

Нановольтметр/микроомметр Keysight 34420A



Руководство
по эксплуатации
**НАУЧНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
ГРУППА КОМПАНИЙ

Уведомления

Уведомление об авторском праве

© Keysight Technologies 1994–2017. Согласно законодательству США и международному законодательству по авторским правам, полное или частичное воспроизведение настоящего документа в любом виде и любыми средствами (включая электронные средства хранения и извлечения данных и перевод на иностранные языки) запрещено без предварительного письменного согласия компании Keysight Technologies.

Товарные знаки

Microsoft® и Windows® являются товарными знаками Microsoft Corporation, зарегистрированными в США. Все прочие бренды и названия продуктов являются товарными знаками соответствующих компаний.

Артикул руководства

34420-90001RURU

Редакция

Редакция 3, 1 сентября, 2017 г.

Отпечатано:

Отпечатано в Малайзии

Опубликовано:

Keysight Technologies
Bayan Lepas Free Industrial Zone,
11900 Penang, Malaysia (Малайзия)

Лицензии на технологии

Аппаратное и (или) программное обеспечение, описываемое в данном документе, предоставляется по лицензии, и любое его использование или копирование допускается только на условиях такой лицензии.

Декларация о соответствии

Декларацию о соответствии данного изделия и других изделий компании Keysight можно загрузить из Интернет. Для этого перейдите по адресу <http://www.keysight.com/go/conformity>. Зайдя на страницу, можно ввести артикул изделия для поиска Декларации о соответствии.

Права правительства США

Программное обеспечение представляет собой «коммерческое компьютерное программное обеспечение» согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд FAR 2.101. В соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR 12.212 и 27.405-3, а также с Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS 227.7202 правительство

США приобретает коммерческое компьютерное программное обеспечение на тех же условиях, на которых это программное обеспечение обычно предоставляется публике. Соответственно, компания Keysight предоставляет Программное обеспечение заказчиком со стороны правительства США на условиях стандартной коммерческой лицензии, закрепленных в лицензионном соглашении с конечным пользователем (EULA), копия которого доступна по адресу: <http://www.keysight.com/find/sweula>. Лицензия, определяемая в Лицензионном соглашении с конечным пользователем, предоставляет собой эксклюзивный набор полномочий, согласно которым правительство США может использовать, модифицировать, распространять или раскрывать Программное обеспечение. Лицензионное соглашение с конечным пользователем и оговоренная в нем лицензия не требуют и не позволяют компании Keysight, среди прочего: (1) предоставлять техническую информацию, связанную с коммерческим компьютерным программным обеспечением, или документацию на компьютерное программное обеспечение, которая обычно не предоставляется публике; равно как и (2) отказываться от прав в пользу правительства или так или иначе предоставлять правительству права, за исключением таких прав, которые обычно предоставляются публике, на использование, модификацию, воспроизведение, передачу в свободный доступ, выполнение, отображение или раскрытие коммерческого компьютерного программного обеспечения или документации на коммерческое компьютерное программное обеспечение. Никаких дополнительных требований правительственных учреждений, помимо предусмотренных в Лицензионном соглашении с конечным пользователем, не предусматривается, кроме случаев, когда требования в отношении таких условий, прав или лицензий прямо установлены для всех поставщиков коммерческого компьютерного программного обеспечения в соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR и Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS и специально оговорены в письменной форме в других разделах Лицензионного соглашения с конечным пользователем. Компания Keysight не несет обязанности по обновлению, изменению или модификации тем или иным образом Программного обеспечения. В отношении технических данных согласно определению этого термина в п. 2.101 Правил FAR и в соответствии с пунктами 12.211 и 27.404.2 Правил FAR, а также с п. 227.7102 Правил DFARS правительство США получает не более чем Ограниченные права согласно определению этого термина в п. 27.401 Правил закупок для федеральных нужд FAR или в п. 227.7103-5 (с) Правил закупок для нужд обороны DFARS, в зависимости от применимости 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 ДОПУСТИМЫХ ДЕЙСТВУЮЩИМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ KEYSIGHT ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ — ЯВНЫХ, ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ — В ОТНОШЕНИИ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА И СОДЕРЖАЩИХСЯ В НЕМ СВЕДЕНИИ, ВКЛЮЧАЯ, НАРЯДУ С ПРОЧИМ, ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОГО КАЧЕСТВА И ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ. КОМПАНИЯ KEYSIGHT НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ОШИБКИ, СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ КОСВЕННЫЕ УБЫТКИ В СВЯЗИ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И РЕАЛИЗАЦИЕЙ НАСТОЯЩЕГО ДОКУМЕНТА ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ. ПРИ НАЛИЧИИ МЕЖДУ КОМПАНИЕЙ KEYSIGHT И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ОТДЕЛЬНОГО ПИСЬМЕННОГО СОГЛАШЕНИЯ, ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ КОТОРОГО В ЧАСТИ ПРОДУКЦИИ, КОТОРАЯ РАССМАТРИВАЕТСЯ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРОТИВОРЕЧАТ ПРИВЕДЕННЫМ ЗДЕСЬ УСЛОВИЯМ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННУЮ СИЛУ ИМЕЮТ ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ ТАКОГО ОТДЕЛЬНОГО СОГЛАШЕНИЯ.

Информация о безопасности

ВНИМАНИЕ!

Предупредительная надпись «ВНИМАНИЕ!» означает наличие опасности. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к повреждению оборудования или утрате важных данных. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ВНИМАНИЕ!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью поняты и соблюдены.

ОСТОРОЖНО!



Предупредительная надпись «ОСТОРОЖНО!» означает опасность. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к причинению телесных повреждений, в том числе со смертельным исходом. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ОСТОРОЖНО!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью поняты и соблюдены.

Сертификация

Keysight Technologies подтверждает, что это изделие соответствует его опубликованным техническим характеристикам на момент поставки с производства. Keysight Technologies дополнительно подтверждает, что калибровочные измерения изделия производились по эталонам с прослеживаемой связью с эталонами Национального института стандартов и технологий (NIST) США, а также со средствами калибровки других членов международной организации по стандартизации (ISO).

Предупреждающие знаки

Следующие символы на измерительном приборе и в документации указывают на меры предосторожности, необходимые для обеспечения безопасной эксплуатации прибора.

	Клемма заземления		Клемма рамы или корпуса (заземления)
---	-------------------	---	---

Меры техники 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. Keysight Technologies не несет ответственности за невыполнение клиентом данных требований.

ОСТОРОЖНО!

Только квалифицированному и прошедшему техническое обучение персоналу, который учитывает возникающие опасности, разрешается снимать крышку прибора.

ОСТОРОЖНО!

Для сохранения противопожарной защиты заменяйте предохранитель проводки только на предохранитель указанного типа и номинала.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не устанавливайте нештатные детали и не вносите никаких неразрешенных изменений в конструкцию изделия. Возвращайте изделие для обслуживания и ремонта в отдел продаж и обслуживания Keysight Technologies, чтобы гарантировать сохранение эффективности средств обеспечения безопасности.

Условия окружающей среды

Модель 34420A предназначена для использования внутри помещений, в местах с низкой конденсацией. В следующей таблице перечислены общие требования к условиям окружающей среды, при которых допускается эксплуатация данного прибора.

Условия окружающей среды	Требование
Температура	Условия при работе – От 0 до 55 °С
	Условия при хранении – От -40 до 75 °С
Относительная влажность	Условия при работе – Относительная до 80 % при 40 °С (без конденсации)

Директива об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE)

Этот измерительный прибор соответствует требованиям, определенным для маркировки соответствия директиве WEEE. Такая маркировка на устройстве обозначает, что оно является электрическим или электронным устройством, не предназначенным для утилизации вместе 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 измерения».

Ниже представлена маркировка, прикрепленная к устройству.



Не утилизируйте устройство вместе с обычными бытовыми отходами.

Чтобы вернуть это устройство, если оно вам уже не требуется, обратитесь в ближайший сервисный центр Keysight, или же найдите дополнительную информацию на веб-странице <http://about.keysight.com/en/companyinfo/environment/takeback.shtml>.

Продажа и техническая поддержка

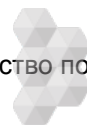
Чтобы связаться с Keysight по вопросам продажи и технической поддержки, используйте следующие ссылки:

- www.keysight.com/find/34420A
(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)

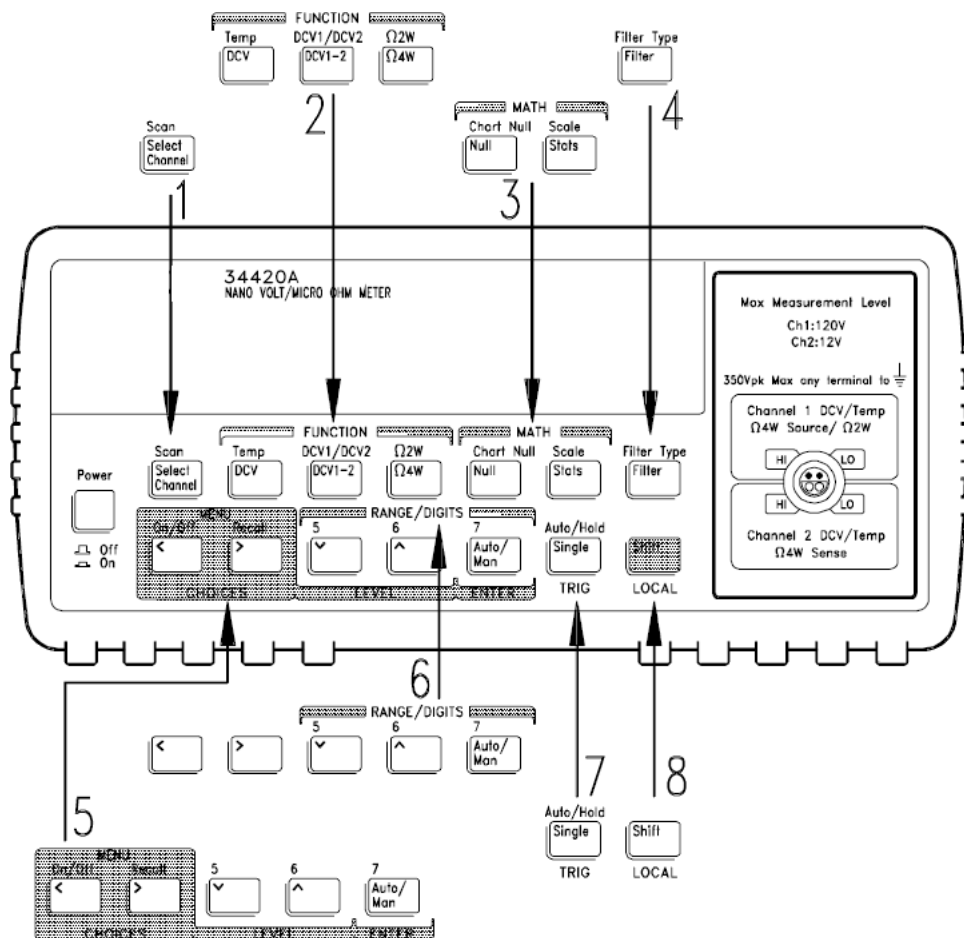
34420A — это $7^{1/2}$ -разрядный высокоточный нановольтметр и микроомметр. Являясь настольным прибором с большим набором системных функций, этот измерительный прибор представляет собой гибкое решение для ваших текущих и будущих задач.

Удобство функциональных возможностей стендового прибора

- Встроенные математические операции, в том числе измерение температуры с помощью термисторов, термопар и терморезисторных датчиков
- Двухканальный вход позволяет реализовать функции определения соотношений и разности при измерениях напряжения
- Вакуумный люминесцентный дисплей с хорошей видимостью
- Футляр для переноски повышенной прочности, с ножками с противоскользящим покрытием
- Функциональная гибкость системного устройства
- Интерфейсы GPIB (IEEE-488) и RS-232 в стандартной комплектации
- Совместимость со стандартами SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) и Keithley 181
- Скорость до 250 измерений в секунду



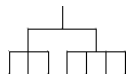
Обзор передней панели



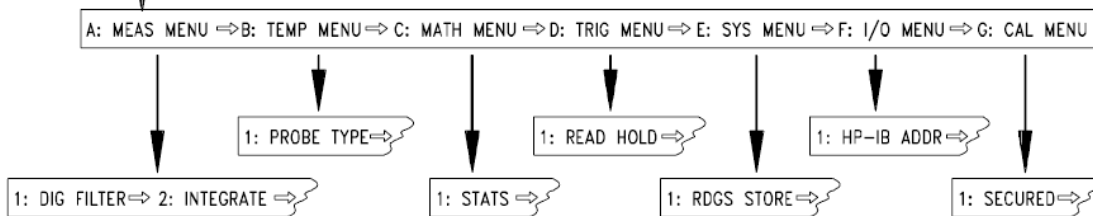
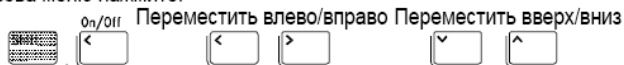
- | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|
| 1 | Выбор входного канала | 6 | Кнопки управления диапазоном/числом отображаемых разрядов |
| 2 | Функции кнопок измерений | 7 | Кнопка одиночного запуска/автоматического запуска/автоматического удержания |
| 3 | Кнопки математических операций | 8 | Кнопка сдвига / локального управления |
| 4 | Кнопка выбора фильтра | | |
| 5 | Кнопки работы с меню | | |

Обзор меню передней панели

Меню организовано в виде древовидной вертикальной трехуровневой структуры.



Для вызова меню нажмите:



Для ввода команды нажмите:



A: МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЙ (MEASurement)

1: DIG FILTER (ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР) → 2: INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ) → 3: OCOMP (КОМПЕНСАЦИЯ СМЕЩЕНИЯ) Ω → 4: LOW POWER (ПРИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ) Ω → 5: LOW VOLT (ПРИ МАЛОМ НАПРЯЖЕНИИ) Ω → 6: LoV LIMIT (ОГРАНИЧЕНИЕ ПО НАПРЯЖЕНИЮ) Ω

B: МЕНЮ ТЕМПЕРАТУРЫ (TEMPerature)

1: PROBE TYPE (ТИП ПРОБНИКА) → 2: UNITS (ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ) → 3: RTD TYPE (ТИП ТЕРМОРЕЗИСТОРНОГО ДАТЧИКА) → 4: RTD R₀ (СОПРОТИВЛЕНИЕ ДАТЧИКА ПРИ t=0) → 5: T/C TYPE (ТИП ТЕРМОПАРЫ) → 6: COLD JUNCT (ХОЛОДНЫЙ ПЕРЕХОД) → 7: JUNCT (ПЕРЕХОД)

C: МЕНЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ (MATH)

1: STATS (СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ) → 2: NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ) → 3: SCALE GAIN (УСИЛЕНИЕ МАСШТАБИРОВАНИЯ) → 4: SCALE OFST (СМЕЩЕНИЕ МАСШТАБИРОВАНИЯ)

D: МЕНЮ ЗАПУСКОВ (TRIGger)

1: READ HOLD (УДЕРЖАНИЕ ПОКАЗАНИЙ) → 2: TRIG DELAY (ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА) →
3: N SAMPLES (ЧИСЛО ВЫБОРОК)

E: СИСТЕМНОЕ МЕНЮ (SYStem)

1: RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ) → 2: SAVED RDGS (СОХРАНЕННЫЕ
ПОКАЗАНИЯ) → 3: ERROR (ОШИБКИ) → 4: TEST (ДИАГНОСТИКА) → 5: CHART OUT (ВЫХОД
САМОПИСЦА) → 6: CHART SPAN (ДИАПАЗОН САМОПИСЦА) → 7: CHART NULL (СМЕЩЕНИЕ
САМОПИСЦА) → 8: DISPLAY (ОТОБРАЖЕНИЕ) → 9: COMMA (РАЗДЕЛИТЕЛЬ) → 10: PRESET
(СБРОС НАСТРОЕК) → 11: REVISION (ВЕРСИЯ МИКРОПРОГРАММЫ)

F: МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА (Input/Output)

1: GPIB ADDR (АДРЕС GPIB) → 2: INTERFACE (ИНТЕРФЕЙС) → 3: BAUD RATE (СКОРОСТЬ) →
4: PARITY (ЧЕТНОСТЬ) → 5: LANGUAGE (ЯЗЫК)

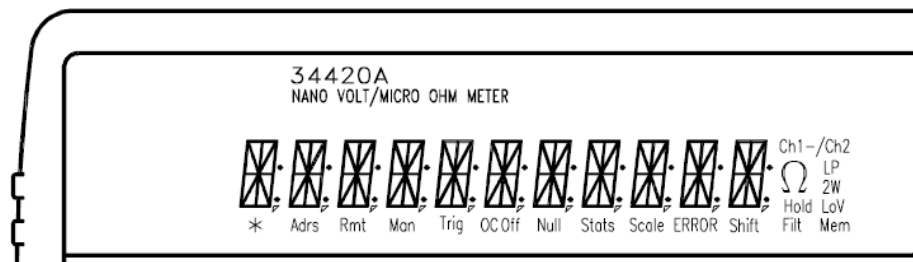
G: МЕНЮ КАЛИБРОВКИ (Calibration)

1: SECURED (ЗАЩИЩЕН) → [1: UNSECURED] (НЕ ЗАЩИЩЕН) → [2: CALIBRATE]
(КАЛИБРОВАТЬ) → [3: CHART ZERO] (НОЛЬ САМОПИСЦА) → [4: CHART GAIN] (УСИЛЕНИЕ
САМОПИСЦА) → [5: INJECTED I] (ИНЖЕКТИРУЕМЫЙ ТОК) → 6: CAL COUNT (ЧИСЛО
КАЛИБРОВОК) → 7: MESSAGE (СООБЩЕНИЕ)

ПРИМЕЧАНИЕ

Команды, приведенные в меню калибровки (CAL) в квадратных скобках ([]), будут «скрыты», если измерительный прибор не переведен в состояние UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН) для проведения калибровки.

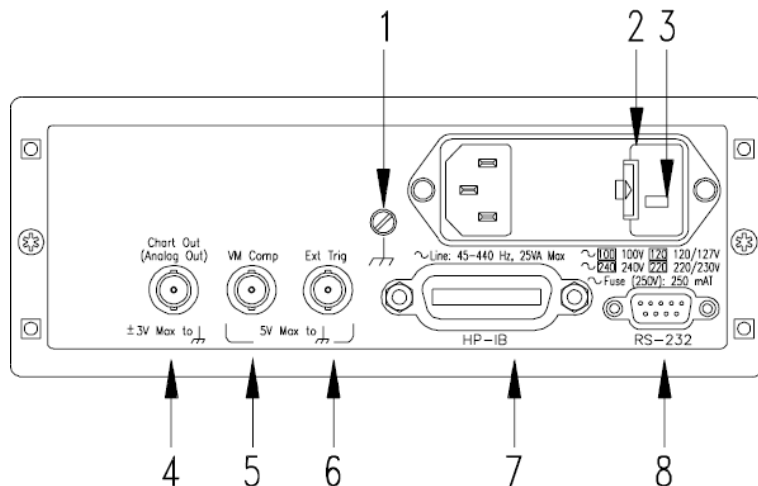
Индикаторы на дисплее



*	Включается во время измерения.
Adrs(Адрес)	Адрес измерительного прибора выбран для приема или передачи по интерфейсу GPIB.
Rmt (Удаленный)	Измерительный прибор работает в удаленном режиме (используется удаленный интерфейс).
Man (Вручную)	Измерительный прибор использует установку диапазона вручную (автоматическое определение диапазона отключено).
Trig (Запуск)	Измерительный прибор ожидает одиночного запуска или внешнего запуска.
OC Off (Компенсация сдвига выкл.)	Компенсация смещения выключена.
Null (Ноль)	Используется значение нуля.
Stats (Статистика)	Используются математические статистические операции.
Scale (Масштаб)	Используются математические операции развертки.
ERROR (ОШИБКА)	Обнаружены аппаратные ошибки или ошибки в командах по удаленному интерфейсу.
Shift (Активные альтернативные функции кнопок)	Нажата кнопка «Shift» (Активные альтернативные функции кнопок).
Ch1	Вход измерительного прибора работает по каналу 1.
Ch2	Вход измерительного прибора работает по каналу 2.
Ch1 - Ch2	Прибор отображает разность между входами канала 1 и канала 2.
Ch1 / Ch2	Прибор отображает соотношение между входами канала 1 и канала 2.
Ω (1 провод)	Прибор измеряет сопротивление (в омах).
LP (сопр. при низкой мощности)	Прибор измеряет сопротивление в омах при низкой мощности.
2Ω (2 провода)	Прибор производит измерение сопротивления в омах по 2-проводной схеме (если индикатор не горит, измерение проводится по 4-проводной схеме).
LoV (Изм. с ограничением по напряжению)	Прибор производит измерение сопротивления в омах с ограничением по напряжению.
Hold (Удержание)	Автоматическое удержание показаний включено.
Flit (Фильтр)	Аналоговый и/или цифровой фильтр включен.
Mem (Память)	Загорается, когда активна память показаний.

Чтобы проверить индикаторы на дисплее, нажмите и удерживайте нажатой кнопку Shift во время включения измерительного прибора.

Обзор задней панели



- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 1 | Заземление корпуса | 5 | Выходная клемма «Вольтметр отработал» |
| 2 | Блок линейных плавких предохранителей | 6 | Клемма входа внешнего запуска |
| 3 | Переключатель напряжения питания от сети | 7 | Разъем интерфейса GPIB (IEEE-488) |
| 4 | Выходная клемма на самописец (аналоговый выход) | 8 | Разъем интерфейса RS-232 |

Используйте меню ввода/вывода (Input / Output) передней панели, чтобы:

- Выбрать интерфейс GPIB или RS-232
- Установить адрес на шине GPIB
- Установить скорость передачи данных и бит четности RS-232

Главы книги

Краткое руководство по началу работы. В главе 1 описана подготовка измерительного прибора к работе. Она помогает ознакомиться с частью функций, доступных с передней панели.

Управление прибором с передней панели. В главе 2 дается описание меню передней панели и некоторых функций меню прибора.

Функции и возможности. Глава 3 содержит подробное описание функциональных возможностей измерительного прибора и процесса его использования. Информация этой главы будет полезной и при управлении измерительным прибором с передней панели, и при использовании удаленного интерфейса.

Справочник по удаленному интерфейсу. Глава 4 содержит справочную информацию, которая будет полезна при программировании измерительного прибора через удаленный интерфейс.

Сообщения об ошибках. В главе 5 перечислены сообщения об ошибках, которые могут отображаться в ходе работы с измерительным прибором. Каждое из описаний содержит достаточно сведений, чтобы приступить к диагностике и устранению проблемы.

Прикладные программы. Глава 6 содержит несколько прикладных программ для удаленного интерфейса. Она поможет вам разработать собственные программы для ваших задач по измерениям.

Учебное руководство по измерениям. В главе 7 обсуждаются соображения, которые следует учитывать при измерениях, и методики, позволяющие достичь максимальной точности и уменьшить влияние источников погрешностей измерений.

Технические характеристики. В главе 8 приведены технические характеристики измерительного прибора, а также указывается правильная интерпретация этих характеристик.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если у вас возникнут какие-либо вопросы в связи с эксплуатацией измерительного прибора, звоните по телефону 1-800-452-4844 в США или обращайтесь в ближайшее торговое представительство Keysight Technologies.

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

Содержание

Сертификация	3
Предупреждающие знаки безопасности	3
Меры техники безопасности	4
Условия окружающей среды	5
Директива об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE)	6
Категория изделия:	6
Продажа и техническая поддержка	6
1 Краткое руководство по началу работы	
Краткое руководство по началу работы	22
Подготовка измерительного прибора к использованию	23
Что делать, если измерительный прибор не включается?	24
Перестановка ручки для переноски	26
Организация входных подключений	27
Измерение напряжений	29
Измерение температуры с помощью термисторов	30
Измерение температуры с помощью терморезисторных датчиков	31
Измерение температуры с помощью термопар	32
Выбор диапазона	33
Установка числа разрядов	34
Установка времени усреднения	35
Форматы отображения на передней панели	36
Монтаж измерительного прибора в стойку	37
2 Управление прибором с передней панели	
Управление прибором с передней панели	40
Справка по меню передней панели	41
Учебное руководство по меню передней панели	45
Выбор входного канала	54
Выбор диапазона	55
Установка и изменение числа разрядов	56
Установка времени усреднения	57
Выполнение нулевых (относительных) измерений	58
Сохранение минимальных и максимальных показаний (статистики)	59
Запуск измерительного прибора по условию	61
Использование удержания показаний	62
Выполнение измерений соотношения и разности напряжений	63
Использование памяти показаний	64

3 **Функции и возможности**

Функции и возможности	68
Общие настройки измерений	70
Входные фильтры	70
Время усреднения (интегрирования)	73
Уменьшение шума измерений	74
Число отображаемых разрядов	76
Выбор диапазона	78
Обнаружение перегрузки	79
Конфигурация для измерения напряжения	80
Входные каналы	80
Конфигурация для измерения сопротивления	83
Конфигурация для измерения температуры	86
Единицы измерения	86
Измерения с помощью терморезисторного датчика	87
Измерения с помощью термистора	87
Измерения с помощью термопары	88
Математические операции	89
Выполнение нулевых (относительных) измерений	92
Удержание показаний	94
Запуск измерений	95
Варианты источника запуска	97
Состояние ожидания запуска	100
Останов производимого измерения	100
Число выборок	101
Число запусков	101
Задержка срабатывания запуска	102
Автоматические задержки запуска	104
Связанные с системой операции	105
Память показаний	105
Состояния ошибок	106
Самотестирование	107
Управление дисплеем	108
Разделители разрядов	109
Запрос версии микропрограммы	109
Версия языка SCPI	110
Клемма «Вольтметр отработал»	111
Клемма внешнего запуска	112
Выход на самописец (аналоговый выход)	113

Автоматическое переключение шкалы самописца	115
Настройка удаленного интерфейса	117
Выбор удаленного интерфейса	117
Адрес GPIB	118
Выбор скорости передачи данных (RS-232)	119
Выбор бита четности (RS-232)	120
Выбор языка программирования	121
Подключение к терминалу или принтеру (RS-232)	122
Калибровка	123
Защита калибровки	123
Счетчик калибровок	126
Сообщение калибровки	127
Настройки по умолчанию, состояние после включения и сброса	128
4 Справочник по удаленному интерфейсу	
Справочник по удаленному интерфейсу	133
Сводка по командам	135
Упрощенная последовательность программирования	144
Использование команды MEASure?	146
Использование команды CONFigure	146
Использование параметров range и resolution	146
Использование команды READ?	147
Использование команд INITiate и FETCh?	148
Команды MEASure? и CONFigure	151
Выбор функции, диапазона и разрешающей способности	154
Выбор входного канала	157
Особые команды измерения сопротивления	158
Команды измерения температуры	159
Команды нулевых (относительных) измерений	162
Команды входного фильтра	164
Команды математических операций	166
Команды статистических операций (AVERage)	167
Команды операций с масштабом	168
Условия запуска	169
Состояние ожидания запуска	171
Команды условий запуска	172
Команды выхода на самописец (аналогового выхода)	174
Команды, связанные с системой	175
Модель состояния SCPI	177
Что такое регистр событий?	177

Что такое регистр включения?	177
Что такое регистр состояния?	178
Система состояний SCPI	179
Байт состояния	180
Использование запроса на обслуживание (SRQ) и последовательного опроса	181
Использование *STB? для чтения байта состояния	182
Прерывание контроллера шины с помощью SRQ	182
Определение момента выполнения последовательности команд	183
Как использовать бит доступного сообщения (MAV)	183
Использование *OPC для сигнализации о наличии данных в выходном буфере	184
Регистр стандартных событий	184
Регистр ненадежных данных	185
Регистры состояния операций и состояния	187
Команды отчетов о состоянии	189
Команды калибровки	191
Конфигурация интерфейса RS-232	193
Обзор конфигурации RS-232	193
Формат кадра данных RS-232	194
Подключение к компьютеру или терминалу	194
Подключение к принтеру	196
Протокол квитирования DTR / DSR	196
Устранение неполадок RS-232	197
Команды интерфейса RS-232	199
Введение в язык SCPI	200
Типы данных SCPI	202
Признаки конца входных сообщений	203
Форматы выходных данных	204
Использование сообщения Device Clear (Сброс универсальный) для останова измерений	205
Режим TALK ONLY (Только передавать) для принтеров	206
Установка адреса GPIB	207
Выбор удаленного интерфейса	209
Установка скорости передачи данных	211
Настройка бита четности	213
Выбор языка программирования	215
Совместимость с альтернативными языками программирования ...	217
Особые случаи	217
Соответствие стандарту SCPI	218

	Соответствие стандарту IEEE-488	221
5	Сообщения об ошибках	
	Сообщения об ошибках	224
	Ошибки выполнения	225
	Ошибки при самотестировании	232
	Ошибки калибровки	234
6	Прикладные программы	
	Прикладные программы	238
	Программы на языке HP BASIC	239
	Пример программы № 1 на HP BASIC для GPIB	239
	Пример программы № 2 на HP BASIC для GPIB	240
	Пример программы № 3 на HP BASIC для GPIB	242
	Пример программы № 4 на HP BASIC для GPIB	245
	Работа с RS-232 из QuickBASIC	247
	Программа на языке Microsoft Visual Basic	249
	Программы на языке C	256
	Компиляция и связывание программы на языке C	256
	Пример программы № 1 на C для GPIB	258
	Пример программы № 2 на C для GPIB	260
	Пример программы № 3 на C для GPIB	264
	Пример макроса Microsoft Excel	268
	Примечания по макросу	269
7	Учебное руководство по измерениям	
	Учебное руководство по измерениям	274
	Методики измерений и источники погрешностей	275
	Измерения напряжения	275
	Измерения сопротивления	285
	Измерения температуры	290
	Очистка контактов разъемов	299
	Входной разъем	301
	Получение деталей входного разъема	302
8	Технические характеристики	

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

Нановольтметр/микроомметр Keysight 34420A

Руководство по эксплуатации

1 Краткое руководство по началу работы

Краткое руководство по началу работы	22
Подготовка измерительного прибора к использованию	23
Что делать, если измерительный прибор не включается?	24
Перестановка ручки для переноски	26
Организация входных подключений	27
Измерение напряжений	29
Измерение температуры с помощью термисторов	30
Измерение температуры с помощью терморезисторных датчиков	31
Измерение температуры с помощью термопар	32
Выбор диапазона	33
Установка числа разрядов	34
Установка времени усреднения	35
Форматы отображения на передней панели	36
Монтаж измерительного прибора в стойку	37

Краткое руководство по началу работы

Эта глава описывает подготовку измерительного прибора к использованию и содержит упражнения, помогающие приступить к работе с измерительным прибором, ознакомиться с его меню и передней панелью.

На передней панели расположены два ряда кнопок, позволяющих выбирать различные функции и операции. У большинства кнопок имеется альтернативная функция, вызываемая при одновременном нажатии кнопки Shift — она обозначена надписью синим цветом над кнопкой. Чтобы выполнить альтернативную функцию, нажмите Shift (на дисплее загорится индикатор **Shift**). Затем нажмите кнопку, над которой расположена надпись требуемой функции. Например, чтобы выбрать функцию измерения температуры, нажмите Shift DCV .

Если вы случайно нажали кнопку Shift , просто нажмите ее еще раз, чтобы выключить индикатор **Shift**.

Подготовка измерительного прибора к использованию

Следующие шаги позволят подготовить измерительный прибор к использованию.

1 Проверьте список поставки.

Убедитесь, что вместе с измерительным прибором вы получили следующие предметы. Если любой из них отсутствует, обратитесь в ближайшее торговое представительство Keysight Technologies.

- Один входной кабель с низкой термоздс.
- Один короткозамыкающий четырехпроводной штепсель с низкой термоздс.
- Один шнур питания.
- *Руководство по эксплуатации.*
- *Руководство по обслуживанию.*
- Одна свернутая карта *Краткого справочника.*
- Калибровочный сертификат (свидетельство о поверке) со съемной этикеткой калибровки.
- Одна бутылка средства для очистки контактов DeoxIT™.^[1]

2 Подключите шнур питания и включите измерительный прибор.

Дисплей на передней панели загорится на время, пока прибор будет выполнять самотестирование после включения. Отобразится адрес на шине GPIB. После этого прибор будет в режиме работы с разрешающей способностью 6 1/2 разряда, по входу канала 1, со включенным цифровым фильтром.

Чтобы проверить работу всех индикаторов на дисплее, удерживайте нажатой кнопку Shift во время включения питания прибора.

3 Выполните полное самотестирование.

При полном самотестировании производится большее число различных проверок, чем во время тестирования после включения. Нажмите кнопку Shift в момент включения питания прибора и удерживайте ее нажатой; *продолжайте удерживать Shift не менее 5 секунд*. Самотестирование начнется, когда вы отпустите кнопку.

Если самотестирование будет пройдено успешно, на индикаторе передней панели появится надпись «PASS» (ПРОЙДЕНО). Если проверка не будет пройдена, появится надпись «FAIL» (СБОЙ) и загорится индикатор **ERROR** (ОШИБКА). Сведения о возврате измерительного прибора в Keysight Technologies для обслуживания см. в *Руководстве по обслуживанию*.

[1] DeoxIT™ — это товарный знак CAIG Laboratories, Inc., San Diego, California.

Что делать, если измерительный прибор не включается?

Следующие шаги помогут устранить проблемы, которые могут возникнуть при включении прибора. Если вам потребуется дополнительная помощь, см. в *Руководстве по обслуживанию* указания по возврату измерительного прибора в Keysight Technologies для обслуживания.

1 Убедитесь, что на прибор подается питание от сети.

Сначала проверьте, находится ли выключатель питания прибора в положении «On» (Вкл). Убедитесь, что шнур питания надежно вставлен в модуль питания на задней панели измерительного прибора. Убедитесь, что на источник питания подается напряжение.

2 Проверьте настройки напряжения сети.

Выбор напряжения питания от сети устанавливается в соответствии с вашей страной при отправке вам измерительного прибора с производства. Измените настройку напряжения, если она установлена неправильно. Возможны следующие варианты настройки: 100 В, 120 В, 220 В и 240 В переменного тока (для работы от сети переменного тока 230 В используйте настройку на 220 В).

Для проверки или изменения настройки напряжения см. схему на следующей странице.

