИЕ КОМАНД
КЛАВИШЕ F1
```

Очистка всех параметров DEFKEY

```
OUTPUT 722;"DEFKEY DEFAULT" !ОЧИСТКА ВСЕХ ПАРАМЕТРОВ DEFKEY
```

### DEFKEY?

```
10 OUTPUT 722;"DEFKEY? 1" !ВОЗВРАТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ КЛАВИШИ 1
```

```
20 ENTER 722;A$!ВВОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ПЕРЕМЕННУЮ A$
```

```
30 PRINT A$!ПЕЧАТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
```

```
40 END
```

Типичный ответ, возвращаемый приведенной выше программой: "DCI 1;AZERO OFF;NPLC 0". Если DEFKEY 1 ничего не назначено, приведенная выше программа возвращает: "DEFKEY F1".

## DELAY

Команда DELAY позволяет указать интервал времени между событием запуска и первым событием дискретизации.

### Синтаксис

DELAY [time]

**time** Задаёт время задержки в секундах. Время задержки может варьироваться в диапазоне от 1E-7 (100 нс) до 6000 с с шагом 10 нс для непосредственной и субдискретизации (DSAC, DSDC, SSAC или SSDC) или с шагом 100 нс для остальных функций измерений. При указании значения 0 для задержки устанавливается минимально возможное значение.

**time** при включении питания = автоматически (в соответствии с функцией, диапазоном, разрешением и настройкой ACBAND).

**time** начальное = автоматически (в соответствии с функцией, диапазоном, разрешением и настройкой ACBAND).

### Примечания

- Начальная задержка изменяется автоматически (если не было указано другое значение) при выборе новой функции измерений (DCV, ACV и т. д.), диапазона, разрешения или настройки полосы по переменному току (команда ACBAND).
- **Команда запроса:** Запрос DELAY? возвращает текущее время задержки в секундах. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** NRDGS, SWEEP, TIMER, TRIG

### Примеры

OUTPUT 722;"DELAY 5" !ДОБАВЛЕНИЕ ВТОРОЙ ЗАДЕРЖКИ 5 С

OUTPUT 722;"DELAY -1" !ПЕРЕХОД К АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ЗАДЕРЖКИ (НАЧАЛЬНОЙ)

## DELSUB

**Удаление подпрограммы.** Удаляет одну подпрограмму из памяти.

### Синтаксис

DELSUB name

name Имя подпрограммы. Имя подпрограммы может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, буквы и цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **SUB**.

name при включении питания = нет.

name начальный = нет; обязательный параметр.

### Примечания

- После удаления подпрограммы освободившаяся память может быть использована для сохранения новой подпрограммы (см. описание команды **SUB**).
- Чтобы удалить все подпрограммы одновременно, используйте команду SCRATCH.
- **Связанные команды:** COMPRESS, SCRATCH, SUB



## Пример

```
OUTPUT 722;"DELSUB TEST12" !УДАЛЕНИЕ ПОДПРОГРАММЫ TEST12
```

## DIAGNOST

Команда обслуживания. Для получения дополнительных сведений см. Руководство по обслуживанию 3458A.

## DISP

**Дисплей.** Включает или отключает дисплей мультиметра, а также позволяет отправлять на дисплей сообщение или очищать дисплей.

## Синтаксис

```
DISP [control] [,message]
```

control    Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Выводит на дисплей сообщение (при наличии; в противном случае отображается последовательность тире); деактивирует все индикаторы, за исключением ERR; результаты измерений не отображаются, и данные на дисплее не обновляются, за исключением сочетаний клавиш на передней панели и команд запросов. |
| ON               | 1                           | Стандартная работа дисплея (в режиме включения питания)                                                                                                                                                                                                                                               |
| MSG              | 2                           | Выводит на дисплей сообщение, активирует индикаторы                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CLR              | 3                           | Очистка дисплея                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

control при включении питания = ON.

control начальное = ON.

`message` Параметр `message` содержит сообщение для отображения. Сообщение может содержать пробелы, числа, буквы в верхнем и нижнем регистрах, а также любые из следующих символов:

! # \$ % & ' ( ) ^ \ / @ ; : [ ] , . + - = \* < > ? \_

### Примечания

- Сообщение должно быть заключено в кавычки, только если оно содержит пробел, запятую или точку с запятой. Можно использовать одинарные или двойные кавычки (' или "), причем открывающая и закрывающая кавычки должны быть одного типа.
- Сообщение может содержать до 75 символов (в это число не входят кавычки, в которые заключено сообщение).
- **Команда запроса:** команда запроса `DISP?` возвращает текущее значение параметра `control`. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** `NDIG`

### Примеры

При выполнении следующей команды мультиметр отображает сообщение `TIME-OUT` и прекращает автоматически обновлять дисплей.

```
OUTPUT 722;"DISP OFF,TIME-OUT" !СООБЩЕНИЕ = TIME-OUT
```

В следующей команде сообщение должно быть заключено в кавычки, т. к. содержит пробел.

```
OUTPUT 722;"DISP MSG,'TIME OUT'" !СООБЩЕНИЕ = TIME OUT
```

## DSAC, DSDC

**Непосредственная дискретизация.** Служит для настройки мультиметра для выполнения измерений методом непосредственной дискретизации (оцифровки). Функция `DSAC` служит для измерений только переменной составляющей входного сигнала. Функция `DSDC` служит для измерений переменной и постоянной составляющих. За исключением этого отличия, эти функции полностью идентичны. Для функций `DSAC` и `DSDC` используется тракт слежения и запоминания (с апертурой 2 нс) и с широкой полосой пропускания входного сигнала (12 МГц).



## Синтаксис

DSAC [max.\_input] [,%-resolution]

DSDC [max.\_input] [,%-resolution]

max.\_input Служит для выбора диапазона измерений. (Для измерений методом непосредственной дискретизации невозможно использовать автоматический выбор диапазона.) Чтобы выбрать диапазон, укажите в параметре max.\_input ожидаемую пиковую амплитуду входного сигнала. При этом мультиметром выбирается правильный диапазон. В следующей таблице приводятся значения параметра max.\_input и соответствующие им диапазоны.

| Параметр max._input | Полная шкала        |             |             |
|---------------------|---------------------|-------------|-------------|
|                     | Задаваемый диапазон | Формат SINT | Формат DINT |
| от 0 до 0,012       | 10 мВ               | 12 мВ       | 50 мВ       |
| от >0,012 до 0,120  | 100 мВ              | 120 мВ      | 500 мВ      |
| от >0,120 до 1,2    | 1 В                 | 1,2 В       | 5,0 В       |
| от >1,2 до 12       | 10 В                | 12 В        | 50 В        |
| от >12 до 120       | 100 В               | 120 В       | 500 В       |
| от >120 до 1Е3      | 1000 В              | 1050 В      | 1050 В      |

max.\_input при включении питания = неприменимо

max.\_input начальный = 10 В

%\_resolution Игнорируется мультиметром при использовании в сочетании с командой DSAC или DSDC. В синтаксисе команд этот параметр совместим с другими командами функций (FUNC, ACT, DCV и т. д.).

## Примечания

- При выполнении измерений методом непосредственной дискретизации невозможно использовать режим автоматического выбора диапазона; диапазон должен быть указан в первом параметре команды DSAC или DSDC (параметр max.\_input).



- Обратите внимание, что при использовании формата памяти/выходных данных DINT полномасштабные значения при непосредственной дискретизации на 500 % (в 5 раз) превышают диапазоны до 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В и 100 В. Это особенно важно учитывать при указании процента для запуска по уровню. Указывая напряжение для запуска по уровню, используйте процент от диапазона измерений. Например, пиковое значение входного сигнала составляет 20 В и используется диапазон до 10 В. Чтобы запуск по уровню выполнялся при 15 В укажите значение 150 % для запуска по уровню (команда LEVEL 150). (Скорость нарастания усилителей мультиметра может быть превышена при измерении сигнала с частотой >2 МГц и амплитудой >120 % диапазона; при этом сигналы с амплитудой ≤120 % диапазона и частотой до 12 МГц не приводят к погрешности скорости нарастания.)
- Иерархия запуска мультиметра (событие активации запуска, событие запуска и событие дискретизации) применяется при непосредственной дискретизации. Это означает, что данные события должны произойти в правильной последовательности до начала непосредственной дискретизации. Дополнительные сведения по иерархии запуска см. в [Главе 4](#). Для непосредственной дискретизации можно использовать либо событие дискретизации TIMER и команду NRDGS n, TIMER, либо команду SWEEP (команду SWEEP легче запрограммировать). Команды NRDGS и SWEEP взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную команду. (При использовании команды SWEEP событие дискретизации TIMER устанавливается автоматически.)
- Для непосредственной дискретизации следует использовать формат памяти/вывода SINT, если пиковая величина выходного сигнала <120 % от указанного диапазона. Если величина входного сигнала ≥120 % от диапазона, используйте формат памяти/вывода DINT. (Форматы SINT и DINT служат для внутреннего использования АЦП; при использовании правильного формата памяти/вывода выполнять преобразование формата не требуется.)
- **Связанные команды:** DSDC, FUNC, LEVEL, LFILTER, SLOPE, NRDGS, PRESET FAST, PRESET DIG, SSAC, SSDC, SSPARM?, SWEEP, TARM, TIMER, TRIG



### Пример

Следующая программа представляет собой пример оцифровки при непосредственной дискретизации со связью по постоянному току. Команда SWEEP задает интервал 30 мкс и 200 выборок. Для запуска по уровню выбрано значение 250 % от диапазона до 10 В (250 % от 10 В = 25 В). Данные отсчетов передаются в память отсчетов в формате DINT. Затем они передаются на контроллер, преобразуются и выводятся на печать. При удалении строки 110 данные отсчетов будут передаваться напрямую в контроллер, минуя память отсчетов. При этом контроллер и интерфейс должны передавать данные с минимальной скоростью 134 КБ/с. В противном случае мультиметр генерирует ошибку TRIGGER TOO FAST. Для получения дополнительной информации см. подраздел «Высокоскоростная передача данных по шине GPIB» в Главе 4.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_samples,I,J,K !СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_samples = 200 !200 ВЫБОРОК
30 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_samples] !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
45 !ПРИЕМА ОТСЧЕТОВ (4 Б/ОТСЧЕТ * 200 ОТСЧЕТОВ = 800 Б)
50 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
60 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST" !ФОРМАТЫ DINT, TARM SYN, TRIG AUTO
70 OUTPUT @Dvm;"SWEEP 30E-6,200" !ИНТЕРВАЛ 30 МКС, 200 ВЫБОРОК
80 OUTPUT @Dvm;"DSDC 10" !НЕПОСРЕДСТВЕННАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ,
 ДИАПАЗОН ДО 10 В
90 OUTPUT @Dvm;"LEVEL 250, DC" !ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ 250 %
 ОТ ДИАПАЗОНА (25 В)
100 OUTPUT @Dvm;"TRIG LEVEL" !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ
110 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
120 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
 В КОНТРОЛЛЕР
130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА DINT
140 ENTER @Dvm;S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
150 FOR I=1 TO Num_samples
160 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K !ВВОД ОДНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 16-РАЗРЯДНОГО ЗНАЧЕНИЯ
161 !В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K(# = ТЕРМИНАТОР ДЛЯ КОМАНДЫ НЕ
165 !ТРЕБУЕТСЯ. W= ВВОД ДАННЫХ В ФОРМАТЕ 16-РАЗРЯДНОГО
 ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ)

```

```

170 Samp(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0)) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ
 В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО
180 R=ABS(Samp(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
 ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
190 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
200 Samp(I)=Samp(I)*S !ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),8) !ОКРУГЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОГО
 ЗНАЧЕНИЯ
220 PRINT Samp(I) !ПЕЧАТЬ ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
230 NEXT I
240 END

```

## EMASK

**Маска ошибки.** Позволяет устанавливать разряд ошибки (разряд 5) в регистр состояний при возникновении определенных ошибок.

Синтаксис

EMASK [value]

value Чтобы добавить ошибку, укажите ее вес в десятичной системе счисления в параметре value. Чтобы добавить несколько ошибок, укажите сумму весов. Условия ошибки и соответствующие им значения веса:

| Взвешенное значение | Номер разряда | Условия ошибки                                                                                 |
|---------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 0             | Аппаратная ошибка (для получения дополнительных сведений см. описание команды <b>AUXERR?</b> ) |
| 2                   | 1             | Ошибка калибровки                                                                              |
| 4                   | 2             | Ошибка превышения скорости запуска                                                             |
| 8                   | 3             | Ошибка синтаксиса                                                                              |
| 16                  | 4             | Запрещенная команда в дистанционном режиме (команда ADDRESS)                                   |
| 32                  | 5             | Получение неопределенного параметра                                                            |
| 64                  | 6             | Выход параметра за пределы диапазона                                                           |
| 128                 | 7             | Ошибка памяти                                                                                  |



| Взвешенное значение | Номер разряда | Условия ошибки                                                                                                                                                                           |
|---------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 256                 | 8             | Обнаружение разрушающей перегрузки                                                                                                                                                       |
| 512                 | 9             | Нарушение калибровки                                                                                                                                                                     |
| 1024                | 10            | Требуется калибровки                                                                                                                                                                     |
| 2048                | 11            | Конфликт настроек (неверная настройка памяти для субдискретизации)                                                                                                                       |
| 4096                | 12            | Математическая ошибка (деление 0, переполнение целочисленного значения и пр.)                                                                                                            |
| 8192                | 13            | Ошибка подпрограммы (вызов удаленной подпрограммы; команда CONT с PAUSE, SUBEND или PAUSE, разрешенная только в подпрограмме; команда SCRATCH, DELSUB, CONT, запрещенная в подпрограмме) |
| 16384               | 14            | Системная ошибка                                                                                                                                                                         |

value при включении питания = 32767 (все включено).

value начальный = 32767 (все включено).

### Примечания

- При возникновении ошибки соответствующий разряд устанавливается в регистре ошибок вне зависимости от включения ошибки с помощью команды EMASK. Отключение разряда ошибки не позволяет устанавливать разряд ошибки только в регистре состояний, что приводит к созданию запроса на обслуживание.
- **Команда запроса:** Команда запроса EMASK? возвращает сумму взвешенных значений всех включенных ошибок (см. пример ниже).
- **Связанные команды:** AUXERR?, ERR?, ERRSTR?, RQS, STB?

### Примеры

OUTPUT 722;"EMASK 4" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОШИБКИ TRIGGER TOO FAST

OUTPUT 722;"EMASK 248" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОШИБОК 8, 16, 32, 64 И 128

OUTPUT 722;"EMASK 0" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ ОШИБОК

10 OUTPUT 722; "EMASK?" !ВОЗВРАЩАЕТ ЗНАЧЕНИЕ EMASK

20 ENTER 722;A !ВВОД ОТКЛИКА

30 PRINT A !ПЕЧАТЬ ЗНАЧЕНИЯ

40 END

## END

Команда END включает или отключает функцию End Or Identify (EOI, конец или идентификация) интерфейса GPIB.

### Синтаксис

END [control]

control    Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Строка EOI никогда не получает значение true                                                                                                                                                                       |
| ON               | 1                           | Для нескольких отсчетов (SWEEP или NRDGS >1) строка EOI получает значение true с последним байтом последнего отсчета. Для отдельных отсчетов строка EOI получает значение true с последним байтом данного отсчета. |
| ALWAYS           | 2                           | Строка EOI получает значение true при отправке последнего байта каждого отсчета.                                                                                                                                   |

control при включении питания = OFF.

control начальный = ALWAYS.

### Примечания

- Каждая строка данных отсчета, выводимая по шине GPIB в формате ASCII, обычно сопровождается символами cr,lf (возврата каретки, перевода строки). Символы cr lf означают конец передачи данных для большинства контроллеров. Для выводимых данных отсчетов в каком-либо другом формате символы cr lf в конце строки не используются. При использовании формата вывода данных ASCII и запросе из памяти отсчетов нескольких отсчетов с помощью команды RMEM мультиметр разделяет эти отсчеты символом запятой. В этом случае символы cr,lf используются только однократно после последнего отсчета в группе запрашиваемых отсчетов. Запятые не используются при выводе данных отсчетов непосредственно через шину (при отключенной памяти отсчетов), когда отсчеты запрашиваются в режиме «косвенного чтения» и при использовании других форматов вывода данных.



- Сведения о реакции компьютера на строку EOI см. в соответствующем руководстве к компьютеру.
- Если команда END ALWAYS используется для высокоскоростного режима, при сборе отсчетов режим EOI автоматически заменяется на ON. По завершении сбора отсчетов режим EOI возвращается к значению ALWAYS. Дополнительные сведения о высокоскоростном режиме см. в разделе «Повышение скорости сбора отсчетов» в Главе 4.
- **Команда запроса:** Команда запроса END? возвращает текущий режим EOI. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** OFORMAT

#### Пример

```
OUTPUT 722;"END ALWAYS" !ВКЛЧЕНИЕ EOI ИНТЕРФЕЙСА GPIB
```

## ERR?

**Запрос ошибки.** При возникновении ошибки в регистре устанавливается соответствующий разряд, и загорается индикатор ERR на дисплее. Команда ERR? возвращает число, представляющее все установленные разряды, очищает регистр и отключает индикатор. Возвращаемое число соответствует взвешенной сумме всех разрядов.

#### Синтаксис

ERR?

#### Условия ошибки

Условия ошибки и соответствующие взвешенные значения:

| Взвешенное значение | Номер разряда | Условия ошибки                                                                                 |
|---------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 0             | Аппаратная ошибка (для получения дополнительных сведений см. описание команды <b>AUXERR?</b> ) |
| 2                   | 1             | Ошибка калибровки                                                                              |
| 4                   | 2             | Ошибка превышения скорости запуска                                                             |

| Взвешенное значение | Номер разряда | Условия ошибки                                                                                                                                                                           |
|---------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8                   | 3             | Ошибка синтаксиса                                                                                                                                                                        |
| 16                  | 4             | Запрещенная команда в дистанционном режиме (команда ADDRESS)                                                                                                                             |
| 32                  | 5             | Получение неопределенного параметра                                                                                                                                                      |
| 64                  | 6             | Выход параметра за пределы диапазона                                                                                                                                                     |
| 128                 | 7             | Ошибка памяти                                                                                                                                                                            |
| 256                 | 8             | Обнаружение разрушающей перегрузки                                                                                                                                                       |
| 512                 | 9             | Нарушение калибровки                                                                                                                                                                     |
| 1024                | 10            | Требуется калибровки                                                                                                                                                                     |
| 2048                | 11            | Конфликт настроек (неверная настройка памяти для субдискретизации)                                                                                                                       |
| 4096                | 12            | Математическая ошибка (деление 0, переполнение целочисленного значения и пр.)                                                                                                            |
| 8192                | 13            | Ошибка подпрограммы (вызов удаленной подпрограммы; команда CONT с PAUSE, SUBEND или PAUSE, разрешенная только в подпрограмме; команда SCRATCH, DELSUB, CONT, запрещенная в подпрограмме) |
| 16384               | 14            | Системная ошибка                                                                                                                                                                         |

### Примечания

- Команда RR? возвращает 0, если разряды ошибки не установлены.
- Если установлен разряд 0 (вес = 1), см. реестр дополнительных ошибок (команда **AUXERR?**) для получения дополнительных сведений.
- При выполнении команды ERR? очищается разряд ошибки (разряд 5) в регистре состояний.
- **Связанные команды:** AUXERR?, EMASK, ERRSTR?

### Пример

```

10 OUTPUT 722;"ERR?" !ЧТЕНИЕ И ОЧИСТКА РЕГИСТРА ОШИБОК
20 ENTER 722;A !ВВОД ВЗВЕШЕННОЙ СУММЫ В ПЕРЕМЕННУЮ A
30 PRINT A!ПЕЧАТЬ ОТВЕТА
40 END

```



## ERRSTR?

**Запрос строки ошибки.** Команда ERRSTR? считывает наименее значимый разряд, установленный в регистре ошибок или дополнительном регистре ошибок, а затем очищает этот разряд. Команда ERRSTR? возвращает два отклика, разделенных запятой. Первый отклик — это число ошибки (серия 100 = регистр ошибок; серия 200 = дополнительный регистр ошибок), а второй отклик — это сообщение (строка) с описанием ошибки.

### Синтаксис

ERRSTR?

### Примечания

- Максимальная длина строки, возвращаемой командой ERRSTR?, составляет 255 символов.
- Команда ERRSTR? считывает и очищает только наименее значимый разряд в регистре. Если в регистре установлено несколько разрядов, следует выполнить команду ERRSTR? несколько раз, чтобы считать и очистить каждый разряд. После просмотра и очистки всех установленных разрядов или при отсутствии установленных разрядов в регистре по команде ERRSTR? возвращается ответ 0, "NO ERROR". После очистки регистра ошибок и дополнительного регистра ошибок разряд ошибки в регистре состояний (разряд 5) также очищается.
- Если в регистре ошибок установлен разряд 0, это означает, что в дополнительном регистре ошибок установлен один или несколько разрядов. В этом случае команда ERRSTR? сначала считывает и очищает каждый установленный разряд в дополнительном регистре ошибок. После того, как все дополнительные ошибки считаны, разряд 0 в регистре ошибок очищается, и команда ERRSTR? становится доступной для считывания всех оставшихся ошибок регистра ошибок.
- **Связанные команды:** AUXERR?, EMASK, ERR?, QFORMAT



### Пример

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM A$(200) !ПЕРЕМЕННАЯ РАЗМЕРНОСТИ СТРОКИ
30 OUTPUT 722;"ERRSTR?"!ПРОСМОТР СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКЕ
40 ENTER 722; A,A$!ВВОД ЧИСЛОВОГО ЗНАЧЕНИЯ В А И СТРОКИ В А$
50 PRINT A,A$!ПЕЧАТЬ ОТКЛИКОВ
60 IF A>0 THEN GOTO 30 !ЦИКЛ ДЛЯ КАЖДОЙ ОШИБКИ
70 END

```

## EXTOUT

**Внешний выход.** Задаёт событие для генерации сигнала на разъём Ext Out задней панели (сигнал EXTOUT). С помощью этой команды задаётся также полярность сигнала EXTOUT.

### Синтаксис

EXTOUT [event][,polarity]

event    Варианты значений параметра event:

| Параметр event | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF            | 0                           | Сигнал не подаётся; разъём EXTOUT отключен                                                                                                                                                               |
| ICOMP          | 1                           | Завершение ввода (импульс длительностью 1 мкс после интеграции всех отсчетов в АЦП или, в случае непосредственной или субдискретизации, после получения входного сигнала трактом слежения и запоминания) |
| ONCE           | 2                           | Подает на выход импульс длительностью 1 мкс после выполнения команды EXTOUT ONCE, после чего событие возвращается к значению OFF                                                                         |
| APER           | 3                           | Форма сигнала апертуры (уровня, указывающего момент измерения АЦП)                                                                                                                                       |
| BCOMP          | 4                           | Завершение пакета (импульс длительностью 1 мкс после группы отсчетов)                                                                                                                                    |



| Параметр event | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                                                                            |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SRQ            | 5                           | Возникновение события состояния (импульс длительностью 1 мкс при возникновении события регистра состояний, которые было добавлено для приема команды SRQ интерфейса GPIB). (См. ниже примечание 2.) |
| RCOMP          | 6                           | Завершение сбора отсчетов (импульс длительностью 1 мкс после каждого отсчета)                                                                                                                       |

event при включении питания = ICOMP.

event начальное = ICOMP.

polarity задает полярность сигнала EXTOUT. Возможные варианты:

| Параметр polarity | Числовой эквивалент запроса | Описание                              |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| NEG               | 0                           | Генерация сигнала TTL низкого уровня  |
| POS               | 1                           | Генерация сигнала TTL высокого уровня |

polarity при включении питания = NEG.

polarity начальная = NEG.

### Примечания

- Все события, кроме APER, приводят к генерации импульса длительностью 1 мкс на разъем EXTOUT. Если выбрано значение APER, на выход подается непосредственно форма сигнала апертуры АЦП. Передний фронт сигнала EXTOUT является откликом на событие. См. раздел «Сигнал EXTOUT» в Главе 4 для получения подробных сведений об указанных выше событиях.
- Когда событием состояния устанавливается разряд SRQ в регистре состояний, этот разряд не сбрасывается до его стирания (например, с помощью команды CSB). Если указан такой режим, при возникновении любого события запуска, которое было включено для приема SQR (команда RQS), формируется импульс EXTOUT SRQ. Импульс EXTOUT

SRQ не обязательно формируется при установке разряда SRQ. Он формируется при возникновении включенного события состояния.

- **Команда запроса:** команда запроса EXTOUT? возвращает два отклика, разделенных запятой. Первый отклик — это текущее значение события EXTOUT. Второй отклик — параметр polarity. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** NRDGS, SRQ, STB?, SWEEP, TBUFF

### Пример

OUTPUT 722;"EXTOUT APER" !ЗАДАЕТ ЗНАЧЕНИЕ ФОРМЫ СИГНАЛА АПЕРТУРЫ ДЛЯ СОБЫТИЯ EXTOUT

## FIXEDZ

Команда FIXEDZ включает или отключает функцию фиксированного входного сопротивления для измерений напряжения постоянного тока. Если эта функция включена, мультиметр поддерживает входное сопротивление на уровне 10 МОм для всех диапазонов. Это позволяет предотвратить влияние изменения входного сопротивления (из-за изменения диапазонов) на результаты измерений напряжения постоянного тока.

### Синтаксис

FIXEDZ [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                 | Входное сопротивление                                    |                                      |
|------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                  |                             |                          | Диапазон напряжения пост. тока 0,1 В, 1 В, 10 В и 1000 В | Диапазон напряжения пост. тока 100 В |
| OFF              | 0                           | Функция FIXEDZ отключена | >10 ГОм                                                  | 10 МОм                               |
| ON               | 1                           | Функция FIXEDZ включена  | 10 МОм                                                   | 10 МОм                               |

control при включении питания = OFF.

control начальный = ON.



### Примечания

- Функция FIXEDZ остается включенной при переключении с измерений напряжения постоянного тока на измерения сопротивления по 2-проводной или 4-проводной схеме. Результаты измерений сопротивления при включенной функции FIXEDZ будут содержать ошибки, т. к. входное сопротивление мультиметра составляет 10 МОм параллельно входным разъемам.
- Функция FIXEDZ временно отключается при переходе от измерений напряжения постоянного тока к измерениям напряжения переменного тока, переменного и постоянного тока, силы тока, частоты или периода. Например, если функция FIXEDZ включена и выполняется переход от измерений напряжения постоянного тока к измерениям напряжения переменного тока, функция FIXEDZ отключается. При возврате к измерению напряжения постоянного тока функция FIXEDZ будет снова включена.
- **Команда запроса:** Команда запроса FIXEDZ? возвращает текущий режим фиксированного входного сопротивления. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** DCV, FUNC, OHM, OHMF

### Пример

OUTPUT 722; "FIXEDZ ON" !ВКЛЮЧЕНИЕ ФИКСИРОВАННОГО ИМПЕДАНСА

## FREQ

**Частота.** Содержит инструкцию для мультиметра измерить частоту входного сигнала. С помощью команды FSOURCE необходимо указать тип входного сигнала: напряжение переменного тока, напряжение переменного и постоянного тока, сила переменного тока или сила переменного и постоянного тока.

### Синтаксис

FREQ [max.\_input][, %\_resolution]

**max.\_input** Позволяет выбрать фиксированный диапазон или режим автоматического выбора диапазона. Диапазоны соответствуют типу входного сигнала, указанного с помощью команды FSOURCE. Например, если задан входной сигнал ACV, параметр max.\_input указывает диапазон измерения напряжения переменного тока. Чтобы выбрать фиксированный диапазон, следует указать абсолютное значение max.\_input (не отрицательное число) ожидаемой пиковой величины входного сигнала. При этом мультиметром выбирается подходящий диапазон. Таблицы с диапазонами, доступными для каждого типа входного сигнала, см. в описании команд **FUNC** или **RANGE**.

Чтобы выбрать режим автоматического выбора диапазона, укажите значение AUTO для параметра max.\_input или установите значение по умолчанию. В режиме автоматического выбора диапазона мультиметр выполняет дискретизацию входного сигнала перед каждым измерением частоты и выбирает соответствующий диапазон.

max.\_input при включении питания = неприменимо.

max.\_input начальный = AUTO.

**%\_resolution** Параметр %\_resolution задает точность измерений в десятичных разрядах и время счета, как показано ниже (%\_resolution также влияет на частоту отсчетов; для получения дополнительных сведений см. «Приложение А: Технические характеристики» на странице 447).



| Параметр %_resolution | Выбор времени счета | Разряды разрешения |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 0,00001               | 1 с                 | 7                  |
| 0,0001                | 100 мс              | 7                  |
| 0,001                 | 10 мс               | 6                  |
| 0,01                  | 1 мс                | 5                  |
| 0,1                   | 100 мкс             | 4                  |

%\_resolution при включении питания = неприменимо.

%\_resolution начальная = 0,00001

### Примечания

- Скорость отсчетов — наибольшее из следующих значений: 1 период входного сигнала, время счета или период считывания по умолчанию (1,2 с).
- Измерения частоты (и периода) выполняются с использованием цепи определения уровня, которая позволяет определить, когда входной сигнал пересекает заданный уровень напряжения на положительном или отрицательном фронте. (По этой причине при измерениях частоты или периода нельзя использовать событие запуска или дискретизации LEVEL и событие запуска LINE.) Значение для запуска по уровню при включении питания или начальное — 0 В, положительный фронт. Управлять величиной напряжения и типом связи для запуска по уровню можно с помощью команды LEVEL. Задать положительный или отрицательный фронт можно с помощью команды SLOPE.
- Самый левый десятичный разряд (с диапазоном в половину разряда для большинства других функций измерений) является полнодиапазонным (0–9) при измерениях частоты.
- Сбор отсчетов при включенном автоматическом выборе диапазоне занимает больше времени, т. к. в паузах между измерениями частоты выполняется дискретизация входного сигнала (для определения подходящего уровня).
- При измерениях частоты (и периода) индикация перегрузки указывает, что амплитуда напряжения или тока слишком велика для заданного диапазона измерений. Однако это не означает, что подаваемая частота (или период) имеет слишком большое значение для измерений.
- **Связанные команды:** ACBAND, FSOURCE, FUNC, LFILTER, PER, RES

### Пример

10 OUTPUT 722;"FSOURCE ACI" !ВЫБОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ВХОДНОГО СИГНАЛА

20 OUTPUT 722;"FREQ .01,.001" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ЧАСТОТЫ, ДИАПАЗОН 10 МА,

25 !ВРЕМЯ СЧЕТА 10 мс, ТОЧНОСТЬ 5 РАЗРЯДОВ

30 END

## FSOURCE

**Источник для измерений частоты.** Задаёт тип сигнала, используемого в качестве входного для измерений частоты или периода.

### Синтаксис

FSOURCE [source]

source    Варианты значений параметра source:

| Параметр source | Числовой эквивалент запроса | Описание (возможности измерений)                                                 |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ACV             | 2                           | Напряжение переменного тока (FREQ 1 Гц – 10 МГц; PER 100 нс – 1 с)               |
| ACDCV           | 3                           | Напряжение переменного и постоянного тока (FREQ 1 Гц — 10 МГц; PER 100 нс — 1 с) |
| ACI             | 7                           | Сила переменного тока (FREQ 1 Гц — 100 кГц; PER 10 мкс — 1 с)                    |
| ACDCI           | 8                           | Сила переменного и постоянного тока (FREQ 1 Гц— 100 кГц; PER 10 мкс — 1 с)       |

source при включении питания = ACV.

source начальный = ACV.

### Примечания

- **Команда запроса:** команда запроса FSOURCE? возвращает текущий источник для измерений частоты. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** FREQ, FUNC, PER



## Пример

```

10 OUTPUT 722;"FSOURCE ACDCI" !ВЫБОР ACDCI В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА
 ВХОДНОГО СИГНАЛА
20 OUTPUT 722;"FREQ .1,.9=01" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ЧАСТОТЫ, ДИАПАЗОН 100 МА,
25 !ВРЕМЯ СЧЕТА 1 мс, ТОЧНОСТЬ 4 РАЗРЯДА
30 END

```

## FUNC

**Функция.** Позволяет выбрать тип измерений (напряжение переменного тока, сила постоянного тока и т. д.). Позволяет также указать диапазон и точность измерений. (Заголовок команды FUNC не является обязательным и может быть пропущен.)

## Синтаксис

```
FUNC [function][,max._input][,_%_resolution]
```

или

```
[FUNC] function[,max._input][,_%_resolution]
```

**function** Параметр function задает тип измерений. Варианты значений параметра:

| Параметр function | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                  |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| DCV               | 1                           | Измерения постоянного напряжения                                                          |
| ACV               | 2                           | Измерения напряжения переменного тока (этот режим задается командой SETACV)               |
| ACDCV             | 3                           | Измерения напряжения переменного и постоянного тока (этот режим задается командой SETACV) |
| OHM               | 4                           | Измерения сопротивления по 2-проводной схеме                                              |
| OHMF              | 5                           | Измерения сопротивления по 4-проводной схеме                                              |
| DCI               | 6                           | Измерения силы постоянного тока                                                           |



| Параметр function   | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                  |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ACI                 | 7                           | Измерения силы переменного тока                           |
| ACDCI               | 8                           | Измерения силы переменного и постоянного тока             |
| FREQ <sup>[a]</sup> | 9                           | Измерения частоты                                         |
| PER <sup>[a]</sup>  | 10                          | Измерения периода                                         |
| DSAC <sup>[a]</sup> | 11                          | Непосредственная дискретизация, связь по переменному току |
| DSDC <sup>[a]</sup> | 12                          | Непосредственная дискретизация, связь по постоянному току |
| SSAC <sup>[a]</sup> | 13                          | Субдискретизация, связь по переменному току               |
| SSDC <sup>[a]</sup> | 14                          | Субдискретизация, связь по постоянному току               |

[a] Поскольку для описания этих функций необходимы дополнительные пояснения, они представлены отдельно в этой главе. Для получения дополнительных сведений см. описание соответствующей команды: **DSAC**, **DSDC**, **FREQ**, **PER** или **SSAC**, **SSDC**.

function при включении питания = DCV.

function начальный = DCV.

**max.\_input** Позволяет выбрать фиксированный диапазон или режим автоматического выбора диапазона. Чтобы выбрать фиксированный диапазон, следует указать абсолютное значение **max.\_input** (не отрицательное число) максимальной ожидаемой амплитуды входного сигнала (или максимальное сопротивление при измерениях сопротивления). При этом мультиметром выбирается правильный диапазон.

Чтобы выбрать режим автоматического выбора диапазона, укажите значение **AUTO** для параметра **max.\_input** или установите значение по умолчанию. В режиме автоматического выбора диапазона мультиметр выполняет дискретизацию входного сигнала перед каждым измерением и выбирает соответствующий диапазон.

- В представленных ниже таблицах приводятся значения параметра **max.\_input** и диапазоны, соответствующие им для каждой функции измерений.



Для DCV:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон     | Полная<br>шкала |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический<br>диапазон |                 |
| от 0 до 0,12          | 100 мВ                     | 120 мВ          |
| от >0,12 до 1,2       | 1 В                        | 1,2 В           |
| от >1,2 до 12         | 10 В                       | 12 В            |
| от >12 до 120         | 100 В                      | 120 В           |
| от >120 до 1E3        | 1000 В                     | 1050 В          |

Для ОНМ или ОНMF:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон     | Полная<br>шкала |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический<br>диапазон |                 |
| от 0 до 12            | 10 Ом                      | 12 Ом           |
| от >12 до 120         | 100 Ом                     | 120 Ом          |
| от >120 до 1,2E3      | 1 кОм                      | 1,2 кОм         |
| от >1,2E3 до 1,2E4    | 10 кОм                     | 12 кОм          |
| от >1,2E4 до 1,2E5    | 100 кОм                    | 120 кОм         |
| от >1,2E5 до 1,2E6    | 1 МОм                      | 1,20 МОм        |
| от >1,2E6 до 1,2E7    | 10 МОм                     | 12 МОм          |
| от >1,2E7 до 1,2E8    | 100 МОм                    | 120 МОм         |
| от >1,2E8 до 1,2E9    | 1 ГОм                      | 1,2 ГОм         |

Для ACV или ACDCV:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон     | Полная<br>шкала |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический<br>диапазон |                 |
| от 0 до 0,012         | 10 мВ                      | 12 мВ           |
| от >0,012 до 0,12     | 100 мВ                     | 120 мВ          |
| от >0,12 до 1,2       | 1 В                        | 1,2 В           |
| от >1,2 до 120        | 10 В                       | 12 В            |
| от >120 до 1E3        | 100 В                      | 120 В           |
|                       | 1000 В                     | 1050 В          |

Для DCI:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон     | Полная<br>шкала |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический<br>диапазон |                 |
| от 0 до 0,12E-6       | 0,1 мкА                    | 0,12 мкА        |
| от >0,12E-6 до 1,2E-6 | 1 мкА                      | 1,2 мкА         |
| от >1,2E-6 до 12E-6   | 10 мкА                     | 12 мкА          |
| от >12E-6 до 120E-6   | 100 мкА                    | 120 мкА         |
| от >120E-6 до 1,2E-3  | 1 mA                       | 1,2 mA          |
| от >1,2E-3 до 12E-3   | 10 mA                      | 12 mA           |
| от >12E-3 до 120E-3   | 100 mA                     | 120 mA          |
| от >120E-3 до 1,2     | 1 mA                       | 1,05 A          |

Для ACI или ACDCI:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон     | Полная<br>шкала |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический<br>диапазон |                 |
| от 0 до 0,120E-6      | 100 мкА                    | 120 мкА         |
| от >120E-6 до 1,2E-3  | 1 мА                       | 1,2 мА          |
| от >1,2E-3 до 12E-3   | 10 мА                      | 12 мА           |
| от >12E-3 до 120E-3   | 100 мА                     | 120 мА          |
| от >120E-3 до 1,2     | 1 А                        | 1,05 А          |

Для SSAC или SSDC:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон | Полная<br>шкала |
|-----------------------|------------------------|-----------------|
| от 0 до 0,012         | 10 мВ                  | 12 мВ           |
| от >0,012 до 0,120    | 100 мВ                 | 120 мВ          |
| от >0,120 до 1,2      | 1 В                    | 1,2 В           |
| от >1,2 до 12         | 10 В                   | 12 В            |
| от >12 до 120         | 100 В                  | 120 В           |
| от >120 до 1E3        | 1000 В                 | 1050 В          |

Для DSAC или DSDC:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон | Полная шкала   |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|
|                       |                        | Формат<br>SINT | Формат<br>DINT |
| от 0 до 0,012         | 10 мВ                  | 12 мВ          | 50 мВ          |
| от >0,012<br>до 0,120 | 100 мВ                 | 120 мВ         | 500 мВ         |
| от >0,120<br>до 1,2   | 1 В                    | 1,2 В          | 5,0 В          |
| от >1,2 до 12         | 10 В                   | 12 В           | 50 В           |
| от >12<br>до 120      | 100 В                  | 120 В          | 500 В          |
| от >120<br>до 1E3     | 1000 В                 | 1050 В         | 1050 В         |

max\_input при включении питания = AUTO.

max\_input начальный = AUTO.

**%\_resolution** Для большинства функций измерений параметр **%\_resolution** указывается как процент от параметра **max\_input**. (См. описание команд **FREQ** и **PER**, где содержатся таблицы, в которых отражено влияние параметра **%\_resolution** на измерения частоты и периода; параметр **%\_resolution** игнорируется, если параметр **function** имеет значение DSAC, DSDC, SSAC или SSDC.)



Для всех функций, кроме `FREQ`, `PER`, `DSAC`, `DSDC`, `SSAC` и `SSDC`, мультиметр определяет точность измерений путем умножения `%_resolution` на `max._input`. Например, предположим, что выполняются измерения напряжения постоянного тока, при этом максимальная ожидаемая величина входного сигнала — 10 В, а требуемая точность — 1 мВ. Для определения значения параметра `%_resolution` используется следующая формула:

$$\begin{aligned} \%\_resolution &= \\ &= (\text{фактическое разрешение/максимальное входное значение}) \times 100 \end{aligned}$$

В данном примере уравнение дает следующий результат:

$$\%\_resolution = (0,001/10) \times 100 = 0,0001 \times 100 = 0,01$$

#### ПРИМЕЧАНИЕ

При автоматическом выборе диапазона мультиметр умножает значение параметра `%_resolution` на полную шкалу выбранного диапазона. В результате получается минимальное разрешение. Мультиметр всегда обеспечивает минимальное разрешение, а во многих случаях также дополнительные разряды.

`%_resolution` при включении питания = нет. При включении питания разрешение определяется с помощью команды `NPLC`, которая дает 8½ разрядов. (Значение `NDIG` при включении питания скрывает 1 разряд дисплея, поэтому мультиметр отображает только 7½ разрядов. Для отображения всех 8½ разрядов можно использовать команду `NDIG 8`; см. описание команды **NDIG** для получения дополнительных сведений.)

`% resolution` начальное: Для измерений частоты или периода начальное значение `%_resolution` составляет 0,00001; при этом время счета составляет 1 с, а разрешение — 7 разрядов.

При измерениях в режиме `ACV` или `ACDCV` с оцифровкой начальное значение `%_resolution` составляет 0,01 % для `SETACV SYNC` или 0,4 % для `SETACV RNDM`.

Для всех остальных функций измерений начальное разрешение определяется текущим временем интегрирования.

## Примечания

- **Команда запроса:** Команда запроса FUNC? возвращает два отклика, разделенных запятой. Первый из них — текущая функция измерений. Второй — текущий диапазон измерений (фактический, а не заданный в параметре max.\_input). Команда запроса FUNC? не возвращает сведения о режиме автоматического выбора диапазона. Для этого служит запрос ARANGE?. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** ACDCI, ACDCV, ACI, ACV, APER, DCI, DCV, DSAC, DSDC, FREQ, OHM, OHMF, PER, RATIO, NPLC, RES, SETACV, SSAC, SSSC

## Примеры

В следующей программе строка 10 позволяет параметру %\_resolution в строке 20 определять значение разрешения. Разрешение, заданное в строке 20, составляет  $6 \text{ В} \times 0,0000167 = 100 \text{ мкВ}$ .

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0" !УКАЗАНИЕ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРИОДОВ
```

```
20 OUTPUT 722;"FUNC DCV,6,.00167" !ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТ. ТОКА, МАКС. 6 В,
```

```
30 END !РАЗРЕШЕНИЕ 100 мкВ
```

В следующей программе строка 10 задает количество периодов, равное 1000. Оно соответствует максимальному разрешению (7,5 разрядов) и не позволяет параметру %\_resolution в строке 20 влиять на измерения. Запрашиваемое разрешение из строки 20 составляет 10 мкОм. Однако в результате действия строки 10 фактическое разрешение равно 100 мкОм.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1000" !УКАЗАНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРИОДОВ
```

```
20 OUTPUT 722;"FUNC OHM,1E3,.001" !ВЫБОР 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ,
```

```
30 END !МАКС. 1 КОМ, РАЗРЕШЕНИЕ 10 МОм
```



## ID?

**Запрос идентификации.** В ответ на команду ID? мультиметр отправляет строку "Keysight 3458A". Эта функция позволяет контроллеру GPIB обнаружить мультиметр по адресу.

## Синтаксис

ID?

## Примечания

– **Связанные команды:** ADDRESS, QFORMAT

## Пример

```
10 OUTPUT 722;"ID?" !ВОЗВРАЩЕНИЕ ОТКЛИКА
20 ENTER 722;A$!ВВОД ОТЛИКА В ПЕРЕМЕННУЮ A$ КОМПЬЮТЕРА
30 PRINT A$!ПЕЧАТЬ ОТКЛИКА
40 END
```

## INBUF

**Входной буфер.** Включает или отключает входной буфер мультиметра. Включенный входной буфер временно хранит команды, полученные по шине GPIB. Это позволяет выводить шину из режима ожидания сразу после получения команды, благодаря чему контроллер может выполнять другие задачи, пока мультиметр выполняет сохраненную команду.

## Синтаксис

INBUF [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                      |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключает входной буфер; команды принимаются, только если мультиметр не занят |
| ON               | 1                           | Включает входной буфер; команды сохраняются, немедленно освобождая шину       |

control при включении питания = OFF.

control начальное = ON.

### Примечания

- Отключение входного буфера приводит к незначительному ухудшению характеристик быстродействия, однако полезно для синхронизации работы шины. Если входной буфер отключен, мультиметр принимает только одну команду и не выводит шину из режима ожидания до завершения выполнения полученной команды. Благодаря этому последующие команды, отправленные на другие подключенные к шине устройства выполняются только после того, как мультиметр завершил выполнение своих команд.
- При включении входного буфера мультиметр сохраняет входящие сообщения и выводит шину GPIB из режима ожидания сразу после завершения передачи сообщения. Это позволяет контроллеру связываться с другими подключенными к шине устройствами, пока мультиметр выполняет свои команды. Однако при этом может нарушиться синхронизация с другими подключенными к шине устройствами, если они выполняют свои инструкции до того, как мультиметр выполнит свои инструкции. В этом случае выполнение команд мультиметром можно отслеживать с помощью разряда готовности в регистре состояний (посредством команды Serial Poll).
- При получении последовательности команд длиной более 255 символов входной буфер заполняется, и мультиметр останавливает работу шины до выполнения первых из полученных команд. Оставшаяся часть сообщения помещается в буфер по мере его освобождения.
- **Команда запроса:** Команда запроса INBUF? возвращает текущий режим работы входного буфера. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.

### Пример

Приведенная ниже программа позволяет включить входной буфер до выполнения всех процедур автокалибровки. Это позволяет освободить шину на время выполнения автокалибровки, которая занимает около 11 минут.

```
10 OUTPUT 722;"INBUF ON" !ВКЛЮЧЕНИЕ ВХОДНОГО БУФЕРА
```

```
20 OUTPUT 722;"ACAL ALL" !АВТОКАЛИБРОВКА (ЗАНИМАЕТ >11 МИН.)
```

```
30 END
```



## ISCALE?

**Запрос коэффициента масштабирования целочисленного формата.** Возвращает значение коэффициента масштабирования для выводимых данных отсчетов в форматах SINT или DINT.

Синтаксис

ISCALE?

Примечания

- Для форматов вывода ASCII, SREAL и DREAL коэффициент масштабирования всегда равен 1.
- Выводимые данные отсчетов в форматах SINT или DINT (см. описание команды **OFORMAT**) сначала сжимаются мультиметром, чтобы их можно было вывести как целые числа. Умножение данных отсчетов на значение, возвращенное запросом ISCALE?, позволяет восстановить их фактические значения. Коэффициент масштабирования определяется конфигурацией мультиметра, действующей при выполнении команды ISCALE?, т. е. функцией измерений, диапазоном и временем интегрирования. Таким образом, конфигурация мультиметра должна совпадать в тот момент, когда был получен коэффициент масштабирования, и в тот момент, когда были получены данные отсчетов. Коэффициент масштабирования можно получить после настройки мультиметра, но до запуска сбора отсчетов или же сразу после завершения сбора отсчетов.
- Для измерений частоты или периода при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки (за исключением STAT или PFAIL), а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат вывода или памяти SINT или DINT не следует.
- **Связанные команды:** OFORMAT, SSAC, SSSC



## Примеры

### Пример формата SINT

В приведенной ниже программе представлен вывод 10 отсчетов в формате SINT, извлечение коэффициента масштабирования и умножение значений всех отсчетов на его значение.

```

10 OPTION BASE 1 !ИУЕМРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Int_rdgs (1:10) BUFFER !СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО МАССИВА
 ДЛЯ БУФЕРА
30 REAL Rdgs(1:10) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ
40 Num_readings=10! КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 10
50 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ БУФЕРА
 ВВОДА/ВЫВОДА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS ";Num_readings
75 !TARM AUTO, TRIG SYN, ФОРМАТ ВЫВОДА SINT, МИН. ВРЕМЯ
 ИНТЕГРИРОВАНИЯ
80 TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ
81 !ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
 КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С
85 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ
 ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
90 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА SINT
100 ENTER @Dvm;S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 Rdgs(I)=Int_rdgs(I) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
 В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
125 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
 ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
130 R=ABS(Rdgs(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
 ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
140 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLД" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
150 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S !УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ
 КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
160 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
170 NEXT I
180 END

```



## Пример формата DINT

Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней производится сбор 50 отсчетов и их передача в компьютер в формате DINT.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings,I,J,K !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_readings=50 !КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[4*Num_readings] !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;OFORMAT DINT;NRDGS ";
 Num_readings
75 !TARM AUTO, TRIG SYN, ДИАПАЗОН DCV ДО 10 В, ФОРМАТ ВЫВОДА DINT,
 NRDGS 50,AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !СОБЫТИЕ SYN,ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ
90 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА DINT
100 ENTER @Dvm;S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K !ВВОД ОДНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 16-РАЗРЯДНОГО ЗНАЧЕНИЯ
121 !В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K(# = ТЕРМИНАТОР ДЛЯ КОМАНДЫ НЕ
125 !ТРЕБУЕТСЯ. W= ВВОД ДАННЫХ В ФОРМАТЕ 16-РАЗРЯДНОГО
 ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ)
130 Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0)) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ
 ЧИСЛО
140 R=ABS(Rdgs(I))!ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
 ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
150 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLД" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S !ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !ОКРУГЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОГО ЗНАЧЕНИЯ
180 PRINT Rdgs(I) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
190 NEXT I
200 END

```

## LEVEL

Команда LEVEL позволяет задать напряжение для запуска по уровню (в виде процента от текущего диапазона) и тип связи (по переменному или постоянному току). Событие запуска по уровню происходит, когда входной сигнал достигает заданного уровня на положительном или отрицательном фронте, как указано в команде SLOPE.

### Синтаксис

LEVEL [percentage][,coupling]

**percentage** Процент от текущего диапазона для запуска по уровню. Допустимый диапазон для этого параметра: от -500 % до +500 % с шагом 5 % для непосредственной или субдискретизации или от -120 % до 120 % с шагом 1 % для напряжения постоянного тока (см. [Главу 5](#) для получения дополнительных сведений).

percentage при включении питания = 0% (0 В).

percentage начальный = 0% (0 В).

Полномасштабные значения при непосредственной дискретизации на 500 % (в 5 раз) превышают диапазоны до 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В и 100 В. Указывая напряжение для запуска по уровню, используйте процент от диапазона измерений. Например, пиковое значение входного сигнала составляет 20 В и используется диапазон до 10 В. Чтобы запуск по уровню выполнялся при 15 В следует указать значение 150 % для запуска по уровню (команда LEVEL 150).

**coupling** Параметр coupling позволяет выбрать тип связи для сигнала только для цепи определения уровня. Это никак не повлияет на тип связи для измеряемого сигнала.

| Параметр coupling | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                       |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| DC (ПТ)           | 1                           | Вход со связью по постоянному току для цепи определения уровня |
| AC                | 2                           | Вход со связью по переменному току для цепи определения уровня |

coupling при включении питания = AC.

coupling начальный = AC.



### Примечания

- Запуск по уровню можно использовать при измерениях напряжения постоянного тока, непосредственной или субдискретизации. (Команда LEVEL влияет также на порог пересечения нулевого уровня и тип связи для входного сигнала при измерениях частоты или периода.) При измерениях постоянного напряжения и непосредственной дискретизации запуск по уровню можно использовать в качестве события запуска (команда TRIG LEVEL) или события дискретизации (команда NRDGS n, LEVEL). При субдискретизации запуск по уровню можно использовать только как событие синхронизации с сигналом источника (команда SSRC LEVEL).
- Вследствие гистерезиса фактическое значение запуска по уровню — это заданный процент  $\pm 4$  % от диапазона измерений.
- Если запуск по уровню используется для измерений постоянного напряжения, следует отключить функцию автоматической установки нуля (команда AZERO OFF). (Эта функция не применяется для непосредственной или субдискретизации.)
- **Команда запроса:** команда запроса LEVEL? возвращает два результата, разделенных запятой. Первый результат — это текущее значение параметра percentage. Второй результат — текущий тип связи. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** DCV, DSAC, DSDC, LFILTER, NRDGS, SETACV, SYNC, SLOPE, SSAC, SSDC, SSRC, TRIG

### Пример

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD" !ПРИОСТАНОВКА ЗАПУСКА
20 OUTPUT 722;"PRESET DIG" !БЫСТРЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТ. НАПРЯЖЕНИЯ,
 ДИАПАЗОН ДО 10 В
30 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL" !ВЫБОР СОБЫТИЯ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ
40 OUTPUT 722;"SLOPE POS" !ЗАПУСК ПРИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ФРОНТЕ
 СИГНАЛА
50 OUTPUT 722;"LEVEL 50,AC" !ЗАПУСК ПРИ 50% ОТ ДИАПАЗОНА ДО 10 В (5 В),
 СВЯЗЬ ПО ПЕРЕМ. ТОКУ
60 END

```

## LFILTER

**Фильтрация по уровню.** Включает или отключает функцию фильтрации по уровню. Если эта функция включена, она соединяет цепь однополюсного фильтра низких частот со входом цепи определения уровня. Фильтр нижних частот дает ослабление 3 дБ при 75 кГц и предотвращает ложный запуск из-за высокочастотных компонент.

Синтаксис

LFILTER [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                   |
|------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключение фильтрации по уровню; фильтрация не выполняется |
| ON               | 1                           | Включение фильтрации по уровню                             |

control при включении питания = OFF.

control начальное = ON.

Примечания

- Фильтрацию по уровню можно использовать при запуске по уровню для измерений постоянного напряжения, непосредственной или субдискретизации. Фильтрацию по уровню можно также использовать для снижения чувствительности к шуму при измерениях частоты и периода или при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей синхронным способом (команда SETACV SYNC).
- **Команда запроса:** команда запроса LFILTER? возвращает текущий режим фильтрации по уровню. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** DCV, DSAC, DSDC, FREQ, LEVEL, NRDGS, PER, SETACV, SYNC, SLOPE, SSAC, SSDC, SSRC, TRIG

Пример

OUTPUT 722;"LFILTER ON" !ВКЛЮЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ПО УРОВНЮ



## LFREQ

Команда LFREQ позволяет установить значение опорной частоты АЦП или измерить частоту в сети питания и установить это значение как опорную частоту.

### Синтаксис

LFREQ [frequency]

или

LFREQ LINE

**frequency** Позволяет установить значение опорной частоты. Допустимый диапазон значений параметра frequency — 45–65 Гц или 360–440 Гц. Если установлена частота в диапазоне 360–440 Гц, мультиметр делит это значение на 8. Например, если задано LFREQ 400, мультиметр устанавливает опорную частоту следующим образом:  $400/8 = 50$  Гц.

Опорная частота при включении питания = округленное значение 50 или 60 Гц (см. ниже примечание 1).

Начальная опорная частота = точное измеренное значение частоты в сети питания (или измеренное значение/8 для частоты в сети 400 Гц).

**LINE** Позволяет измерить точное значение частоты в сети питания и установить это значение в качестве опорной частоты (или измеренное значение/8, если это значение в диапазоне от 360 до 440 Гц).

### Примечания

- При включении питания мультиметр измеряет частоту в сети питания, округляет ее до значения 50 или 60 Гц и согласно этому значению настраивает опорную частоту АЦП. (Для частоты в сети питания 400 Гц в качестве опорной частоты мультиметром используется частота 50 Гц, поскольку она является субгармоникой частоты 400 Гц.)
- Шаг для периода опорной частоты равен 100 нс. Например, период для опорной частоты 60 Гц составляет  $1/60$  Гц = 0,0166666... Поскольку шаг равен 100 нс, мультиметр использует значение 0.0166667 с. Размер шага имеет значение при использовании команды запроса LFREQ?.

Например, при опорной частоте 60 Гц команда LFREQ? возвращает значение 59,99988 (1/0,0166667).

- Чтобы определить фактическое время интегрирования, мультиметр умножает период опорной частоты на указанное количество периодов линии питания (команда NPLC). Характеристики подавления дифференциальных помех (NMR) мультиметра для измерений постоянного тока и сопротивления связаны с точностью заданного значения опорной частоты АЦП.
- **Команда запроса:** команда запроса LFREQ? возвращает текущее значение опорной частоты в сети питания, используемое для АЦП мультиметра. Поскольку шаг равен 100 нс, если период заданного значения не делится на 1/100 нс без остатка, команда LFREQ? возвращает значение, которое немного отличается от заданного. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** LINE?, NPLC

### Пример

```
OUTPUT 722; "LFREQ LINE" !ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ В СЕТИ ПИТАНИЯ,
УСТАНОВКА ОПОРНОЙ
!ЧАСТОТЫ, РАВНОЙ ПОЛУЧЕННОМУ ЗНАЧЕНИЮ (ИЛИ ПОЛУЧЕННОМУ
!ЗНАЧЕНИЮ/8 ПРИ ЧАСТОТЕ В СЕТИ 400 ГЦ)
```

## LINE?

**Запрос частоты в сети питания.** Измеряет и возвращает частоты в сети питания переменного тока.

Синтаксис

LINE?

Примечания

- См. описание команды LFREQ на предыдущей странице, где приводится пример измерений частоты в сети питания и ее автоматической установки в качестве опорной частоты АЦП.
- **Связанные команды:** LFREQ



## Пример

```

10 OUTPUT 722; "LINE?" !ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ В СЕТИ ПИТАНИЯ
20 ENTER 722;A !ВВОД РЕЗУЛЬТАТА В ПЕРЕМЕННУЮ A КОМПЬЮТЕРА
30 PRINT A !ПЕЧАТЬ ОТВЕТА
40 END

```

## LOCK

**Блокировка.** Включает или отключает клавиатуру мультиметра

## Синтаксис

LOCK [control]

control    Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                            |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Включение клавиатуры (стандартный режим работы)                     |
| ON               | 1                           | Отключение клавиатуры (при нажатии на клавиши ничего не происходит) |

control при включении питания = OFF.

control начальное = ON.

## Примечания

- Команда LOCK доступна в отсортированном по алфавиту списке команд на передней панели. Однако выполнение команды LOCK с передней панели не даст результата.
- После отключения клавиатуры ее можно включить только через контроллер или путем выключения и включения питания. Команда LOCK отключает клавишу **Local** мультиметра.
- **Команда запроса:** Команда запроса LOCK? возвращает текущий режим LOCK. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.



– **Связанные команды:** LOCAL LOCKOUT (команда интерфейса GPIB)

Пример

OUTPUT 722;"LOCK ON" !ОТКЛЮЧЕНИЕ КЛАВИАТУРЫ

## MATH

Команда MATH включает или отключает математические операции в режиме реального времени.

Синтаксис

MATH [operation\_a],[operation\_b]

operation Варианты значений параметра operation:

| Параметр operation | Числовой эквивалент | Описание                                                                                                                                 |
|--------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF                | 0                   | Отключает все включенные математические операции в режиме реального времени                                                              |
| CONT               | 1                   | Включает последнюю математическую операцию. Чтобы включить две математические операции, отправьте команду MATH CONT,CONT                 |
| CTHRM              | 3                   | Результат = температура (°C) термистора 5 кОм (40653В). Функция должна иметь значение OHM или OHMF (диапазон 10 кОм или больше).         |
| DB                 | 4                   | Результат = $20 \times \log_{10}$ (отсчет/значение в регистре REF). Для регистра REF устанавливается значение 1, давая в результате дБВ. |
| DBM                | 5                   | Результат = $10 \times \log_{10}$ (отсчет <sup>2</sup> /регистр RES/1 мОм). Функция должна иметь значение ACV, DCV или ACDCV.            |
| FILTER             | 6                   | Результат = вывод экспоненциально взвешенного цифрового фильтра низких частот. Отклик настраивается с помощью регистра DEGREE.           |
| FTHRM              | 8                   | Результат = температура (°F) термистора 5 кОм (40653В) Функция должна иметь значение OHM или OHMF (диапазон 10 кОм или больше).          |



| Параметр operation | Числовой эквивалент | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Операция NULL      | 9                   | Результат = отсчет - значение регистра OFFSET. В регистре OFFSET устанавливается значение первого отсчета; после этого его можно изменить.                                                                                                                                             |
| PERC               | 10                  | Результат = (отсчет - значение регистра PERC) / значение регистра PERC x 100.                                                                                                                                                                                                          |
| PFAIL              | 11                  | Отсчет в сравнении со значениями регистров MAX и MIN.                                                                                                                                                                                                                                  |
| RMS                | 12                  | Результат = возводит в квадрат значение отсчета, выполняет операцию FILTER и вычисляет квадратный корень.                                                                                                                                                                              |
| SCALE              | 13                  | Результат = (значение отсчета - значение регистра OFFSET) / значение регистра SCALE.                                                                                                                                                                                                   |
| STAT               | 14                  | Выполнение статистических расчетов для текущего набора отсчетов и сохранение результатов в следующих регистрах:<br>SDEV = среднеквадратическое отклонение<br>MEAN = среднее значение отсчетов<br>NSAMP = количество отсчетов<br>UPPER = наибольший отсчет<br>LOWER = наименьший отсчет |
| CTHRM2K            | 16                  | Результат = температура (°C) термистора 2 кОм (40653A).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                                 |
| CTHRM10K           | 17                  | Результат = температура (°C) термистора 10 кОм (40653C).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                                |
| FTHRM2K            | 18                  | Результат = температура (°F) термистора 2 кОм (40653A).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                                 |
| FTHRM10K           | 19                  | Результат = температура (°F) термистора 10 кОм (40653C).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                                |
| CRTD85             | 20                  | Результат = температура (°C) РДТ 100 Ом, альфа = 0,00385 (40654A или 406548). Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                              |
| CRTD92             | 21                  | Результат = температура (°C) РДТ 100 Ом, альфа = 0,003916<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                               |

| Параметр operation | Числовой эквивалент | Описание                                                                                                                  |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FRTD85             | 22                  | Результат = температура (°F) РДТ 100 Ом, альфа = 0,00385 (40654А или 406548). Функция должна иметь значение OHM или OHMF. |
| FRTD92             | 23                  | Результат = температура (°F) РДТ 100 Ом, альфа = 0,003916. Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                    |

operation\_a,operation\_b при включении питания = OFF,OFF.

operation\_a,operation\_b начальные = OFF,OFF.

Значения register при включении питания = во всех регистрах устанавливается значение 0 со следующими исключениями:

DEGREE = 20                      REF = 1  
SCALE = 1                          RES = 50  
PERC = 1

### Примечания

- Математические операции FILTER, RMS, STAT и PFAIL выполняются со всеми последующими отсчетами. В то же время при каждом изменении конфигурации мультиметра предыдущие результаты математических операций удаляются, и операции выполняются вновь с новыми отсчетами. Все остальные математические операции остаются включенными до тех пор, пока не будет установлено значение MATH OFF, выполнена команда MATH с указанием всех остальных математических операций или включена последующая математическая обработка (за исключением операций MMATH PFAIL или MMATH STAT, как указано в описании команды MMATH).
- Если включено две математические операции в режиме реального времени, первой выполняется operation\_a со значением отчета. Далее с полученным результатом первой операции выполняется operation\_b.
- Когда включена математическая операция в режиме реального времени, вместо половины разряда на дисплее отображается полный разряд. Например, если выполнялись измерения переменного напряжения с разрядностью 4,5 разрядов, а затем была включена математическая операция SCALE, дисплей может отображать 5 полных разрядов.



- Запись в математические регистры осуществляется с помощью команды SMATH. Чтение из математических регистров осуществляется с помощью команды RMATH.
- **Команда запроса:** команда запроса MATH? возвращает два результата, разделенных запятой, в которых указаны включенные математические функции в режиме реального времени. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** MMATH, RMATH, SMATH

### Пример

В приведенной ниже программе выполняется математическая операция NULL в режиме реального времени для 20 отсчетов. По завершении выполнения команды NULL запускается сбор первого отсчета (строка 50). Затем значение в регистре OFFSET заменяется на 3,05. Сбор 20 отсчетов запускается в строке 90, и из значения каждого отсчета вычитается 3,05.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10
40 OUTPUT 722;"MATH NULL" !ВКЛЮЧЕНИЕ МАТ. ОПЕРАЦИИ NULL В РЕЖИМЕ
 РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ЗАПУСК ОТСЧЕТА 1, СОХРАНЕНИЕ В РЕГИСТРЕ
 OFFSET
60 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05" !ЗАПИСЬ 3,05 В РЕГИСТР OFFSET
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20" !20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
80 OUTPUT 722;"TRIG SYN" !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА SYN
90 ENTER 722;Rdgs(*) !СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ,
 ОТКОРРЕКТИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ОПЕРАЦИИ NULL
100 PRINT Rdgs(*) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ, ОТКОРРЕКТИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ
 ОПЕРАЦИИ NULL
110 END

```

### MCOUNT?

**Запрос количества сохраненных в памяти отсчетов.** Возвращает общее количество сохраненных отсчетов.

## Синтаксис

MSCOUNT?

## Примечания

– **Связанные команды:** MEM, MFORMAT, MSIZE, RMEM

## Пример

```

10 OUTPUT 722; "MSCOUNT?" !ВОЗВРАЩАЕТ ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО
 СОХРАНЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
20 ENTER 722;A !ВВОД РЕЗУЛЬТАТА В ПЕРЕМЕННУЮ A
30 PRINT A !ПЕЧАТЬ ОТВЕТА
40 END

```

## MEM

**Память.** Включает или отключает память отсчетов и задает режим записи в память.

## Синтаксис

MEM [mode]

mode Варианты значений параметра mode:

| Параметр mode | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                        |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF           | 0                           | Прекращает запись отсчетов в память (уже записанные отсчеты сохраняются)                                        |
| LIFO          | 1                           | Очищение памяти отсчетов и сохранение новых отсчетов в режиме LIFO (стека магазинного типа)                     |
| FIFO          | 2                           | Очищение памяти отсчетов и сохранение новых отсчетов в режиме FIFO (стека обратного магазинного типа)           |
| CONT          | 3                           | Сохранение данных в памяти и выбор предыдущего режима (если не был выбран ни один режим, выбирается режим FIFO) |

mode при включении питания = OFF.

mode начальный = ON.



### Примечания

- Если в высокоскоростном режиме память отсчетов работает в режиме FIFO и заполняется, событие инициализации запуска получает значение HOLD. В результате сбор отсчетов прекращается, и мультиметр выводится из высокоскоростного режима. После извлечения части или всех отсчетов из памяти можно продолжить измерения, изменив состояние события активации запуска (с помощью команды TARM). Если память отсчетов заполняется в режиме FIFO, но не в высокоскоростном режиме, все сохраненные отсчеты остаются в памяти, а новые отсчеты не сохраняются. При заполнении памяти отсчетов в режиме LIFO самые первые сохраненные отсчеты заменяются последними отсчетами — как в высокоскоростном режиме, так и в других режимах.
- Если контроллер запрашивает данные у мультиметра, а выходной буфер мультиметра пуст, отсчет извлекается из памяти и передается контроллеру — как в режиме LIFO, так и в режиме FIFO. Это называется «косвенным методом» вызова отсчетов. В режиме LIFO вызывается последний отсчет. В режиме FIFO вызывается первый отсчет. Режим записи в память отсчетов (LIFO или FIFO) имеет значение при использовании «косвенного метода» вызова отсчетов. Режим записи в память отсчетов не влияет на отсчеты, вызываемые с помощью команды RMEM.
- С помощью команды MFORMAT можно задать формат памяти (SINT, DINT, ASCII, SREAL или DREAL).
- При выполнении команды RMEM память отсчетов отключается. Чтобы включить память отсчетов после выполнения команды RMEM следует выполнить одну из команд: MEM CONT, MEM FIFO или MEM LIFO.
- **Команда запроса:** Команда запроса MEM? возвращает текущий режим записи в память. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** MCOUNT?, MFORMAT, MSIZE, RMEM

### Пример

OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO

## MENU

Команда MENU служит для выбора краткого или полного списка команд (SHORT или FULL) в алфавитном меню команд на передней панели мультиметра.

Синтаксис

MENU [mode]

mode    Варианты значений параметра mode:

| Параметр<br>mode | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                   |
|------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| SHORT            | 0                                 | Выбор краткого меню команд |
| FULL             | 1                                 | Выбор полного меню команд  |

mode при включении питания = режим, выбранный до отключения питания.  
mode начальный = FULL

### Примечания

- Чтобы открыть алфавитное меню команд, нажмите любую из клавиш MENU с маркерами C, E, L, N, R, S или T, удерживая при этом клавишу SHIFT. После этого вы сможете найти нужную команду с помощью клавиш со стрелками вверх и вниз.
- Параметр mode сохраняется в постоянной памяти (данные которой не удаляются при отключении питания).
- В меню FULL содержатся все команды, за исключением команд запросов, которые можно составлять с помощью добавления к команде знака вопроса (например, BEEP, BEEP?). В меню SHORT отсутствуют команды, относящиеся к шине GPIB, и команды, вызываемые клавишами передней панели (например, команда RSTATE с клавишей **Recall State**).
- **Команда запроса:** Команда запроса MENU? возвращает текущий режим работы меню. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.



– **Связанные команды:** DEFKEY, LOCK

Пример

OUTPUT 722;"MENU SHORT" !ВЫБОР МЕНЮ SHORT

## MFORMAT

**Формат памяти.** Очищает память отсчетов и задает формат записи в память новых отсчетов.

Синтаксис

MFORMAT [format]

format Варианты значений параметра format:

| Параметр<br>format | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                                                                                            |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASCII              | 1                                 | ASCII-16 байт на один отсчет <sup>[a]</sup>                                                         |
| SINT               | 2                                 | Одиночный целочисленный формат — одно дополнительное 16-разрядное значение (2 байта на один отсчет) |
| DINT               | 3                                 | Двойной целочисленный формат — одно дополнительное 32-разрядное значение (4 байта на один отсчет)   |
| SREAL              | 4                                 | Одиночный действительный формат — (IEEE-754) 32 разряда (4 байта на один отсчет)                    |
| DREAL              | 5                                 | Двойной действительный формат — (IEEE-754) 64 разряда (8 байт на один отсчет)                       |

[a] В формате ASCII фактически используется 15 байт на отсчет и еще один байт для нулевого символа, используемого исключительно в качестве разделителя данных отсчетов в формате ASCII.

format при включении питания = SREAL.

format начальный = SREAL.



## Примечания

- Мультиметр сообщает об условии перегрузки путем сохранения в памяти отсчетов значения  $\pm 1E+38$  вместо значения отсчета. При вызове на дисплей значений перегрузки на нем отображается  $\pm 1E+38$ . При передаче значений перегрузки из памяти отсчетов в выходной буфер GPIB они преобразуются в номер перегрузки в соответствии с указанным форматом вывода данных. (Для получения дополнительных сведений см. описание команды **OFORMAT**.)
- При использовании форматов памяти SINT или DINT мультиметр сохраняет каждый отсчет с учетом определенного коэффициента масштабирования. Этот коэффициент зависит от текущей функции измерений, диапазона, настроек АЦП и включенных математических операций. При вызове отсчета мультиметр рассчитывает коэффициент масштабирования на основании текущей функции измерений, диапазона, настроек АЦП и включенных математических операций. Затем выполняется умножение коэффициента и сохраненного отсчета, а результат (вызванный отсчет) передается на дисплей или в выходной буфер. В связи с этим необходимо следить, чтобы конфигурация мультиметра не менялась при сохранении и вызове данных в формате SINT или DINT.
- Для измерений частоты или периода при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки (за исключением STAT или PFAIL), а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат вывода или памяти SINT или DINT не следует.
- Формат памяти никак не влияет на формат вывода, задаваемый командой OFORMAT.
- Включить память отсчетов можно с помощью команды MEM. Для вызова сохраненных данных отсчетов служит команда RMEM или «косвенный метод» вызова. «Косвенный метод» вызова отсчетов описан в разделе «Использование памяти отсчетов» в **Главе 4**.
- Если при субдискретизации используется память отсчетов (команда SSAC или SSDC), следует установить формат памяти SINT и режим FIFO (команда MEM FIFO); при этом память должна быть пустой (команда MEM FIFO) до начала сбора отсчетов. Если эти условия не выполнены до события инициации запуска, генерируется ошибка.



- **Команда запроса:** команда запроса MFORMAT? возвращает текущий формат памяти. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** MCOUNT?, MEM, MSIZE, RMEM

#### Пример

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 10" !ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 10 ПЕР.
20 OUTPUT 722;"DCV 7" !ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН ДО 10 В
30 OUTPUT 722;"MATH OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ МАТЕМ. ФУНКЦИЙ
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ (РЕЖИМ FIFO)
50 OUTPUT 722;"MFORMAT DINT" !ВЫБОР ФОРМАТА ПАМЯТИ DINT
60 END
```

При вызове сохраненных данных следует убедиться, что конфигурация мультиметра не изменилась с момента сохранения данных.

## MMATH

**Математические операции в памяти.** Включает или отключает математические операции с последующей обработкой.

#### Синтаксис

MMATH [operation\_a] [,operation\_b]

operation Варианты значений параметра operation:

| Параметр operation | Числовой эквивалент | Описание                                                                                                                         |
|--------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF                | 0                   | Отключает все математические операции с последующей обработкой                                                                   |
| CONT               | 1                   | Включает последнюю математическую операцию. Чтобы включить две математические операции, отправьте команду MMATH CONT,CONT        |
| CTHRM              | 3                   | Результат = температура (°C) термистора 5 кОм (40653В). Функция должна иметь значение ОНМ или ОНMF (диапазон 10 кОм или больше). |

| Параметр operation | Числовой эквивалент | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DB                 | 4                   | Результат = $20 \times \log_{10}$ (отсчет/значение в регистре REF).<br>Для регистра REF устанавливается значение 1, давая в результате дБВ.                                                                                                                                            |
| DBM                | 5                   | Результат = $10 \times \log_{10}$ (отсчет <sup>2</sup> /значение в регистре RES/1 мОм).<br>Функция должна иметь значение ACV, DCV или ACDCV.                                                                                                                                           |
| FILTER             | 6                   | Результат = вывод экспоненциально взвешенного цифрового фильтра низких частот. Отклик настраивается с помощью регистра DEGREE.                                                                                                                                                         |
| FTHRM              | 8                   | Результат = температура (°F) термистора 5 кОм (40653B).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF (диапазон 10 кОм или больше).                                                                                                                                                    |
| Операция NULL      | 9                   | Результат = отсчет – значение регистра OFFSET. В регистре OFFSET устанавливается значение первого отсчета; после этого его можно изменить.                                                                                                                                             |
| PERC               | 10                  | Результат = ((отсчет - значение в регистре PERC) / значение в регистре PERC) x 100.                                                                                                                                                                                                    |
| PFAIL              | 11                  | Отсчет в сравнении со значениями регистров MAX и MIN.                                                                                                                                                                                                                                  |
| RMS                | 12                  | Результат = возводит в квадрат значение отсчета, выполняет операцию FILTER и вычисляет квадратный корень.                                                                                                                                                                              |
| SCALE              | 13                  | Результат = (значение отсчета – значение регистра OFFSET) / значение регистра SCALE.                                                                                                                                                                                                   |
| STAT               | 14                  | Выполнение статистических расчетов для текущего набора отсчетов и сохранение результатов в следующих регистрах:<br>SDEV = среднеквадратическое отклонение<br>MEAN = среднее значение отсчетов<br>NSAMP = количество отсчетов<br>UPPER = наибольший отсчет<br>LOWER = наименьший отсчет |
| CTHRM2K            | 16                  | Результат = температура (°C) термистора 2 кОм (40653A).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                                 |
| CTHRM10K           | 17                  | Результат = температура (°C) термистора 10 кОм (40653C).<br>Функция должна иметь значение OHM или OHMF.                                                                                                                                                                                |



| Параметр<br>operation | Числовой<br>эквивалент | Описание                                                                                                                        |
|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FTHRM2K               | 18                     | Результат = температура (°F) термистора 2 кОм (40653A).<br>Функция должна иметь значение ОНМ или ОНМФ.                          |
| FTHRM10K              | 19                     | Результат = температура (°F) термистора 10 кОм (40653С).<br>Функция должна иметь значение ОНМ или ОНМФ.                         |
| CRTD85                | 20                     | Результат = температура (°C) РДТ 100 Ом, альфа = 0,00385<br>(40654А или 40654В). Функция должна иметь значение ОНМ<br>или ОНМФ. |
| CRTD92                | 21                     | Результат = температура (°C) РДТ 100 Ом, альфа = 0,003916<br>Функция должна иметь значение ОНМ или ОНМФ.                        |
| FRTD85                | 22                     | Результат = температура (°F) РДТ 100 Ом, альфа = 0,00385<br>(40654А или 40654В). Функция должна иметь значение ОНМ<br>или ОНМФ. |
| FRTD92                | 23                     | Результат = температура (°F) РДТ 100 Ом, альфа = 0,003916.<br>Функция должна иметь значение ОНМ или ОНМФ.                       |

operation\_a,operation\_b при включении питания = OFF,OFF.  
operation\_a,operation\_b начальные = OFF,OFF.

Значения register при включении питания = во всех регистрах устанавливается значение 0 со следующими исключениями:

DEGREE = 20      REF = 1  
SCALE = 1        RES = 50  
PERC = 1

### Примечания

- Все включенные математические операции с последующей обработкой (за исключением операций STAT и PFAIL) выполняются для каждого отсчета при его удалении или копировании из памяти отсчетов с выводом на дисплей или в выходной буфер GPIB. (При выполнении любых математических операций в режиме последующей обработки отсчеты в памяти отсчетов остаются неизменными.) Математические операции STAT и PFAIL в режиме последующей обработки выполняются с отсчетами в памяти немедленно по команде MMATH. (Операции STAT и PFAIL не обновляются для дополнительных отсчетов, сохраненных в памяти после выполнения команды MMATH.)

- Для операции STAT результаты сохраняются в регистрах SDEV, MEAN, NSAMP, UPPER и LOWER (см. описание команды **RMATH** для получения сведений об этих регистрах).
- Для операции PFAIL при обнаружении неудачного результата в регистре состояний устанавливается разряд 1 (при этом также устанавливается строка GPIB SRQ, если она была включена командой RQS) и на дисплей выводится сообщение FAILED LOW или FAILED HIGH.
- Включенная математическая операция с последующей обработкой остается включенной до установки MMATH OFF, включения математической операции в режиме реального времени (с помощью команды MATH) или выполнения команды MMATH для другой математической операции (за исключением случая, описанного в следующем примечании).
- При выполнении команды MMATH с передней панели результат выводится только на дисплей. При выполнении команды MMATH в дистанционном режиме, результат выводится только в выходной буфер.
- Если включено две математические операции с последующей обработкой, первой выполняется operation\_a со значением отсчета. Далее с полученным результатом первой операции выполняется operation\_b.
- Когда включена математическая операция с последующей обработкой, вместо половины разряда на дисплее отображается полный разряд. Например, если выполнялись измерения переменного напряжения с разрядностью 4,5 разрядов, а затем была включена операция SCALE, дисплей может отображать 5 полных разрядов.
- Запись в математические регистры осуществляется с помощью команды SMATH. Чтение из математических регистров осуществляется с помощью команды RMATH.
- **Команда запроса:** Команда запроса MMATH? возвращает два результата (разделенных запятой), в которых указаны включенные математические функции с последующей обработкой.
- При вызове отсчетов с помощью команды RMEM память отсчетов отключается. Это означает, что новые отсчеты не сохраняются в памяти отсчетов и с ними невозможно выполнять включенные математические операции. При вызове отсчетов «косвенным методом» память отсчетов не отключается.
- **Связанные команды:** MATH, MEM, RMATH, RMEM, SMATH



### Пример

В приведенной ниже программе выполняется математическая операция NULL в режиме последующей обработки для 20 отсчетов. По завершении выполнения команды MMATH NULL производится сбор 21 отсчетов с их сохранением в памяти отсчетов в режиме FIFO. В строке 80 вызывается первый отсчет, сохраненный в регистре OFFSET. Затем значение в регистре OFFSET заменяется на 3,05. Затем из памяти вызываются остальные 20, и к ним применяется операция NULL.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722; "PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"MMATH NULL" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ NULL
 С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ
60 OUTPUT 722;"NRDGS 21" !21 ОТСЧЕТ НА ЗАПУСК
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОТСЧЕТЫ ЗАПУСКА
80 ENTER 722;A !ВЫЗОВ ПЕРВОГО ОТСЧЕТА С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО
 ЧТЕНИЯ
90 OUTPUT 722; "SMATH OFFSET, 3.05" !ЗАПИСЬ 3,05 В РЕГИСТР OFFSET
100 ENTER 722;Rdgs(*) !ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННОГО
 ЧТЕНИЯ,
105 !ВЫПОЛНЕНИЕ ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ НИХ ОПЕРАЦИИ NULL
110 PRINT Rdgs(*) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ, ИЗМЕНЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ
 ОПЕРАЦИИ NULL
120 END

```

## MSIZE

**Объем памяти.** В мультиметре предыдущей модели команда MSIZE служила для очистки всей памяти и освобождения места для отсчетов, подпрограмм и состояний. В мультиметре 3458A команда MSIZE принимается в целях обеспечения совместимости, однако при этом не выполняются никакие действия, т. к. выделение памяти в 3458A настроено предварительно и не может быть изменено. В то же время команду запроса MSIZE? удобно использовать для определения общего объема памяти отсчетов и наибольшего неиспользуемого блока памяти подпрограмм/состояний.

## Синтаксис

MSIZE [reading\_memory][,subprogram\_memory ]

## Примечания

- По мере использования память подпрограмм/состояний фрагментируется на множество небольших блоков. Команда MSIZE? возвращает общее количество байт в памяти отсчетов и количество байт в наибольшем неиспользуемом блоке памяти подпрограмм/состояний. Команда SCRATCH удаляет из памяти все подпрограммы и состояния и вновь преобразует эти области памяти в единый непрерывный блок. Кроме того, при выключении и включении питания мультиметр объединяет фрагментированные блоки, если это возможно.
- **Команда запроса:** Команда запроса MSIZE? возвращает два результата, разделенных запятой. Первый результат — общее количество байт в памяти отсчетов. Второй результат — наибольший блок (в байтах) неиспользуемой памяти подпрограмм/состояний.
- **Связанные команды:** MCOUNT?, MEM, MFORMAT, RMEM, DELSUB, SCRATCH, SUB, SUBEND, SSTATE

## Пример

```
10 OUTPUT 722; "MSIZE?" !ЗАПРОС ОБЪЕМА ПАМЯТИ
20 ENTER 722;A,B !ВВОД ОТКЛИКОВ
30 PRINT A,B !ПЕЧАТЬ ОТКЛИКОВ
40 END
```

## NDIG

**Число десятичных разрядов.** Задает число десятичных разрядов, отображаемых мультиметром.

## Синтаксис

NDIG [value]

**value** Параметр value может быть целым числом от 3 до 8 (изначально подразумевается еще полразряда, т. е. при указании NDIG 3 мультиметр отображает 3½ разряда.)



value при включении питания = 7 (7½ разрядов).

value начальное = 7 (7½ разрядов).

### Примечания

- Команда NDIG задает максимальное число отображаемых разрядов. Она не влияет на разрешение АЦП или на отсчеты, отправляемые в память или шину GPIB. Мультиметр не может отображать больше разрядов, чем допускается АЦП.
- **Команда запроса:** команда запроса NDIG? возвращает текущее число разрядов. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** DISP

### Пример

```
10 OUTPUT 722; "RESET" !ВОЗВРАТ В СОСТОЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ
20 OUTPUT 722;"NDIG 8" !ОТОБРАЖЕНИЕ 8 1/2 РАЗРЯДОВ
30 END
```

## NPLC

**Количество периодов линии питания.** Задает время интегрирования АЦП, выраженное в количестве периодов линии питания. Время интегрирования — это период измерений входного сигнала АЦП.

### Синтаксис

NPLC [power\_line\_cycles]

power\_line\_cycles Основное назначение команды NPLC — установка значения подавления дифференциальных помех (NMR) на опорной частоте АЦП (команда LFREQ). Любое значение  $\geq 1$  параметра power\_line\_cycles дает, как минимум, NMR 60 дБ на частоте линии питания. Любое значение  $< 1$  не устанавливает NMR, а только задает время интегрирования АЦП. Диапазоны и значения шага приращения параметра power\_line\_cycles:

0 - 1 пер. с шагом 0,000006 пер. для опорной частоты 60 Гц (команда LFREQ)

или



0 - 1 пер. с шагом 0,000005 пер. для опорной частоты 50 Гц

1 - 10 пер. с шагом 1 пер.

10 - 1000 пер. с шагом 10 пер.

power\_line\_cycles при включении питания = 10

power\_line\_cycles начальное = 0 (устанавливается минимальное время интегрирования 500 нс)

Время интегрирования (выраженное в количестве периодов), опорная частота АЦП (команда LFREQ) и разрешение соотносятся следующим образом:

| DCV                | Разряды разрешения |                                                       | Периоды линии питания (команда NPLC) |                                 |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
|                    | DCI, ОНМ(F)        | ACI, ACDCI, ACV <sup>[a]</sup> , ACDCV <sup>[a]</sup> | Опорная частота (LFREQ) = 60 Гц      | Опорная частота (LFREQ) = 50 Гц |
| 4,5                | 4,5                | 4,5                                                   | 0–0,000030                           | 0–0,000025                      |
| 5,5                | 5,5                | 5,5                                                   | 0,000036–0,000360                    | 0,000030–0,000300               |
| 6,5                | 6,5                | 6,5                                                   | 0,000366–0,030000                    | 0,000305–0,025000               |
| 7,5                | 7,5 <sup>[b]</sup> | 6,5                                                   | 0,030006–1                           | 0,025005–1                      |
| 8,5 <sup>[b]</sup> | 7,5 <sup>[b]</sup> | 6,5                                                   | 2–1000                               | 2–1000                          |

[a] Только аналоговый способ измерений (команда SETACV ANA)

[b] Для всех диапазонов, за исключением диапазона ОНМ(F) 10 Ом и диапазона DCV 100 мВ. Для диапазона ОНМ(F) 10 Ом используется максимум 6,5 разряда, а для диапазона DCV 100 мВ – максимум 7,5 разряда.

### Примечания

- Для функций измерений ACV и ACDCV (только способ SETACV ANA), ACT, ACDCI, DCI, DCV, ОНМ и ОНMF разрешение определяется временем интегрирования АЦП. Время интегрирования не оказывает влияния на функции FREQ или PER. При измерениях в режиме ACV или ACDCV с оцифровкой (SETACV SYNC или SETACV RNDM) время интегрирования выбирается автоматически, а заданное разрешение достигается за счет изменения числа отсчетов. При оцифровке с непосредственной и субдискретизацией время интегрирования фиксировано и не может быть изменено.



- Поскольку обе команды (NPLC и APER) позволяют установить время интегрирования, запуск любой из них приведет к переопределению времени интегрирования, установленного ранее другой командой. Команда RES или параметр %\_resolution команды функции или команды RANGE также позволяет опосредованно выбрать время интегрирования. Взаимодействие происходит с командой NPLC (или APER) при выборе разрешения следующим образом:
- При использовании команды NPLC (или APER) *до* указания разрешения мультиметр выполняет ту команду, в которой указано большее разрешение (большее время интегрирования).
- При использовании команды NPLC (или APER) *после* указания разрешения мультиметром выбирается время интегрирования, указанное с помощью команды NPLC (или APER), а предыдущее указанное разрешение игнорируется.
- Чаще используется первый из двух описанных выше подходов, т. е. сначала выполняется команда NPLC для установки значения подавления дифференциальных помех (NMR), а затем задается %\_resolution с помощью команды функции или команды RANGE. Таким образом обеспечивается наличие NMR и, как минимум, требуемого разрешения.
- **Команда запроса:** команда запроса NPLC? возвращает время интегрирования (в количестве периодов), используемое АЦП. Поскольку время интегрирования можно задать с помощью команды APER, NPLC или RES либо с помощью параметра %\_resolution команды функции или команды RANGE, команда NPLC? может вернуть количество периодов линии питания, отличное от значения, заданного командой NPLC.
- **Связанные команды:** APER, FUNC, LFREQ, RES

### Примеры

В следующей программе строка 10 задает минимальное количество периодов линии питания и позволяет параметру %\_resolution в строке 20 определять значение разрешения. Разрешение, заданное в строке 20, составляет 100 мкВ.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0" !УКАЗАНИЕ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРИОДОВ
20 OUTPUT 722;"DCV 6,.00167" !ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, МАКС. 6 В,
 РАЗРЕШЕНИЕ 100 мкВ
30 END
```

В следующей программе строка 10 задает количество периодов, равное 1000. Оно соответствует максимальному разрешению и не позволяет параметру %\_resolution в строке 20 влиять на измерения. Запрашиваемое разрешение из строки 20 составляет 10 мОм. Однако в результате действия строки 10 фактическое разрешение равно 100 мкОм.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1000" !УКАЗАНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА
 ПЕРИОДОВ
```

```
20 OUTPUT 722;"ОНМ 1ЕЗ,.001" !ВЫБОР РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ
 СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЕ, ВХОДНОЙ СИГНАЛ 1 Ом МАКС.
```

```
30 END
```

## NRDGS

**Количество отсчетов.** Задает количество отсчетов, собираемых для запуска и события (дискретизации), инициализирующего каждый цикл сбора отсчетов.

### Синтаксис

```
NRDGS [count][,event]
```

**count** Задает количество отсчетов на событие запуска. Допустимый диапазон значений этого параметра — от 1 до 16777215. (Параметр count также соответствует параметру записи в команде RMEM. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **RMEM**.)

count при включении питания = 1.

count начальное = 1.

**event** Задает событие, которое иницирует цикл сбора отсчетов (событие дискретизации). Варианты значений параметра event:

| Параметр event | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                       |
|----------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AUTO           | 1                           | Иницирует сбор отсчетов, когда мультиметр не занят                                             |
| EXTSYN         | 2                           | Иницирует сбор отсчетов по отрицательному фронту сигнала на входе внешнего запуска мультиметра |



| Параметр event       | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                       |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SYN                  | 5                           | Иницирует сбор отсчетов при опустошении выходного буфера мультиметра, опустошении или заполнении памяти отсчетов и запросе данных контроллером |
| TIMER <sup>[a]</sup> | 6                           | Аналогично AUTO с временным интервалом между смежными отсчетами (интервал задается командой TIMER)                                             |
| LEVEL <sup>[b]</sup> | 7                           | Иницирует сбор отсчетов, когда напряжение входного сигнала достигает уровня, заданного командой LEVEL, на фронте, заданном командой SLOPE      |
| LINE <sup>[a]</sup>  | 8                           | Иницирует сбор отсчетов при переходе переменного напряжения линии питания через нулевой уровень                                                |

[a] События TIMER и LINE нельзя использовать при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей с оцифровкой (SETACV RNDM или SYNC), а также для измерений частоты и периода.

[b] Событие дискретизации LEVEL можно использовать только для измерений постоянного напряжения или непосредственной дискретизации.

event при включении питания = AUTO.

event начальное = AUTO.

### Примечания

- Поскольку событие TIMER определяет интервал между отсчетами, оно применяется, только если параметр count больше 1. Первый отсчет выполняется без интервала TIMER. Однако перед первым отсчетом можно также вставить временной интервал с помощью команды DELAY. (Событие TIMER приводит к приостановке автоматического выбора диапазона.)
- Можно использовать команду SWEEP для замены двух команд: NRDGS n, TIMER и TIMER n. Команда SWEEP задает количество отсчетов и интервал между отсчетами. Эти команды взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную из них. При выполнении команды SWEEP автоматически устанавливается событие дискретизации TIMER. При включении питания или в состоянии RESET и PRESET мультиметр использует команду NRDGS.

- При использовании события SYN для нескольких событий активации запуска, запуска или дискретизации одно событие SYN удовлетворяет всем заданным требованиям к событию SYN, как показано ниже во втором примере события SYN.
- **Команда запроса:** команда запроса NRDGS? возвращает два результата, разделенных запятой. Первый результат — заданное количество отсчетов для запуска. Второй результат — текущее событие дискретизации. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** DELAY, LEVEL, RMEM, SLOPE, TARM, TIMER, TRIG, SWEEP

## Примеры

### Событие SYN

В следующей программе в строке 70 размещен запрос на получение данных от мультиметра. При этом устанавливается событие SYN и инициализируется сбор отсчетов. Затем они передаются на контроллер и выводятся на печать. Этот процесс повторяется до сбора и печати трех отсчетов.

```
10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM A(3) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА
30 OUTPUT 722;"DCV 8,.00125" !ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН 10 В,
 РАЗРЕШЕНИЕ 100 мкВ
40 OUTPUT 722;"NRDGS 3, SYN" !3 ОТСЧЕТА ДЛЯ ЗАПУСКА, СОБЫТИЕ
 ДИСКРЕТИЗАЦИИ SYN
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO" !РЕЖИМ ЗАПУСКА AUTO
60 ENTER 722;A(*) !ВВОД ОТСЧЕТОВ
70 PRINT A(*) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END
```

В следующем примере событие SYN устанавливается для событий активации запуска, запуска и дискретизации. Задаются пять отсчетов для запуска. Одно событие SYN (строка 60) удовлетворяет условиям событий активации запуска, запуска и первого события дискретизации и инициирует первый отсчет. После этого требуется еще четыре события SYN (по одному на каждый отсчет) для инициирования оставшихся четырех отсчетов.



```
10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(5) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА SYN, DCV, NPLC 1, MEM OFF
40 OUTPUT 722;"TARM SYN" !СОБЫТИЕ АКТИВАЦИИ ЗАПУСКА SYN
50 OUTPUT 722;"NRDGS 5, SYN" !5 ОТСЧЕТОВ ДЛЯ ЗАПУСКА, СОБЫТИЕ
 ДИСКРЕТИЗАЦИИ SYN
60 ENTER 722;Rdgs(*) !СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ
70 PRINT Rdgs(*) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END
```

#### TIMER

В следующей программе выполняется 4 отсчета в ответ на событие синхронизированного запуска (строка 60). Первый отсчет выполняется сразу после предустановленной начальной задержки; оставшиеся 3 отсчета выполняются с интервалом 200 мс.

```
10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(4) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"TIMER 200E-3" !УСТАНОВЛИВАЕТ ИНТЕРВАЛ TIMER 200 МС
50 OUTPUT 722;"NRDGS 4, TIMER" !ВЫБОР 4 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК И TIMER
60 ENTER 722;Rdgs(*) !ЗАПУСК И ВВОД ОТСЧЕТОВ
70 PRINT Rdgs(*) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END
```

## OSCOMP

Команда OSCOMP включает или отключает функцию измерений сопротивления с компенсацией смещения.

### Синтаксис

OSCOMP [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                            |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключение функции измерений сопротивления с компенсацией смещения. |
| ON               | 1                           | Включение функции измерений сопротивления с компенсацией смещения.  |

control при включении питания = OFF.

control начальное = ON.

### Примечания

- Если компенсация смещения включена, мультиметр измеряет постороннее напряжение смещения (при выключенном источнике тока) перед каждым измерением сопротивления и вычитает смещение из последующих измерений. Это предотвращает влияние напряжения смещения на измерения сопротивления, но в то же время в два раза увеличивает длительность каждого измерения.
- Функцию компенсации смещения можно использовать при измерениях сопротивления как по 2-х проводной, так и по 4-х проводной схеме. Если компенсация смещения включена и происходит переход к другой функции измерений (DCV, ACV и т. д.), компенсация смещения временно отключается. Однако при возврате к измерениям сопротивления по 2-проводной или 4-проводной схеме компенсация смещения снова включается.
- Мультиметр может выполнять компенсацию смещения только в диапазонах от 10 Ом до 100 кОм. Если функция OSCOMP включена при использовании диапазона от 1 МОм до 1 ГОм, отсчеты выполняются без компенсации смещения.



- **Команда запроса:** команда запроса `OSCOMP?` возвращает текущий режим компенсации смещения. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** `OHM`, `OHMF`

Пример

```
OUTPUT 722;"OSCOMP ON" !ВКЛЮЧЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ СМЕЩЕНИЯ
```

## OFORMAT

**Формат вывода.** Задаёт формат вывода GPIB для отсчетов, отправляемых непосредственно на контроллере или передаваемых из памяти отсчетов на контроллер.

Синтаксис

OFORMAT [format]

format Варианты значений параметра format:

| Параметр format | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                            |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASCII           | 1                           | ASCII-15 байт на один отсчет (см. ниже примечания 1 и 2)                                            |
| SINT            | 2                           | Одиночный целочисленный формат – одно дополнительное 16-разрядное значение (2 байта на один отсчет) |
| DINT            | 3                           | Двойной целочисленный формат – одно дополнительное 32-разрядное значение (4 байта на один отсчет)   |
| SREAL           | 4                           | Одиночный действительный формат – (IEEE-754) 32 разряда (4 байта на один отсчет)                    |
| DREAL           | 5                           | Двойной действительный формат – (IEEE-754) 64 разряда (8 байт на один отсчет)                       |

format при включении питания = ASCII.

format начальный = ASCII.



## Примечания

- Формат вывода ASCII отправляет `cr lf` (возврат каретки, перевод строки) для обозначения окончания передачи на большинство компьютеров. Форматы вывода SINT, DINT, SREAL и DREAL не отправляют `cr lf`. В любом формате можно использовать команду END, чтобы обозначить окончание передачи с помощью функции GPIB EOI. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **END**.
- Для формата ASCII требуются 2 дополнительных байта для команд возврата каретки/перевода строки (`cr,lf`) в конце строки данных. Команды `cr,lf` используются только в формате ASCII и обычно завершают каждый отсчет на выходе в формате ASCII. Однако при использовании формата вывода данных ASCII и запросе из памяти отсчетов нескольких отсчетов с помощью команды RMEM мультиметр разделяет эти отсчеты символом запятой (запятая = 1 байт). В этом случае символы `cr,lf` используются только однократно после последнего отсчета в группе запрашиваемых отсчетов. Запятые не используются при выводе данных отсчетов непосредственно через шину (при отключенной памяти отсчетов), когда отсчеты запрашиваются в режиме «косвенного чтения» и при использовании других форматов вывода данных.
- Мультиметр сообщает об условии перегрузки (превышения уровня входного сигнала для доступного диапазона измерений) путем вывода максимального доступного номера для определенного формата вывода.  
  
Формат SINT: +32767 или -32768 (без коэф. масштабирования)  
Формат DINT: +2.147483647E+9 или -2.147483648E+9 (без коэф. масштабирования)  
ASCII, SREAL, DREAL: +/-1.OE+38
- Если память отсчетов отключена, при выполнении команды SSAC или SSDC (субдискретизация) автоматически устанавливается формат вывода SINT вне зависимости от ранее указанного формата. Формат выходных данных SINT следует использовать при выполнении субдискретизации без использования памяти отсчетов.
- Формат вывода применяется только к отсчетами, передаваемым через шину GPIB. Ответы на команды запроса всегда используют формат ASCII вне зависимости от заданного формата вывода. После получения ответа на запрос формат вывода возвращается к заданному значению. Формат вывода никак не влияет на формат памяти, задаваемый командой MFORMAT.



- При использовании форматов вывода SINT или DINT мультиметр применяет к каждому отсчету коэффициент масштабирования. Этот коэффициент зависит от текущей функции измерений, диапазона, настроек АЦП и включенных математических операций. Таким образом, конфигурация мультиметра должна совпадать в тот момент, когда был получен коэффициент масштабирования (команда ISCALE?), и в тот момент, когда были получены данные отсчетов.
- Для измерений частоты или периода при включенной функции обработки в режиме реального времени или последующей математической обработки (за исключением STAT или PFAIL), а также при включенной функции автоматического выбора диапазона применять формат вывода или памяти SINT или DINT не следует.
- **Команда запроса:** команда запроса OFORMAT? возвращает текущий формат вывода. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** END, ISCALE?, MFORMAT, QFORMAT

## Примеры

### Формат SINT

В приведенной ниже программе представлен вывод 10 отсчетов в формате SINT, извлечение коэффициента масштабирования и умножение значений всех отсчетов на его значение.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ
30 INTEGER Int_rdgs (1:10) BUFFER!СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО МАССИВА
 ДЛЯ БУФЕРА
40 REAL Rdgs(1:10) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ
50 Num_readings=10 !КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 10
60 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
70 ASSIGN @Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
80 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS ";
 Num_readings
85 !TARM AUTO, TRIG SYN, ФОРМАТ ВЫВОДА SINT, МИН. ВРЕМЯ
 ИНТЕГРИРОВАНИЯ
90 TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ

```

```

91 ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
 КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С
95 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
 (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
100 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА SINT
110 ENTER @Dvm;S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
120 FOR I=1 TO Num_readings
130 Rdgs(I)=Int_rdgs(I) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ
 В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
135 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
 ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
140 R=ABS(Rdgs(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
 ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
150 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S !УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЯ
 КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
180 NEXT I
190 END

```

#### Формат DINT

Приведенная ниже программа аналогична предыдущей, за исключением того, что в ней производится сбор 50 отсчетов и их передача в компьютер в формате DINT.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings,I,J,K !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_readings=50 !КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN dBuffer TO BUFFER[4*Num_readings] !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;OFORMAT DINT;NRDGS";
 Num_readings
75 !TARM AUTO, TRIG SYN, ДИАПАЗОН DCV ДО 10 В, ФОРМАТ ВЫВОДА DINT,
 NRDGS 50,AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !СОБЫТИЕ SYN,ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ

```



```

90 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА DINT
100 ENTER @Dvm; S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K !ВВОД ОДНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
 16-РАЗРЯДНОГО ЗНАЧЕНИЯ
121 !В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K(# = ТЕРМИНАТОР ДЛЯ КОМАНДЫ НЕ
125 !ТРЕБУЕТСЯ. W= ВВОД ДАННЫХ В ФОРМАТЕ 16-РАЗРЯДНОГО
 ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ)
130 Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0)) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ
 ЧИСЛО
140 R=ABS(Rdgs(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
 ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
150 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S !ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !ОКРУГЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОГО ЗНАЧЕНИЯ
180 PRINT Rdgs(I) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
190 NEXT I
200 END

```

#### Формат SREAL

В приведенной ниже программе показано, как преобразовать 10 отсчетов на выходе в формат SREAL.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ
30 Num_readings=10 !КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 10
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_readings] !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SREAL;NRDGS";Num_readings
75 !ЗАПУСК SYN, ВЫХОДНОЙ ФОРМАТ SREAL, 1 ПЕРИОД, АВТОДИАПВЗОН DCV,
 10 ОТСЧЕТОВ
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !СОБЫТИЕ SYN; ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ

```

```

90 FOR I=1 TO Num_readings
100 ENTER @Buffer USING "#,B";A,B,C,D !ВВЕДИТЕ ОДИН БАЙТ ИЗ 8 РАЗРЯДОВ В
101 !КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ (# = ЗАВЕРШАЮЩИЙ ОПЕРАТОР КОМАНДЫ НЕ
 ТРЕБУЕТСЯ, B = ВВЕДИТЕ ОДИН
105 !8-РАЗРЯДНЫЙ БАЙТ В ВИДЕ ЦЕЛОГО ЧИСЛА ОТ 0 ДО 255)
110 S=1 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
120 IF A>127 THEN S=-1 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
130 IF A>127 THEN A=A-128 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
140 A=A*2- 127 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
150 IF B>127 THEN A=A+1 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
160 IF B<=127 THEN B=B+128 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
170 Rdgs(I)=S*(B*65536.+C*256.+D)*2*(A-23) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА
 ИЗ ФОРМАТА SREAL
180 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),7) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 7 РАЗРЯДОВ. ЭТО
181 !ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ЗНАЧЕНИЙ В ФОРМАТЕ SREAL, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ
 ОКРУГЛЕНИЕ ВСЕХ ПРЕДЫДУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ДО
185 !ЗНАЧЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ 1.E+38 (БЕЗ ОКРУГЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЕ МОЖЕТ
 ОКАЗАТЬСЯ НЕСКОЛЬКО НИЖЕ)
190 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN !ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
200 PRINT "Overload Occurred" !ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
210 ELSE !ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
220 PRINT Rdgs(I) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
230 END IF
240 NEXT I
250 END

```

Формат DREAL

В приведенной ниже программе используется формат вывода данных DREAL. Учтите, что преобразование при использовании формата DREAL не требуется, поскольку этот формат совпадает с форматом, используемым контроллером в качестве внутреннего формата данных (8 байтов на слово).



```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 REAL Rdgs(1:10) BUFFER !СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА
30 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Rdgs TO BUFFER Rdgs(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ БУФЕРА
 ВВОДА/ВЫВОДА
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;NPLC 10;OFORMAT DREAL;NRDGS 10"
55 !ЗАПУСК SYN, 10 ПЕРИОДОВ, АВТОДИАПАЗОН DCV, ВЫХОДНОЙ ФОРМАТ
 DREAL, 10 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК.
60 TRANSFER @Dvm TO @Rdgs;WAIT !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ
70 FOR I=1 TO 10
80 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN !ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
90 PRINT "OVERLOAD OCCURRED" !ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
100 ELSE !ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
110 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !ОКРУГЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ОТСЧЕТОВ
120 PRINT Rdgs(I) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
130 END IF
140 NEXT I
150 END

```

В предыдущей программе для вызова отсчетов из мультиметра использовалась команда TRANSFER. В приведенной ниже программе для вызова отсчетов из мультиметра в компьютер в формате DREAL используется команда ENTER. Команда ENTER проще в использовании, поскольку для нее тоже требуется путь ввода/вывода, однако его скорость намного ниже, чем для команды TRANSFER. Кроме того, для команды ENTER можно использовать команду FORMAT OFF, переводящую контроллер в режим использования собственного внутреннего формата вместо формата ASCII.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С
20 Num_readings=20 !КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ = 20
30 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
40 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT DREAL;NPLC 10;NRDGS";
 Num_readings

```

```
55 !СИНХРОНИЗАЦИЯ SYN, АВТОДИАПАЗОН DCV, ВЫХОДНОЙ ФОРМАТ DREAL,
10 ПЕРИОДОВ, 20 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
60 ASSIGN @Dvm;FORMAT OFF !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ
С 8 БАЙТАМИ НА СЛОВО
70 FOR I=1 TO Num_readings
80 ENTER @Dvm;Rdgs(I) !ВВОД ВСЕХ ОТСЧЕТОВ
90 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN !ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
100 PRINT "OVERLOAD OCCURRED" !ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
110 ELSE !ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ
120 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !ОКРУГЛЕНИЕ ОТСЧЕТОВ ДО 8 РАЗРЯДОВ
130 PRINT Rdgs(I) !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
140 END IF
150 NEXT I
160 END
```

## ОНМ, ОНMF

См. команду **FUNC**.

## ОРТ?

**Запрос параметров.** Возвращает ответ с установленными параметрами мультиметра. Возможные варианты ответа:

0 = нет установленных параметров

1 = параметр расширенной памяти отсчетов

Синтаксис

ОРТ?

Примечания

– **Связанные команды:** QFORMAT



### Пример

```
10 OUTPUT 722;"ОПТ?" !ЗАПРОС УСТАНОВЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ
20 ENTER 722;A$!ВВОД ОТКЛИКА
30 PRINT A$!ПЕЧАТЬ ОТКЛИКА
40 END
```

## PAUSE

Приостанавливает выполнение подпрограммы. Выполнение подпрограммы можно возобновить с помощью команды CONT или команды выполнения группового запуска по шине GPIB.

### Синтаксис

PAUSE

### Примечания

- Использовать команду PAUSE допускается только в составе подпрограммы.
- В приостановленном состоянии сохраняется только одна подпрограмма. Если одна подпрограмма была приостановлена, а затем запущена и приостановлена еще одна подпрограмма, первая подпрограмма будет завершена, а вторая останется в приостановленном состоянии.
- Если входной буфер отключен (команда INBUF OFF), шина GPIB обычно остается занята мультиметром до полного выполнения подпрограммы. Если подпрограмма содержит команду PAUSE, шина GPIB немедленно выводится из режима ожидания.
- Встроенные команды PAUSE запрещены, т. е. если одна подпрограмма вызывается другой подпрограммой, вызываемая подпрограмма не должна содержать команду PAUSE.
- **Команда запроса:** команда запроса PAUSE? возвращает информацию о том, приостановлена ли подпрограмма в данный момент. Возможные ответы — YES (числовой эквивалент = 1), указывающий на приостановку подпрограммы, или NO (числовой эквивалент = 0).
- **Связанные команды:** CALL, COMPRESS, CONT, DELSUB, TRIGGER (команда GPIB), SCRATCH, SUB, SUBEND



### Пример

```
10 OUTPUT 722;"SUB ОНМАС1" !ЗАГРУЗКА ПОДПРОГРАММЫ С ИМЕНЕМ "ОНМАС1"
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !ПРИОСТАНОВКА ЗАПУСКА,
 ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАСТРОЕННАЯ
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
40 OUTPUT 722;"ОНМ" !ВЫБОР 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ
 СОПРОТИВЛЕНИЯ
50 OUTPUT 722;"NRDGS 5" !ВЫБОР 5 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОДИНОЧНЫЙ ЗАПУСК
70 OUTPUT 722;"PAUSE" !ПРИОСТАНОВКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ
80 OUTPUT 722;"ACV" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
90 OUTPUT 722;"NRDGS 10" !ВЫБОР 10 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
100 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОДИНОЧНЫЙ ЗАПУСК
110 OUTPUT 722;"SUBEND" !ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНЦА ПОДПРОГРАММЫ
120 END
```

При вызове данной подпрограммы мультиметр выполняет ее построчно. В строках 20–60 мультиметр выполняет пять измерений сопротивления по 2-проводной схеме и помещает эти данные в память отсчетов. В строке 70 выполнение подпрограммы прекращается. Последующая команда CONT или команда выполнения группового запуска возобновляет выполнение программы. В строках 80–100 мультиметр выполняет 10 измерений переменного напряжения и помещает эти данные в память отсчетов. После завершения подпрограммы в памяти остается 15 отсчетов. Для вызова данной подпрограммы отправьте следующую команду:

```
OUTPUT 722;"CALL ОНМАС1"
```

После выполнения пяти измерений сопротивления по 2-проводной схеме, подключите к мультиметру источник переменного напряжения. Для возобновления выполнения подпрограммы отправьте команду CONT или выполните следующую команду (на контроллере):

```
TRIGGER 7
```



## PER

Период. Содержит инструкцию для мультиметра измерить период входного сигнала. С помощью команды FSOURCE можно указать тип входного сигнала: напряжение переменного тока (начальное), напряжение переменного тока с постоянной составляющей, сила переменного тока или сила переменного тока с постоянной составляющей.