ПРИМЕЧАНИЕ

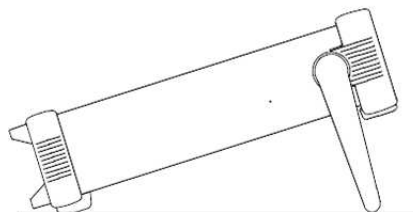
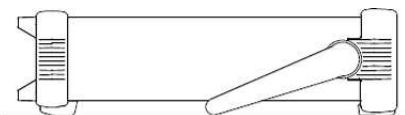
Для замены предохранителя на 250 мА, 250 В закажите деталь № 2110-0817. Этот предохранитель используется во всех вариантах выбора напряжения питания от сети.



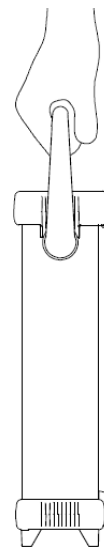
Установите предохранитель надлежащего номинала и убедитесь, что в окошке видно правильное напряжение питания от сети.

Перестановка ручки для переноски

Чтобы изменить положение ручки, возьмитесь за нее с обеих сторон и *потяните наружу*. Затем поверните ручку в нужное положение.



**Положения ручки для работы
в настольной конфигурации**

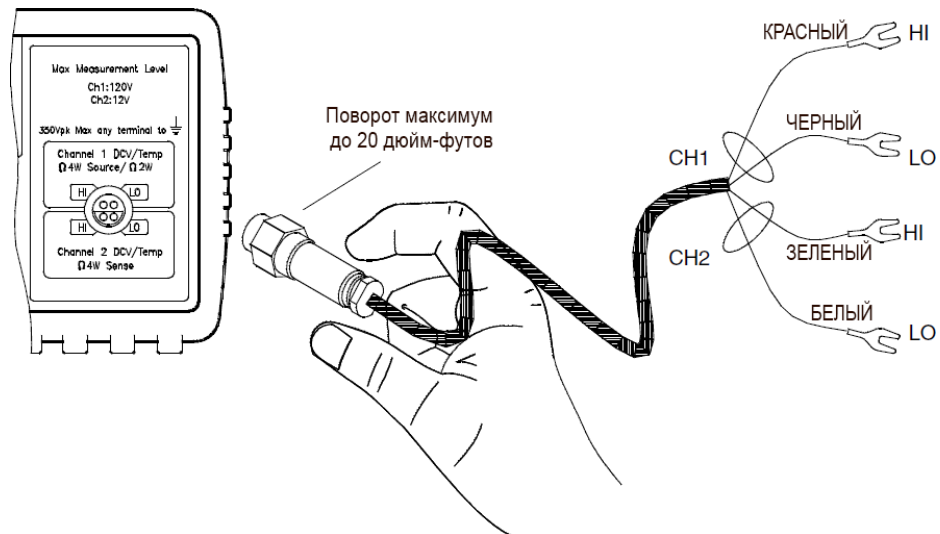


**Положение ручки для переноски
прибора**

Организация входных подключений

С использованием поставляемого кабеля

Совместите разъем на передней панели с проводниками в кабеле и надавите на него. Затяните накидную гайку.



ПРИМЕЧАНИЕ

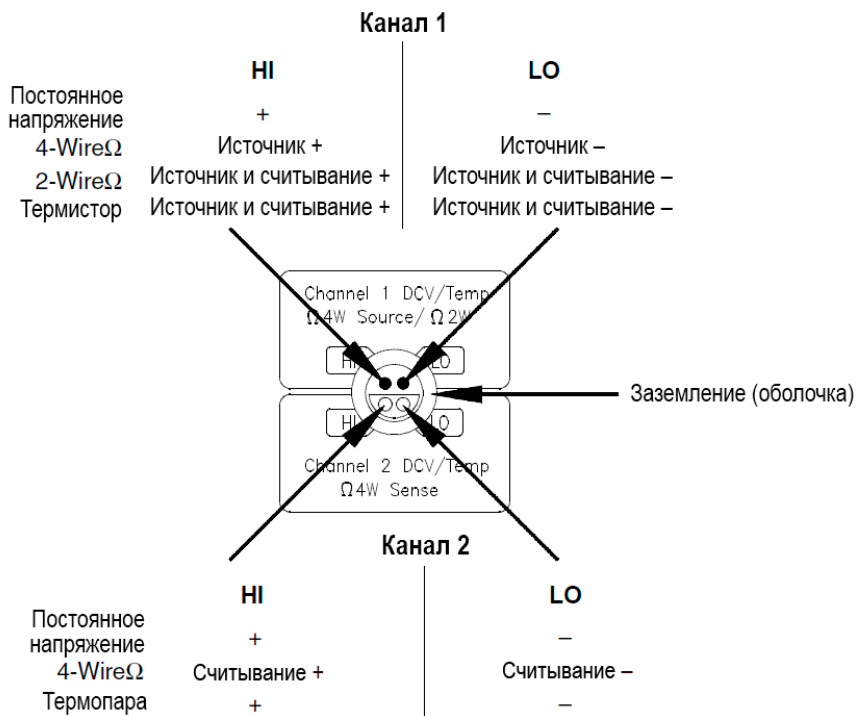
Разъем и кабель представляют собой неотъемлемую часть системы проведения измерений. Для достижения максимальной точности используйте кабель с медными проводниками и разъемы, поставляемые Keysight Technologies.

Время от времени может потребоваться очистить проводники, чтобы удалить образовавшиеся оксиды. Процедура очистки проводников описана на [странице 299](#).

ОСТОРОЖНО!

Корпус разъема и экран кабеля соединяются с клеммой заземления.

Использование специальных кабелей



Дополнительные сведения об изготовлении специальных входных кабелей см. на [странице 301](#).

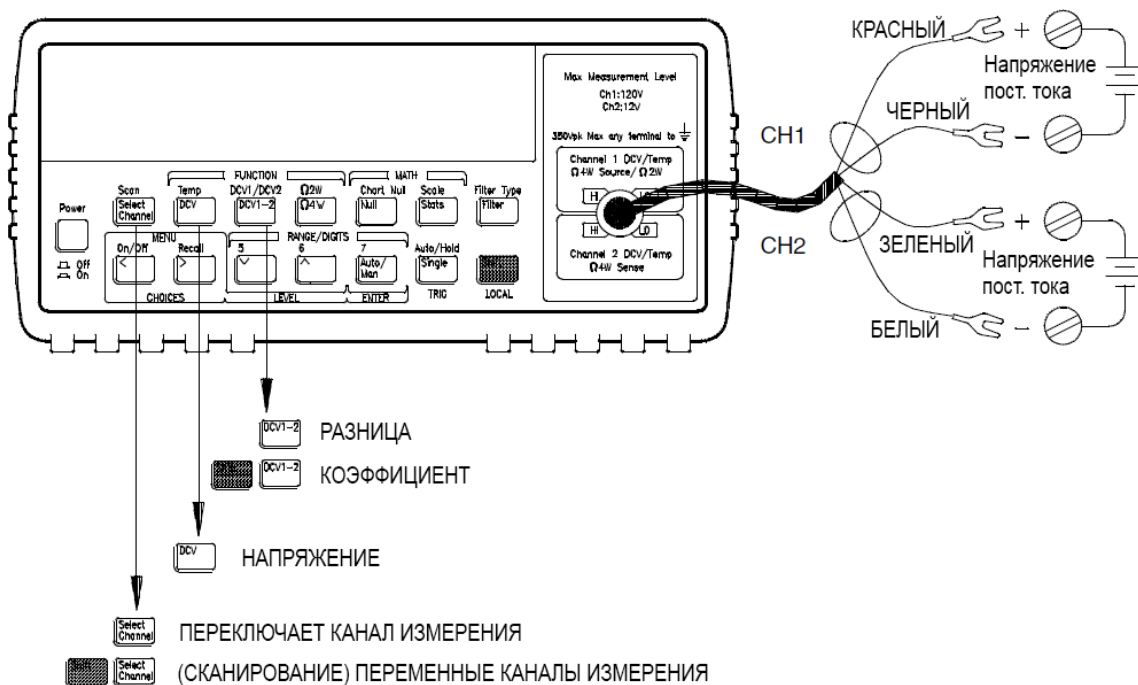
Измерение напряжений

Диапазоны напряжений канала 1: 1 мВ, 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В
 Максимальная разрешающая способность: 0,1 нВ (в диапазоне 1 мВ)

Диапазоны напряжений канала 2: 1 мВ, 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В
 Максимальная разрешающая способность: 0,1 нВ (в диапазоне 1 мВ)

Независимое значение нуля (NULL) для каждого из каналов

Развязка между входом LO канала 1 и входом LO канала 2 рассчитана на 150 В пикового напряжения.

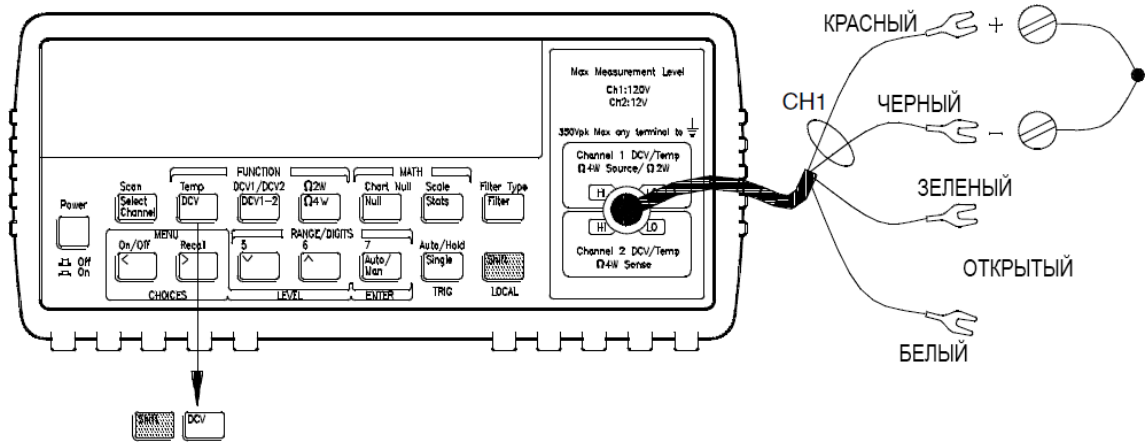


ПРИМЕЧАНИЕ

В режиме сканирования переключение между входными каналами происходит каждые 3 секунды или при каждом измерении (в зависимости от того, что занимает больше времени).

Измерение температуры с помощью термисторов

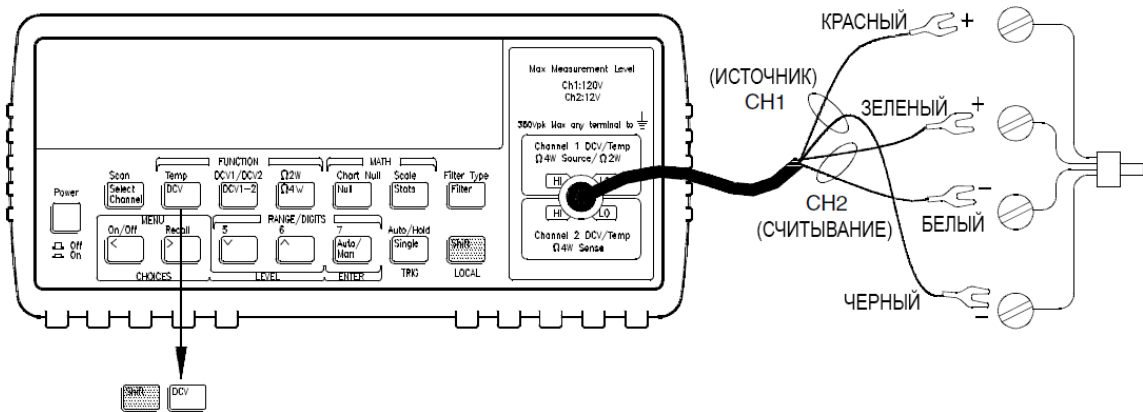
Тип термисторов: 5 кΩ



Измерение температуры с помощью терморезисторных датчиков

4-х проводные, тип: $\alpha = 0,00385$ (DIN/IEC 751) или $\alpha = 0,00391$

$R_0 =$ от 4,9 Ω до 2,1 k Ω

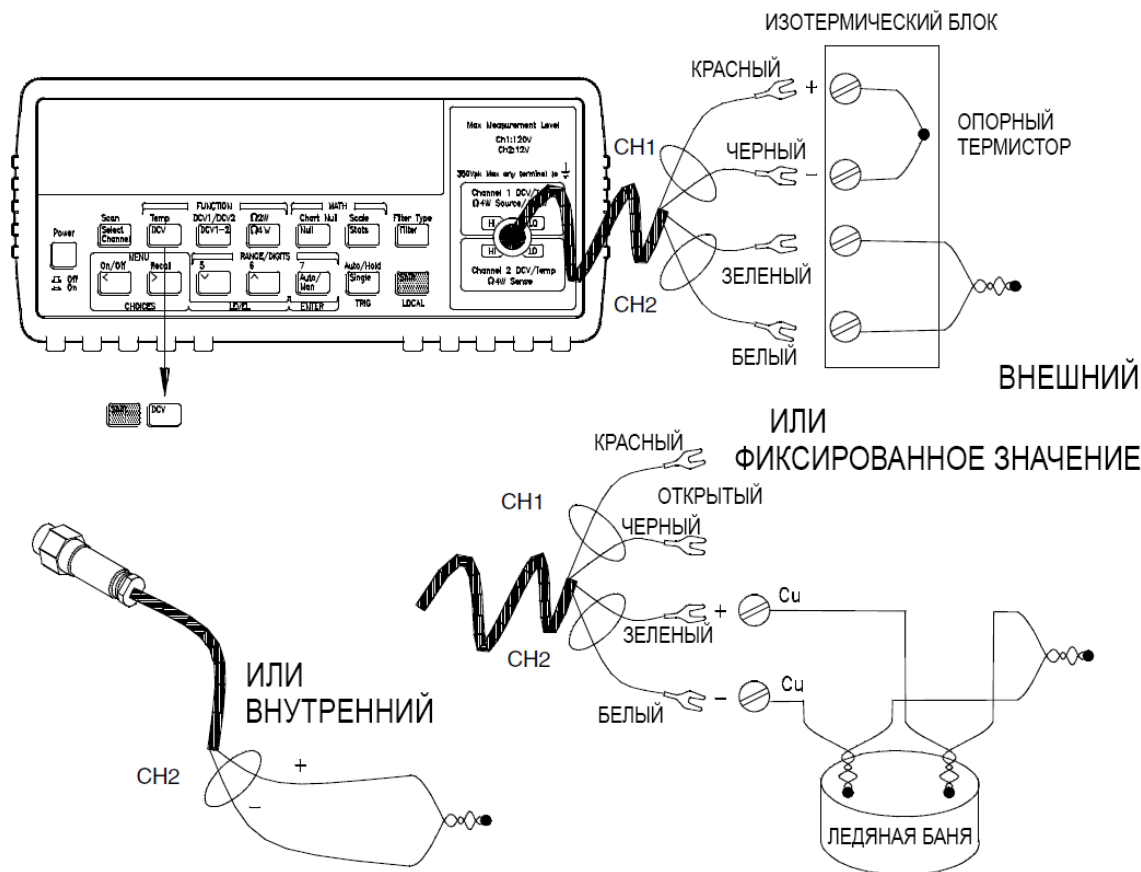


Измерение температуры с помощью термопар

Типы термопар: В, Е, J, К, N, R, S, Т

Эталонное значение: внешний термистор, внешнее фиксированное значение или внутренний термистор.

Только по каналу 2.

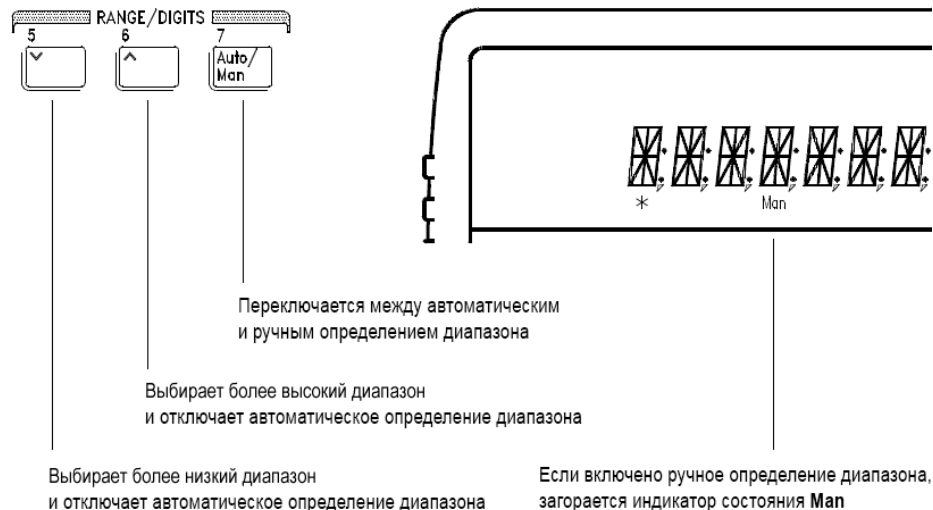


ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании внутреннего термистора в качестве источника эталонной температуры следует изготовить специальный кабель для подключения проводки термопары непосредственно ко входным клеммам (см. на [странице 301](#)).

Выбор диапазона

Можно позволить прибору автоматически выбирать диапазон (*автоматическое определение диапазона*) или же выбрать фиксированный диапазон (*выбор диапазона вручную*).



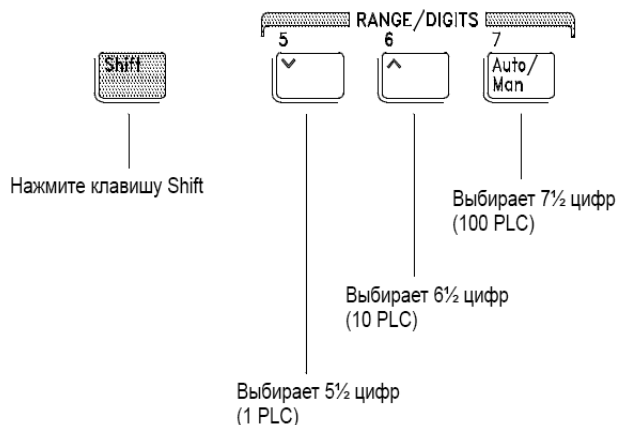
- Автоматическое определение диапазона выбирается после включения питания, а также после сброса по удаленному интерфейсу.
- Пороговые уровни для автоматического определения диапазона:
 - Понижение диапазона при $<10\%$ текущего диапазона
 - Повышение диапазона при $>120\%$ текущего диапазона
- Если входной сигнал слишком велик для измерения в текущем диапазоне, прибор выдаст индикацию *перегрузки* (индикатор «OVLD»).
- При измерении разностей или соотношений индикация перегрузки («OVLD») появляется в случае перегрузки по любому из каналов.

ПРИМЕЧАНИЕ

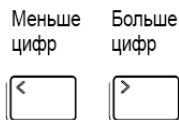
Для измерений напряжения вариант выбора диапазонов устанавливается локально для каждого выбранного канала. Это означает, что способ выбора диапазонов (автоматический или вручную) можно задавать для каждого канала независимо. При выборе диапазона вручную выбранный диапазон устанавливается локально для активного в текущий момент канала; прибор сохраняет настройку диапазонов канала при переключении между каналами.

Установка числа разрядов

Дисплей можно настроить на отображение $4\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{2}$ или $7\frac{1}{2}$ разрядов. В этом руководстве старший значащий разряд (самый левый на разряде) считается «половиной разряда» ($\frac{1}{2}$), так как он может принимать только значения «0» и «1». Число отображаемых разрядов также зависит от установленного времени усреднения — см. на [странице 35](#).



- После включения, а также после сброса по удаленному интерфейсу устанавливается отображение $6\frac{1}{2}$ разрядов.
- Число отображаемых разрядов зависит от времени усреднения и настроек фильтра. Прибор не позволит выбрать отображение большего числа разрядов, чем обеспечивается практическими рабочими характеристиками прибора в текущем режиме. В то же время число отображаемых разрядов можно уменьшить.



Установка времени усреднения

Время усреднения (интегрирования) указывается в форме числа периодов сети питания («NPLC»). Для параметра NPLC можно выбрать значения 0.02, 0.2, 1, 2, 10, 20, 100 или 200.

- Переключать время усреднения, выбирая одно из трех фиксированных значений, можно посредством выбора числа отображаемых разрядов — см. на [странице 34](#).
- Время усреднения можно установить в меню MEAS (ИЗМЕРЕНИЕ) с помощью команды INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ).
- Время усреднения (интегрирования) непосредственно связано с максимальным числом разрядов, которое может отображать измерительный прибор.

NPLC	Фильтр выкл. Макс. отобр. разрядов	Фильтр вкл. Макс. отобр. разрядов
0,02	4½	5½
0,2	5½	6½
1	6½	7½
2	6½	7½
10	6½	7½
20	7½	7½
100	7½	7½
200	7½	7½

- Число отображаемых разрядов можно всегда установить меньшим, чем максимально возможное (минимальное число отображаемых разрядов — 4½).

ПРИМЕЧАНИЕ

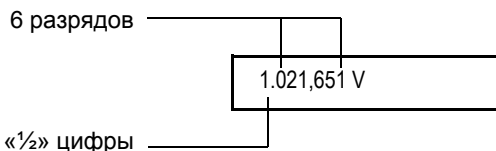
Время усреднения задается локально для выбранной функции. Это означает, что для каждой из функций можно независимо установить собственное время усреднения. Измерительный прибор восстанавливает заданное ранее время усреднения при переключении между функциями.

Форматы отображения на передней панели

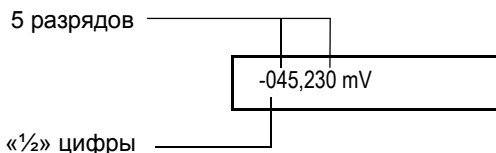
-Н.ДДД.ДДД.Д ЭИИ

Формат отображения на передней панели

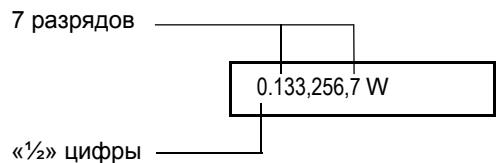
- Знак минуса (отрицательное значение) или пусто (положительное значение)
- Н «½» цифры (0 или 1)
- Д Обычные цифры
- Э Экспонента (масштаб: m, k, M)
- И Единицы измерения



**Это диапазон 1 В –
отображается 6½ разрядов.**



**Это диапазон 100 мВ –
отображается 5½ разрядов.**



**Это диапазон 1 Ом –
отображается 7½ разрядов.**

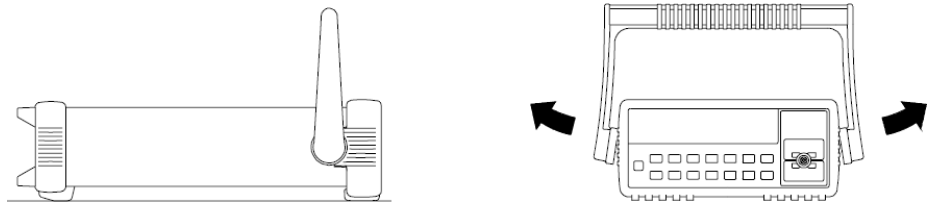
0.VLD mV

Это индикация перегрузки в диапазоне 1 мВ.

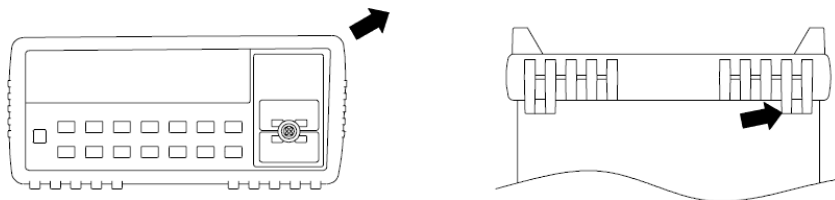
Монтаж измерительного прибора в стойку

Измерительный прибор можно смонтировать в стандартный 19-дюймовую стойку, используя один из трех доступных дополнительно монтажных наборов. Каждый набор включает в себя инструкции и монтажную арматуру. Рядом с измерительным прибором 34420A в стойку может устанавливаться любой прибор серии *System II* тех же размеров.

Перед монтажом в стойку снимите ручку для переноски, а также передние и задние резиновые амортизирующие накладки.

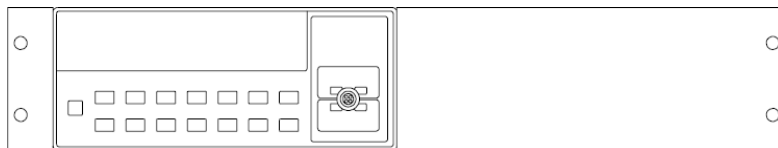


Для снятия ручки поверните ее в вертикальное положение и потяните концы в стороны.

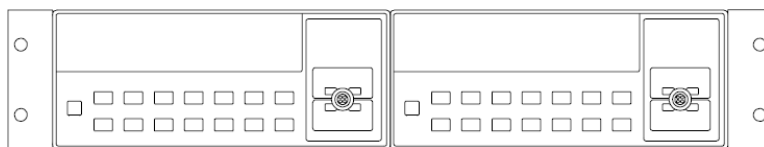


Для снятия резиновой амортизирующей накладки потяните за один угол и снимите накладку, растягивая ее по периметру.

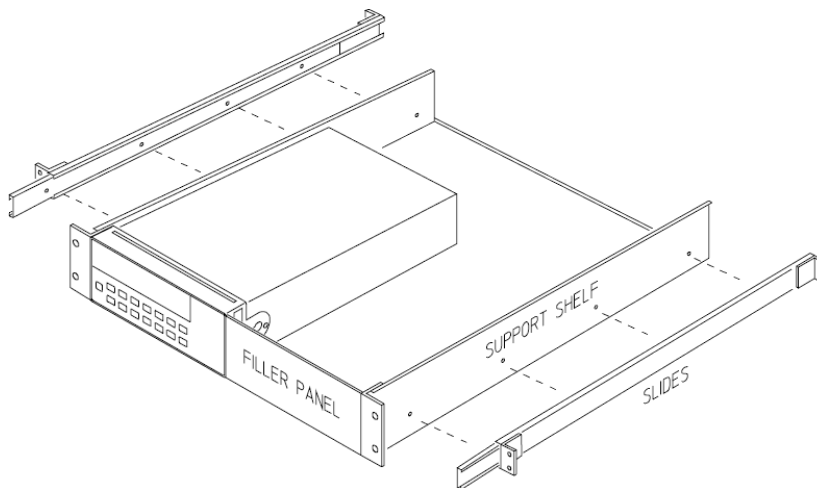
1 Краткое руководство по началу работы



Для монтажа в стойку одного измерительного прибора, закажите набор переходников 5063-9240.



Для монтажа в стойку двух измерительных приборов, одного рядом с другим, закажите набор для жесткого соединения 5061-9694 и набор фланцев 5063-9212.



Для монтажа одного или двух измерительных приборов в выдвижную несущую полку, закажите полку 5063-9255 и набор скользящих направляющих 1494-0015 (для монтажа одного прибора также закажите панель-заглушку 5002-3999).

2 Управление прибором с передней панели

Управление прибором с передней панели	40
Справка по меню передней панели	41
Учебное руководство по меню передней панели	45
Выбор входного канала	54
Выбор диапазона	55
Установка и изменение числа разрядов	56
Установка времени усреднения	57
Выполнение нулевых (относительных) измерений	58
Сохранение минимальных и максимальных показаний (статистики)	59
Запуск измерительного прибора по условию	61
Использование удержания показаний	62
Выполнение измерений соотношения и разности напряжений	63
Использование памяти показаний	64

Управление прибором с передней панели

В указаниях этой главы предполагается, что вы знакомы с измерительным прибором и операциями в меню. Также необходимо уметь производить подключения для измерений различных типов. Если вы не ознакомились с этой информацией, прочтите в [Разделе 1, «Краткое руководство по началу работы»](#) начало на [странице 21](#).

В этой главе нет подробных описаний каждой из кнопок на передней панели и действий каждого из пунктов меню. В то же время она содержит хороший обзор меню передней панели и самых распространенных выполняемых с нее действий. Подробное описание функциональных возможностей измерительного прибора и процесса его использования см. в [Разделе 3, «Функции и возможности»](#) начало на [странице 67](#).

Справка по меню передней панели

A: МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЙ (MEASurement)

1: DIG FILTER (ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР) → 2: INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ) → 3: OSCMP (ДИАПАЗОН ВЫХОДНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ) Ω → 4: LOW POWER (ПРИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ) Ω → 5: LOW VOLT (ПРИ МАЛОМ НАПРЯЖЕНИИ) Ω → 6: LoV LIMIT (ОГРАНИЧЕНИЕ ПО НАПРЯЖЕНИЮ) Ω

- | | |
|---|--|
| 1: DIG FILTER (ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР) | Выбирает скорость работы цифрового фильтра. Возможные установки: FAST (БЫСТРО), MEDIUM (СРЕДНЕ) и SLOW (МЕДЛЕННО). |
| 2: INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ) | Устанавливает время усреднения измерений. |
| 3: OSCMP (КОМПЕНСАЦИЯ СМЕЩЕНИЯ) Ω | Включает или выключает компенсацию смещения при измерениях сопротивления. |
| 4: LOW POWER (ПРИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ) Ω | Включает или выключает измерения сопротивления при малой мощности. |
| 5: LOW VOLT (ПРИ МАЛОМ НАПРЯЖЕНИИ) Ω | Включает или выключает измерения сопротивления при ограниченном напряжении. |
| 6: LoV LIMIT (ОГРАНИЧЕНИЕ ПО НАПРЯЖЕНИЮ) Ω | Устанавливает ограничение по напряжению для измерений сопротивления с ограничением по напряжению. |

B: МЕНЮ ТЕМПЕРАТУРЫ (Temperature)

1: PROBE TYPE (ТИП ПРОБНИКА) → 2: UNITS (ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ) → 3: RTD TYPE (ТИП ТЕРМОРЕЗИСТОРНОГО ДАТЧИКА) → 4: RTD Ro (СОПРОТИВЛЕНИЕ ДАТЧИКА ПРИ $t=0$) → 5: T/C TYPE (ТИП ТЕРМОПАРЫ) → 6: COLD JUNCT (ХОЛОДНЫЙ ПЕРЕХОД) → 7: JUNCT (ПЕРЕХОД)

- | | |
|---|--|
| 1: PROBE TYPE (ТИП ПРОБНИКА) | Выбор в качестве пробника температуры термопар, термисторов или терморезисторных датчиков. |
| 2: UNITS (ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ) | Установка в качестве единиц измерения °C, °F или градусов по Кельвину. |
| 3: RTD TYPE (ТИП ТЕРМОРЕЗИСТОРНОГО ДАТЧИКА) | Установка типа используемого терморезисторного датчика. |
| 4: RTD Ro (СОПРОТИВЛЕНИЕ ДАТЧИКА ПРИ $t=0$) | Установка номинального значения (при 0 °C) для используемого терморезисторного датчика. |
| 5: T/C TYPE (ТИП ТЕРМОПАРЫ) | Выбор типа используемой термопары. |

2 Управление прибором с передней панели

- 6: COLD JUNCT (ХОЛОДНЫЙ СПАЙ)** Задает источник эталонного перехода температуры.
- 7: JUNCT TEMP (ТЕМПЕРАТУРА ХОЛОДНОГО СПАЯ)** Позволяет непосредственно вводить температуру эталонного перехода.

C: МЕНЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ (MATH)

1: STATS (СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ) → 2: NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ) → 3: SCALE GAIN (УСИЛЕНИЕ МАСШТАБИРОВАНИЯ) → 4: SCALE OFST (СМЕЩЕНИЕ МАСШТАБИРОВАНИЯ)

- 1: STATS (СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ)** Вызов значений минимума, максимума, стандартного отклонения, среднего значения, полного размаха, а также числа показаний.
- 2: NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ)** Выбор независимых нулевых значений для напряжения по каналам 1 и 2, сопротивления и функций температуры.
- 3: SCALE GAIN (УСИЛЕНИЕ МАСШТАБИРОВАНИЯ)** Задает коэффициент усиления для линейной развертки данных.
- 4: SCALE OFST (СМЕЩЕНИЕ РАЗВЕРТКИ)** Задает смещение для линейной развертки данных.

D: МЕНЮ ЗАПУСКОВ (TRIGger)

1: READ HOLD (УДЕРЖАНИЕ ПОКАЗАНИЙ) → 2: TRIG DELAY (ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА) → 3: N SAMPLES (ЧИСЛО ВЫБОРОК)

- 1: READ HOLD (УДЕРЖАНИЕ ПОКАЗАНИЙ)** Выбор диапазона чувствительности удержания показаний.
- 2: TRIG DELAY (ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА)** Указание временной задержки между запуском и началом измерения.
- 3: N SAMPLES (ЧИСЛО ВЫБОРОК)** Установка числа выборок, захватываемых на один запуск.

E: СИСТЕМНОЕ МЕНЮ (SYStem)

1: RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ) → 2: SAVED RDGS (СОХРАНЕННЫЕ ПОКАЗАНИЯ) → 3: ERROR (ОШИБКИ) → 4: TEST (ДИАГНОСТИКА) → 5: CHART OUT (ВЫХОД САМОПИСЦА) → 6: CHART SPAN (ДИАПАЗОН САМОПИСЦА) → 7: CHART NULL (СМЕЩЕНИЕ САМОПИСЦА) → 8: DISPLAY (ОТОБРАЖЕНИЕ) → 9: COMMA (РАЗДЕЛИТЕЛЬ) → 10: PRESET (СБРОС НАСТРОЕК) → 11: REVISION (ВЕРСИЯ МИКРОПРОГРАММЫ)

1: RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ)	Включение и выключение памяти показаний.
2: SAVED RDGS (СОХРАНЕННЫЕ ПОКАЗАНИЯ)	Вызов сохраненных в памяти показаний (до 1024 показаний).
3: ERROR (ОШИБКА)	Извлечение ошибок из очереди ошибок (до 20 ошибок).
4: TEST (ТЕСТИРОВАНИЕ)	Выполнение полного самотестирования или отдельных проверок самотестирования.
5: CHART OUT (ВЫХОД САМОПИСЦА)	Включает или выключает выход на самописец (аналоговый выход).
6: CHART SPAN (ДИАПАЗОН САМОПИСЦА)	Устанавливает диапазон выхода самописца (аналогового выхода).
7: CHART NULL (СМЕЩЕНИЕ САМОПИСЦА)	Устанавливает смещение выхода самописца (аналогового выхода).
8: DISPLAY (ОТОБРАЖЕНИЕ)	Включает или выключает дисплей на передней панели.
9: COMMA (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)	Включает или выключает разделитель-запятую между разрядами на дисплее.
10: PRESET (СБРОС НАСТРОЕК)	Возвращает измерительный прибор к настройкам по умолчанию, установленным на производстве.
11: REVISION (ВЕРСИЯ МИКРОПРОГРАММЫ)	Отображает код редакции микропрограммы измерительного прибора.

F: МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА (Input/Output)

1: GPIB ADDR (АДРЕС GPIB) → 2: INTERFACE (ИНТЕРФЕЙС) → 3: BAUD RATE (СКОРОСТЬ) → 4: PARITY (ЧЕТНОСТЬ) → 5: LANGUAGE (ЯЗЫК)

1: GPIBADDR (АДРЕС GPIB)	Устанавливает адрес устройства на шине GPIB (от 0 до 30, по умолчанию – 22).
2: INTERFACE (ИНТЕРФЕЙС)	Выбирает в качестве удаленного интерфейса либо GPIB, либо RS-232.
3: BAUD RATE (СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ)	Устанавливает скорость передачи данных при работе интерфейса RS-232.
4: PARITY (ЧЕТНОСТЬ)	Позволяет выбирать добавление бита четности, нечетности или отсутствие бита четности при работе интерфейса RS-232.
5: LANGUAGE (ЯЗЫК)	Выбирает язык интерфейса: SCPI либо Keithley 181.

G: МЕНЮ КАЛИБРОВКИ (CALibration)^[1]

1: SECURED (ЗАЩИЩЕН) → [1: UNSECURED] (НЕ ЗАЩИЩЕН) → [2: CALIBRATE] (КАЛИБРОВАТЬ) → [3: CHART ZERO] (НОЛЬ САМОПИСЦА) → [4: CHART GAIN] (УСИЛЕНИЕ САМОПИСЦА) → [5: INJECTED I] (ИНЖЕКТИРУЕМЫЙ ТОК) → 6: CAL COUNT (ЧИСЛО КАЛИБРОВОК) → 7: MESSAGE (СООБЩЕНИЕ)

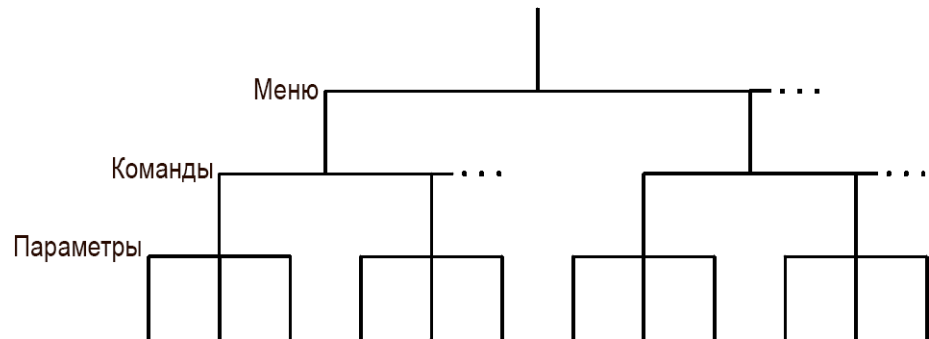
- | | |
|---|--|
| 1: SECURED (ЗАЩИЩЕН) | Измерительный прибор защищен от калибровки; чтобы снять защиту, введите код. |
| 1: UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН) | Измерительный прибор не защищен от калибровки; чтобы защитить его, введите код. |
| 2: CALIBRATE (КАЛИБРОВАТЬ) | Выполняет калибровку измерительного прибора; он должен быть в состоянии UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН). |
| 3: CHART ZERO (НОЛЬ САМОПИСЦА) | Выполняет калибровку нулевого уровня выхода самописца. |
| 4: CHART GAIN (УСИЛЕНИЕ САМОПИСЦА) | Выполняет калибровку усиления выхода самописца. |
| 5: INJECTED I (ИНЖЕКТИРУЕМЫЙ ТОК) | Выполняет калибровку для минимизации инжектируемого тока. |
| 6: CAL COUNT (ЧИСЛО КАЛИБРОВОК) | Сообщает суммарное количество выполнявшихся калибровок измерительного прибора. |
| 7: MESSAGE (СООБЩЕНИЕ) | Выводит первые 11 символов строки калибровки, поступившей через удаленный интерфейс, если она имеется. |

[1] Команды, приведенные в квадратных скобках ([]), будут «скрыты», если измерительный прибор не переведен в состояние UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН) для проведения калибровки.

Учебное руководство по меню передней панели

Этот раздел содержит пошаговое руководство, обучающее работе с меню передней панели. Рекомендуем выделить несколько минут на ознакомление с этим руководством, чтобы вы освоили структуру меню и принципы работы с ним.

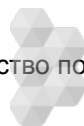
Меню устройства организовано в виде древовидной вертикальной трехуровневой структуры с тремя уровнями (сами меню, команды и параметры). При нажатии кнопок перемещения по дереву меню вниз или вверх происходит переход от одного уровня к другому. На каждом из трех уровней имеется несколько горизонтальных вариантов, между которыми можно переходить, нажимая кнопки перехода влево или вправо .



- Чтобы *включить* меню, нажмите (вкл./выкл. меню).
- Чтобы *выключить* меню, нажмите (вкл./выкл. меню) или же нажмите любую из кнопок функций или математических операций в верхнем ряду кнопок на передней панели.
- Чтобы *выполнить* команду меню, нажмите .
- Чтобы *вернуть* последнюю выполненную команду меню, нажмите (Возврат меню).
- Чтобы *выключить* меню в любой момент, не сохраняя изменения, нажмите любую кнопку функции.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если в любой момент выполнения руководства вы запутаетесь или попадете в неправильное меню, просто выключите меню и начните заново с шага 1 выполняемого примера.



Сообщения, отображаемые во время работы с меню

TOP OF MENU (ВЕРХНИЙ УРОВЕНЬ МЕНЮ) – вы нажали Δ , находясь на уровне меню; это наивысший уровень структуры меню, из него невозможно подняться еще выше.

Чтобы выключить меню, нажмите Shift < (Вкл./выкл. меню). Для перехода между вариантами, доступными на текущем уровне, нажимайте < или >. Для перехода на уровень ниже нажмите ∇ .

MENUS (МЕНЮ) – вы находитесь на уровне меню. Нажимайте < или > для просмотра доступных вариантов.

COMMANDS (КОМАНДЫ) – вы находитесь на уровне команд. Нажимайте < или >, чтобы просмотреть варианты команд, доступных в выбранной группе меню.

PARAMETER (ПАРАМЕТР) – вы находитесь на уровне параметров. Нажимайте < или > для просмотра либо изменения параметров выбранной команды.

MENU BOTTOM (НИЖНИЙ УРОВЕНЬ МЕНЮ) – вы нажали ∇ , находясь на уровне параметров; это самый нижний уровень меню, из него нельзя спуститься еще ниже.

Чтобы выключить меню, нажмите Shift < (Вкл./выкл. меню). Для перехода на уровень выше нажмите Δ .

ENTERED (ВВЕДЕНО) – изменение, внесенное на уровне параметров, сохранено. Это сообщение выводится после нажатия кнопки Auto/Man (ввода меню) для выполнения команды.

MIN VALUE (МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ) – указанное вами значение на уровне параметров слишком мало для выбранной команды. Отображается минимальное допустимое значение, которое можно будет принять или изменить.

MAX VALUE (МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ) – указанное вами значение на уровне параметров слишком велико для выбранной команды. Отображается максимальное допустимое значение, которое можно будет принять или изменить.

EXITING (ВЫХОД) – это сообщение выводится при выключении меню нажатием кнопки Auto/Man (Вкл./выкл. меню) или любой кнопки функций/математических операций на передней панели. Вы не внесли изменений в значения на уровне параметров, и изменения НЕ были сохранены.

NOT ENTERED (НЕ ВВЕДЕНО) – это сообщение выводится, если вы выключаете меню нажатием кнопки Shift < (Вкл./выкл. меню) или любой кнопки функций/математических операций на передней панели. Вы внесли изменения в параметры, но эти изменения НЕ были сохранены.

Нажмите Auto/Man (Ввод меню) для сохранения изменений, внесенных на уровне параметров.
VOLTS ONLY (ТОЛЬКО ВОЛЬТЫ) – запрошенная функция доступна только для измерений напряжения.

UNAVAILABLE (НЕДОСТУПНО) – запрошенное действие НЕ разрешено в текущей конфигурации.

Пример меню 1

Выполнив следующие шаги, вы ознакомитесь со включением меню, переходом вверх и вниз между уровнями меню, переходом между вариантами на каждом из уровней, а также выключением меню.

В этом примере вы отключите вывод разделителей-запятых на дисплее.

Измерительный прибор может выводить показания на передней панели как с разделителями-запятыми, так и без них. Выполнив следующие шаги, вы узнаете, как отключить вывод запятых.

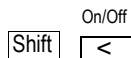
-0.824,153 V

**С разделителями-запятыми
(заводская настройка)**

-0,824153 V

Без разделителей-запятых

1 Включите меню.



Вы входите в меню на уровне списка *меню*. Первым выбранным на этом уровне будет MEAS MENU (МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЙ).

A: MEAS MENU

2 Перейдите к варианту SYS MENU (СИСТЕМОЕ МЕНЮ) на этом уровне.



На уровне списка *меню* доступно шесть вариантов выбора групп меню. У каждого из вариантов имеется буквенный префикс для простоты обозначения (**A:**, **B:** и т. д.).

E: SYS MENU

2 Управление прибором с передней панели

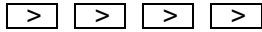
3 Перейдите ниже на уровень *команд* в меню **SYS MENU**.



Первым выбранным вариантом на этом уровне будет команда RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ).

1: RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ)

4 Перейдите к команде **СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)** на уровне *команд*.



В меню **SYS MENU (СИСТЕМНОЕ МЕНЮ)** доступно 11 вариантов выбора команд. У каждого из вариантов на этом уровне имеется числовой префикс для простоты обозначения (1: , 2: и т. д.).

9: СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)

5 Перейдите ниже на уровень к выбору параметров команды **СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)**.



Первый параметр команды **СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)** установлен в значение **ON (ВКЛ)** — он хранится в энергонезависимой памяти, и значение **ON (ВКЛ)** установлено по умолчанию на производстве.

Включено

6 Перейдите к варианту значения **OFF (ВЫКЛ)**.



У параметра **СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)** имеется два варианта значений.

OFF

7 Сохраните изменение и выключите меню.

Auto/Man
ENTER (ВВОД)

Прибор подаст звуковой сигнал и отобразит сообщение, указывающее, что изменение вступило в силу. Затем произойдет выход из меню. Теперь на дисплее прибора не отображаются разделители-запятые.

ENTERED

Пример меню 2

Следующее упражнение показывает, как воспользоваться функцией *возврата меню*, чтобы быстро вернуть настройку команды СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ) к ее исходному значению. *Перед тем как приступить к этому упражнению, необходимо выполнить шаги из Примера меню 1.*

1 Воспользуйтесь функцией возврата меню, чтобы вернуться к команде СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ).

Recall (Возврат)
Shift >

При этом вы вернетесь к команде СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ), поскольку это последняя команда, которая использовалась перед выходом из меню в Примере 1.

9: СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ)

2 Перейдите ниже к выбору параметров команды СОММА (РАЗДЕЛИТЕЛЬ).

v

Первый параметр установлен в значение OFF (ВЫКЛ) — это текущее значение было установлено в Примере 1.

OFF

2 Управление прибором с передней панели

3 Перейдите к варианту значения *ON* (ВКЛ).

>

Верните параметр в его исходное значение.

ON

4 Сохраните изменение и выключите меню.

Auto/Man
ENTER (ВВОД)

Прибор подаст звуковой сигнал и отобразит сообщение, указывающее, что изменение вступило в силу. Затем произойдет выход из меню.

ENTERED

Пример меню 3

Для некоторых команд в меню требуется ввод числового значения параметра. Выполнив следующие шаги, вы ознакомитесь со вводом чисел в меню. В этом примере вы установите значение нуля для канала 1 равным -30 мВ.

Убедитесь, что на измерительном приборе выбран канал 1, он работает в режиме измерения напряжения постоянного тока и отображается 6½ разрядов. Подключите короткозамыкающий четырехпроводной штепсель ко входу измерительного прибора.

1 Включите меню.

On/Off
Shift <

Вы входите в меню на уровне списка меню. Первым выбранным на этом уровне будет MEAS MENU (МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЙ).

A: MEAS MENU

- 2** Перейдите к варианту MATH MENU (МЕНЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ) на этом уровне.



На этом уровне доступно шесть вариантов выбора групп меню.

C: МЕНЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ (MATH)

- 3** Перейдите ниже на уровень команд в меню MATH MENU.



Первым выбранным вариантом на этом уровне будет команда STATS (СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ).

1: STATS

- 4** Перейдите к команде NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ).




2: NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ)

- 5** Перейдите ниже, чтобы изменить параметр NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ).



Когда вы впервые попадаете в этот пункт меню, нулевое значение должно быть равно 0,000000 V. В этом примере сначала вы установите нулевое значение равным -0,300000 вольт.

▲ 0.000,000,0 V

Когда на дисплее слева виден мигающий значок «▲», можно прервать изменение параметра и вернуться к уровню команд, нажав .

2 Управление прибором с передней панели

6 Сделайте число отрицательным.



Самый левый из отображаемых на дисплее символов переключается между +, – и Λ .

– 0.000,000,0 V

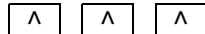
7 Переведите мигающий курсор на второй разряд, чтобы редактировать его.



Обратите внимание, что мигает цифра справа от разделителя-десятичной точки.

– 0.000,000,0 V

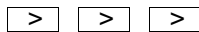
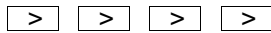
8 Увеличивайте значение цифры, пока не отобразится цифра «3».



Каждую из цифр разрядов можно увеличивать или уменьшать по отдельности. Такие изменения не затрагивают цифры соседних разрядов.

– 0.300,000,0 V

9 Переведите мигающий курсор на место индикации единиц измерения.



Обратите внимание, что обозначение единиц измерения с правой стороны дисплея мигает.

– 0.300,000,0 V

10 Уменьшите отображаемое число на порядок (в 10 раз).

Обратите внимание, что положение десятичной точки-разделителя изменилось, отображаемое на дисплее число увеличилось в 10 раз, но загорелся индикатор **mV** (милливольты).

11 Сохраните изменение и выключите меню.

ENTER (ВВОД)

Прибор подаст звуковой сигнал и отобразит сообщение, указывающее, что изменение вступило в силу. Затем произойдет выход из меню.

Вы вернетесь к обычному отображению измерений, и, если установлен короткозамыкающий четырехпроводной штепсель, на дисплее отобразятся положительные показания измерения, близкие по величине к только что введенному значению нуля.

На дисплее загорится индикатор **Null** (Нуль).

Учитывайте, что включена установка нулевого значения, и теперь в качестве нулевого значения для измерений используется величина -0,03 вольта.

Чтобы очистить нулевое значение, нажмите .

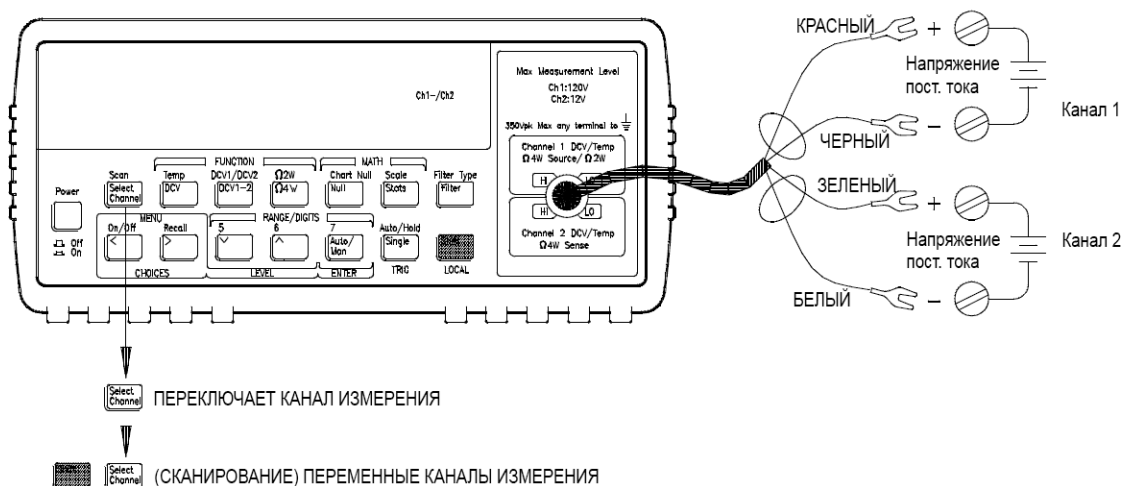
Совет можно воспользоваться функцией возврата меню, чтобы выполнять меньше действий в меню при вводе нулевого значения. Сначала нажмите на передней панели, затем нажмите (Возврат меню). Прибор перейдет к команде 2: NULL VALUE (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ). Нажмите . Нулевое значение на дисплее — это первое показание, измеренное после того, как вы включите параметр NULL (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ). Затем можно изменить это число описанным выше образом.

ПРИМЕЧАНИЕ

На этом учебное руководство по меню передней панели завершается. В оставшейся части главы описывается несколько наиболее распространенных операций с передней панелью.

Выбор входного канала

Для измерений напряжения доступно два независимых входных канала.



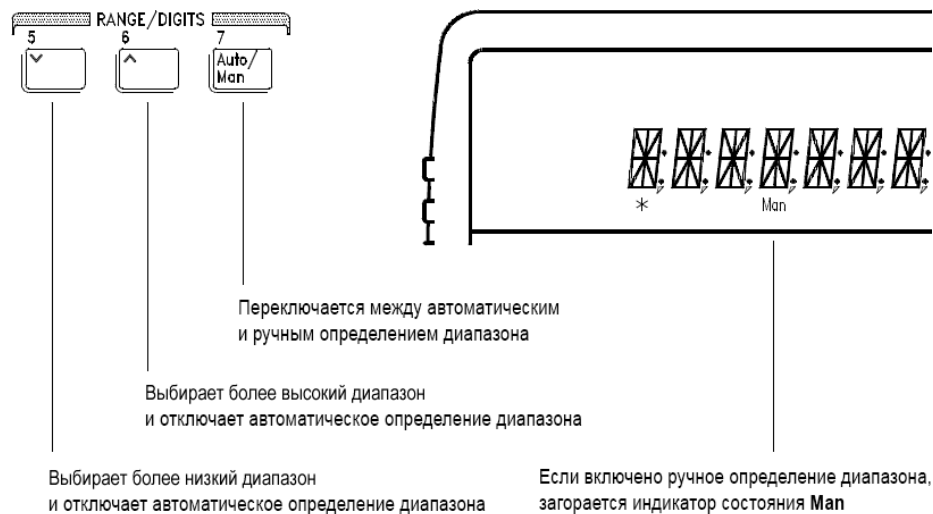
- Нажатие кнопки **Channel** переключает отображение на дисплее показаний между каналом 1 и каналом 2.
- Нажатие **Shift Channel** (Scan) (Сканирование) включает режим поочередного отображения данных канала 1 и канала 2. Чтобы прекратить работу в этом режиме, нажмите **Channel** еще раз.

ПРИМЕЧАНИЕ

В режиме сканирования переключение между входными каналами происходит каждые 3 секунды или при каждом измерении (в зависимости от того, что занимает больше времени). Если вы работаете в режиме сканирования, отключите все входные фильтры (как цифровые, так и аналоговые) — см. на **странице 70**.

Выбор диапазона

Можно позволить прибору автоматически выбирать диапазон (*автоматическое определение диапазона*) или же выбрать фиксированный диапазон (*выбор диапазона вручную*).



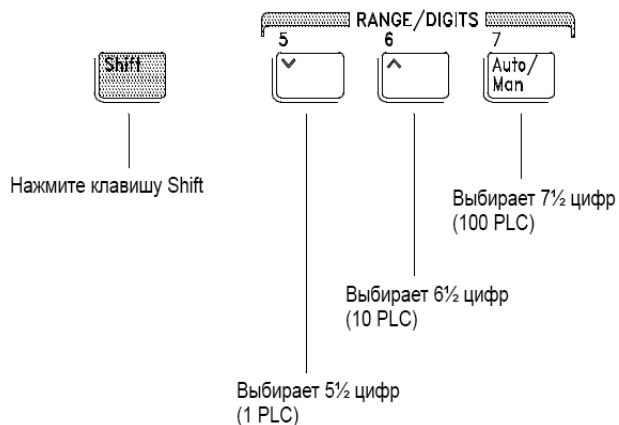
- Автоматическое определение диапазона выбирается после включения питания, а также после сброса по удаленному интерфейсу.
- Пороговые уровни для автоматического определения диапазона:
 - Понижение диапазона при $< 10\%$ текущего диапазона
 - Повышение диапазона при $> 120\%$ текущего диапазона
- Если входной сигнал слишком велик для измерения в текущем диапазоне, прибор выдаст индикацию *перегрузки* (индикатор «OVLD»).
- При измерении разностей или соотношений индикация перегрузки («OVLD») появляется в случае перегрузки по любому из каналов.

ПРИМЕЧАНИЕ

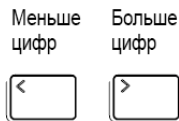
Для измерений напряжения вариант выбора диапазонов устанавливается локально для каждого выбранного канала. Это означает, что способ выбора диапазонов (автоматический или вручную) можно задавать для каждого канала независимо. При выборе диапазона вручную выбранный диапазон устанавливается локально для активного в текущий момент канала; прибор сохраняет настройку диапазонов канала при переключении между каналами.

Установка и изменение числа разрядов

Дисплей можно настроить на отображение $4\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{2}$ или $7\frac{1}{2}$ разрядов. В этом руководстве старший значащий разряд (самый левый на разряде) считается «половиной разряда» ($\frac{1}{2}$), так как он может принимать только значения «0» и «1». Число отображаемых разрядов также зависит от установленного времени усреднения — см. [странице 57](#).



- После включения, а также после сброса по удаленному интерфейсу устанавливается отображение $6\frac{1}{2}$ разрядов.
- Число отображаемых разрядов зависит от времени усреднения и настроек фильтра. Прибор не позволит выбрать отображение большего числа разрядов, чем обеспечивается практическими рабочими характеристиками прибора в текущем режиме. В то же время число отображаемых разрядов можно уменьшить.



Установка времени усреднения

Время усреднения указывается в форме числа периодов сети питания («NPLC»). Для параметра NPLC можно выбрать значения 0,02, 0,2, 1, 2, 10, 20, 100 или 200.

- Переключать время усреднения, выбирая одно из трех фиксированных значений, можно посредством выбора числа отображаемых разрядов — см. на [странице 56](#).
- Время усреднения можно установить в меню MEASure (ИЗМЕРЕНИЕ) с помощью команды INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ).
- Время усреднения непосредственно связано с максимальным числом разрядов, которое может отображать измерительный прибор.

NPLC	Фильтр выкл. Макс. отобр. разрядов	Фильтр вкл. Макс. отобр. разрядов
0,02	4½	5½
0,2	5½	6½
1	6½	7½
2	6½	7½
10	6½	7½
20	7½	7½
100	7½	7½
200	7½	7½

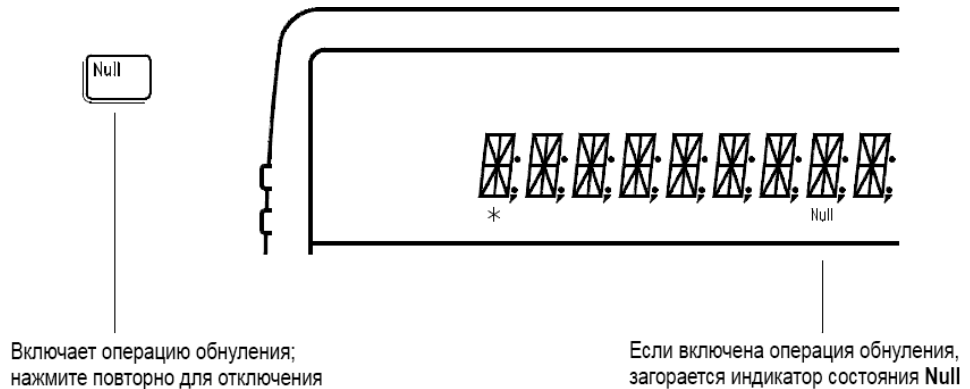
- Число отображаемых разрядов можно всегда установить меньшим, чем максимально возможное (минимальное число отображаемых разрядов — 4½).

ПРИМЕЧАНИЕ

Время усреднения задается локально для выбранной функции. Это означает, что для каждой из функций можно независимо установить собственное время усреднения. Измерительный прибор восстанавливает заданное ранее время усреднения при переключении между функциями.

Выполнение нулевых (относительных) измерений

Каждое нулевое измерение (измерение с нулем), также называемое *относительным* измерением — это разность между сохраненным значением нуля и входным сигналом. См. на [странице 92](#).

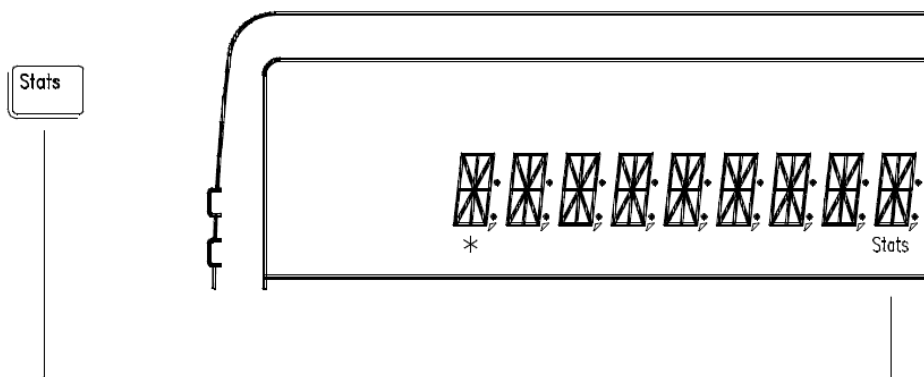


Показания = измерение – значение нуля

- Нулевые измерения можно производить в любой функции и по любому каналу. Значение нуля можно задавать независимо для каждого канала и каждой функции. Измерительный прибор восстанавливает установленное ранее для данного канала или функции значение нуля при переключении между входными каналами или функциями.
- Чтобы задать нулевое значение сопротивления измерительных наконечников для более точных двухпроводных измерений сопротивления, закоротите концы измерительных наконечников между собой, затем нажмите **Null**.
- Первое показание, измеренное после нажатия кнопки **Null**, сохраняется в качестве нулевого значения в нулевом регистре. Любые ранее хранившиеся там значения заменяются этим новым значением.
- После включения нулевых значений сохраненное в памяти нулевое значение можно изменить, нажав **Shift** **>** (Возврат меню). При этом вы вернетесь к команде «NULL VALUE» (НУЛЕВОЕ ЗНАЧЕНИЕ) в меню MATH (МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ), но только при условии, что нулевое значение включено. Перейдите на уровень параметров, затем измените отображаемое значение.

Сохранение минимальных и максимальных показаний (статистики)

Выполняя ряд измерений, можно сохранять минимальное и максимальное показание. Ниже описывается, как определить минимальное, максимальное и среднее значения, полный размах амплитуды, стандартное отклонение показаний и число измеренных показаний.



Включает операцию статистики; нажмите еще раз для отключения

Если включена операция статистики, загорается индикатор состояния **Stats**

- Статистические функции можно использовать с любой функцией прибора. При изменении функции (переходе к измерениям другого вида величин) статистические операции выключаются.
- Переключение входных каналов или выбор режима сканирования не отключает статистические функции. В то же время в сохраняемых показаниях не указывается, по какому из входных каналов они были получены.
- После включения статистических функций можно узнать сохраненные значения минимума, максимума, средней величины, стандартного отклонения, размаха амплитуды и количества измерений, нажав **[Shift]** **[>]** (Возврат меню). При этом вы вернетесь к команде «STATS» (СТАТИСТИКА) в меню MATH (МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ), но только при условии, что статистические функции включены. Перейдите на уровень параметров **[v]**, затем просматривайте значения, нажимая **[<]** или **[>]**.
- После ознакомления с сохраненными значениями нажмите **[Shift]** **[<]** (Вкл./выкл. меню) – прибор вернется к выводу измерений, и работа статистических операций продолжится.

2 Управление прибором с передней панели

- Сохраненные значения очищаются при включении функций статистики, отключении питания прибора, а также при выполнении возврата к предварительно заданным настройкам или сбросе по удаленному интерфейсу.
- Средняя величина и стандартное отклонение рассчитываются для всех показаний, измеренных с момента включения статистических функций (а не только как среднее сохраненных минимального и максимального значений). Количество — это общее число показаний, измеренных с момента включения статистических функций.

Запуск измерительного прибора по условию

Управление запуском измерительного прибора по условию с передней панели возможно по *одиночным* запускам или *автоматическим условиям запуска*.



- Режим автоматических условий запуска устанавливается при включении питания прибора. Обратите внимание, что при каждом измерении загорается индикатор * (выборка).
- В режиме одиночных запусков одно показание измеряется при каждом нажатии [Single], после чего прибор ожидает следующего запуска. Продолжайте нажимать эту кнопку, чтобы подавать очередные запуски для измерительного прибора.

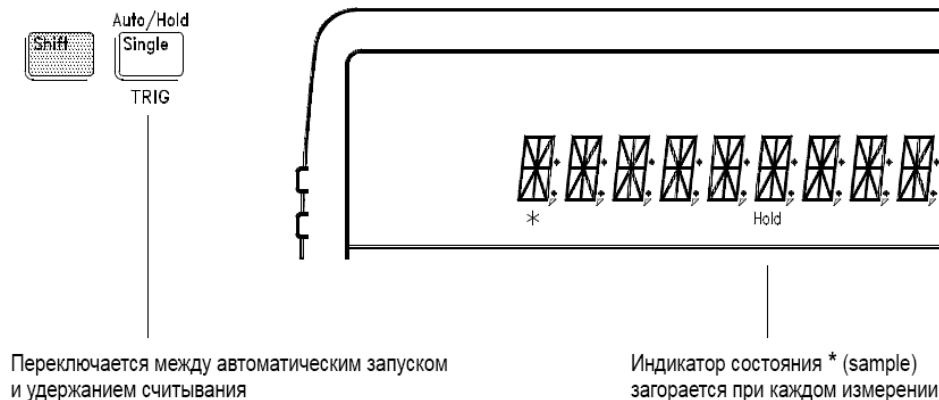
Использование внешнего запуска

Режим внешних запусков также выбирается нажатием кнопки [Single]. Он сходен с режимом одиночных запусков, за исключением того что импульс запуска подается на клемму *Ext Trig (Внешний запуск)* на задней панели. Срабатывание по запуску происходит по отрицательному фронту импульса ТТЛ.

Кнопка [Single] на передней панели отключается на время работы в режиме удаленного управления.

Использование удержания показаний

Функция удержания показаний позволяет фиксировать и удерживать на дисплее стабильное значение показаний. При обнаружении стабильного показания измерительный прибор подает звуковой сигнал и фиксирует значение на дисплее.



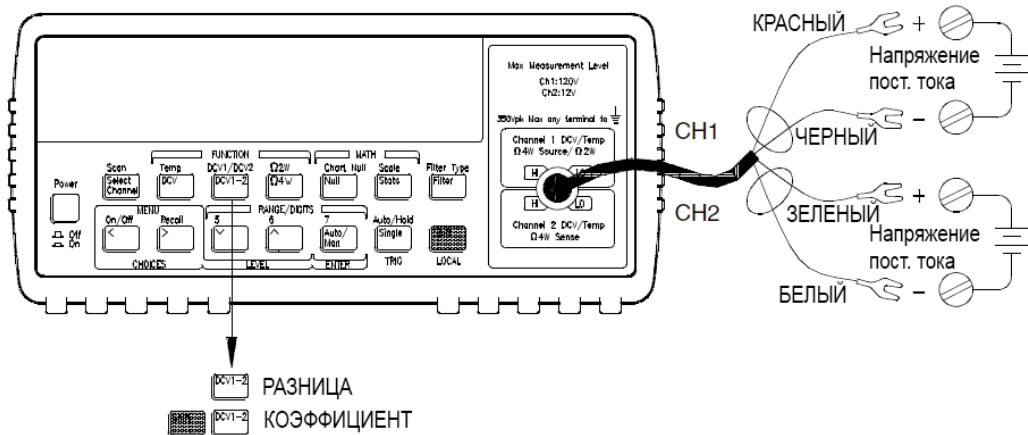
- Для режима удержания показаний можно регулировать *диапазон чувствительности*, определяя, какие показания будут считаться достаточно стабильными для их отображения. Полоса определяется как процент от показаний в выбранном диапазоне. Прибор будет фиксировать и отображать новые значения лишь после того, как *три* последовательных измерения окажутся в пределах этого диапазона.
- Ширина диапазона по умолчанию — 0,10 % от величины показания. После включения удержания показаний можно выбрать другую ширину диапазона, нажав **Shift** **>** (Возврат меню). При этом вы вернетесь к команде «READ HOLD» (УДЕРЖАНИЕ ПОКАЗАНИЙ) в меню TRIG (МЕНЮ ЗАПУСКОВ), *но только при условии, что удержание показаний включено.*
Перейдите на уровень параметров и выберите значение: 0.01 %, **0.10 %**, 1.00 % или 10.00 % от величины показания.
- Ширина диапазона чувствительности сохраняется в энергозависимой памяти; после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу измерительный прибор устанавливает ширину диапазона равной 0,10 % от величины показания.

Выполнение измерений соотношения и разности напряжений

Чтобы рассчитать соотношение напряжений, прибор измеряет напряжения, приложенные ко входным клеммам **канала 1** и ко входным клеммам **канала 2**. Расчет производится следующим образом:

$$\text{Difference} = ((\text{Ch 1 voltage} - \text{Ch 1 Null}) - (\text{Ch 2 voltage} - \text{Ch 2 Null})) - \text{Null}^{[1]}$$

$$\text{Ratio} = \frac{(\text{Ch 1 voltage} - \text{Ch 1 Null})}{(\text{Ch 2 voltage} - \text{Ch 2 Null})}$$



- Максимальный входной сигнал по **каналу 1** равен 120 В пост. тока, прибор автоматически определяет диапазон по фактическому входному значению, или же диапазон можно установить вручную.
- Максимальный входной сигнал по **каналу 2** равен 12 В постоянного тока, прибор автоматически определяет диапазон по фактическому входному значению, или же диапазон можно установить вручную.
- Максимальная разность напряжений между **LO 1 канала** и **LO 2 канала** составляет 150 В пос. тока.
- Если используются нулевые значения, они задаются независимо для каждого из каналов. Также можно установить дополнительное нулевое значение^[1] для разности. Если на любом из входных каналов установлено нулевое значение, то при выборе функции разности индикатор «Null» (Нулевое значение) будет мигать. В случае установки нулевого значения для разности индикатор «Null» будет гореть непрерывно.