### Синтаксис

PER [max.\_input][, %\_resolution]

**max.\_input** Параметр max.\_input позволяет выбрать фиксированный диапазон или режим автоматического выбора диапазона. Диапазоны соответствуют типу входного сигнала, указанного с помощью команды FSOURCE. Например, если задан входной сигнал ACV, параметр max.\_input указывает диапазон измерений напряжения переменного тока. Чтобы выбрать фиксированный диапазон, следует указать абсолютное значение max.\_input (не отрицательное число) ожидаемой пиковой величины входного сигнала. При этом мультиметром выбирается подходящий диапазон. Таблицы с диапазонами, доступными для каждого типа входного сигнала, см. в описании команд **FUNC** или **RANGE**.

Чтобы выбрать режим автоматического выбора диапазона, укажите значение AUTO для параметра max.\_input или установите значение по умолчанию. В режиме автоматического выбора диапазона мультиметр выполняет дискретизацию входного сигнала перед каждым измерением периода и выбирает соответствующий диапазон.

max.\_input при включении питания = неприменимо

max.\_input начальный = AUTO

**%\_resolution** Параметр %\_resolution задает точность измерений в десятичных разрядах и время счета, как показано ниже (%\_resolution также влияет на частоту отсчетов; для получения дополнительных сведений см. «Приложение А: Технические характеристики» на странице 447).

| Параметр %_resolution | Выбор времени счета | Разряды разрешения |
|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 0,00001               | 1 с                 | 7                  |
| 0,0001                | 100 мс              | 7                  |
| 0,001                 | 10 мс               | 6                  |
| 0,01                  | 1 мс                | 5                  |
| 0,1                   | 100 мкс             | 4                  |

%\_resolution при включении питания = неприменимо.

%\_resolution начальный = 0,00001

### Примечания

- Скорость отсчетов — наибольшее из следующих значений: 1 период входного сигнала, время счета или период считывания по умолчанию (1,2 с).
- Измерения периода (и частоты) выполняются с использованием цепи определения уровня, которая позволяет определить, когда входной сигнал пересекает заданный уровень напряжения на положительном или отрицательном фронте. (По этой причине при измерениях периода или частоты нельзя использовать событие запуска или дискретизации LEVEL и событие запуска LINE.) Значение для запуска по уровню при включении питания или начальное — 0 В, положительный фронт. Управлять величиной напряжения и типом связи для запуска по уровню можно с помощью команды LEVEL. Задать положительный или отрицательный фронт можно с помощью команды SLOPE.
- Самый левый десятичный разряд (с диапазоном в половину разряда для большинства других функций измерений) является полнодиапазонным (0–9) при измерениях периода.
- Сбор отсчетов при включенном автоматическом выборе диапазоне занимает больше времени, т. к. в паузах между измерениями выполняется дискретизация входного сигнала (для определения подходящего уровня).
- При измерениях периода (и частоты) индикация перегрузки указывает, что амплитуда напряжения или тока слишком велика для заданного диапазона измерений. Однако это не означает, что подаваемый период (или частота) имеет слишком большое значение для измерений.
- **Связанные команды:** ACBAND, FREQ, FSOURCE, FUNC, RES



### Пример

```
10 OUTPUT 722;"FSOURCE ACI" !ВЫБОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В КАЧЕСТВЕ
 ИСТОЧНИКА ВХОДНОГО СИГНАЛА
20 OUTPUT 722;"PER .01" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРИОДА, ДИАПАЗОН ДО 10 МА
30 END
```

## PRESET

Переводит мультиметр в одно из трех предварительно установленных состояний.

### Синтаксис

PRESET [type]

type Устанавливает предварительно настроенное состояние NORM, FAST или DIG (числовые эквиваленты этих параметров: 1, 0 и 2, соответственно).

type при включении питания = неприменимо.  
type начальный = NORM.

NORM Команда PRESET NORM аналогична RESET, однако оптимизирована под дистанционный режим работы. При выполнении команды PRESET NORM выполняются следующие команды:

```
ACBAND 20,2E+6MEM OFF (установка последней операции с памятью FIFO)
AZERO ONMFORMAT SREAL
BEEP ONMMATH OFF
DCV AUTONDIG 6
DELAY -1NPLC 1
DISP ONNRDGS 1,AUTO
FIXEDZ OFF OCOMP OFF
FSOURCE ACVOFORMAT ASCII
INBUF OFFTARM AUTO
LOCK OFFTIMER 1
MATH OFFTRIG SYN
```

Для всех математических регистров устанавливается значение 0, за исключением следующих:

DEGREE = 20

PERC = 1

REF = 1

RES = 50

SCALE = 1

**FAST** Команда PRESET FAST служит для настройки мультиметра для выполнения высокоскоростных измерений, скоростной передачи данных в память и из памяти в шину GPIB. (Для получения дополнительных сведений о высокоскоростных измерениях см. в разделе «Повышение скорости сбора отсчетов» в [Главе 4](#).) При выполнении команды PRESET FAST выполняются команды, перечисленные для PRESET NORM, со следующими исключениями:

DCV 10

AZERO OFF

DISP OFF

MFORMAT DINT

OFORMAT DINT

TARM SYN

TRIG AUTO

**DIG** PRESET DIG служит для настройки мультиметра для оцифровки постоянного напряжения (оцифровка постоянного напряжения описана в [Главе 5](#)). При выполнении команды PRESET DIG выполняются команды, перечисленные для PRESET NORM, со следующими исключениями:

DCV 10

AZERO OFF

DELAY 0

DISP OFF

TARM HOLD

TRIG LEVEL

LEVEL 0,AC



NRDGS 256,TIMER

TIMER 20E-6

APER 3E-6

MFORMAT SINT

OFORMAT SINT

### Примечания

– **Связанные команды:** RESET

### Примеры

OUTPUT 722;"PRESET NORM" !НАСТРОЙКА ДИСТАНЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

OUTPUT 722;"PRESET FAST" !НАСТРОЙКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ/ ПЕРЕДАЧИ

OUTPUT 722;"PRESET DIG" !НАСТРОЙКА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОЦИФРОВКИ ПОСТ. НАПРЯЖЕНИЯ

## PURGE

**Удаление состояния.** Удаляет одно сохраненное состояние из памяти.

### Синтаксис

PURGE name

name Имя состояния. Имя состояния может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, буквы и цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **SSTATE**.

name при включении питания = нет.

name начальное = нет; обязательный параметр.

### Примечания

– Чтобы удалить все сохраненные состояния, используйте команду SCRATCH.

– **Связанные команды:** DELSUB, SCRATCH

## Пример

OUTPUT 722; "PURGE A2"!УДАЛЕНИЕ СОХРАНЕННОГО СОСТОЯНИЯ A2

## QFORMAT

**Формат запроса.** Задаёт числовой или буквенный формат ответов на запросы (если это возможно) и возможность возврата заголовков команд.

## Синтаксис

QFORMAT [type]

format    Варианты значений параметра type:

| Параметр<br>type | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                                                                                                                                                                                                                |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NUM              | 0                                 | Ответы на запросы, передаваемые на шину GPIB или на дисплей, имеют числовой формат (если это возможно) без заголовков                                                                                                   |
| NORM             | 1                                 | Ответы на запросы, передаваемые на шину GPIB, имеют числовой формат (если это возможно) без заголовков; ответы на запросы, передаваемые на дисплей, содержат заголовки и данные в буквенном формате (если это возможно) |
| ALPHA            |                                   | Ответы на запросы, передаваемые на шину GPIB или на дисплей, содержат заголовки и данные в буквенном формате (если это возможно)                                                                                        |

type при включения питания = NORM.

type начальный = NORM.

- Числовые эквиваленты буквенных параметров приводятся для каждой применимой команды в данной главе. Некоторые команды запросов, например DEFKEY?, всегда возвращают буквенные символы вне зависимости от команды QFORMAT. Другие запросы, например NDIG?, всегда возвращают числовые данные.
- При выполнении команды запроса с передней панели мультиметра результат выводится только на дисплей. При выполнении команды



запроса из контроллера результат передается только в выходной буфер мультиметра. Результаты запросов возвращаются в формате ASCII, после чего формат вывода возвращается к ранее указанному значению (ASCII, SINT и т. д.).

- **Команда запроса:** команда запроса QFORMAT? возвращает текущий формат запроса. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** Все команды запросов, OFORMAT

### Примеры

#### NORM

```
10 OUTPUT 722;"QFORMAT NORM"
20 OUTPUT 722;"ARANGE?"
30 ENTER 722;A
40 PRINT A
50 END
```

Типичный ответ: 1

#### NUM

```
10 OUTPUT 722;"QFORMAT NUM"
20 OUTPUT 722;"ARANGE?"
30 ENTER 722;A
40 PRINT A
50 END
```

Типичный ответ: 1

#### ALPHA

```
10 OUTPUT 722; "QFORMAT ALPHA"
20 OUTPUT 722; "ARANGE?"
30 ENTER 722;A$
40 PRINT A$
50 END
```

Типичный ответ: ARANGE ON



## R

R — аббревиатура команды RANGE.

Синтаксис

R [max.\_input][, %\_resolution]

Для получения дополнительных сведений см. описание команды **RANGE**.

## RANGE

Команда RANGE позволяет выбрать диапазон измерений или режим автоматического выбора диапазона.

Синтаксис

RANGE [max.\_input][, %\_resolution]

**max.\_input** Параметр max.\_input позволяет выбрать фиксированный диапазон или режим автоматического выбора диапазона. Чтобы выбрать фиксированный диапазон, следует указать абсолютное значение max.\_input (не отрицательное число) ожидаемой максимальной амплитуды входного сигнала. При этом мультиметром выбирается правильный диапазон. Чтобы выбрать режим автоматического выбора диапазона, укажите значение AUTO для параметра max.\_input или установите начальное значение. В режиме автоматического выбора диапазона мультиметр выполняет дискретизацию входного сигнала перед каждым измерением и выбирает соответствующий диапазон.

- В представленных ниже таблицах приводятся значения параметра max.\_input и диапазоны, соответствующие им для каждой функции измерений.



Для DCV:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон  | Полная<br>шкала |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический диапазон |                 |
| от 0 до 0,12          | 100 мВ                  | 120 мВ          |
| от >0,12 до 1,2       | 1 В                     | 1,2 В           |
| от >1,2 до 12         | 10 В                    | 12 В            |
| от >12 до 120         | 100 В                   | 120 В           |
| от >120 до 1E3        | 1000 В                  | 1050 В          |

Для ACV или ACDCV:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон  | Полная<br>шкала |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический диапазон |                 |
| от 0 до 0,012         | 10 мВ                   | 12 мВ           |
| от >0,012 до 0,12     | 100 мВ                  | 120 мВ          |
| от >0,12 до 1,2       | 1 В                     | 1,2 В           |
| от >1,2 до 12         | 10 В                    | 12 В            |
| от >12 до 120         | 100 В                   | 120 В           |
| от >120 до 1E3        | 1000 В                  | 1050 В          |

Для OHM или OHMF:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон  | Полная<br>шкала |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический диапазон |                 |
| от 0 до 12            | 10Ω                     | 120Ω            |
| от >12 до 120         | 100Ω                    | 120 кΩ          |
| от >120 до 1,2E3      | 1 кΩ                    | 1,2 кΩ          |
| от >1,2E3 до 1,2E4    | 10 кΩ                   | 12 кΩ           |
| от >1,2E4 до 1,2E5    | 100 кΩ                  | 120 кΩ          |
| от >1,2E5 до 1,2E6    | 1 МΩ                    | 1,20 МΩ         |
| от >1,2E6 до 1,2E7    | 10 МΩ                   | 12 МΩ           |
| от >1,2E7 до 1,2E8    | 100 МΩ                  | 120 МΩ          |
| от >1,2E8 до 1,2E9    | 1 ГΩ                    | 1,2 ГΩ          |

F или DCI:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон  | Полная<br>шкала |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический диапазон |                 |
| от 0 до 0,12E-6       | 0,1 мкА                 | 0,12 мкА        |
| от >0,12E-6 до 1,2E-6 | 1 мкА                   | 1,2 мкА         |
| от >1,2E-6 до 12E-6   | 10 мкА                  | 12 мкА          |
| от >12E-6 до 120E-6   | 100 мкА                 | 120 мкА         |
| от >120E-6 до 1,2E-3  | 1 мА                    | 1,2 мА          |
| от >1,2E-3 до 12E-3   | 10 мА                   | 12 мА           |
| от >12E-3 до 120E-3   | 100 мА                  | 120 мА          |
| от >120E-3 до 1,2     | 1 А                     | 1,05 А          |

Для ACI или ACDCI:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон  | Полная<br>шкала |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| -1 или AUTO           | Автоматический диапазон |                 |
| от 0 до 0,120E-6      | 100 мкА                 | 120 мкА         |
| от >120E-6 до 1,2E-3  | 1 мА                    | 1,2 мА          |
| от >1,2E-3 до 12E-3   | 10 мА                   | 12 мА           |
| от >12E-3 до 120E-3   | 100 мА                  | 120 мА          |
| от >120E-3 до 1,2     | 1 А                     | 1,05 А          |

Для SSAC или SSDC:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон | Полная<br>шкала |
|-----------------------|------------------------|-----------------|
| от 0 до 0,012         | 10 мВ                  | 12 мВ           |
| от >0,012 до 0,120    | 100 мВ                 | 120 мВ          |
| от >0,120 до 1,2      | 1 В                    | 1,2 В           |
| от >1,2 до 12         | 10 В                   | 12 В            |
| от >12 до 120         | 100 В                  | 120 В           |
| от >120 до 1E3        | 1000 В                 | 1050 В          |

Для DSAC или DSDC:

| Параметр<br>max_input | Задаваемый<br>диапазон | Полная шкала   |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|
|                       |                        | Формат<br>SINT | Формат<br>DINT |
| от 0 до 0,012         | 10 мВ                  | 12 мВ          | 50 мВ          |
| от >0,012 до 0,120    | 100 мВ                 | 120 мВ         | 500 мВ         |
| от >0,120 до 1,2      | 1 В                    | 1,2 В          | 5,0 В          |
| от >1,2 до 12         | 10 В                   | 12 В           | 50 В           |
| от >12 до 120         | 100 В                  | 120 В          | 500 В          |
| от >120 до 1E3        | 1000 В                 | 1050 В         | 1050 В         |

max\_input при включении питания = AUTO.

max\_input начальный = AUTO.

**%\_resolution** Для всех функций, за исключением функций оцифровки (DSAC, DSDC, SSAC и SSDC), параметр **%\_resolution** задает разрешение при измерениях. (Мультиметр игнорирует параметр **%\_resolution**, если он следует за командой оцифровки.) Для измерений частоты и периода укажите в параметре **%\_resolution** количество разрядов для отображения. Для других функций измерений (DCV, ACV, ACDCV, OHM, OHMF, DCI и ACI) в параметре **%\_resolution** указывается процент от значения параме-



тра `max._input`. Впоследствии мультиметр умножает значение `%_resolution` на значение `max._input` для определения разрешения при измерениях.

Например, максимальная ожидаемая величина входного сигнала равна 10 В, а требуемое разрешение — 1 мВ. Для определения значения параметра `%_resolution` используется следующая формула:

$$\begin{aligned} \%\_resolution &= \\ &= (\text{фактическое разрешение}/\text{максимальное входное значение}) \times 100 \end{aligned}$$

В данном примере уравнение дает следующий результат:

$$\%\_resolution = (0,001/10) \times 100 = 0,0001 \times 100 = 0,01$$

#### ПРИМЕЧАНИЕ

При автоматическом выборе диапазона мультиметр умножает значение параметра `%_resolution` на полную шкалу выбранного диапазона. В результате получается минимальное разрешение. Мультиметр всегда обеспечивает минимальное разрешение, а во многих случаях также дополнительные разряды.

`%_resolution` при включении питания = нет. При включении питания разрешение определяется с помощью команды `NPLC`, которая дает 8½ разрядов. (Значение `NDIG` при включении питания скрывает 1 разряд дисплея, поэтому мультиметр отображает только 7½ разрядов. Для отображения всех 8½ разрядов можно использовать команду `NDIG 8`; см. описание команды **NDIG** для получения дополнительных сведений.)

`% resolution` начальное:

Для измерений частоты или периода начальное значение `%_resolution` составляет 0,00001; при этом время счета составляет 1 с, а разрешение — 7 разрядов.

При измерениях в режиме ACV или ACDCV с оцифровкой начальное значение `%_resolution` составляет 0,01 % для `SETACV SYNC` или 0,4 % для `SETACV RNDM`.

Для всех остальных функций измерений начальное время разрешения определяется текущим временем интегрирования.

### Примечания

- **Команда запроса:** команда запроса RANGE? возвращает текущий диапазон измерений. (Команда RANGE? не возвращает режим автоматического выбора диапазона; для этой цели следует использовать команды ARANGE?.) Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** ARANGE, FUNC, R

### Примеры

В следующей программе строка 10 позволяет параметру %\_resolution в строке 30 определять значение разрешения. Разрешение, заданное в строке 30, составляет 10 мОм.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0" !УКАЗАНИЕ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРИОДОВ
20 OUTPUT 722;"ОНМ" !ВЫБОР 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ
СОПРОТИВЛЕНИЯ
30 OUTPUT 722;"RANGE 800,.00125" !ВЫБОР МАКС. 800 Ом И РАЗРЕШЕНИЯ 10 мОм
40 END!
```

## RATIO

Команда RATIO содержит инструкцию для мультиметра измерить разницу между опорным постоянным напряжением, поданным на разъемы для измерений сопротивления, и напряжением сигнала, поданного на входные разъемы. Затем мультиметр рассчитывает соотношение по следующей формуле:

$$\text{Отношение} = \frac{\text{Напряжение сигнала}}{\text{опорное постоянное напряжение}}$$

### Синтаксис

RATIO [control]



## control

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                      |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключение измерений отношений                                                                |
| ON               | 1                           | Включение измерений отношений с использованием текущей функции измерений (DCV, ACV или ACDCV) |

control при включении питания = OFF.

control начальное = ON.

## Примечания

- Для разъемов измерений сопротивления LO и входных разъемов LO должен использоваться один и тот же опорный сигнал, а разность потенциалов не должна превышать 0,25 В.
- Напряжение сигнала можно измерить с использованием функции измерения DCV, ACV или ACDCV. (Для измерений переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей можно выбрать любой из трех способов — ANA, RNDM и SYNC.) Для измерения опорного напряжения мультиметр всегда использует режим постоянного напряжения. Измеримый диапазон опорного напряжения равен  $\pm 12$  В постоянного тока (только при автоматическом выборе диапазона). Для установки режима измерений отношений сначала следует выбрать функцию измерений (и способ измерений для переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей), а затем включить режим измерений отношений с помощью команды RATIO (см. пример ниже).
- **Команда запроса:** команда запроса RATIO? возвращает текущий режим измерений отношений. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** ACDCV, ACV, DCV, SETACV

## Пример

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !ПРИОСТАНОВКА СБОРА ОТСЧЕТОВ,NRDGS=1
20 OUTPUT 722;"ACV" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
```

```
30 OUTPUT 722;"SETACV SYNC" !СИНХРОННЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ
ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
40 OUTPUT 722;"RATIO ON" !ВКЛЮЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОШЕНИЙ
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ЗАПУСК ИЗМЕРЕНИЙ
60 ENTER 722;A !ВВОД ОТНОШЕНИЯ
70 PRINT A !ПЕЧАТЬ ОТНОШЕНИЯ
80 END
```



## RES

**Разрешение.** Задаёт разрешение при сборе отсчетов.

Синтаксис

RES [%\_resolution]

**%\_resolution** Для измерений частоты и периода параметр **%\_resolution** задает точность измерений в десятичных разрядах и время счета, как показано ниже. (Значение параметра **%\_resolution** влияет также на частоту отсчетов. Для получения дополнительных сведений см. «Приложение А: Технические характеристики» на странице 447.) При выборе начального значения **%\_resolution** для измерений частоты или периода мультиметр использует 0,00001.

| Параметр <b>%_resolution</b> | Выбор времени счета | Разряды разрешения |
|------------------------------|---------------------|--------------------|
| 0,00001                      | 1 с                 | 7                  |
| 0,0001                       | 100 мс              | 7                  |
| 0,001                        | 10 мс               | 6                  |
| 0,01                         | 1 мс                | 5                  |
| 0,1                          | 100 мкс             | 4                  |

При измерениях в режиме ACV или ACDCV с оцифровкой для значений со случайными точками дискретизации (SETACV RNDM) устанавливается фиксированное значение разрешения в 4,5 десятичных разряда, изменить которое невозможно. При синхронной оцифровке (SETACV SYNC) значение параметра **%\_resolution** — 0,001 = 7,5 десятичных разряда; 0,01 = 5,5 десятичных разряда и 1 = 4,5 десятичных разряда.

Для всех остальных функций (за исключением DSAC, DSDC, SSAC и SSDC): параметр **%\_resolution** игнорируется, и мультиметр умножает значение **%\_resolution** на текущее значение диапазона измерений (1 В, 10 В, 100 В и т. д.), чтобы определить разрешение. Для расчета значения параметра **%\_resolution** используется следующая формула:

$$\%_resolution = (\text{фактическое разрешение/значение диапазона}) \times 100$$



Например, предположим, что выполняются измерения постоянного напряжения в диапазоне до 10 В и требуется разрешение 100 мкВ. Формула будет выглядеть следующим образом:

$$\%\_resolution = (0,0001/10) \times 100 = 0,001$$

`%_resolution` при включении питания = нет. При включении питания разрешение определяется с помощью команды `NPLC`, которая дает 8½ разрядов. (Значение `NDIG` при включении питания скрывает 1 разряд дисплея, поэтому мультиметр отображает только 7½ разрядов. Для отображения всех 8½ разрядов можно использовать команду `NDIG 8`.)

`% resolution` начальное:

Для измерений частоты или периода начальное значение `%_resolution` составляет 0,00001; при этом время счета составляет 1 с, а разрешение — 7 разрядов.

При измерениях в режиме `ACV` или `ACDCV` с оцифровкой начальное значение `%_resolution` составляет 0,01 % для `SETACV SYNC` или 0,4 % для `SETACV RNDM`.

Для всех остальных функций измерений начальное разрешение определяется текущим временем интегрирования.

### Примечания

- Для аналоговых измерений параметр `%_resolution` команды `RES` действует немного по-другому, нежели параметр `%_resolution` команды функции (`FUNC`, `ACV`, `DCV` и т. д.) или команды `RANGE`. В составе команды `RES` параметр `%_resolution` умножается на значение диапазона для определения фактического разрешения. В составе команды функции или команды `RANGE` параметр `%_resolution` умножается на параметр `max_input` этой же команды. При этом значение параметра `max_input` может совпадать или не совпадать со значением диапазона измерений.
- **Команда запроса:** команда запроса `RES?` возвращает текущее значение параметра `%_resolution`. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** `ACDCI`, `ACDCV`, `ACI`, `ACV`, `APER`, `DCI`, `DCV`, `FREQ`, `FUNC`, `NPLC`, `OHM`, `OHMF`, `PER`, `RANGE`



### Примеры

В следующей программе строка 10 позволяет параметру %\_resolution в строке 30 определять значение разрешения.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0" !УКАЗАНИЕ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРИОДОВ
20 OUTPUT 722;"DCV 6," !ВЫБОР ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ДИАПАЗОН
 ДО 10 В
30 OUTPUT 722;"RES .001" !РАЗРЕШЕНИЕ 100 мкВ В ДИАПАЗОНЕ ДО 10 В
40 END
```

В следующей программе строка 10 задает количество периодов, равное 1000. Оно соответствует максимальному разрешению (7,5 разрядов) и не позволяет команде RES в строке 30 влиять на измерения. Запрашиваемое разрешение из строки 30 составляет 10 мОм. Однако в результате действия строки 10 фактическое разрешение равно 100 мкОм.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1000" !УКАЗАНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА
 ПЕРИОДОВ
20 OUTPUT 722;"ОНМ 1Е3 !ВЫБОР РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ
 ПО 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЕ, ДИАПАЗОН 1 кОм
30 OUTPUT 722;"RES .001 !ЗАПРОС РАЗРЕШЕНИЯ 10 мОм
40 END
```

## RESET

Позволяет перевести мультиметр в состояние включения питания без фактического выключения и включения питания.

### Синтаксис

RESET

### Примечания

– По команде RESET выполняются следующие действия:

Прекращение сбора отсчетов.

Очистка регистра ошибок и дополнительного регистра ошибок.

Очищение регистра состояний, за исключением разряда SRQ при включении питания (разряд 3).

Очистка памяти отсчетов.

Кроме того, команда RESET выполняет также следующие команды:

|                                                                    |                                                       |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ACBAND 20,2E6                                                      | LOCK OFF                                              |
| AZERO ON                                                           | MATH OFF                                              |
| DCV AUTO                                                           | MEM OFF (установка последней операции с памятью FIFO) |
| DEFEAT OFF                                                         | MFORMAT SREAL                                         |
| DELAY -1                                                           | MMATH OFF                                             |
| DISP ON                                                            | NDIG 7                                                |
| EMASK 32767 (все включены)                                         | NPLC 10                                               |
| END OFF                                                            | NRDGS 1,AUTO                                          |
| EXTOUT ICOMP,NEG                                                   | OCOMP OFF                                             |
| FIXEDZ OFF                                                         | OFORMAT ASCII QFORMAT NORM                            |
| FSOURCE ACV                                                        | RATIO OFF                                             |
| INBUF OFF                                                          | RQS 0                                                 |
| LEVEL 0,AC                                                         | SETACV ANA                                            |
| LFILTER OFF                                                        | SLOPE POS                                             |
| LFREQ (частота сети питания, округленная до значения 50 или 60 Гц) | SSRC LEVEL,AUTO                                       |

Для всех математических регистров устанавливается значение 0, за исключением следующих:

|             |          |
|-------------|----------|
| DEGREE = 20 | REF = 1  |
| SCALE = 1   | RES = 50 |
| PERC = 1    |          |

- Хотя команду RESET можно использовать в дистанционном режиме, она предназначена, в первую очередь, для использования с передней панели. Команда RESET обеспечивает требуемые начальные настройки мультиметра для работы в локальном режиме. Выполнение команды RESET из алфавитного меню сбрасывает настройки мультиметра, как показано выше. Нажатие клавиши **Reset** на передней панели в режиме нажатой клавиши SHIFT аналогично отключению и включению питания мультиметра. При этом текущее состояние сохраняется как состояние 0,



все сжатые подпрограммы и сохраненные отсчеты удаляются, в регистре состояний устанавливается разряд SRQ включения питания, и выполняется процедура включения питания.

- При попытке отправить команду RESET из дистанционного режима может оказаться, что мультиметр занят или работа интерфейса GPIB приостановлена. В любом из этих случаев мультиметр не отреагирует на команду RESET из дистанционного режима. В связи с этим на устройство GPIB необходимо отправить четкую команду перед отправкой мультиметру команды RESET, как показано в примере ниже.
- **Связанные команды:** PRESET

#### Пример

```
10 CLEAR 722 !НЕМЕДЛЕННАЯ ОЧИСТКА МУЛЬТИМЕТРА
20 OUTPUT 722;"RESET" !ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ НАСТРОЙКА МУЛЬТИМЕТРА
30 END
```

## REV?

**Запрос версии.** Возвращает два числа, разделенных запятой. Первое число — это версия встроенного ПО в ведущем процессоре мультиметра. Второе число — это версия встроенного ПО в ведомом процессоре.

#### Синтаксис

REV?

#### Пример

```
10 OUTPUT 722; "REV?" !ЧТЕНИЕ НОМЕРОВ ВЕРСИЙ ВСТРОЕННОГО ПО
20 ENTER 722; A, B !ВВОД НОМЕРОВ
30 PRINT A, B !ПЕЧАТЬ НОМЕРОВ
40 END
```

## RMATH

**Вызов математического регистра.** Считывает и возвращает содержимое математического регистра.

Синтаксис

RMATH [register]

register    Варианты значений параметра register:

| Параметр register | Числовой эквивалент запроса | Содержимое регистра                                                           |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| DEGREE            | 1                           | Константа времени для операций FILTER и RMS                                   |
| LOWER             | 2                           | Наименьшее значение отсчета для операции STATS                                |
| MAX               | 3                           | Верхний предел для операции PFAIL                                             |
| MEAN              | 4                           | Среднее значение отсчетов в операции STATS                                    |
| MIN               | 5                           | Нижний предел для операции PFAIL                                              |
| NSAMP             | 6                           | Количество отсчетов в операции STATS                                          |
| OFFSET            | 7                           | Вычитаемое в операциях NULL и SCALE                                           |
| PERC              | 8                           | Процентное значение для операции PERC                                         |
| REF               | 9                           | Базовое значение для операции DB                                              |
| RES               | 10                          | Базовое значение для операции DBM                                             |
| SCALE             | 11                          | Делитель в операции SCALE                                                     |
| SDEV              | 12                          | Среднеквадратическое отклонение в операции STATS                              |
| UPPER             | 13                          | Наибольшее значение отсчета в операции STATS                                  |
| HIRES             | 14                          | Не используется ни для одной математической операции (дополнительный регистр) |
| PFAILNUM          | 15                          | Количество успешно оцененных отсчетов в операции PFAIL до возникновения сбоя  |

register при включении питания = нет.

register начальный = DEGREE.



### Примечания

- Содержимое математического регистра всегда выводится в формате ASCII вне зависимости от заданного формата вывода. После этого формат вывода возвращается к предыдущему значению (SINT, DINT, SREAL, DREAL или ASCII).
- **Связанные команды:** MATH, MMATH, SMATH

### Пример

```
10 OUTPUT 722;"TRIG HOLD" !ПРИОСТАНОВКА ЗАПУСКА
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"NRDGS 10" !ДЕСЯТЬ ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК
40 OUTPUT 722;"DCV 3" !ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН ДО 10 В
50 OUTPUT 722;"MATH STAT" !ВКЛЮЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ
 С ВЫЧИСЛЕНИЕМ СТАТИСТИКИ
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОДНОКРАТНЫЙ ЗАПУСК МУЛЬТИМЕТРА
70 OUTPUT 722;"RMATH SDEV" !СЧИТЫВАНИЕ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО
 ОТКЛОНЕНИЯ
80 ENTER 722;A !ВВОД СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ
90 PRINT A !ПЕЧАТЬ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ
100 END
```

## RMEM

**Вызов содержимого памяти.** Считывает и возвращает значение отсчета или группы отсчетов, сохраненных в памяти отсчетов. При выполнении команды RMEM записанные отсчеты сохраняются (не удаляются из памяти).

### Синтаксис

RMEM [first][,count][,record]

first Означает начальный отсчет.

first при включении питания = нет.

first начальный = 1.

**count** Обозначает число отсчетов для вызова, начиная с отсчета под номером, заданным в параметре **first**.

**count** при включении питания = нет.

**count** начальное = 1.

**record** Обозначает запись, из которой требуется вызвать отсчеты. Записи соответствуют количеству отсчетов, указанному в команде **NRDGS**. Например, если в команде **NRDGS** задано три отсчета на запуск, каждая запись будет содержать три отсчета.

**record** при включении питания = нет.

**record** начальная = 1.

### Примечания

- Команда **RMEM** автоматически отключает память отсчетов (**MEM OFF**). Это означает, что все записанные ранее отсчеты сохраняются, а новые отсчеты не сохраняются. Память отсчетов можно включить, не удаляя сохраненные отсчеты, с помощью команды **MEM CONT**.
- Для каждого отсчета в памяти мультиметра назначается его номер. Самому последнему отсчету присваивается наименьший номер (1), а самому первому — наибольший. Номера всегда присваиваются таким образом независимо от выбранного режима — **FIFO** или **LIFO**. Записи также нумеруются в таком порядке: самой последней записи присваивается номер 1.
- При выполнении команды **RMEM** с передней панели отсчеты выводятся на дисплей по одному. После просмотра первого отсчета можно просмотреть другие отсчеты с помощью клавиш со стрелками вверх или вниз. С помощью клавиш со стрелками влево и вправо можно просматривать номера отсчетов (в левой части дисплея) и сами отсчеты (в правой части дисплея).
- Для вызова отсчетов можно использовать не только команду **RMEM**, но и метод «косвенного чтения». Для получения дополнительной информации см. подраздел «**Вызов данных отсчетов**» в **Главе 4**.
- **Связанные команды:** **MCOUNT?**, **MEM**, **MFORMAT**, **MSIZE**, **NRDGS**



## Пример

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD" !ПРИОСТАНОВКА ЗАПУСКА
20 OUTPUT 722;"DCV" !ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
30 OUTPUT 722)"TRIG AUTO" !АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЗАПУСК
40 OUTPUT 722;"NRDGS 3 ,AUTO" !3 ОТСЧЕТА НА СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ
(AUTO)
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL, 10" !10 ГРУПП ОТСЧЕТОВ
70 OUTPUT 722;"RMEM 1,3,6" !ЧТЕНИЕ ОТСЧЕТОВ 1-3 ИЗ ГРУППЫ 6
80 ENTER 722;A,B,C !ВВОД ОТСЧЕТОВ В ПЕРЕМЕННЫЕ A, B И C
90 PRINT A,B,C !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
100 END

```

## RQS

**Сервисный запрос.** Включает одно или несколько условий регистра состояний. Если включенное условие выполняется, строка GPIB SRQ получает значение true.

## Синтаксис

RQS [value]

value Чтобы включить условие, укажите ее вес в десятичной системе счисления в параметре value. Чтобы добавить несколько условий, укажите сумму весов. Условия и соответствующие им значения веса:

| Вес в десятичной системе счисления | Номер разряда | Включаемое условие                                     |
|------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| 1                                  | 0             | Выполнение команд из программной памяти завершено      |
| 2                                  | 1             | Превышен порог максимального или минимального значения |
| 4                                  | 2             | Выполнение команды SRQ завершено                       |
| 8                                  | 3             | Установлен разряд SRQ включения питания                |



| Вес в десятичной системе счисления | Номер разряда | Включаемое условие                                  |
|------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------|
| 16                                 | 4             | Готовность к получению инструкций                   |
| 32                                 | 5             | Ошибка (см. регистр ошибок)                         |
| 64                                 | 6             | Сервисный запрос (отключить этот разряд невозможно) |
| 128                                | 7             | Доступны данные                                     |

value при включении питания: Если разряд SRQ включения питания был включен при отключении питания, значение = 8; в противном случае значение = 0.

value начальный = 0 (никакие условия не включены).

#### Примечания

- Для управления ошибками, которые устанавливают разряд 5, служит команда EMASK.
- Разряд SRQ включения питания хранится в постоянной памяти. Все остальные разряды удаляются при включении питания.
- **Команда запроса:** Команда запроса RQS? возвращает сумму взвешенных значений всех включенных разрядов в регистре состояний.
- **Связанные команды:** CSB, SPOLL (команда GPIB), STB?

#### Примеры

OUTPUT 722;"RPS 4" !ВКЛЮЧЕНИЕ УСЛОВИЯ SRQ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ

OUTPUT 722;"RQS 40" !ВКЛЮЧЕНИЕ РАЗРЯДА SRQ ВКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ (8) И УСЛОВИЯ !ERROR (32)

OUTPUT 722;"RQS 255" !ВКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ УСЛОВИЙ

OUTPUT 722;"RQS 0" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ УСЛОВИЙ



## RSTATE

**Вызов состояния.** Вызывает сохраненное состояние из памяти и переводит мультиметр в это состояние. Для сохранения состояний служит команда SSTATE.

Синтаксис

RSTATE [name]

name Имя состояния. Имя состояния может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, буквы и цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. Для получения дополнительных сведений см. описание команды **SSTATE**.

name при включении питания = нет.

name начальное = 0.

Примечания

- При отключении питания мультиметра текущее состояние сохраняется как состояние 0. В случае сбоя в линии электропитания мультиметр можно вернуть в предыдущее состояние с помощью команды RSTATE 0.
- Если математическая операция NULL в режиме реального времени была включена в сохраненном состоянии, после вызова состояния первый отсчет помещается в регистр OFFSET (для получения дополнительных сведений см. описание команды «Операция NULL» в Главе 4).
- С передней панели можно просмотреть имена всех сохраненных состояний, нажав клавишу **Recall State** и используя клавиши со стрелками вверх и вниз. Когда нужное состояние будет найдено, нажмите клавишу **Enter** для вызова этого состояния.
- **Связанные команды:** MSIZE, PURGE, SCRATCH, SSTATE

Пример

OUTPUT 722; "RSTATE B2" !ВЫЗОВ СОХРАНЕННОГО СОСТОЯНИЯ С ИМЕНЕМ B2

## SCAL

Команда калибровки. Для получения дополнительных сведений см. Руководство по калибровке 3458A.

## SCRATCH

Удаляет из памяти все подпрограммы и сохраненные состояния.

Синтаксис

SCRATCH

Примечания

- Для удаления отдельных подпрограмм служит команда DELSUB. Для удаления отдельных состояний служит команда PURGE.
- **Связанные команды:** DELSUB, PURGE, RSTATE, SSTATE, SUB

Пример

```
OUTPUT 722;"SCRATCH" !УДАЛЕНИЕ ВСЕХ ПОДПРОГРАММ И СОХРАНЕННЫХ СОСТОЯНИЙ
```

## SECURE

**Защитный код.** Позволяет ответственному за калибровку ввести защитный код, используемый во избежание случайной или несанкционированной калибровки или автокалибровки. (Для получения дополнительных сведений об автокалибровке см. описание команды **ACAL**.)

Синтаксис

SECURE old\_code, new\_code[,acal\_secure]

**old\_code** Предыдущий защитный код мультиметра Мультиметр поставляется с завода с защитным кодом 3458A.

**new\_code** Новый защитный код Код — это целое число от -2,1E9 до 2,1E9. Если заданное число не является целым, мультиметр округляет его до целого числа.



`ascal_secure` Позволяет установить защитный код для автокалибровки  
Возможные варианты:

| Параметр<br><code>ascal_secure</code> | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFF                                   | 0                                 | Отключает защитный код автокалибровки                                                                                      |
| ON                                    | 1                                 | Включает защитный код автокалибровки; для ее выполнения требуется ввести код (пример см. в описании команды <b>ACAL</b> ). |

`ascal_secure` при включении питания = ранее указанное значение (заводская настройка = ON).

`ascal_secure` начальный = OFF.

#### Примечания

- Значение 0 для параметра `new_code` отключает функцию защиты; при этом ввод защитного кода для выполнения калибровки или автокалибровки не требуется.
- Клавиша **Last Entry** на передней панели не отображает коды, использованные при последнем выполнении команды **SECURE**.
- **Связанные команды:** **ACAL**, **CAL**, **CALNUM?**, **CALSTR**, **SCAL**

#### Примеры

##### Изменение кода

```
OUTPUT 722;"SECURE 3458A,4448,0 n" !ИЗМЕНЕНИЕ ЗАВОДСКОГО ЗАЩИТНОГО
КОДА НА 4448,
!ВКЛЮЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ АВТОКАЛИБРОВКИ
```

##### Отключение защиты

```
OUTPUT 722;"SECURE 3458A,0" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ
И АВТОКАЛИБРОВКИ
```

## SETACV

**Выбор измерений переменного напряжения.** Выбирает метод преобразования среднеквадратичного значения для измерений переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей.

Синтаксис

SETACV [type]

type Параметр type используется для выбора метода измерений: аналоговый, случайные точки дискретизации или синхронная дискретизация. Значения параметров:

| Параметр type | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                      |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ANA           | 1                           | Аналоговое преобразование среднеквадратичного значения        |
| RNDM          | 2                           | Преобразование со случайным расположением точек дискретизации |
| SYNC          | 3                           | Преобразование методом синхронной дискретизации               |

type при включения питания = ANA.

type начальный = ANA.

Примечания

- Выбранный метод преобразования определяет ограничения полосы пропускания. Для получения дополнительных сведений см. **«Приложение А: Технические характеристики»** на странице 447.
- **Команда запроса:** Команда запроса SETACV? возвращает текущий метод измерений переменного напряжения. Дополнительные сведения см. в разделе **«Команды запросов»** в начале данной главы.
- **Связанные команды:** ACBAND, ACDCV, ACV, FUNC, SSRC

Пример

10 OUTPUT 722; "SETACV SYNC" !ВЫБОР СИНХРОННОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ (СО СВЯЗЬЮ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ)



```
20 OUTPUT 722;"ACDCV" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
С ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
30 END
```

## SLOPE

SLOPE используется в сочетании с командой LEVEL и задает фронт сигнала для использования цепью определения уровня.

Синтаксис

SLOPE [slope]

slope Выбирает положительный или отрицательный фронт входного сигнала для цепи определения уровня. Возможные варианты:

| Параметр<br>slope | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                    |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| NEG               | 0                                 | Выбор отрицательного фронта |
| POS               | 1                                 | Выбор положительного фронта |

slope при включении питания = POS.

slope начальный = POS.

Примечания

- **Команда запроса:** команда запроса SLOPE? возвращает текущий фронт. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** LEVEL, LFILTER, NRDGS, SSRC, TRIG

Пример

```
OUTPUT 722;"SLOPE POS" !ВЫБОР ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ФРОНТА ДЛЯ
!ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ
```

## SMATH

**Сохранение в математический регистр.** Сохраняет число в математический регистр

Синтаксис

SMATH [register][,number]

register Доступные для записи регистры:

| Параметр register | Числовой эквивалент запроса | Содержимое регистра                                                          | Значение при включении питания |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| DEGREE            | 1                           | Константа времени для операций FILTER и RMS                                  | 20                             |
| LOWER             | 2                           | Наименьшее значение отсчета для операции STATS                               | 0                              |
| MAX               | 3                           | Верхний предел для операции PFAIL                                            | 0                              |
| MEAN              | 4                           | Среднее значение отсчетов в операции STATS                                   | 0                              |
| MIN               | 5                           | Нижний предел для операции PFAIL                                             | 0                              |
| NSAMP             | 6                           | Количество отсчетов в операции STATS                                         | 0                              |
| OFFSET            | 7                           | Вычитаемое в операциях NULL и SCALE                                          | 0                              |
| PERC              | 8                           | Процентное значение для операции PERC                                        | 1                              |
| REF               | 9                           | Базовое значение для операции DB                                             | 1                              |
| RES               | 10                          | Базовое значение для операции DBM                                            | 50                             |
| SCALE             | 11                          | Делитель в операции SCALE                                                    | 1                              |
| UPPER             | 13                          | Наибольшее значение отсчета в операции STATS                                 | 0                              |
| HIRES             | 14                          | Не используется ни для одной математической операции                         | 0                              |
| PFAILNUM          | 15                          | Количество успешно оцененных отсчетов в операции PFAIL до возникновения сбоя | 0                              |

register начальный = DEGREE.

register при включении питания = см. выше.



number Параметр number — значение, сохраняемое в регистре.

number начальное = значение последнего отсчета.

number при включении питания = см. выше.

### Примечания

- С помощью команды SMATH можно сохранять число в один из регистров для сохранения отсчетов (UPPER, LOWER и т. д.); однако это значение будет сохранено с отсчетом, если включена соответствующая математическая функция (например, STATS).
- Невозможно установить начальное значение number, используя -1 (минус 1). При вводе -1 в регистр будет записано число -1.
- **Связанные команды:** MATH, MMATH, RMATH

### Примеры

OUTPUT 722;"SMATH 11,1E-3" !ЗАПИСЬ "1E-3" В РЕГИСТР SCALE

В следующей программе строки 10 и 20 служат для настройки измерений сопротивления. В строке 30 запускаются измерения сопротивления.

В строке 40 для параметра number устанавливается значение по умолчанию, в результате чего измеренное значение сопротивления сохраняется в регистр RES. В строке 50 содержится инструкция для оператора подключить источник напряжения к мультиметру. Строка 80 включает математическую операцию DBM. Эта программа выводит мощность в дБ, прикладываемую к сопротивлению (результат математической операции DBM).

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, NRDGS 1,AUTO

20 OUTPUT 722;"ОНМ" !ВЫБОР 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

30 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОДНОКРАТНЫЙ ЗАПУСК

40 OUTPUT 722;"SMATH RES" !ЗАПИСЬ ОТСЧЕТА В РЕГИСТР RES

50 DISP "ПОДКЛЮЧИТЕ ИСТОЧНИК; НАЖМИТЕ CONT" !СООБЩЕНИЕ ДЛЯ ОПЕРАТОРА

60 PAUSE !ПРИОСТАНОВКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

70 OUTPUT 722;"АСV" !ВЫБОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

80 OUTPUT 722;"MATH DBM" !ВКЛЮЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ DBM

90 OUTPUT 722;"TRIG AUTO" !АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЗАПУСК

100 END



## SRQ

**Сервисный запрос.** Устанавливает разряд 2 в регистре состояний мультиметра. Если разряд 2 включен для приема SRQ (команда RQS 4), при выполнении команды SRQ будет задана строка GPIB SRQ.

Синтаксис

SRQ

– **Связанные команды:** CSB, EXTOUT, RQS, SPOLL (команда GPIB), STB?

Пример

```
10 OUTPUT 722;"RQS 4" !ВКЛЮЧЕНИЕ РАЗРЯДА 2 РЕГИСТРА СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ПРИЕМА SRQ
```

```
20 OUTPUT 722;"SRQ" !УСТАНОВКА РАЗРЯДА 2, ПРИЕМ SRQ
```

```
30 END
```

## SSAC, SSDC

**Субдискретизация.** Служит для настройки мультиметра для выполнения измерений напряжения методом субдискретизации (оцифровки). Функция SSAC служит для измерений только переменной составляющей входного сигнала. Функция SSDC служит для измерений переменной и постоянной составляющих сигнала. За исключением этого отличия, эти функции полностью идентичны. Для измерений методом субдискретизации требуется периодичность входного сигнала. Для измерений методом субдискретизации используется тракт слежения и запоминания (с апертурой 2 нс) и с широкой полосой пропускания входного сигнала (12 МГц).

Синтаксис

SSAC [max.\_input] [,% resolution]

SSDC [max.\_input] [,%\_resolution]

max.\_input Служит для выбора диапазона измерений (для измерений методом субдискретизации невозможно использовать автоматический выбор диапазона). Чтобы выбрать диапазон, укажите в параметре



max.\_input ожидаемую пиковую амплитуду входного сигнала. При этом мультиметром выбирается правильный диапазон. В следующей таблице приводятся значения параметра max.\_input и соответствующие им диапазоны.

| Параметр max._input | Задаваемый диапазон | Полная шкала |
|---------------------|---------------------|--------------|
| от 0 до 0,012       | 10 мВ               | 12 мВ        |
| от >0,012 до 0,120  | 100 мВ              | 120 мВ       |
| от >0,120 до 1,2    | 1 В                 | 1,2 В        |
| от >1,2 до 12       | 10 В                | 12 В         |
| от >12 до 120       | 100 В               | 120 В        |
| от >120 до 1Е3      | 1000 В              | 1050 В       |

max.\_input при включении питания = неприменимо.

max.\_input начальная = 10 В.

% resolution Игнорируется мультиметром при использовании в сочетании с командой SSAC или SSDC. В синтаксисе команд этот параметр совместим с другими командами функций (FUNC, ACI, DCV и т. д.).

### Примечания

- Для измерений методом субдискретизации функции автоматической установки нуля и автоматического выбора диапазона не работают. Выполнение команды SSAC или SSDC приостанавливает действие этих функций.
- Как и в случае с непосредственной дискретизацией, можно указать напряжение для запуска по уровню до 500 % от диапазона. Требуемый формат SINT, однако, не может обрабатывать отсчеты более 120 % от диапазона.
- Если память отсчетов отключена при выполнении команды SSAC или SSDC, мультиметр автоматически устанавливает формат выходных данных SINT (формат памяти при этом не меняется). Позднее при переключении на другую функцию измерений формат выходных данных возвращается к предыдущему значению. Формат выходных данных SINT следует использовать при выполнении субдискретизации и передаче

данных отсчетов непосредственно в интерфейс GPIB. В то же время, если данные отсчетов сначала помещаются в память отсчетов, можно использовать любой формат выходных данных (см. следующее примечание). Для этого следует включить память отсчетов до выполнения команды SSAC или SSDC (выполнение команды SSAC или SSDC не приводит к изменению формата выходных данных на SINT, если память отсчетов включена).

- При субдискретизации с включенной памятью отсчетов память должна работать в режиме FIFO, должна быть пустой (для очистки памяти служит команда MEM FIFO), а формат памяти SINT должен быть установлен до события активации запуска. В противном случае мультиметр генерирует ошибку SETTINGS CONFLICT в момент события активации запуска, и отсчеты не выполняются.
- В случае субдискретизации событие запуска и событие дискретизации игнорируются (эти события описаны в [Главе 4](#)). При субдискретизации применяются только события активации запуска (команда TARM) и синхронизации с сигналом источника.
- При субдискретизации сбор отсчетов идет в течение нескольких периодов входного сигнала. При отправке отсчетов непосредственно в память отсчетов (команда MEM) мультиметр автоматически изменяет их порядок для получения сигнала сложной формы. При отправке отсчетов в выходной буфер контроллер должен использовать алгоритм для восстановления сигнала сложной формы, параметры для которого описываются командой SSPARM?.
- Интервал effective\_interval между отсчетами и общее количество отсчетов задаются командой SWEEP. (Для субдискретизации невозможно использовать команду NRDGS.) При субдискретизации мультиметр использует такое количество периодов входного сигнала, какое необходимо для достижения заданного значения effective\_interval. Минимальное значение effective\_interval для субдискретизации составляет 10 нс. (См. раздел «[Субдискретизация](#)» в [Главе 5](#) для получения подробных сведений об этом процессе.)
- **Связанные команды:** DSAC, DSDC, FUNC, ISCALE?, LEVEL, LFILTER, MEM FIFO, SLOPE, PRESET FAST, PRESET DIG, SSDC, SSPARM?, SSRC, SWEEP, TARM



## Примеры

В следующей программе данные, полученные методом субдискретизации, отправляются в память отсчетов с использованием обязательного формата памяти SINT. Мультиметр помещает отсчеты в память в скорректированном порядке. Затем отсчеты передаются в контроллер в формате выходных данных DREAL (при первоначальном помещении данных субдискретизации в память отсчетов снимается ограничение на использовать только формата SINT).

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 REAL Samp(1:200) BUFFER !СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА
30 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Samp TO BUFFER Samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ БУФЕРА
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST" !TARM SYN, TRIG AUTO, ФОРМАТЫ DINT
60 OUTPUT @Dvm; "MEM FIF0" !ПАМЯТЬ ОТСЧЕТОВ В РЕЖИМЕ
 FIRST-IN-FIRST-OUT
70 OUTPUT @Dvm; "MFORMAT SINT" !ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
80 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT DREAL" !ФОРМАТ ВЫВОДА DOUBLE REAL
90 OUTPUT @Dvm; "SSDC 10" !СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ, ДИАПАЗОН ДО 10 В,
 СВЯЗЬ ПО ПОСТ. ТОКУ
100 OUTPUT @Dvm; "SWEEP 5E - 6,200" !ЭФФ. ИНТЕРВАЛ 5 мкс, 200 ОТСЧЕТОВ
110 TRANSFER @Dvm TO @Samp;WAIT !ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
 В БУФЕР КОНТРОЛЛЕРА
120 FOR I=1 TO 200
130 IF ABS(Samp(I))=1E+38 THEN !ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕРЕГРУЗКИ
140 PRINT "Overload Occurred" !ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
150 ELSE !ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЕРЕГРУЗКИ:
160 Samp(I)=DROUND(Samp(I),5) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 5 РАЗРЯДОВ
170 PRINT Samp(I) !ПЕЧАТЬ КАЖДОГО ОТСЧЕТА
180 END IF
190 NEXT I
200 END

```

В программе на следующей странице команда SSAC используется для оцифровки сигнала 10 кГц с пиковым значением 5 В. Команда SWEEP содержит инструкцию для мультиметра выполнить 1000 отсчетов (переменная Num\_samples) с интервалом effective\_interval 2 мкс (переменная Eff\_int). При измерениях используется запуск по начальному уровню для события синхронизации с источником сигнала (запуск по входному сигналу, 0 %, связь по переменному току, положительный фронт). Строка 120 генерирует событие SYN и передает отсчеты непосредственно на компьютер. Строки 240–410 служат для сортировки данных субдискретизации для получения сигнала сложной формы. Сигнал сложной формы сохраняется в массиве Wave\_form.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_samples=1000 !ЗАДАННОЕ КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ
40 Eff_int=2.0E-6 !ЗАДАННЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER !СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
 МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ
 ОТСОРТИРОВАННЫХ ДАННЫХ
70 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ
 ОТСЧЕТОВ
80 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSRC LEVEL;SSDC 10"
101 !РЕЖИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ, TARM SYN, СОБЫТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ
 С СИГНАЛОМ ИСТОЧНИКА LEVEL 0 В, ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ФРОНТ
105 !(НАЧАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ), СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ (ФОРМАТ ВЫВОДА SINT),
 ДИАПАЗОН ДО 10 В
110 OUTPUT @Dvm;"SWEEP ";Eff_int,Num_samples
115 !ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мкс, 1000 ОТСЧЕТОВ
120 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT !СОБЫТИЕ SYN,ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ
121 !ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ
 КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С

```