[1] Установка нулевого значения для разности доступна только с передней панели.

Использование памяти показаний

Во внутренней памяти измерительного прибора может храниться до 1024 показаний. Выполнив следующие шаги, вы узнаете, как сохранять показания в памяти и вызывать их из памяти.

1 Выберите функцию.

Выберите любую функцию измерения (тип измеряемой величины). При работе с памятью показаний функцию можно изменить в любой момент.

2 Выберите режим одиночных запусков.

Single

Обратите внимание, что загорелся индикатор **Trig** (Запуск). При включенной памяти показаний сохранение показаний в памяти происходит при поступлении запуска на прибор.

В этом примере для сохранения показаний используются одиночные запуски. Также можно использовать автоматические условия запуска или удержание показаний.

3 Включите меню.

On/Off
Shift <

A: MEAS MENU

4 Перейдите к варианту SYS MENU (СИСТЕМНОЕ МЕНЮ) на этом уровне.

< < <

B: SYS MENU

5 Перейдите ниже на уровень к команде RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ).

v

1: RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ)

- 6** Перейдите ниже на уровень, затем перейдите к варианту выбора «ON» (ВКЛ).



Включено

- 7** Сохраните изменение и выйдите из меню.

Auto/Man
ENTER (ВВОД)

Обратите внимание, что загорелся индикатор **Mem** (Память), указывающий, что прибор готов сохранять показания. В памяти может сохраняться до 1024 показаний, она организована по принципу FIFO (при переполнении удаляются самые давние показания). Когда память заполнится, индикатор **Mem** (Память) погаснет.

Показания сохраняются до момента следующего включения памяти показаний, выключения питания или сброса по удаленному интерфейсу.

- 8** Подайте три запуска на прибор.

Single Single Single

При этом в памяти сохраняется три величины показаний.

- 9** Воспользуйтесь возвратом меню, чтобы вызвать из памяти сохраненные показания.

Recall (Возврат)
Shift >

Вы перейдете к команде «SAVED RDGS» (СОХРАНЕННЫЕ ПОКАЗАНИЯ) в меню SYS MENU (СИСТЕМНОЕ МЕНЮ).

2: SAVED RDGS (СОХРАНЕННЫЕ ПОКАЗАНИЯ)

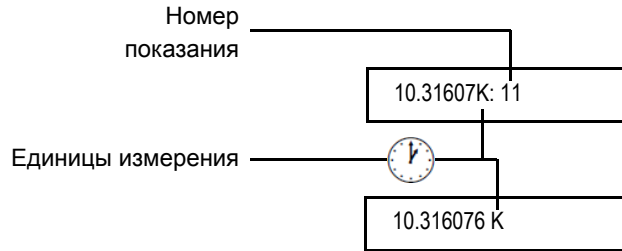
- 10** Перейдите ниже на уровень, чтобы просмотреть первое сохраненное показание.

Память показаний автоматически выключается при переходе к уровню параметров в меню.

Первым отображается показание, которое было измерено первым (память работает по принципу FIFO). Если в памяти нет сохраненных показаний, выво-

2 Управление прибором с передней панели

дится сообщение «EMPTY» (ПУСТО). Отображаются первые пять цифр значения показания, а также номер показания. После небольшой паузы номер показания убирается с дисплея, и становятся видны все разряды показания. Сохраненные показания выводятся вместе с их единицами измерения (m, m, k и т. д.), когда это возможно. Пример:



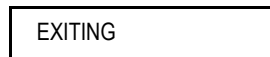
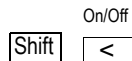
11 Переходите между параметрами того же уровня, чтобы просмотреть два оставшихся показания.



Сохраненные показания «размещены» горизонтально на уровне параметров.

При нажатии < сразу после входа на уровень параметров вы перейдете к последнему сохраненному показанию и сможете узнать, сколько всего показаний сохранено в памяти.

12 Выключите меню.



Нановольтметр/микроомметр Keysight 34420A

Руководство по эксплуатации

3

ФУНКЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ

Функции и возможности	68
Общие настройки измерений	70
Конфигурация для измерения напряжения	80
Конфигурация для измерения сопротивления	83
Конфигурация для измерения температуры	86
Математические операции	89
Выполнение нулевых (относительных) измерений	92
Удержание показаний	94
Запуск измерений	95
Связанные с системой операции	105
Клемма «Вольтметр отработал»	111
Клемма внешнего запуска	112
Выход на самописец (аналоговый выход)	113
Настройка удаленного интерфейса	117
Калибровка	123
Настройки по умолчанию, состояние после включения и сброса	128

ФУНКЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ

В этой главе можно легко найти все подробности о работе тех или иных функций измерительного прибора. Она будет полезной как при работе с прибором с передней панели, так и при управлении через удаленный интерфейс.

Эта глава состоит из следующих разделов:

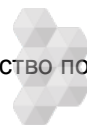
- «**Общие настройки измерений**» на странице 70
- «**Конфигурация для измерения напряжения**» на странице 80
- «**Конфигурация для измерения сопротивления**» на странице 83
- «**Конфигурация для измерения температуры**» на странице 86
- «**Математические операции**» на странице 89
- «**Выполнение нулевых (относительных) измерений**» на странице 92
- «**Удержание показаний**» на странице 94
- «**Запуск измерений**» на странице 95
- «**Связанные с системой операции**» на странице 105
- «**Клемма «Вольтметр отработал»**» на странице 111
- «**Клемма внешнего запуска**» на странице 112
- «**Выход на самописец (аналоговый выход)**» на странице 113
- «**Настройка удаленного интерфейса**» на странице 117
- «**Калибровка**» на странице 123
- «**Настройки по умолчанию, состояние после включения и сброса**» на странице 128

При чтении этой главы будут полезны навыки работы с меню передней панели. Если вы еще не прочли в **Разделе 2, «Управление прибором с передней панели»** начало на **странице 39**, возможно, стоит прочесть ее сейчас. В **Разделе 4, «Справочник по удаленному интерфейсу»** начало на **странице 131** содержится описание синтаксиса команд SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), с помощью которых можно программировать измерительный прибор.

ПРИМЕЧАНИЕ

В данном руководстве для синтаксиса команд SCPI используются следующие обозначения. Квадратные скобки ([]) обозначают необязательные ключевые слова или параметры. В фигурные скобки ({ }) включаются списки параметров, разделяемых вертикальной чертой (|), когда следует использовать только одно из приведенных значений. Треугольные скобки (< >) означают, что необходимо подставить значение заключенного в них параметра.

Реальная строка команды, которую вы отправляете на прибор, не должна содержать ни одного из вышеприведенных условных обозначений.

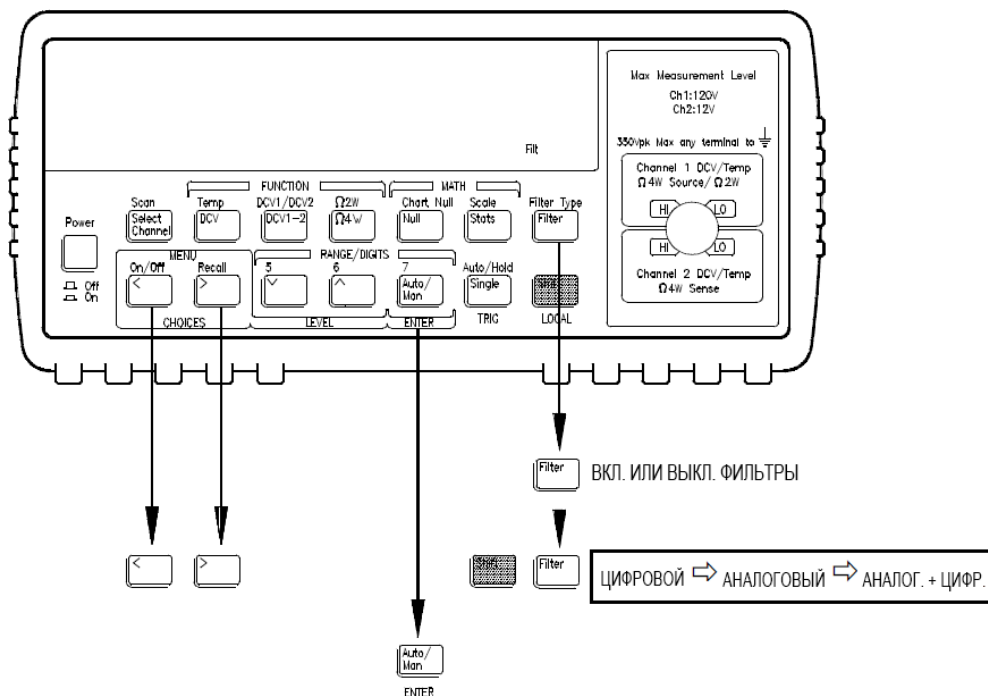


Общие настройки измерений

Сведения этого раздела помогут вам настроить измерительный прибор для выполнения измерений. Возможно, вам никогда не потребуется изменять ни один из рассматриваемых здесь параметров; тем не менее, их описание приводится для дополнительной возможной гибкости при измерениях.

Входные фильтры

В приборе доступно два входных фильтра — цифровой фильтр и аналоговый фильтр. Можно включить цифровой фильтр, аналоговый фильтр или оба одновременно. Цифровой фильтр может использоваться для измерений всех типов. Аналоговый фильтр доступен только для измерений температуры с помощью термопар и для измерений напряжения в диапазонах 1 мВ, 10 мВ и 100 мВ.



- **Работа с передней панелью:** Нажмите `[Shift]` `[Filter]` и прокрутите меню к варианту DIGITAL (ЦИФРОВОЙ), ANALOG (АНАЛОГОВЫЙ) или ANA + DIG (АН.+ЦИФР). Нажмите `[Enter]`, чтобы включить фильтр выбранного типа. Нажимайте кнопку `[Filter]` для включения и выключения фильтра.

Чтобы настроить усреднение для цифрового фильтра, выберите в меню MEASurement (ИЗМЕРЕНИЕ) 1: команду DIG FILTER (ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР).

- **Удаленное управление:** следующие команды выключают и включают фильтр, а также задают число цифровых фильтров:

```
INPut:FILTer
:STATe {OFF|ON}
:TYPE {ANALog|DIGital|BOTH}
:DIGital:RESPonse {SLOW|MEDIum|FAST}
:DIGital:PRECharge {ON|OFF}
```

Использовать фильтры при удаленном управлении прибором **не рекомендуется**. Команда

```
INPut:FILTer:STATe OFF
```

выключает фильтры. Цифровой фильтр также выключается после удаленного сброса (*RST) и после сброса настроек (SYStem:PREset).

Используйте команду математической операции (AVERAge), чтобы получить одно показание, которое будет средним значением ряда показаний (см. на [странице 166](#)). Пример программы приведен на [странице 245](#) в [Разделе 6](#).

При попытках использовать цифровой фильтр во время удаленной работы учитывайте следующие особые моменты.

Для стабилизации цифрового фильтра требуется определенное число измерений (10, 50 или 100). Показания цифрового фильтра получаются лишь после того, как измерительный прибор получает запуск для начала измерения. При удаленной работе измерение производится только по запросу. Например, если для цифрового фильтра установлен средний режим работы — MEDIUM (50 показаний), то потребуются запросить (активировать запуском) 50 измерений по удаленному интерфейсу, прежде чем фильтр стабилизируется. Также возможна ситуация, когда после 50 измерений показаний фильтр все еще не будет стабилизирован, как описано в следующем абзаце.

Регистр STATus:OPERational:CONDition содержит бит, указывающий стабилизированное/нестабилизированное состояние цифрового фильтра для каждого отдельного показания. См. на [странице 187](#) в [Разделе 4](#). Следует проверять, установлен ли этот бит, для каждого показания, чтобы убедиться, что не произошел сброс счетчика цифрового фильтра (операция сброса фильтра описывается в следующем разделе).

Цифровой фильтр

- Цифровой фильтр — это фильтр скользящего среднего. При расчете отображаемого показания все измеренные показания учитываются с равными весами.
- Доступно три цифровых фильтра:
 - SLOW (медленный — усреднение последних 100 показаний),
 - MEDIUM (средний — усреднение последних 50 показаний), и
 - FAST (быстрый — усреднение последних 10 показаний).
- Когда цифровой фильтр включен, индикатор «Filt» (фильтр) мигает, пока не будет набрано требуемое число измерений. Показание, которое отображается на дисплее до того, как индикатор «Filt» станет гореть непрерывно — это среднее значение измерений, выполненных на текущий момент. Например, если фильтр установлен в режим MEDIUM (усреднение 50 показаний), то после 20 измерений будет отображаться среднее значение этих 20 измерений. При этом индикатор «Filt» продолжит мигать, пока не будет выполнено 50 измерений.
- Счетчик фильтра сбрасывается (а индикатор «Filt» начинает мигать) при изменении типа измерений, их диапазона, времени усреднения или канала.
- Счетчик фильтра также сбрасывается, если измерение выходит за пределы установленного диапазона для усреднения. Величина отклонения входных показаний, необходимого для сброса счетчика фильтра, составляет:

	Диапазон 1 мВ	Все прочие диапазоны
FAST	± 400 м. д. диапазона	± 100 м. д. диапазона
MEDIUM	± 700 м. д. диапазона	± 300 м. д. диапазона
SLOW	± 2000 м. д. диапазона	± 1000 м. д. диапазона

Аналоговый фильтр

Аналоговый фильтр — это двухполюсный фильтр пропускания нижних частот на 11 Гц. Используйте этот фильтр для удаления частотного шума из входных измерений.

- Для стабилизации фильтра требуется около 300 мс после подачи сигнала на вход. Таким образом, применение фильтра значительно снижает скорость измерений.
- Используйте аналоговый фильтр лишь в случаях, когда наводки от сети питания (50/60 Гц) вызывают состояние перегрузки (OVLД). См. на *странице 79*.

- Аналоговый фильтр доступен в режимах измерения напряжения и измерения температуры с помощью термопары. При измерении сопротивления аналоговый фильтр недоступен.
- Аналоговый фильтр может работать в диапазонах 1 мВ, 10 мВ и 100 мВ.

Время усреднения

Время усреднения — это период, в течение которого аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) прибора производит выборку входного сигнала для измерения. Время усреднения влияет на разрешение при измерении (для более высокого разрешения устанавливайте более длительное время измерения) и на скорость измерения (для быстрых измерений используйте более короткое время усреднения).

- Время усреднения указывается в форме *числа периодов сети питания* («NPLC»). Доступны следующие варианты: 0,02, 0,2, 1, 2, **10**, 20, 100 и 200 периодов сети питания. *Значение по умолчанию — 10 периодов NPLC.*
- Время усреднения сохраняется в *энергозависимой* памяти; прибор выбирает значение 10 периодов NPLC после отключения питания или сброса по интерфейсу.
- Только целочисленные значения числа периодов сети питания (1, 2, 10, 20, 100 или 200 NPLC) обеспечивают подавление синфазного сигнала (частотного шума).
- Время усреднения непосредственно связано с максимальным числом разрядов, которое может отображать измерительный прибор. Число отображаемых разрядов можно всегда установить меньшим, чем максимально возможное (минимальное число отображаемых разрядов — 4½).

NPLC	Цифровой фильтр выкл. Макс. отобр. разрядов	Цифровой фильтр вкл. Макс. отобр. разрядов
0,02	4½	5½
0,2	5½	6½
1	6½	7½
2	6½	7½
10	6½	7½
20	7½	7½
100	7½	7½
200	7½	7½

- **Работа с передней панелью:** Время усреднения может задаваться косвенно при выборе числа разрядов (см. на [странице 56](#)).

Также время усреднения можно установить в меню MEASurement (ИЗМЕРЕНИЕ) с помощью команды

2: INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ)

- **Удаленное управление:** См. таблицу на [странице 146](#). Используйте одну из следующих команд:

```
[SENSe:]
  VOLT:DC:NPLC {0.02|0.2|1|2|10|20|100|200|MIN|MAX}
  FRES|RES
    :NPLC {0.02|0.2|1|2|10|20|100|200|MIN|MAX}
  TEMP:NPLC {0.02|0.2|1|2|10|20|100|200|MIN|MAX}
```

Время усреднения и разрешающая способность связаны между собой.

Команды CONFigure и MEASure? также могут задавать время усреднения — см. на [странице 146](#).

ПРИМЕЧАНИЕ

Время усреднения задается локально для выбранной функции. Это означает, что для каждой из функций можно независимо установить собственное время усреднения. Измерительный прибор восстанавливает заданное ранее время усреднения при переключении между функциями.

Уменьшение шума измерений

При высоких разрешающих способностях и низких уровнях измеряемых сигналов шум измерений может стать важным фактором, ограничивающим точность проводимых измерений. Один из возможных источников шума измерений — это проводка и кабели в схеме испытания. Эти источники шума и их воздействие описываются в [Разделе 7 «Учебное руководство по измерениям»](#). Более низкий уровень шума также внутренне присущ самому измерительному прибору.

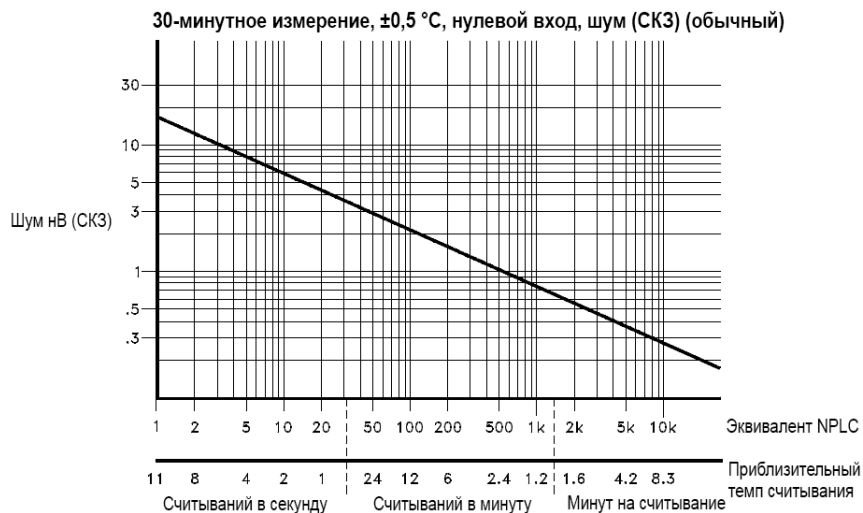
Чтобы минимизировать влияние шума на ваши измерения, используйте наибольшее возможное время усреднения (в NPLC) и усредняйте показания. Измерения с большей скоростью сильнее подвержены воздействию шума. Выбор оптимального времени усреднения (NPLC) и метода усреднения для ваших задач измерения представляет компромисс между скоростью получения показаний и допустимым уровнем шума в измеренных показаниях.

Перемножив время усреднения (в NPLC) и усреднение, можно получить *эквивалентное число периодов сети питания* (NPLC). Величина эквивалентного NPLC определяет скорость получения показаний и характеризует ожидаемый уровень шума. Усреднение в приборе может производиться как с помощью цифрового фильтра, так и за счет работы в статистическом режиме (Stats).

Показатели шума измерений прибора близко соответствуют теоретическим распределениям гауссова (нормального) шума. График на следующей странице показывает *типовые* измерения входного шума в диапазоне 1 мВ при короткозамыкающем штепселе с низкой термоздс, подключенном ко входным клеммам. Для измерений других величин и других диапазонов зависимость характеристик уменьшения шума от величины NPLC будет сходной.

Например, если установить значение NPLC равным 20 и включить цифровой фильтр на режим FAST (усреднение 10 показаний), то эквивалентное число NPLC будет равно 200. При эквивалентном NPLC, равном 200, скорость получения показания составляет приблизительно 6 показаний в минуту (при полной стабилизации цифрового фильтра), и можно ожидать типового уровня шума 1,6 нВ скв.

В то же время, если вы, например, проводите измерения каждые 5 минут, можно установить значение эквивалентного NPLC равным 5000, чтобы минимизировать влияние шума на показания. Эквивалентное NPLC, равное 5000, можно получить, установив время усреднения равным 100 периодам NPLC и включив цифровой фильтр в режиме MEDIUM (усреднение 50 показаний). При таком эквивалентном NPLC можно ожидать типового уровня шума 0,35 нВ скв.



- **Работа с передней панелью:** время усреднения может задаваться косвенно при выборе числа разрядов (см. на [странице 56](#)).

Также время усреднения можно установить в меню MEASurement (ИЗМЕРЕНИЕ) с помощью команды 2: INTEGRATE (УСРЕДНЕНИЕ).

Включите цифровой фильтр и установите усреднение показаний в фильтре, как описано на [странице 70](#).

- **Удаленное управление:** Установите время усреднения для функции измерений. Если это возможно, используйте NPLC 200. В случае использования команд CONFigure или MEASure см. таблицу на [странице 146](#).

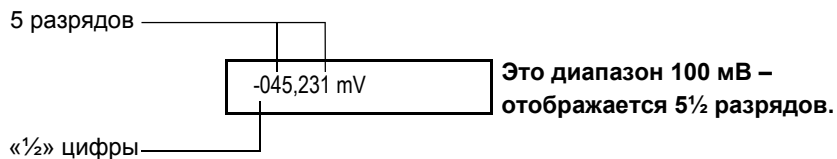
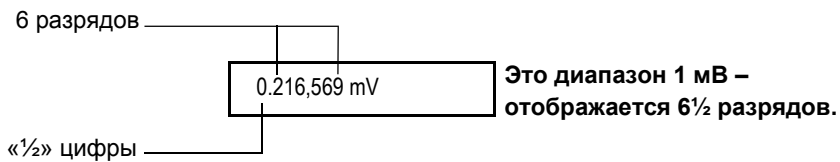
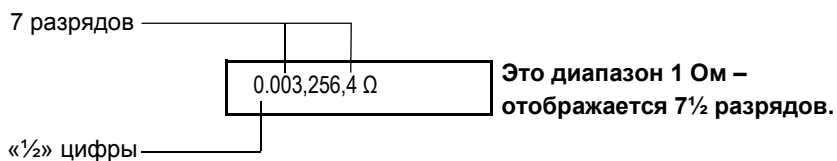
Используйте математические операции (AVERage) для усреднения показаний, или же усредняйте показания уже в вашей программе. Пример программы, которая использует математические операции для усреднения показаний, приведен на [странице 245](#) в [Разделе 6](#). *Не используйте цифровой фильтр для усреднения показаний — см. на [странице 71](#).*

Число отображаемых разрядов

Только при работе с передней панелью.

См. также «[Время усреднения](#)» на [странице 73](#).

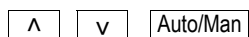
- Можно настроить отображение на дисплее 4, 5, 6 или 7 *полных разрядов* плюс «½» разряда — цифры, которая может быть равна только «0» или «1».
- Можно задать одним действием и число отображаемых разрядов, и время интеграции, нажимая кнопки цифр (см. на [странице 56](#)).
- Изменить число отображаемых разрядов, не меняя время усреднения, можно, нажимая кнопки < и > keys (см. на [странице 56](#)).
- После включения, а также после сброса настроек или сброса по удаленному интерфейсу устанавливается отображение 6½ разрядов.
- Число отображаемых разрядов зависит от времени усреднения и настроек фильтра. Прибор не позволит выбрать отображение большего числа разрядов, чем обеспечивается практическими рабочими характеристиками прибора в текущем режиме. В то же время число отображаемых разрядов можно уменьшить. Минимальное число отображаемых разрядов — 4½. (См. таблицу на [странице 73](#)).



Выбор диапазона

Можно позволить прибору автоматически выбирать диапазон (*автоматическое определение диапазона*) или же выбрать фиксированный диапазон (*выбор диапазона вручную*). Автоматическое определение диапазона удобно, поскольку прибор автоматически определяет подходящий диапазон для каждого измерения. Тем не менее, выбор диапазона вручную можно использовать, чтобы ускорить измерения, так как прибору не придется определять, какой из диапазонов следует использовать при каждом измерении.

- Выбранный режим (автоматическое определение или ручной выбор диапазона) сохраняется в *энергозависимой* памяти; после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу восстанавливается режим автоматического определения.
- Пороговые уровни для автоматического определения диапазона:
 - Понижение диапазона при <10% текущего диапазона
 - Повышение диапазона при >120% текущего диапазона
- Если входной сигнал слишком велик для измерения в текущем диапазоне, прибор выдает *индикацию перегрузки*: «OVLД» на передней панели или «9.90000000E+37» через удаленный интерфейс.
- Для измерения соотношений и разности указываемый диапазон задается независимо для **канала 1** и для **канала 2**.
- **Работа с передней панелью:** Нажимайте кнопку RANGE (ДИАПАЗОН) на передней панели для включения выбора диапазона вручную, а также для перехода между диапазонами вверх или вниз. Нажмите кнопку Auto/Man (Авто/вручную), чтобы вернуться к автоматическому выбору диапазона. См. также *«Выбор диапазона» на странице 55*.



- **Удаленное управление:** Диапазон задается параметрами в подсистемах MEASure и CONFigure. Пример:

CONF:VOLT:DC 10.0	<i>Устанавливает диапазон 10 вольт постоянного тока</i>
Диапазон можно устанавливать непосредственно в подсистеме SENSE. Пример:	
SENS:VOLT:DC:RANGe 0.001	<i>Устанавливает диапазон 1 мВ постоянного тока</i>
SENS:RES:RANGE:AUTO	<i>Устанавливает автоматическое определение диапазона для измерений сопротивления по 2-проводной схеме</i>

Обнаружение перегрузки

В модели 34420A используются как цифровое, так и аналоговое обнаружение состояния перегрузки, при котором выводится сообщение OVLD (ПЕРЕГРУЗКА). Понимание причин перегрузки может помочь в осуществлении более точных измерений.

Цифровое обнаружение перегрузки

Цифровое обнаружение перегрузки срабатывает, когда величина измерения составляет более 120 % от величины диапазона. Например, в диапазоне 1 вольт сигналы уровня более чем $\pm 1,2$ вольта вызовут отображение на дисплее сообщения OVLD (ПЕРЕГРУЗКА).

Аналоговое обнаружение перегрузки

Другой вид перегрузки может приводить к трудно обнаруживаемым ошибкам измерения. Например, если сигнал перегрузочного уровня имеет место лишь в течение части периода измерения, входной усилитель может выйти в нелинейный режим, что приведет к неточным показаниям. Отображаемый результат может казаться правильным, поскольку перегрузочный сигнал имел место лишь в течение небольшой доли цикла измерения. 34420A обнаруживает такие проблемные ситуации благодаря компараторам на входном усилителе. В случае обнаружения сигналов, достаточно больших, чтобы перегрузить входной усилитель, на дисплее появляется сообщение OVLD (ПЕРЕГРУЗКА). Компараторы обнаруживают сигналы, которые составляют более 140% от настроенного диапазона.

В случае возникновения перегрузки решить проблему можно двумя способами.

- При установке измерительного прибора на следующий, больший диапазон, способность обработки сигналов с перегрузкой улучшится в 10 раз. Например, если производится измерение в диапазоне 1 мВ, но наводка от сети питания (50 или 60 Гц) составляет 2 мВ, то компараторы перегрузки шума обнаружат пики в сигналах, и отобразится сообщение OVLD. Если установить диапазон равным 10 мВ, то разрешающая способность (при 7 разрядах) останется равной 1 нановольту, а скорость измерения будет выше, чем при включенном аналоговом фильтре (ANALOG FILTER). Кроме того, шум в диапазоне 10 мВ почти настолько же низок, как и в диапазоне 1 мВ.
- Вместо этого при работе в диапазонах 1 мВ, 10 мВ или 100 мВ можно включить аналоговый фильтр (ANALOG FILTER). При включенном фильтре скорость получения показаний снижается. В случае больших перегрузок (например, шума 20 мВ скв при работе в диапазоне 1 мВ) использование аналогового фильтра (ANALOG FILTER) обеспечит в результате меньший шум, чем переход на диапазон 100 мВ.

Конфигурация для измерения напряжения

Входные каналы

У измерительного прибора есть два независимых канала для измерения напряжения в вольтах постоянного тока. Измерения можно производить по одному или обоим каналам, измерять разность между каналами или измерять соотношение между каналами. У каждого из каналов нулевое значение и диапазон устанавливаются по отдельности.

На рисунке на [странице 29](#) показаны подключения двух входных каналов.

- **Канал 1** — это входной канал по умолчанию. Для обоих каналов применяется одна и та же настройка времени усреднения.
- Максимальный измеряемый входной сигнал на **канале 1** равен 120 В, на **канале 2** — 12 В.
- Для работы с двумя каналами максимальная разность напряжений между LO **канала 1** и LO **канала 2** составляет ± 150 В.
- Для обоих каналов максимальное неразрушающее напряжение на входе составляет ± 150 В.
- Если включить входные фильтры, то фильтры будут активны для обоих входных каналов. Переключение между каналами сбрасывает количество показаний цифрового фильтра (см. на [странице 72](#)).
- **Работа с передней панелью:** Переключайте входной канал, нажимая кнопку Channel (Канал) на передней панели. На дисплее будет загораться соответственно индикатор **CH1** или **CH2**. Измерительный прибор сохраняет настройки диапазона и нуля независимо для каждого из каналов.

Channel

Выбор режима сканирования, при котором поочередно выводятся показания каналов **CH1** и **CH2**. Отключите цифровой фильтр при использовании режима сканирования. В режиме сканирования прибор поочередно переключается между показаниями каналов **CH1** и **CH2** каждые 3 секунды или при каждом измерении (в зависимости от того, что занимает больше времени).

Scan

Shift Channel

- **Удаленное управление:** в подсистемах CONFigure и MEASure для указания входного канала 1 или 2 используется необязательный параметр:

CONF:VOLT:DC DEF, DEF,(@FRONT1) *Работа с каналом 1*

CONF:VOLT:DC DEF, DEF,(@FRONT2) *Работа с каналом 2*

Подсистема SENSE использует для указания канала изменение ключевого слова:

SENS1:VOLT:DC:RANG:AUTO *Работа с каналом 1*

SENS2:VOLT:DC:RANG:AUTO *Работа с каналом 2*

Измерения по двум каналам

- **Измерения разности:** сначала установите диапазон и нулевое значение для каждого из входных каналов. Затем выберите измерения разности.

$Difference = ((Ch\ 1\ voltage - Ch\ 1\ Null) - (Ch\ 2\ voltage - Ch\ 2\ Null)) - Null^{[1]}$

- **Измерения соотношения:** сначала установите диапазон и нулевое значение для каждого из входных каналов. Затем выберите измерения соотношения.

$Ratio = \frac{(Ch\ 1\ voltage - Ch\ 1\ Null)}{(Ch\ 2\ voltage - Ch\ 2\ Null)}$

- **Удаленное управление:** используйте следующие команды, чтобы произвести измерение разности или соотношения, либо настроить такое измерение. Настройте для каждого из каналов соответствующие диапазон и условия нуля с помощью следующих команд:

```
[SENSe1:|SENSe2:]
VOLTage:DC
:RANGE <диапазон>
:NULL:STATe {OFF|ON}
:NULL:VALue {<значение>|MIN|MAX}
```

[1] Установка нулевого значения для разности доступна только с передней панели.

3 Функции и возможности

Затем используйте следующие команды, чтобы измерить соотношение или разность:

```
MEASure:VOLTage:DC
+ :RATIO?
:DIFFerence?
CONFigure:VOLTage:DC
:RATIO
:DIFFerence
[SENSe:]FUNction "VOLTage:RATio"
[SENSe:]FUNction "VOLTage:DIFFerence"
```

Конфигурация для измерения сопротивления

Измерительный прибор может производить 2- и 4-проводное измерение сопротивления. Прибор может компенсировать напряжения в измеряемой цепи с активным сопротивлением за счет компенсации смещения. Во время измерения сопротивления можно также выбрать ограничение либо прилагаемой мощности, либо напряжения разомкнутой цепи.

Испытательный ток, выдаваемый прибором, зависит от диапазона и условий, как показано ниже:

Диапазон	Испытательный ток		
	2-проводные или 4-проводные измерения	4-проводные измерения	
		С низкой мощностью	С ограниченным напряжением
1 Ом	10 мА	10 мА	н/д
10 Ом	10 мА	10 мА	1 мА
100 Ом	10 мА	1 мА	100 мкА
1 кОм	1 мА	100 мкА	н/д
10 кОм	100 мкА	10 мкА	н/д
100 кОм ^[a]	10 мкА	5 мкА	н/д
1 МОм ^[a]	5 мкА	5 мкА	н/д

[a] Компенсация смещения не применяется при измерениях в этих диапазонах

Измерения с компенсацией смещения

Компенсация смещения устраняет воздействие любых напряжений, присутствующих в измеряемых схемах. Эта методика предполагает два измерения: одно выполняется со включенным источником тока, другое — с отключенным, после чего вычисляется разность. *Описание этой операции приведено на [странице 286](#).*

- **Работа с передней панелью:** после включения питания прибора компенсация смещения будет включена. Чтобы выключить компенсацию смещения, используйте команду 3: OCOMP W в меню MEASure (ИЗМЕРЕНИЕ).
- **Удаленное управление:** после сброса настроек или удаленного сброса компенсация смещения будет выключена. Используйте следующую команду, чтобы изменить состояние компенсации смещения:

```
SENSe:
  FRESistance:OCOMpensated {OFF|ON}
  RESistance:OCOMpensated {OFF|ON}
```

Измерения при малой мощности

В измерениях при малой мощности используется пониженный выходной ток измерения, за счет чего ограничивается мощность, рассеиваемая в измеряемой схеме.

- Измерения при малой мощности поддерживаются только для 4-проводных измерений сопротивления.
- При включенном режиме измерений при малой мощности на дисплее горит индикатор «LP».
- При включении режима измерений с ограниченным напряжением режим измерений при малой мощности выключается.
- **Работа с передней панелью:** установите режим измерений при малой мощности с помощью команды 4: LOW POWER Ω в меню MEASure (ИЗМЕРЕНИЕ).
- **Удаленное управление:** используйте следующую команду, чтобы включить режим измерений сопротивления при малой мощности:

```
SENSe:FRESistance:POWer:LIMit {OFF|ON}
```

Измерения с ограниченным напряжением

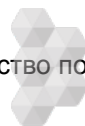
При измерениях сопротивления с ограниченным напряжением устанавливается predetermined верхний предел напряжения разомкнутой цепи.