```
125 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
 (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)
130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
 ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140 ENTER @Dvm; S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
150 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?" !ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
160 ENTER @Dvm;N1,N2,N3 !ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
170 FOR I=1 TO Num_samples
180 Samp(I)=Int_samp(I) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ
 ОТСЧЕТОВ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
190 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
 ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
190 R=ABS(Samp(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
 ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ
200 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ
 СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
210 Samp(I)=Samp(I)*S !УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ
 КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ
220 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ
230 NEXT I
235 !-----СОРТИРОВКА ОТСЧЕТОВ-----
240 Inc=N1+N2 !ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПАКЕТОВ
250 K=1
260 FOR I=1 TO N1
270 L=I
280 FOR J=1 TO N3
290 Wave_form(L)=Samp(K)
300 K=K+1
310 L=L+Inc
320 NEXT J
330 NEXT I
340 FOR I=N1+1 TO N1+N2
```

```
350 L=I
360 FOR J=1 TO N3-1
370 Wave_form(L)=Samp(K)
380 K=K+ 1
390 L=L+Inc
400 NEXT J
410 NEXT I
420 END
```

## SSPARM?

**Запрос параметров субдискретизации.** Возвращает параметры, требуемые для восстановления сигнала, полученного методом субдискретизации (команда SSAC или SSDC), в случае, когда отсчеты передаются непосредственно в выходной буфер GPIB. (Восстановление выполняется автоматически, если отсчеты передаются непосредственно в память отсчетов.)

Первый параметр, возвращаемый командой SSPARM? — количество пакетов, содержащих N отсчетов. Второй параметр — количество пакетов, содержащих N-1 отсчетов. Третий возвращаемый параметр — значение N. Например, предположим, что выполняется субдискретизация сигнала 10 кГц и задано 22 отсчета со значением `effective_interval` 5 мкс. В данном примере мультиметр генерирует всего 4 пакета: 2 пакета по 6 отсчетов в каждом и 2 пакета по 5 отсчетов в каждом. Команда SSPARM? в этом случае возвращает значения 2, 2 и 6.

Синтаксис

SSPARM?

Примечания

– **Связанные команды:** SSAC, SSDC, SSRC, SWEEP

Пример

См. пример для команды SSDC на предыдущей странице.



## SSRC

**Синхронизация с источником сигнала.** При субдискретизации (команда SSAC или SSDC) команда SSRC позволяет синхронизировать пакеты с внешним сигналом или с уровнем напряжения входного сигнала.

Для синхронных измерений ACV или ACDCV (команда SETACV SYNC) команда SSRC позволяет синхронизировать сбор отсчетов с внешним сигналом. Можно также использовать параметр HOLD, чтобы не допустить изменения метода измерений на преобразование со случайными точками дискретизации в случае, если запуск по уровню не произойдет в определенных временных рамках. Эти рамки определяются настройкой полосы по переменному току (команда ACBAND).

### Синтаксис

SSRC [source][,mode]

source    Варианты значений параметра source:

| Параметр source      | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EXT                  | 2                           | Синхронизация с внешним входным сигналом через разъем Ext Trig на задней панели                         |
| LEVEL <sup>[a]</sup> | 7                           | Синхронизация с уровнем напряжения (команда LEVEL) входного сигнала по фронту, заданному командой SLOPE |

[a] Для синхронных измерений ACV или ACDCV напряжение (команда LEVEL) и фронт (команда SLOPE) для запуска по уровню определяются автоматически и не могут быть изменены.

source при включении питания = LEVEL

source начальный = LEVEL



mode Параметр mode применяется только при синхронных измерениях ACV или ACDCV. Возможные варианты:

| Параметр mode       | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AUTO <sup>[a]</sup> | 1                           | Если при синхронных измерениях AC или ACDCV (SETACV SYNC) используется запуск по уровню (начальный режим) и входной сигнал пропадает во время сбора отсчетов и не появляется в течение определенного периода времени, способ измерений изменяется на дискретизацию в случайных точках для завершения измерений. (После завершения измерений метод снова меняется на SYNC.) |
| HOLD                | 4                           | Запрет на автоматическое изменение метода измерений с синхронного на преобразование со случайными точками дискретизации в случае, если пропадает входной сигнал.                                                                                                                                                                                                           |

[a] Временное ограничение для синхронных измерений AC или ACDCV определяется полосой пропускания, заданной командой ACBAND.

mode при включении питания = AUTO  
mode начальный = AUTO

### Примечания

- При субдискретизации событие запуска и событие дискретизации игнорируются. При субдискретизации применяются только события активации запуска (команда TARM) и синхронизации с сигналом источника (команда SSRC). При синхронных измерениях ACV или ACDCV (команда SETACV SYNC) заданные события активации запуска (команда TARM), запуска (команда TRIG) и дискретизации (команда NRDGS) должны быть произойти до начала сбора отсчетов с помощью события синхронизации с источником сигнала.
- При субдискретизации и синхронных измерениях переменного напряжения пакеты сигналов генерируются в течение нескольких периодов сигнала. Событие синхронизации с источником сигнала позволяет синхронизировать эти пакеты с периодами входного сигнала (т. е. событие синхронизации с источником сигнала должно происходить один раз в каждом периоде).



- **Команда запроса:** команда запроса SSRC? возвращает два результата, разделенных запятой. Первый из них — текущее значение параметра source. Второй результат — текущее значение параметра mode. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** LEVEL, LFILTER, SETACV SYNC, SLOPE, SSAC, SSDC

### Примеры

В программе на следующей странице команда SSAC используется для оцифровки сигнала 10 кГц с пиковым значением 5 В. Команда SWEEP содержит инструкцию для мультиметра выполнить 1000 отсчетов (переменная Num\_samples) с интервалом effective\_interval 2 мкс (переменная Eff\_int). При измерениях используется запуск по начальному уровню для события синхронизации с источником сигнала (запуск по входному сигналу, 0 %, связь по переменному току, положительный фронт). Строка 120 генерирует событие SYN и передает отсчеты непосредственно на компьютер. Строки 240–410 служат для сортировки данных субдискретизации для получения сигнала сложной формы. Сигнал сложной формы сохраняется в массиве Wave\_form.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_samples=1000 !ЗАДАННОЕ КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ
40 Eff_int=2.0E-6 !ЗАДАННЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER !СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
 МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСОРТИРОВАННЫХ ДАННЫХ
70 DATA ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
80 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSRC LEVEL;SSDC 10"

```

101 !РЕЖИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ, TARM SYN, СОБЫТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ С СИГНАЛОМ ИСТОЧНИКА LEVEL 0 В, ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ФРОНТ

105 !(НАЧАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ), СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ (ФОРМАТ ВЫВОДА SINT), ДИАПАЗОН ДО 10 В

110 OUTPUT @Dvm;"SWEEP ";Eff\_int,Num\_samples

115 !ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мкс, 1000 ОТСЧЕТОВ

120 TRANSFER @Dvm TO @Int\_samp;WAIT !СОБЫТИЕ SYN,ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ

121!ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С

125 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)

130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМАТА SINT

140 ENTER @Dvm; S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ

150 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?" !ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ

160 ENTER @Dvm;N1,N2,N3 !ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ

170 FOR I=1 TO Num\_samples

180 Samp(I)=Int\_samp(I) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

190 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)

190 R=ABS(Samp(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ

200 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ

210 Samp(I)=Samp(I)\*S !УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ

220 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ

230 NEXT I

235 !-----СОРТИРОВКА      ОТСЧЕТОВ-----

240 Inc=N1+N2 !ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПАКЕТОВ

250 K=1



```

260 FOR I=1 TO N1
270 L=1
280 FOR J=1 TO N3
290 Wave_form(L)=Samp(K)
300 K=K+1
310 L=L+Inc
320 NEXT J
330 NEXT I
340 FOR I=N1+1 TO N1+N2
350 L=I
360 FOR J=1 TO N3-1
370 Wave_form(L)=Samp(K)
380 K=K+ 1
390 L=L+Inc
400 NEXT J
410 NEXT I
420 END

```

В следующей программе событие SSRC EXT используется с синхронными измерениями переменного напряжения. После события запуска (для событий активации запуска и дискретизации используется значение AUTO), первый сигнал TTL низкого уровня на разъеме Ext Trig инициирует первый пакет. После этого каждый последующий внешний запуск будет инициировать сбор пакетов до тех пор, пока не будет завершен сбор нужного количества пакетов.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, NRDGS 1,AUTO
20 OUTPUT 722;"ACV 10" !ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН ДО 10 В
30 OUTPUT 722;"SETACV SYNC" !СИНХРОННЫЙ СПОСОБ
40 OUTPUT 722;"SSRC EXT" !СОБЫТИЕ ВНЕШНЕЙ СИНХРОНИЗАЦИИ
 С СИГНАЛОМ ИСТОЧНИКА
50 ENTER 722;A !ЗАПУСК СБОРА ОТСЧЕТОВ (TRIG SYN), ВВОД ДАННЫХ ОТСЧЕТОВ
60 PRINT A !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
70 END

```

## SSTATE

**Сохранение состояния.** Сохраняет текущее состояние мультиметр и присваивает ему имя. Для вызова состояний служит команда RSTATE.

### Синтаксис

SSTATE name

name Имя состояния. Имя состояния может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, буквы и цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. При использовании буквенно-цифрового имени первый символ должен быть буквой. Буквенные и буквенно-цифровые имена состояний не должны совпадать с названиями команд или параметров мультиметра, а также именами сохраненных подпрограмм. В буквенном или буквенно-числовом имени можно также использовать символы `_` и `?`.

При использовании имени, состоящего из целых чисел (0–127), при сохранении мультиметр добавляет к целому числу префикс STATE. Это позволяет различать целочисленные имена состояний от целочисленных имен подпрограмм. Например, состояние, сохраненное с именем 8, будет сохранено как STATE8. Позже можно вызвать состояние либо по имени 8, либо по имени STATE8. Состояние 0 зарезервировано для состояния отключения питания мультиметра (см. ниже примечание 1).

name при включении питания = нет.

name начальное = нет; обязательный параметр.

### Примечания

- При отключении питания мультиметра текущее состояние сохраняется как состояние 0. В случае сбоя в линии электропитания мультиметр можно вернуть в предыдущее состояние с помощью команды RSTATE 0.
- Все состояния сохраняются в постоянной памяти (не удаляются при отключении питания).



- Подпрограммы, содержимое памяти отсчетов, заданные пользователем клавиши и режим MENU передней панели не сохраняются в составе состояния. При сохранении состояния сохраняется содержимое следующих математических регистров (для всех остальных математических регистров устанавливается 0):

|        |       |
|--------|-------|
| DEGREE | REF   |
| LOWER  | RES   |
| OFFSET | SCALE |
| PERC   | UPPER |

- Объем памяти состояний мультиметра составляет 14 КБ. Каждое состояние занимает около 300 байт, т. е. можно сохранить максимум 46 состояний. Состояние 0 зарезервировано для сохранения состояния мультиметра при выключении питания. Состояние 0 можно также использовать для сохранения других состояний, однако сохраненное состояние будет перезаписано текущим при выключении питания.
- С передней панели можно просмотреть имена всех сохраненных состояний, нажав клавишу **Recall State** и используя клавиши со стрелками вверх и вниз. Когда нужное состояние будет найдено, нажмите клавишу **Enter** для вызова этого состояния.
- **Связанные команды:** MSIZE, PURGE, RSTATE, SCRATCH

#### Пример

OUTPUT 722;"SSTATE B2" !СОХРАНЕНИЕ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ С ИМЕНЕМ B2

## STB?

**Запрос байта состояния.** Регистр состояний содержит семь разрядов для мониторинга состояний мультиметра. При возникновении того или иного условия в регистре состояний устанавливается соответствующий разряд. Команда STB? (байт состояния?) возвращает число, соответствующее установленным разрядам. Возвращаемое число соответствует взвешенной сумме всех разрядов.

Синтаксис

STB?

Условия регистра состояний

Условия регистра состояний и соответствующие им значения веса:

| Вес в десятичной системе счисления | Номер разряда | Условие регистра состояний                             |
|------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| 1                                  | 0             | Выполнение подпрограммы завершено                      |
| 2                                  | 1             | Превышен порог максимального или минимального значения |
| 4                                  | 2             | Выполнение команды SRQ завершено                       |
| 8                                  | 3             | Питание включено                                       |
| 16                                 | 4             | Готовность к получению инструкций                      |
| 32                                 | 5             | Ошибка (см. регистр ошибок)                            |
| 64                                 | 6             | Сервисный запрос (отключить этот разряд невозможно)    |
| 128                                | 7             | Доступны данные                                        |

Примечания

- Когда выполняется команда STB? Разряд готовности (разряд 4) всегда пуст (состояние «не готов»), т. к. мультиметр обрабатывает команду STB?.



- Команда CSB очищает регистр состояний (разряды 4, 5 и 6 не очищаются, если условия задания их значений по-прежнему выполняются). Команда RQS задает условия регистра состояний для приема SRQ по шине GPIB.
- **Связанные команды:** CSB, EXTOUT, RQS, SPOLL (команда GPIB)

#### Пример

```
10 OUTPUT 722;"STB?" !ВОЗВРАТ ВЗВЕШЕННОЙ СУММЫ ВСЕХ
 УСТАНОВЛЕННЫХ РАЗРЯДОВ
20 ENTER 722 !ВВОД РЕЗУЛЬТАТА В ПЕРЕМЕННУЮ А КОМПЬЮТЕРА
30 PRINT A !ПЕЧАТЬ ОТВЕТА
40 END
```

Предположим, что приведенная выше программа возвращает взвешенную сумму 24. Это означает, что установлены разряды со значениями весов 8 (включение питания) и 16 (готовность к получению инструкций).

## SUB

**Подпрограмма.** Сохраняет последовательность команд в виде подпрограммы и присваивает имя подпрограммы.

#### Синтаксис

SUB name

name Имя подпрограммы. Имя подпрограммы может содержать до 10 символов. Это могут быть буквы, буквы и цифры или целые числа в диапазоне от 0 до 127. При использовании буквенно-цифрового имени первый символ должен быть буквой. Буквенные и буквенно-цифровые имена подпрограмм не должны совпадать с названиями команд или параметров мультиметра, а также именами сохраненных состояний. В буквенном или буквенно-числовом имени можно также использовать символы \_ и ?.

При использовании имени подпрограммы, состоящего из целых чисел (0–127), при сохранении подпрограммы мультиметр добавляет к целому числу префикс SUB. Это позволяет различать целочисленные имена подпрограмм от целочисленных имен состояний. Например, подпрограмма, сохраненная с именем 15, будет сохранена как SUB15. Позже можно



вызвать подпрограмму либо по имени 15, либо по имени SUB15. Подпрограмма с именем 0 (ноль) предназначена для подпрограммы автозапуска (см. ниже примечание 7).

name при включении питания = нет.

name начальное = нет; обязательный параметр.

### Примечания

- Для завершения ввода подпрограммы служит команда SUBEND. Команда CALL служит для выполнения подпрограммы, а команды PAUSE и CONT — для приостановки и возобновления выполнения подпрограммы, соответственно.
- При сохранении новой подпрограммы с именем, совпадающим с именем уже существующей подпрограммы, старая подпрограмма будет заменена новой.
- Не рекомендуется вводить (сохранять) подпрограммы с передней панели, т. к. при этом в подпрограмме могут случайно сохраниться клавиши передней панели (например, клавиши со стрелками вверх и вниз). После выполнения команды SUB с передней панели на дисплее отображается SUB ENTRY MODE до выполнения команды SUBEND или нажатия клавиши RESET. Команда SUBEND отображается в меню передней панели только при сохранении подпрограммы.
- Если подпрограмма содержит команды SCRATCH, DELSUB, вторую команду SUB или команду GPIB Device Clear, мультиметр сохраняет подпрограмму без этих команд. Выполнение подпрограммы прекращается по достижении команды RESET (не следует включать команду RESET в подпрограмму).
- Если свободный объем памяти подпрограмм/состояний составляет менее 800 байт, сохранение подпрограммы невозможно.
- Выполнение подпрограммы прекращается при обнаружении ошибки или получении команды GPIB Device Clear. Команда GPIB Device Clear также прерывает процесс сохранения подпрограммы.
- Единственная возможность сбора отчетов в процессе выполнения подпрограммы — использовать команды TARM SGL или TRIG SGL. При получении одной из этих команд мультиметр не выполняет следующую команду подпрограммы до тех пор, пока не будут собраны все заданные отсчеты. (Это также означает, что все команды конфигурации и прочие



команды запуска должны предшествовать командам TARM SGL или TRIG SGL.) Все остальные события активации запуска или запуска (кроме TARM EXT; см. ниже примечание) будут выполнены в составе подпрограммы, однако сбор отсчетов будет инициирован только после завершения выполнения подпрограммы.

- При получении команды TARM EXT в составе подпрограммы мультиметр ожидает получения внешнего сигнала запуска на разъеме Ext Trig, прежде чем выполнить следующую строку подпрограммы. Это позволяет синхронизировать выполнение подпрограммы с внешним оборудованием.
- При каждом выполнении процедуры включения питания мультиметр автоматически выполняет подпрограмму с именем 0. Это позволяет вызывать предыдущее состояние мультиметра (RSTATE 0) после сбоя на линии питания.
- Подпрограммы сохраняются в постоянной памяти (не удаляются при отключении питания). Однако при сжатии (команда COMPRESS) подпрограмма удаляется из постоянной памяти и не сохраняется в случае выключения питания.
- **Связанные команды:** CALL, COMPRESS, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUBEND

### Примеры

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM RDGS(5) !РАЗМЕРНОСТЬ МАССИВА ДЛЯ 5 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"SUB DCCUR2" !СОХРАНЕНИЕ ПОСЛЕДУЮЩИХ СТРОК
 С ИМЕНЕМ DCCUR2
40 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЖИМА FIFO ДЛЯ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
60 OUTPUT 722;"DCV, 10, .01" !ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН 10 В,
 РАЗРЕШЕНИЕ 0,01%
70 OUTPUT 722; "NRDGS,5,AUTO" !5 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ AUTO
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ВЫБОР РЕЖИМА ОДНОКРАТНОГО ЗАПУСКА
90 OUTPUT 722; "SUBEND" !ОБОЗНАЧЕНИЕ ЗАВЕРШЕНИЯ СОХРАНЕНИЯ
 ПОДПРОГРАММЫ
100 OUTPUT 722;"DISP MSG 'CALLING SUBPROGRAM'"
110 OUTPUT 722; "CALL DCCUR2"
120 ENTER 722;Rdgs(*)
130 PRINT Rdgs(*)
140 END

```

При вызове следующей подпрограммы (CALL EXTRACE) мультиметр выполняет ее построчно до получения команды TARM EXT (строка 70). После этого выполнение подпрограммы прекращается до события внешнего запуска. Это позволяет синхронизировать выполнение подпрограммы с внешним событием. После события внешнего запуска выполнение подпрограммы возобновляется. При получении следующей строки (TRIG SGL) выполнение подпрограммы прекращается до завершения сбора 1000 отсчетов. После сбора отсчетов подпрограмма изменяет функцию измерений на измерения сопротивления по 2-проводной схеме, а количество отсчетов на 100. При получении второй команды TARM EXT (строка 100) выполнение подпрограммы прекращается до следующего события внешнего запуска. После этого события при получении команды TRIG SGL выполнение подпрограммы приостанавливается до завершения сбора 100 отсчетов. После этого отображается сообщение TEST FINISHED.

10 OUTPUT 722; "SUB EXTRACE" !СОХРАНЕНИЕ СТРОК 20-110 В ВИДЕ ПОДПРОГРАММЫ

20 OUTPUT 722; "PRESET NORM" !ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ НАСТРОЙКА МУЛЬТИМЕТРА, ПРИОСТАНОВКА ОТСЧЕТОВ

30 OUTPUT 722; "MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO

40 OUTPUT 722; "DCV 10" !ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ДИАПАЗОН ДО 10 В

50 OUTPUT 722; "NRDGS 1000, AUTO" !1000 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO

60 OUTPUT 722; "TARM EXT" !СОБЫТИЕ ВНЕШНЕЙ АКТИВАЦИИ ЗАПУСКА

70 OUTPUT 722; "TRIG SGL" !СОБЫТИЕ ОДНОКРАТНОГО ЗАПУСКА

80 OUTPUT 722; "OHM 1E3" !ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПО 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЕ, ДИАПАЗОН 1 кОм

90 OUTPUT 722; "NRDGS 100, AUTO" !100 ОТСЧЕТОВ НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ AUTO

100 OUTPUT 722; "TARM EXT" !СОБЫТИЕ ВНЕШНЕЙ АКТИВАЦИИ ЗАПУСКА

110 OUTPUT 722; "TRIG SGL" !СОБЫТИЕ ОДНОКРАТНОГО ЗАПУСКА

120 OUTPUT 722; "DISP MSG, TEST FINISHED" !ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНЦА ПОДПРОГРАММЫ

130 OUTPUT 722; "SUBEND"

140 END



## SUBEND

**Конец подпрограммы.** Обозначает конец подпрограммы.

Синтаксис

SUBEND

Примечания

- При сохранении подпрограммы команда SUBEND обозначает конец подпрограммы. При выполнении подпрограммы команда SUBEND устанавливает разряд 1 (если он включен) в регистре состояний, обозначая тем самым завершение выполнения подпрограммы.
- **Связанные команды:** CALL, COMPRESS, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUB

Пример

См. пример для команды SUB на предыдущей странице.

## SWEEP

Команда SWEEP задает интервал `effective_interval` между отсчетами (и общее количество отсчетов на событие запуска [для большинства функций измерений] или на событие активации (только для субдискретизации)).

Синтаксис

SWEEP [`effective_interval`] [`,#_samples`]

`effective_interval` Для субдискретизации (SSAC или SSDC) этот параметр задает отстройку между отсчетами в восстановленном сигнале (см. [Главу 5](#) для получения дополнительных сведений). Для всех остальных функций измерений этот параметр задает фактический временной интервал между двумя отсчетами. Для субдискретизации допустимый диапазон для этого параметра — от  $10E-9$  до 6000 с с шагом 10 нс; для всех остальных функций измерений используется диапазон от (1/максимальная скорость измерения) до 6000 с с шагом 100 нс.

effective\_interval при включении питания = 100E-9  
effective\_interval начальный = 20 мкс.

#\_samples задает количество отсчетов для сбора. Допустимый диапазон значений этого параметра — от 1 до 1,67E+7.

#\_samples при включении питания = 1024  
#\_samples начальное = 1024

### Примечания

- Минимальный эффективный интервал для измерений постоянного напряжения составляет 10 мкс; для непосредственной дискретизации — 20 мкс; для субдискретизации — 10 нс.
- Команду SWEEP можно использовать как замену для команды NRDGS n, TIMER и команды TIMER. Команды SWEEP и NRDGS взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную из них. При выполнении команды SWEEP автоматически устанавливается событие дискретизации TIMER. При включении питания или в состоянии RESET и PRESET мультиметр использует команду NRDGS. Значения команды SWEEP, устанавливаемые при включении питания, можно использовать только для субдискретизации (поскольку команда NRDGS не применяется для субдискретизации).
- Функции SWEEP и TIMER нельзя использовать при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей для способа с синхронным преобразованием или преобразованием со случайными точками дискретизации (SETACV SYNC или RNDM), а также для измерений частоты или периода.
- При использовании команды SWEEP (или события TIMER) автоматический выбор диапазона приостанавливается (как правило, при использовании команды SWEEP следует выбрать фиксированный диапазон).
- **Команда запроса:** команда запроса SWEEP? возвращает два результата, разделенных запятой. Первый результат — это заданное значение параметра effective\_interval. Второй результат — заданное значение параметра #\_samples. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** FUNC, NRDGS, TIMER



### Пример

В программе на следующей странице команда SSAC используется для оцифровки сигнала 10 кГц с пиковым значением 5 В. Команда SWEEP содержит инструкцию для мультиметра выполнить 1000 отсчетов (переменная Num\_samples) с интервалом effective\_interval 2 мкс (переменная Eff\_int). При измерениях используется запуск по начальному уровню для события синхронизации с источником сигнала (запуск по входному сигналу, 0 %, связь по переменному току, положительный фронт).

Строка 120 генерирует событие SYN и передает отсчеты непосредственно на компьютер. Строки 240–410 служат для сортировки данных субдискретизации для получения сигнала сложной формы. Сигнал сложной формы сохраняется в массиве Wave\_form.

```

10 OPTION BASE 1 !НУМЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_samples=1000 !ЗАДАННОЕ КОЛИЧЕСТВО ОТСЧЕТОВ
40 Eff_int=2.0E-6 !ЗАДАННЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER !СОЗДАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО
 МАССИВА ДЛЯ БУФЕРА
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА
 ДЛЯ ОТСОРТИРОВАННЫХ ДАННЫХ
70 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
80 ASSIGN @Dvm TO 722 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ
 БУФЕРА ВВОДА/ВЫВОДА
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSRC LEVEL;SSDC 10"
101 !РЕЖИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ, TARM SYN, СОБЫТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ
 С СИГНАЛОМ ИСТОЧНИКА LEVEL 0 В, ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ФРОНТ
105 !(НАЧАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ), СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ (ФОРМАТ ВЫВОДА SINT),
 ДИАПАЗОН ДО 10 В
110 OUTPUT @Dvm;"SWEEP ";Eff_int,Num_samples
115 !ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мкс, 1000 ОТСЧЕТОВ
120 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT !СОБЫТИЕ SYN,ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ
 ОТСЧЕТОВ

```

121 ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ. ПОСКОЛЬКУ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ ФОРМАТ КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С

125 !ФОРМАТОМ SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫЙ МАССИВ)

130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?" !ЗАПРОС КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМАТА SINT

140 ENTER @Dvm; S !ВВОД КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ

150 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?" !ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ

160 ENTER @Dvm;N1,N2,N3 !ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ

170 FOR I=1 TO Num\_samples

180 Samp(I)=Int\_samp(I) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВСЕХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ОТСЧЕТОВ В ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

190 !(ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)

190 R=ABS(Samp(I)) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ

200 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ПРИ ПЕРЕПОЛНЕНИИ ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ

210 Samp(I)=Samp(I)\*S !УМНОЖЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТСЧЕТА НА ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАСШТАБИРОВАНИЯ

220 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 РАЗРЯДОВ

230 NEXT I

235 !-----СОРТИРОВКА      ОТСЧЕТОВ-----

240 Inc=N1+N2 !ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПАКЕТОВ

250 K=1

260 FOR I=1 TO N1

270 L=1

280 FOR J=1 TO N3

290 Wave\_form(L)=Samp(K)

300 K=K+1

310 L=L+Inc

320 NEXT J

330 NEXT I



## 6 Справочные сведения по командам

```
340 FOR I=N1+1 TO N1+N2
350 L=I
360 FOR J=1 TO N3-1
370 Wave_form(L)=Samp(K)
380 K=K+1
390 L=L+Inc
400 NEXT J
410 NEXT I
420 END
```

### T

T — аббревиатура команды TRIG.

Синтаксис

T [event]

Для получения дополнительных сведений см. описание команды **TRIG**.

### TARM

**Активация запуска.** Определяет событие, которое включает (активирует) событие запуска (команда TRIG). С помощью этой команды можно также выполнять несколько циклов измерений.

Синтаксис

TARM [event][,number\_arms]



event Варианты значений параметра event:

| Параметр event | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                                                          |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AUTO           | 1                           | Активация во всех случаях                                                                                                                                         |
| EXT            | 2                           | Активация после подачи сигнала TTL низкого уровня на разъем Ext Trig. (Выполнение команды TARM EXT очищает буфер запуска, если параметр TBUFF имеет значение ON.) |
| SGL            | 3                           | Однократная активация (при получении команды TARM SGL), затем переход в состояние HOLD.                                                                           |
| HOLD           | 4                           | Отключение запуска                                                                                                                                                |
| SYN            | 5                           | Активация при опустошении выходного буфера мультиметра, отключении или опустошении памяти отсчетов и запросе данных контроллером.                                 |

event при включении питания = AUTO.

event начальное = AUTO.

**number\_arms** Параметр **number\_arms** является допустимым только для события активации запуска SGL; в этом случае допустимый диапазон будет от 0 до 2,1E+9. Указание значения 0 или 1 для события SGL будет иметь тот же эффект, что использование начального значения (1): запуск активируется однократно, а затем выполняется переход в состояние HOLD (отключено). Значение больше 1 для параметра **number\_arms** означает многократную активацию. При этом мультиметр генерирует достаточное количество событий однократной активации запуска в соответствии с параметром **number\_arms**. Для получения дополнительных сведений см. примечание о многократной активации.

**number\_arms** при включении питания = 1 (многократная активация отключена)

**number\_arms** начальное = 1 (многократная активация отключена)



### Примечания

- Для всех функций измерений, кроме субдискретизации (см. [Главу 5](#)), событие активации запуска используется параллельно с событием запуска (команда TRIG) и событием дискретизации (команда NRDGS или SWEEP). Для выполнения измерений сначала должно произойти событие активации запуска, после него — событие запуска и, наконец, событие дискретизации.
- Событие активации запуска не обязательно приводит к запуску мультиметра. Оно просто включает событие запуска, позволяя мультиметру реагировать на событие запуска. Подробное описание взаимодействия различных событий см. в разделе [«Запуск измерений»](#) в [Главе 4](#).
- Многократная активация: при использовании многократной активации событие активации запуска должно быть задано в команде SGL. Когда мультиметр выполняет команду TARM, в которой задана многократная активация, шина GPIB переходит в режим ожидания до завершения всех циклов измерений. Например, если number\_arms имеет значение 5 и задано 10 отсчетов в цикле (команда NRDGS), будет выполнено 5 циклов измерений по 10 отсчетов в каждом. Поскольку шина переводится в режим ожидания, команда TARM должна стоять в последней строке программы, и использование события синхронизированного запуска или события дискретизации не допускается.
- **Команда запроса:** команда запроса TARM? возвращает выбранное в данный момент событие активации запуска. Дополнительные сведения см. в разделе [«Команды запросов»](#) в начале данной главы.
- **Связанные команды:** NRDGS, SWEEP, TRIG

### Примеры

OUTPUT 722; "TARM AUTO, 0" !АВТОМАТИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ЗАПУСКА (АКТИВАЦИЯ ВО ВСЕХ СЛУЧАЯХ)

10 OUTPUT 722; "TARM HOLD" !ПРИОСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЙ

20 OUTPUT 722; "OHM" !ВЫБОР 2-ПРОВОДНОЙ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

30 OUTPUT 722; "MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO

40 OUTPUT 722; "NRDGS 5" !5 ОТСЧЕТОВ НА СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ (AUTO)

```
50 OUTPUT 722; "TARM SGL" !ИНИЦИИРОВАНИЕ ОДНОЙ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ
60 END
```

```
10 OUTPUT 722; "DCV" !ВЫБОР ИЗМЕРЕНИЙ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
20 OUTPUT 722; "TARM HOLD" !ПРИОСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЙ
30 OUTPUT 722; "TRIG AUTO" !ВЫБОР СОБЫТИЯ ЗАПУСКА AUTO
40 OUTPUT 722; "MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722; "NRDGS 3, AUTO" !3 ОТСЧЕТА НА СОБЫТИЕ ДИСКРЕТИЗАЦИИ
(AUTO)
60 OUTPUT 722; "TARM SGL,5" !ВЫБОР МНОГОКРАТНОЙ АКТИВАЦИИ
ДЛЯ 5 ЦИКЛОВ
70 END
```

В данной программе строка 60 активирует запуск однократно для каждого цикла измерений. Активация выполняется пять раз. После пятого цикла активация запуска переходит в состояние HOLD. Данная программа помещает 15 отсчетов (по 3 отсчета на одно событие запуска, 5 раз) в память отсчетов.

Если входной буфер отключен, строка 60 переводит шину GPIB в режим ожидания до завершения всех циклов измерений. Чтобы сразу восстановить контроль над шиной, подавите команду `sr lf`, заменив строку 60:

```
60 OUTPUT 722 USING "#,K" TARM SGL, 5;"
```

В приведенной выше строке спецификатор изображения # подавляет команду `sr lf`. Спецификатор изображения K подавляет начальные или конечные пробелы и выводит команду в свободном формате записи операторов. Обратите внимание на точку с запятой после `TARM SGL.5`. Она указывает мультиметру на окончание команды и должна обязательно присутствовать в случае подавления `sr lf`.



## TBUFF

**Буфер запуска.** Включает или отключает буфер внешнего запуска мультиметра.

Синтаксис

TBUFF [control]

control Варианты значений параметра control:

| Параметр control | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                           |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| OFF              | 0                           | Отключает буфер запуска, генерируя ошибку TRIGGER TOO FAST         |
| ON               | 1                           | Включает и очищает буфер запуска, отключая ошибку TRIGGER TOO FAST |

control при включении питания = OFF.  
control начальное = OFF.

### Примечания

- Установка для TBUFF значения ON позволяет устранить ошибку TRIGGER TOO FAST, которая может возникнуть при использовании внешнего события EXT для активации запуска, запуска или дискретизации. Если TBUFF имеет значение OFF, любой внешний сигнал запуска, приходящий во время обработки отсчета, создает ошибку TRIGGER TOO FAST, и запуск игнорируется. Если TBUFF имеет значение ON, первый внешний сигнал запуска, приходящий во время обработки отсчета, сохраняется, и для него и всех последующих сигналов запуска ошибки не создаются. По завершении обработки отсчета сохраненные события EXT обрабатываются мультиметром, если он запрограммирован соответствующим образом.
- При выполнении команды RESET для TBUFF устанавливается значение OFF.

- **Команда запроса:** команда запроса TBUFF? возвращает текущий режим буферизации запуска. Дополнительные сведения см. в разделе «Команды запросов» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** EXTOUT, NRDGS, TRIG

Пример

```
OUTPUT 722;"TBUFF ON" !ОТКЛЮЧЕНИЕ ОШИБКИ TRIGGER TOO FAST
```

## TEMP?

**Запрос температуры.** Возвращает внутреннюю температуру в корпусе мультиметра в градусах по Цельсию.

Синтаксис

TEMP?

Примечания

- Мониторинг температуры мультиметра позволяет определить, когда необходимо выполнить автокалибровку.
- **Связанные команды:** ACAL, CAL, CALSTR

Пример

```
10 OUTPUT 722; "TEMP?" !ЧТЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ
20 ENTER 722; A !ВВОД РЕЗУЛЬТАТА
30 PRINT A !ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТА
40 END
```



## TERM

В мультиметрах предыдущих моделей команда TERM обеспечивала внутреннее соединение или отсоединение от входных разъемов мультиметра. 3458A принимает команду TERM для обеспечения совместимости с данными мультиметрами, однако не выполняет ее, поскольку входными разъемами 3458A невозможно управлять в дистанционном режиме.

### Синтаксис

TERM [source]

source    Варианты значений параметра source:

| Параметр<br>source | Числовой<br>эквивалент<br>запроса | Описание                                                                                 |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPEN               | 0                                 | Генерация сообщения об ошибке                                                            |
| FRONT              | 1                                 | Генерация сообщения об ошибке, если переключатель Terminals установлен в положение Rear  |
| REAR               | 2                                 | Генерация сообщения об ошибке, если переключатель Terminals установлен в положение Front |

source при включении питания = нет.

source начальный = FRONT.

### Примечания

- **Команда запроса:** Команда запроса TERM? возвращает ответ, указывающий, какие входные разъемы (FRONT или REAR) выбраны на переключателе Terminals.

## TEST

Запускает на мультиметре последовательность внутренних тестов.

### Синтаксис

TEST

### Примечания

- Перед выполнением самотестирования обязательно отключите все входные сигналы. Если не отключить все входные сигналы от мультиметра, то это может привести к сбою при выполнении самотестирования.
- При обнаружении аппаратной ошибки мультиметр устанавливает разряд 0 в регистре ошибок и более информативный разряд в дополнительном регистре ошибок. При установке разряда в регистре ошибок на дисплее загорается индикатор ERR. Для получения доступа к регистрам ошибок служат команды ERRSTR? (оба регистра), ERR? (только регистр ошибок) или AUXERR? (только дополнительный регистр ошибок).
- **Связанные команды:** AUXERR?, ERR?, ERRSTR?

### Пример

OUTPUT 722;"TEST" !ВЫПОЛНЕНИЕ САМОТЕСТИРОВАНИЯ

## TIMER

Команда TIMER задает временной интервал для события дискретизации TIMER в команде NRDGS. При использовании события TIMER этот временной интервал соблюдается между отсчетами.

### Синтаксис

TIMER [time]

time Допустимый диапазон значений для параметра time — от (1/максимальная частота дискретизации) до 6000 с с шагом 100 нс.

time при включении питания = 1 с.

time начальное = 1 с.



### Примечания

- При использовании события TIMER первый отсчет выполняется без временного интервала. Однако перед первым отсчетом можно также вставить временной интервал с помощью команды DELAY.
- При использовании события TIMER автоматический выбор диапазона приостанавливается (как правило, при использовании события TIMER следует выбрать фиксированный диапазон). Если автоматический выбор диапазона был включен при выборе события дискретизации TIMER, он будет восстановлен после выбора другого события дискретизации.
- Команду SWEEP можно использовать для замены двух команд: NRDGSn, TIMER и TIMER n для всех функций измерений. Команды SWEEP и NRDGS взаимозаменяемы: мультиметр выполняет последнюю запрограммированную из них. При выполнении команды SWEEP автоматически устанавливается событие дискретизации TIMER. При включении питания или в состоянии RESET и PRESET мультиметр использует команду NRDGS. Значения команды SWEEP, устанавливаемые при включении питания, можно использовать только для субдискретизации (поскольку команда NRDGS не применяется для субдискретизации).
- Событие TIMER (или SWEEP) нельзя использовать при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей для способа с синхронным преобразованием или преобразованием со случайными точками дискретизации (SETACV SYNC или RNDM), а также для измерений частоты или периода.
- **Команда запроса:** команда запроса TIMER? возвращает текущий временной интервал в секундах для события NRDGS.
- **Связанные команды:** DELAY, NRDGS, SWEEP

### Пример

```
10 OUTPUT 722;"TRIG HOLD" !ПРИОСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЙ
20 OUTPUT 722;"INBUF ON" !ВКЛЮЧЕНИЕ ВХОДНОГО БУФЕРА
30 OUTPUT 722;"DCV 10" !ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ДИАПАЗОН ДО 10 В
40 OUTPUT 722;"NPLC .1" !ВЫБОР ВРЕМЕНИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ - 1 ПЕР.
50 OUTPUT 722;"AZERO OFF" !ОТКЛЮЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ
 НУЛЯ
```



```

60 OUTPUT 722;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ (РЕЖИМ FIFO)
70 OUTPUT 722;"TIMER 2" !ВЫБОР ИНТЕРВАЛА 2 С
80 OUTPUT 722;"NRDGS 10 TIMER" !10 ОТСЧЕТОВ НА СОБЫТИЕ
 ДИСКРЕТИЗАЦИИ (TIMER)
90 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОДНОКРАТНЫЙ ЗАПУСК
100 END

```

## TONE

Мультиметр подает один звуковой сигнал. После этого мультиметр возвращается в предыдущий режим BEEP (OFF или ON).

Синтаксис

TONE

**Связанные команды:** BEEP

Пример

OUTPUT 722; "TONE" ! ЗВУКОВОЙ СИГНАЛ

## TRIG

Задаёт событие запуска.

Синтаксис

TRIG [event]

event    Варианты значений параметра event:

| Параметр event | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                          |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| AUTO           | 1                           | Выполнение запуска, когда мультиметр не занят                     |
| EXT            | 2                           | Запуск после подачи сигнала TTL низкого уровня на разъем Ext Trig |

| Параметр event       | Числовой эквивалент запроса | Описание                                                                                                                             |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SGL                  | 3                           | Однократный запуск (при получении команды TARM SGL), затем переход в состояние TRIG HOLD                                             |
| HOLD                 | 4                           | Отключение отсчетов                                                                                                                  |
| SYN                  | 5                           | Запуск при опустошении выходного буфера мультиметра, опустошении или отключении памяти отсчетов и запросе данных контроллером        |
| LEVEL <sup>[a]</sup> | 7                           | Выполнение запуска, когда напряжение входного сигнала достигает уровня, заданного командой LEVEL, на фронте, заданном командой SLOPE |
| LINE <sup>[b]</sup>  | 8                           | Запуск при переходе переменного напряжения линии питания через нулевой уровень                                                       |

[a] Событие запуска LEVEL можно использовать только для измерений постоянного напряжения или непосредственной дискретизации.

[b] Событие запуска LINE нельзя использовать при измерениях переменного напряжения или переменного напряжения с постоянной составляющей с оцифровкой (SETACV RNDM или SYNC), а также для измерений частоты и периода.

event при включении питания = AUTO.

event начальное = SGL.

### Примечания

- Для всех измерений, кроме субдискретизации (см. [Главу 5](#)), событие запуска используется параллельно с событием активации запуска (команда TARM) и событием дискретизации (команда NRDGS). (При субдискретизации событие запуска и событие дискретизации игнорируются.) Для выполнения измерений сначала должно произойти событие активации запуска, после него — событие запуска и, наконец, событие дискретизации. Событие запуска не инициирует измерения. Оно просто делает измерения возможными. Измерения инициируются после события дискретизации (команда NRDGS или SWEEP). Подробное описание взаимодействия различных событий для большинства функций измерения см. в разделе «[Запуск измерений](#)» в [Главе 4](#). Для получения сведений о субдискретизации см. [Главу 5](#).

- **Команда запроса:** Команда запроса TRIG? возвращает заданное событие запуска. Дополнительные сведения см. в разделе «**Команды запросов**» в начале данной главы.
- **Связанные команды:** LEVEL, LFILTER, NRDGS, SLOPE, SWEEP, T, TARM, TBUFF

### Примеры

OUTPUT 722; "TRIG AUTO" !ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАПУСКА AUTO

В следующей программе демонстрируется метод приостановки измерений до надлежащей настройки мультиметра. Строка 20 приостанавливает измерения, устанавливая для события запуска состояние HOLD. Строки 30 и 40 служат для настройки 30 измерений постоянного напряжения для события запуска. Строка 50 выполняет однократный запуск, в ходе которого мультиметр выполняет 30 отсчетов. По завершении выполнения отсчетов событие запуска возвращается в состояние HOLD.

10 OUTPUT 722;"RESET" !ВОЗВРАТ В СОСТОЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ

20 OUTPUT 722;"TRIG HOLD" !ПРИОСТАНОВКА СБОРА ОТСЧЕТОВ

30 OUTPUT 722;"DCV 10" !ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ,  
ДИАПАЗОН ДО 10 В

40 OUTPUT 722;"NRDGS 30,AUTO" !30 ОТСЧЕТОВ НА СОБЫТИЕ  
ДИСКРЕТИЗАЦИИ (AUTO)

50 OUTPUT 722;"TRIG SGL" !ОДИНОЧНЫЙ ЗАПУСК

60 END





# 7 Язык BASIC для 3458A

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Введение                                   | 414 |
| Принцип работы                             | 415 |
| Команды языка BASIC                        | 416 |
| Новые команды мультиметра                  | 419 |
| Пример программы на языке BASIC 3458A      | 420 |
| Переменные и массивы                       | 422 |
| Математические выражения общего назначения | 428 |
| Подпрограммы                               | 434 |
| Написание и загрузка подпрограмм           | 436 |
| Типы команд в подпрограммах                | 438 |
| Условные операторы в подпрограммах         | 444 |

## Введение

В этой главе описаны команды BASIC, поддерживаемые внутренней операционной системой мультиметра 3458A. Данная функция позволяет легко выполнить множество имеющихся специальных задач с помощью создания и загрузки простой подпрограммы BASIC для настройки режима работы мультиметра. Ниже приводится перечень возможных ситуаций, в которых можно использовать внутренний язык BASIC.

- Настройка показаний, отображаемых на дисплее передней панели, для повышения удобства использования.
- Добавление новых функций измерений, математических операций или специализированной линеаризации преобразователя.
- Настройка мультиметра для выполнения дополнительных системных измерений с высокой производительностью.
- Выполнение интенсивного сжатия данных GPIB внутри мультиметра.
- Загрузка бинарных программ Motorola 68000 для FFT и т. д.
- Создание пользовательских бинарных программ Keysight для выполнения специальных задач.

## Принцип работы

Создайте новую подпрограмму в программной памяти 3458A с помощью команды SUB. В нее можно включить любые команды, описанные в главе 6. Можно также использовать любые новые команды языка BASIC, описанные в данном приложении и позволяющие создавать простые программы на языке BASIC. Это простой процесс, и эти команды работают со всеми версиями встроенного ПО 3458A (если не указано иное).

Подпрограммы можно вызывать через шину GPIB, назначать заданным пользователем клавишам на передней панели (F0 – F9) для запуска простым нажатием клавиши или вызывать из других подпрограмм.

Язык BASIC 3458A не поддерживает следующие объекты:

- Строковые переменные и операции
- Номера строк
- Команды GOTO
- Команды GOSUB
- Локальные переменные (все переменные являются глобальными)
- Передача параметров
- Любые команды BASIC, не перечисленные в данном приложении.



## Команды языка BASIC

В данном разделе дается обзор команд языка BASIC, которые поддерживаются во внутренней операционной системе 3458A. Для получения подробных сведений и ознакомления с примерами использования команд см. последующие разделы в данной главе.

### Переменные и массивы

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Все индексы массивов входят в диапазон от 0 до величины *размера массива* (база параметра 0).

**LET** user\_variable = expression

**REAL** variable\_1, variable\_2, . . . Служит для объявления пользовательской переменной с типом real. Принимает также параметр REAL variable\_1 (size) для объявления массива действительных чисел. REAL — 64-разрядное значение.

**INTEGER** variable\_1, variable\_2, . . . Служит для объявления пользовательской переменной с типом integer. Принимает также параметр INTEGER variable\_1 (size) для объявления целочисленного массива. INTEGER — 16-разрядное значение.

**DIM** array\_name (size), . . . Задает размерность массива.

**FILL** array\_name, list. Заполняет именованный массив данными из следующего списка чисел. Заполненные массивы сохраняются во *временной* памяти.



**ПРИМЕЧАНИЕ****ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ  
В ПОДПРОГРАММАХ**

ВСЕ подпрограммы, которые ссылаются на ту или иную переменную, должны содержать ее определение. Определение переменной должно совпадать со всеми остальными определениями переменных с этим же именем. Если определение пользовательской переменной варьируется от одной подпрограммы к другой, при выключении и включении питания могут возникнуть проблемы. Это связано с тем, что подпрограммы хранятся внутри мультиметра в целях экономии памяти. Исполняемый код подпрограммы фактически восстанавливается внутри мультиметра в процессе запуска после включения питания.

Используйте команду FILL с осторожностью. Она не работает при выключении и включении питания и фактически удаляется из подпрограммы. Используйте для каждого назначенного значения отдельные команды LET.

## Математические операции

Числовые операции: +, -, \*, /, ^

=, >, <, >=, <=, <>

DIV, MOD, ABS, SQR, LOG, EXP, LGT, SIN, COS, ATN

Бинарные операции: AND, OR, EXOR, NOT, BINAND, BINCMP, BINEOR, BINIOR, BIT, ROTATE, SHIFT

## Определение/удаление подпрограмм

**SUB** sub\_name. Определяет начало подпрограммы и присваивает подпрограмме имя.

**SUBEND** sub\_name. Определяет конец подпрограммы и завершает ее ввод.

**DELSUB** sub\_name. Удаляет указанную подпрограмму из внутренней памяти.

**SCRATCH**. Удаляет (очищает) все подпрограммы, переменные и массивы из внутренней памяти 3458A.



**CAT.** Выдает перечень имен всех подпрограмм, простых переменных, сохраненных состояний и массивов, которые в данный момент сохранены во внутренней памяти 3458A (ограничение длины — 400 символов).

**LIST** sub\_name. Выдает содержимое указанной подпрограммы (ограничение длины — 400 символов).

**COMPRESS** sub\_name. Удаляет текст указанной подпрограммы из памяти.

## Команды выполнения подпрограмм

**CALL** sub\_name. Выполняет подпрограмму, имя которой указано, и ожидает завершения до выполнения других команд.

**PAUSE.** Приостанавливает самую последнюю подпрограмму, выполненную с помощью команды CALL.

**CONT.** Возобновляет выполнение подпрограммы после выполнения команды PAUSE.

## Создание циклов и ветвей

**FOR** counter =initial\_value **TO** final-value [**STEP** step\_size]  
**NEXT** счетчик

**WHILE** выражение  
**ENDWHILE**

**IF** выражение **THEN**  
[ **ELSE** ]  
**ENDIF**

## Бинарные программы

**CALLARRAY** array name, integer\_list. Извлекает внутренний адрес указанного массива и начинает выполнение.

В массив должны быть предварительно загружены данные (преобразованные в формат ASCII) с помощью команды FILL. Бинарные данные должны представлять собой исполняемый код Motorola 68000, написанный с использованием относительной адресации.

## Новые команды мультиметра

Перечисленные ниже команды не вошли в главу 6, однако включены в данное приложение для вашего удобства. Эти команды работают со всеми версиями встроенного ПО 3458A (если не указано иное).

**ENTER** user\_variable. Передает данные отсчета из памяти отсчетов мультиметра в пользовательскую переменную. После выполнения этой команды данные отсчета в мультиметре удаляются. Пример: ENTER Dmm

**OUTPUT** user\_variable. Выводит текущее значение пользовательской переменной. Данные выводятся на дисплей или передаются в выходной буфер GPIB в зависимости от источника выполнения подпрограммы. Пример: OUTPUT Результат

**U\_RANGE.** Расширяет диапазон текущей функции.

**D\_RANGE.** Сужает диапазон текущей функции.

**DSP** string или user\_variable. Выводит на дисплей на передней панели мультиметра текст и данные пользовательских переменных (доступно только во встроенном ПО версии 2.1 и выше).

**DSP?** Считывает текущие данные на дисплее передней панели.

**SCROLL LEFT | RIGHT.** Прокручивает данные на дисплее передней панели на один символ влево или вправо. Команда работает только с текстом, отправленным с помощью команды DISP (для получения дополнительных сведений см. главу 6).

**ECHO** string. Повторяет указанную строку на дисплее на передней панели мультиметра или GPIB. Данные выводятся на дисплей или передаются в выходной буфер GPIB в зависимости от источника выполнения подпрограммы.

**RETURN.** Используется в подпрограмме для возврата до команды SUBEND.

**RMATHV** register, user\_variable. Считывает стандартный математический регистр мультиметра в пользовательскую переменную (доступно только во встроенном ПО версии 5.1 и выше).

**WAIT** msec. Ожидает указанный период перед выполнением следующей команды (максимум 32 с).



## Пример программы на языке BASIC 3458A

В приведенной ниже программе демонстрируется использование внутреннего языка BASIC 3458A и использование новых команд мультиметра. В данном примере для разработки программы и ее загрузки на мультиметр через интерфейс GPIB используется компьютер серии 300 с языком BASIC. Адрес шины мультиметра — 22, адрес интерфейса GPIB компьютера — 700.

```

10 !
20 ! В приведенной ниже программе 3458A используется для расчета
30 ! среднего значения (с отбрасыванием наибольших и наименьших
 значений).
40 ! Используется четыре команды языка BASIC:
50 ! RMATHV, LET, REAL и OUTPUT.
60 !
70 !
80 ! RMATHV - заполняет переменную текущим значением
90 ! математического регистра; аналогична команде RMATH.
100 !
110 ! OUTPUT - возвращает значение в источник, из которого была выполнена
120 ! команда (поскольку в примере подпрограмма
130 ! была вызвана через шину GPIB, значение
140 ! AVG передается через шину).
150 !
160 ! LET и REAL - присваивают значения указанным переменным.
170 !
180 !
190 !
200 DIM Rdgs(1:300) ! Задание размерности массива данных в компьютере
210 ASSIGN @Dvm TO 722 ! Настройка адреса GPIB
220 !
230 CLEAR @Dvm
240 OUTPUT @ Dvm; "RESET"
250 WAIT 0.5
260 !
270 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"
280 OUTPUT @Dvm; "OHM 1000"
290 OUTPUT @Dvm; "APER 167E-6"
300 OUTPUT @ Dvm; "OFORMAT ASCII"
310 OUTPUT @Dvm; "MEM FIFO"
320 OUTPUT @Dvm; "NRDGS 300,TIMER" ! Настройка для получения
 300 отсчетов

```

```

330 OUTPUT @Dvm; "TIMER 0.0002" ! Частота дискретизации
 5000 отсчетов/с

340 !
350 !
360 !
370 OUTPUT @Dvm; "SUB CALC_MEAN" ! Запуск подпрограммы DMM
380 OUTPUT @Dvm; "REAL BIG,SMALL,AVG" ! Задание размерности
 пользовательских переменных

390 OUTPUT @Dvm; "MMATH STAT"
400 OUTPUT @Dvm; "RMATHV MEAN, AVG" ! Новая команда DMM
410 OUTPUT @Dvm; "RMATHV UPPER, BIG" ! Новая команда DMM
420 OUTPUT @Dvm; "RMATHV LOWER, SMALL" ! Новая команда DMM
430 OUTPUT @Dvm; "LET M=(AVG*300-BIG-SMALL)/298" !Выражение для расчета M
440 OUTPUT @Dvm; "OUTPUT M" ! Отправка результата расчета
 через шину

450 OUTPUT @Dvm; "SUBEND" ! Конец подпрограммы DMM
460 OUTPUT @Dvm; "TARM SGL" ! Запуск получения dmm
470 T0=TIMEDATE ! Сохранение времени начала
480 T1=TIMEDATE
490 OUTPUT @ Dvm; "CALL CALC_MEAN" ! Инструкция для DMM
 о выполнении подпрограммы

500 ENTER @Dvm; Mean ! Считывание M в компьютер
510 T2=TIMEDATE ! Сохранение времени окончания
520 PRINT"MEAN";Mean;"TRANSFER AND CALCULATION SPEED";T2-T1-(T1 -T0)
530 PRINT
540 END

```

Примерные результаты выполнения программы:

```

СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ 54,73391112 СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ И РАСЧЕТА
0,399963378906

```



## Переменные и массивы

3458A использует числовые переменные двух типов: простые переменные (так называемые «скаляры») и индексированные массивы. Использование переменных в 3458A аналогично использованию переменных в расширенном языке BASIC. 3458A не поддерживает строковые переменные. Все переменные являются глобальными для передней панели, интерфейса GPIB и операций подпрограмм. Это означает, что значения переменных можно изменять динамическим образом.