- Ограничения напряжения применяются только при 4-проводных измерениях сопротивления.
- Измерения сопротивления с ограниченным напряжением доступны только в диапазонах 10 Ω и 100 Ω . Если выбрать диапазон вручную при 2-проводных или 4-проводных измерениях сопротивления, а затем включить измерения с ограниченным напряжением, то будет установлен наивысший из допустимых диапазонов (либо 10 Ω , либо 100 Ω).
- Напряжение разомкнутой цепи можно ограничить значениями 20 мВ, 100 мВ или 500 мВ.
- При выборе режима измерений при малой мощности режим измерений с ограниченным напряжением выключается.
- **Работа с передней панелью:** включайте или выключайте ограничение напряжения с помощью команды 5: LOW VOLT Ω в меню MEASure (ИЗМЕРЕНИЕ).
Устанавливайте величину ограничения напряжения с помощью команды 6: LoV LIMIT Ω в меню MEASure (ИЗМЕРЕНИЕ).
- **Удаленное управление:** следующая команда включает или выключает режим с ограниченным напряжением:

```
SENSe:FRESistance:VOLTage:LIMit {OFF|ON}
```

Устанавливайте величину ограничения с помощью следующей команды:

```
SENSe:FRESistance:VOLTage:LIMit:VALue {<значение>|MIN|MAX}
```



Конфигурация для измерения температуры

Сведения этого раздела помогут вам настроить измерительный прибор для выполнения измерений температуры. Чтобы измерять температуру, необходим датчик температуры. Описания датчиков и примечания по использованию датчиков различных типов приведены на [странице 290](#). Измерительный прибор поддерживает датчики трех общих категорий:

- терморезисторные датчики (RTD)
- термисторы (THERM)
- термопары (T/C)

Прибор поддерживает датчики следующих конкретных типов в каждой из категорий:

Терморезисторные датчики (RTD) R0 = 4,9 W – 2,1 kW	Термисторы	Термопары
$\alpha = 0,00385$ (DIN/IEC 751) $\alpha = 0,00391$	5k Ω	B, E, J, K, N, R, S, T

После установки единиц измерения, класса и типа пробника параметры сохраняются в *энергонезависимой* памяти. Таким образом, последний выбранный тип пробника становится типом пробника по умолчанию.

Единицы измерения

- Прибор может выводить температуру в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$) или Кельвина (K).
- Выбор единиц измерения сохраняется в *энергонезависимой* памяти.
- **Работа с передней панелью:** устанавливайте единицы измерения с помощью команды 2: UNITS (ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).
- **Удаленное управление:** устанавливайте единицы измерения с помощью следующей команды:
UNIT:TEMPerature {C|F|K}

Измерения с помощью терморезисторного датчика

- Прибор поддерживает терморезисторные датчики с $\alpha = 0,00385$ (DIN/IEC 751) и $\alpha = 0.00391$. Номинал терморезисторного датчика (R_0) должен быть в диапазоне от 4,9 Ω до 2,1 k Ω . *Схема подключения терморезисторного датчика показана на [странице 31](#).*
- Измерения с помощью терморезисторного датчика прибор проводит по 4-проводной схеме. Должны быть подключены все четыре входных провода.
- **Работа с передней панелью:** выберите RTD (терморезисторный датчик) в качестве типа пробника в команде 1: PROBE TYPE (ТИП ПРОБНИКА) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).

Выберите конкретный вид терморезисторного датчика с помощью команды 3: RTD TYPE (ВИД ТЕРМОРЕЗИСТОРНОГО ДАТЧИКА) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).

Введите сопротивление терморезисторного датчика при 0 °C (R_0) в команде 4: RTD R0 меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).

- **Удаленное управление:** используйте следующие команды для измерения температуры с помощью терморезисторных датчиков (RTD):

```
CONFigure:TEMPerature FRTD,{85|91},{1,<разрешающая способность>}
MEASure:TEMPerature? FRTD, {85|91},{1,<разрешающая способность>}
SENSe:FUNCTion "TEMPerature"
SENSe:TEMPerature:TRANsducer:TYPE FRTD
SENSe:TEMPerature:TRANsducer:FRTD:TYPE {85|91}
SENSe:TEMPerature:TRANsducer:FRTD:RESistance <значение>
```

Измерения с помощью термистора

- Поддерживаются только термисторы типа 5 k Ω . *Схема подключения термистора показана на [странице 30](#).*
- Термистор должен подключаться ко входам канала 1.
- **Работа с передней панелью:** выберите THERM (термистор) в качестве типа датчика в команде 1: PROBE TYPE (ТИП ПРОБНИКА) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).
- **Удаленное управление:** используйте следующие команды для измерения температуры с помощью термисторов:

```
CONFigure:TEMPerature THER, DEF,[1,<разрешающая способность>]
MEASure:TEMPerature? THER, DEF,[1,<разрешающая способность>]
SENSe:FUNCTion "TEMPerature"
SENSe:TEMPerature:TRANsducer:TYPE THER
```

Измерения с помощью термопары

- Термопара должна подключаться ко входам **канала 2**. Не забудьте о соблюдении правильной полярности. *Схема подключения термопары показана на [странице 32](#).*
- Для измерений с помощью термопары необходимо учитывать температуру эталонного перехода. Можно ввести известную фиксированную температуру перехода или же использовать температуру внешнего термистора либо внутреннего термистора в качестве температуры эталонного перехода.

ПРИМЕЧАНИЕ

Точность измерения очень сильно зависит от соединений термопары и от температуры эталонного перехода. Для измерений с максимальной точностью применяйте эталон с фиксированной температурой. Использование в качестве эталона внутреннего термистора обеспечивает наименьшую точность измерений. Описание измерений температуры эталонного перехода см. на [странице 292](#).

- **Работа с передней панелью:** выберите T/C (термопару) в качестве типа пробника в команде 1: PROBE TYPE (ТИП ПРОБНИКА) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).

Выберите конкретный вид термопары с помощью команды 4: T/C TYPE (ТИП ТЕРМОПАРЫ) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).

Установите источник температуры эталонного перехода с помощью команды 5: COLD JUNCT (ХОЛОДНЫЙ ПЕРЕХОД) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА).

Если выбран вариант фиксированной (FIXed) температуры эталонного перехода, укажите эталонную температуру в команде 6: JUNCT TEMP (ТЕМПЕРАТУРА ПЕРЕХОДА) в меню TEMPerature (ТЕМПЕРАТУРА). Введенное число должно быть в диапазоне от -1 °C до 55 °C.

- **Удаленное управление:** используйте следующие команды для измерения температуры с помощью термопар:

```
CONFigure:TEMPerature TC,{B|E|J|K|N|R|S|T},{1,<разрешающая способность>}
```

```
MEASure:TEMPerature? TC,{B|E|J|K|N|R|S|T},{1,<разрешающая способность>}
```

```
SENSe:
```

```
  FUNCTION "TEMPerature"
```

```
  TEMPerature:TRANsdncer
```

```
  :TYPE TC
```

```
  :TCouple
```

```
  :TYPE {B|E|J|K|N|R|S|T}
```

```
  :RJUNction:TYPE {FIXed|INternal|THERmistor}
```

```
  :RJUNction {<эталон>|MIN|MAX}
```


Математические операции

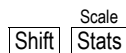
Доступно две математических операции, но в любой момент времени может быть включена только одна из них. Можно либо выбрать масштабирование показаний сразу при их измерении, либо вести статистику по группе показаний. Выбранная математическая операция продолжает действовать, пока вы не отключите ее, не смените функцию измерения, не выключите питание прибора или произведете сброс по удаленному интерфейсу.

Развертка

- Развертка работает следующим образом:

$\text{показание} = \text{усиление} * (\text{измерение} - \text{смещение})$

- **Работа с передней панелью:** Установите значения усиления (*gain*) и смещения (*offset*) в меню MATH (МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ). Включите развертку, нажав клавишу развертки. На дисплее загорится индикатор Stats (Статистика).



- **Удаленное управление:** управление математическими операциями и регистрами осуществляется с помощью команд из подсистемы команд CALCulate (ВЫЧИСЛЕНИЯ). Сначала выберите математическую операцию, которую нужно использовать.

CALCulate:FUNCTION SCALe

Затем установите значения *усиления* и *смещения*.

CALCulate:SCALe:GAIN <усиление>

CALCulate:SCALe:OFFSet <смещение>

Наконец, включите выбранную математическую функцию, включив (ON) состояние математических операций:

CALCulate:STATe ON

Статистика

- После включения статистических функций первое измеренное прибором показание сохраняется в качестве и минимального, и максимального значения. *Минимальное* значение заменяется каждый раз, когда последующее измеренное значение окажется меньше его. *Максимальное* значение заменяется каждый раз, когда последующее измеренное значение окажется больше его.
- Все значения сохраняются в энергозависимой памяти; прибор очищает эти значения при включении функций статистики, при отключении питания, а также при сбросе настроек или сбросе по удаленному интерфейсу.
- При включении функций статистики доступны следующие статистические показатели:

MIN	минимальное показание
MAX	максимальное показание
AVER	арифметическое среднее всех показаний
STD DEV	стандартное отклонение всех показаний
PEAK – PEAK	межпиковый размах, от минимума до максимума
COUNT	общее число показаний

- **Работа с передней панелью:** Включите статистические функции, нажав кнопку `[Stats]`. Просматривайте собранные статистические данные в меню MATH (МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ), с помощью команды STATS (СТАТИСТИКА).

После ознакомления со статистическими данными нажмите `[Shift]` `[<]` (Вкл./выкл. меню) – прибор вернется к режиму измерений, и накопление статистических данных продолжится.

- **Удаленное управление:** управление математическими операциями и регистрами осуществляется с помощью команд математических операций. Сначала выберите математическую операцию, которую нужно использовать

CALCulate:FUNCTION AVERage

Затем включите выбранную математическую функцию, включив (ON) состояние математических операций:

CALCulate:STATe ON

Когда сбор показаний будет завершен, получите требуемые статистические данные:

CALCulate:AVERage

:MINimum?

:MAXimum?

:AVERage?

:SDEViation?

:PTPeak?

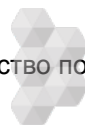
:COUNT?

После получения статистических данных подайте очередной запуск, чтобы продолжить выполнение измерений и накопление статистики. Во время получения результатов (статистики) измерения не производятся.

Если вас интересуют статистические показатели ряда измерений, но не сами показания каждого измерения, можно воспользоваться следующей командой:

```
DATA:FEED RDG_STORE, ""
```

Пустое значение параметра в команде указывает прибору, что сохранять отдельные показания не нужно. Тем не менее прибор продолжает накапливать статистику по измеренным показаниям. Этот способ снимает предел в 1024 показания и позволяет рассчитывать статистические показатели для любого числа измерений. *Более подробную информацию см. на [странице 168](#).*



Выполнение нулевых (относительных) измерений

При выполнении нулевых измерений, также называемых *относительными*, каждое показание — это разность между входным сигналом и сохраненным нулевым значением. Например, можно производить более точные двухпроводные измерения сопротивления, сначала закоротив концы измерительных наконечников и нажав , чтобы исключить из будущих показаний сопротивление самих наконечников. См. также «*Выполнение нулевых (относительных) измерений*» на странице 58.

Показания = измерение – значение нуля

- Значение нуля перестраивается: его можно установить любым на промежутке между 0 и $\pm 120\%$ от максимального диапазона активной функции измерения.
- Значение нуля сохраняется в *энергозависимой* памяти; это значение теряется при отключении питания или сбросе по удаленному интерфейсу.
- У каждой функции и каждого канала есть отдельно устанавливаемое значение нуля. Для измерений напряжения по каждому каналу значение нуля устанавливается отдельно. Значение нуля измерений температуры применяется ко всем измерениям температуры (если поменять тип пробника, оно останется включенным и будет применяться дальше). Значение нуля для измерений сопротивления применяется как при 2-проводных, так и при 4-проводных измерениях.
- Значение нуля сохраняется в нулевом (Null) регистре измерительного прибора. Указать значение нуля можно двумя способами. Во-первых, можно ввести конкретное значение в регистр из меню передней панели или через удаленный интерфейс. Любые ранее хранившиеся там значения заменяются этим новым значением. *Если вы управляете прибором с передней панели, то при вводе значения нуля также включается и функция нулевых измерений.*
Во-вторых, можно ввести значение нуля, сначала измерив на приборе первое показание, которое будет сохранено в регистре. Если нажать кнопку , отображаемое измерение станет значением нуля, и включится режим нулевых измерений. После включения нулевых измерений это первое отображаемое показание на дисплее сменится нулем. В случае, если число было введено в регистр, как описано в предыдущем абзаце, первое показание *не* перезаписывает такое сохраненное значение.
- Поскольку для каждого входного канала независимо сохраняется собственное значение нуля, функции разности и соотношения также могут использовать эти значения нуля. Кроме того, при использовании функции разности можно применять дополнительное нулевое значение разности (нулевое значение разности устанавливается только с передней панели), описание применения значений нуля в функциях разности и соотношений см. на [странице 81](#).

- **Управление прибором с передней панели:** после включения нулевых значений сохраненное в памяти нулевое значение можно изменить, нажав `[Shift]` `[>]` (Возврат меню). Любые ранее хранившиеся там значения заменяются этим новым значением. При включении меню работа нулевых значений не отключается; прибор возобновит измерения, когда вы выключите меню. Когда действует значение нуля, на дисплее горит индикатор **Null** (Нулевое значение). При измерениях соотношений или разностей индикатор **Null** (Нулевое значение) мигает, если нулевое значение установлено для любого из входных каналов. Если же применяется нулевое значение для разности, то индикатор **Null** горит непрерывно (а не мигает).
- **Управление по удаленному интерфейсу:** для выполнения измерений со значением нуля можно использовать следующие команды. *Функция нулевого значения должна быть включена, чтобы можно было сохранять значение в нулевом (Null) регистре.*

```
SENSe1 | SENSe2
:VOLTage:DC
:NULL {OFF|ON}
:NULL {<значение>|MIN|MAX}
[SENSe:]
FRESistance|RESistance
:NULL {OFF|ON}
:NULL {<значение>|MIN|MAX}
TEMPerature
:NULL {OFF|ON}
:NULL {<значение>|MIN|MAX}
```

Чтобы включить нулевое значение и задать его равным (0,10) для функции 2-проводного измерения сопротивления, выполните следующие команды в приведенном порядке.

```
SENS:RES:NULL ON
SENS:RES:NULL 0.10
```

Первое показание можно установить в качестве нулевого значения и при работе через удаленный интерфейс, сначала выбрав функцию измерения, диапазон и разрешающую способность, а затем выполнив следующую команду:

```
[SENSe:]NULL [{OFF|ON|ONCE}]
```

Удержание показаний

Функция удержания показаний позволяет фиксировать и удерживать на дисплее на передней панели стабильное значение показаний. Это особенно полезно в случаях, когда вам нужно измерить показания, убрать измерительные пробники и после этого свериться с показаниями, которые должны оставаться на дисплее. При обнаружении стабильного показания измерительный прибор подает звуковой сигнал и фиксирует значение показаний на дисплее.

Функция удержания показаний доступна только с передней панели. Если переключиться на работу с удаленным управлением при включенном удержании показаний, прибор станет игнорировать эту функцию; после возврата к локальному управлению (с передней панели) удержание показаний включится снова.

- Для режима удержания показаний можно регулировать *диапазон чувствительности* (перестраивается только с передней панели), определяя, какие показания будут считаться достаточно стабильными для их отображения. Полоса определяется как процент от показаний в выбранном диапазоне. Прибор будет фиксировать и отображать новые значения лишь после того, как *три* последовательных измерения окажутся в пределах этого диапазона.

Выберите одно из следующих значений: 0,01 %, **0,10 %** (по умолчанию), 1,00 % или 10,0 % от величины показания.

Например, допустим, что выбрана ширина диапазона 1,00 % и на измерительный прибор подается сигнал 5 вольт. Если три последовательно измеренных показания составят от 4,95 до 5,05 вольт, то прибор подаст звуковой сигнал и отобразит новое показание.

- Ширина диапазона чувствительности сохраняется в *энергозависимой* памяти; после отключения питания прибора или сброса по интерфейсу измерительный прибор устанавливает ширину диапазона равной 0,10 %.
- Если в момент включения удержания показаний прибор находится в режиме *автоматического определения диапазона*, он автоматически выберет правильный диапазон. Если прибор находится в режиме *выбора диапазона вручную*, то для удержания показаний будет использоваться уже установленный фиксированный диапазон.
- Для некоторых задач может быть полезно использовать удержание показаний вместе с памятью показаний. См. также *«Память показаний»* на странице 105.
- Работа с передней панелью: После включения удержания показаний можно выбрать другую ширину диапазона чувствительности, нажав Shift > (Возврат меню).

1: READ HOLD

Запуск измерений

Система запуска измерений по условиям прибора позволяет создавать запуски как вручную, так и автоматически, производить несколько измерений на один запуск, а также добавлять задержку перед каждым измерением показаний. Как правило, прибор производит одно измерение на при каждом получении запуска, но можно настроить выполнение сразу многих измерений при получении одного запуска (до 50 000).

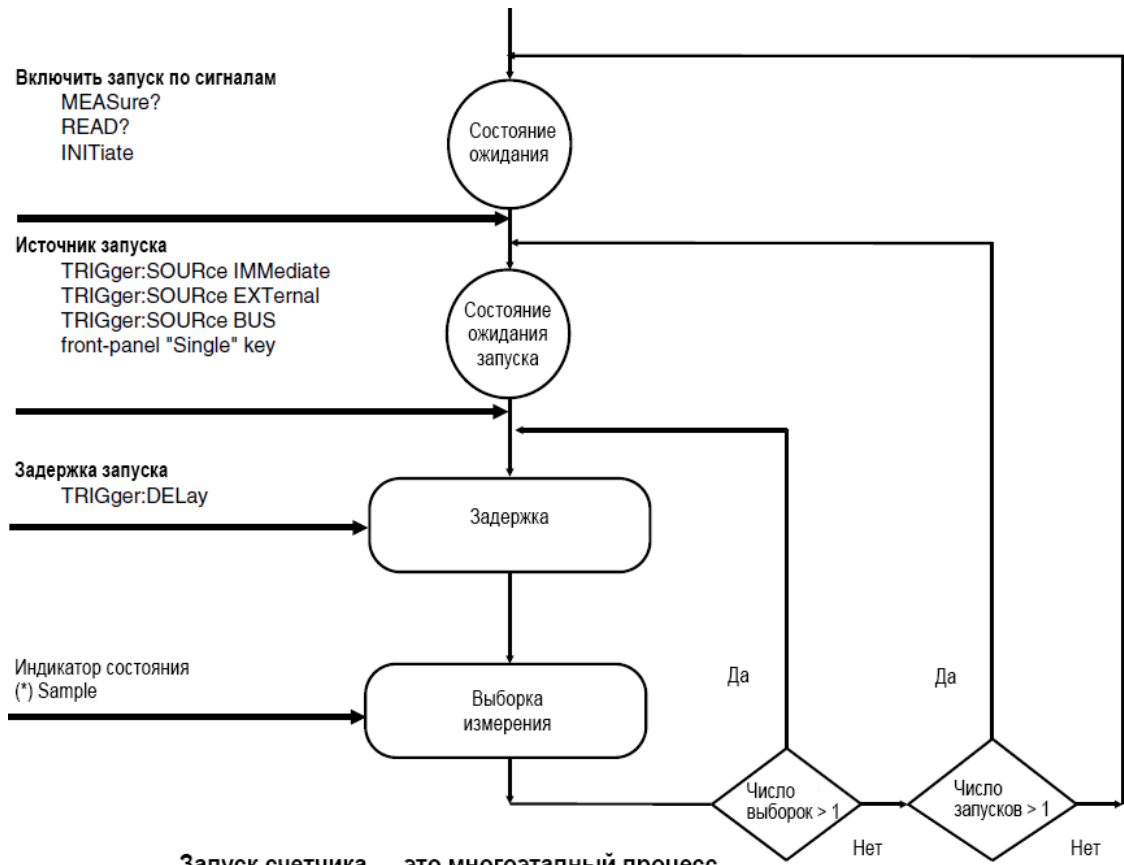
- Подача запуска для измерения на прибор возможна с передней панели, также возможен запуск по внешнему условию или по автоматическим условиям. В режиме одиночных запусков при каждом нажатии кнопки **Single** измеряется одно показание. Работа по внешним запускам сходна с работой в режиме одиночных запусков, но в этом случае прибор ожидает поступления импульса на клемму Ext Trig (внешний запуск) на задней панели, а получив его, производит измерение. В режиме автоматических условий прибор непрерывно производит измерения с максимальной скоростью, возможной в текущей конфигурации. См. также «*Запуск измерительного прибора по условию*» на странице 61.
- Нажмите **Shift** **Auto/Hold**, чтобы вернуть прибор в режим автоматических условий.

Подача запусков на прибор из удаленного интерфейса — это многоступенчатый процесс, который позволяет гибко настраивать срабатывание по запускам.

- Сначала нужно настроить прибор на проведение измерений, выбрав функцию измерений, диапазон, время усреднения и т. д.
- Затем нужно указать источник, от которого прибор будет принимать запуски. Измерительный прибор может принимать программные (шинные) запуски по удаленному интерфейсу, аппаратные запуски по клемме Ext Trig (Внешний запуск), или же непосредственные внутренние запуски.
- Затем следует убедиться, что прибор готов принять запуск от указанного источника запусков (это состояние называется *ожиданием запуска*).
- Наконец, чтобы выполнить измерение, необходимо подать команду INITiate, READ? или MEASure.

Система активации прибора по запускам показана на схеме на следующей странице.

Условия запуска



Запуск счетчика — это многоэтапный процесс

Варианты источника запуска

Нужно указать источник, от которого прибор будет принимать запуски.

- Источник запусков сохраняется в *энергозависимой* памяти; после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу измерительный прибор настраивается на режим автоматических условий (при работе с передней панелью) или непосредственные запуски (при работе через удаленный интерфейс).
- **Работа с передней панелью:** прибор либо принимает одиночные запуски с передней панели, либо аппаратные запуски по клемме *Ext Trig (Внешний запуск)*, либо же непрерывно считывает показания в режиме автоматических условий. После включения питания устанавливается режим автоматических условий.
- **Удаленное управление:** прибор может принимать программные (шинные) запуски, аппаратные запуски по клемме *Ext Trig (Внешний запуск)* или же непосредственные внутренние запуски. *Более подробную информацию см. «Запуск измерений» на странице 95.*

Автоматические условия запуска В режиме автоматических условий запуска (доступном только с передней панели) прибор непрерывно производит измерения с максимальной скоростью, возможной в текущей конфигурации. Это источник запусков, устанавливаемый после включения питания при работе с передней панелью.

Одиночные запуски В режиме одиночных запуски (только при работе с передней панелью) можно вручную подавать запуск на измерительный прибор, нажимая кнопку **Single**. Прибор производит одно измерение или настроенное число измерений (количество выборок) при каждом нажатии клавиши. Индикатор **«Trig»** (Запуск) горит, когда измерительный прибор ожидает поступления запуска.

После нажатия кнопки **Single** прибор также может принимать запуски по клемме *Ext Trig (Внешний запуск)*.

Кнопка **Single** на передней панели отключается на время работы в режиме удаленного управления.

Внешние запуски В режиме внешних запусков измерительный прибор принимает аппаратные запуски, подаваемые на клемму *Ext Trig* (*Внешний запуск*). Прибор производит одно измерение или настроенное число измерений (количество выборок) по каждому поступлению импульса с инверсной логикой на вход *Ext Trig* (*Внешний запуск*).

См. также «Клемма внешнего запуска» на странице 112.

- Прибор буферизирует поступление одного внешнего запуска. Это означает, что если прибор производит измерение, и в этот момент поступает еще один внешний запуск, такой запуск принимается (без выдачи сообщения об ошибке «Trigger ignored» — запуск проигнорирован). После того как текущее измерение завершится, сохраненный запуск активирует источник запусков и происходит выдача и срабатывание запуска.
- **Управление прибором с передней панели.** Режим внешних запусков сходен с режимом одиночных запусков, за исключением того что запуск подается на клемму *Ext Trig* (*Внешний запуск*). Нажатие на кнопку Single, включающее режим одиночных запусков, также включает и режим внешних запусков. Индикатор «**Trig**» (Запуск) горит, когда измерительный прибор ожидает поступления внешнего запуска.

Кнопка Single на передней панели отключается на время работы в режиме удаленного управления.

- **Удаленное управление.** Чтобы включить внешние запуски, используйте следующую команду.
TRIGger:SOURce EXTernal

Внутренние запуски В режиме внутренних запусков (только при работе по удаленному интерфейсу) сигнал запуска всегда присутствует. При переводе прибора в состояние ожидания запуска происходит немедленная выдача запуска. Это вариант источника запусков, устанавливаемый по умолчанию при работе по удаленному интерфейсу.

Чтобы выбрать внутренний источник запусков, подайте следующую команду. Команды CONFigure и MEASure? автоматически устанавливают источник запусков IMMEDIATE (непосредственный).

```
TRIGger:SOURce IMMEDIATE
```

После установки источника IMMEDIATE команды INITiate и READ? будут выдавать запуск и активировать измерение.

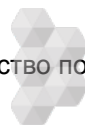
Программные (шинные) запуски Режим шинных запусков доступен только при работе по удаленному интерфейсу. Этот режим сходен с режимом одиночных запусков, подаваемых с передней панели, но в данном случае активация работы измерительного прибора происходит при отправке команды шинного запуска.

- Для выбора источника шинных запусков подайте следующую команду.

```
TRIGger:SOURce BUS
```

- Для подачи на прибор запуска через удаленный интерфейс (GPIB или RS-232) отправьте команду *TRG (запуск). Команда *TRG не будет принята, если прибор не находится в состоянии ожидания запусков.
- Также запуск на прибор можно подать через интерфейс GPIB, отправив сообщение группового выполнения запусков по стандарту IEEE-488 — Group Execute Trigger (GET). При этом прибор должен быть в режиме ожидания запусков. Следующая инструкция показывает, как отправить сообщение GET с контроллера Hewlett-Packard.

```
TRIGGER 722 (групповое выполнение запуска)
```



Состояние ожидания запуска

После настройки прибора и выбора источника запусков измерительный прибор необходимо перевести в состояние *ожидания запуска*. Если прибор не находится в этом состоянии, запуски приниматься не будут. Если же при наличии сигнала запуска прибор находится в состоянии «ожидания запуска», то начинается последовательность измерений и определяется показание.

Термин «состояние ожидания запуска» используется главным образом в связи с работой по удаленному интерфейсу. При работе с передней панелью прибор всегда находится в состоянии «ожидания запуска» и принимает запуски в любой момент времени, если только измерение уже не производится.

Прибор можно перевести в состояние «ожидания запуска», выполнив любую из следующих команд через удаленный интерфейс.

```
MEASure?
READ?
INITiate
```

Останов производимого измерения

Чтобы остановить производимое измерение и перевести прибор в состояние ожидания, можно в любой момент отправить на него сигнал сброса устройства (device clear). Следующая инструкция показывает, как отправить сигнал сброса устройства с контроллера Hewlett-Packard при использовании интерфейса GPIB.

См. *дополнительную информацию на [странице 205](#).*

```
CLEAR 722 (сброс устройства)
```

При работе по интерфейсу RS-232 необходимо установить способ отправки сброса устройства (например, посредством нажатия сочетания клавиш ^C (Control+C)).

Сброс устройства не затрагивает конфигурацию системы условий запуска. Источник запусков, число выборок, задержка срабатывания запуска и число запусков не меняются.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если измерительный прибор настроен на бесконечную выборку (TRIGger:COUNT INFinity), то сигнал сброса устройства — это единственный способ прекратить измерения.

Число выборок

Обычно прибор производит одно измерение (выборку) при каждом поступлении запуска из выбранного источника запусков (если при этом прибор находится в состоянии ожидания запуска). Однако можно настроить прибор на выполнение сразу многих измерений при каждом поступлении запуска.

- Число выборок: от 1 до 50 000. *Значение по умолчанию — 1 выборка на каждый запуск.*
- Число выборок сохраняется в *энергозависимой* памяти; после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу измерительный прибор устанавливает число выборок равным 1. Команды CONFigure и MEASure? автоматически устанавливают число выборок равным 1.
- **Работа с передней панелью:** устанавливайте число выборок на каждый запуск с помощью команды
3: N SAMPLES (ЧИСЛО ВЫБОРОК) в меню TRIGger (ЗАПУСК).
- **Удаленное управление:** используйте следующую команду:
SAMPLE:COUNT {<значение>|MIN|MAX}

Число запусков

Обычно измерительный прибор принимает только один запуск, прежде чем вернуться к состоянию ожидания запусков. Однако можно настроить измерительный прибор на прием более чем одного запуска.

Эта функция доступна только при работе по удаленному интерфейсу. Если установить число запусков, а затем вернуться к локальному управлению (с передней панели), то прибор будет временно игнорировать настройку числа запусков; после возврата к удаленному управлению будет восстановлено выбранное вами ранее число запусков.

- Выбранное число запусков сохраняется в *энергозависимой* памяти; после отключения питания прибора, сброса настроек или сброса по удаленному интерфейсу измерительный прибор устанавливает число запусков равным 1. Команды CONFigure и MEASure? автоматически устанавливают число запусков равным 1.
- Число запусков можно установить равным любому числу от 1 (MIN) до 50000 (MAX), или же можно установить значение INFINITY (БЕСКОНЕЧНОСТЬ). Если установлено бесконечное число запусков, используйте команду READ? для считывания показаний. Чтобы остановить проведение прибором измерений, отправьте сигнал сброса устройства (device clear). *Сведения о сигнале сброса устройства см. на [странице 205](#).*
TRIGger:COUNT {<значение>|MIN|MAX|INFINITY}

Задержка срабатывания запуска

Между поступлением сигнала запуска и производимой по нему выборкой можно добавить задержку. Это может быть полезно в ситуациях, когда нужно дать входному сигналу стабилизироваться, прежде чем производить измерение, или же для замедления импульса измерений. Если не указать задержку срабатывания запуска, измерительный прибор выбирает задержку автоматически.

- Диапазон значений задержки: от 0 до 3600 секунд. *По умолчанию устанавливается автоматическая задержка срабатывания запуска; длительность задержки определяется типом измеряемой величины, диапазоном и временем усреднения (см. также «Автоматические задержки запуска» на странице 104).*
- Задержка срабатывания запуска сохраняется в энергозависимой памяти; после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу измерительный прибор устанавливает автоматическую задержку срабатывания запуска. Команды CONFigure и MEASure? также устанавливают автоматическую задержку срабатывания запуска.
- Если установить задержку, отличную от автоматической, то одна и та же продолжительность задержки будет использоваться для всех функций измерений во всех диапазонах.
- Если прибор настроен на выполнение более чем одного измерения на каждый запуск (число выборок > 1), то указанная задержка срабатывания запуска вставляется между запуском и каждым из производимых измерений.
- **Работа с передней панелью:** можно использовать автоматическую задержку срабатывания запуска или указать длительность задержки в секундах. Для установки длительности задержки используйте команду 2: TRIG DELAY (ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА) в меню TRIGger (ЗАПУСК).

Если включена автоматическая задержка срабатывания запуска, то перед отображением фактической длительности задержки в секунду на дисплее временно появляется надпись «AUTO» (АВТОМАТИЧЕСКИ).

AUTO

– **Работа с передней панелью** (продолжение)

Чтобы установить задержку равной 0 секунд, перейдите на уровень параметров команды TRIG DELAY (ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА). Переведите мигающий курсор в область «единиц измерения» в правой части дисплея. Нажимайте , пока не отобразится вариант ZERO DELAY (НУЛЕВАЯ ЗАДЕРЖКА), затем нажмите .

ZERO DELAY

- Чтобы установить автоматическую задержку срабатывания запуска, перейдите на уровень параметров команды TRIG DELAY (ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА). Переведите мигающий курсор в область «единиц измерения» в правой части дисплея. Нажимайте , пока не отобразится вариант AUTO DELAY (АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАДЕРЖКА), затем нажмите .

AUTO DELAY

– **Удаленное управление**

Для установки длительности задержки срабатывания запуска можно использовать следующую команду.

```
TRIGger:DElay {<число секунд>|MIN|MAX}
```

Для установки автоматической задержки срабатывания запуска можно использовать следующую команду.

```
TRIGger:DElay:AUTO {OFF|ON}
```

Автоматические задержки запуска

Если не указать задержку срабатывания запуска, измерительный прибор выбирает автоматическую задержку срабатывания. Длительность такой задержки определяется типом измеряемой величины, диапазоном и временем усреднения.

– *Напряжение постоянного тока:*

Диапазон	NPLC < 1 Задержка запуска	NPLC ≥ 1 Задержка запуска
1 мВ	15 мс	15 мс
от 10 мВ до 120 В	1,0 мс	1,0 мс

– *Сопротивление (2-проводное и 4-проводное):*

Диапазон	NPLC < 1 Задержка запуска	NPLC ≥ 1 Задержка запуска
1 Ω	1,0 мс	1,5 мс
10 Ω	1,0 мс	1,5 мс
100 Ω	1,0 мс	1,5 мс
1 кΩ	1,0 мс	1,5 мс
10 кΩ	1,0 мс	1,5 мс
100 кΩ	4 мс	6 мс
1 МΩ	40 мс	60 мс

– *Температура:*

	NPLC < 1 Задержка запуска	NPLC ≥ 1 Задержка запуска
Терморезисторный датчик (RTD)	1,0 мс	1,5 мс
Термистор (THER)	1,0 мс	1,5 мс
Термопара (TC)	1,0 мс	1,5 мс

Связанные с системой операции

В этом разделе приводятся сведения по таким темам, как память показаний, ошибки, самотестирование и управление отображением на передней панели. Эти данные не относятся непосредственно к выполнению измерений непосредственно, но они важны для использования прибора.

Память показаний

Во внутренней памяти измерительного прибора может храниться до 1024 показаний. Показания сохраняются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). Первым возвращается показание, которое было измерено раньше всех остальных. См. также *«Использование памяти показаний»* на странице 64.

- Память показаний можно использовать со всеми функциями измерения, математическими операциями, а также совместно с удержанием показаний. После включения памяти показаний можно изменять функцию измерений или входной канал. *Однако учтите, что метки функций и метки каналов (V, OHM и т. д.) не сохраняются вместе с показаниями.*
- Показания, измеренные при включенной памяти показаний, сохраняются в *энергозависимой* памяти; прибор теряет сохраненные показания при повторном включении памяти показаний, при отключении питания, после самотестирования или сброса по удаленному интерфейсу.
- Память показаний можно использовать с автоматическими запусками, одиночными запусками, внешними запусками и удержанием показаний. Если настроить прибор на измерение многих показаний на каждый запуск, то при каждом поступлении запуска в памяти будет сохраняться настроенное число показаний.
- Работа с передней панелью: чтобы включить сохранение показаний в памяти, используйте команду 1: RDGS STORE (СОХРАНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ) в меню SYStem (СИСТЕМА). На дисплее загорится индикатор «Mem» (Память).
Для вызова сохраненных показаний используйте команду 2: SAVED RDGS (СОХРАНЕННЫЕ ПОКАЗАНИЯ) меню SYStem (СИСТЕМА). Нажмите Shift
> (Возврат меню) после включения памяти показаний, чтобы быстро перейти к команде «Saved Readings» (Сохраненные показания).
Память показаний автоматически выключается при переходе к уровню параметров в меню для вызова сохраненных показаний.
- Управление по удаленному интерфейсу: Команда INITiate использует память показаний для сохранения показаний на время, прежде чем они будут запрошены командой FETCh?. Определить число сохраненных в памяти показаний можно, отправив команду DATA:POINts? через удаленный интерфейс.

Состояния ошибок

Загоревшийся на дисплее индикатор «**ERROR**» (ОШИБКА) сообщает об обнаружении одной или нескольких ошибок синтаксиса команд или аппаратных ошибок. В очереди ошибок прибора сохраняются данные о последних ошибках (до 20 ошибок). Полный список ошибок см. в *Разделе 5 «Сообщения об ошибках»*.

- Ошибки возвращаются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). Первыми возвращаются данные об ошибке, которая была первой сохранена в памяти. После прочтения всех ошибок из очереди индикатор ERROR (ОШИБКА) гаснет. При каждом возникновении ошибки прибор подает звуковой сигнал.
- Если произошло более 20 ошибок, то последняя сохраненная в очереди ошибка (самая недавняя) заменяется на ошибку –350 «Queue Overflow» (Переполнение очереди). После этого дополнительные ошибки сохраняться не будут, пока вы не извлечете ошибки из очереди. Если ошибок не происходило, то при чтении очереди ошибок прибор возвращает сообщение +0, «No error» (Нет ошибок).
- Очередь ошибок очищается после отключения питания прибора, а также при выполнении команды *CLS (clear status — очистка состояния).
- **Управление прибором с передней панели:** для считывания ошибок используйте команду 3: ERROR (ОШИБКА) в меню SYStem (СИСТЕМА).

Если индикатор **ERROR** (ОШИБКА) горит, нажмите (Возврат меню), чтобы прочесть сохраненные в очереди описания ошибок. Ошибки перечисляются *горизонтально* на уровне параметров. Очередь ошибок очищается, когда после перехода на уровень параметров вы выключаете меню.

ERR 1: -113

Первая ошибка в очереди Код ошибки

- **Работа по удаленному интерфейсу:** для прочтения ошибок используйте следующую команду.
SYStem:ERRor?
Сообщения об ошибках имеют следующий формат (длина строки ошибки может составлять до 80 символов).
–113, "Undefined header"

Самотестирование

Самотестирование *при включении* происходит автоматически при включении мультиметра. Это ограниченное тестирование подтверждает работоспособность измерительного прибора. При данном тестировании не выполняется исчерпывающе полный набор тестов, входящих в состав полного самотестирования, которое описывается ниже.

Полное самотестирование проводит ряд тестов и занимает приблизительно 15 секунд. Если все тесты будут пройдены успешно, можно с высокой степенью достоверности считать, что прибор работоспособен.

- Результаты полного самотестирования сохраняются во внутренней памяти показаний (см. на [странице 64](#)). Память очищается, поскольку ее занимают данные самотестирования. За исключением очистки памяти, полное самотестирование не изменяет состояние прибора.
- Если полное самотестирование будет пройдено успешно, на индикаторе передней панели появится надпись «PASS» (ПРОЙДЕНО). Если самотестирование не будет пройдено, появится надпись «FAIL» (СБОЙ), и загорится индикатор **ERROR** (ОШИБКА). Сведения о возврате измерительного прибора в Keysight для обслуживания см. в *Руководстве по обслуживанию 34420A*.
- **Работа с передней панелью:** Можно выполнять некоторые проверки по отдельности, или же можно выполнить все проверки сразу. Переходите между параметрами в команде 4: TEST (ДИАГНОСТИКА) меню SYStem (СИСТЕМА).

Также полное самотестирование с передней панели можно запустить следующим образом: нажмите и удерживайте нажатой кнопку **Shift** во время включения прибора с помощью выключателя питания; *продолжайте удерживать кнопку нажатой не менее 5 секунд*. Самотестирование начнется, когда вы отпустите кнопку.

- **Удаленное управление:** используйте следующую команду, чтобы запустить самотестирование и вернуть результаты:

*TST?

Возвращает «0» при успешном прохождении самотестирования или «1» при сбое.

Управление дисплеем

Чтобы ускорить выполнение измерений либо из соображений безопасности может потребоваться отключить дисплей на передней панели. Используя удаленный интерфейс, также можно выводить на передней панели 11-символьное сообщение. *Сведения о числе отображаемых разрядов см. на [странице 56](#).*

- Когда дисплей выключен, показания не выводятся на дисплее, также не работают все индикаторы, за исключением «**ERROR**» (Ошибка) и «**Shift**» (Активные альтернативные функции кнопок). Во всех других аспектах работа с прибором с передней панели при отключенном дисплее не меняется.
- Состояние включения дисплея сохраняется в *энергозависимой* памяти; дисплей включается после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- На передней панели прибора можно выводить сообщения посредством отправки команды по удаленному интерфейсу. Прибор выводит на передней панели до 11 символов сообщения включительно; более длинные сообщения усекаются. Запятое, точки и точки с запятой отображаются на дисплее в том же знакоместе, что и предшествующий им символ, и *не* считаются отдельными символами. Во время отображения сообщения вывода показаний на дисплей не происходит.
- Отправка сообщения на дисплей по удаленному интерфейсу имеет приоритет относительно состояния включения дисплея; это означает, что на дисплей можно вывести сообщение, даже если дисплей отключен.
- **Управление прибором с передней панели:** для установки состояния включения дисплея используйте команду 5: DISPLAY (ДИСПЛЕЙ) в меню SYStem (СИСТЕМА).

При работе с меню дисплей всегда включается; это означает, что даже при выключенном дисплее работа с меню остается возможной.

- **Удаленное управление:** для управления дисплеем используйте следующие команды.

DISPlay {OFF ON}	отключение/включение дисплея
DISPlay:TEXT <строка в кавычках>	отображение заключенной в кавычки строки
DISPlay:TEXT:CLear	очистка сообщения на экране

Следующая инструкция показывает, как отобразить сообщение на передней панели прибора с контроллера Hewlett-Packard.

```
OUTPUT 722; "DISP:TEXT 'HELLO'"
```

Разделители разрядов

Измерительный прибор может выводить показания на передней панели как с разделителями-запятыми, так и без них. Эта функция доступна только при работе с передней панелью. См. «Пример меню 1» на странице 47.

-0.824,153 V

-0,824153 V

**С разделителями-запятыми
(заводская настройка)**

Без разделителей-запятых

- Формат отображения сохраняется в *энергонезависимой* памяти и не изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу. При отгрузке прибора с производства разделители-запяты на нем включены.
- **Управление прибором с передней панели:** чтобы переключить отображение запятых-разделителей, используйте команду 9: COMMA (РАЗДЕЛИТЕЛЬ) в меню SYStem (СИСТЕМА).

Запрос версии микропрограммы

В измерительном приборе установлено три микропроцессора, которые управляют различными внутренними системами прибора. Можно выполнить на приборе запрос, чтобы определить версии микропрограмм, установленных на каждом из этих микропроцессоров.

- Прибор возвратит три числа. Первое число — это версия микропрограммы процессора измерений; второе — версия микропрограммы процессора ввода/вывода; третье — версия микропрограммы процессора передней панели.
- Управление прибором с передней панели: для определения версий используйте команду 11: REVISION (ВЕРСИЯ) в меню SYStem (СИСТЕМА).

X.X-X.X-X.X

- Удаленное управление: для считывания версии используйте следующую команду.

*IDN? возвращает "KEYSIGHT TECHNOLOGIES,34420A,0,X.X-X.X-X.X"

Обязательно выделите для приема ответа строковую переменную длиной не менее 40 символов.

Версия языка SCPI

Прибор соответствует правилам и требованиям текущей версии языка SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). Определить версию SCPI, которую реализует прибор, можно посредством отправки команды по удаленному интерфейсу.

Запросить версию SCPI с передней панели невозможно.

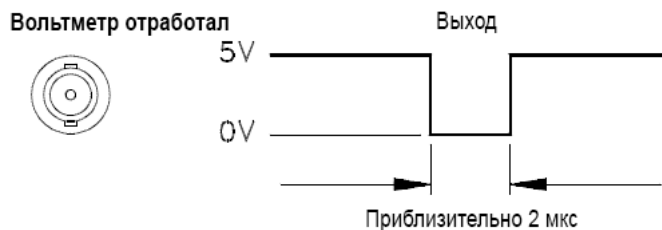
– Следующая команда возвращает версию SCPI.

SYSTem:VERSion?

Возвращает строку вида «YYYY.V», где знакоместа «Y» представляют год версии, а «V» представляет номер версии для этого года (например, 1994.0).

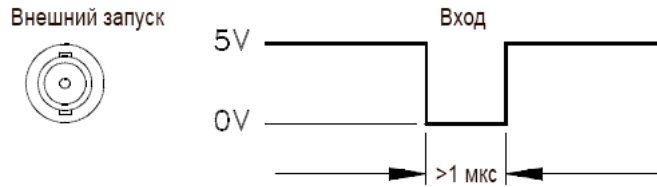
Клемма «Вольтметр отработал»

Клемма на задней панели *VM Comp* (вольтметр отработал) выдает импульс с инверсной логикой (единица — низкий уровень) после завершения каждого измерения. Контакты «Вольтметр отработал» и внешнего запуска (см. ниже) реализуют стандартную последовательность аппаратного квитирования между измерительными и коммутационными устройствами.



Клемма внешнего запуска

Для активации измерительного прибора по запуску можно подать импульс с инверсной логикой на клемму *Ext Trig* (внешний запуск) на задней панели. Для использования этой клеммы при работе по удаленному интерфейсу следует выбрать внешний источник запусков (TRIGger:SOURce EXTernal).



Для формирования внешних запусков на входе *Ext Trig* можно использовать простую схему с переключателем, показанную ниже.



Выход на самописец (аналоговый выход)

Разъем аналогового выхода на самописец Chart Output (Analog Output) на задней панели можно использовать для подключения ленточного самописца или подобного прибора. На разъем подается выходное напряжение, пропорциональное измененному напряжению.

- Диапазон выходных напряжений составляет от $-3,00$ В до $+3,00$ В.
- Когда выход на самописец отключен (Off), напряжение на клемме равно 0 В.
- Выходной импеданс равен 1 к Ω .
- Выходное напряжение зависит от входного сигнала и рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{(\text{reading} - \text{chart null})}{\text{span}} = \text{chart output voltage}$$

Обратите внимание, что *показание* представляет результат с преобразованием единиц измерения, фильтрацией, коррекцией нулевого значения, а также любыми примененными к показаниям измерения математическими операциями.

- Состояние выхода самописца (включая значения его диапазона и нуля) сохраняется в *энергонезависимой* памяти.
- Величина *диапазона* не может быть отрицательной.
- Выход на самописец поддерживает автоматическое переключение шкалы для предотвращения потери данных — см. на [странице 115](#).

Примеры:

Процедуру ввода числа в меню см. на [странице 50](#).

- 1 Для такой настройки диапазона самописца, чтобы входной сигнал ± 1 мВ превращался в напряжение $\pm 1,0$ вольт на выходе на самописец:

$$\frac{(0,001 - 0,0)}{\text{span}} = 1,00$$

$$\text{span} = \frac{0,001}{1,00} = 0,001$$

Если смещение самописца установлено равным нулю, то значение может считаться *усилением*, тогда *выход самописца* = *усиление* * *показание*.

- 2 Для такой настройки выходного напряжения самописца, чтобы напряжения $\pm 3,0$ В соответствовали диапазону входных температур от 5 °С до 45 °С, а срединная температура составляла 25 °С (при температуре 25 °С на выходе самописца было напряжение 0 В):

$$\frac{(25 - \text{chart null})}{\text{span}} = 0 \qquad \text{chart null} = 25$$

и

$$\frac{(45 - 25)}{\text{span}} = 3,0 \qquad \text{span} = \frac{20}{3,0} = 6,66$$

- **Работа с передней панелью:** включите выход на самописец с помощью команды 5: CHART OUT (ВЫХОД САМОПИСЦА) в меню SYStem (СИСТЕМА).
Установите диапазон самописца с помощью команды 6: CHART SPAN (ДИАПАЗОН САМОПИСЦА) в меню SYStem (СИСТЕМА).
Установите смещение выхода самописца с помощью команды 7: CHART NULL (СМЕЩЕНИЕ САМОПИСЦА) в меню SYStem (СИСТЕМА).
Также можно нажать **Shift** **Null** (Смещение самописца), чтобы установить нулевое напряжение на выходе самописца для отображаемого в текущий момент показания. При этом в регистр Chart Offset (Смещение самописца) помещается значение нуля. При нажатии **Shift** **>** (Возврат меню) вы вернетесь к команде 7: CHART NULL (СМЕЩЕНИЕ САМОПИСЦА), где можно будет изменить значение нуля вручную.
- **Удаленное управление:** для включения выхода самописца и установки параметров выхода самописца используйте следующие команды.

```

OUTPut {OFF|ON}
OUTPut:REFerence
:OFFSet {<число>|MIN|MAX}
:OFFSet:NULL
:SPAN {<число>|MIN|MAX}
:SPAN?
:VALue {<число>|MIN|MAX}
:GAIN?

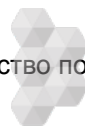
```

Автоматическое переключение шкалы самописца

Чтобы предотвратить потерю данных, шкала выхода на самописец автоматически переключается в случае, когда результаты измерения привели бы к выходу сигнала за пределы границ диапазона ($\pm 3 В$). Эта функция особенно полезна при работе с ленточными самописцами.

Автоматическое переключение шкалы может позволить увеличить разрешающую способность диаграммы самописца, так как становится возможной установка меньших значений *диапазона*. Чем меньше используемое значение *диапазона*, тем чаще будет происходить переключение шкалы самописца.

Переключение шкалы происходит при выходе за пределы границ интервала самописца. При этом выходное напряжение самописца переключается на противоположный край шкалы. В результате лента самописца выглядит так, как будто кривая «перепрыгнула» от одного края к другому, фактически сдвигая значения диапазона и центрального положения самописца. Подсчитав число таких сдвигов и учитывая их направление, можно определить фактические измеренные значения.

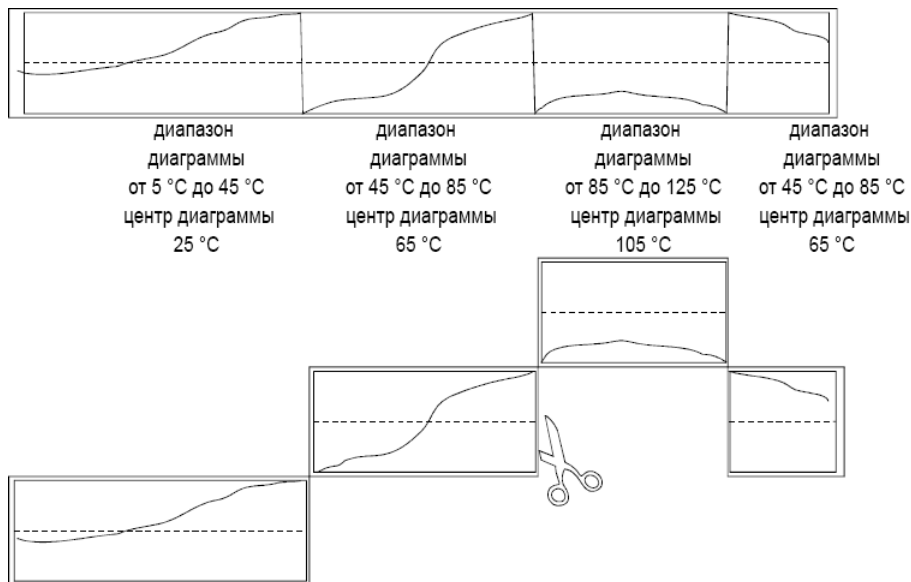


Пример:

Выход на самописец настроен так, что напряжения ± 3 В соответствуют диапазону входных температур от 5 °С до 45 °С, причем напряжение 0 В достигается при 25 °С,

диапазон = 6,66 и смещение самописца = 25.

Если фактически измеренные температуры составляли от 20 °С до 100 °С, лента самописца может выглядеть подобно показанной ниже. Можно восстановить фактически измеренные величины, разрезая ленту в точках переключения шкалы и смещая ее участки относительно друг друга.



Настройка удаленного интерфейса

Этот раздел содержит сведения о настройке удаленного интерфейса. Данные о программировании см. в [Разделе 4, «Справочник по удаленному интерфейсу»](#) начало на [странице 131](#).

Выбор удаленного интерфейса

Измерительный прибор поставляется с интерфейсами GPIB (IEEE-488) и RS-232. Одновременно может быть выбран только один интерфейс. При отгрузке прибора с производства на нем выбирается интерфейс GPIB.

Устанавливать используемый удаленный интерфейс можно только с передней панели.

- Выбор интерфейса сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- В случае выбора интерфейса GPIB необходимо также выбрать уникальный адрес для прибора. В этом случае при включении питания прибора отображается адрес на шине GPIB.
- В случае выбора интерфейса RS-232 необходимо также выбрать скорость передачи данных и настройку бита четности. В этом случае при включении питания прибора отображается сообщение «RS-232».
- Если выбрать интерфейс RS-232, а затем установить в качестве адреса на шине GPIB адрес только для передачи (31 – talk only), то прибор будет *отправлять* показания по интерфейсу RS-232 при работе в локальном режиме.
- Существуют определенные ограничения, которые нужно учитывать при выборе удаленного интерфейса (см. также [«Выбор языка программирования»](#) на [странице 121](#)). Для интерфейса RS-232 поддерживается только язык программирования SCPI.
- **Работа с передней панелью:** для установки интерфейса используйте команду 2: INTERFACE (ИНТЕРФЕЙС) меню I/O (Ввод/вывод).

См. также [«Выбор удаленного интерфейса»](#) на [странице 209](#).

Адрес GPIB

У каждого устройства на интерфейсе GPIB (IEEE-488) должен быть собственный уникальный адрес. Для прибора можно установить любое значение адреса от 0 до 31. При отгрузке прибора с производства на нем установлен адрес «22». Адрес на шине GPIB отображается при включении питания прибора.

Устанавливать адрес GPIB можно только с передней панели.

- Адрес сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- Можно установить адрес «31», который соответствует режиму *только передачи*. В этом режиме измерительный прибор может выдавать показания непосредственно на принтер, не получая команд от контроллера шины. Адрес 31 *не является* допустимым адресом в случае работы с мультиметром по интерфейсу GPIB с контроллером шины.
- Если выбрать интерфейс RS-232, а затем установить в качестве адреса на шине GPIB адрес только для передачи (31 – talk only), то прибор будет *отправлять* показания по интерфейсу RS-232 при работе в локальном режиме.
- У контроллера шины GPIB имеется собственный адрес. Не устанавливайте ни для одного из приборов на шине интерфейса адрес, совпадающий с адресом контроллера шины. Контроллеры Hewlett-Packard обычно используют адрес «21».
- **Работа с передней панелью:** для установки адреса используйте команду 1: GPIB ADDR (АДРЕС GPIB) меню I/O (Ввод/вывод).

См. также «Установка адреса GPIB» на странице 207.

Выбор скорости передачи данных (RS-232)

Для работы интерфейса RS-232 можно выбрать одну из шести скоростей передачи данных. При отгрузке прибора с производства на нем установлена скорость 9600 бод.

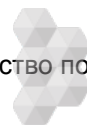
- Выберите одно из следующих значений: 300, 600, 1200, 2400, 4800 или 9600 бод (заводская настройка).
- Выбор скорости передачи данных сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- **Работа с передней панелью:** для установки скорости передачи данных используйте команду 3: BAUD RATE (СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ) меню I/O (Ввод/вывод).

См. также «Установка скорости передачи данных» на странице 211.

- **Удаленное управление:** для установки скорости передачи данных используйте следующие команды.

SYStem:COMMunicate:SERial:BAUD <скорость>

Если изменить скорость передачи данных при работе по удаленному интерфейсу, обмен данными с прибором может нарушиться.



Выбор бита четности (RS-232)

Для работы интерфейса RS-232 можно выбрать режим бита четности. При отгрузке прибора с производства на нем установлен режим передачи 7 битов данных с одним битом четности (четным).

- Выберите одно из следующих значений: «None» («Нет» — 8 битов данных), «Even» («Четный» — 7 битов данных) или «Odd» («Нечетный» — 7 битов данных). Установка режима четности косвенно задает число битов данных.
- Выбор бита четности сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- **Работа с передней панелью:** для установки режима бита четности используйте команду 4: PARITY (ЧЕТНОСТЬ) меню I/O (Ввод/вывод).
См. также «Настройка бита четности» на странице 213.
- **Удаленное управление:** для установки режима бита четности используйте следующие команды.

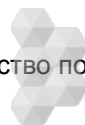
SYStem:COMMunicate:SERial:PARity {EVEN|ODD|NONE}

Если изменить режим бита четности при работе по удаленному интерфейсу, обмен данными с прибором может нарушиться.

Выбор языка программирования

Для программирования прибора по выбранному удаленному интерфейсу можно выбрать один из двух языков программирования. При отгрузке прибора с производства на нем выбирается язык программирования SCPI.

- Выберите одно из следующих значений: **SCPI** или 181 (Keithley).
- Выбор языка сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- Существуют определенные ограничения, которые нужно учитывать при выборе языка интерфейса (см. также *«Выбор удаленного интерфейса» на странице 117*). Язык Keithley 181 *не* поддерживается при работе по интерфейсу RS-232.
- **Работа с передней панелью:** для установки языка программирования используйте команду 5: LANGUAGE (ЯЗЫК) меню I/O (Ввод/вывод).
См. также «Выбор языка программирования» на странице 215.
- **Удаленное управление:** для установки языка используйте следующую команду.
SYStem:LANGuage <язык>



Подключение к терминалу или принтеру (RS-232)

На задней панели прибора расположен 9-контактный разъем RS-232 (DB-9, штекер). Прибор можно подключить к любому терминалу или принтеру с надлежащим образом настроенным разъемом DTE (DB-25). Для организации подключений можно использовать стандартный кабель последовательного интерфейса и набор переходников 34399A. *Дополнительные сведения об интерфейсе приведены на [странице 193](#).*

Номер контакта	Ввод/вывод	Описание
1		
2	Ввод	Прием данных (RxD)
3	Вывод	Передача данных (TxD)
4	Вывод	Терминал данных готов (DTR)
5	-	Сигнальная «земля» (SG)
6	Ввод	Набор данных готов (DSR)
9		

Если интерфейс RS-232 используется для подключения к принтеру, может понадобиться использовать режим только передачи (Talk Only). Этот режим включается посредством установки адреса GPIB равным 31. *Более подробную информацию см. на [странице 206](#).*

Калибровка

Этот раздел содержит краткое вводное описание функций калибровки прибора. Более подробное обсуждение процедур калибровки см. в главе 4 *Руководства по обслуживанию*.

Защита калибровки

Эта функция позволяет вводить код безопасности, чтобы исключить случайную или неразрешенную калибровку прибора. В момент поставки прибора он находится в защищенном состоянии. Прежде чем можно будет калибровать счетчик, необходимо снять защиту, введя правильный код безопасности.

- При отгрузке прибора с производства на нем установлен код безопасности «КТ034420». Код безопасности сохраняется в *энергонезависимой* памяти и не изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- Для защиты прибора по удаленному интерфейсу можно установить код безопасности, содержащий до 11 буквенно-цифровых символов, как показано ниже. Первый символ *должен* быть буквой, а остальные символы могут быть либо буквами, либо цифрами. Использовать все 11 символов в коде не обязательно, но первый символ обязательно должен быть буквой.

A _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ (11 символов)

- Чтобы защитить прибор через удаленный интерфейс с возможностью снять защиту с передней панели используйте формат из восьми символов, показанный ниже. Первые два символа должны быть «КТ», а остальные символы должны быть цифрами. При вводе с передней панели распознаются только последние шесть символов, но указывать необходимо все восемь символов. (В процессе снятия защиты прибора с передней панели пропускайте символы «КТ» и вводите оставшиеся цифры, как показано на следующих страницах).

К Т _ _ _ _ _ _ (8 символов)

ПРИМЕЧАНИЕ

Если защитить прибор через удаленный интерфейс, установив код безопасности, в котором первые два символа будут не «КТ» или следующие 6 символов не будут цифровыми, то снять защиту прибора с передней панели станет невозможно.

Снятие защиты для калибровки Снять защиту прибора для его калибровки можно либо с передней панели, либо из удаленного интерфейса. *При поставке прибора с производства он защищен, на производстве устанавливается код безопасности «КТ034420».*

– **Управление прибором с передней панели:**

1: SECURED

Если прибор защищен, при переходе в меню CAL (КАЛИБРОВКА) отобразится следующая команда. (Попытавшись переходить между командами на уровне команд меню, вы обнаружите, что при установленной защите команда «2: CALIBRATE» (КАЛИБРОВАТЬ) скрыта). Чтобы снять защиту прибора, выберите уровень параметров команды SECURED (ЗАЩИЩЕН), введите код безопасности и нажмите Enter.

^ 000000 CODE

При повторном переходе на уровень команд меню CAL (КАЛИБРОВКА) вы увидите, что защита прибора снята. Кроме того, станет видна команда 2: CALIBRATE (КАЛИБРОВАТЬ), и можно будет выполнить калибровку.

1: UNSECURED

– **Удаленное управление:** используйте следующую команду:

CALibration:SECure:STATe {OFF|ON},<код>

Чтобы снять защиту прибора, отправьте приведенную выше команду с тем же кодом, что использовался при установке защиты. Пример:

CAL:SEC:STAT OFF, КТ034420

Защита от калибровки Установить защиту прибора от калибровки можно либо с передней панели, либо из удаленного интерфейса. *При поставке прибора с производства он защищен, на производстве устанавливается код безопасности «KT034420».*

Обязательно прочтите правила выбора кодов безопасности на [странице 123](#), прежде чем защищать прибор.

– **Управление прибором с передней панели:**

1: UNSECURED

Если прибор не защищен, при переходе в меню CAL (КАЛИБРОВКА) отобразится следующая команда. Чтобы установить защиту прибора, выберите уровень параметров команды UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН), введите код безопасности и нажмите Enter.

^ ? 000000 CODE

При повторном переходе на уровень команд меню CAL (КАЛИБРОВКА) вы увидите, что защита прибора установлена. Кроме того, будет скрыта команда 2: CALIBRATE (КАЛИБРОВАТЬ), и выполнить калибровку будет невозможно.

1: SECURED

– **Удаленное управление:** используйте следующую команду:

CALibration:SECure:STATe {OFF|ON},<код>

Чтобы защитить прибор, отправьте приведенную выше команду с тем же кодом, что использовался для снятия защиты. Пример:

CAL:SEC:STAT ON, KT034420

Изменение кода безопасности Чтобы изменить код безопасности, необходимо сначала снять защиту прибора, а потом ввести новый код. Обязательно прочтите правила выбора кодов безопасности на **странице 123**, прежде чем защищать прибор.

- **Управление прибором с передней панели:** для изменения кода безопасности сначала убедитесь, что защита прибора снята. Выберите уровень параметров команды UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН), введите код новый безопасности и нажмите Menu, Enter. При изменении кода с передней панели также меняется и код для работы через удаленный интерфейс.

- **Управление по удаленному интерфейсу**

CALibration:SECure:CODE <новый код>

Для изменения кода безопасности сначала снимите защиту прибора, указав старый код безопасности. Затем введите новый код.

Пример:

CAL:SEC:STAT OFF, KT034420

снятие защиты, используется старый код

CAL:SEC:CODE KT010495

ввод нового кода

Счетчик калибровок

Можно определить, сколько раз производилась калибровка вашего измерительного прибора. Поскольку это значение увеличивается на единицу в каждой точке калибровки, выполнение полной калибровки увеличивает счетчик на несколько единиц.

- Счетчик калибровок сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу. Измерительный прибор прошел калибровку перед отправкой вам с завода. После получения прибора проверьте счетчик калибровок, чтобы определить его первоначальное значение.
- Счетчик калибровок увеличивается до максимального значения, равного 32767, после чего он сбрасывается и начинает отсчет заново с 0.
- **Управление прибором с передней панели:** для проверки счетчика калибровок используйте команду 3: CAL COUNT (СЧЕТЧИК КАЛИБРОВОК) в меню CALibrate (КАЛИБРОВКА).
- **Удаленное управление:** используйте следующую команду:
CALibration:COUNT?

Сообщение калибровки

Функцию сообщения калибровки можно использовать, чтобы записать данные о калибровке вашего измерительного прибора. Например, в нем можно сохранить такую информацию, как дата последней калибровки, дата очередной плановой калибровки, серийный номер прибора или даже имя и номер телефона лица, с которым надо будет связаться для проведения новой калибровки.

Данные в сообщении калибровки можно записывать только через удаленный интерфейс. Просматривать сообщение калибровки можно как из меню передней панели, так и через удаленный интерфейс.

- Длина сообщения калибровки может составлять до 40 символов. Прибор выводит на передней панели до 11 символов сообщения включительно; более длинные сообщения усекаются.
- Сообщение калибровки сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.
- **Работа с передней панелью:** чтобы прочесть сообщение калибровки (если оно установлено), используйте команду 4: MESSAGE (СООБЩЕНИЕ) в меню CALibrate (КАЛИБРОВКА).
- **Удаленное управление:** для установки сообщения калибровки используйте следующую команду.

CALibration:STRing <строка в кавычках>

Следующая инструкция показывает, как записать сообщение калибровки с контроллера Hewlett-Packard.

```
OUTPUT 722; "CAL:STR 'CAL 9-1-94'"
```

Настройки по умолчанию, состояние после включения и сброса

Прибор сохраняет настройки либо в *энергозависимой*, либо в *энергонезависимой* памяти. Настройки, сохраненные в *энергозависимой* памяти, возвращаются к значениям по умолчанию после включения питания прибора или удаленного сброса. Настройки, сохраненные в *энергонезависимой* памяти, не меняются при включении питания прибора, а также при подаче команд удаленного сброса (*RST), CONFigure (НАСТРОЙКИ) и MEASure (ИЗМЕРЕНИЯ).

– Настройки, хранимые в *энергозависимой* памяти, и их значения по умолчанию:

Настройка	Значение по умолчанию при работе с передней панели	Значение по умолчанию при удаленном управлении ^[a]
Функция	Напр. пост. тока	Напр. пост. тока
Входной канал	Канал 1	Канал 1
Цифровой фильтр	Вкл. (50 показ-й)	Выкл^[c]
Аналоговый фильтр	Выкл	Выкл
Компенсация смещения	Вкл.	Выкл
Число выборок	1	1
Дисплей (Вкл/выкл)	Вкл.	Вкл.
Запуск	Автоматический запуск	Автоматический запуск
Мат. операции	Выкл	Выкл
Удержание показаний	Выкл	Выкл
Память показаний	Выкл	Выкл
Задержка запуска	(10 циклов)	(10 циклов)
Время усреднения (в NPLC) ^[b]	Выкл	Выкл
Ноль ^[b]	Авт. опр. диапазона	Авт. опр. диапазона
Диапазон ^[b]	Автоматическая	Автоматическая

[a] Значения по умолчанию при удаленном управлении используются после выполнения команд сброса (*RST), сброса настроек (SYSTEM:PRESet), CONFigure (НАСТРОЙКИ) и MEASure (ИЗМЕРЕНИЯ).

[b] Время усреднения, значение нуля и диапазон задаются независимо для каждой из функций измерения. Команды CONFigure (НАСТРОЙКА) и MEASure (ИЗМЕРЕНИЕ) влияют только на параметры времени усреднения, нулевого значения и диапазона используемой функции.

[c] При использовании удаленного интерфейса следует убедиться, что цифровой фильтр выключен. См на [странице 72](#).

- Настройки в *энергонезависимой* памяти можно сбрасывать к их заводским значениям по умолчанию.

Работа с передней панелью: для сброса настроек к заводским значениям по умолчанию выполните команду 11: PRESET (СБРОС НАСТРОЕК) в меню SYStem (СИСТЕМА).

Удаленное управление: используйте команду SYStem:PRESet, чтобы восстановить на измерительном приборе заводские настройки по умолчанию.

Настройки, хранимые в *энергонезависимой* памяти, и их заводские значения по умолчанию:

Настройка	Заводское значение по умолчанию
Цифровой фильтр ^[a]	Средний (MEDIum), 50 показаний
Предварительное заполнение цифрового фильтра	Вкл
Измерение Ω при низкой мощности	Выкл
Измерение Ω при низком напряжении	Выкл
Ограничение по напряжению при измерении Ω	20 мВ
Тип пробника	Терморезисторный (RTD)
Тип терморезисторного датчика	$\alpha = 0,00385$
R_0 терморезисторного датчика	100 Ом
Единицы измерения температуры	$^{\circ}\text{C}$
Выход самописца	Выкл
Диапазон самописца	1 мВ
Смещение самописца	0,00 В
Разделители-запятыя	Вкл

[a] Цифровой фильтр будет ВКЛЮЧЕН после сброса настроек с передней панели.
Цифровой фильтр будет ВЫКЛЮЧЕН после сброса настроек через удаленный интерфейс.