### Объявления типов

3458A использует два типа переменных: Integer или Real. Все переменные являются действительными, если не были объявлены целочисленными. Допустимый диапазон действительных чисел:

от  $-1.797\ 693\ 134\ 862\ 315 \times 10^{308}$  до  $1.797\ 693\ 134\ 862\ 315 \times 10^{308}$

Наименьшее допустимое действительное значение, отличное от нуля:

$\pm 2.225\ 073\ 858\ 507\ 202 \times 10^{-308}$

Действительное число может быть равно нулю.

Целое число может иметь значение в следующем диапазоне:

от  $-32767$  до  $+32767$

Команда DIM служит для объявления массивов действительных чисел. Команда INTEGER служит для объявления целочисленных переменных или массивов. Команда REAL служит для объявления действительных переменных или массивов.

Приведенная ниже программа позволяет объявить массив действительных чисел A из 10 элементов (0–9).

```
OUTPUT 722; "DIM A(9)"
```

Приведенная ниже программа позволяет объявить целочисленный массив IARRAY из 10 элементов (0–9) и целочисленной переменной B.

```
OUTPUT 722; "INTEGER IARRAY(9),B"
```

Приведенная ниже программа позволяет объявить массив действительных чисел RARRAY из 10 элементов (0–9) и действительной переменной C.

OUTPUT 722; "REAL RARRAY(9), C"

3458A объявляет переменные автоматически, если имя переменной входит в команду присвоения внутри команды LET. Например, следующие команды автоматически объявляют заданные имена переменных.

OUTPUT 722; "LET A=SIN(.223)"

OUTPUT 722; "LET B=3.14159"

Некоторые команды 3458A требуют конкретный тип переменных при определении переменных для параметров. Например, команда TIME требует использования действительного числа. Аналогичным образом команды, которые возвращают числовые результаты, будут возвращать числа определенных типов. Команда LINE? возвращает целое число. Возвращаемые значения измерений являются действительными числами. Все переменные имеют тип REAL, если не указано иное.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

#### СОВЕТ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

После объявления типа массива изменить его можно только после очищения памяти (см. описание команды SCRATCH в главе 6). При наличии ссылки на действительное число в команде, которая требует целое число, 3458A преобразует действительное число в целое. Аналогичным образом при наличии ссылки на целое число в команде, которая требует действительное число, 3458A преобразует целое число в действительное. Таким образом, для минимизации временных издержек следует использовать переменные в соответствии с их назначением. Пример:

OUTPUT 722; "REAL TIME\_INT; LET TIME\_INT=2.25; TIMER TIME\_INT"

## Преобразование типа

3458A автоматически преобразует действительные и целочисленные значения в случае необходимости. При преобразовании действительных чисел в целые могут быть утеряны данные. Такое преобразование имеет две потенциальных проблемных области: ошибки округления и ошибки диапазона.



- При преобразовании действительного числа в целое действительное число округляется до ближайшего целочисленного значения. Все данные справа от десятичной запятой будут утеряны.
- При преобразовании действительных значений в целочисленные возникают ошибки диапазона. Для действительных значений используется диапазон от  $-10^{308}$  до  $+10^{308}$ , а для целочисленных — от  $-32768$  до  $+32767$  (приблизительно от  $-10^4$  до  $+10^4$ ). Таким образом, не все действительные числа можно округлить до эквивалентного целочисленного значения. Эта проблема может привести к возникновению ошибки переполнения целочисленного значения.

## Использование переменных

Имена простых переменных и массивов могут содержать до 10 символов. Первый символ должен быть буквенным (A–Z), а оставшиеся девять символов могут быть буквенными, числовыми (0–9), символами подчеркивания (  ) или вопроса (?). Верхний и нижний регистры не различаются. Имена переменных не должны совпадать именами команд, параметров или сохраненных состояний 3458A.

С помощью команды LET можно присвоить любую числовую переменную (требуется ключевое слово LET). Например, следующие команды являются эквивалентными.

```
OUTPUT 722; "LET TIME_INT = 120E-3"
```

```
OUTPUT 722; "LET TIME_INT =40*3E-3"
```

Переменные могут замещать числовые параметры в любых командах 3458A, где используются числовые параметры. Два примера использования: (1) хранение числовых данных и (2) числовые расчеты. В представленных ниже разделах данные виды использования описаны более подробно.

### Переменные для хранения данных

При включении питания числовые выходные данные, генерируемые 3458A, помещаются в выходной буфер GPIB, откуда они могут быть отправлены в системный контроллер. Однако в ряде случаев может потребоваться сохранить выходные данные непосредственно во внутреннюю память мультиметра. Команда ENTER извлекает один отсчет из памяти



отсчетов (с удалением) и помещает его значение в указанную переменную или массив.

В приведенной ниже программе команда ENTER используется в подпрограмме 3458A для сохранения отчетов.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
30 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
40 OUTPUT 722; "INTEGER I"
50 OUTPUT 722; "FOR I = 1 TO 100"
60 OUTPUT 722; " ENTER A[I]"
70 OUTPUT 722; "NEXT I"
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
90 !
100 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
110 END
```

### Числовые расчеты

В числовых расчетах можно использовать любые переменные: и простые, и массивы. В наборе команд 3458A доступно несколько математических функций, позволяющих выполнять операции с данными. Математические функции 3458A описаны подробнее в последующих разделах данного приложения.

### Чтение значений мультиметра

Команда OUTPUT возвращает значение указанной переменной. Ниже приводится пример использования команды OUTPUT.

```
10 DIM A$[50]!Задание размерности переменной контроллера
20 OUTPUT 722; "LET VAL=COS(.5235)!Вычисление значения
30 OUTPUT 722; "OUTPUT VAL"!Считывание результата и передача
 в переменную
40 ENTER 722: A$!Ввод результата
50 PRINT A$!Печать результата
60 END
```



## Массивы

3458A позволяет выделять память под одномерные массивы. Для определения массива действительных чисел используйте команды DIM name(size) или REAL name(size). Для целочисленных массивов используйте команду INTEGER name(size). Все массивы имеют нижнюю границу, равную нулю (база параметра 0). Массивы не имеют размера по умолчанию. Например, чтобы создать массив из 10 элементов, задайте размер 9, как показано ниже.

```
OUTPUT 722; "DIM TESTER(9)"
```

Для имен массивов действуют такие же правила, как для имен числовых переменных. Чтобы выбрать конкретный элемент массива, необходимо указать индекс, заключенный в скобки. Индекс — это целое число в диапазоне от 0 до 999, однако максимальный размер массива определяется доступным объемом памяти 3458A (примерно 10 КБ, если в памяти нет сохраненных состояний или подпрограмм). Значение индекса, отличное от целого числа, округляется до ближайшего целого.

Размер массивов можно изменять путем их повторного объявления. При этом каждый элемент массива обнуляется. В то же время изменить тип массива (массив действительных или целых чисел) можно только путем очистки памяти (см. описание команды SCRATCH в главе 6). Элементы массива можно использовать так же, как простые переменные.

### Заполнение массивов

Элементы массивов обнуляются при объявлении массивов (команды DIM, REAL или INTEGER) или изменении их размера. После определения размерности массива используйте команду FILL для загрузки значений в массив. Синтаксис команды FILL:

```
FILL array_name, list
```

Приведенная ниже программа позволяет заполнить целочисленный массив значениями.

```
10 OUTPUT 722; "INTEGER LIST(9)"
20 OUTPUT 722; "FILL LIST 0,100,200,300,400,500,600,700,800,900"
30 END
```

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Используйте команду FILL с осторожностью. Она не работает после выключения и включения питания, т. к. фактически удаляется из подпрограммы. Используйте для каждого назначенного значения отдельные команды LET.

**Размер массива**

Команда запроса SIZE? возвращает количество элементов в заданном массиве. Это количество на один больше, чем индекс последнего элемента в массиве из-за соглашения о базе параметра 0 в 3458A. Так, для массива из 10 элементов (например, DIM LIST(9)) команда SIZE? возвращает значение «10».

Приведенная ниже программа позволяет определить целочисленный массив из 10 элементов, а затем проверить его размер с помощью команды SIZE?.

```
10 OUTPUT 722; "INTEGER IARRAY(9)"
20 OUTPUT 722; "SIZE? IARRAY"
30 ENTER 722; A
40 PRINT A
50 END
```

**Очистка массивов и переменных**

Все переменные и массивы хранятся во временной памяти 3458A. При отключении питания 3458A все переменные и массивы будут утеряны. Команда SCRATCH позволяет очистить все имена переменных, массивов, подпрограмм и сохраненных состояний (сведения о сохраненных состояниях см. в главе 3).



## Математические выражения общего назначения

Математические выражения общего назначения, основанные на стандартных соглашениях языка BASIC, можно вводить с передней панели, из системного контроллера или подпрограмм 3458A. Доступны стандартные математические операторы, общие математические функции, тригонометрические и бинарные функции. Кроме того, 3458A может работать в режиме простого калькулятора.

### Математические операторы

Кроме стандартных математических операторов (+ – \* / ^), в 3458A есть два дополнительных арифметических оператора: DIV (целочисленное деление) и MOD (модуль). Операции унарного минуса следует записывать следующим образом:

```
A = 0-B
```

Команда DIV возвращает целочисленный результат деления. При этом выполняется обычное деление, однако все разряды справа от десятичной запятой отсекаются (без округления). Приведенная ниже программа позволяет разделить 7 на 3 и отобразить целочисленный результат деления (2) на системном контроллере.

```
10 OUTPUT 722; "OUTPUT(7 DIV 3)"
20 ENTER 722; A
30 PRINT "DIV Result ="; A
40 END
```

Стандартный результат печати:

```
DIV Result = 2
```

Команда MOD возвращает остаток целочисленного деления. Как и в случае с командой DIV, выполняется обычное деление, однако команда MOD возвращает только остаток. Приведенная ниже программа позволяет разделить 7 на 3 и отобразить остаток целочисленного деления (1) на системном контроллере.

```
10 OUTPUT 722; "OUTPUT(7 MOD 3)"
20 ENTER 722; A
30 PRINT "MOD Result="; A
40 END
```

Стандартный результат печати:

MOD Result=1

Математические операторы сравнения (< > <= >= <>) и логические операторы (AND и OR) можно использовать в любых выражениях.

### Общие математические функции

В приведенной ниже таблице перечислены общие математические функции, доступные в 3458A. Аргументы (обозначенные как X и Y) могут быть числами, числовыми переменными, функциями, элементами массива или числовыми выражениями в скобках.

| Функция/аргумент | Значение                        |
|------------------|---------------------------------|
| ABS(X)           | Абсолютное значение аргумента.  |
| SQR(X)           | Квадратный корень из аргумента. |

### Логарифмические функции

3458A может вычислять натуральные и десятичные логарифмы. Логарифмические функции представлены в таблице ниже.

| Функция/аргумент | Значение                                                                                    |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOG(X)           | $\text{Log}_e(X)$ : натуральный логарифм положительного аргумента по основанию e (2,71828). |
| EXP(X)           | $e^X$ : натуральный логарифм. Возводит e в степень, выраженную аргументом.                  |
| LGT(X)           | $\text{Log}_{10}$ : десятичный логарифм положительного аргумента по основанию 10.           |

### Тригонометрические функции

В 3458A доступно три тригонометрических функции, которые описаны в таблице ниже.

| Функция/аргумент | Значение (X в радианах) |
|------------------|-------------------------|
| SIN(X)           | Синус аргумента.        |
| COS(X)           | Косинус аргумента.      |
| ATN(X)           | Арктангенс аргумента.   |



### Логические функции

В 3458A доступно четыре логических функции: AND (включающее AND), OR (включающее OR), EXOR (исключающее OR) и NOT (логическое отрицание). Первые три функции сравнивают два аргумента и возвращают 0 или 1 с учетом соответствующей таблицы истинности. Все значения аргумента, отличные от нуля (положительные и отрицательные), считаются логической 1. Только ноль считается логическим 0.

В командах логических функций используется следующий синтаксис. Таблицы истинности для всех четырех функций приводятся ниже.

аргумент **AND** аргумент

аргумент **OR** аргумент

аргумент **EXOR** аргумент

**NOT** аргумент

| A | B | A AND B | A OR B | A EXOR B | NOT A | NOT B |
|---|---|---------|--------|----------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0       | 0      | 0        | 1     | 1     |
| 0 | 1 | 0       | 1      | 1        | 1     | 0     |
| 1 | 0 | 0       | 1      | 1        | 0     | 1     |
| 1 | 1 | 1       | 1      | 0        | 0     | 0     |

### Бинарные функции

В 3458A доступно семь бинарных функций. Их целесообразно использовать для генерации цифровых последовательностей. При использовании бинарных функций значения аргументов (X и Y) реальных переменных округляются до целых чисел в диапазоне от  $-32768$  до  $+32767$ . Бинарные функции представлены в таблице ниже.

| Функция/аргумент   | Значение                                                                                                                                                                           |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BINAND(X,Y)        | Побитовое логическое AND аргументов.                                                                                                                                               |
| BINCMP(X)          | Побитовое бинарное дополнение аргумента.                                                                                                                                           |
| BINEOR(X,Y)        | Побитовое логическое исключающее OR аргументов.                                                                                                                                    |
| BINIOR(X,Y)        | Побитовое логическое включающее OR аргументов.                                                                                                                                     |
| BIT(X,позиция)     | Возвращает значение 0 или 1, представляющее собой логическое значение заданного разряда аргумента. Позиция разряда входит в диапазон от 0 (младший разряд) до 15 (старший разряд). |
| ROTATE(X,смещение) | Возвращает целое число, полученное в результате поворота аргумента на указанное число позиций <i>с переносом разрядов</i> . <sup>[a]</sup>                                         |
| SHIFT(X,смещение)  | Возвращает целое число, полученное в результате поворота аргумента на указанное число позиций <i>без переноса разрядов</i> *.                                                      |

[a] При положительном смещении поворот или смещение выполняется по направлению к младшему разряду. При отрицательном смещении поворот или смещение выполняется по направлению к старшему разряду.

## Математическая иерархия

3458A сначала вычисляет выражения в скобках и только после этого математические функции за скобками. Если в выражение входит две или более математических операций с одинаковым приоритетом, иерархия формируется слева направо.

|                      |                                           |
|----------------------|-------------------------------------------|
| Наибольший приоритет | Скобки                                    |
|                      | Функции: SIN, COS и т. д.                 |
|                      | Возведение в степень                      |
|                      | *, /, MOD, DIV                            |
| Наименьший приоритет | +, -                                      |
|                      | Операторы отношения: <, >, <=, >= и т. д. |
|                      | Логические операторы: AND, OR и т. д.     |



## Математические ошибки

При вычислении математического выражения могут возникнуть следующие ошибки. 3458A обрабатывает математические ошибки, как и любые другие ошибки времени выполнения. Дополнительные сведения об обработке ошибок см. в главе 3.

| Описание ошибки                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|
| Деление на ноль                                                    |
| Переполнение действительного значения                              |
| Обнуление действительного значения                                 |
| Переполнение целочисленного значения                               |
| Квадратный корень из отрицательного числа                          |
| Логарифм неположительного числа                                    |
| Недопустимое действительное число                                  |
| Аргумент тригонометрической функции вне диапазона                  |
| Слишком большой показатель степени BCD                             |
| Ошибка шестнадцатеричного, восьмеричного или десятичного аргумента |

## Оптимизация сравнений

При выполнении математического сравнения целых чисел особые меры предосторожности не требуются. Однако при сравнении действительных чисел, особенно полученных в результате вычислений, могут возникнуть проблемы из-за округления и других системных ограничений. Например, рассмотрим использование команды IF...THEN для проверки равенства в ситуации, аналогичной следующему примеру.

```
10 OUTPUT 722; "SUB TESTER"
20 OUTPUT 722; "LET A=25.3765477"
30 OUTPUT 722; "IF SIN(A)^2 + COS(A)^2 = 1 THEN"
40 OUTPUT 722; " DISP 'EQUAL'"
50 OUTPUT 722; "ELSE"
60 OUTPUT 722; " DISP'NOT EQUAL'"
70 OUTPUT 722; " ENDIF"
```



```
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
90 !
100 OUTPUT 722; "CALL TESTER"
110 END
```

Может случиться, что проверка равенства завершится сбоем из-за ошибок округления или других ошибок, связанных с внутренними ограничениями конечных автоматов. Периодическая десятичная дробь или иррациональное число не может быть точно представлено ни на одном конечном автомате типа 3458A.

Яркий пример ошибки равенства можно наблюдать при умножении или делении чисел. В результате умножения двух нецелых значений в большинстве случаев получается число с большим количеством разрядов справа от десятичной запятой, чем в любом из исходных чисел.



## Подпрограммы

3458A может хранить и исполнять подпрограммы на языке BASIC. Эти подпрограммы можно загружать в память 3458A с удаленного системного контроллера (например, с компьютера HP серии 200/300) или вводить с передней панели. В данном разделе описывается структура и использование подпрограмм. Здесь также приводятся конкретные команды, применяемые в составе подпрограмм.

Подпрограмма — это последовательность команд 3458A, начинающаяся с команды SUB и заканчивающаяся командой SUBEND. Команда SUB позволяет присвоить подпрограмме имя, которое в дальнейшем используется для ее исполнения. Подпрограммы хранятся в постоянной памяти 3458A.

Загруженные в 3458A подпрограммы можно исполнять впоследствии, подавая одну команду с системного контроллера или передней панели. Это позволяет системному контроллеру решать другие задачи, пока 3458A выполняет другие операции. Таким образом обеспечивается многозадачность системного контроллера, т. к. 3458A выступает в качестве отдельного автономного компьютера. Кроме того, команды в подпрограммах 3458A выполняются быстрее, чем те же команды, переданные по интерфейсу GPIB. Это объясняется порядком внутреннего хранения команд в подпрограммах 3458A.

Какие команды разрешено использовать в подпрограммах?

Большинство команд 3458A можно сохранять и исполнять в подпрограммах. Невозможно сохранить только команды CONTINUE, COMPRESS, DELSUB и SCRATCH. Три условные и циклические команды предназначены для использования в подпрограммах.

Сколько разных подпрограмм можно сохранить?

Точное количество подпрограмм, которое можно сохранить в памяти 3458A, зависит от размеров конкретных подпрограмм. Как правило, подпрограмма из 10 команд (в том числе SUB и SUBEND) может иметь размер около 600 байт. Дополнительные сведения об использовании памяти см. в главе 3.

Можно ли встраивать подпрограммы в другие подпрограммы?

Да. Встраивание подпрограмм позволяет вызывать (исполнять) одну подпрограмму из другой подпрограммы. Допускается встраивание до 10 подпрограмм.



## Написание и загрузка подпрограмм

Примеры подпрограмм в данном разделе позволяют продемонстрировать относительно простые операции 3458A, которые можно копировать и использовать в более сложных основных программах собственной разработки. В данном разделе также описано, как создавать и редактировать подпрограммы.

### ПРИМЕЧАНИЕ

#### СОВЕТ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

В самом начале программы тестирования системы следует выполнить команду SCRATCH и загрузить подпрограммы с системного контроллера. Это позволяет оптимизировать работу с памятью 3458A и обеспечить загрузку и готовность подпрограмм к использованию.

Команда SUB содержит инструкцию для 3458A сохранить все последующие команды вплоть до команды SUBEND в указанной подпрограмме.

Имена подпрограмм могут содержать до 10 символов. Первый символ должен быть буквенным (A–Z), а оставшиеся девять символов могут быть буквенными, числовыми (0–9), символами подчеркивания ( \_ ) или вопроса (?). Имена подпрограмм не должны совпадать с именами команд или параметров 3458A, ранее определенных массивов или переменных либо сохраненных состояний.

Приведенная ниже программа позволяет создать простую подпрограмму для настройки мультиметра для выполнения трех измерений постоянного напряжения.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "DCV8,0.00125"
30 OUTPUT 722; "NRDGS 3"
40 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
50 OUTPUT 722; "SUBEND"
60 END
```

Две команды SUB DMM\_CONF и SUBEND, а также три команды в строках 20, 30 и 40 образуют подпрограмму с именем DMM\_CONF.

При вводе подпрограммы 3458A проверяет ее на наличие синтаксических ошибок, как любые команды. Если обнаружена синтаксическая ошибка, команда не будет сохранена в подпрограмме. В этом случае необходимо изменить текст подпрограммы в системном контроллере и повторить загрузку. 3458A сохраняет подпрограмму в постоянной памяти. Впоследствии подпрограмму можно исполнить с передней панели или системного контроллера. Подпрограмма не будет сохранена при обнаружении ошибки встраивания в ходе выполнения команды SUBEND (например, если одна из вызываемых подпрограмм отсутствует в памяти 3458A).

При создании или загрузке подпрограммы с именем, совпадающим с именем уже существующей в памяти 3458A подпрограммы, старая подпрограмма будет заменена новой.



## Типы команд в подпрограммах

Команды 3458A, относящиеся к подпрограммам, используются только в подпрограммах. Команды определения и удаления подпрограмм касаются сохранения, просмотра и удаления подпрограмм из внутренней памяти. Команды исполнения управляют исполнением подпрограмм из или извне подпрограммы.

### Команды определения/удаления

Команды определения и удаления подпрограмм определяют начало и конец подпрограмм, сохраняют и удаляют подпрограммы из памяти и выводят список подпрограмм, хранящихся во внутренней памяти.

Операторы синтаксиса для команд определения и удаления подпрограмм перечислены ниже.

**SUB** sub\_name

**SUBEND**

**DELSUB** sub\_name

**SCRATCH**

**CAT**

**LIST** sub\_name

**COMPRESS** sub\_name

**SUB/SUBEND**

Каждая подпрограмма 3458A должна включать команды SUB и SUBEND. Команда SUB должна содержаться в первой строке во всех подпрограммах 3458A. Она определяет начало подпрограммы и присваивает подпрограмме имя. При выполнении команды SUB 3458A инициирует сохранение подпрограммы во внутренней памяти.

Команда SUBEND должна содержаться в последней строке во всех подпрограммах 3458A. Она определяет конец подпрограммы и завершает ее ввод. Команды, содержащиеся между командами SUB и SUBEND выполняются по порядку при каждом выполнении подпрограммы.

В каждой подпрограмме допускается использовать только одну команду SUB и одну команду SUBEND. Включение дополнительных команд SUB или SUBEND приведет к возникновению ошибок.

## DELSUB

Команда DELSUB (удаление подпрограммы) позволяет удалить указанную подпрограмму из внутренней памяти, но при этом не удаляет имя подпрограммы из списка подпрограмм (команда CAT).

## SCRATCH

Команда SCRATCH удаляет (очищает) все подпрограммы, переменные и массивы из внутренней памяти 3458A. Она также удаляет все определения имен из списка подпрограмм (команда CAT). При выполнении команды SCRATCH в процессе исполнения подпрограммы генерируется ошибка, однако подпрограмма не удаляется из памяти.

## CAT

Команда CAT (каталог) выдает перечень имен всех подпрограмм, простых переменных, сохраненных состояний и массивов, которые в данный момент сохранены во внутренней памяти 3458A. Если массивов или подпрограмм для включения в каталог не осталось, команда CAT возвращает сообщение DONE. Дополнительные сведения о сохраненных состояниях см. в главе 3. Каталог имеет следующий формат:

Для подпрограмм: **SUB** sub\_name

Для целочисленных массивов: **IARRAY** array\_name

Для массивов действительных чисел: **IARRAY** array\_name

Для сохраненных состояний: **STATE** state\_name (постоянная память)

Для простых переменных: **INT** variable\_name  
**REAL** variable\_name



Приведенная ниже программа демонстрирует использование команды CAT.

```
10 DIM A$(80)
20 OUTPUT 722; "CAT"
30 REPEAT
40 ENTER 722; A$
50 PRINT A$
60 UNTIL A$="DONE"
70 END
```

## LIST

Команда LIST позволяет получить содержимое указанной подпрограммы. Обратите внимание, что невозможно редактировать подпрограммы с передней панели; это можно сделать только из системного контроллера. Приведенная ниже программа позволяет вывести содержимое подпрограммы DMM\_CONF на системный контроллер.

```
10 DIM A$(100)
20 OUTPUT 722; "LIST DMM_CONF"
30 REPEAT
40 ENTER 722; A$
50 PRINT A$
60 UNTIL A$="SUBEND"
70 END
```

## COMPRESS

Команда COMPRESS удаляет текст указанной подпрограммы из внутренней памяти (подпрограмма удаляется из постоянной памяти и будет утеряна при выключении питания). Это позволяет освободить внутреннюю память, но исключает подпрограмму из перечня команд (команда LIST). Команду COMPRESS следует использовать только после отладки и тестирования программы.

## Команды исполнения

Команды исполнения управляют выполнением подпрограмм. Операторы синтаксиса для команд исполнения подпрограмм перечислены ниже.

CALL sub\_name

PAUSE



## CONT

### Команда CALL подпрограммы

Команда CALL позволяет выполнить именованную подпрограмму и ожидает завершения ее выполнения перед выполнением других команд. Это означает, что никакие последующие команды не принимаются (ни через интерфейс GPIB, ни с передней панели) до завершения выполнения подпрограммы. Разряд готовности (разряд 4 в регистре состояний 3458A) сохраняет значение 0, пока выполняется подпрограмма. По завершении выполнения разряд готовности получает значение 1, которое указывает на готовность 3458A к получению последующих команд.

Команду CALL можно также использовать внутри подпрограммы для вызова другой подпрограммы. Это обеспечивает расширенные возможности встраивания подпрограмм. При использовании встроенных подпрограмм выполнение вызывающей подпрограммы приостанавливается, чтобы в каждый момент времени выполнялась только одна подпрограмма. Допускается до 10 уровней встраивания подпрограмм.

### Команда PAUSE подпрограммы

Команда PAUSE приостанавливает самую последнюю подпрограмму, выполненную с помощью команды CALL. Чтобы возобновить выполнение приостановленной подпрограммы, используйте команду CONT (продолжение). Команда CONT позволяет продолжить выполнение подпрограммы вплоть до ее завершения, начиная с команды, следующей за командой PAUSE.

При попытке выполнить команду CONT в случае, если подпрограмма не была приостановлена, 3458A генерирует ошибку.

### Как узнать, была ли подпрограмма приостановлена?

Команда запроса PAUSED? возвращает 1, если подпрограмма в данный момент приостановлена, или 0, если подпрограмма выполняется (или если ее выполнение завершено). Приведенная ниже программа демонстрирует использование команды PAUSED?.

```
10 OUTPUT 722; "RUN DMM_CONF;PAUSE"
20 OUTPUT 722; "PAUSED?"
30 ENTER 722; A
40 IF A=1 THEN PRINT "SUBPROGRAM IS PAUSED"
```



```
50 IF A=0 THEN PRINT "SUBPROGRAM IS NOT PAUSED"
60 END
```

### Прерывание подпрограммы

Команда GPIB CLEAR (см. Приложение В) позволяет прервать выполнение подпрограммы, запущенной с помощью команды CALL. При этом управление возвращается входному буферу GPIB или на переднюю панель.

### Выход из подпрограммы

Выполнение подпрограммы продолжается до тех пор, пока не будет достигнута команда SUBEND. После этого управление возвращается либо вызвавшей ее подпрограмме (в случае встроенных подпрограмм), либо входному буферу GPIB или на переднюю панель (в зависимости от того, откуда была выполнена подпрограмма). Команду RETURN можно также использовать для завершения подпрограммы. Например, чтобы подпрограмма завершалась по условию, вставьте команду RETURN в цикл IF...THEN подпрограммы. Команда RETURN вернет контроль вызвавшему подпрограмму объекту без выполнения команды SUBEND. Пример:

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "DCV 8, 0.00125"
30 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
40 OUTPUT 722; "ENTER A'"
60 OUTPUT 722; "IF A<5.06 THEN; RETURN"
70 OUTPUT 722; "ELSE"
80 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
90 OUTPUT 722; "ENDIF"
100 OUTPUT 722; "SUBEND"
110 !
120 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
130 END
```

### Встраивание подпрограмм

Одна подпрограмма может вызвать другую (встроенную) подпрограмму для ее выполнения до завершения выполнения первой подпрограммы. После выполнения команды SUBEND второй подпрограммы первая подпрограмма выполняет команду, следующую за встроенной командой CALL.

В 3458A есть два требования к встраиванию подпрограмм. Во-первых, подпрограмма, вызываемая из другой подпрограммы, должна быть сохранена во внутренней памяти до сохранения вызывающей подпрограммы. Это связано с тем, что 3458A проверяет синтаксис каждой команды в процессе сохранения подпрограммы. При обнаружении встроенной команды CALL 3458A проверяет наличие в памяти подпрограммы с таким именем. В случае ее отсутствия генерируется ошибка. Во-вторых, глубина встраивания подпрограмм ограничена 10 уровнями. Невозможно поместить одну подпрограмму внутрь другой подпрограммы. Например, при выполнении следующей программы генерируется ошибка.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722;"DCV8,0.00125"
30 OUTPUT 722; "SUB TESTER" !В результате генерируется ошибка
40 OUTPUT 722; "SUBEND"
50 !
60 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
70 END
```



## Условные операторы в подпрограммах

3458A допускает использование трех операторов языка BASIC для условного ветвления и создания циклов. Используйте эти операторы только в подпрограммах 3458A. Операторы условного ветвления и создания циклов можно использовать для многократного тестирования, инициализации массивов и т. д.

Эти три условных оператора включают: FOR...NEXT, WHILE...ENDWHILE и IF...THEN. Эти операторы аналогичны операторам, используемым в расширенном языке BASIC. Единственное отличие заключается в том, что в подпрограммах 3458A не используются номера строк и операторы GOTO для ветвления. Допускается до семи уровней встраивания операторов условного ветвления и создания циклов.

### Циклы FOR...NEXT

Команда FOR...NEXT позволяет определить цикл, который повторяется до тех пор, пока счетчик циклов не достигнет указанного значения. Оператор синтаксиса для команды FOR...NEXT приведен ниже.

```
FOR counter = initial_value TO final_value [STEP step_size]
```

сегмент программы

```
NEXT counter
```

Параметр counter представляет собой переменную, используемую в качестве счетчика циклов. Параметры initial\_value и final\_value могут содержать числа, числовые переменные или числовые выражения. Необязательный параметр step\_size может содержать число или числовое выражение, задающее число, на которое увеличивается счетчик циклов после каждого цикла. При указании отрицательного значения для параметра step\_size значение счетчика циклов уменьшается. Сегмент программы выполняется повторно до тех пор, пока значение счетчика циклов не превысит final\_value.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
30 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
40 OUTPUT 722; "INTEGER I"
50 OUTPUT 722; "FOR I = 1 TO 100"
```

```
60 OUTPUT 722; " ENTER A[I]"
70 OUTPUT 722; "NEXT I"
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
90 !
100 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
110 END
```

## Циклы WHILE

Команда WHILE позволяет определить цикл, который повторяется до тех пор, пока указанное числовое выражение остается истинным. Синтаксис для команды WHILE приведен ниже.

WHILE expression

сегмент программы

ENDWHILE

Действие команды WHILE зависит от результата теста в начале цикла. Если тест дает значение true (отличное от нуля), сегмент программы между командами WHILE и ENDFOR выполняется, и создается ветвь к оператору WHILE. Если тест дает значение false (нулевое значение), выполнение программы продолжается с оператора, следующего за оператором ENDFOR.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "INTEGER I"
30 OUTPUT 722; "LET I=1"
40 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
50 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
60 OUTPUT 722; "WHILE I <=100"
70 OUTPUT 722; " ENTER A[I]"
80 OUTPUT 722; " LET I=I+1"
90 OUTPUT 722; "ENDWHILE"
100 OUTPUT 722; "SUBEND"
110 !
120 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
130 END
```



## Ветвление IF...THEN

Команда IF...THEN выполняет условное ветвление внутри подпрограмм 3458A. Операторы синтаксиса для команды IF...THEN приведены ниже.

```
IF expression THEN
```

```
 сегмент программы
```

```
[ELSE]
```

```
[сегмент программы]
```

```
ENDIF
```

Оператор ENDIF должен следовать за оператором IF...THEN внутри подпрограммы. Оператор ELSE является необязательным, однако в случае использования должен быть вставлен перед оператором ENDIF. Все команды между оператором IF...THEN и операторами ELSE и ENDIF будут выполнены, если выражение является истинным (не равным нулю).

Если выражение является истинным, выполняется сегмент программы между операторами IF...THEN и ELSE. Если выражение является ложным, выполняется сегмент программы после ELSE. В любом случае после завершения выполнения сегмента программы, если нет других циклов или условных ветвей, выполнение программы продолжается с оператора, следующего за оператором ENDIF.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "INTEGER I"
30 OUTPUT 722; "LET I=1"
40 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
50 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
60 OUTPUT 722; "IF I<100 THEN"
70 OUTPUT 722; " ENTER A[I] "
80 OUTPUT 722; " LET 1=1+1"
90 OUTPUT 722; "ENDIF"
100 OUTPUT 722; "SUBEND"
110 !
120 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
130 END
```

Мультиметр Keysight 3458A  
Руководство по эксплуатации

# Приложение А. Технические характеристики

Технические характеристики и спецификации на 3458A см. в таблице данных по адресу <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5965-4971E.pdf>.





Мультиметр Keysight 3458A  
Руководство по эксплуатации

# Приложение В. Команды GPIB

Введение 450

## Введение

Команды GPIB на языке BASIC, представленные в данном приложении, предназначены для компьютеров серии HP 200/300. Эти сообщения могут отправляться любыми контроллерами IEEE-488. Однако синтаксис команд может отличаться от указанного в этом приложении. В конце названия каждой команды в скобках приводится терминология стандарта IEEE-488. Для синтаксиса всех команд и примеров предполагается, что код выбора интерфейса — 7, а адрес устройства — 22. В **Таблице В-1** представлены возможности мультиметра по функциям интерфейса GPIB.

**Таблица В-1** Возможности интерфейса GPIB

| Функция IEEE 488.1             | Код | Описание                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Квитирование источника         | SH1 | Позволяет мультиметру правильно передавать многострочные сообщения.                                                                                                              |
| Квитирование получателя        | AH1 | Гарантирует правильное преобразование мультиметром получаемых многострочных сообщений.                                                                                           |
| Источник сообщений             | T5  | Позволяет мультиметру работать в режиме источника сообщений т. е. отправлять данные по интерфейсу GPIB. Также позволяет мультиметру отвечать на команды последовательного порта. |
| Приемник сообщений             | L4  | Позволяет мультиметру работать в режиме приемника сообщений — т. е. получать данные по интерфейсу GPIB.                                                                          |
| Сервисный запрос               | SR1 | Позволяет мультиметру отправлять сервисные запросы контроллеру в асинхронном режиме.                                                                                             |
| Дистанционный/ локальный режим | RL1 | Обеспечивает возможность программирования мультиметра по интерфейсу GPIB и с передней панели прибора.                                                                            |
| Параллельный опрос             | PPO | Функции отсутствуют.                                                                                                                                                             |
| Очистка устройства             | DC1 | Обеспечивает инициализацию мультиметра для очистки параметров его состояния с помощью команды Device Clear (Очистить устройство), отправляемой с контроллера.                    |
| Запуск устройства              | DT1 | Обеспечивает запуск мультиметра по интерфейсу GPIB.                                                                                                                              |
| Функция контроллера            | CO  | Функции отсутствуют.                                                                                                                                                             |
| Электронные приводы            | E2  | Описание электронных управляющих цепей, используемых мультиметром (E2 = тристабильное состояние, до 1 Мбайт/с).                                                                  |

## ABORT 7 (IFC)

Очистка параметров интерфейсной цепи мультиметра.

Синтаксис

**Команда ABORT 7**

Пример

ABORT 7 !ОЧИСТКА ПАРАМЕТРОВ ИНТЕРФЕЙСНОЙ ЦЕПИ МУЛЬТИМЕТРА

## CLEAR (DCL или SDC)

Очистка параметров мультиметра и его подготовка к приему команды. По команде CLEAR (ОЧИСТИТЬ) выполняются перечисленные ниже действия.

- Очистка выходного буфера.
- Очистка входного буфера.
- Прерывание выполнения подпрограммы.
- Очистка регистра состояния (разряды 4, 5 и 6 не очищаются, если для них по-прежнему установлены условия задания их значений).
- Очистка дисплея.
- Отключение запуска (для включения предыдущего режима запуска можно отправить любую команду мультиметра).

Синтаксис

**Команда CLEAR 7**

**Команда CLEAR 722**

Примеры

CLEAR 7 !ОЧИСТКА ПАРАМЕТРОВ ВСЕХ УСТРОЙСТВ (DCL), ПОДКЛЮЧЕННЫХ К ШИНЕ (ВЫБЕРИТЕ КОД 7)

CLEAR 722 !ОЧИСТКА ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА (SDC) ПО АДРЕСУ 22 (ВЫБЕРИТЕ КОД 7)



## Команда LOCAL (GTL)

Выведение мультиметра из дистанционного режима и активация его клавиатуры (если она не была заблокирована с помощью команды LOCK (БЛОКИРОВКА) мультиметра).

Синтаксис

**Команда LOCAL 7**  
**Команда LOCAL 722**

Примечания.

- Если клавиша LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) мультиметра заблокирована с помощью команды LOCAL LOCKOUT (БЛОКИРОВКА ЛОКАЛЬНОГО РЕЖИМА), то клавиатура активируется командой LOCAL 722, но снова отключается при получении следующей удаленной команды. Однако отправка команды LOCAL 7 снова активирует переднюю панель даже после получения последующего удаленного сообщения.

Примеры

LOCAL 7 !УСТАНОВКА ЗНАЧЕНИЯ FALSE ДЛЯ ПАРАМЕТРА GPIB REN (ВСЕ УСТРОЙСТВА ПЕРЕХОДЯТ В ЛОКАЛЬНЫЙ РЕЖИМ). (ДЛЯ ПЕРЕХОДА В ДИСТАНЦИОННЫЙ РЕЖИМ СЛЕДУЕТ ВОСПОЛЬЗОВАТЬСЯ КОМАНДОЙ REMOTE 7).

LOCAL 722 !ОТПРАВКА КОМАНДЫ GPIB GTL УСТРОЙСТВУ ПО АДРЕСУ 22. (ПОСЛЕ ЭТОГО ОТПРАВКА МУЛЬТИМЕТРУ ЛЮБОЙ КОМАНДЫ ИЛИ КОМАНДЫ REMOTE 722 ПЕРЕВОДИТ ЕГО В ДИСТАНЦИОННЫЙ РЕЖИМ.)

## Команда LOCAL LOCKOUT (LLO)

Блокировка клавиши LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) мультиметра.

Синтаксис

**Команда LOCAL LOCKOUT 7**

Примечания.

- Если при отправке команды LOCAL LOCKOUT мультиметр находится в локальном режиме, он остается в этом режиме. Если при отправке

команды LOCAL LOCKOUT мультиметр находится в дистанционном режиме, его клавиша LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) и клавиатура немедленно отключаются.

- После блокировки клавиши LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) с помощью команды LOCAL LOCKOUT ее можно разблокировать только с помощью отправки команды GPIB LOCAL 7 или выключения и включения электропитания. Если клавиша LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) мультиметра заблокирована с помощью команды LOCAL LOCKOUT (БЛОКИРОВКА ЛОКАЛЬНОГО РЕЖИМА), то клавиатура активируется командой LOCAL 722, но снова отключается при получении следующей удаленной команды. Однако отправка команды LOCAL 7 снова активирует клавишу LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) и оставляет ее активной даже после получения последующего удаленного сообщения.
- Если клавиатура мультиметра заблокирована с помощью команды LOCAL LOCKOUT и LOCK, то для последующего ее включения следует очистить обе команды. Команда LOCAL LOCKOUT очищается с помощью команды LOCAL. Функция LOCK отключается с помощью установки значения OFF (ВЫКЛ.) для параметра LOCK.

### Примеры

```
10 REMOTE 722 !УСТАНОВКА УСТРОЙСТВА ПО АДРЕСУ 22 В ДИСТАНЦИОННЫЙ
РЕЖИМ
20 LOCAL LOCKOUT 7 !ОТПРАВКА КОМАНДЫ SENDS LOCAL LOCKOUT (LLO)
НА ВСЕ УСТРОЙСТВА
30 END !УСТРОЙСТВА НА ШИНЕ
```

## Команда REMOTE

Установка значения True для линии GPIB REN.

Синтаксис

**Команда REMOTE 7**  
**Команда REMOTE 722**



### Примечания.

- Команда REMOTE 722 переводит мультиметр в дистанционный режим. Команда REMOTE 7 сама по себе не переводит мультиметр в дистанционный режим. При получении команды REMOTE 7 мультиметр переходит в дистанционный режим только при получении его адреса прослушивания команд.
- В большинстве случаев после использования команды LOCAL (ЛОКАЛЬНЫЙ) требуется использование только команды REMOTE (ДИСТАНЦИОННЫЙ). Команда REMOTE (ДИСТАНЦИОННЫЙ) является независимой от других действий GPIB и отправляется по единственной линии шины данных, называемой REN. Большинство контроллеров при включении питания или предварительной настройке для линии REN устанавливается значение параметра True.

### Примеры

REMOTE 7 !УСТАНОВКА ЗНАЧЕНИЯ TRUE ДЛЯ ПАРАМЕТРА ЛИНИИ GPIB REN

Эта команда сама по себе не переводит мультиметр в дистанционный режим. Мультиметр переходит в дистанционный режим только при получении его адреса прослушивания команд (например, команды OUTPUT 722; "BEEP").

REMOTE 722 !УСТАНОВКА ЗНАЧЕНИЯ TRUE ДЛЯ ПАРАМЕТРА ЛИНИИ REN И АДРЕСА 22 ДЛЯ УСТРОЙСТВА

Эта команда переводит мультиметр в дистанционный режим.

## Команда SPOLL (Serial Poll)

Команда SPOLL, например, STB? (из набора команд мультиметра), возвращает число, соответствующее количеству разрядов в регистре состояния (разрядов состояния). Возвращаемое число соответствует взвешенной сумме всех разрядов.

### Синтаксис

**Команда P=SPOLL (722)**

## Разряды регистра состояния

Ниже представлены разряды и соответствующие значения их веса:

| Номер разряда | Вес в десятичной системе счисления | Описание                                               |
|---------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0             | 1                                  | Выполнение подпрограммы завершено                      |
| 1             | 2                                  | Превышен порог максимального или минимального значения |
| 2             | 4                                  | Выполнена команда SRQ                                  |
| 3             | 8                                  | Появление запроса SRQ на включение питания             |
| 4             | 16                                 | Готовность к получению инструкций                      |
| 5             | 32                                 | Ошибка (см. регистр ошибок)                            |
| 6             | 64                                 | Сервисный запрос                                       |
| 7             | 128                                | Доступны данные                                        |

### Примечания.

- Если при отправке команды SPOLL для параметра линии SRQ установлено значение True, все разряды в регистре состояния очищаются, учитывая, что набор разрядов более не задан. Если при отправке команды SPOLL для параметра линии SRQ установлено значение False, содержимое регистра состояния не изменяется.
- Команда SPOLL отличается от команды STB? тем, что команда STB? осуществляет прерывание микропроцессора мультиметра. Поэтому при получении команды STB? мультиметр всегда демонстрирует состояние занятости (очистка разряда 4). Команда SPOLL приводит только к извлечению разряда состояния без прерывания работы микропроцессора. Поэтому команду SPOLL можно использовать для проверки готовности мультиметра к получению последующих инструкций.
- Если при отправке команды SPOLL в выходном буфере имеются данные, они не изменяются. Если при отправке команды STB? в выходном буфере имеются данные, они заменяются данными состояния.



### Примеры

```
10 P=SPOLL (722) !ОТПРАВКА КОМАНДЫ SERIAL POLL, РАЗМЕЩЕНИЕ ОТВЕТА
В РАЗРЯДЕ P
20 DISP P!ОТОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА
30 END
```

## Команда TRIGGER (GET)

При активированной системе запуска (см. описание команды TARM) команда TRIGGER (выполнение группового запуска) приводит к однократному запуску мультиметра, а затем — к блокировке запуска.

### Синтаксис

**Команда TRIGGER 7**  
**Команда TRIGGER 722**

### Примечания.

- Команда TRIGGER приводит к одиночному запуску, если была получена команда TRIG SGL. Однако если режим запуска мультиметра не активирован, (командой TARM), то запуск мультиметра произведен не будет.
- Если выполнение подпрограммы в памяти было приостановлено с помощью команды PAUSE (из набора команд мультиметра), ее выполнение возобновляется с помощью команды TRIGGER. Однако при этом не выполняется одиночный запуск.

### Примеры

```
TRIGGER 7 !ОТПРАВКА КОМАНДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРУППОВОГО ЗАПУСКА (GET)
TRIGGER 722 !ОТПРАВКА КОМАНДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРУППОВОГО ЗАПУСКА
(GET) УСТРОЙСТВУ ПО АДРЕСУ 22
```



# Приложение С. Процедура блокировки переключателей контактов на передней/задней панели, а также охранных контактов

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| Введение                   | 458 |
| Необходимые приспособления | 459 |
| Порядок действий           | 460 |

## Введение

Во избежание изменения положений переключателей передней/задней панелей и защитной панели их можно заблокировать. Для этого следует сначала снять все крышки с прибора 3458A. Затем снимите все рычаги переключателей передней/задней панели и защитной панели. После этого установите переключатели в нужном положении через отверстия, в которых ранее были установлены рычаги. Набор крышек блокировки переключателей передней/задней панели и защитной панели. В 3458A завершение установите на место крышки прибора.

### **ОСТОРОЖНО!**

Перечисленные ниже процедуры должны производиться исключительно квалифицированным персоналом. Во избежание получения травм не производите каких-либо действий при отсутствии квалификации на их выполнение.

---

## Необходимые приспособления

Потребуются компоненты, перечисленные ниже.

- 1 Отвертка #1 Pozidriv
- 2 Насадка Torx #TX 15
- 3 Насадка Torx #TX 10



## Порядок действий

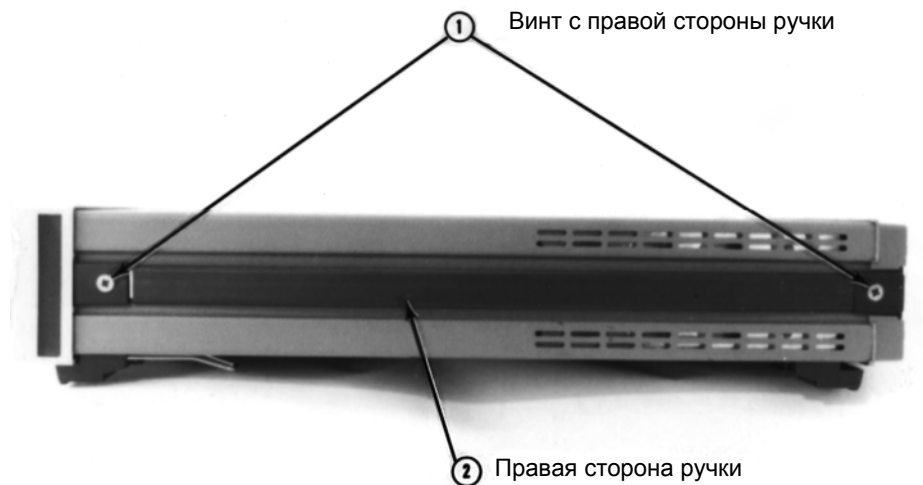
Ниже описаны этапы установки комплекта блокировки.

- Процедура удаления крышек
- Процедура удаления рычагов защитных переключателей
- Процедура удаления рычагов передней/задней панели
- Процедура установки крышки переключателя
- Процедура установки крышек

### Процедура удаления крышек

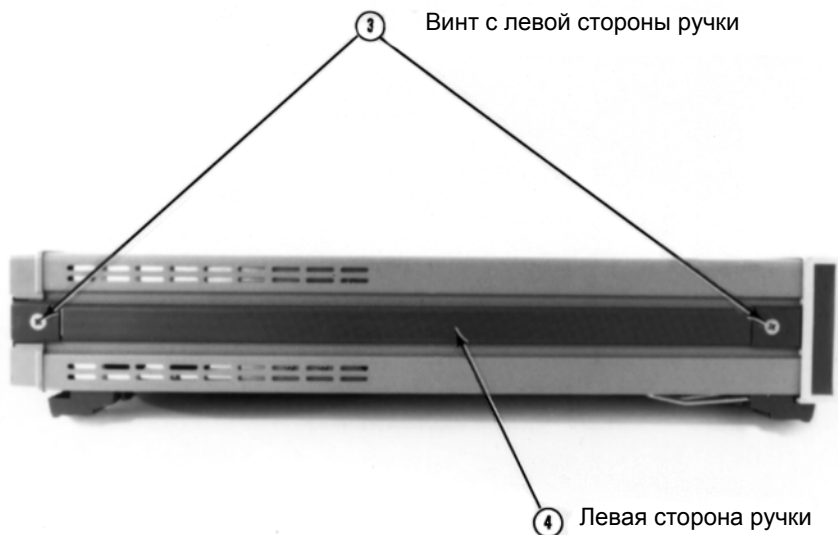
Выполните перечисленные ниже действия.

- 1 Отключите все соединения от прибора 3458A.
- 2 Отключите электропитание прибора 3458A.
- 3 См. **Рисунок С-1**. Поверните прибор правой панелью к себе (относительно передней панели).



**Рисунок С-1** Правая панель 3458А

- 4 Для отвертывания винтов с правой стороны ручки воспользуйтесь инструментом Pozidriv #1. Затем снимите ручку.
- 5 См. **Рисунок С-2**. Расположите прибор левой панелью к себе.
- 6 Для отвертывания винтов с левой стороны ручки воспользуйтесь инструментом Pozidriv #1. Затем снимите ручку.
- 7 Для откручивания винтов верхней и нижней крышек воспользуйтесь отверткой #ТХ10 Torx, как показано на **Рисунке С-3**.
- 8 См. **Рисунок С-4**. Расположите прибор задней панелью к себе.
- 9 Для отвертывания винтов задней панели воспользуйтесь отверткой #ТХ15 Torx. Затем снимите заднюю панель.
- 10 Снимите верхнюю крышку. Потяните крышку назад и снимите ее с прибора.
- 11 Переверните прибор 3458А верхней крышкой на рабочий стол. Снимите нижнюю крышку. Потяните крышку назад и снимите ее с прибора. Оставьте прибор в текущем положении.



**Рисунок С-2 3458А — вид слева**

С Процедура блокировки переключателей контактов...



Рисунок С-3 Крышки винтов заземления



Рисунок С-4 3458А — вид сзади

## Процедура удаления рычагов защитных переключателей

Если заблокировать защитный переключатель НЕ ТРЕБУЕТСЯ, перейдите к инструкциям в следующем абзаце.

- 1 См. **Рисунок С-5**. Для отвертывания винта заднего экрана воспользуйтесь отверткой #ТХ10 Torx. Затем снимите экран. Сдвиньте экран в сторону задней панели прибора так, чтобы фиксаторы экрана совпали с выемками в нем. Снимите экран.
- 2 См. **Рисунок С-6** — рычаг защитного переключателя. Вытяните рычаг. Возможно, рычаг потребует переместить с помощью небольшой плоской отвертки. Переведите переключатель в требуемое рабочее положение.
- 3 См. **Рисунок С-5**. Установите на место нижний экран. Выровняйте пазы экрана с фиксаторами. Затем сдвиньте экран в сторону передней панели прибора так, чтобы отверстие в экране совместилось с отверстием для винта в корпусе. Для завертывания винта заднего экрана воспользуйтесь отверткой #ТХ10 Torx.

## Процедура удаления рычагов передней/задней панели

Если заблокировать переключатель передней/задней панели НЕ ТРЕБУЕТСЯ, перейдите к инструкциям в следующем абзаце.

- 1 См. **Рисунок С-7**. Переверните прибор нижней крышкой на рабочий стол.
- 2 Для отвертывания винта верхнего экрана воспользуйтесь отверткой #ТХ10 Torx. Затем снимите экран. Сдвиньте экран в сторону задней панели прибора так, чтобы фиксаторы экрана совпали с выемками в нем. Снимите экран.



С Процедура блокировки переключателей контактов...

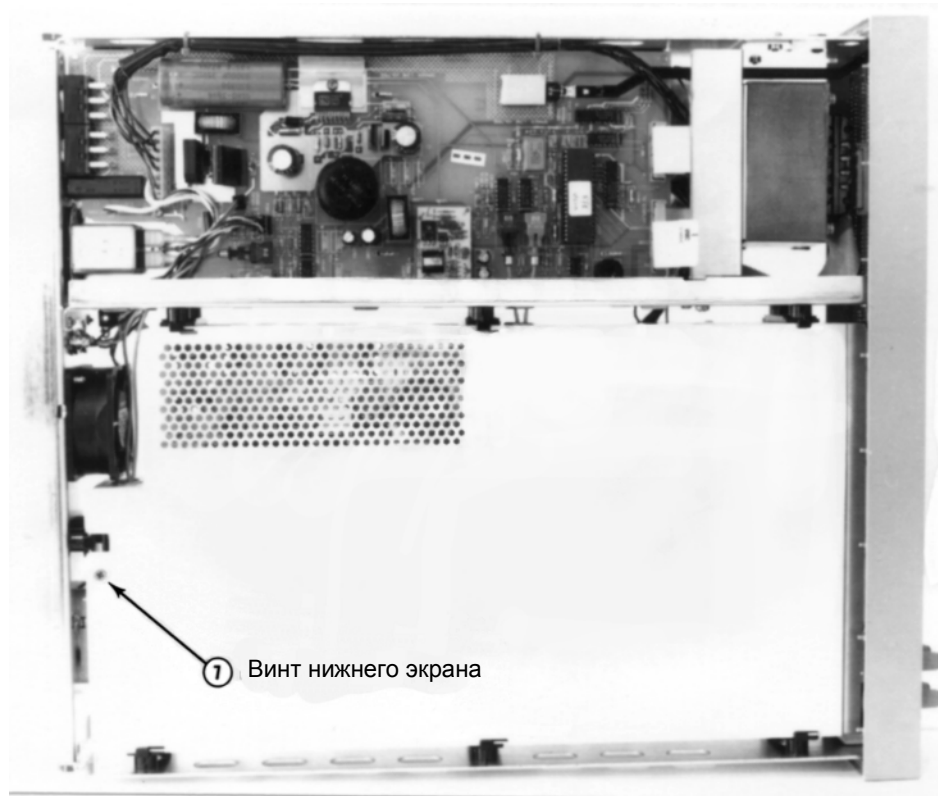
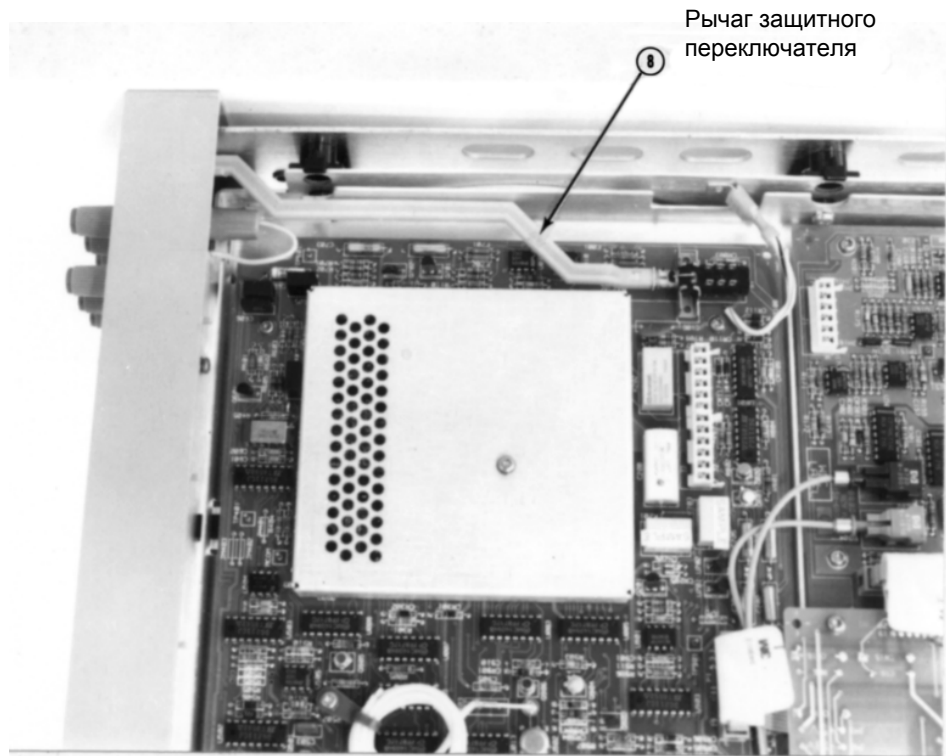


Рисунок С-5 3458А — вид снизу в разборе





**Рисунок С-6** Расположение защитного переключателя и рычага

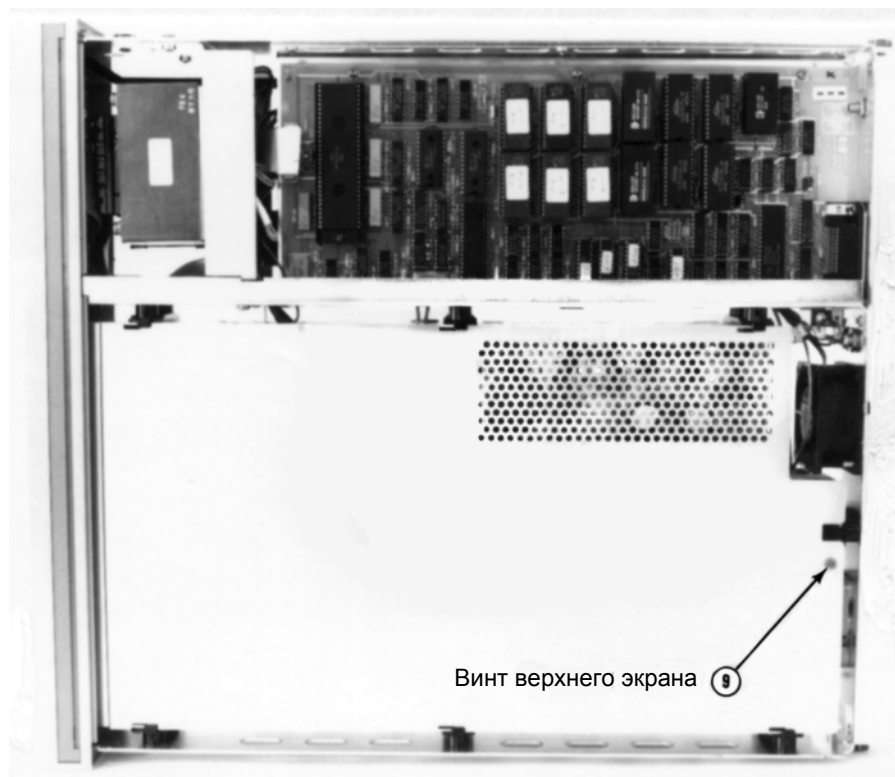


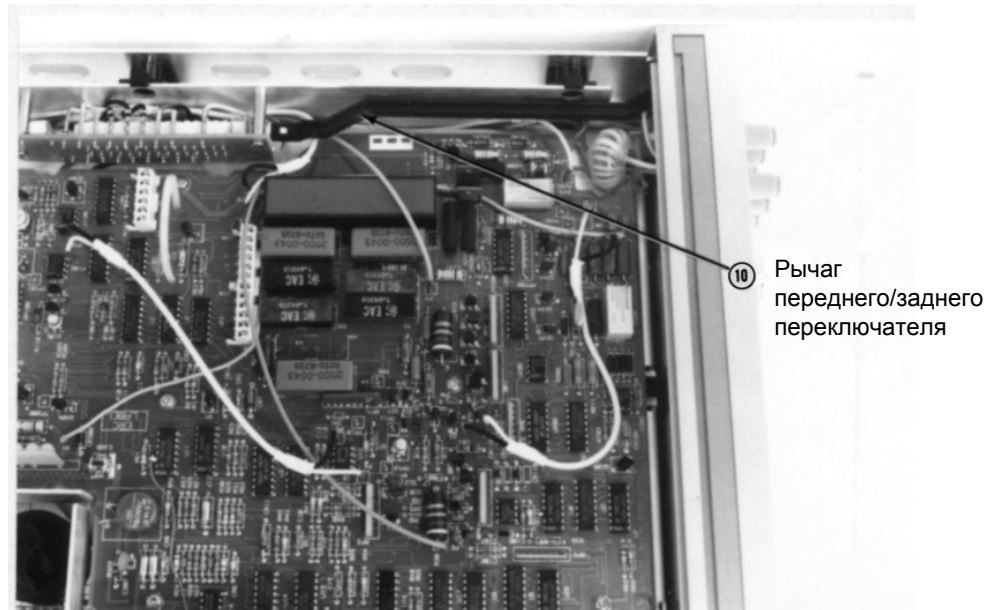
Рисунок С-7 3458А — вид сверху в разборе

- 3 См. **Рисунок С-8**. Найдите рычаг переключателя передней/задней панели. Вытяните рычаг. Возможно, рычаг потребует переместить с помощью небольшой плоской отвертки. Установите переключатель в требуемое рабочее положение.
- 4 См. **Рисунок С-7**. Установите на место верхний экран. Выверните пазы экрана с фиксаторами. Затем сдвиньте экран в сторону передней панели прибора так, чтобы отверстия в экране совместились с отверстием для винта в корпусе. Для закручивания винта заднего экрана воспользуйтесь отверткой #TX10 Torx.

## Процедура установки крышки переключателя

Выполните перечисленные ниже действия.

- 1 См. **Рисунок С-9**. Расположите прибор передней панелью к себе.
- 2 Найдите отверстия для переключателей передней/задней панели и защитной панели.
- 3 Найдите небольшие квадратные крышки, поставляемые в комплекте блокировки переключателя, см. рисунок **Рисунок С-9**.
- 4 Выверните наклейки на крышках относительно верхней и нижней поверхности отверстия переключателя на верхней/нижней панели.
- 5 Защелкните наклейки на крышке и задвиньте крышку в отверстие для переключателя до упора. Установите ее на место.
- 6 При необходимости выполните аналогичные действия по шагам 4 и 5 с другой стороны отверстия для переключателя.



**Рисунок С-8** Расположение переключателя передней/задней панели и рычага

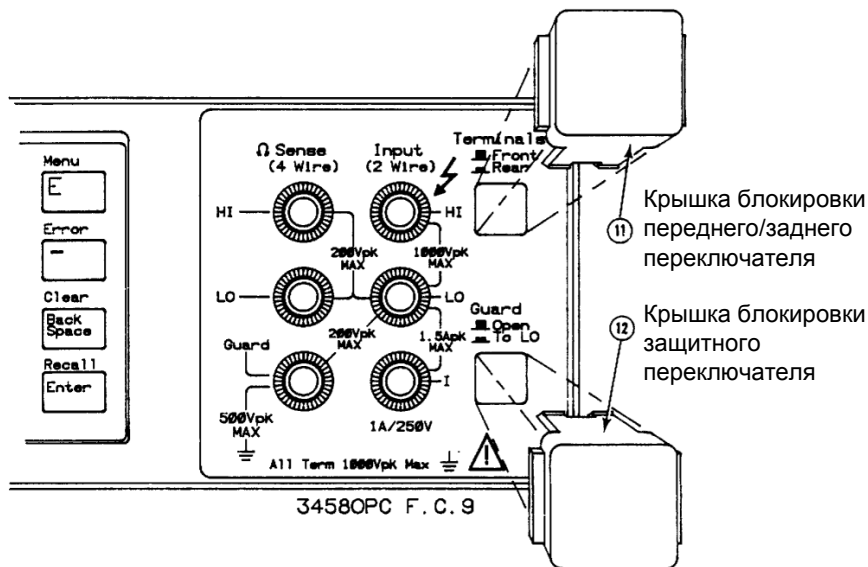


Рисунок С-9 Установка крышек переключателей

## Процедура установки крышек

Выполните перечисленные ниже действия.

- 1 Переверните прибор 3458A верхней крышкой на рабочий стол.
- 2 Установите нижнюю крышку, совместив ее с отверстиями с выемками на корпусе прибора, а затем переместив ее в сторону передней панели прибора до упора.
- 3 Переверните прибор 3458A нижней крышкой на рабочий стол.
- 4 Установите верхнюю крышку, совместив ее с боковыми выемками на корпусе прибора. Затем переместите крышку к передней панели прибора.
- 5 См. [Рисунок С-4](#). Расположите прибор задней панелью к себе.
- 6 Установите на место заднюю крышку. Для завертывания винтов задней панели воспользуйтесь отверткой #TX15 Torx.

- 7 См. **Рисунок С-3**. Расположите прибор левой панелью к себе. Для закручивания винтов верхней и нижней крышек воспользуйтесь отверткой #ТХ10 Torx, как показано на рисунке.

**ОСТОРОЖНО!**

В целях безопасности и соответствия правилам эксплуатации крайне рекомендуется установить на место винты заземления.

---

- 8 См. **Рисунок С-2**. Установите на место левую часть ручки. Для заворачивания винтов с левой стороны ручки воспользуйтесь инструментом Pozidriv #1.
- 9 См. **Рисунок С-1**. Расположите прибор правой панелью к себе.
- 10 Установите на место правую часть ручки. Для заворачивания винтов с левой стороны ручки воспользуйтесь инструментом Pozidriv #1.
- 11 Теперь прибор готов к работе. Компанией Keysight рекомендуется произвести автоматическую калибровку прибора после включения его электропитания. Для этого следует воспользоваться командой ACAL ALL.





# Приложение D. Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Обзор прибора 3458A                                               | 472 |
| Максимальное ускорение измерений                                  | 474 |
| Назначение                                                        | 477 |
| Значения постоянного напряжения, постоянного тока и сопротивления | 478 |
| Переменное напряжение и переменный ток                            | 486 |
| Оптимизация процесса тестирования путем распределения задач       | 491 |
| Оценка производительности                                         | 496 |

(Согласно примечаниям для прибора 3458A-1)

В последние десятилетия наблюдался значительный рост тактовой частоты микрокомпьютеров и производительности их взаимодействия с периферийными устройствами. Фактические значения рабочих частот микрокомпьютеров, используемых в измерительных приборах, поднялись с 1 МГц до значений, превышающих 12 МГц, а разрядность шины передачи данных — с 8 до 16 разрядов.

При этом совершенствование параметров мультиметров демонстрировало еще более впечатляющие результаты в области скорости обработки данных и их считывания. В 1975 году показатель 24 отсчета в секунду с разрядностью 5 1/2 считался исключительно высоким. В настоящее время мультиметр 3458A может считывать 50 000 отсчетов в секунду с разрядностью 5 1/2 — т. е. в две тысячи раз больше. Такое значительное повышение скорости обработки данных предоставляет преимущества не только для микрокомпьютерной техники, но и для процессов аналогово-цифрового преобразования сигналов, расширения функций микрокомпьютеров и возможностей пользователей с точки зрения системных приложений.



## Обзор прибора 3458A

Прибор 3458A позволяет считывать данные постоянного напряжения в формате 4 1/2 разрядов с частотой 100 000 отсчетов в секунду и в формате 8 1/2 разрядов — 6 в секунду, а также в пределах этих значений разрядности и скорости сбора отсчетов для еще более высокого разрешения. Прибор 3458A также обеспечивает повышенную скорость измерений таких характеристик, как традиционно более медленные измерения параметров переменного тока. Например, он позволяет измерять среднеквадратичные значения переменного напряжения с частотой до 50 отсчетов в секунду с номинальной точностью для сигналов частотой, превышающей 10 кГц. Увеличенная частота сбора данных мультиметра обеспечивает повышенную точность. Кроме того, повышенное быстродействие мультиметра сильно влияет на качество выходных данных при изменении функциональных режимов, диапазонов, скорости считывания показаний (времени интегрирования) и режима интерфейса. Прибор 3458A позволяет изменять функциональный режим и диапазон, выполнять измерения и выводить результаты измерений с частотой 200 отсчетов в секунду.

### Язык команд, ориентированный на приложения

Для повышенной прикладной ориентированности измерений и снижения зависимости от аппаратного обеспечения в мультиметре используется язык команд, повышающий удобство и простоту программирования с точки зрения пользователя. Однако для использования этих преимуществ требуются дополнительные ресурсы, что приводит к повышению времени отклика на команды языка программирования. 3458A был разработан специально для решения этой проблемы путем ускорения отклика на команды простого в использовании прикладного языка программирования.

### Измерения, медленные по физической природе

Известно, что ряд измерений выполняется медленно из-за их физических факторов. Примерами таких измерений является измерений высоких сопротивлений, измерения частоты низкочастотных сигналов, измерения среднеквадратичных значений переменного напряжения и тока, а также точные измерения параметров шума. Однако, независимо от физических факторов, приводящих к замедлению процесса измерений этих параметров, для таких измерений можно достичь существенного повышения ско-



рости вывода данных в измерительной системе. Мультиметр 3458A предоставляет возможность повышенной скорости вывода данных, обеспечивая ряд альтернативных функций, которые позволяют повысить скорость измерений. Например, во многих системах возможны компромиссы по точности для повышения скорости, а также имеются гибкие возможности изменения временных параметров в области измерений среднеквадратических значений для реального повышения скорости измерений этих параметров переменного тока с приемлемой точностью. Такие рекомендации для 3458A подробно описаны в данном разделе с примечаниями по прибору.



## Максимальное ускорение измерений

### Программная память

Скорость процесса измерений также повысить путем настройки канала передачи данных между мультиметром 3458A и компьютером. Цифровой мультиметр — как правило, самый быстрый прибор в системе. Однако при проведении серии измерений компьютеру может потребоваться больше времени для взаимодействия с другими приборами. Ряд функций 3458A позволяет оптимизировать распределение задач между компьютером и цифровым мультиметром. Благодаря наличию постоянной программной памяти возможно динамическое выполнение серии измерений по сигналам внешнего запуска, таким как внешние сигналы, сигналы по дополнительному входу запуска и команды запуска GPIB<sup>[1]</sup> для выполнения серии измерений. Кроме того, наличие программной памяти позволяет запрограммировать и запускать полные циклы измерений с передней панели для определенной функции без использования контроллера.

### Хранилище данных о состоянии

В хранилище данных о состоянии содержатся статические данные параметров состояния прибора, которые можно задать и вызвать с помощью простой программной команды. Кроме того, мультиметр 3458A передает данные высокоскоростных измерений по интерфейсу GPIB или путем записи/чтения во внутреннюю память со стандартной частотой 10 000 (или 75 000, доступной в качестве дополнительной функции) со скоростью 100 000 отсчетов в секунду.

### Анализ результатов измерений

Дополнительные гибкие возможности обеспечиваются тем, что мультиметр 3458A может выполнять внутренний анализ данных для ускорения вывода результатов с получением нужной информации для статистического контроля качества или стандартной проверки предельных значений. Программная память позволяет производить математическую функцию оценки «удачный/неудачный» результат и выдавать на компьютер предупрежде-

[1] GPIB является реализацией стандарта IEEE Standard 488 и аналогичного ему стандарта ANSI MC1.1 (цифровой интерфейс для программируемых приборов).

ния о выходе результатов измерений за рамки предельных значений с помощью флага прерывания. Кроме того, доступно множество математических функций для последующей обработки записанных в памяти данных без ущерба для достижения максимальной частоты считывания. Данный список включает статистические функции (среднее значение, среднеквадратическое отклонение, максимальные/минимальные значения и количество отсчетов), вывод результатов в единицах дБ и дБм, линеаризацию термисторов, линеаризацию терморезистивных датчиков температуры, функции масштабирования и фильтрации, а также другие функции. Выбор того, требуется ли выполнять анализ данных с помощью компьютера или внутренних ресурсов цифрового мультиметра, зависит от задач измерений и удобных возможностей, предоставляемых пользователю благодаря наличию этих функций анализа, доступных с помощью использования простых команд программирования.

## Группировка задач и циклы измерений

Дополнительные возможности для выполнения измерений можно реализовать путем настройки групп для циклов сходных измерений, минимизируя таким образом число необходимых изменений настроек конфигурации прибора между измерениями. Можно сформировать структуру специализированных программ без использования автоматизированных генераторов программного кода. Генераторы программного кода обычно оптимизированы для удобства программирования и предоставляют наиболее простой способ выполнения задач измерений, позволяющий выбирать предельные значения для каждой группы измерений без необходимости группировки измерений для наиболее быстрого получения результатов. Программное обеспечение для управления процессами измерений, такое как FTM300, позволяет настроить параметры измерений для получения нужных результатов с 70 % уровнем дополнительного программирования для выполнения таких задач, как статистический контроль качества и управления материально-техническими ресурсами.

## Время безотказной работы системы

Повышенное время безотказной работы системы также означает повышенную эффективность получения результатов измерений. Мультиметр 3458A выполняет процедуру полной самокалибровки всех функций, включая параметры переменного тока, с использованием высокостабильных вну-



тренних средств. Такая автоматическая самокалибровка позволяет устранить ошибки измерений, возникающие из-за постепенного дрейфа характеристик или изменения температуры в стойке или на рабочем столе, для обеспечения максимально высокой точности. При наступлении срока для выполнения периодической калибровки по внешним параметрам достаточно подключить к прибору прецизионный источник постоянного тока с напряжением 10 В и прецизионный резистор с сопротивлением 10 кОм . Производится автоматическая калибровка всех диапазонов и функций, включая параметры переменного тока, с помощью прецизионной настройки характеристик внутренних преобразователей в соответствии с внешними параметрами. (Процедура калибровки подробно описана в разделе «Примечания к прибору» 3458А-3.)

Дополнительное повышение времени безотказной работы прибора достигается также за счет использования компонентов повышенного качества. Надежность мультиметра 3458А обеспечивается программой снижения отказов 10 X компании Keysight. С помощью тестов на воздействие условий окружающей среды, механических нагрузок и работы в предельных режимах на этапах разработки продукции компания Keysight сократила частоту проявления дефектов в производимых приборах в десять раз за последние десять лет.

## Назначение

Назначение раздела «Примечания к прибору» состоит в демонстрации того, как революционный уровень скорости и точности 3458A позволяет обеспечить максимально возможную эффективность при выполнении измерений и скорость считывания данных для удовлетворения потребностей пользователей. В этих целях в разделе представлены пояснения и рекомендации по работе с прибором и его оптимальному использованию с компьютерами серий HP 9000 200/300.

В разделе «Примечания к прибору» описываются перечисленные ниже темы.

- Измерения параметров постоянного тока (напряжение, сила тока и сопротивление) — рекомендации по повышению скорости, разрешения и точности для оптимального использования в измерительных системах.
- Измерения параметров переменного тока (аналоговые измерения переменного напряжения, синхронные измерения переменного напряжения и измерения переменного напряжения в случайных точках, а также измерения тока) — выбор наиболее подходящего режима и параметров используемого приложения.
- Частота и период сигналов — выбор значения времени счета для достижения нужного уровня скорости, точности и разрешения.
- Оптимизация процесса измерений с помощью распределения задач — использование встроенных математических функций или математических функций последующей обработки данных, памяти для отсчетов, памяти состояний и программной памяти для наилучшей организации и распределения задач между цифровым мультиметром и компьютером (с примерами программ).
- Тесты производительности с помощью настроенной соответствующим образом структуры программ для достижения максимальной эффективности с помощью проверки предельного значения оценки «удачный/неудачный» результат и статистики.



## Значения постоянного напряжения, постоянного тока и сопротивления

У мультиметра 3458A имеется два независимых измерительных тракта — стандартный тракт подачи постоянного напряжения непосредственно на АЦП и тракт цепи слежения и запоминания (тракт слежения и запоминания). Ширина полосы пропускания тракта постоянного напряжения ограничена значением 150 кГц, а тракт слежения и запоминания может обрабатывать сигналы с частотой до 12 МГц. Разрешение тракта слежения и запоминания ограничено 16 разрядами, если только не производятся повторные измерения. Тракт постоянного напряжения способен отображать результаты измерений с разрешением до  $8 \frac{1}{2}$  разряда (27 двоичных разрядов).

### Оптимизация параметров тракта постоянного напряжения

Классические рекомендации по измерениям с помощью мультиметра 3458A относятся к выбору параметров скорости/разрешения. Поскольку в ранних моделях предпринимались меры по снижению внутренних тепловых шумов, связанных с использованием физических резистивных компонентов во входной цепи мультиметра 3458A, разрешение при измерениях с интегрированием превышает в 3 раза разрешение мультиметров предыдущих поколений. Например, мультиметр 3457A способен обеспечить разрешение  $6 \frac{1}{2}$  разряда (3 000 000 отсчетов) для одного цикла измерений с интегрированием результатов измерений для одного периода линии электросети или периода 17 мс, в то время как мультиметр 3458A может выполнять измерения с разрешением  $7 \frac{1}{2}$  разряда (12 000 000 отсчетов). Кроме того, предприняты исключительные меры для достижения высочайшей линейности, показатель которой в 10 раз превышает аналогичный показатель мультиметра 3457A. В результате параметры скорости и точности измерений стали высокими, как никогда ранее. Кроме того, это позволяет воспользоваться преимуществами повышенной точности и разрешения мультиметра 3458A для 1 одного периода электросети, для чего ранее требовались измерения 10 периодов линии электросети.

Для измерений, требующих только высокой скорости или выполняемых согласно рекомендациям по разрешению и точности без необходимости снижения шумов линии в мультиметре 3458A имеется ряд альтернативных режимов с разрешением  $4 \frac{1}{2}$  разряда с апертурой 500 нс до разрешения

8 1/2 разряда с апертурой 1 с — и любыми вариантами в этих пределах с шагом 100 нс. На **Рисунке D-1** представлена зависимость значения апертуры относительно скорости измерений, шумов, разрешения и точности.

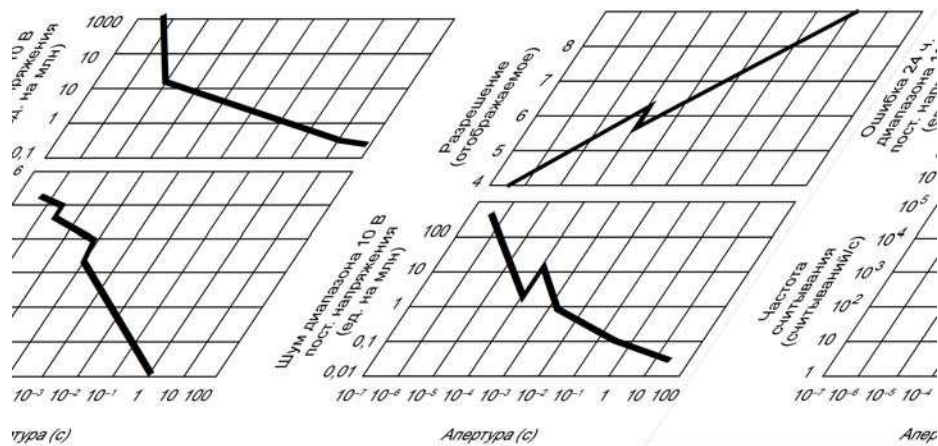
Из графика на **Рисунке D-1** наглядно видно влияние фактической апертуры или периода интегрирования на частоту сбора отсчетов. На нем не представлено влияние команд HPML на производительность, а также ряд базовых режимов работы мультиметра 3458A. HPML — это набор команд прикладного языка программирования. Основой концепции этого набора команд является отсутствие необходимости знания того, какие действия предпринимаются мультиметром 3458A для выполнения измерений. Нужно лишь понимание того, какие измерения требуется выполнить. Однако для оптимизации производительности какого-либо сложного приложения требуется более глубокое понимание принципов работы мультиметра 3458A, чем просто для выполнения измерений. Многие рекомендации, которые будет необходимо учесть, относятся к скорости обмена данными для достижения точности и удобства. Ниже перечислены команды HPML, наиболее существенно влияющие на скорость передачи данных измерений.

```
FUNC<DCV, DCI, OHM, FOHM>,<range>,<resolution in %>
NPLC #
APER<integration period s>
RES <resolution in %>
AZERO,<on or off>
```

В **Таблице D-1** показано, что команды NPLC и APER являются в определенной мере взаимозаменяемыми. Значительной разницей между этими командами является то, что в NPLC для установки периода интегрирования фактически используется частота в линии электросети с выбранной гармоникой или субгармоникой частоты в линии электросети. С помощью команды APER устанавливается период интегрирования в основных единицах (секундах) от 500 нс до 1 с с шагом в 100 нс. Например, при работе с частотой электросети 60 Гц выбор варианта NPLC 1 соответствует команде APER 0,016666.



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания



**Рисунок D-1 Точность, частота считывания, разрешение и шумы в зависимости от выбора значения апертуры или NPLC**

**Таблица D-1 Время интегрирования и отклик на запрос**

| Команда                | Время интегрирования (APER) |                         | Отклик на запрос (NPLC?) |                                |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|                        | 50 Hz (50 Гц)               | 60 Hz (60 Гц)           | 50 Hz (50 Гц)            | 60 Hz (60 Гц)                  |
| NPLC0                  | 500 ns (500 нс)             | 500 ns (500 нс)         | 25 E-6                   | 29.99994 E-6<br>(29,99994 E-6) |
| NPLC.5                 | 10 ms (10 мс)               | 8.333 ms (8,333 мс)     | 500 E-3                  | 499,99700 E-3                  |
| NPLC 1                 | 20 ms (20 мс)               | 16.6667 ms (16,6667 мс) | 1                        | 1                              |
| NPLC10                 | 200 ms (200 мс)             | 16.6667 ms (16,6667 мс) | 10                       | 10                             |
| NPLC 11 <sup>[a]</sup> | 200 ms (200 мс)             | 16.6667 ms (16,6667 мс) | 20                       | 20                             |

[a] Для NPLC > 10 значение периода непрерывного интегрирования равно значению периода интегрирования для NPLC 10, однако выполняется более одного цикла считывания. Результирующее среднее значение отображается на дисплее или передается по интерфейсу GPIB.

Если NPLC находится в интервале от 1 до 10 (включительно), то значение NPLC округляется до следующего целого числа. Если NPLC > 10, то фактическое значение NPLC округляется до следующего целого числа с множителем 10. Для значений NPLC < 1 используется выбранное значение,



что практически аналогично значению апертуры, за исключением того, что период интегрирования масштабируется в соответствии с частотой линии электросети. Например, если для NPLC выбрано значение .1 PLC, то мультиметр 3458A фактически устанавливает значение периода интегрирования .1X (для периода линии электросети — значение, ближайшее к 100 нс или 0,0016666 с (для частоты 60 Гц). По запросу NPLC? выдается значение 99.9958E-3 PLC. Если для NPLC выбрано значение 2.5, то мультиметр 3458A устанавливает период интегрирования равным 3 PLC. Если для NPLC выбрано значение 21, то устанавливается период интегрирования 30 PLC. Для NPLC 0 всегда устанавливается наименьший возможный период интегрирования — 500 нс или 29.99994E-6 PLC (для частоты 60 Гц).

Другой командой, влияющей на период интегрирования, является команда RES, с помощью которой устанавливается количество отображаемых разрядов в формате процентного значения от максимального значения входного параметра. Разрешение измерений выбирается с помощью составляющей команды функции или команды RES. При этом устанавливается значения периода интегрирования, позволяющее АЦП преобразовать результат измерений с требуемым разрешением.

Пример:

```
DCV,20,.001 !(using the resolution parameter of this command)
```

и

```
DCV,20;RES.001
```

(параметр разрешения команды измерений постоянного напряжения игнорируется, и используется параметр команды RES) — обе команды переводят мультиметр 3458A в режим измерений постоянного напряжения с диапазоном 100 В, периодом интегрирования 8 мкс и разрешением 0,001 % от значения 20 В. Частоту считывания можно удвоить путем простого отключения функции автоматической установки нуля. Изначально в мультиметре 3458A функция автоматической установки нуля (AZERO,ON) включена. При этом для устранения каких-либо температурных смещений по напряжению на входе мультиметра 3458A его вход замыкается и производятся измерения для определения напряжения смещения. Измеренное значение смещения напряжения по постоянному току вычитается из фактического значения напряжения, передаваемого в качестве конечного результата измерений. Поэтому в данном режиме для одних измерений фактически требуется два цикла. Данная процедура гарантирует указанную точность



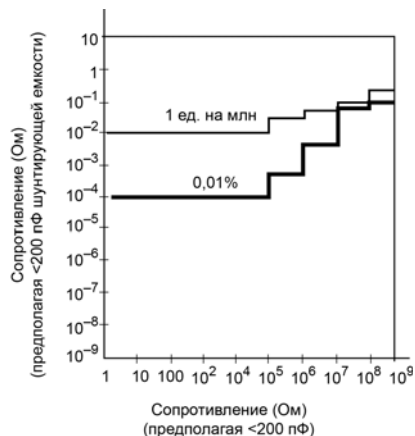
измерений мультиметра 3458A, однако при ней скорость измерений входного напряжения снижается вдвое. При стабильных температурных показателях окружающей среды с отключением этой функции на протяжении коротких промежутков измерений (около 10 минут) возникает крайне незначительное снижение точности измерений. Поэтому помимо сокращения периода интегрирования команда AZERO OFF является наиболее эффективной для использования в целях повышения скорости считывания результатов.

### Значение постоянного тока

Приведенные выше общие сведения об измерениях переменного напряжения относятся и к измерениям силы тока. За исключением того, что для измерений значения постоянного тока используется другой входной контакт, использование команды DCI приводит к аналогичным результатам, что и использование команды DCV. Тракт измерений постоянного тока коммутируется с помощью ряда электромагнитных реле с механическим якорем вместо более быстродействующих герконовых реле для постоянного напряжения и сопротивления. Поэтому переключение между функциями измерений тока и другими функциями занимает более продолжительное время (прибл. 30–40 мс) по сравнению с переключением между измерением постоянного напряжения и сопротивления.

### Сопротивление

Для измерений сопротивления требуется более длительное время стабилизации по сравнению с измерениями постоянного напряжения. Для значений более 10 кОм требуется более длительное время стабилизации для обеспечения того, что первый результат измерений находится в указанных пределах. Однако если требуется компромиссное решение по отношению к первому результату измерений, время стабилизации, связанное с более высоким значением сопротивления, может быть сокращено с помощью использования начального параметра времени задержки. Перед установкой для программного параметра задержки более низкого значения следует проанализировать поведение приложения, чтобы определить оптимальное значение параметра. На рисунке **Рисунке D-2** представлен общий подход повышения значений времени стабилизации в зависимости от повышения значения сопротивления для получения правильного первого результата измерений.

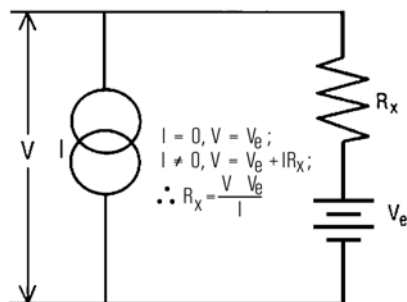


**Рисунок D-2** Для значения времени стабилизации при измерениях сопротивления предполагается, что шунтирующая емкость в цепи измерений составляет менее 200 пФ. Для более низких значений сопротивления установка значения задержки ниже стандартных значений не обеспечивает каких-либо преимуществ. Для значений сопротивления более 100 кОм для достижения окончательных значений требуются более высокие значения времени стабилизации. Поэтому установка значений времени стабилизации в таком случае может сократить время измерений, однако, сокращая тем самым точность измерений.

Другой функцией мультиметра 3458A является команда компенсации результатов измерений сопротивления OffsetCompensated. По принципу действия она очень похожа на функцию автоматической установки нуля. Эта команда, используемая при измерениях сопротивления, позволяет произвести выборку входного сопротивления без подачи тока для измерений смещений, вызванных температурными смещениями значений постоянного напряжения. Как показано на [Рисунке D-3](#), при подаче тока значение напряжения смещения вычитается из результата измерений неизвестного значения сопротивления и результат выводится на дисплей. Аналогично функции автоматической установки нуля, для конечного определения неизвестного значения сопротивления выполняется два цикла измерений. На практике такие смещения наблюдаются только для низких



значений сопротивления. В мультиметре 3458A установлен источник тока 10 мА, который позволяет, по крайней мере, замаскировать эффект температурного смещения. Таким образом, во многих случаях использование функции компенсации смещения при измерениях сопротивления может не потребоваться для низких значений сопротивления.



**Рисунок D-3** Функция компенсации смещения при измерениях сопротивления устраняет эффект влияния последовательных источников напряжения небольшого уровня, такого как эффект термопары в цепи. Путем измерений напряжения на сопротивлении неизвестного значения ( $V_e$ ) с отключенным источником тока с последующими измерениями напряжения на сопротивлении неизвестного значения ( $V_e$ ) с включенным источником тока устраняется эффект влияния напряжения  $V_e$  на результаты измерений.

### Оптимизация параметров тракта слежения и запоминания (непосредственная дискретизация и субдискретизация)

Как уже было отмечено ранее, в стандартном тракте постоянного напряжения сигнал направляется на АЦП. Этот тракт имеет ширину полосы пропускания 150 кГц и возможность выбора разрешения от 4 1/2 до 8 1/2 разряда. Ширина полосы пропускания тракта слежения и запоминания составляет 12 МГц, а разрешение — 4 1/2 разряда. В этом тракте

используется 16-разрядная цепь между входом и АЦП для записи «моментального снимка» входного сигнала. В этом тракте постоянное напряжение можно фиксировать с максимальной частотой до 50 000 отсчетов в секунду. Ниже представлены команды для выбора этого тракта.

DSAC (непосредственная дискретизация, связь по переменному току)

DSAC (непосредственная дискретизация, связь по постоянному току)

SSAC (субдискретизация, связь по переменному току)

SSAC (субдискретизация, связь по постоянному току)

В разделе «Примечание к прибору 3458A-2, оцифровка с высоким разрешением с помощью системного мультиметра 3458A» подробно описывается использование этих команд, а также связанные с ними команды запуска и ограничения. В общем случае, параметрами этих команд, оказывающими наибольшее влияние, являются параметры, связанные с напряжением переменного тока, когда мультиметр 3458A выполняет задачи измерений среднеквадратичного значения либо для сигналов периодической формы с синхронными измерениями переменного напряжения, либо для измерений шумов со случайной формой сигнала переменного напряжения. В данном разделе представлен подробный обзор техники и рекомендации для трех типов измерений среднеквадратичного значения переменного напряжения.



## Переменное напряжение и переменный ток

3458A обладает уникальной возможностью выбора пользователем одного из трех способов измерений эквивалентного теплого значения постоянного напряжения для входного сигнала (истинного среднеквадратичного значения): аналоговые измерения переменного напряжения, синхронные измерения переменного напряжения и измерения переменного напряжения в случайных точках. Входной сигнал направляется по тракту слежения и запоминания (см. [Рисунке D-4](#)), из которого он может быть подан на аналоговый преобразователь переменного напряжения в постоянное или в цепь слежения и запоминания.

### Аналоговые измерения переменного напряжения

Тракт аналоговых измерений переменного напряжения имеет ширину полосы пропускания от 10 Гц до 2 МГц при измерениях среднеквадратичного значения с помощью твердотельного преобразователя переменного напряжения в постоянное. Точность такого способа измерений хоть и высока, однако ниже точности способа синхронных измерений переменного напряжения, а ширина полосы пропускания хоть тоже достаточно высока, однако ниже по сравнению со способом измерений переменного напряжения или его синхронных измерений. При этом такой способ представляет возможность измерений с более высокой точностью и скоростью по сравнению с другими способами в диапазоне доступной полосы пропускания. Кроме того, он позволяет производить измерения как для периодических сигналов, так и для шумов.

### Синхронные измерения переменного напряжения

Функция синхронных измерений переменного напряжения имеет ширину полосы пропускания от 1 Гц до 10 МГц с высочайшей точностью до 100 единиц на миллион, но входной сигнал должен быть периодическим. Частота считывания определяется частотой входного сигнала, а также необходимыми параметрами точности и разрешения. Техника измерений исключительно проста: выполняются измерения частоты входного сигнала. На основании значения частоты выбирается режим последовательной дискретизации входного сигнала или по запуску с интервалом 20 мкс. Затем производится статистическая обработка результатов измерений для получения значения среднеквадратичного значения. Количество

собранных отсчетов, которое является показателем скорости измерений, определяется выбранным значением разрешения и также определяет точность измерений.

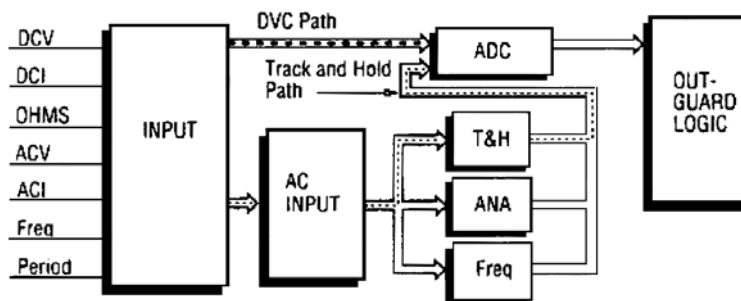
## Измерения переменного напряжения в случайных точках

При измерениях переменного напряжения в случайных точках достигается та же максимальная ширина, что и при синхронных измерениях переменного напряжения, однако этот способ позволяет измерять шумовые и непериодические сигналы. Поскольку разрешение измерений зависит от количества отсчетов, данный режим обладает наименьшей точностью, а также скоростью по сравнению с другими способами измерений переменного напряжения с высоким разрешением. Искажения оцифровки, вносимые ошибками частоты отсчетов (подробно описанные в разделе примечания к прибору 3458A-2 по оцифровке) устраняются с помощью случайного выбора интервалов дискретизации в диапазоне от 20 до 40 мкс с шагом 10 нс.

## Сравнение режимов измерений переменного напряжения

Наличие трех режимов измерений переменного напряжения позволяет пользователю выбрать нужный компромисс между точностью и скоростью, если это позволяет частота входного сигнала. Согласно данным в [Таблице D-2](#), зависимость от частоты отсчетов наиболее ярко выражена для аналоговых измерений переменного напряжения: 1 отсчет в секунду от 10 Гц до 1 кГц, 10 отсчетов в секунду от 1 кГц до 10 кГц и 50 отсчетов в секунду от 10 кГц до 2 МГц. Данные частоты отсчетов относятся к указанным значениям точности для аналоговых измерений переменного напряжения. Частоты отсчетов для всех трех режимов можно повысить путем выбора либо более низкого разрешения, либо уменьшив время задержки относительно стандартных значений до интервала, составляющего величину в одну десятую часть значения, обратно пропорционального наивысшей частоте составляющих входного сигнала. Таким образом, для записи сигнала с частотой 1 кГц требуемое время задержки составляет, по крайней мере, 10 мс репрезентативных измерений сигнала.





**Рисунок D-4** На функциональной схеме сигнального тракта представлены три способа измерений переменного напряжения

**Таблица D-2** Сравнения режимов измерений переменного напряжения

|                         | Аналоговый            | Синхронный            | По случайным точкам    |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Полоса пропускания      | От 10 Гц до 2 МГц     | От 1 Гц до 10 МГц     | 20 Гц до 10 МГц        |
| Наивысшая точность      | 300 единиц на миллион | 100 единиц на миллион | 1000 единиц на миллион |
| Частота отсчетов        | 50 отсчетов/с         | 10 отсчетов/с         | 40 отсчетов/с          |
| Амплитудный коэффициент | 5:1                   | 5:1                   | 5:1                    |
| Сигналы                 | Все                   | Периодические         | Все                    |

## Значение перем. тока

Измерения силы переменного тока выполняются исключительно с помощью цепей измерений переменного напряжения путем использования входа для напряжения и подключения входных шунтов для постоянного тока. Когда принять однозначное решение по выбору способа измерений силы входного переменного тока затруднительно, можно выбрать пониженную точность для повышения частоты отсчетов, уменьшив значения вре-



мени интегрирования и стабилизации. В общем случае для преобразователя переменного напряжения в постоянное требуется не менее 10 периодов измерений входного сигнала для выдачи репрезентативных результатов измерений среднеквадратичного значения. Поэтому частота входного сигнала непосредственно влияет на частоту отсчетов. Для точной настройки параметров измерений может потребоваться анализ технических характеристик мультиметра 3458A, чтобы получить нужные значения производительности измерений напряжения и силы постоянного тока в соответствии с конкретными требованиями.

## Частота и период

Тракт слежения и запоминания также служит цепью передачи сигнала для определения его частоты и, соответственно, периода. Частотная характеристика мультиметра 3458A для разрядности  $7\frac{1}{2}$  — от 10 Гц до 10 МГц с максимальным значением времени счета в 1 секунду. Можно повысить скорость за счет точности и разрешения, выбрав более короткие значения времени счета для внутреннего счетчика. В [Таблице D-3](#) представлено снижение разрешения для каждого значения времени счета.

**Таблица D-3** Представлено снижение разрешения для каждого значения времени счета

| Время счета | Разрешение             | Частота отсчетов |
|-------------|------------------------|------------------|
| 1 с         | $7\frac{1}{2}$ разряда | 1 отсчет/с       |
| 0,1 с       | $6\frac{1}{2}$         | 10 отсчетов/с    |
| 0,01 с      | $5\frac{1}{2}$         | 73 отсчетов/с    |
| 0,001 с     | $4\frac{1}{2}$         | 215 отсчетов/с   |
| 0,0001 с    | $3\frac{1}{2}$         | 270 отсчетов/с   |

После оптимизации пользователем всех отдельных измерений в части минимального времени измерений с достаточным уровнем точности следует учесть еще один параметр для повышения эффективности тестирования: распределение задач. Это включает управляющий компьютер и другое системное оборудование. Как было указано во вступительном разделе примечания к данному прибору, в большинстве случаев наиболее



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

быстродействующим компонентом системы является цифровой мультиметр. Поэтому его показатели скорости измерений обычно не являются узким местом системы. Можно воспользоваться преимуществами возможностей высокоскоростных измерений мультиметра 3458A, предоставив ему возможность самостоятельно рассчитывать данные статистики, производить линеаризацию встроенных термисторов и проверять внутренние пределы диапазонов, передав контроллеру остальные функции по управлению оборудованием и прочие функции. Это позволяют реализовать встроенные в цифровой мультиметр 3458A математические функции, память для отсчетов, память состояния и программная память.

Время, необходимое для передачи результатов измерений и команд на компьютер, зависит от компьютера. Время передачи данных GPIB, а также для обработки операций ввода/вывода значительно отличается для разных компьютеров. Функции программной памяти, памяти для отсчетов, памяти состояния и математические операции последующей обработки предназначены для снижения нагрузки на интерфейс GPIB и значительного снижения зависимости времени обработки от используемого компьютера.

## Оптимизация процесса тестирования путем распределения задач

### Математические операции

Выполнение математических операций только с помощью мультиметра 3458A замедляет скорость измерений мультиметра 3458A, однако во многих случаях комбинация мультиметра 3458A с контроллером позволяет повысить скорость совместной обработки данных для более быстрого получения конечных результатов, когда мультиметром 3458A выполняется только часть математических операций. Это, в частности, относится для функций проверки удачного/неудачного результата соответствия предельным значениям, когда на компьютер выдается предупреждение только в случае неудачного результата проверки. Если для результатов измерений требуются статистические данные, то гораздо проще выполнить нужные расчеты с помощью мультиметра 3458A, вместо того, чтобы создавать программу на контроллере. В мультиметре 3458A используется исключительно мощный процессор Motorola 68000 с рабочей частотой 8 МГц. Поэтому во многих случаях его вычислительная мощность будет сравнима с этим показателем для контроллера.

### Хранение данных

Память мультиметра 3458A может использоваться для хранения результатов измерений с целью их последующей передачи на контроллер. Объем памяти составляет 10 000 отсчетов (20 КБ). Кроме того, можно воспользоваться дополнительной функцией Option 001, Expanded Memory (расширение объема памяти), чтобы дополнительно увеличить ее объем на 65 000 отсчетов (128 КБ). Скорость записи данных в память отсчетов и считывания данных из нее, а также их передачи по интерфейсу GPIB с прямым доступом к памяти с помощью компьютера HP 9000 серии 200/300 составляет 100 000 отсчетов в секунду. Преимуществом данной памяти является то, что она предоставляет доступ к данным тогда, когда это требуется контроллеру, и работа системы не замедляется из-за ожидания завершения измерений (в условиях длительного периода интегрирования, длительного времени стабилизации или получения усредненного значения для нескольких результатов измерений, которые могут привести к замедлению работы системы даже при использовании самых высокоскоростных цифровых мультиметров).



## Форматы вывода данных

У мультиметра 3458A имеется пять различных форматов данных как для памяти, так и для вывода данных по интерфейсу GPIB: одиночный целочисленный (SINT), двойной целочисленный (DINT), одиночное четырехразрядное действительное число IEEE-728 (SREAL), двойное восьмиразрядное действительное число IEEE-728 (DREAL) и ASCII. Формат с наибольшей скоростью передачи данных — одиночное целое число. Это — 16-разрядный целочисленный формат. Поэтому для определения положения десятичного разделителя требуется знать диапазон. Кроме того, в нем имеется всего 16 двоичных разрядов. Поэтому, если для результатов измерений требуется более  $4 \frac{1}{2}$  десятичных разрядов, то следует использовать один из других форматов. Следующий по скорости передачи данных формат — двойное целое число. Это — 32-разрядный целочисленный формат. Поэтому в нем передаются все данные измерений, за исключением данных о диапазоне. В формате SREAL с помощью четырех восьмиразрядных байтов передаются все данные, включая данные о диапазоне. Контроллер должен обеспечивать прием этого формата и его преобразование в формат ASCII для возможности обработки таких данных. И, наконец, формат ASCII имеет самую низкую скорость передачи. Обычно для каждого отсчета при передаче на контроллер требуется восемнадцать байтов данных плюс символ возврата каретки/перевода строки. Часто требуется выполнить быстрый сбор данных, однако фактическая скорость их передачи может быть относительно низкой. В этом случае идеальной комбинацией характеристик обладает формат SREAL при записи результатов в память и формат ASCII для вывода данных по интерфейсу GPIB. Форматы DINT и SINT принимаются компьютерами HP 9000 серии 200/300 напрямую без необходимости преобразования. Формат ASCII принимается практически любыми контроллерами.

В программах, где между измерениями производится изменение функций или диапазонов, и результаты сохраняются на компьютере, вероятно, лучшим решением будет небольшое снижение скорости с сохранением данных в память отсчетов в формате DREAL или SREAL. Это предотвратит необходимость отслеживания параметров масштабирования, требуемое для форматов SINT и DINT.

## Память состояний и программная память

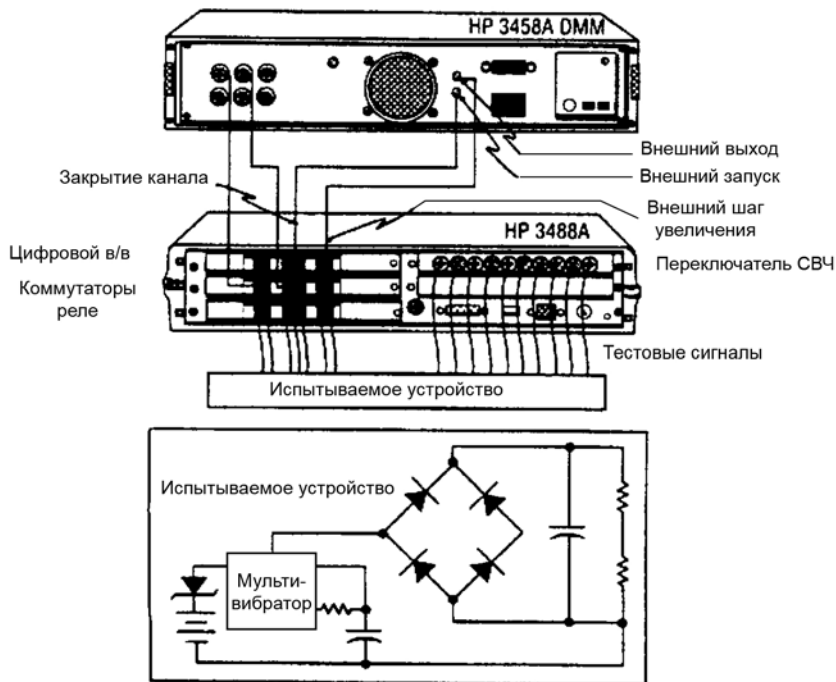
Значительная экономия времени на соответствующем этапе тестирования может быть достигнута с помощью функций памяти состояний и программной памяти. Память состояний используется для установки статического состояния прибора с помощью передачи одной команды по интерфейсу GPIB. Программы инициализации позволяют устанавливать состояния, требуемые специалисту по программированию для использования в тестовой программе во время простоя системы. Затем при необходимости состояние можно восстановить.

Программная память является динамической. Состояние мультиметра 3458A изменяется динамически пошагово в соответствии с последовательностью операций, записанных в программной памяти, как если бы последовательность событий управлялась с компьютера. Результаты измерений можно сохранять в памяти отсчетов для последующего доступа к ним в нужное время как для передачи на компьютер в исходном формате, так и для последующей обработки мультиметром 3458A. Кроме того, при передаче командной строки в память мультиметра 3458A последовательность измерений иницируется простой командой по интерфейсу GPIB. Более важным, чем экономия времени при использовании одной команды, является то, что компиляция командной строки в программной памяти фактически производится программой анализа мультиметра 3458A, что позволяет значительно ускорить выполнение последовательности измерений по сравнению с выполнением этих операций при управлении с помощью компьютера. Для упрощения ряда сложностей программирования длинных процедур настройки из программной памяти можно вызвать данные памяти состояний и другие подпрограммы.



## Список измерений

Наиболее эффективным способом использования мультиметра 3458A в системе является создание в программной памяти списка измерений, соответствующего списку каналов в приборе-переключателе сигналов. Внешний выход прибора 358A подключается к входу Channel Advance (Расширенный канал) прибора-переключателя, а выход Channel Closed (Канал закрыт) прибора-переключателя подключается ко входу External Trigger (Внешний запуск) мультиметра 3458A. Независимо от времени, требуемого для закрытия канала или выполнения измерений, канал всегда закрыт и для завершения измерений всегда имеется достаточно времени без необходимости использования программных команд WAIT или дополнительной задержки. Кроме того, сокращение объема данных, передаваемых по интерфейсу GPIB, повышает скорость и удобство программирования. На **Рисунке D-5** выполняется тестирование цепи для демонстрации взаимодействия мультиметра 3458A с прибором-переключателем (3488A) с использованием функций External Trigger (Внешний запуск) и External Output (Внешний выход). Измерения включают простые измерения переменного тока, постоянного тока и сопротивления. В этом случае при настройке тестирования важно время для изменения функции или диапазона, поскольку канал закрывается относительно медленно (в приборе 3488A используются исключительно универсальные, но медленные реле с механическим якорем со скоростью переключения прилб. 25 мс для закрытия канала). Поэтому для точки тестирования выполняется несколько измерений. Использование герконовых реле значительно ускорило бы изменение тестовых точек без изменения функции, если это допускается условиями тестирования.



**Рисунок D-5** Список измерений и список сканирования повышают производительность тестирования при использовании в схеме с подключением разъема External Increment (Внешний шаг) к разъему External Output (Внешний выход), а разъема Channel (Канал) — к разъему внешнего запуска

## Оценка производительности

Процедура оценки производительности для демонстрации влияния различных функций 3458A запускается в наиболее удобном, но более медленном режиме, в котором компьютер должен отправить цифровому мультиметру запрос на изменение определенной функции, выполнение измерений и передачу результатов измерений на компьютер. При оценке производительности предполагается, что все измерения выполняются с помощью сканера на полевых транзисторах с бесконечно высокой скоростью переключения и бесконечным динамическим диапазоном. Поэтому результаты оценки производительности отражают искусственные условия, которые, однако, позволяют наилучшим образом проиллюстрировать различные режимы работы мультиметра 3458A. Используется компьютер HP 9000 серии 200/300. Значения времени для других компьютеров будут отличаться в зависимости от скорости интерфейса GPIB компьютера. Результаты представлены на [Рисунке D-6](#).

Для тестируемого устройства выполняются перечисленные ниже действия.

25 измерений сопротивления

15 < 10 кОм ± 5 %

8 < 100 кОм ± 5 %

2 < 10 кОм ± 0,001 %

10 измерений напряжения пост. тока

5 < 30 В ± 1 %

4 < 10 В ± 0,01 %

1 < 1 В ± 0,001 %

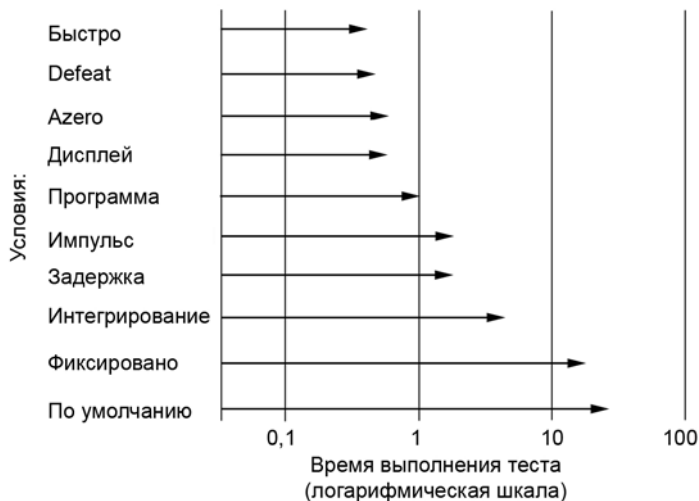
3 измерения перем. напряжения

1 < 250 В, частота 50 Гц, ± 5 %

1 < 10 В, 25 кГц, ± 0,1 %

1 < 1 В, 5 кГц, ± 0,075 %





**Рисунок D-6 Значения времени выполнения для различных конфигураций**

Для последовательности измерений требуется, чтобы до включения питания цепи значения сопротивлений были проверены. Затем проверяется правильность уровня напряжения в электросети. Уровень выходного напряжения 1 В на частоте 5 кГц проверяется на соответствие пределам погрешности  $\pm 0,075\%$ . И, наконец, проверяются остальные напряжения в перечисленной ниже последовательности.

- 2 для постоянного напряжения, 10 В  $\pm 1\%$
- 1 для постоянного напряжения, 10 В  $\pm 0,01\%$
- 2 для постоянного напряжения, 10 В  $\pm 1\%$
- 1 для постоянного напряжения, 1 В  $\pm 0,001\%$
- 1 для переменного напряжения, 10 В  $\pm 0,1\%$
- 1 для постоянного напряжения, 10 В  $\pm 1\%$
- 3 для постоянного напряжения, 10 В  $\pm 0,01\%$



## Результаты оценки производительности

Стандартные параметры: время (начальное значение для подпрограммы) = 20,63 с