- *Независимые и общие параметры:* Некоторые параметры устанавливаются независимо для используемых каналов и функций измерения, в то время как другие являются общими сразу для нескольких каналов или функций:

Напряжение		Сопротивление		Температура
Канал 1	Канал 2	2-проводное W	4-проводное W	
Нуль (вкл/выкл) Диапазон	Нуль (вкл/выкл) Диапазон	Нуль (вкл/выкл) Диапазон ^[a]		Нуль (вкл/выкл) Диапазон
Время усреднения Число разрядов		Время усреднения Число разрядов		Время усреднения Число разрядов
Математические функции (статистика или масштабирование) Цифровой фильтр (вкл/выкл) Аналоговый фильтр (вкл/выкл) ^[b] Запуск Удержание показаний Память показаний				

[a] Прибор может изменять установленный диапазон измерений сопротивления, если включены измерения с ограничением напряжения.

[b] Аналоговый фильтр доступен для измерений напряжения и терморпар в диапазонах 1 мВ, 10 мВ и 100 мВ.

4 Справочник по удаленному интерфейсу

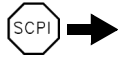
Сводка по командам	135
Упрощенная последовательность программирования	144
Параметры по умолчанию команд MEASure? и CONFigure	145
Выбор функции, диапазона и разрешающей способности	154
Выбор входного канала	157
Особые команды измерения сопротивления	158
Команды измерения температуры	159
Команды нулевых (относительных) измерений	162
Команды входного фильтра	164
Команды математических операций	166
Условия запуска	169
Команды условий запуска	172
Команды выхода на самописец (аналогового выхода)	174
Команды, связанные с системой	175
Модель состояния SCPI	177
Команды отчетов о состоянии	189
Команды калибровки	191
Конфигурация интерфейса RS-232	193
Команды интерфейса RS-232	199
Введение в язык SCPI	200
Признаки конца входных сообщений	203
Форматы выходных данных	204
Использование сообщения Device Clear (Сброс универсальный) для останова измерений	205
Режим TALK ONLY (Только передавать) для принтеров	206
Установка адреса GPIB	207
Выбор удаленного интерфейса	209
Установка скорости передачи данных	211
Настройка бита четности	213
Выбор языка программирования	215

4 Справочник по удаленному интерфейсу

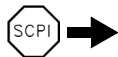
Выбор языка программирования	215
Совместимость с альтернативными языками программирования	217
Соответствие стандарту SCPI	218
Соответствие стандарту IEEE-488	221

Справочник по удаленному интерфейсу

Эта глава состоит из следующих разделов:



- «Сводка по командам» на странице 135
- «Упрощенная последовательность программирования» на странице 144
- «Параметры по умолчанию команд MEASure? и CONFigure» на странице 145
- «Выбор функции, диапазона и разрешающей способности» на странице 154
- «Выбор входного канала» на странице 157
- «Особые команды измерения сопротивления» на странице 158
- «Команды измерения температуры» на странице 159
- «Команды нулевых (относительных) измерений» на странице 162
- «Команды входного фильтра» на странице 164
- «Команды математических операций» на странице 166
- «Условия запуска» на странице 169
- «Команды условий запуска» на странице 172
- «Команды выхода на самописец (аналогового выхода)» на странице 174
- «Команды, связанные с системой» на странице 175
- «Модель состояния SCPI» на странице 177
- «Команды отчетов о состоянии» на странице 189
- «Команды калибровки» на странице 191
- «Конфигурация интерфейса RS-232» на странице 193
- «Команды интерфейса RS-232» на странице 199
- «Введение в язык SCPI» на странице 200
- «Признаки конца входных сообщений» на странице 203
- «Форматы выходных данных» на странице 204
- «Использование сообщения Device Clear (Сброс универсальный) для останова измерений» на странице 205
- «Режим TALK ONLY (Только передавать) для принтеров» на странице 206
- «Установка адреса GPIB» на странице 207
- «Выбор удаленного интерфейса» на странице 209
- «Установка скорости передачи данных» на странице 211
- «Настройка бита четности» на странице 213



4 Справочник по удаленному интерфейсу

- «Выбор языка программирования» на странице 215
- «Выбор языка программирования» на странице 215
- «Совместимость с альтернативными языками программирования» на странице 217
- «Соответствие стандарту SCPI» на странице 218
- «Соответствие стандарту IEEE-488» на странице 221



Если вы начинаете использовать язык SCPI впервые, просмотрите эти разделы, чтобы ознакомиться с языком, прежде чем программировать измерительный прибор.

Сводка по командам

Этот раздел содержит сводку по командам языка SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), с помощью которых можно программировать измерительный прибор. Более подробные данные по каждой из команд см. в дальнейших разделах этой главы.

ПРИМЕЧАНИЕ

В данном руководстве для синтаксиса команд SCPI используются следующие обозначения. Квадратные скобки ([]) обозначают необязательные ключевые слова или параметры. В фигурные скобки ({ }) включаются списки параметров, разделяемых вертикальной чертой (|), когда следует использовать только одно из приведенных значений. Треугольные скобки (< >) означают, что необходимо подставить значение заключенного в них параметра.

Реальная строка команды, которую вы отправляете на прибор, не должна содержать ни одного из вышеприведенных условных обозначений.



Тем, кто начинает использовать SCPI впервые, следует изучить инструкции на [странице 200](#).

Команды настройки измерения напряжения

```

MEASure
[:VOLTage][:DC]?
[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF][,]{<разрешающая способность> | MIN | MAX |
DEF}[,]{@<канал>}[1]
[:VOLTage][:DC]:RATio?
[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF][,]{<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}
[:VOLTage][:DC]:DIFFerence?
[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF][,]{<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}

CONFigure
[:VOLTage][:DC]
[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF][,]{<разрешающая способность> | MIN |
MAX | DEF}[,]{@<канал>}1
[:VOLTage][:DC]:RATio [ <диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF }
[ , { <разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF } ]
[:VOLTage][:DC]:DIFFerence[ <диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF }
[ , { <разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF } ]

[SENSe:] | SENSe1: | SENSe2:
FUNction "VOLTage[:DC]"
FUNction "VOLTage[:DC]:RATio"
FUNction "VOLTage[:DC]:DIFFerence"
FUNction?

[SENSe:] SENSe1: | SENSe2:
VOLTage[:DC]:RANGe { <диапазон> | MIN | MAX }
VOLTage[:DC]:RANGe? [MIN | MAX]
VOLTage[:DC]:RANGe:AUTO {OFF | ON}
VOLTage[:DC]:RANGe:AUTO?

[SENSe:] | SENSe1: | SENSe2:
VOLTage[:DC]:RESolution { <разрешающая способность> | MIN | MAX }
VOLTage[:DC]:RESolution? [MIN | MAX]

[SENSe:] | SENSe1: | SENSe2:
VOLTage[:DC]:NPLCycles {0.02 | 0.2 | 1 | 2 | 10 | 20 | 100 | 200 | MIN | MAX}
VOLTage[:DC]:NPLCycles? [MIN | MAX]

[SENSe:] | SENSe1: | SENSe2:
VOLTage[:DC]:NULL[:STATe] {OFF | ON}
VOLTage[:DC]:NULL[:STATe]?
VOLTage[:DC]:NULL:VALue { <значение> | MIN | MAX }
VOLTage[:DC]:NULL:VALue?

ROUte
:TERMinals {FRONT | FRONT1 | FRONT2}
:TERMinals?
    
```

[1] <канал> может иметь одно из следующих значений: {FRONT | FRONT1 | FRONT2 | 1 | 2}

Команды настройки измерения сопротивления

```

MEASure
:FRESistance? [{<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF}][, {<разрешающая
способность> | MIN | MAX | DEF}]
:RESistance? [{<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF}][, {<разрешающая
способность> | MIN | MAX | DEF}]

CONFigure
:FRESistance | :RESistance
[ {<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF} ][, {<разрешающая способность> | MIN |
MAX | DEF}]

[SENSe:]
FUNction "RESistance" (2-проводные измерения сопротивления)
FUNction "FRESistance" (4-проводные измерения сопротивления)
FUNction?

[SENSe:]
FRESistance | RESistance
:RANge {<диапазон> | MIN | MAX}
:RANge? [MIN | MAX]
:RANge:AUTO {OFF | ON}
:RANge:AUTO?

[SENSe:]
FRESistance | RESistance
:RESolution {<разрешающая способность> | MIN | MAX}
:RESolution? [MIN | MAX]

[SENSe:]
FRESistance | RESistance
:NPLCycles {0.02 | 0.2 | 1 | 2 | 10 | 20 | 100 | 200 | MIN | MAX}
:NPLCycles? [MIN | MAX]

[SENSe:]
FRESistance | RESistance
:NULL[:STATe] {OFF | ON}
:NULL[:STATe]?
:NULL:VALue {<значение> | MIN | MAX}
:NULL:VALue?

[SENSe:]
FRESistance | RESistance
:OCOMpensated {OFF | ON}
:OCOMpensated?

```

```
[SENSe:]
FREStance
:POWer:LIMit[:STATe] {OFF | ON}
:POWer:LIMit?
:VOLTag:e:LIMit[:STATe] {OFF | ON}
:VOLTag:e:LIMit?
:VOLTag:e:LIMit:VALue {<значение> | MIN | MAX}
:VOLTag:e:LIMit:VALue? [MIN | MAX]
```

Команды настройки измерения температуры

```
MEASure
:TEMPerature? [{TC | THER | FRTD | DEF}][,<mun> | DEF]], 1, {<разрешающая
способность> | MAX | MIN | DEF}

CONFigure
:TEMPerature [{TC | THER | FRTD | DEF}][,<mun> | DEF]], 1, {<разрешающая
способность> | MAX | MIN | DEF}

[SENSe:]
FUNction "TEMPerature"
FUNction?

[SENSe:]
TEMPerature:TRANsducer:TYPE {TCouple | THERmistor | FRTD}
TEMPerature:TRANsducer:TYPE?

[SENSe:]
TEMPerature:TRANsducer:TCouple:TYPE {B | E | J | K | N | R | S | T}
TEMPerature:TRANsducer:TCouple:TYPE?
TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction {<эталоn> | MIN | MAX}
TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction? [{MIN | MAX}]
TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction:TYPE {FIX | INT | THER}
TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction:TYPE?

[SENSe:]
TEMPerature:TRANsducer:FRTD:TYPE {85 | 91}
TEMPerature:TRANsducer:FRTD:TYPE?
TEMPerature:TRANsducer:FRTD:RESistance[:REFerence] <значение>
TEMPerature:TRANsducer:FRTD:RESistance[:REFerence]?

[SENSe:]
TEMPerature:NULL[:STATe] {OFF | ON}
TEMPerature:NULL[:STATe]?
TEMPerature:NULL:VALue {<значение> | MIN | MAX}
TEMPerature:NULL:VALue?

[SENSe:]
TEMPerature:NPLCycles {0.02 | 0.2 | 1 | 2 | 10 | 20 | 100 | 200 | MIN | MAX}
TEMPerature:NPLCycles? {MIN | MAX}

UNIT
:TEMPerature {C | CEL | F | FAR | K}
:TEMPerature?
```

Команды общей настройки измерений

```

CONFigure?
[SENSe:]NULL [{OFF | ON | ONCE}]
INPut:FILTer
:STATe {OFF | ON}
:STATe?
:TYPE {ANALog | DIGital | BOTH}
:TYPE?
:DIGital:RESPonse {SLOW | MEDium | FAST}
:DIGital:RESPonse?
:DIGital:PRECharge:AUTO {ON | OFF}
:DIGital:PRECharge:AUTO?
ROUTe:TERMinals {FRONT | FRONT1 | FRONT2}
ROUTe:TERMinals?

```

Команды математических операций

```

CALCulate
:FUNctIon {AVERAge | SCALe}
:FUNctIon?
[:STATe] {OFF | ON}
[:STATe]?

CALCulate
:AVERAge:MINimum?
:AVERAge:MAXimum?
:AVERAge:AVERAge?
:AVERAge:COUNt?
:AVERAge:PTPeak?
:AVERAge:SDEviation?

CALCulate
:SCALe:GAIN {<усиление>}
:SCALe:GAIN?
:SCALe:OFFSet {<смещение>}
:SCALe:OFFSet?

DATA
:FEED RDG_STORE, [{"CALC" | ""}]
:FEED? RDG_STORE
:POINts?

```

Команды условий запуска

```

INITiate
READ?

```

4 Справочник по удаленному интерфейсу

TRIGger
:SOURce {BUS | IMMEDIATE | EXTERNAL}
:SOURce?

TRIGger
:DELay {<секунд> | MIN | MAX}
:DELay? [MIN | MAX]
:DELay:AUTO {OFF | ON}
:DELay:AUTO?

TRIGger
:COUNT {<значение> | MIN | MAX | INFINITY}
:COUNT? [MIN | MAX]

SAMPLE
:COUNT {<значение> | MIN | MAX}
:COUNT? [MIN | MAX]

Команды выхода на самописец

OUTPut
[:STATe] {OFF | ON}
[:STATe]?
:REFerence:OFFSet {<число> | MIN | MAX}
:REFerence:OFFSet? [{MIN | MAX}]
:REFerence:OFFSet:NULL
:REFerence:SPAN [{<число> | MIN | MAX}]
:REFerence:SPAN? [{MIN | MAX}]
:REFerence:GAIN?
:REFerence:VALue {<значение> | MIN | MAX}

Команды, связанные с системой

FETCH?
READ?
DATA
:FEED RDG_STORE,["CALC" | ""]
:FEED? RDG_STORE
:POINTs?

DISPlay[:STATe] {OFF | ON}
 DISPlay?
 DISPlay
 :TEXT <строка в кавычках>
 :TEXT?
 :TEXT:CLEAr
 SYSTem:ERRor?
 SYSTem:PRESet
 SYSTem:VERSiOn?
 *RST
 *TST?
 *IDN?

Команды отчетов о состоянии

SYSTem:ERRor?
 STATus
 :OPERation:CONDition?
 :OPERation:ENABle <значение включения>
 :OPERation:ENABle?
 :OPERation[:EVENT]?
 :QUEStionable:CONDition?
 :QUEStionable:ENABle <значение включения>
 :QUEStionable:ENABle?
 :QUEStionable[:EVENT]?
 STATus:PRESet
 *CLS *STB?
 *ESE <значение включения> *PSC {0 | 1}
 *ESE? *PSC?
 *ESR? *SRE <значение включения>
 *SRE?
 *OPC
 *OPC?

Команды калибровки

CALibration?
CALibration:COUNT?
CALibration
:CURrent?
CALibration
:OUTPut {ZERO | GAIN}
:OUTPut?
CALibration
SECure:CODE <новый код>
:SECure:STATe {OFF | ON} [, <код>]
:SECure:STATe?
CALibration
:STRing <строка в кавычках>
:STRing?
CALibration
:VALue <значение>
:VALue?

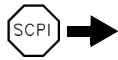
Команды удаленного интерфейса

SYSTem
:INTerface {GPIB | RS232}
:INTerface?
SYSTem
:COMMunicate:SERial:BAUD <скорость>
:COMMunicate:SERial:BAUD?
:COMMunicate:SERial:PARity {EVEN | ODD | NONE}
:COMMunicate:SERial:PARity?
SYSTem
:LANGuage {SCPI | 181}
:LOCal
:REMote
:RWLock
L1X (язык SCPI)
L2X (язык 181)

Общие команды стандарта IEEE-488.2

*CLS
*ESE <значение включения>
*ESE?
*ESR?
*IDN?
*OPC
*OPC?
*PSC {0 | 1}
*PSC?
*RST
*SRE <значение включения>
*SRE?
*STB?
*TRG
*TST?
*WAI

Упрощенная последовательность программирования



Измерительный прибор можно запрограммировать для проведения измерений по удаленному интерфейсу, выполнив следующую последовательность из семи шагов.

ПРИМЕЧАНИЕ

В данном руководстве для синтаксиса команд SCPI используются следующие обозначения. Квадратные скобки ([]) обозначают необязательные ключевые слова или параметры. В фигурные скобки ({ }) включаются списки параметров, разделяемых вертикальной чертой (|), когда следует использовать только одно из приведенных значений. Треугольные скобки (< >) означают, что необходимо подставить значение заключенного в них параметра.

- 1 Переведите прибор в известное состояние (часто это состояние после сброса).
- 2 Измените настройки прибора, чтобы установить требуемую для измерений конфигурацию.
- 3 Настройте параметры условий запуска.
- 4 Иницируйте или подготовьте проведение измерений прибором.
- 5 Подайте на прибор запуск, чтобы выполнить измерения.
- 6 Извлеките измеренные показания из выходного буфера или внутренней памяти.
- 7 Считайте данные измерения в контроллер шины.

Команды **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ) и **CONFigure** (НАСТРОИТЬ) позволяют проще всего настроить прибор для проведения измерений. В одной команде можно выбрать и функцию измерения (тип измеряемой физической величины), и диапазон, и разрешающую способность измерения. Для остальных параметров измерения прибор использует значения по умолчанию.

Время усреднения, диапазон и разрешающая способность задаются локально (индивидуально) для функции измерения или канала, используемых в командах **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ) и **CONFigure** (НАСТРОИТЬ). Например, если с помощью команды MEASure выполняется измерение сопротивления, то диапазон, разрешающая способность и время усреднения, заданные для измерений напряжения, при этом не изменяются.

Другие параметры изменений затрагивают сразу все функции измерений. При использовании команд **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ) и **CONFigure** (НАСТРОИТЬ) прибор использует параметры по умолчанию. Эти используемые прибором параметры по умолчанию, общие для всех функций или каналов, перечислены в таблице на следующей странице.

ПРИМЕЧАНИЕ

При работе через удаленный интерфейс использовать цифровой фильтр не рекомендуется, см. инструкции на [странице 72](#).

Параметры по умолчанию команд MEASure? и CONFigure

	Параметр	Система команд SCPI	Используемое умолчание
Общие для всех функций	Входной канал	ROUte:TERMinals	Канал 1
	Цифровой фильтр	INPut:FILTer	Выкл
	Предварительное заполнение цифрового фильтра	INPut:FILTer	Посл. уст. значение
	Аналоговый фильтр	INPut:FILTer	Выкл
	Источник запуска	TRIGger:SOURce	Непосредственный
	Задержка запуска	TRIGger:DELaY	Автоматическая
	Число запусков	TRIGger:COUnT	1
	Число выборок	SAMPlE:COUnT	1
	Мат. операции	CALCulate	Выкл
	Память показаний	DATA:FEED RDG_STORE	«CALC»
Дисплей (Вкл/выкл)	DISPlay	Вкл	
Индивидуальные для каждой функции	Время усреднения (в NPLC)	<разрешающая способность>	(10 циклов)
	Диапазон	<диапазон>	Авт. опр. диапазона
	Значение нуля	SENSe: <функция> :NULL	Выкл
Только для сопротивления	Измерения Ω с компенсацией смещения	SOURce:FRESistance OCOMPensated	Выкл
	Измерения Ω ограниченным напряжением	SOURce:FRESistance: OLTagE:LIMit	Посл. уст. значение
	Измерения Ω при низкой мощности	SOURce:FRESistance POWer:LIMit	Посл. уст. значение
Только для температуры	Класс датчика	SENSe:TEMPerature TRANsducer	Посл. уст. класс
	Тип пробника	SENSe:TEMPerature TRANsducer	Посл. уст. тип
	Тип и сопротивление терморезисторного датчика (RTD)	SENSe:TEMPerature TRANsducer	Посл. уст. тип

ПРИМЕЧАНИЕ

В командах MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) и CONFigure (НАСТРОИТЬ) параметры по умолчанию используются для тех параметров, которые хранятся в энергозависимой памяти. Параметры, которые хранятся в энергонезависимой памяти, ими не изменяются, и команды MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) и CONFigure (НАСТРОИТЬ) используют значения данных параметров из памяти.

См. инструкции на [странице 128](#). Например, последние настроенные единицы измерения температуры сохраняются в энергонезависимой памяти — команды MEASure? и CONFigure не изменяют эту настройку.

Использование команды MEASure?

Проще всего запрограммировать выполнение измерений на приборе можно с помощью команды **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ). В то же время эта команда не обеспечивает большой гибкости. При выполнении данной команды прибор использует настройки по умолчанию для запрошенной конфигурации и производит измерение немедленно. Перед выполнением измерения нельзя изменить какие-либо настройки (помимо функции, диапазона и разрешающей способности). Результаты направляются в выходной буфер.

Действие команды MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) равнозначно отправке команды CONFigure (НАСТРОИТЬ), сразу за которой отправляется команда READ? (ПРОЧЕСТЬ).

Использование команды CONFigure

Если необходима несколько большая гибкость программирования, используйте команду **CONFigure** (НАСТРОИТЬ). При выполнении данной команды прибор задает настройки по умолчанию для запрошенной конфигурации (например, для конфигурации, которая будет использоваться командой **MEASure?**). В то же время измерение *не начинается* автоматически, и можно вносить изменения в параметры измерений, прежде чем начать измерения. Таким образом, можно «пошагово» менять конфигурацию прибора, начав с состояния по умолчанию. В измерительном приборе реализован ряд низкоуровневых команд в подсистемах **INPut**, **SENSe**, **CALCulate** и **TRIGger**. (Команду **SENSe:FUNction** можно применять для изменения функции измерения без использования команд **MEASure?** и **CONFigure**).

Чтобы инициализировать измерение, используйте команду INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ) или READ? (ПРОЧЕСТЬ).

Использование параметров *range* и *resolution*

При работе с командами **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ) и **CONFigure** (НАСТРОИТЬ) выбрать функцию измерения, диапазон и разрешающую способность можно в одной такой команде. Используйте параметр *range* (*диапазон*) для указания фиксированного диапазона, большего, чем ожидаемое значение входного сигнала. Параметр *range* можно установить в значение AUTO, чтобы включить автоматическое определение диапазона.

Используйте параметр *resolution* (*разрешающая способность*), чтобы задать необходимую разрешающую способность измерения. Установка разрешающей способности задает время усреднения в приборе. Параметру разрешающей способности можно присвоить любое числовое значение, но определяемое по нему время интеграции (в периодах сети питания, NPLC) будет одним из следующих:

<разрешающая способность> значение параметра	Время усреднения (в NPLC)
< 0,0001 x диапазон	0,02
< 0,00001 x диапазон	0,2
< 0,000003 x диапазон	1
< 0,0000022 x диапазон	2
< 0,000001 x диапазон	10
< 0,0000008 x диапазон	20
< 0,0000003 x диапазон	100
< 0,00000022 x диапазон	200

Указывайте разрешающую способность в тех же единицах измерения, в которых определяется функция измерения, а не в виде числа разрядов. Например, при измерениях в вольтах указывайте разрешающую способность в вольтах. Для измерений сопротивления указывайте разрешающую способность в омах.

Для использования параметра resolution (разрешающая способность) необходимо указать диапазон (range).

Использование команды READ?

Команда **READ?** (ПРОЧЕСТЬ) изменяет состояние системы запусков с «ожидания» (idle) на «ожидание запуска» (wait-for-trigger). Выполнение измерений начнется, когда после приема команды **READ?** (ПРОЧЕСТЬ) окажутся выполнены заданные условия запуска. Показания *немедленно* отправляются в выходной буфер. Данные показаний *необходимо* считывать в контроллер шины, или же после заполнения выходного буфера прибор прекратит измерения. При использовании команды **READ?** (ПРОЧЕСТЬ) показания *не сохраняются* во внутренней памяти прибора.

Отправка команды READ? (ПРОЧЕСТЬ) аналогична отправке команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), сразу за которой подается команда FETCh? (ПОЛУЧИТЬ), за исключением того, что не производится внутренней буферизации показаний.

ВНИМАНИЕ!

Если отправить две команды запроса, не прочитав отклик на первую, а затем попытаться считать второй отклик, можно получить часть данных первого отклика, за которыми будет следовать полностью второй отклик. Чтобы избежать таких ситуаций, не отправляйте команд запросов, не считав отклик. Если же такая ситуация неизбежна, отправляйте команду очистки устройства (device clear), прежде чем отправлять вторую команду запроса.

Использование команд INITiate и FETCh?

Команды **INITiate** (ИНИЦИИРОВАТЬ) и **FETCh?** (ПОЛУЧИТЬ) обеспечивают контроль на самом низком уровне процессов активации измерений по запуску и считывания показаний (с максимальной гибкостью). Используйте команду **INITiate** (ИНИЦИИРОВАТЬ) после того, как прибор будет настроен на проведение измерений. Она меняет состояние системы активации по запускам с «ожидания» (idle) на «ожидание запуска» (wait-for-trigger). Выполнение измерений начнется, когда после получения команды **INITiate** (ИНИЦИИРОВАТЬ) окажутся выполнены заданные условия запуска. Показания *сохраняются* во внутренней памяти прибора (может сохраняться до 1024 показаний). Показания *хранятся* в памяти до момента, когда вы сможете получить их.

Используйте команду **FETCh?** (ПОЛУЧИТЬ) для переноса показаний из внутренней памяти прибора в его выходной буфер, откуда они могут быть считаны контроллером шины.

Для настройки измерительного прибора используйте команды **SENSe**. Для измерений напряжения по двум каналам можно настраивать каждый из каналов по отдельности, указывая либо **SENSe1**, либо **SENSe2**. После настройки используйте команду **ROUTE:TERM** для переключения между входными каналами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Команды **INIT** (ИНИЦИИРОВАТЬ) и **FETCh?** (ПОЛУЧИТЬ) используют память измерительного прибора. Даже в случае нарушения сохраненных показаний по ним все же можно будет получить статистические данные с помощью команды **DATA:FEED**. См. инструкции на [странице 168](#).

Пример использования MEASure?

В следующем сегменте программы показано использование команды **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ) для проведения измерения. В этом примере прибор настраивается на измерения напряжения по каналу 1 с автоматическим определением диапазона по входному сигналу, прибор автоматически переводится в состояние «ожидания запуска» (wait-for-trigger), затем в приборе подается внутренний запуск для выполнения одного измерения, после чего измеренное показание отправляется в выходной буфер.

```
MEAS:VOLT:DC? AUTO,MIN,(@FRONT1)
```

```
bus enter statement
```

Это самый простой способ выполнить измерение. Однако при использовании команды **MEASure?** (ИЗМЕРИТЬ) невозможно гибко задать число запусков, число выборов, задержку запуска и т. д. Все параметры измерения, помимо функции, диапазона и разрешающей способности, устанавливаются по стандартным установкам автоматически (см. таблицу на [странице 145](#)).

Пример использования CONFigure № 1

В следующем сегменте программы показано использование команды **READ?** (ПРОЧЕСТЬ) совместно с командой **CONFigure** (НАСТРОИТЬ) для выполнения измерения по внешнему запуску. Программа настраивает прибор для измерения напряжений постоянного тока. Команда **CONFigure** (НАСТРОИТЬ) не переводит прибор в состояние ожидания запуска (wait-for-trigger). Команда **READ?** (ПРОЧЕСТЬ) переводит прибор в состояние ожидания запуска, производит измерение при поступлении импульса на вход *Ext Trig* (*Внешний запуск*) и отправляет измеренное показание в выходной буфер.

```
CONF:VOLT:DC 10, MIN, (@FRONT1)
```

```
TRIG:SOUR EXT
```

```
READ?
```

```
bus enter statement
```

Пример использования CONFigure № 2

Следующий сегмент программы похож на приведенный выше, но в нем для перевода прибора в состояние ожидания запуска (wait-for-trigger) используется команда **INITiate** (ИНИЦИИРОВАТЬ). Команда **INITiate** (ИНИЦИИРОВАТЬ) переводит прибор в состояние ожидания запуска (wait-for-trigger), производит измерение при поступлении импульса на вход *Ext Trig* (*Внешний запуск*) и отправляет измеренное показание во внутреннюю память прибора. Команда **FETCh?** (ПОЛУЧИТЬ) переносит показание из внутренней памяти прибора в выходной буфер.

```
CONF:VOLT:DC 10, MIN, (@FRONT1)
```

```
TRIG:SOUR EXT
```

```
INIT
```

```
FETCh?
```

```
bus enter statement
```

Сохранение показаний во внутренней памяти при использовании команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ) происходит быстрее, чем отправка показаний в выходной буфер с помощью команды READ? (ПРОЧЕСТЬ). Во внутренней памяти измерительного прибора может храниться до 1024 показаний. Если настроить прибор на выполнение более чем 1024 показаний (используя параметры числа выборок и числа запусков), а затем отправить команду INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), возникнет ошибка памяти.

После выполнения команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ) дальнейшие команды не принимаются, пока последовательность измерения не будет завершена. Однако в случае выбора шины в качестве источника запусков (TRIGger:SOURce BUS) прибор будет принимать команду *TRG (шинный запуск) или сообщения IEEE-488 *Group Execute Trigger (Групповое выполнение запуска)*. Измерение, начатое командой INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), можно остановить путем отправки сигнала очистки устройства (см. на [странице 205](#)).

Пример использования CONFigure № 3

В следующем сегменте программы устанавливается состояние двух входных каналов, после чего с помощью команд ROUTe и READ? производятся измерения по каждому из них. Канал 1 настроен на диапазон 10 вольт с максимальной разрешающей способностью. Канал 2 настроен на диапазон 1 вольт. Обратите внимание, что одна и та же разрешающая способность действует для обоих каналов, а действующим значением числа периодов NPLC будет значение NPLC, установленное последней из поданных на счетчик команд CONFigure (НАСТРОИТЬ).

```
CONFigure:VOLT:DC 10, MAX, (@FRONT1)
CONFigure:VOLT:DC 1, MAX, (@FRONT2)
ROUTe:TERMinals FRONT1
READ?
bus enter statement
ROUTe:TERMinals FRONT2
READ?
bus enter statement
```

Команды MEASure? и CONFigure

См. также «Общие настройки измерений» на [странице 70](#) в [Разделе 3](#). И команда MEASure?, и команда CONFigure сбрасывают параметры измерения к их значениям по умолчанию. См. инструкции на [странице 145](#).

- Для параметра *range* (диапазон) вариант MIN выбирает наименьший возможный диапазон для выбранной функции; вариант MAX выбирает наибольший возможный диапазон; варианты AUTO и DEF включают автоматическое определение диапазона.
- Для параметра *resolution* (разрешающая способность) указывайте разрешающую способность в тех же единицах измерения, в которых определяется функция измерения, а не в виде числа разрядов. Вариант MIN выбирает наименьшее допустимое значение, что соответствует наивысшей разрешающей способности; вариант MAX выбирает наибольшее допустимое значение, что соответствует самой низкой разрешающей способности; вариант DEF выбирает разрешающую способность по умолчанию, которая составляет 0,000001 x диапазон (при 10 периодах PLC). См. таблицу на [странице 146](#).
- Для использования параметра *resolution* (разрешающая способность) необходимо указать диапазон (*range*).
- Для измерений напряжения также можно указать входной канал. Параметр *channel* (канал) может принимать значения FRONT1, FRONT2, 1 или 2. В команде перед обозначением канала должен быть добавлен символ «@», и обозначение вместе с символом должны быть заключены в круглые скобки ().

MEASure[:VOLTage][:DC]?

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]]
[,<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF][,(@<канал>)]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и производит измерение напряжения с указанными диапазоном, разрешающей способностью и входным каналом. Измеренное показание направляется в выходной буфер.

MEASure[:VOLTage][:DC]:RATio?

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][,<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF]]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и производит измерение соотношения напряжений с указанными диапазоном и разрешающей способностью. Измеренное показание направляется в выходной буфер. При измерениях соотношений указанный диапазон применяется к сигналу, поступающему на клеммы **канала 1**. Измерение напряжения на клеммах **канала 2** проводится с автоматическим определением диапазона.

MEASure[:VOLTage][:DC]:DIFFerence?

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][,<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF]]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и производит измерение разности напряжений с указанными диапазоном и разрешающей способностью. Измеренное показание направляется в выходной буфер.

При измерениях разности указанный диапазон применяется к сигналу, поступающему на клеммы канала 1. Измерение напряжения на клеммах канала 2 проводится с автоматическим определением диапазона.

MEASure:FRESistance?

MEASure:RESistance?

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и производит 2-проводное или 4-проводное измерение сопротивления с указанными диапазоном и разрешающей способностью. Измеренное показание направляется в выходной буфер.

MEASure:TEMPerature?

```
{TC | DEF}, {B | E | J | K | N | R | S | T | DEF}, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}]
```

```
{THER | DEF}, {DEF}, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}]
```

```
{FRTD | DEF}, {85 | 91 | DEF}, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и настраивает прибор на измерение температуры с использованием указанных типа пробника и разрешающей способности. Измеренное показание направляется в выходной буфер. DEF выбирает по умолчанию последний установленный тип пробника.

CONFigure[:VOLTage][:DC]

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}][, (@<канал>)]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и настраивает прибор на измерение напряжения постоянного тока с указанными диапазоном, разрешающей способностью и входным каналом. Эта команда *не иницирует* выполнение измерения.

CONFigure[:VOLTage][:DC]:RATio

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и настраивает прибор на измерение соотношения напряжений с указанными диапазоном и разрешающей способностью. Эта команда *не иницирует* выполнение измерения. При измерениях соотношений указанный диапазон применяется к сигналу, поступающему на клеммы **канала 1**. Измерение напряжения на клеммах **канала 2** проводится с автоматическим определением диапазона.

CONFigure[:VOLTage][:DC]:DIFFerence

```
[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}]
```

Эта команда выбирает стандартные настройки и настраивает прибор на измерение разности напряжений с указанными диапазоном и разрешающей способностью. Эта команда *не иницирует* выполнение измерения. При измерениях разности

указанный диапазон применяется к сигналу, поступающему на клеммы **канала 1**. Измерение напряжения на клеммах **канала 2** проводится с автоматическим определением диапазона.

CONFigure:FRESistance

CONFigure:RESistance

[[<диапазон> | AUTO | MIN | MAX | DEF]][,]<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF]]

Эта команда выбирает стандартные настройки и настраивает прибор на 2-проводное или 4-проводное измерение сопротивления с указанными диапазоном и разрешающей способностью. Эта команда *не иницирует* выполнение измерения.

CONFigure:TEMPerature

{TC | DEF},{B | E | J | K | N | R | S | T | DEF}[,]<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF]]

{THER | DEF},{DEF}[,]<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF]]

{FRTD | DEF},{85 | 91 | DEF}[,]<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF]]

Эта команда выбирает стандартные настройки и настраивает прибор на измерение температуры с использованием указанных типа пробника и разрешающей способности. Эта команда *не иницирует* выполнение измерения. DEF выбирает по умолчанию последний установленный тип пробника.

CONFigure?

Эта команда запрашивает текущую конфигурацию измерительного прибора и возвращает строку в кавычках.

Выбор функции, диапазона и разрешающей способности

См. также *Раздел 3, «Функции и возможности»*, начало на *странице 67*.

[SENSe:]FUNction "<функция>"

Выбирает функцию измерения. В строке команды функция должна быть заключена в кавычки (например: FUNC "VOLT:DC"). Для установки функции измерения используйте одну из следующих строк:

VOLTage:DC	RESistance (2-проводное измерение)
VOLTage:DC:RATio	FRESistance (4-проводное измерение)
VOLTage:DC:DIFFerence	TEMPerature

[SENSe:]FUNction?

Эта команда запрашивает функцию измерения и возвращает строку в кавычках.

[{SENSe1: | SENSe2:}]VOLTage[:DC]:RANGe {<диапазон> | MIN | MAX}

[SENSe:]

FRESistance | RESistance

:RANGe {<диапазон> | MIN | MAX}

Эта команда устанавливает диапазон измерений для указанной функции измерения. Вариант MIN выбирает наименьший диапазон. Вариант MAX выбирает наибольший диапазон. [хранится в энергозависимой памяти]

[{SENSe1: | SENSe2:}]VOLTage[:DC]:RANGe? [MIN | MAX]

[SENSe:]

FRESistance | RESistance

:RANGe? {MIN | MAX}

Эта команда запрашивает установленный для функции диапазон.