```
560 SUB Default(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
570 DIM A(37)
580 Exe_time=TIMEDATE
590 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
600 OUTPUT 722;"OHM"
610 FOR I=1 TO 23
620 ENTER 722;A(1)
630 NEXT I
640 OUTPUT 722;"OHMF"
...
780 ENTER 722;A(I)
790 NEXT I
800 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
810 Dnld_time=0
820 Tns_time=0
830 SUBEND
```

Мультиметр 3458A переводится компьютером в дистанционный режим, и его параметры сбрасываются к начальным значениям. Для времени интегрирования устанавливается значение 10 PLC, а для параметров задержки стабилизации — значения, обеспечивающие указанную точность для первого отсчета после изменения функции или диапазона. Функция автовыбора диапазона включена. Компьютер отправляет цифровому мультиметру запрос на изменение диапазона, функции или времени интегрирования для 10 измерений из 37. Остальные измерения выполняются блоками с той же конфигурацией измерений.

Фиксированный диапазон: время (фиксированное значение для подпрограммы) = 15,98 с

```
840 SUB Fixed(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
850 DIM A(37)
860 Exe_time=TIMEDATE
870 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
880 OUTPUT 722;"OHM,IE4"
890 FOR I=1 TO 15
900 ENTER 722;A(I)
```

```
910 NEXT I
920 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
...
1110 ENTER 722:A(I)
1120 NEXTI
1130 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1140 Dnld_time=0
1150 Tns_time=0
1160 SUBEND
```

Тестовые условия аналогичны стандартным, однако вместо режима автовыбора диапазона для диапазонов устанавливаются параметры, необходимые для измерений.

Правильное время интегрирования: время (значение интегрирования для подпрограммы) = 3,76 с

```
1170 SUB Integrat(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1180 DIM A(37)
1190 Exe_time=TIMEDATE
1200 OUTPUT 722;"PRESET"
1210 OUTPUT 722;"OHM,IE4;NPLC 0"
1220 FOR I=1 TO 15
1230 ENTER 722:A(I)
1240 NEXT I
1250 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
```

```
...
1410 ENTER 722:A(34)
1420 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0"
1430 FOR I=35 TO 37
1440 ENTER 722:A(I)
1450 NEXT I
1460 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1470 Dnld_time=0
1480 Tns_time=0
1490 SUBEND
```

Тестовые условия аналогичны условиям для фиксированного диапазона, однако значения времени интегрирования для каждого измерения выбраны в соответствии с требуемыми разрешением и точностью вместо стандартного значения 10PLC.



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

Правильное время задержки: время (задержки для подпрограммы) = 1,48 с

```
1500 SUB Delay(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1510 DIM A(37)
1520 Exe_time=TIMEDATE
1530 OUTPUT 722;"PRESET"
1540 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0
1550 FOR I=1 TO 15
...
1730 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01"
1740 ENTER 722;A(34)
1750 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0"
1760 FOR I=35 TO 37
1770 ENTER 722;A(I)
1780 NEXT I
1790 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1800 Dnld_time=0
1810 Tns_time=0
1820 SUBEND
```

Тестовые условия аналогичны условиям для правильного времени интегрирования, однако в данном случае для времени задержки вместо начальных значений устанавливаются значения, позволяющее обеспечить требуемую точность для каждого измерения.

Использование памяти отсчетов: (подпрограмма для импульсов)

время выполнения теста = 1,42 с

время передачи данных отсчетов = 0,18 с

```
1830 SUB Burst(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1840 DIM A(37)
1850 Exe_time=TIMEDATE
1860 OUTPUT 722;"PRESET;MEM FIFO;MFORMAT SREAL
1870 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL
1880 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL
...
1940 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL
1950 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1960 Dnld_time=0
1970 Tns_time=TIMEDATE
1980 FOR I=1 TO 37
1990 ENTER 722;A(I)
2000 NEXT I
```

```
2010 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2020 SUBEND
```

Отмеченное изменение вызвано изменением в структуре программы. Теперь при выполнении измерений отсчеты сохраняются в памяти отсчетов. По завершении последовательности измерений отсчеты передаются из памяти отсчетов на компьютер с помощью цикла FOR NEXT. За исключением удобства передачи данных, заметные преимущества по скорости измерений в этом случае отсутствуют. При передаче данных на компьютер с помощью команды TRANSFER обеспечивается более существенная экономия времени.

Использование программной памяти: (программа подпрограммы)

время выполнения теста = 1,06 с

время загрузки программной памяти = 0,260 с

время передачи данных отсчетов = 0,17 с

```
2030 SUB Program(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2040 DIM A(37)
2050 Dnld_time=TIMEDATE
2060 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL"
2070 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY0;NRDGS 15;
 TRIG SGL"
2080 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2090 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY-1;NRDGS 2;TRIG SGL
2100 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1;NRDGS 1;TRIG SGL"
2110 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY .01;TRIG SGL
2120 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
2130 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY.01;NRDGS 1;
 TRIG SGL
2140 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
2150 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2160 Exe_time=TIMEDATE
2170 OUTPUT 722;"CALL 1"
2180 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2190 Tns_time=TIMEDATE
2200 FOR I=1 TO 37 2210ENTER 722:A(I)
2220 NEXT I
2230 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2240 SUBEND
```

...



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

И снова структура программы была изменена. Теперь последовательность измерений со всеми изменениями, внесенными на данный момент для каждого измерения, размещается в подпрограмме SUB 1 цифрового мультиметра. Команды передаются с компьютера в мультиметр 3458A, где они компилируются. Выполнение команд начинается при вызове подпрограммы цифрового мультиметра с помощью команды CALL 1. Данные отсчетов передаются по завершении подпрограммы цифрового мультиметра.

Учтите, что при завершении этой последовательности цифровым мультиметром выполнение программы останавливается. Если требуется продолжение выполнения программы, на цифровой мультиметр должна быть отправлена команда

```
OUTPUT 722 USING "#,K"; "CALL 1"
```

При использовании команды #,K символы окончания строки (EOL) подавляются. При получении мультиметром 3458A команды без символа окончания строки он переводит компьютер из режима ожидания, позволяя продолжить выполнение программы, а мультиметр 3458A продолжает выполнение запрошенных от него действий. Учтите, что время выполнения для теста производительности существенно ниже, чем при простом использовании памяти отсчетов.

Display off: (подпрограмма Display)

время выполнения теста = 0,500 с

время загрузки программной памяти = 0,280 с

время передачи данных отсчетов = 0,180 с

```
2250 SUB Disp(REAL DnId_time,Exe_time,Tns_time)
```

```
2260 DIM A(37)
```

```
2270 DnId_time=TIMEDATE
```

```
2280 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL;DISP OFF;TESTING"
```

```
2290 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;
TRIG SGL"
```

```
2300 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
```

```
2310 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY -1 ;NRDGS 2;TRIG SGL"
```

...

Эта программа аналогична программе подпрограммы, однако дисплей выключен. Время выполнения теста сокращено вдвое.

Azero off: (подпрограмма Azero)

время выполнения теста = 0,510 с

время загрузки программной памяти = 0,280 с  
время передачи данных отсчетов = 0,180 с

Эта программа аналогична подпрограмме Display, однако функция Auto Zero (Автоматическая установка нуля) выключена. Данный тип тестов не предоставляет фактических преимуществ, поскольку скорость считывания настолько высока, что разница при включенной и отключенной функции автоматической установки нуля практически не ощущается. В ряде случаев повышение скорости можно достичь с помощью изменения функции или времени интегрирования, оставив функцию автоматической установке нуля во включенном состоянии.

*Defeat on:* (подпрограмма Defeat)

время выполнения теста = 0,470 с  
время загрузки программной памяти = 0,280 с  
время передачи данных отсчетов = 0,180 с

```
2690 SUB Defeat(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
```

```
2700 DIM A(37)
```

```
2710 Dnld_time=TIMEDATE
```

```
2720 OUTPUTУнст 722;"PRESET;DISP OFF;TESTING;MFORMAT SREAL;DEFEAT ON"
```

```
2730 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;
TRIG SGL"
```

```
2740 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
```

Эта программа аналогична подпрограмме Display, однако функция DEFEAT выключена. В этом рабочем режиме игнорируется ряд цепей обнаружения перегрузки и цепей защиты. При обнаружении напряжения выше 300 В функция игнорирования отключается, и это событие сохраняется в памяти мультиметра 3458А. Данный параметр позволяет ускорить изменение функций и диапазонов, однако, на практике, ее не следует использовать слишком часто.

## Повышение скорости

Значительного повышения производительности можно добиться при использовании команд TRANSFER вместо команд OUTPUT и ENTER. Кроме того, повышения скорости измерений можно достичь путем совмещения некоторых команд. Ощутимая разница скорости обработки наблюдается при последовательном использовании команд DELAY и ACBAND с командой ACV. Правильная последовательность:



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

DELAY <#>;ACBAND <#,#>;ACV <range>.

Если при изменении функции требуется изменить стандартные значения времени стабилизации, сначала следует обязательно изменить параметры команды DELAY. Также, во многих случаях быстрее оставить прежнее время интегрирования, чем изменять его. Например, для использования разрешения 6 1/2 разряда для мультиметра 3458A можно установить значение APER 10E-5 (100 мкс), позволяющее записывать практически 10 000 отсчетов в секунду. Если требуется всего несколько измерений с таким разрешением, а для большинства остальных измерений достаточно более низкого разрешения, также может оказаться быстрее оставить для времени интегрирования значение 100 мкс и использовать его для всех этих измерений. Изменение времени интегрирования мультиметра 3458A занимает от 6 до 10 мс. При частоте 10 000 отсчетов в секунду мультиметр 3458A может за это время записать сотню отсчетов с разрешением 6 1/2 разряда.

В приведенной ниже последней программе для достижения максимально возможных показателей при тестировании производительности используются правильные последовательности команд передачи данных.

Время выполнения = 0,360 с

Время загрузки программной памяти = 0,05 с

Время передачи данных отсчетов = 0,05 с

```
10 OPTION BASE 1
```

```
20 DIM Command$[1000] BUFFER
```

```
30 DIMA$[100],B$[100],C$[100],D$[100],E$(100),
F$[100],G$[100],H$[100],I$[100],Set_up$[100]
```

```
40 INTEGER I,M
```

```
50 REAL Readings(37) BUFFER
```

```
60 ASSIGN @Dmm TO 722
```

```
70 ASSIGN @Buf_1 TO BUFFER Command$
```

```
80 ASSIGN @Buf_2 TO BUFFER Readings(*)
```

```
90 CLEAR 722
```

```
100 OUTPUT @Dmm;"RESET"
```

```
110 Set_up$="PRESET;MFORMAT SREAL;DEFEAT ON;APER 100E-6;DISP
OFF,TESTING"
```



```
120 B$="SUB Try;MEM FIFO;DELAY O;OHM,1E4;NRDGS 15;TRIG SGL;"
130 C$="OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL;"
140 D$="DELAY -1;OHMF,1E3;NRDGS 2;TRIG SGL;"
150 E$="DELAY .1;ACBAND 50;ACV 250;NRDGS 1;TRIG SGL;"
160 F$="DELAY .01;ACBAND 25000;ACV,10;TRIG SGL;"
170 G$="DELAY 0;DCV 10;NRDGS 6;TRIG SGL;"
180 H$="DELAY .01;ACBAND 5000;ACV 10;NRDGS 1; TRIG SGL;"
190 I$="DELAY 0;DCV 10;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
200 Command$=B$&C$&D$&E$&F$&G$&H$&I$
210 Dnld;! Передача команд в цифр. мультим.
220 Dnld_time=TIMEDATE
230 OUTPUT @Dmm;Set_up$
240 TRANSFER @Buf_1 TO @Dmm
250 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
260 Execute: ! Время обработки цифр. мультим.
270 Exe_time=TIMEDATE
280 OUTPUT @Dmm;"CALL Try"
290 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
300 Read:! Передача отсчетов в компьютер
310 Tns_time=TIMEDATE
320 TRANSFER @Dmm TO @Buf_2
330 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
340 PRINT "DOWN LOAD TIME =";Dnld_time
350 PRINT "EXECUTION TIME =";Exe_time
360 PRINT "TRANSFER TIME = ";Tns_time
370 PRINT "TOTAL TIME= "; Dnld_time+Exe_time+Tns_time
380 END
10 ! Тест производительности
20 !
30 COM Dnld_trme.Exe_time,Tns_time
```



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

```
40 !
50 CALL Default(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
60 PRINT USING "36A,DD.DDD";"Время обработки для стандартного
 значения ";Exe_time
70 PRINT
80 !
90 CALL Fixed(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
100 PRINT USING "38A,DD.DDD";"Время обработки для стандартного
 значения ";Exe_time
110 PRINT
120 !
130 CALL Integrat(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
140 PRINT USING "51A,DD.DDD";"Время обработки для правильного значения
 времени интегрирования";Exe_time
150 PRINT
160 !
170 CALL Delay(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
180 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время обработки для правильного значения
 времени задержки";Exe_time
190 PRINT
200 !
210 CALL Burst(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
220 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время обработки для записи
 отсчетов";Exe_time
230 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время передачи с помощью команды FOR
 NEXT";Tns_time
240 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Общее время для
 памяти";Exe_time+Tns_time
250 PRINT
260 !
270 CALL Program(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
280 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время обработки для программной
 памяти";Exe_time
```

```
290 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время загрузки для передачи
SUB";Dnld_time
300 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время передачи с помощью команды FOR
NEXT";Tns_time
310 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Общее время для программной
памяти";Exe_time+Dnld_time+ Tns_time
320 PRINT
330 !
340 CALL Disp(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
350 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время обработки для программной
памяти";Exe_time
360 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время загрузки для передачи
SUB";Dnld_time
370 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время передачи с помощью команды FOR
NEXT";Tns_time
380 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Общее время для выключенного
дисплея";Exe_time+Dnld_time+Tns_time
390 PRINT
400 !
410 CALL Azero(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
420 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время обработки для программной
памяти";Exe_time
430 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время загрузки для передачи
SUB";Dnld_time
440 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время передачи с помощью команды FOR
NEXT";Tns_time
450 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Общее время для выключенной функции
AZERO"; Exe_time+Dnld_time+ Tns_time
460 PRINT
470 !
480 CALL Defeat(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
490 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Время обработки для программной
памяти";Exe_time
```



D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

```
500 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Время загрузки для передачи
SUB";Dnld_time
510 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Время передачи с помощью команды FOR
NEXT";Tns_time
520 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Общее время для включенной функции
DEFEAT";Exe_time+Dnld_time+Tns_time
530 PRINT
540 !
550 END
560 SUB Default(REAL Dnld_time,Exe_time, Tns_time)
570 DIM A(37)
580 Exe_time=TIMEDATE
590 OUTPUT 722:"RESET;TRIG SYN"
600 OUTPUT 722;"OHM"
610 FOR I=1 TO 23
620 ENTER 722;A(I)
630 NEXT I
640 OUTPUT 722;"OHMF"
650 ENTER 722;A(24)
660 ENTER 722;A(25)
670 OUTPUT 722;"ACV"
680 ENTER 722;A(26)
690 ENTER 722;A(27)
700 OUTPUT 722;"DCV"
710 FOR I=28 TO 33
720 ENTER 722;A(I)
730 NEXT I
740 OUTPUT 722;"ACV"
750 ENTER 722;A(34)
760 OUTPUT 722;"DCV"
770 FOR I=35 TO 37
```

```
780 ENTER 722;A(I)
790 NEXT I
800 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
810 DnId time=0
820 Tns_time=0
830 SUBEND
840 SUB Fixed(REAL DnId_time,Exe_time,Tns_time)
850 DIM A(37)
860 Exe_time=TIMEDATE
870 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
880 OUTPUT 722;"OHM,1E4"
890 FOR I=1 TO 15
900 ENTER 722;A(I)
910 NEXT I
920 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
930 FOR I=16 TO 23
940 ENTER 722;A(I)
950 NEXT I
960 OUTPUT 722;"OHMF,1E3"
970 ENTER 722;A(24)
980 ENTER 722;A(25)
990 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250"
1000 ENTER 722;A(26)
1010 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000"
1020 ENTER 722;A(27)
1030 OUTPUT 722;"DCV, 10"
1040 FOR I=28 TO 33
1050 ENTER 722;A(1)
1060 NEXT I
1070 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000"
```



D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

```
1080 ENTER 722;A(34)
1090 OUTPUT 722;"DCV,10"
1100 FOR I=35 TO 37
1110 ENTER 722;A(I)
1120 NEXT I
1130 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1140 Dnld time=0
1150 Tns_time=0
1160 SUBEND
1170 SUB Integrat(REAL Dnld_time,Exe_time, Tns_time)
1180 DIM A(37)
1190 Exe_time=TIMEDATE
1200 OUTPUT 722;"PRESET"
1210 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0"
1220 FOR I=1 TO 15
1230 ENTER 722;A(I)
1240 NEXT I
1250 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
1260 FOR I=16 TO 23
1270 ENTER 722;A(1)
1280 NEXT I
1290 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6"
1300 ENTER 722;A(24)
1310 ENTER 722;A(25)
1320 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250"
1330 ENTER 722;A(26)
1340 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000"
1350 ENTER 722;A(27)
1360 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0"
1370 FOR I=28 TO 33
```

```
1380 ENTER 722;A(I)
1390 NEXT I
1400 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6"
1410 ENTER 722;A(34)
1420 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0"
1430 FOR I=35 TO 37
1440 ENTER 722;A(I)
1450 NEXT I
1460 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1470 Dnld_time=0
1480 Tns_time=0
1490 SUBEND
1500 SUB Delay(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1510 DIM A(37)
1520 Exe_time=TIMEDATE
1530 OUTPUT 722;"PRESET"
1540 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0"
1550 FOR I=1 TO 15
1560 ENTER 722;A(I)
1570 NEXT I
1580 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
1590 FOR I=16 TO 23
1600 ENTER 722;A(I)
1610 NEXT I
1620 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY-1"
1630 ENTER 722;A(24)
1640 ENTER 722;A(25)
1650 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1"
1660 ENTER 722;A(26)
1670 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01"
```



D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

```
1680 ENTER 722;A(27)
1690 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0"
1700 FOR I=28 TO 33
1710 ENTER 722;A(I)
1720 NEXT I
1730 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6; DELAY .01"
1740 ENTER 722;A(34)
1750 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0"
1760 FOR I=35 TO 37
1770 ENTER 722;A(I)
1780 NEXT I
1790 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1800 Dnld_time=0
1810 Tns_time=0
1820 SUBEND
1830 SUB Burst(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1840 DIM A(37)
1850 Exe_time=TIMEDATE
1860 OUTPUT 722;"PRESET;MEM FIFO;MFORMAT SREAL"
1870 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL"
1880 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
1890 OUTPUT 722;"OHMF,1ES;APER 20E-6;DELAY -1;NRDGS 2,TRIG SGL"
1900 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1;NRDGS 1;TRIG SGL"
1910 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01;TRIG SGL"
1920 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
1930 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01;NRDGS 1;TRIG
SGL"
1940 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL"
1950 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1960 Dnld_time=0
```



```
1970 Tns_time=TIMEDATE
1980 FOR I=1 TO 37
1990 ENTER 722:A(I)
2000 NEXT I
2010 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2020 SUBEND
2030 SUB Program(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2040 DIM A(37)
2050 Dnld_time=TIMEDATE
2060 OUTPUT 722:"PRESET;MFORMAT SREAL"
2070 OUTPUT 722;"SUB 1:MEM FIFO;OHM.1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG
 SGL"
2080 OUTPUT 722;"OHM.1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2090 OUTPUT 722;"OHMF, 1E3;APER 20E-6:DELAY-1; NRDGS 2;TRIG SGL"
2100 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1;NRDGS 1; TRIG SGL"
2110 OUTPUT 722;"ACV10;ACBAND 25000;DELAY.01;TRIG SGL"
2120 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6; TRIG SGL"
2130 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6; DELAY.01;NRDGS 1;TRIG
 SGL"
2140 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3; TRIG SGL;SUBEND"
2150 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2160 Exe_time=TIMEDATE
2170 OUTPUT 722;"CALL 1"
2180 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2190 Tns_time=TIMEDATE
2200 FOR I=1 TO 37
2210 ENTER 722:A(I)
2220 NEXT I
2230 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2240 SUBEND
2250 SUB Disp(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
```



D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

```
2260 DIM A(37)
2270 Dnld_time=TIMEDATE
2280 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL;DISP OFF, TESTING"
2290 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG
SGL"
2300 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2310 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY -1;NRDGS 2;TRIG SGL"
2320 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY .1;NRDGS 1;TRIG SGL"
2330 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY .01;TRIG SGL"
2340 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
2350 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01;NRDGS 1;TRIG
SGL"
2360 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
2370 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2380 Exe_time=TIMEDATE
2390 OUTPUT 722;"CALL 1"
2400 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2410 Tns_time=TIMEDATE
2420 FOR I=1 TO 37
2430 ENTER 722:A(I)
2440 NEXT I
2450 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2460 SUBEND
2470 SUB Azero(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2480 DIM A(37)
2490 Dnld_time=TIMEDATE
2500 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL;DISP OFF, TESTING;AZERO OFF"
2510 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG
SGL"
2520 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2530 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY-1; NRDGS 2;TRIG SGL"
```

```

2540 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1;NRDGS 1;TRIG SGL"
2550 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01; TRIG SGL"
2560 OUTPUT 722;"DCV10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6; TRIG SGL"
2570 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6; DELAY.01;NRDGS 1;TRIG
 SGL"
2580 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3; TRIG SGL;SUBEND"
2590 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2600 Exe_time=TIMEDATE
2610 OUTPUT 722;"CALL 1"
2620 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2630 Tns_tme=TIMEDATE
2640 FOR I=1 TO 37
2650 ENTER 722;A(I)
2660 NEXT I
2670 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2680 SUBEND
2690 Defeat(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2700 DIM A(37)
2710 Dnld_time=TIMEDATE
2720 OUTPUT 722;"PRESET;DISP OFF,TESTING;MFORMAT SREAL;DEFEAT ON"
2730 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM.1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG
 SGL"
2740 OUTPUT 722;"OHM.1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2750 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY -1; NRDGS 2;TRIG SGL"
2760 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY .1; NRDGS 1;TRIG SGL"
2770 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01; TRIG SGL"
2780 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
2790 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01;NRDGS 1;TRIG
 SGL"
2800 OUTPUT 722;"DCV10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
2810 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time

```



D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

```
2820 Exe_time=TIMEDATE
2830 OUTPUT 722;"CALL 1"
2840 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2850 Tns_time=TIMEDATE
2860 FOR I=1 TO 37
2870 ENTER 722;A(I)
2880 NEXT I
2890 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2900 SUBEND

10 !MAIN PROGRAM
20 COM A(20),B(90),C(30),D(30),J$[80]
30 CALL Test_58(Time58)
40 END
50 !
60 !
70 SUB Test_58(Time58)
80 DIM A(20),B(90),C(30),D(30),J$[80]
90 !SET UP SCANNER
100 ASSIGN @Scan TO 709
110 ASSIGN @Dmm TO 722
120 CLEAR @Dmm
130 OUTPUT @Dmm;"RESET" !Установка цифр. мультим. в состояние
 при включении питания
140 OUTPUT @Dmm;"TRIG HOLD" ! Остановка запуска
150 !
160 ! ----- Настройка сканирования -----
170 !
180 OUTPUT @Scan;"RESET"
190 OUTPUT @Scan;"CLOSE 200,400,410;STORE 1"
```

200 OUTPUT @Scan;"CLOSE 308,309;STORE 2"  
 210 OUTPUT @Scan;"OPEN 200"  
 220 OUTPUT @Scan;"CLOSE 201; STORE 3"  
 230 OUTPUT @Scan;"OPEN 201"  
 240 OUTPUT @Scan;"CLOSE 206;STORE 4"  
 250 OUTPUT @Scan;"OPEN 206"  
 260 OUTPUT @Scan;"CLOSE 202;STORE 5"  
 270 OUTPUT @Scan;"OPEN 202"  
 280 OUTPUT @Scan;"CLOSE 205;STORE 6"  
 290 OUTPUT @Scan;"OPEN 205"  
 300 OUTPUT @Scan;"CLOSE 204;STORE 7"  
 310 OUTPUT @Scan;"OPEN 204"  
 320 OUTPUT @Scan;"CLOSE 203;STORE 8"  
 330 !  
 340 ! ----- Список каналов -----  
 350 !  
 360 OUTPUT @Scan;"SLIST 1,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,8,8,0"  
 370 ! Установка списка сканирования для состояний,  
 380 ! которые автоматически изменяются с положительным шагом  
 390 ! с помощью команды STEP или внешнего  
 400 ! входного сигнала пошагового увеличения  
 410 OUTPUT @Scan;"DMODE 1,1,0,1"! Настройка для внешнего шага  
 увеличения  
 420 ! и закрытия канала сканирования.  
 430 !  
 440 ! ----- Настройка измерений -----  
 450 !  
 460 OUTPUT @Dmm;"PRESET;TARM HOLD"!Установка для цифр. мультим.  
 стандартного значения PRESET  
 461 ! и удержание активации запуска



## D Оптимизация производительности передачи данных и частоты считывания

- 462 OUTPUT @Dmm:"MFORMAT DREAL"! Сохранение данных в памяти в формате IEEE
- 463 ! с двойными действительными значениями
- 470 OUTPUT @Dmm;"TRIG EXT"!Установка для цифр. мультим. режима внешнего запуска
- 480 OUTPUT @Dmm;"APER 20E-6"!Установка для апертуры интегрирования значения 20 мкс
- 490 OUTPUT @Dmm;"TBUFF ON"! Настройка буфера запуска
- 500 ! не производится
- 510 OUTPUT @Dmm;"DISP OFF ! Отключение дисплея передней панели цифр. мультим.
- 520 OUTPUT @DMM;"DELAY 0"! Установка времени между событием запуска
- 530 ! и началом измерений, равного 0 с
- 540 !
- 550 ! ----- Список измерений -----
- 560 !
- 570 OUTPUT @Dmm;"SUB 1"! Запуск программы цифр. мультим.
- 580 OUTPUT @Dmm;"MEM FIFO"! Установка памяти в режим FIFO
- 590 OUTPUT @Dmm;"DCV 10" ! Установка цифр. мультим. в режим функции измерений пост. напряжения и максимального значения 10 В
- 600 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (1) Иницирует последовательность измерений, когда
- 610 ! соблюдаются условия TRIG EXT, а затем останавливает процесс после
- 620 ! обнаружения одного события запуска.
- 630 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"!(2) Повтор последовательности.
- 640 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"!(3) Дополнительный повтор последовательности.
- 650 OUTPUT @Dmm;"ACBAND 1000" ! Установка нижней границы частотного диапазона в 1 кГц
- 660 OUTPUT @Dmm;"ACV 10"!Установка цифр. мультим. в режим измерений переменного напряжения с макс. входным напряжением 10 В

```
670 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (3
680 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (4)
690 OUTPUT @Dmm:"DCV 10"
700 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (4)
710 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (5)
720 OUTPUT @Dmm;"ACV 10"
730 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (5)
740 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (6)
750 OUTPUT @Dmm;"DCV 10"
760 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (6)
770 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (7)
780 OUTPUT @Dmm;"OHM 3E3"!Установка цифр. мультим. в режим функции W
 значением 3 кОм
790 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (8)
800 OUTPUT @Dmm;"OCOMP ON"! Включение компенсации смещения.
810 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (8)
820 OUTPUT @Dmm;"SUBEND" !Конец программной памяти цифр. мультим.
830 !
840 ! ----- Выполнение измерений -----
850 !
860 OUTPUT @Dmm USING "#,К";"CALL 1;"! Вызов программы цифр. мультим.
870 OUTPUT @Scan;"STEP"!Перемещение к первой настройке и запуск цифр.
 мультим.
880 !
890 !--Передача отсчетов из цифр. мультим. в компьютер--
900 !
910 FOR I=1 TO 13
920 ENTER @Dmm;A(I)
930 PRINT USING "SD.DDDE";A(I)
940 NEXT I
950 SUBEND
```







# Приложение Е. Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458A

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Введение                                                | 522 |
| Скорость и разрешение                                   | 523 |
| Возможность выбора одного из двух измерительных трактов | 526 |
| Захват данных                                           | 529 |
| Высокоскоростная передача данных                        | 534 |
| Ошибки измерений                                        | 539 |

(Согласно примечаниям для прибора 3458A-2)

## Введение

В составе системы или при автономной работе с компьютером 3458А может оцифровывать сигналы при низком искажении и с очень высоким разрешением. Скорость и временная точность измерений позволяют использовать 3458А для непосредственной дискретизации сигналов с частотными составляющими до 50 кГц или, в случае периодических сигналов, для субдискретизации сигналов до 12 МГц при разрешении 16 разрядов и более.

Данные примечания для прибора содержат следующие сведения:

- 1 Настройка 3458А для захвата импульсных сигналов методом непосредственной дискретизации.
- 2 Настройка 3458А для захвата периодических сигналов методом последовательной дискретизации.
- 3 Применение фронта и запуска по уровню для захвата требуемых данных.
- 4 Передача данных замеренных сигналов с 3458А на компьютер HP 9000 серии 200/300 на скорости 100 тыс. выборки/с.
- 5 Использование программной памяти 3458А для захвата сигналов из нескольких каналов, сохранения результатов в памяти отсчетов 3458А, прерывания работы компьютера HP 9000 серии 200/300 после завершения задачи и передачи данных с мультиметра на компьютер для сравнения, анализа и графического представления.
- 6 Применение опции 005 «Библиотека результатов анализа сигналов» 3458А для получения, анализа и представления оцифрованных сигналов.
- 7 Интерпретация параметров, относящихся к оцифровке сигналов и динамическим характеристикам.

## Скорость и разрешение

- 16 разрядов при 100 тыс. выборок/с
- 18 разрядов при 50 тыс. выборок/с

3458A обеспечивает гибкие возможности настройки скорости и разрешения в диапазоне полосы пропускания звуковых частот. Тракт измерений постоянного напряжения позволяет оцифровывать аудиосигнал с задержкой запуска менее 175 нс и дрожанием сигнала менее 100 пс. По тракту слежения и запоминания 3458A может оцифровывать периодические сигналы частотой до 12 МГц со скоростью 50 тыс. выборок/с и 16-разрядным разрешением методом последовательной дискретизации (субдискретизации).

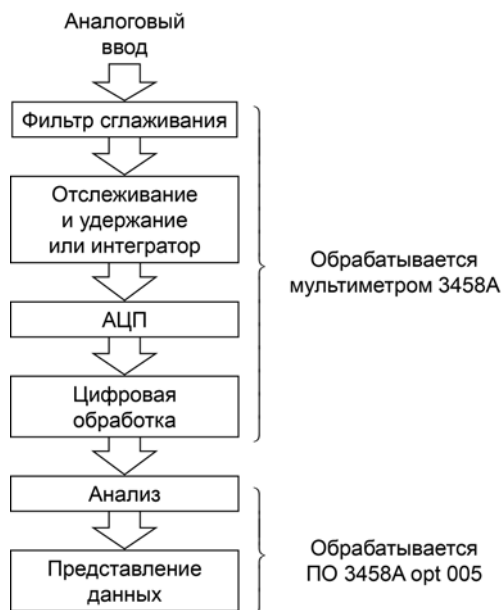
## Оцифровка аналоговых сигналов

Большинство систем цифровой обработки сигнала можно представить следующим образом (рис. [Рисунке E-1](#)).

Любую систему цифровой обработки характеризует минимально допустимая частота дискретизации (так называемая частота Найквиста). Она описывается представленной ниже теоремой отсчетов.

- При оцифровке аналогового сигнала частота дискретизации должна как минимум вдвое превышать наивысшую частотную составляющую ( $f_0$ ) в спектре дискретизированного сигнала. Частотные составляющие более  $f_0$  накладываются на частотный диапазон ниже  $f_0$  и нарушают точность представления дискретизированного сигнала. Например, поскольку прямоугольный сигнал может быть представлен как бесконечная сумма синусоид (ряд Фурье) и, кроме того, содержит высокочастотные составляющие, попытка оцифровать такой сигнал без антиалиасингового фильтра на входе приведет к сильному искажению захваченного сигнала, и его представление окажется не имеющим смысла.



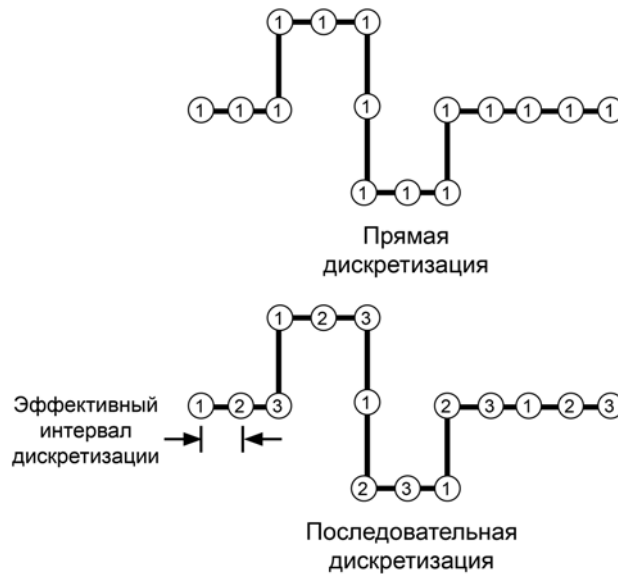


**Рисунок Е-1** В целом, в системах цифровой обработки сигнала должны учитываться различные функции, начиная с аналогового сигнала и заканчивая понятными пользователю результатами

## Предотвращение наложения спектров

Чтобы избежать искажения сигнала вследствие наложения спектров, необходимо использовать интервал дискретизации, соответствующий критерию Найквиста:  $1/(2f_0)$ . При непосредственной дискретизации эффективный интервал дискретизации равен фактическому времени между выбранными измерениями. Следовательно, по тракту слежения и запоминания или по тракту постоянного напряжения (см. объяснение в следующем разделе) максимальная частота сигнала составляет 25 кГц или 50 кГц для интервала дискретизации 20 нс или 10 нс, соответственно. При наличии более высоких частот сигнальный тракт должен быть оснащен низкочастотным фильтром с полосой пропускания  $f_0$  или менее.

При последовательной дискретизации эффективный интервал дискретизации равен времени между выбранными значениями реконструируемого сигнала (см. **Рисунок Е-2**). Если выбран эффективный интервал дискретизации менее 35 нс, полоса пропускания тракта слежения и запоминания, 12 МГц, позволит убрать большинство искажений вследствие наложения спектров. Если эффективный интервал дискретизации более 35 нс при наличии частот свыше 12 МГц, потребуется также внешний фильтр.



**Рисунок Е-2** При непосредственной дискретизации получение сигнала происходит за один прогон входного сигнала. Для последовательной дискретизации требуется периодический сигнал, для которого период реконструируется за несколько прогонов. Числами обозначены выборки, полученные за один период получения входного сигнала

## Возможность выбора одного из двух измерительных трактов

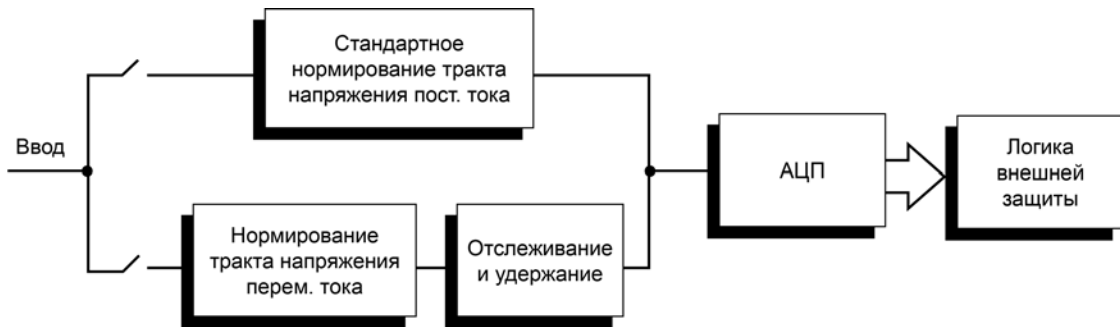
3458A имеет два разных тракта измерений входного сигнала: стандартный тракт постоянного напряжения и тракт слежения и запоминания (см. [Рисунок Е-3](#)). Тракт слежения и запоминания используется для субдискретизации и непосредственной дискретизации. Тракт постоянного напряжения используется исключительно для непосредственной дискретизации. При желании пользователь может использовать стандартный тракт постоянного напряжения и для субдискретизации, однако для этого требуется запрограммировать алгоритм сбора данных.

### Использование тракта постоянного напряжения для непосредственной дискретизации

Выбор стандартного тракта постоянного напряжения происходит с помощью команды PRESET DIG. Эта команда задает начальные параметры для непосредственной дискретизации входного сигнала: 256 выборок при 50 тыс. выборок/с при полной шкале с пиковым значением 10 В. При этом для цепи запуска устанавливается уровень входного сигнала 0 В, положительный фронт, связь по переменному току. Таким образом, при указанных стандартных параметрах возможен захват, как минимум, одного цикла в частотном диапазоне от 200 Гц до 25 кГц.

Стандартный тракт постоянного напряжения также обеспечивает компромисс между скоростью и разрешением в диапазоне от 18 бит (5 1/2 разрядов) при 6 тыс. выборок/с до 16 бит (4 1/2 разрядов) при 100 тыс. выборок/с. Порог шума при диапазоне до 10 В для соответствующих частот дискретизации составляет 0,005 % и 0,05 %, соответственно.

При увеличении разрешения в тракте постоянного напряжения увеличивается и апертурное время. Следовательно, очевидный компромисс между снижением уровня шума и повышением разрешения достигается за счет потери данных вследствие расширения апертюры дискретизации. Для захвата пикового значения импульса апертюра не должна превышать ширину импульса. С практической точки зрения погрешность запуска может привести к фактической невозможности захвата пиковых значений для импульсов, ширина которых приближается к значению апертюры дискретизации. Решение заключается в уменьшении апертюры до такого значения, при котором ширина полосы пропускания входного усилителя будет являться фактором ограничения разрешения, а не апертурой дискретизации.



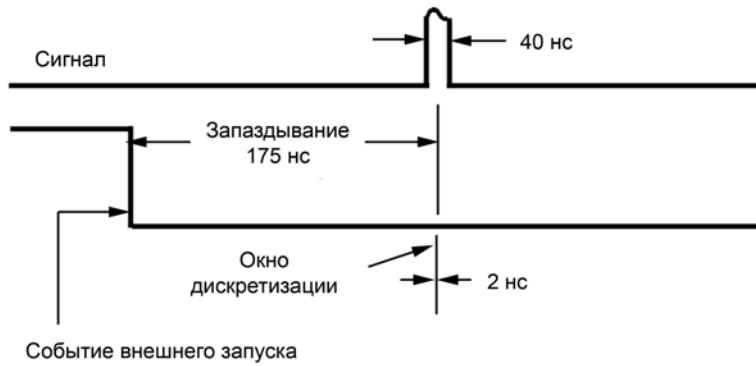
**Рисунок E-3 3458A имеет два разных тракта оцифровки: стандартный тракт постоянного напряжения и тракт слежения и запоминания**

### Использование тракта слежения и запоминания для непосредственной или последовательной дискретизации

Тракт слежения и запоминания позволяет захватывать короткие импульсы. Ширина полосы пропускания этого тракта — 12 МГц, а фиксированное значение апертury составляет 2 нс. При дрожании запуска, равном 2 нс, можно захватить пиковую амплитуду импульса шириной до 40 нс без снижения качества измерений, как показано на [Рисунке E-4](#). При времени нарастания менее 10 нс может произойти выброс за фронтом при измерении с оцифровкой данных, т. е. если имеется вероятность подачи на вход 3458A сигналов с этими частотными составляющими, следует ограничить полосу пропускания сигнала путем фильтрации. Оцифровка с непосредственной дискретизацией через тракт слежения и запоминания позволяет захватывать сигналы с частотными составляющими до 12 МГц. Этот тракт можно также использовать для субдискретизации периодических сигналов частотой до 12 МГц.

Запрограммировать 3458A для оцифровки с непосредственной или субдискретизацией (последовательной дискретизацией) через тракт слежения и запоминания достаточно просто. Для этого требуется всего одна команда. Например, DSAC включает непосредственную дискретизацию с связью по переменному току, а SSAC — последовательную дискретизацию с связью по переменному току. Эти команды автоматически используются начальные параметры, которые при необходимости можно изменить.

Е Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458А



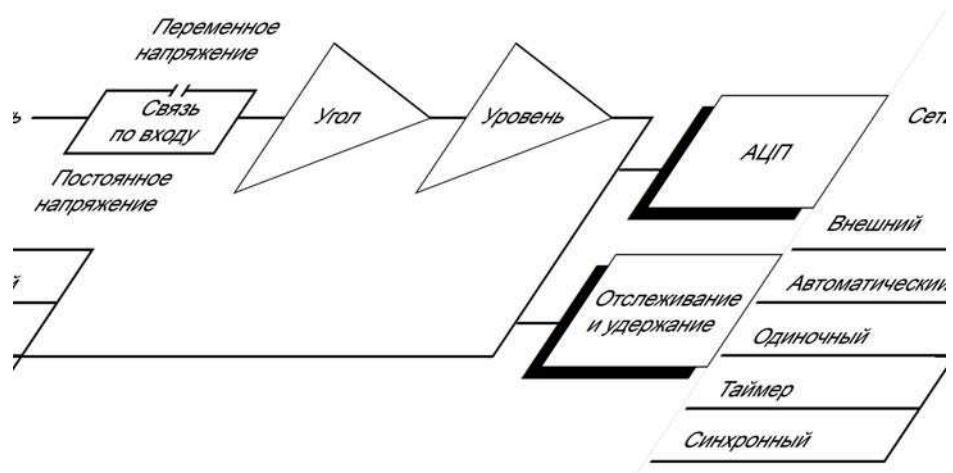
**Рисунок Е-4** Для захвата коротких импульсов следует использовать тракт слежения и запоминания с полосой пропускания 12 МГц. Обратите внимание, что минимальное время между сбором данных и событием запуска составляет 175 нс



## Захват данных

3458A может запускать измерительный цикл по уровню и фронту входного сигнала, при переходе сетевого напряжения через нулевой уровень, с помощью команды GET (выполнения группового запуска) по шине GPIB, по внешнему TTL-сигналу, по сигналу запуска, генерируемому мультиметром (для измерений импульсов можно использовать синхронизацию) или по запросу отсчета с компьютера.

3458A оснащен всем необходимым инструментарием для захвата требуемого сигнала и предлагает три уровня запуска и до восьми условий, в том числе уровень и фронт сигнала. Уровни запуска образуют следующую иерархию: активация запуска (TARM), запуск (TRIG) и число отсчетов на один запуск (NRDGS). Две дополнительные команды, ориентированные на оцифровку, используются для непосредственной и субдискретизации: SWEEP, связанная с NRDGS, и SSRC, которая служит для выбора источника запуска (уровень сигнала или внешний сигнал) для субдискретизации. Можно выбрать различные события или условия, которые должны быть выполнены до начала измерения, как показано на [Рисунке Е-5](#). Начальное условие для всех трех уровней запуска — AUTO; при этом 3458A делает собственный запуск настолько быстро, насколько позволяет настройки мультиметра.

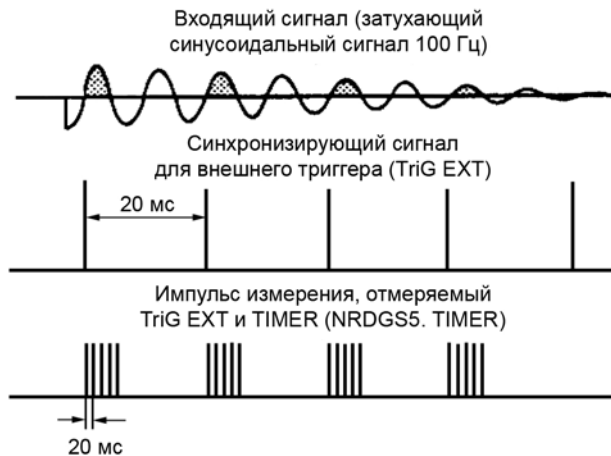


**Рисунок Е-5** Указанные варианты события запуска обеспечивают достаточную гибкость для использования в различных сферах применения.

## Е Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458A

TARM — первое условие, которое должно быть выполнено. Его функция — активация цепи запуска перед получением сигнала запуска. Например, если в дополнение к требуемому сигналу доступен внешний сигнал синхронизации, можно использовать команду TARM EXT для активации 3458A с целью поиска события запуска. Кроме того, команду TARM можно использовать для управления несколькими циклами измерений путем добавления требуемого числа повторов конкретного цикла. Например, TARM SGL,4, означает, что активация запуска выполняется четыре раза и затем прекращается. См. [Рисунок Е-6](#).

- 10 OUTPUT 722; "TARM HOLD" ! Переводит 3458A в состояние удержания измерений.
- 20 OUTPUT 722,"TRIG EXT" ! Задаёт запуск события запуска.
- 30 OUTPUT 722, "NRDGS 5, TIMER" ! Настраивает сбор пакета пяти отсчетов для каждого запуска.
- 40 OUTPUT 722; "TIMER 2E-3" ! Время между отсчетами будет соответствовать настройке TIMER (2E-3 или 2 мс)  
 $\frac{1}{4}$
- 200 OUTPUT 722; "TARM SLG, 4" ! Разрешается сбор пакета четырех измерений в момент внешних запусков



**Рисунок E-6** Оцифровка стандартной команды запуска. Команда активации запуска (TARM SGL, 4) разрешает только 4 повтора цикла измерений, сокращая объем данных, требуемых для определения отношения затененных областей во входном сигнале

TRIG — следующее условие, которое должно быть выполнено. Только после выполнения обоих условий TARM и TRIG разрешаются измерения импульса с помощью NRDGS. См. [Рисунок E-7](#).

NRDGS [# отсчетов] [,событие]

позволяет указать число отсчетов, условие запуска для каждого отсчета и число отсчетов, сохраняемых в памяти до или после события запуска.

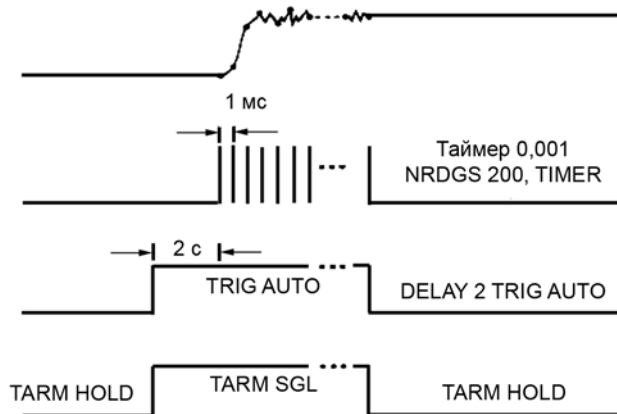
Команды SWEEP и SSRC разработаны специально для упрощения задач оцифровки. Команда

SWEEP [эффективный интервал между отсчетами] [, число отсчетов]

комбинирует параметры NRDGS с командой TIMER. SSRC служит для выбора источника синхронизации для субдискретизации (внешний источник или уровень). Обе команды SWEEP и SSRC используются для SSAC (субдискретизация, связь по переменному току) и SSDC (субдискретизация, связь по постоянному току), и NRDGS и TRIG игнорируются.

Для DSAC (непосредственная дискретизация, связь по переменному току) и DSDC (непосредственная дискретизация, связь по постоянному току)

допускается использование всех команд запуска, однако применение обеих команд для одних измерений не рекомендуется.



**Рисунок Е-7 Когда условия активации запуска и события запуска выполнены, сбор пакета измерений может выполнить оцифровку сигнала, как показано в данном примере**

Команда SSRC дает возможность выбрать запуск по уровню внутреннего сигнала или синхронизацию с внешним запуском. В режиме субдискретизации SSRC EXT рассчитывает число внешних запусков, необходимое для выполнения измерений и задаваемое с помощью команды SWEEP.

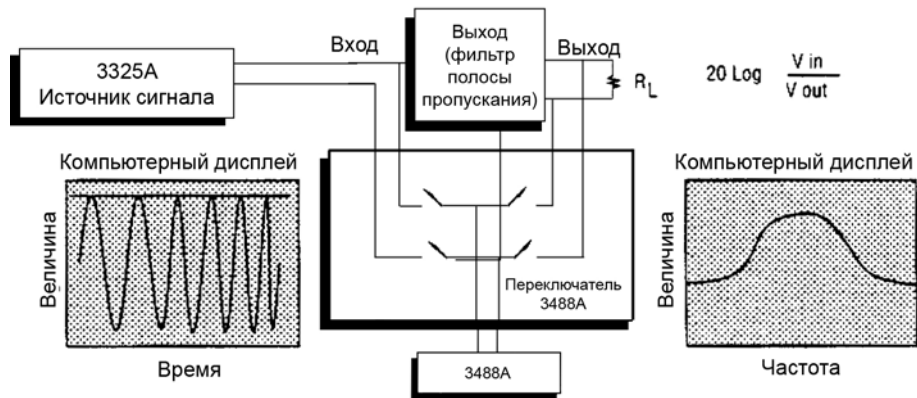
Например, если требуется захватить сигнал с временным разрешением 100 нс для 4096 отсчетов

[SWEEP 100E-9,4096]

3458A умножает число отсчетов на временной интервал и делит на минимальное время между значениями сигнала.

Синхронизацию по внешнему запуску можно использовать в комбинации с задержкой для ограничения измерений с целью более детального анализа требуемых частей сигнала. Например, можно использовать 3458A в качестве широкополосного амплитудно-фазного анализатора с источником 3325A для измерений передаточной функции полосового фильтра в частотном диапазоне от 0,5 до 5 МГц. См. [Рисунок Е-8](#). Поскольку максимальная частота равна 5 МГц, минимальное время между отсчетами для

всей полосы составляет 100 нс для двух отсчетов за цикл. Для выполнения этого анализа можно использовать два метода: (1) сканирование всего частотного спектра с интервалом в 100 нс или (2) разделение частотные спектры на полосы и сканирование этих полос с частотой  $1/(2f_0)$  для каждой полосы. В первом случае минимизируется время сбора данных, во втором случае снижаются требования к быстродействию компьютера.



**Рисунок Е-8** Использование 3458А в качестве амплитудно-фазного анализатора с генератором качающейся частоты для амплитудных диаграмм Бode. Тестируемое устройство может быть определено по частоте с синхронизируемым по фазе запуском для определения времени измерений

## Высокоскоростная передача данных

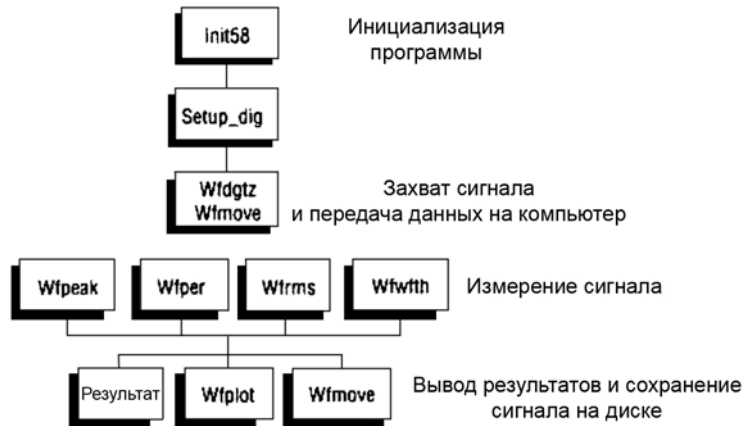
3458A может передавать данные отсчетов с максимальной скоростью измерений на компьютер HP 9000 серии 200/300 с картой прямого доступа к памяти (DMA), только если компьютер настроен для захвата данных с этой скоростью. Данные отсчетов могут передаваться из внутренней памяти 3458A или в процессе выполнения измерений цифровым мультиметром. Для этого должны выполняться два условия: цифровой мультиметр должен быть разработан для высокоскоростного приема отсчетов, и на компьютеры должны быть настроены соответствующие буферы.

Для 3458A прекрасно подойдет команда PRESET DIG. С ее помощью для цифрового мультиметра можно настроить максимально возможную скорость.

Если с помощью мультиметра требуется выполнять оцифровку с непосредственной дискретизацией, проблем с реконструкцией сигнала на компьютере не возникнет. Если память используется для хранения данных до передачи захваченного сигнала, 3458A выполнит упорядочивание данных.

## Программное обеспечение «Библиотека результатов анализа сигналов»

Опция 005 (03458-80005) 3458A, «Библиотека результатов анализа сигналов», позволяет не только получать сигналы без использования даже самых простых команд для управления 3458A, но и анализировать и представлять данные с минимальным уровнем знаний о компьютерах и измерительных приборах. Простая последовательность действий по настройке измерений, получение данных измерений, анализ и представление — вот и все, о чем необходимо помнить при разработке управляющей программы, которая вызывает подпрограммы на языке BASIC и скомпилированные подпрограммы. См. [Рисунок Е-9](#).



**Рисунок E-9** Здесь представлен стандартный способ структурировать собственную программу автоматических измерений с использованием подпрограмм библиотеки (список может быть не исчерпывающим)

В дополнение к возможностям анализа во временной области (частоты, нарастания, ширины импульса и выброса за фронтом), параметр «Библиотека результатов анализа сигналов» позволяет выполнять анализ в частотной области с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) и обратного преобразования Фурье (ОПФ) и с применением функции фильтра Хэннинга. Более того, библиотека результатов анализа сигналов содержит программу Fast Score, которая позволяет 3458A и компьютеру HP 9000 серии 200/300 выполнять измерения с частотой до 50 000 выборок/с и представлять данные на дисплее компьютера с частотой обновления до 5/с. В результате получаем одноканальный осциллограф с очень высоким разрешением с полосой пропускания 12 МГц.

Библиотека результатов анализа сигналов позволяет также сравнивать ранее захваченные сигналы с пределами измерений для входного сигнала.

Библиотека результатов анализа сигналов содержит несколько служебных программ: Format — для отображения выходных данных инженерных единицах измерения; Intrpo — для выполнения линейной интерполяции между точками дискретизации; Sinc — для выполнения интерполяции функций синхронизации между точками дискретизации для сигналов, захваченных

вблизи предела Найквиста; и Warn58 — для вывода ошибок и предупредительных сообщений на мониторе компьютера или принтере.

В качестве примера рассмотрим, как можно использовать библиотеку результатов анализа сигналов для захвата амплитудно-модулированного сигнала с целью получения опорных сигналов, частоты и глубины модуляции.

Сначала необходимо написать основную программу для вызова подпрограмм из библиотеки. Основная программа — это блок программного кода, который управляет подпрограммами и вызывает их в том порядке, который требуется для решения задачи измерений. Основная программа может быть короткой или длинной, в зависимости от требований задачи измерения. Отрывок основной программы показан ниже. Эта программа служит для захвата сигнала с помощью 3458A, передачи сигнала на компьютер и построения графика сигнала на мониторе компьютера. В ней используются четыре подпрограммы библиотеки: Setup\_dig — подпрограмма настройки цифрового мультиметра, которая определяет способ оцифровки сигнала (DCV, DSAC, DSDC, SSAC, SSDC), временной интервал между событиями дискретизации и число отсчетов (если планируется использовать процедуру FFT или IFT, число отсчетов должно быть равно степени двух); Wfdgtz — подпрограмма захвата сигнала; Wfmove — подпрограмма передачи; и Wfplot — подпрограмма построения графиков.

```
1280 CALL Setup_dig(1,1.e-5,1000)
1270 CALL Wfdgtz(1)
1280 CALL Wfmove("1", "98", Scal(*), Wavf(*), Clip)
1290 CALL Wfplot(Scal(*), "Wave form 1", Wavf(*), 1, 1)
```

Подпрограммы — одни из самых эффективных элементов в любом языке программирования. В каждой подпрограмме есть свой контекст или состояние, отличные от основной программы. Это означает, что в каждой подпрограмме присутствует собственный набор переменных и меток строк.

## Начальная основная программа

Каждой программе, в которой используется подпрограмма библиотеки, требуется основная программа. Многие массивы данных, описываемые в этом разделе, должны быть включены в каждую основную программу. Кроме того, COM-выражения, используемые во многих подпрограммах библиотеки, должны использоваться в большинстве основных программ.



В библиотеку результатов анализа сигналов включена начальная основная программа, которую можно использовать в начале всех представленных здесь основных программ.

```

10 ! Main
20 ! Core main program programming aid
30 !** COMMON
40 COM/Hp3458/@Recorder,Xist_plotter,Prt,Bus,Xist
50 !** Real Arrays
60 REAL Scal(0:4),Yamp(0:7)
70 !** STRINGS
80 DIM Source$[50],Destin$[50],Titles$[30]
90 !** INTEGER ARRAYS
100 INTEGERWavf(1:16384),Redg(0:30),Fedg(0:30),Bandwv(0:163)
110 DISP ! Clear display line
120 OUTPUT I USING "@" ! Clear CRT
130 !
140 CALL Init58 ! Wake up the bus
150 !
160 GINIT ! Initialize graphics
170 !
180 ! Insert user main program here
250 ! to here
260 END

```

Возвращаясь к исходной проблеме, для анализа амплитудно-модулированного сигнала необходимо использовать следующие подпрограммы:

Setup\_dig, Wfdgtz, Wfmove, Fft и Fft\_plot.

Другими словами, в основную программу следует добавить следующий код:

```

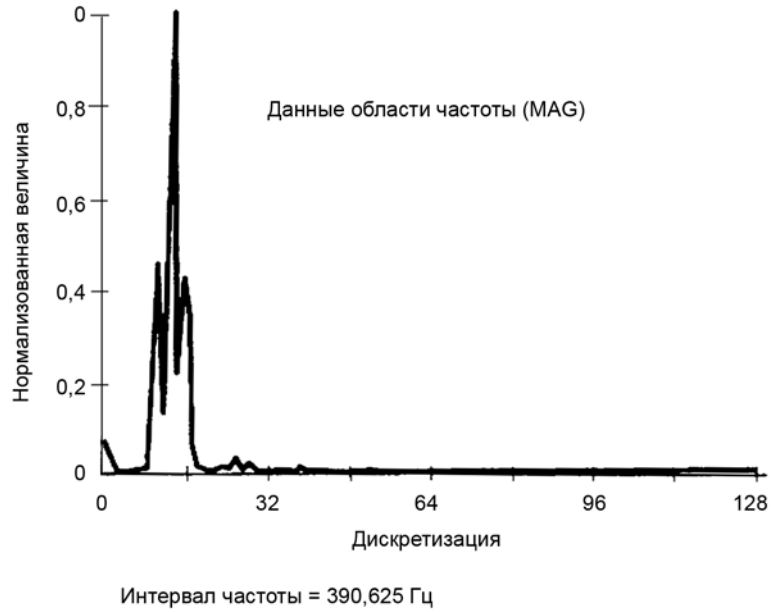
190 CALL Setup_dig(2,20E-6,512)
200 CALL Wfdgtz (1)
210 CALL Wfmove("1","98",Scal(*),Wavf(*),Clip)
220 CALL Fft(512,1,Hanning,Wavf(*),Real_dat(*),Imag_dat(*),Magn_dat(*))
240 CALL Fft_plot(Magn_data(*),Smpl_intvl,Dyn_range,F_start,F_stop,Title$)
250 END

```

Результаты выполнения этой программы показаны на [Рисунке E-10](#).



Е Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458А



**Рисунок Е-10** Пример результатов, сгенерированных с использованием библиотеки результатов анализа сигналов

## Ошибки измерений

Гибкость функциональных возможностей 3458A позволяет избежать или компенсировать многие ошибки измерений, которые могут возникнуть в процессе оцифровки. Ошибки, связанные с оцифровкой, можно сгруппировать по амплитудной и временной погрешности, входящей в суммарную величину ошибки измерений. Для динамических сигналов временные погрешности приводят к возникновению амплитудных погрешностей. Однако большинство динамических измерений являются дифференциальными, поэтому все ошибки абсолютной синхронизации удается исключить из измерений. При более внимательном рассмотрении блок-схемы 3458A можно увидеть источники погрешностей измерений, представленных на [Рисунке E-11](#).

В самом общем виде погрешности оцифровки измерений видны и в амплитуде, и на осях времени.

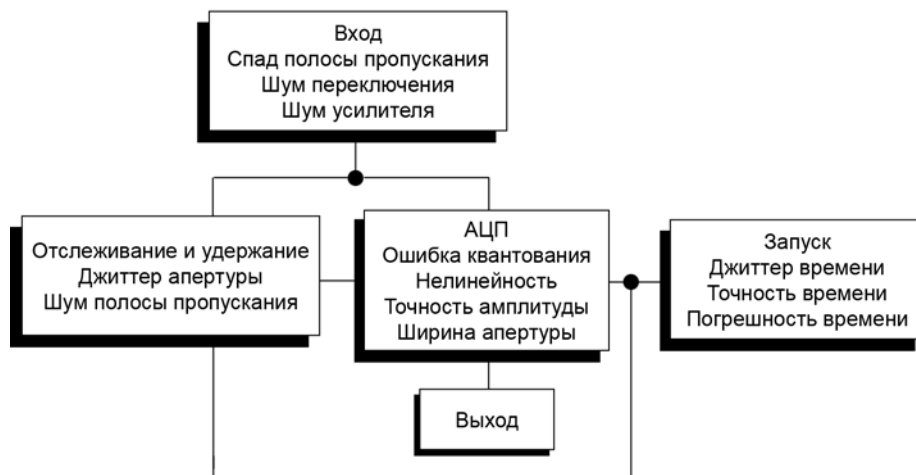
В амплитуде возможны следующие погрешности:

- 1 Погрешность квантования
- 2 Отсутствующий код
- 3 Нелинейность
- 4 Шумы
- 5 Полоса пропускания
- 6 Абсолютная погрешность измерений уровня

На осях времени возможны следующие погрешности:

- 1 Дрожание опорного уровня временной развертки
- 2 Погрешность запуска
- 3 Точность запуска
- 4 Задержка запуска
- 5 Ширина апертуры
- 6 Дрожание апертуры





**Рисунок Е-11 Эти источники погрешностей оцифровки следует учитывать в любых измерениях**

## Амплитудные погрешности

Зона обработки входных сигналов 3458A включает переключатели (реле), аттенюаторы и усилители для обработки и передачи сигнала на АЦП или на тракт слежения и запоминания. Функция автоматической установки нуля позволяет исключить ошибки смещения входного сигнала, однако остаточная погрешность все же присутствует. Данная зона представляет собой низкочастотную зону 3458A. Следовательно, в зависимости от частотного диапазона, сигнал передается через фильтр нижних частот (входной усилитель) до поступления в АЦП.

Погрешность квантования — это принципиальная, неустранимая погрешность при идеальном квантовании непрерывного (аналогового) сигнала в конечное количество цифровых битов. Следовательно, разрешение АЦП оказывает непосредственное влияние на возможность детального измерения входного сигнала. Некоторые ограничения можно преодолеть с помощью канального усилителя, который позволяет выполнять детальный анализ сигнала при наличии большого смещения, однако при добавлении усилителя увеличивается погрешность измерений, что является необязательным для АЦП с высоким разрешением.

Отсутствие кода может быть обнаружено только на высокой скорости. Самая распространенная причина отсутствия кода — диэлектрические потери, т. е. поляризация диполей в электроизоляционном материале, окружающем проводник. Устранить эту проблему позволяет тщательная проработка конструкции, однако диэлектрические потери могут приводить к «запоминанию» предыдущих измерений. Если АЦП дается достаточное время стабилизации, величина погрешности падает ниже уровня квантования.

Отсутствие кода вкпе с погрешностью квантования приводит к нелинейности АЦП. Возможно два варианта: дифференциальная и интегральная нелинейность. Дифференциальная нелинейность — самая большая величина шага между идущими друг за другом уровнями квантования. Интегральная нелинейность — это максимальное отклонение кривой линейности от минимальной среднеквадратичной ошибки. В целом, дифференциальная нелинейность может привести к значительной погрешности в измерениях, если сигнал низкого уровня попадет на часть передаточной функции АЦП с дифференциальной нелинейностью. Интегральная нелинейность АЦП приводит к более негативным последствиям при оцифровке сигналов полной шкалы.

Следует помнить, что передаточная функция АЦП очень сильно зависит от скорости нарастания ( $dV/dt$ ). Передаточная функция для уровня статического входного сигнала постоянного тока может приближаться к идеальной. Передаточная функция в динамических условиях работы может выдавать многочисленные погрешности, как показано на [Рисунке E-12](#).

При любых измерениях неизбежен сопровождающий шум при увеличении полосы пропускания. Влияние случайного шума при измерениях можно сгладить за счет усреднения измерений. Устранение тепловых и прочих шумов, связанных с каналом, а также шумов во входном сигнале всегда влияет на время измерений. Качество инструмента оцифровки — так называемые «полезные разряды» — зависит от комбинации шумов и линейности АЦП и отражает доступное разрешение АЦП:

$$\text{effective bits} = N - \log_2(\text{rms error (actual)}/\text{rms error (ideal)})$$



Е Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458А



а. Статические условия ввода

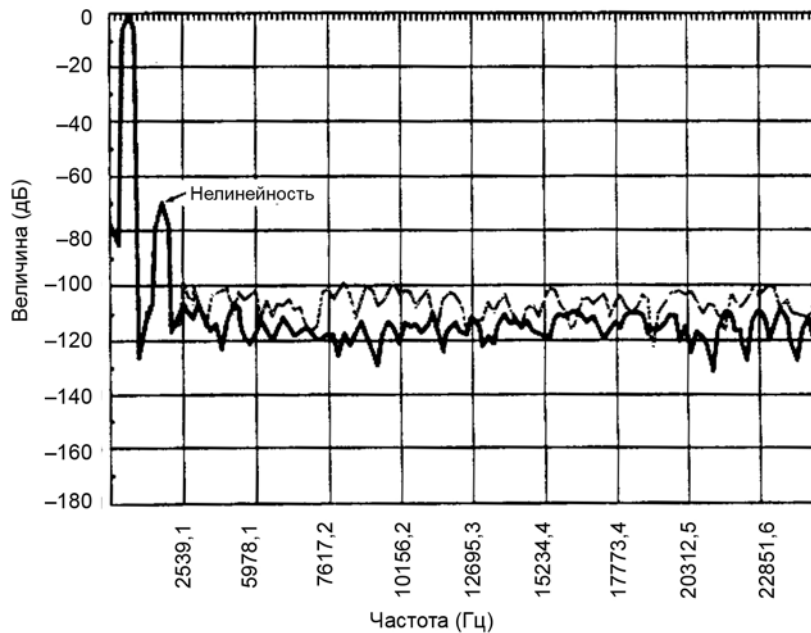


б. Динамические условия ввода

**Рисунок Е-12 При статическом входном сигнале постоянного тока АЦП может давать идеальную передаточную функцию, как показано на рис. 12а. При динамическом входном сигнале, однако, могут появиться погрешности, как показано на рис. 12б**

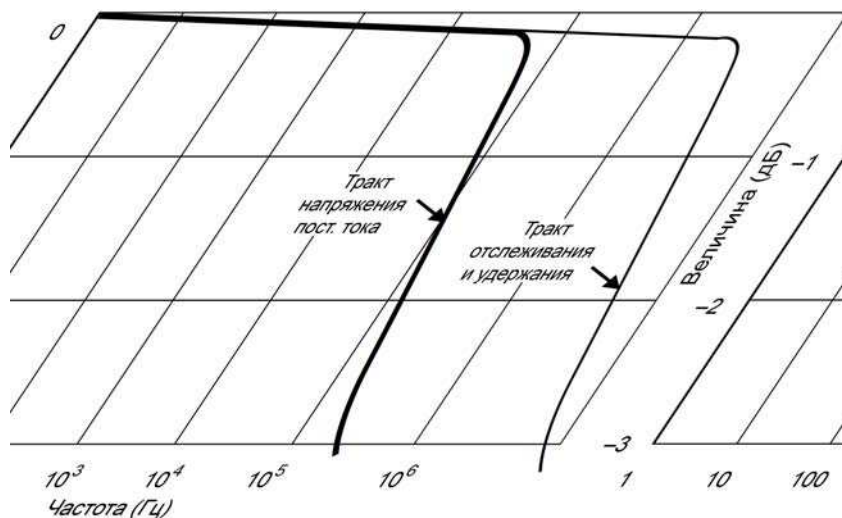
Среднеквадратичная погрешность (фактическая) измеряется относительно оптимальной синусоиды. Среднеквадратичная погрешность (идеальная) представляет собой теоретическую величину отклонения

от идеального N-разрядного АЦП. Для инструментов с низким разрешением полезные биты отражают реальное качество; для инструментов с высоким разрешением шумы, связанные с измерениями, снижают фактическую эффективность АЦП. При большом количестве отсчетов или при их усреднении, однако, шумы можно снизить до уровня, при котором фактические погрешности квантования и нелинейности проявляются при быстром Фурье-преобразовании выборки. Этот эффект показан на **Рисунке Е-13**. Третья гармоника входного сигнала фактически представляет собой интегральную нелинейность. Усреднение десяти отсчетов не снижает ее уровень, при этом уровень шума падает на 10 дБ.



**Рисунок Е-13** АЦП с погрешностью нелинейности дают паразитные отклики, которые невозможно устранить за счет усреднения. Разрядность 3458A — 16 разрядов при 100 000 отсчетов/с

3458А имеет два тракта измерений сигнала. Отличие заключается в том, что полоса пропускания прямого тракта АЦП (постоянного напряжения) составляет до 160 кГц при частоте дискретизации до 100 000 отсчетов в секунду, а полоса пропускания тракта слежения и запоминания — 12 МГц при частоте дискретизации до 50 000 отсчетов в секунду. Оба тракта дают спад на одном полюсе, и оба тракта номинально дают на три дБ меньше (половинную мощность) в точке полосы пропускания. Следовательно, в результате измерений могут закрасться две ошибки: наложение частот и спад. Наложение частот в тракте слежения и запоминания можно исключить путем повышения эффективной частоты дискретизации до 100 млн. выборок/с, а для компенсации спада можно указать для цепи слежения и запоминания спад амплитуды в тестируемом диапазоне. В случае тракта постоянного напряжения единственное решение проблемы наложения частот — установка аналогового фильтра нижних частот. См. **Рисунок Е-14**.



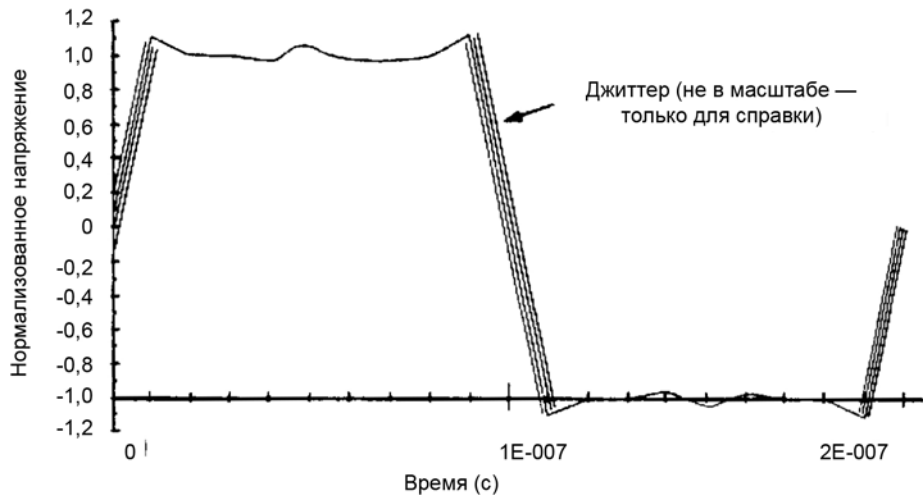
**Рисунок Е-14 Спад амплитуды на 3458А для двух разных измерительных трактов**

Наконец, погрешность самих измерений, которая редко является проблемой при наличии АЦП, зависит от базовой погрешности 3458А. Для статических и динамических измерений абсолютная погрешность фактически превышает разрешение цифрового мультиметра. С точки зрения долговременной девиации абсолютная погрешность составляет менее 7 ч./млн в год.



## Ошибки запуска и временной развертки

Генератор временной развертки, который представляет собой прецизионный кварцевый генератор с температурной компенсацией, характеризуется собственным дрейфом и дрожанием, которые оказывают влияние на измерения амплитуды входного сигнала. Однако эти значения чрезвычайно малы — менее 50 пс. Таким образом, точность тактовой частоты и дрожание почти никак не влияют на измерения в пределах полосы пропускания для измерений 3458A. Погрешность, связанная с дрожанием временной развертки, не является кумулятивной, т. е. в каждой точке выборки будет свое значение дрожания, а не кумулятивное значение всех предыдущих точек выборки. Последствия всех погрешностей на осях времени изображены на **Рисунке E-15**.



**Рисунок E-15** Последствия дрожания временной развертки изображены ниже. Для 3458A дрожание составляет 50 пс (среднеквадратичное значение). Для дрожания характерна повторяемость, благодаря чему его можно выделить и скорректировать

## Е Оцифровка с высоким разрешением с помощью 3458А

Ошибка запуска на несколько порядков больше, чем ошибка временной развертки и дрожания. Для этого есть две причины. У 3458А нет линии задержки, в связи с чем есть задержка запуска, т. е. временная задержка между запуском и началом измерений, которая компенсируется прошивкой, тактовым генератором и цепью синхронизации. Для внешнего триггера задержка составляет менее 175 нс. На точность запуска может также влиять шум в сигнале запуска и колебаниями временной интерполяции от измерений к измерениям. Эта величина также составляет порядка 50 пс, за исключением случаев с очень большим значением шума, когда рекомендуется использовать фильтр запуска 3458А, который уменьшает полосу пропускания цепи запуска до номинального значения 70 кГц.

## Алфавитный указатель

|                       |     |                                |         |                        |     |
|-----------------------|-----|--------------------------------|---------|------------------------|-----|
| <b>A</b>              |     |                                |         |                        |     |
| ACAL,                 | 257 | DSDC,                          | 279     | MFORMAT,               | 320 |
| ACBAND,               | 258 | <b>E</b>                       |         | MMATH,                 | 322 |
| ACDCI,                | 260 | EMASK,                         | 283     | MORE INFO              |     |
| ACDCV,                | 260 | END,                           | 285     | дисплей,               | 66  |
| ACI,                  | 260 | ERR, индикатор,                | 48      | индикатор,             | 48  |
| ACV,                  | 260 | ERR?,                          | 286     | MORE INFO, индикатор,  | 48  |
| ADDRESS,              | 260 | ERRSTR?,                       | 288     | MRNG, индикатор,       | 48  |
| APER,                 | 261 | EXTOUT,                        | 289     | MSIZE,                 | 326 |
| ARANGE,               | 262 |                                |         | <b>N</b>               |     |
| ASCII,                | 150 | <b>F</b>                       |         | NDIG,                  | 327 |
| AUXERR?,              | 263 | FIXEDZ,                        | 291     | NPLC,                  | 328 |
| AZERO,                | 265 | FREQ,                          | 293     | NRDGS,                 | 331 |
| AZERO OFF, индикатор, | 48  | FSOURCE,                       | 295     | Nrdgs/клавиша запуска, | 57  |
|                       |     | FUNC,                          | 296     | <b>O</b>               |     |
| <b>B</b>              |     |                                |         | OCOMP,                 | 335 |
| BEEP,                 | 267 | <b>G</b>                       |         | OFORMAT,               | 336 |
|                       |     | GPIB, устройства, максимальное |         | OHM,                   | 343 |
| <b>C</b>              |     | количество,                    | 38      | OHMF,                  | 343 |
| CAL,                  | 268 | <b>I</b>                       |         | OPT?,                  | 343 |
| CALL,                 | 268 | ID?,                           | 302     | <b>P</b>               |     |
| CALNUM?,              | 269 | INBUF,                         | 302     | PAUSE,                 | 344 |
| CALSTR,               | 270 | ISCALE?,                       | 304     | PER,                   | 346 |
| COMPRESS,             | 271 |                                |         | PRESET,                | 348 |
| CONT,                 | 272 | <b>L</b>                       |         | PRESET FAST, команда,  | 170 |
| CSB,                  | 272 | LEVEL,                         | 307     | PURGE,                 | 350 |
|                       |     | LFILTER,                       | 309     | <b>Q</b>               |     |
| <b>D</b>              |     | LFREQ,                         | 310     | QFORMAT,               | 351 |
| DCI,                  | 273 | LINE?,                         | 311     |                        |     |
| DCV,                  | 273 | LOCK,                          | 312     | <b>R</b>               |     |
| DEFEAT,               | 273 | LSTN, индикатор,               | 48      | R,                     | 353 |
| DEFKEY,               | 274 |                                |         | RANGE,                 | 353 |
| DELAY,                | 276 | <b>M</b>                       |         | RATIO,                 | 357 |
| DELSUB,               | 277 | MATH,                          | 48, 313 | Recall,                | 67  |
| DIAGNOST,             | 278 | индикатор,                     | 48      | REM, индикатор,        | 48  |
| DINT                  |     | MCOUNT?,                       | 316     | RES,                   | 360 |
| выходной формат,      |     | MEM,                           | 317     | RESET,                 | 362 |
| использование,        | 162 | MENU,                          | 62, 319 |                        |     |
| пример,               | 164 |                                |         |                        |     |
| DISP,                 | 278 |                                |         |                        |     |
| DSAC,                 | 279 |                                |         |                        |     |



|                   |         |                               |                             |     |
|-------------------|---------|-------------------------------|-----------------------------|-----|
| REV?,             | 364     | <b>A</b>                      | Восстановление состояния    |     |
| RMATH,            | 365     |                               | клавиша,                    | 57  |
| RMEM,             | 366     |                               | Время задержки,             | 172 |
| RQS,              | 368     |                               | Время интеграции            |     |
| RSTATE,           | 370     |                               | непосредственное            |     |
| <b>S</b>          |         |                               | указание,                   | 98  |
| SCAL,             | 371     | Автоматический диапазон,      |                             |     |
| SCRATCH,          | 371     | Автоматический запуск         |                             |     |
| SECURE,           | 371     | подпрограммы,                 | 171                         |     |
| SETACV,           | 373     | Автоматический и ручной выбор | 110                         |     |
| SHIFT, индикатор, | 48      | диапазона,                    | 172                         |     |
| SINT              |         | Адрес                         |                             |     |
| выходной формат,  | 162     | изменение для GPIB,           |                             |     |
| пример,           | 162     | клавиша,                      | 72                          |     |
| SLOPE,            | 374     | считывание для GPIB,          | 71                          |     |
| SMATH,            | 375     | Адрес GPIB                    |                             |     |
| SMPL, индикатор,  | 48      | изменение,                    | 72                          |     |
| SREAL             |         | считывание,                   | 71                          |     |
| пример,           | 152     | Активация, многократный       |                             |     |
| формат вывода     |         | запуск,                       | 138                         |     |
| данных,           | 165     | Аналоговое                    |                             |     |
| SRQ,              | 48, 377 | преобразование                |                             |     |
| индикатор,        | 48      | среднеквадратичного           |                             |     |
| SSAC,             | 377     | значения,                     | 105                         |     |
| SSDC,             | 377     | пример измерения перем.       |                             |     |
| SSPARM?,          | 383     | напряжения с пост.            |                             |     |
| SSRC,             | 384     | составляющей,                 |                             |     |
| SSTATE,           | 389     | высокоскоростное,             | 175                         |     |
| STB?,             | 391     | пример измерения перем.       |                             |     |
| SUB,              | 392     | напряжения,                   |                             |     |
| SUBEND,           | 396     | высокоскоростное,             | 175                         |     |
| SWEEP,            | 396     | АЦП, настройка,               | 96                          |     |
| <b>T</b>          |         | <b>Б</b>                      |                             |     |
| T,                | 400     | Буферизация                   |                             |     |
| TALK, индикатор,  | 48      | запуска, внешнего,            | 144                         |     |
| TARM,             | 400     | Буферизация, внешний запуск,  | 144                         |     |
| TBUFF,            | 404     | <b>В</b>                      |                             |     |
| TEMP?,            | 405     | Включение математических      |                             |     |
| TERM,             | 406     | операций,                     | 192                         |     |
| TEST,             | 407     | Включение питания,            | 46                          |     |
| TIMER,            | 407     | самотестирование,             | 46                          |     |
| TONE,             | 409     | Внешний                       |                             |     |
| TRIG,             | 409     | запуск,                       | 142                         |     |
|                   |         | запуск, буферизация,          | 144                         |     |
|                   |         |                               |                             |     |
|                   |         |                               | Выполнение действий         |     |
|                   |         |                               | в дистанционном режиме,     |     |
|                   |         |                               | Выполнение самопроверки,    |     |
|                   |         |                               | Высокоскоростная            |     |
|                   |         |                               | передача данных             |     |
|                   |         |                               | из памяти,                  |     |
|                   |         |                               | передача данных по шине     |     |
|                   |         |                               | GPIB,                       |     |
|                   |         |                               | Высокоскоростное            |     |
|                   |         |                               | аналоговое измерение перем. |     |
|                   |         |                               | напряжения с пост.          |     |
|                   |         |                               | составляющей, пример,       |     |
|                   |         |                               | аналоговое измерение перем. |     |
|                   |         |                               | напряжения, пример,         |     |
|                   |         |                               | измерение переменного тока/ |     |
|                   |         |                               | переменного тока            |     |
|                   |         |                               | с постоянной составляющей,  |     |
|                   |         |                               | пример,                     |     |

|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               |                                                                 |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|
| измерение периода,<br>пример,                                                                                 | 177                      | Двойное дополнительное<br>двоичное кодирование,                                                                           | 151                                           | Значения по умолчанию<br>задержка,                              | 142      |
| измерение частоты,<br>пример,                                                                                 | 177                      | Двойное целое число,                                                                                                      | 150                                           | Значения, стандартные,                                          | 59       |
| преобразование перем.<br>напряжения с пост.<br>составляющей<br>со случайными точками,<br>пример,              | 175                      | Дискретизация<br>частота,                                                                                                 | 213                                           | <b>И</b>                                                        |          |
| преобразование перем.<br>напряжения со случайными<br>точками, пример,                                         | 175                      | Дисплей,<br>MORE INFO,                                                                                                    | 48                                            | Изменение<br>адрес GPIB,                                        | 72       |
| синхронное измерение<br>перем. напряжения с пост.<br>составляющей, пример,                                    | 174                      | изменение содержимого,<br>клавиши,                                                                                        | 66                                            | функции измерения,                                              | 51       |
| синхронное измерение<br>перем. напряжения,<br>пример,                                                         | 174                      | очистка,<br>тест,                                                                                                         | 64                                            | Изменение, содержимое<br>дисплея,                               | 64       |
| Высокоскоростное измерение<br>постоянное напряжение,<br>пример,                                               | 173                      | управление,                                                                                                               | 64                                            | Измерение<br>настройка для постоянного<br>тока и сопротивления, | 90       |
| постоянный ток,<br>пример,                                                                                    | 174                      | Дисплей, просмотр длинных<br>сообщений,                                                                                   | 65                                            | установка режима измерения<br>отношений,                        | 117      |
| пример, сопротивление<br>ОНМ,                                                                                 | 173                      | Дистанционный режим<br>выполнение действий,                                                                               | 71                                            | Измерение постоянного тока и<br>сопротивления, настройка,       | 90       |
| сопротивление ОНMF,<br>пример,                                                                                | 173                      | Длина<br>кабелей, GPIB,                                                                                                   | 38                                            | Измерение температуры,                                          | 207      |
| Высокоскоростной<br>режим,                                                                                    | 168                      | Длинные сообщения на дисплее,<br>просмотр,                                                                                | 65                                            | Измерения<br>запуск,                                            | 133      |
| режим сбора отсчетов,<br>настройка,                                                                           | 169                      | <b>З</b>                                                                                                                  |                                               | настройка<br>для отношений,                                     | 116      |
| Выходной формат<br>использование DINT,<br>использование DREAL,<br>использование SINT,<br>использование SREAL, | 162<br>166<br>162<br>165 | Завершение<br>команда,                                                                                                    | 248                                           | настройка для переменного<br>тока,                              | 103      |
| <b>Г</b>                                                                                                      |                          | Завершение ввода,<br>Завершение сбора<br>отсчетов,                                                                        | 187                                           | Измерения отношений,                                            | 116      |
| Гарантийный ремонт,                                                                                           | 41                       | Заводская настройка<br>адреса,                                                                                            | 39                                            | Индикатор<br>AZERO OFF,                                         | 48       |
| <b>Д</b>                                                                                                      |                          | Замена<br>предохранителя тока,<br>сетевого<br>предохранителя,                                                             | 40<br>40                                      | ERR,                                                            | 48       |
| Двоичное кодирование, двойное<br>дополнительное,                                                              | 151                      | Запросы, стандартные,                                                                                                     | 63                                            | LSTN,                                                           | 48       |
| Двойное действительное<br>число,                                                                              | 153                      | Запуск<br>внешний,<br>измерения,<br>многократная<br>активация,<br>настройка,<br>событие,<br>примеры, уровень,<br>уровень, | 142<br>133<br>138<br>172<br>134<br>215<br>215 | MATH,                                                           | 48       |
|                                                                                                               |                          | Запуск подпрограммы,<br>Защитный экран,                                                                                   | 119<br>84                                     | MORE INFO,                                                      | 48       |
|                                                                                                               |                          | Значение постоянного тока,                                                                                                | 91                                            | MRNG,                                                           | 48       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | REM,                                                            | 48       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | SHIFT,                                                          | 48       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | SMPL,                                                           | 48       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | SRQ,                                                            | 48       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | TALK,                                                           | 48       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | Индикация<br>перегрузки,                                        | 156, 162 |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | Инструкции по отправке,                                         | 42       |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | Использование<br>входной буфер,                                 | 125      |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | выходной<br>формат DINT,                                        | 162      |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | выходной<br>формат SINT,                                        | 162      |
|                                                                                                               |                          |                                                                                                                           |                                               | клавиши MENU,                                                   | 62       |



|                           |        |                               |          |                             |     |
|---------------------------|--------|-------------------------------|----------|-----------------------------|-----|
| клавиши конфигурации,     | 57     | Клавиша сохранения            | 57       | Конфигурация, использование |     |
| косвенное чтение,         | 159    | состояния,                    | 57       | клавиш,                     | 57  |
| номера отсчетов,          | 157    | Клавиши f0–f9,                | 68       | Крышки                      |     |
| память отсчетов,          | 154    | Клавиши FUNCTION,             | 52       | сетевые                     |     |
| память состояний,         | 123    | Клавиши MENU,                 | 62       | предохранители,             | 40  |
| программная память,       | 118    | Клавиши USER,                 | 68       | блокировка                  |     |
| регистр состояния,        | 126    | Клавиши прокрутки, меню,      | 62       | переключателей,             | 457 |
| формат вывода данных      |        | Клавиши, определяемые         |          | предохранителя,             |     |
| DREAL,                    | 166    | пользователем,                | 68       | сетевого,                   | 40  |
| формат вывода данных      |        | Кодирование, двойное          |          | сетевого                    |     |
| SREAL,                    | 165    | дополнительное двоичное,      | 151      | предохранителя,             | 40  |
| Использование параметров  |        | Количество, устройства, GPIB, |          |                             |     |
| по умолчанию,             | 249    | максимальное,                 | 38       | <b>Л</b>                    |     |
|                           |        | Команда                       |          | Линия электропитания        |     |
| <b>К</b>                  |        | ENTER,                        | 71       | периоды, указание,          | 97  |
| Кабели                    |        | OUTPUT,                       | 71       |                             |     |
| питания,                  | 37     | TRANSFER,                     | 71       | <b>М</b>                    |     |
| Кабели, питания,          | 37     | завершение,                   | 248      | Максимальное количество     |     |
| Кабель                    |        | Команда ENTER,                | 71       | устройств GPIB,             | 38  |
| питания,                  | 34     | Команда EXTOUT ONCE,          | 190      | Математические операции,    | 192 |
| Кабель GPIB, подключение, | 38     | Команда OUTPUT,               | 71       | включение,                  | 192 |
| Калибровка,               | 79     | Команда TRANSFER,             | 71       | Математические регистры,    | 193 |
| Клавиша ACDCI,            | 51     | Команда, PRESET FAST,         | 170      | Методы                      |     |
| Клавиша ACDCV,            | 51     | Команды                       |          | оцифровка,                  | 211 |
| Клавиша ACI,              | 51     | запросов,                     | 63       | Многократная                |     |
| Клавиша ACV,              | 51     | отправка для удаленного       |          | активация запуска,          | 138 |
| Клавиша Auto,             | 53     | управления,                   | 72       | Монтаж                      |     |
| Клавиша Back Space,       | 64     | запросов,                     | 250      | мультиметра,                | 39  |
| Клавиша Clear,            | 55, 64 | несколько,                    | 249      | на столе,                   | 39  |
| Клавиша DCV,              | 51     | стандартные запросы,          | 250      | Монтаж в стойку,            | 39  |
| Клавиша Def,              | 68     | функциональная                |          | Мультиметр                  |     |
| Клавиша Erog,             | 54     | группа,                       | 253      | монтаж,                     | 39  |
| Клавиша FREQ,             | 51     | Команды ввода/вывода,         | 71       | сброс настроек,             | 56  |
| Клавиша Hold,             | 52     | Команды запросов,             | 63, 250  | установка параметров        |     |
| Клавиша Local             |        | стандартные,                  | 250      | по умолчанию,               | 85  |
| (локальный режим),        | 73     | Команды, ввода/вывода,        | 71       | установка,                  | 34  |
| Клавиша OHM,              | 51     | Комбинации событий,           | 145      |                             |     |
| Клавиша OHMF,             | 51     | Комбинации, событие,          | 145      | <b>Н</b>                    |     |
| Клавиша PER,              | 51     | Компенсация                   |          | Накладка, установка         |     |
| Клавиша Reset,            | 56     | смещения,                     | 101, 173 | на клавиатуру,              | 69  |
| Клавиша Test,             | 54     | Компенсация,                  |          | Наклонные стойки,           | 39  |
| Клавиша запуска,          | 57     | смещение,                     | 101, 173 | Напряжение                  |     |
| клавиша меню,             | 61     | Компьютеры                    |          | переменное,                 | 103 |
| Клавиша состояния         |        | серии 200/300,                | 39       | переменное с постоянной     |     |
| восстановление,           | 57     | Компьютеры,                   |          | составляющей,               | 103 |
| сохранение,               | 57     | серия 200/300,                | 39       |                             |     |
|                           |        | Контроллер, отправка          |          |                             |     |
|                           |        | отсчетов,                     | 237      |                             |     |

|                                                    |     |                                              |     |                                                                      |     |
|----------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|
| переменное, указание<br>способа измерения,         | 106 | Определение скорости сбора<br>отсчетов,      | 180 | использование<br>для отсчетов,                                       | 154 |
| Настройка                                          |     | Опции и принадлежности,                      | 32  | использование программной<br>памяти,                                 | 118 |
| АЦП,                                               | 96  | Основная настройка,                          | 77  | форматы,                                                             | 154 |
| высокоскоростной режим<br>сбора отсчетов,          | 169 | Основы,                                      |     | Параметр, выбор,                                                     | 58  |
| для измерения переменного<br>тока,                 | 103 | субдискретизация,                            | 230 | Параметры,                                                           | 249 |
| для измерения постоянного<br>тока и сопротивления, | 90  | Отображаемые разряды,                        | 67  | несколько,                                                           | 61  |
| измерение отношений,                               | 116 | Отправка                                     |     | числовые,                                                            | 60  |
| Настройка, запуск,                                 | 172 | данных отсчетов<br>по шине,                  | 160 | экспоненциальные,                                                    | 60  |
| Настройка, основная,                               | 77  | команды удаленного<br>управления,            | 72  | по умолчанию,                                                        | 249 |
| Непосредственная                                   |     | отсчеты в контроллер,                        | 237 | Первичная проверка,                                                  | 31  |
| дискретизация,                                     | 225 | отсчеты в память,                            | 236 | Перегрузка, индикация,                                               | 162 |
| пример,                                            | 228 | Отсчеты                                      |     | Перед включением питания,                                            | 45  |
| примечания,                                        | 226 | вызов данных,                                | 156 | Передача                                                             |     |
| Непосредственное указание                          |     | настройка для<br>высокоскоростного<br>сбора, | 169 | данных по шине GPIB,<br>высокоскоростная,                            | 177 |
| время интеграции,                                  | 98  | непрерывный сбор,                            | 135 | Передача данных                                                      |     |
| Непосредственное указание                          |     | несколько,                                   | 137 | из памяти,                                                           |     |
| времени интеграции,                                | 98  | номера,                                      |     | высокоскоростная,                                                    | 179 |
| Непрерывный сбор                                   |     | использование,                               | 157 | Передняя панель,                                                     | 49  |
| отсчетов,                                          | 135 | одиночные,                                   | 136 | Переключатели                                                        |     |
| Несколько                                          |     | отправка по шине,                            | 160 | крышки блокировки,                                                   | 457 |
| отсчетов,                                          | 137 | память, использование,                       | 154 | сетевого напряжения,                                                 |     |
| параметров,                                        | 61  | по таймеру,                                  | 140 | установка,                                                           | 35  |
| <b>О</b>                                           |     | с задержкой,                                 | 141 | Переключатели, установка<br>в соответствии с сетевым<br>напряжением, | 35  |
| Одиночное                                          |     | синхронные,                                  | 139 | Переменное                                                           |     |
| целое число,                                       | 150 | скорость сбора,                              |     | напряжение,                                                          | 103 |
| Одиночное действительное                           |     | определение,                                 | 180 | напряжение с постоянно<br>составляющей,                              | 103 |
| число,                                             | 151 | форматы,                                     | 150 | Переменное напряжение                                                |     |
| Одиночные                                          |     | в контроллер,                                | 237 | указание способа<br>измерения,                                       | 106 |
| отсчеты,                                           | 136 | в память,                                    | 236 | Переменный                                                           |     |
| Оператор завершения                                |     | Отсчеты по таймеру,                          | 140 | ток,                                                                 | 107 |
| вывод данных,                                      | 162 | Отсчеты с задержкой,                         | 141 | ток с постоянной<br>составляющей,                                    | 107 |
| Оператор завершения вывода                         |     | Оцифровка                                    |     | Переменный ток                                                       |     |
| данных,                                            | 162 | методы,                                      | 211 | измерения, настройка,                                                | 103 |
| Операция DB,                                       | 199 | постоянное                                   |     | полоса пропускания,                                                  | 173 |
| Операция DBM,                                      | 200 | напряжение,                                  | 220 | Период,                                                              | 108 |
| Операция FILTER,                                   | 205 | Очистка дисплея,                             | 64  | пример измерения,<br>высокоскоростного,                              | 177 |
| Операция NULL,                                     | 194 | <b>П</b>                                     |     | Периоды, указание для линии<br>электропитания,                       | 97  |
| Операция Pass/Fail,                                | 203 | Пакет завершен,                              | 186 |                                                                      |     |
| Операция Percent,                                  | 198 | Память                                       |     |                                                                      |     |
| Операция SCALE,                                    | 196 | высокоскоростная передача<br>данных,         | 179 |                                                                      |     |
| Операция Statistics,                               | 202 |                                              |     |                                                                      |     |
| Опорная частота,                                   | 96  |                                              |     |                                                                      |     |



|                              |          |                              |     |                               |     |
|------------------------------|----------|------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| Питание                      |          | Преобразование дискретизации |     | непосредственная              |     |
| включение,                   | 46       | синхронное,                  | 104 | дискретизация,                | 228 |
| выключатель,                 | 46       | со случайным                 |     | постоянное                    |     |
| кабель,                      | 34       | расположением точек          |     | напряжение,                   | 223 |
| По умолчанию                 |          | дискретизации,               | 105 | Пример измерения перем.       |     |
| значения,                    | 59       | Прерывания,                  | 128 | напряжения                    |     |
| Повышение скорости сбора     |          | Пример                       |     | высокоскоростное,             |     |
| отсчетов,                    | 168      | SREAL,                       | 152 | аналоговое,                   | 175 |
| Подключение кабеля GPIB,     | 38       | высокоскоростное             |     | высокоскоростное,             |     |
| Подпрограмма                 |          | аналоговое измерение перем.  |     | синхронное,                   | 174 |
| приостановка                 |          | напряжения,                  | 175 | Пример измерения перем.       |     |
| выполнения,                  | 119      | высокоскоростное             |     | напряжения с пост.            |     |
| сохранение,                  | 118      | аналоговое измерение перем.  |     | составляющей                  |     |
| Подпрограммы                 |          | напряжения                   |     | высокоскоростное,             |     |
| встроенные,                  | 120      | с постоянной                 |     | аналоговое,                   | 175 |
| сжатие,                      | 122      | составляющей,                | 175 | высокоскоростное,             |     |
| Полоса пропускания           |          | высокоскоростное измерение   |     | синхронное,                   | 174 |
| переменный ток,              | 173      | перем. напряжения с пост.    |     | Пример измерения перем. тока  |     |
| указание,                    | 110      | составляющей,                | 174 | с постоянной составляющей,    |     |
| Постоянное напряжение,       | 90       | высокоскоростное измерение   |     | высокоскоростного,            | 176 |
| пример измерения,            |          | переменного тока,            | 176 | Пример измерения перем. тока, |     |
| высокоскоростное,            | 173, 174 | высокоскоростное измерение   |     | высокоскоростного,            | 176 |
| оцифровка,                   | 220      | переменного тока/            |     | Пример измерения переменного  |     |
| пример,                      | 223      | переменного тока             |     | тока OHMF,                    |     |
| Потребляемая                 |          | с постоянной                 |     | высокоскоростного,            | 174 |
| мощность,                    | 35       | составляющей,                | 176 | Пример измерения              |     |
| Предельные                   |          | высокоскоростное измерение   |     | сопротивления OHM,            |     |
| значения сетевого            |          | периода,                     | 177 | высокоскоростного,            | 173 |
| напряжения,                  | 35       | высокоскоростное измерение   |     | Примеры, запуск               |     |
| Предельные значения          |          | постоянного                  |     | по уровню,                    | 215 |
| напряжения в сети            |          | напряжения,                  | 173 | Примечания                    |     |
| электропитания,              | 35       | высокоскоростное измерение   |     | синхронная                    |     |
| Предельные значения сетевого |          | постоянного тока,            | 174 | дискретизация,                | 104 |
| напряжения,                  | 35       | высокоскоростное измерение   |     | непосредственная              |     |
| Предохранители               |          | сопротивления OHM,           | 173 | дискретизация,                | 226 |
| сетевые,                     | 40       | высокоскоростное измерение   |     | постоянное                    |     |
| Предохранитель               |          | сопротивления OHMF,          | 173 | напряжение,                   | 221 |
| сети питания, установка,     | 36       | высокоскоростное измерение   |     | субдискретизация,             | 234 |
| электропитания, замена,      | 40       | частоты,                     | 177 | Примечания для дискретизации  |     |
| Предохранитель тока          |          | высокоскоростное             |     | синхронной,                   | 104 |
| замена,                      | 40       | преобразование перем.        |     | Примечания по постоянному     |     |
| Преобразование               |          | напряжения с пост.           |     | напряжению,                   | 221 |
| аналоговое,                  |          | составляющей                 |     | Принадлежности, опции и,      | 32  |
| среднеквадратичного          |          | со случайными                |     | Приостановка                  |     |
| значения,                    | 105      | точками,                     | 175 | выполнения                    |     |
| дискретизации,               |          | формат DINT,                 | 164 | подпрограммы,                 | 119 |
| синхронное,                  | 104      | формат SINT,                 | 162 | сбора отсчетов,               | 84  |
|                              |          |                              |     | Проверка установки,           | 39  |



|                             |         |                              |     |                             |          |
|-----------------------------|---------|------------------------------|-----|-----------------------------|----------|
| Проверка, первичная,        | 31      | Сервисный                    |     | выбор,                      | 134      |
| Программная                 |         | запрос,                      | 188 | дискретизации,              | 134      |
| память, использование,      | 118     | Сервис-центр                 |     | запуск,                     | 134      |
| Прокрутка меню,             | 62      | ремонт,                      | 41  | синхронизация с сигналом    |          |
| Просмотр данных             |         | Серийный номер,              | 41  | источника,                  | 232      |
| регистры ошибок,            | 77      | Сетевой                      |     | Событие синхронизации       |          |
| Просмотр длинных сообщений  |         | предохранитель,              |     | с сигналом источника,       | 232      |
| на дисплее,                 | 65      | замена,                      | 40  | Соглашения, языковые,       | 248      |
|                             |         | предохранитель,              |     | Сопrotивление,              | 93       |
| <b>Р</b>                    |         | установка,                   | 36  | 2-проводная схема,          | 94       |
| Разрешение                  |         | Сетевой предохранитель       |     | 4-проводная схема,          | 95       |
| и время                     |         | замена,                      | 40  | фиксированное,              |          |
| интегрирования,             | 171     | Сетевые                      |     | входное,                    | 102      |
| когда указывать,            | 114     | предохранители,              | 40  | Состояние                   |          |
| указание,                   | 99, 112 | Сеть питания —               |     | память, использование,      | 123      |
| Разъемы, выбор входа,       | 81      | требования,                  | 35  | после включения,            | 46       |
| Регистр                     |         | Сжатие подпрограмм,          | 122 | удаление,                   | 124      |
| считывание данных           |         | Сигнал EXTOUT,               | 183 | после включения,            | 46       |
| о состоянии,                | 127     | Синхронная дискретизация     |     | Сохранение                  |          |
| считывание данных           |         | примечания,                  | 104 | подпрограмма,               | 118      |
| об ошибках,                 | 54      | Синхронное                   |     | состояния,                  | 123      |
| Регистр ошибок              |         | преобразование               |     | Среднеквадратичное значение |          |
| считывание данных,          | 54      | дискретизации,               | 104 | аналоговое                  |          |
| Регистр состояния,          | 126     | пример измерения перем.      |     | преобразование,             | 105      |
| считывание данных,          | 127     | напряжения с пост.           |     | Стандартные                 |          |
| Регистры                    |         | составляющей,                |     | запросы,                    | 63       |
| математические,             | 193     | высокоскоростное,            | 174 | команды запросов,           | 250      |
| просмотр данных             |         | пример измерения перем.      |     | Стойка                      |          |
| об ошибках,                 | 77      | напряжения,                  |     | монтажная,                  | 39       |
| Регистры ошибок             |         | высокоскоростное,            | 174 | Стойки, наклонные,          | 39       |
| просмотр данных,            | 77      | Синхронные                   |     | Субдискретизация,           | 230, 234 |
| Режим только передачи,      | 260     | отсчеты,                     | 139 | основы,                     | 230      |
| Режим, высокоскоростной,    | 168     | Скорость                     |     | примечания,                 | 234      |
| Ремонт, гарантийный,        | 41      | сбор отсчетов,               |     | Считывание                  |          |
| Ремонтный сервис-центр,     | 41      | повышение,                   | 168 | адрес GPIB,                 | 71       |
|                             |         | Случайное расположение точек |     | Считывание данных           |          |
|                             |         | дискретизации                |     | регистр ошибок,             | 54       |
|                             |         | преобразование,              | 105 | регистр состояния,          | 127      |
| <b>С</b>                    |         | Со случайными точками        |     | <b>Т</b>                    |          |
| Самопроверка,               | 53, 77  | пример преобразования        |     | Температура, измерение,     | 207      |
| выполнение,                 | 80      | перем. напряжения с пост.    |     | тест, дисплей,              | 56       |
| Самотестирование            |         | составляющей,                |     | Техническое обслуживание,   | 40       |
| при включении питания,      | 46      | высокоскоростное,            | 175 | Ток                         |          |
| Сбор отсчетов               |         | пример преобразования        |     | переменный,                 | 107      |
| приостановка,               | 84      | перем. напряжения,           |     | переменный с постоянной     |          |
| Сброс настроек мультиметра, | 56      | высокоскоростное,            | 175 | составляющей,               | 107      |
|                             |         | Событие                      |     |                             |          |
|                             |         | активация запуска,           | 134 |                             |          |



|                          |         |                                |     |                       |     |
|--------------------------|---------|--------------------------------|-----|-----------------------|-----|
| Требования               |         | режим измерения                |     | Функция, указание     |     |
| в сети питания,          | 35      | отношений,                     | 117 | для измерения,        | 87  |
| к заземлению,            | 34      | мультиметра,                   | 34  |                       |     |
| к сетевому питанию,      | 35      | переключателей сетевого        |     | Ц                     |     |
| Требования к заземлению, | 34      | напряжения,                    | 35  | Целое число           |     |
|                          |         | сетевое                        |     | двойное,              | 150 |
| У                        |         | предохранителя,                | 36  | одиночное,            | 150 |
|                          |         | Установка параметров           |     |                       |     |
| Удаление                 |         | по умолчанию,                  | 85  | Ч                     |     |
| подпрограммы,            | 122     | Установка, проверка,           | 39  |                       |     |
| состояния,               | 124     | Устройства, GPIB, максимальное |     | Частота,              | 108 |
| Удаленное управление     |         | количество,                    | 38  | пример измерения,     |     |
| отправка команд,         | 72      |                                |     | высокоскоростного,    | 177 |
| Удержание,               | 52      | Ф                              |     | Числовые параметры,   | 60  |
| Указание                 |         | Фиксированное входное          |     | Чтение, использование |     |
| диапазон,                | 88      | сопротивление,                 | 102 | косвенного,           | 159 |
| периоды линии            |         | Фильтрация, уровень,           | 218 |                       |     |
| электропитания,          | 97      | Форма сигнала апертурой,       | 188 | Ш                     |     |
| полосы пропускания,      | 110     | Форма сигнала, апертюра,       | 188 | Шина GPIB             |     |
| разрешение,              | 99, 112 | Формат                         |     | высокоскоростная      |     |
| способа измерения        |         | использование выходного        |     | передача данных,      | 177 |
| переменного              |         | формата DINT,                  | 162 | Шина, отправка данных |     |
| напряжения,              | 106     | использование выходного        |     | отсчетов,             | 160 |
| функции измерения,       | 87      | формата DREAL,                 | 166 |                       |     |
| Указание разрешения,     |         | Формат вывода данных           |     | Э                     |     |
| когда производить,       | 114     | DREAL,                         | 166 | Экспоненциальные      |     |
| указывать,               | 100     | Форматы                        |     | параметры,            | 60  |
| Уровень                  |         | выходные,                      | 160 |                       |     |
| запуск,                  | 215     | отсчеты,                       | 150 | Я                     |     |
| примеры запуска,         | 215     | память,                        | 154 | Язык BASIC,           | 39  |
| фильтрация,              | 218     | Функция измерения              |     | Языковые              |     |
| Установка                |         | изменение,                     | 51  | соглашения,           | 248 |
| времени                  |         | указание,                      | 87  |                       |     |
| интегрирования,          | 97      | Функция измерения,             |     |                       |     |
| время интегрирования,    | 110     | изменение,                     | 51  |                       |     |
| накладка                 |         |                                |     |                       |     |
| на клавиатуру,           | 69      |                                |     |                       |     |



Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления. Последнюю версию документа ищите на веб-сайте Keysight.

© Keysight Technologies 1988–2017  
Редакция 6, 1 июля, 2017 г.

Отпечатано в Малайзии