```

{{SENSe1: | SENSe2:}}VOLTage[:DC]:RANGe:AUTO {OFF | ON}
[SENSe:]
  FREsistance | RESistance
  :RANGe:AUTO {OFF | ON}

```

Эта команда выключает или включает автоматическое определение диапазона для функции измерения. Пороговые уровни для автоматического определения диапазона: понижение диапазона при <10% текущего диапазона; повышение диапазона при >120% текущего диапазона. [хранится в энергозависимой памяти]

```

{{SENSe1: | SENSe2:}}VOLTage[:DC]:RANGe:AUTO?
[SENSe:]
  FREsistance | RESistance
  :RANGe:AUTO?

```

Эта команда запрашивает настройку автоматического определения диапазона для указанной функции.

Она возвращает «0» (OFF — выключено) или «1» (ON — включено).

```

[SENSe1: | SENSe2:]VOLTage[:DC]:RESolution <разрешающая способность> | MIN | MAX}
[SENSe:]
  FREsistance | RESistance
  :RESolution <разрешающая способность> | MIN | MAX}

```

Эта команда устанавливает разрешающую способность для указанной функции. Указывайте разрешающую способность в тех же единицах измерения, в которых определяется функция измерения, а не в виде числа разрядов. Вариант MIN выбирает наименьшее допустимое значение, что соответствует наивысшей разрешающей способности. Вариант MAX выбирает наибольшее допустимое значение, что соответствует наименьшей разрешающей способности. [хранится в энергозависимой памяти]

```

[SENSe1: | SENSe2:]VOLTage[:DC]:RESolution? [{MIN | MAX}]
[SENSe:]
  FREsistance | RESistance
  :RESolution? [{MIN | MAX}]

```

Эта команда запрашивает разрешающую способность для указанной функции.

```
[SENSe1: | SENSe2:]VOLTage[:DC]:NPLCycles  
{0.02 | 0.2 | 1 | 2 | 10 | 20 | 100 | 200 | MIN | MAX}  
[SENSe:]  
  FRESistance | RESistance  
  :NPLCycles {0.02 | 0.2 | 1 | 2 | 10 | 20 | 100 | 200 | MIN | MAX}  
[SENSe:]TEMPerature:NPLCycles {0.02 | 0.2 | 1 | 2 | 10 | 20 | 100 | 200  
  | MIN | MAX}
```

Эта команда выбирает время усреднения, задаваемое в виде числа периодов сети питания, для текущей функции (значение по умолчанию — 10 периодов PLC).
MI = 0.02. MAX = 00. [хранится в энергозависимой памяти]

```
[SENSe1: | SENSe2:]VOLTage[:DC]:NPLCycles? {MIN | MAX}  
[SENSe:]  
  FRESistance | RESistance  
  :NPLCycles? {MIN | MAX}  
[SENSe:]TEMPerature:NPLCycles? {MIN | MAX}
```

Эта команда запрашивает время усреднения для выбранной функции.

Выбор входного канала

Для функций измерения сопротивления и температуры правильный входной канал выбирается автоматически. При измерениях напряжения необходимо выбрать входной канал.

Самый простой, но наименее гибкий способ указания входного канала — это использование параметра канала в командах MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) и CONFigure (НАСТРОИТЬ). Пример:

```
CONFigure:VOLTage:DC MAX, MAX, (@FRONT1)      канал 1
CONFigure:VOLTage:DC MAX, MAX, (@FRONT2)      канал 2
```

В подсистеме SENSE для выбора входного канала изменяется само ключевое слово, обозначающее подсистему. Пример:

```
SENSE1:VOLTage:RANGe 10                       Установка диапазона для канала 1
SENSE2:VOLTage:RANGe 10                       Установка диапазона для канала 2
```

Чтобы увеличить гибкость и воспользоваться преимуществами независимой установки нулевого значения и настроек диапазона для каждого из входных каналов, можно настроить каждый из входных каналов требуемым образом, а затем переключаться между входными каналами с помощью команды ROUTe:TERMinals.

Пример:

```
SENSE1:VOLTage:RANGe 10                       Канал 1, диапазон 10 В
SENSE2:VOLTage:RANGe .1                       Канал 2, диапазон 100 мВ
ROUTE:TERMinals FRONT1                       Выбрать канал 1
READ?                                         Измерение по каналу 1
ROUTE:TERMinals FRONT2                       Выбрать канал 2
READ?                                         Измерение по каналу 2
```

Определить, какой из входных каналов активен, можно с помощью запроса:

```
ROUTE:TERMinals?
```

Этот запрос возвращает либо значение FRON1, либо FRON2.

Особые команды измерения сопротивления

Следующие команды реализуют компенсацию смещения, а также функции измерений сопротивления при малой мощности или с ограниченным напряжением.

```
[SENSe:]  
  FRESistance | RESistance  
  :OCOMpensated {OFF | ON}  
  :OCOMpensated?
```

Эта команда включает или выключает измерения сопротивления с компенсацией смещения (см. на [странице 84](#)). После включения компенсации смещения она будет применяться и при 4-проводных, и при 2-проводных измерениях сопротивления.

```
[SENSe:]  
  FRESistance  
  :POWer:LIMit[:STATe] {OFF | ON}  
  :POWer:LIMit[:STATe]?
```

Эта команда включает или выключает режим 4-проводных измерений сопротивления при малой мощности (см. на [странице 84](#)).

```
[SENSe:]  
  FRESistance  
  :VOLTage:LIMit[:STATe] {OFF | ON}  
  :VOLTage:LIMit[:STATe]?  
  :VOLTage:LIMit:VALue {<значение> | MIN | MAX}  
  :VOLTage:LIMit:VALue? {MIN | MAX}
```

Эта команда включает или выключает режим 4-проводных измерений сопротивления с ограниченным напряжением (см. на [странице 85](#)). Параметр ограничения напряжения <значение> будет округляться до одного из трех следующих значений:

- 20 мВ,
- 100 мВ или
- 500 мВ

Вариант MIN устанавливает ограничение 20 мВ, а вариант MAX — 500 мВ.

Команды измерения температуры

См. «*Конфигурация для измерения температуры*» на странице 86 в *Разделе 3*.

- Прибор сохраняет последние настройки, использовавшиеся при измерениях температуры, в энергонезависимой памяти и использует эти значения в качестве значений по умолчанию при дальнейших измерениях. Таким образом, производить измерения температуры можно без необходимости каждый раз указывать тип датчика или параметры эталона.
- Параметр *диапазона (range)* не имеет смысла в измерениях температуры. Тем не менее, параметр *диапазон (range)* включен в синтаксис команд, чтобы можно было задавать разрешающую способность. Для измерений температуры устанавливайте *диапазон (range)* равным 1. Можно вводить и другие числа, поскольку они игнорируются. При запросе значения диапазона возвращается отклик 1.

MEASure:TEMPerature?

```
{TC | DEF},{B | E | J | K | N | R | S | T | DEF}, 1, {<разрешающая способность> |
MIN | MAX | DEF}
{THER | DEF},DEF, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}
{FRTD | DEF},{85 | 91 | DEF}, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}
```

Эти команды выбирают стандартные настройки и настраивают прибор на измерение температуры с использованием указанных типа пробника и разрешающей способности. Измеренное показание направляется в выходной буфер. В первом параметре укажите тип используемого измерительного пробника — один из следующих: TC (термопара), THER (термистор) или FRTD (четырёхпроводной терморезисторный датчик RTD). При выборе варианта DEF (по умолчанию) устанавливается последний использовавшийся тип пробника. Тип термопары или терморезисторного датчика (RTD) задается во втором параметре. Для термисторов указывайте в этом параметре DEF (по умолчанию). Дополнительный параметр 1 — это место-заполнитель, который позволяет указать разрешающую способность.

CONFigure:TEMPerature

```
{TC | DEF},{B | E | J | K | N | R | S | T | DEF}, 1, {<разрешающая способность> |
MIN | MAX | DEF}
{THER | DEF},DEF, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}
{FRTD | DEF},{85 | 91 | DEF}, 1, {<разрешающая способность> | MIN | MAX | DEF}
```

Эти команды выбирают стандартные настройки и настраивают прибор на измерение температуры с использованием указанных типа пробника и разрешающей способности. Эта команда *не иницирует* выполнение измерения. В первом параметре укажите тип используемого измерительного пробника — один из следующих: TC (термопара), THER (термистор) или FRTD (четырёхпроводной терморезисторный датчик RTD). При выборе варианта DEF (по умолчанию) устанавливается последний

использовавшийся тип пробника. Во втором параметре укажите тип термопары. Для термисторов указывайте в этом параметре DEF (по умолчанию). Дополнительный параметр 1 — это местозаполнитель, который позволяет указать разрешающую способность.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TYPE {TC | THER | FRTD | DEF}

Эта команда устанавливает тип датчика температуры, используемого для измерений температуры. Выберите TC (термопары), THER (термисторы) или FRTD (четырёхпроводные терморезисторные датчики RTD). При выборе варианта DEF устанавливается значение FRTD.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TYPE?

Эта команда запрашивает тип текущего датчика измерения температуры.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TCouple:TYPE {B | E | J | K | R | S | T | DEF}

Эта команда устанавливает тип датчика термопары, используемой для измерений температуры. При выборе варианта DEF устанавливается последний использовавшийся тип термопары.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TCouple:TYPE?

Эта команда запрашивает тип используемой термопары.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction {<эталон> | MIN | MAX}

Эта команда устанавливает температуру эталонного перехода для измерений с помощью термопары при использовании эталона с фиксированной температурой

Выбор MIN задает значение 0 °C, выбор MAX устанавливает значение 55 °C.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction? [{MIN | MAX}]

Эта команда запрашивает температуру эталонного перехода (если она установлена) при использовании эталона с фиксированной температурой.

При установленном варианте MIN возвращается 0 °C, при установленном MAX возвращается 55 °C.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction:TYPE {FIX | INT | THER}

Эта команда задает тип эталонного перехода для измерений с помощью термопары. Можно задать следующие варианты типа: фиксированное значение (FIX), внутренний термистор (INT) или же термистор, подключенный к каналу 1 (THER).

При установленном типе FIX используйте команду `SENSe:TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction <значение>` для установки эталонной температуры.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:TCouple:RJUNction:TYPE?

Эта команда запрашивает тип эталонного перехода, установленный для измерений с помощью термопары.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:FRTD:TYPE {85 | 91}

Эта команда задает тип четырехпроводного терморезисторного датчика (RTD). Значение «альфа» указывается через варианты параметра 85 (для $\alpha = 0,000385$) или 91 (для $\alpha = 0,000391$).

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:FRTD:TYPE?

Эта команда запрашивает тип используемого терморезисторного датчика (RTD). Она возвращает либо +91, либо +85.

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:FRTD:RESistance[:REFerence] <значение>

Эта команда задает значение R_0 для четырехпроводного терморезисторного датчика (RTD). Значение должно быть в диапазоне от 4,9 Ω до 2,1 k Ω .

[SENSe:]TEMPerature:TRANsducer:FRTD:RESistance[:REFerence]?

Эта команда запрашивает используемое значение R_0 терморезисторного датчика (RTD).

UNIT:TEMPerature {C | CEL | F | FAR | K}

Эта команда настраивает измерение и выбирает шкалу (единицы измерения) для измерений температуры.

UNIT:TEMPerature?

Эта команда запрашивает используемую шкалу (единицы измерения) температуры.

Команды нулевых (относительных) измерений

Прибор использует независимо устанавливаемые нулевые значения для измерений напряжения по каналу 1 и по каналу 2, измерений сопротивления и измерений температуры. См. инструкции на [странице 92](#) в [Разделе 3](#).

```
[SENSe:] | SENSe1: | SENSe2
  VOLTage[:DC]:NULL[:STATe] {OFF | ON}
  VOLTage[:DC]:NULL[:STATe]?
  VOLTage[:DC]:NULL:VALue {<значение> | MIN | MAX}
  VOLTage[:DC]:NULL:VALue?
```

Эти команды включают или выключают состояние нуля для измерений напряжения по выбранному входному каналу. Перед тем, как можно будет установить значение нуля, необходимо включить состояние нуля. Значение нуля должно устанавливаться в пределах ± 132 В по каждому из входных каналов.

```
[SENSe:]
  RESistance | RESistance
  :NULL[:STATe] {OFF | ON}
  :NULL[:STATe]?
  :NULL:VALue {<значение> | MIN | MAX}
  :NULL:VALue?
```

Эти команды включают или выключают состояние нуля для измерений сопротивления. Перед тем, как можно будет установить значение нуля, необходимо включить состояние нуля. Значение нуля должно устанавливаться в пределах $\pm 1,2$ МΩ. Состояние нуля является общим для 2-проводных и 4-проводных измерений сопротивления, то есть при включении состояния нуля для 4-проводных измерений сопротивления также включается состояние нуля для 2-проводных измерений сопротивления.

```
[SENSe:]
  TEMPerature
  :NULL[:STATe] {OFF | ON}
  :NULL[:STATe]?
  :NULL:VALue {<значение> | MIN | MAX}
  :NULL:VALue?
```

Эти команды включают или выключают состояние нуля для измерений температуры. Перед тем, как можно будет установить значение нуля, необходимо включить состояние нуля. Значение нуля должно устанавливаться в диапазоне от -300 °C до 2000 °C. Состояние нуля является общим для всех измерений температуры, то есть при включении состояния нуля для одного типа пробников также включается состояние нуля для всех типов пробников.

[SENSe:]NULL {OFF | ON | ONCE}

Эта команда включает или выключает состояние нуля для активных канала или функции. Параметры OFF и ON соответственно выключают и включают состояние нуля, меняя установленное в нулевом регистре значение. ONCE включает состояние нуля и при выполнении следующего измерения устанавливает его результат значением нуля.

Команды входного фильтра

См. также на [странице 70](#) в [Разделе 3](#).

Использовать входные фильтры при работе через удаленный интерфейс *не* рекомендуется. В случае использования фильтров при работе через удаленный интерфейс учитывайте следующее.

- Цифровой фильтр — это фильтр скользящего среднего. Интенсивность фильтра определяет, какое число показаний будет усредняться. Показание измеряется и включается в расчет среднего значения при каждом поступлении запуска. Поэтому необходимо подать достаточное число запусков, чтобы заполнить окно расчета среднего значения — только тогда фильтр стабилизируется. Если ваши измерения требуют усреднения показаний, используйте математические операции (статистические) вместо цифрового фильтра (см. на [странице 166](#)).
- В зависимости от измеренного показания среднее значение цифрового фильтра может сбрасываться (см. на [странице 72](#)). Следует использовать регистр STATUS:OPERation:CONDition, чтобы определять, стабилизировалось ли состояние фильтра для каждого из проведенных измерений.
- Аналоговый фильтр существенно замедляет скорость измерения показаний.

Входные фильтры выключаются после сброса по удаленному интерфейсу (*RST) и после сброса настроек (SYStem:PREset).

INPut:FILTer
:STATe {OFF | ON}
:STATe?

Эти команды включают или выключают состояние фильтра, а также запрашивают состояние фильтра.

INPut:FILTer
:TYPE {ANALog | DIGital | BOTH}
:TYPE?

Эти команды устанавливают тип фильтра и запрашивают тип фильтра.

При выборе варианта BOTH включаются и цифровой, и аналоговый фильтры.

INPut:FILTer
:DIGital:RESPonse {SLOW | MEDium | FAST}
:DIGital:RESPonse?

Эти команды устанавливают усреднение для цифрового фильтра и запрашивают установленную настройку цифрового фильтра. SLOW устанавливает усреднение по 100 показаниям, MEDium — по 50 показаниям, а FAST — по 10 показаниям.

INPut:FILTer
:DIGital:PRECharge {OFF | ON}
:DIGital:PRECharge?

Эти команды включают или выключают предварительное заполнение цифрового фильтра, а также запрашивают состояние параметра предварительного заполнения цифрового фильтра. Если отключить предварительное заполнение цифрового фильтра, то фильтр не будет сбрасываться в зависимости от измеренных значений (см. на [странице 72](#) в [Разделе 3](#)).

Команды математических операций

См. также «*Математические операции*» на странице 89 в Разделе 3.

Доступно две основных математических операции — расчет статистики и масштабирование, но в любой момент времени может быть включена только одна из них. Расчеты статистики выполняют математические операции над рядом показаний. Масштабирование выполняет математическую операцию над каждым показанием.

Выбранная математическая операция продолжает действовать, пока вы не отключите ее, не смените функцию измерения, не выключите питание прибора или произведете сброс по удаленному интерфейсу.

CALCulate:FUNCtion {AVERage | SCALe}

Эта команда выбирает основную математическую функцию. В любой момент времени может быть включена только одна функция. [хранится в энергозависимой памяти].

CALCulate:FUNCtion?

Эта команда запрашивает установленную математическую функцию. Возвращает SCAL (МАСШТАБИРОВАНИЕ или AVER (СРЕДНЕЕ)).

CALCulate[:STATe] {OFF | ON}

Эта команда выключает или включает выбранную математическую функцию. [хранится в энергозависимой памяти]

CALCulate[:STATe]?

Эта команда запрашивает состояние математической функции.

Она возвращает «0» (OFF — выключена) или «1» (ON — включена).

Команды статистических операций (AVERage)

- Для использования этих команд необходимо сначала включить статистические операции с помощью команд CALC:FUNC AVER и CALC ON.

CALCulate:AVERage:MINimum?

Эта команда возвращает минимальное значение, найденное в ходе математической операции расчета среднего. Прибор очищает это значение при включении математических функций, при отключении питания, а также при сбросе по удаленному интерфейсу. [хранится в энергозависимой памяти].

CALCulate:AVERage:MAXimum?

Эта команда возвращает максимальное значение, найденное в ходе математической операции расчета среднего. Прибор очищает это значение при включении математических функций, при отключении питания, а также при сбросе по удаленному интерфейсу. [хранится в энергозависимой памяти].

CALCulate:AVERage:AVERage?

Эта команда возвращает среднее значение для всех показаний, измеренных с момента включения математической функции расчета среднего. Прибор очищает это значение при включении математических функций, при отключении питания, а также при сбросе по удаленному интерфейсу. [хранится в энергозависимой памяти].

CALCulate:AVERage:COUNT?

Эта команда возвращает количество показаний, измеренных с момента включения математической функции расчета среднего. Прибор очищает это значение при включении математических функций, при отключении питания, а также при сбросе по удаленному интерфейсу. [хранится в энергозависимой памяти].

CALCulate:AVERage:PTPeak?

Эта команда возвращает значение полного размаха амплитуды для всех показаний, измеренных с момента включения математической функции. Прибор очищает это значение при включении математических функций, при отключении питания, а также при сбросе по удаленному интерфейсу. [хранится в энергозависимой памяти].

CALCulate:AVERage:SDEVIation

Эта команда возвращает стандартное отклонение, рассчитанное для всех показаний, измеренных с момента включения математической функции. Прибор очищает это значение при включении математических функций, при отключении питания, а также при сбросе по удаленному интерфейсу. [хранится в энергозависимой памяти].

DATA:FEED RDG_STORE, {"CALCulate" | " "}

Эта команда выбирает, будут ли показания, измеренные с применением команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), сохраняться во внутренней памяти прибора (настройка по умолчанию) или же не будут сохраняться вообще.

В состоянии по умолчанию (DATA:FEED RDG_STORE, "CALC") при выполнении INITiate в памяти прибора сохраняется до 1024 показаний. Команды MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) и CONFigure (НАСТРОИТЬ) автоматически выбирают вариант "CALC".

При отключенной памяти (DATA:FEED RDG_STORE, " ") показания, измеренные с применением команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), в памяти не сохраняются. Этот способ можно использовать для сбора статистики по любому числу показаний (без ограничения в 1024 показания). При попытке переноса показаний в выходной буфер с помощью команды FETCh? (ПОЛУЧИТЬ) возникнет ошибка.

DATA:FEED?

Эта команда запрашивает состояние памяти показаний. Она возвращает значения "CALC" или " ".

DATA:POINts?

Эта команда запрашивает число показаний в памяти.

Команды операций с масштабom

Для использования этих команд необходимо сначала включить операции масштабирования с помощью команд CALC:FUNC SCAL и CALC ON.

CALCulate:SCALe:GAIN <усиление>

Эта команда задает крутизну масштабирования показаний, выполняемого по формуле $y = mx + b$. Усиление — это коэффициент m .

CALCulate:SCALe:GAIN?

Эта команда запрашивает текущее усиление.

CALCulate:SCALe:OFFSet <смещение>

Эта команда задает смещение при масштабировании показаний, выполняемое по формуле $y = mx + b$. Смещение — это значение b .

CALCulate:SCALe:OFFSet?

Эта команда запрашивает текущее смещение.

Условия запуска



См. также «*Запуск измерений*» на странице 95 в *Разделе 3*.

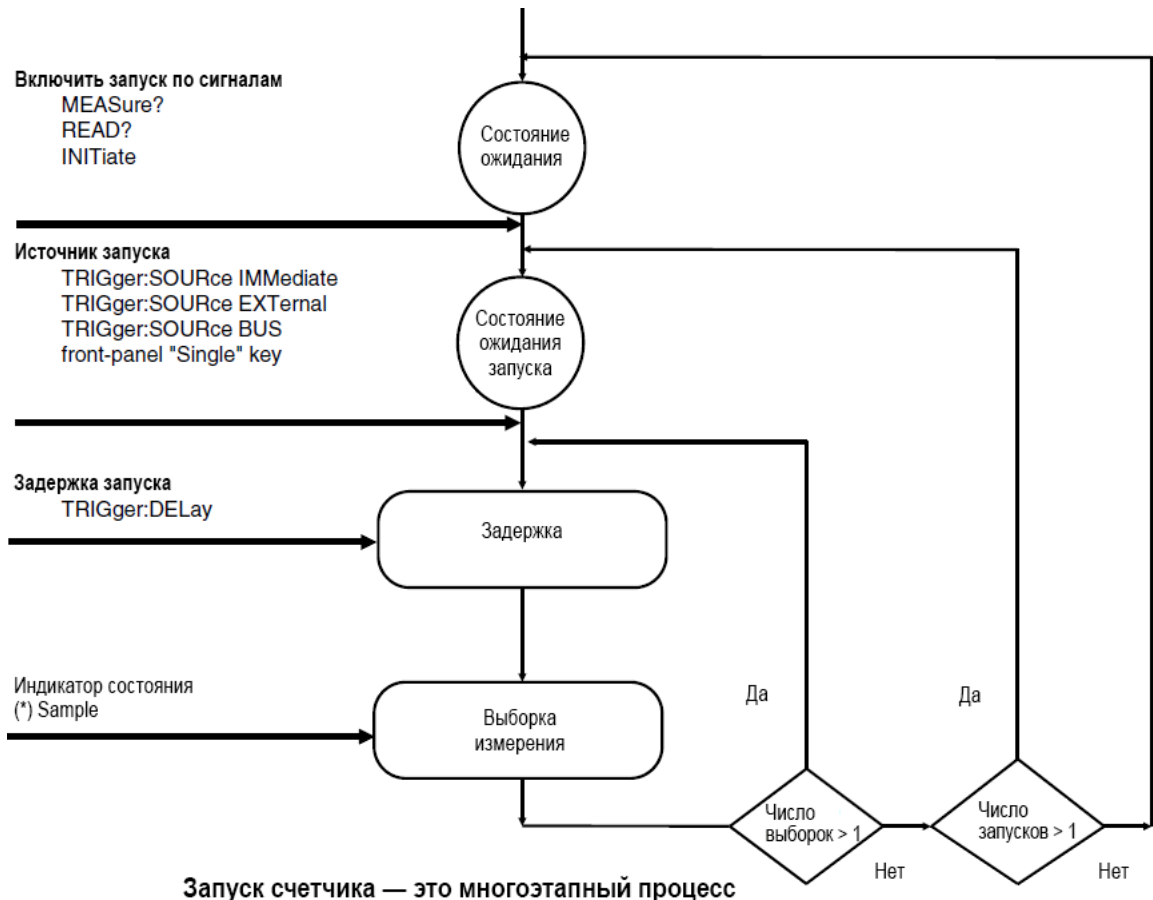
Тем, кто начинает использовать SCPI впервые, следует ознакомиться с инструкциями на *странице 200*.

Система запуска измерений по условиям запуска прибора позволяет создавать запуски как ручную, так и автоматически, производить несколько измерений на один запуск, а также добавлять задержку перед каждым измерением показаний. Как правило, прибор производит одно измерение на при каждом получении запуска, но можно настроить выполнение сразу многих измерений при получении одного запуска (до 50 000). Также можно настроить бесконечную подачу запусков.

Подача запусков на прибор из удаленного интерфейса — это многоступенчатый процесс, который позволяет гибко настраивать срабатывание по запускам.

- Сначала нужно настроить прибор на проведение измерений, выбрав функцию измерений, диапазон, разрешающую способность и т. д.
- Затем нужно указать источник, от которого прибор будет принимать запуски. Измерительный прибор может принимать программные (шинные) запуски по удаленному интерфейсу, аппаратные запуски по клемме *Ext Trig* (*Внешний запуск*) на задней панели или же непосредственные внутренние запуски.
- Затем следует убедиться, что прибор готов принять запуск от указанного источника запусков (это состояние называется «*ожиданием запуска*»).

Система активации прибора по запускам показана на схеме на следующей странице.



Состояние ожидания запуска

После настройки прибора и выбора источника запусков измерительный прибор необходимо перевести в состояние *ожидания запуска*. Если прибор не находится в этом состоянии, запуски приниматься не будут. Если же при наличии сигнала запуска прибор находится в состоянии «ожидание запуска», то начинается последовательность измерений и определяется показание.

Термин «состояние ожидания запуска» используется главным образом в связи с работой по удаленному интерфейсу. При работе с передней панелью прибор всегда находится в состоянии «ожидания запуска» и принимает запуски в любой момент времени, если только измерение уже не производится.

Прибор можно перевести в состояние «ожидания запуска», выполнив любую из следующих команд через удаленный интерфейс.

Пример использования
READ?
INITiate

ПРИМЕЧАНИЕ

После отправки команды, меняющей состояние «ожидания запуска», измерительному прибору требуется приблизительно 20 мс на внутреннюю перенастройку. Все внешние запуски, поступающие в течение этой внутренней перенастройки, игнорируются.

Команды условий запуска

См. также «Запуск измерений» на странице 95 в Разделе 3.

INITiate

Эта команда меняет состояние системы активации по условиям запуска с «ожидания» (idle) на «ожидание запуска» (wait-for-trigger). Выполнение измерений начнется, когда после получения команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ) окажутся выполнены заданные условия запуска. Показания сохраняются во внутренней памяти прибора (может сохраняться до 1024 показаний). Показания *хранятся* в памяти до момента, когда вы сможете получить их. Для получения измеренных показаний используйте команду FETCh? (ПОЛУЧИТЬ).

READ?

Эта команда меняет состояние системы запуска с «ожидания» (idle) на «ожидание запуска» (wait-for-trigger). Выполнение измерений начнется, когда после приема команды READ? (ПРОЧЕСТЬ) окажутся выполнены заданные условия запуска. Показания немедленно отправляются в выходной буфер.

TRIGger:SOURce {BUS | IMMEDIATE | EXTERNAL}

Эта команда выбирает источник, от которого прибор будет принимать запуски. Измерительный прибор может принимать программные (шинные) запуски, непосредственные внутренние запуски (это источник по умолчанию), а также аппаратные запуски по клемме *Ext Trig* (*Внешний запуск*) на задней панели. После установки источника запусков также необходимо отправить команду INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), чтобы перевести прибор в состояние *ожидания запуска* (wait-for-trigger). [хранится в энергозависимой памяти].

TRIGger:SOURce?

Эта команда запрашивает установленный источник запусков. Возвращает «BUS» (ШИНА), «IMM» (НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ) или «EXT» (ВНЕШНИЕ).

TRIGger:DElay {<секунды> | MIN | MAX}

Эта команда добавляет задержку между поступлением сигнала запуска и производимой по нему выборкой. Если не указать задержку срабатывания запуска, измерительный прибор выбирает задержку автоматически (см. на [странице 104](#)). Выберите значение от 0 до 3600 секунд. MIN = 0 секунд. MAX = 3600 секунд. [хранится в энергозависимой памяти].

TRIGger:DElay? [{MIN | MAX}]

Эта команда запрашивает задержку срабатывания запусков.

TRIGger:DElay:AUTO {OFF | ON}

Эта команда включает или выключает автоматическую задержку срабатывания запусков. Задержка определяется в зависимости от функции, диапазона, времени усреднения и настройки фильтра компенсации наводок от сети питания. При установке конкретного значения задержки срабатывания запусков автоматическая задержка запусков автоматически выключается. [хранится в энергозависимой памяти].

TRIGger:DElay:AUTO?

Эта команда запрашивает настройку автоматической задержки срабатывания запусков.

Она возвращает «0» (OFF — выключена) или «1» (ON — включена).

SAMPlE:COUNT {<значение> | MIN | MAX}

Эта команда устанавливает число показаний (выборок), измеряемых прибором при поступлении одного запуска. Выберите значение от 1 до 50 000 показаний (на один запуск).

В этой команде MIN = 1, а MAX = 50 000. [хранится в энергозависимой памяти].

SAMPlE:COUNT? [{MIN | MAX}]

Эта команда запрашивает число выборок.

TRIGger:COUNT {<значение> | MIN | MAX | INFinity}

Эта команда устанавливает число запусков, которые прибор примет, прежде чем возвратиться к состоянию ожидания (и прекратить прием запусков). Выберите значение от 1 до 50 000 запусков. Параметр INFinity (БЕСКОНЕЧНОСТЬ) указывает прибору, что запуски следует принимать бесконечно (для возврата в состояние ожидания без приема запусков потребуется отправить сигнал сброса устройства (device clear)). При работе прибора с управлением на месте число запусков игнорируется. В этой команде MIN = 1, а MAX = 50 000. [хранится в энергозависимой памяти].

TRIGger:COUNT? [{MIN | MAX}]

Эта команда запрашивает число запусков. Если было установлено бесконечное число запусков, то команда запроса возвращает значение «9.90000000E+37».

Команды выхода на самописец (аналогового выхода)

См. также «Выход на самописец (аналоговый выход)» на странице 113 в Разделе 3.

OUTPut
[:STATe] {OFF | ON}
[:STATe]?

Эти команды включают или выключают выход самописца (аналоговый выход), а также запрашивают состояние этого выхода. Когда выход отключен, напряжение на нем поддерживается равным 0 В.

OUTPut
:REFeRence:OFFset {<число> | MIN | MAX}
:REFeRence:OFFset?
:REFeRence:NULL

Эти команды задают или запрашивают значение смещения. Смещение может быть установлено в диапазоне от $-1.0E9$ до $1.0E9$. Параметр MIN устанавливает значение $-1.0E9$ вольт, а параметр MAX устанавливает значение $1.0E9$ вольт. Вариант с :NULL этой команды устанавливает следующее измеренное значение в качестве значения нуля.

OUTPut
:REFeRence:SPAN [{<число> | MIN | MAX}]
:REFeRence:SPAN? [{MIN | MAX}]
:REFeRence:GAIN?

Эти команды задают или запрашивают значение диапазона. Диапазон может быть установлен равным от $5E-9$ до $1.0E9$. Параметр MIN устанавливает значение $5E-9$, а параметр MAX устанавливает значение $1.0E9$. Запрос :GAIN? возвращает значение, обратное значению диапазона.

OUTPut
:REFeRence:VALue {<значение> | MIN | MAX}]

Эта команда позволяет установить фиксированное значение на выходе. Значение должно быть в диапазоне $\pm 3,00$ В. Параметр MIN устанавливает на выходе $-3,00$ В, а параметр MAX устанавливает на выходе $+3,00$ В.

Команды, связанные с системой

См. также «Связанные с системой операции» на странице 105 в Разделе 3.

FETCH?

Эта команда переносит показания, сохраненные во внутренней памяти прибора по команде INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), в выходной буфер прибора, откуда они могут быть считаны контроллером шины.

READ?

Эта команда меняет состояние системы запусков с «ожидания» (idle) на «ожидание запуска» (wait-for-trigger). Выполнение измерений начнется, когда после приема команды READ? (ПРОЧЕСТЬ) окажутся выполнены заданные условия запуска. Показания немедленно отправляются в выходной буфер.

DISPlay {OFF | ON}

Эта команда выключает и включает дисплей на передней панели прибора. [хранится в энергозависимой памяти].

DISPlay?

Эта команда запрашивает состояние включения дисплея на передней панели.

Она возвращает «0» (OFF — выключен) или «1» (ON — включен).

DISPlay:TEXT <строка в кавычках>

Эта команда отображает сообщение на передней панели. Прибор отображает до 11 первых символов сообщения; остальные символы в сообщении отбрасываются. [хранится в энергозависимой памяти]

DISPlay:TEXT?

Эта команда запрашивает текст сообщения, отправленного на переднюю панель, и возвращает его в виде строки в кавычках.

DISPlay:TEXT:CLEar

Эта команда очищает сообщение на дисплее.

SYSTem:ERRor?

Эта команда запрашивает очередь ошибок прибора. В очереди может сохраняться до 20 ошибок. Ошибки возвращаются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). Каждая из строк ошибок может иметь длину до 80 символов.

SYSTem:VERSion?

Эта команда запрашивает у прибора текущую версию SCPI.

Она возвращает значение вида "1994.0".

***RST**

Эта команда возвращает прибор к конфигурации, устанавливаемой после включения питания.

***TST?**

Эта команда выполняет полное самотестирование прибора. Она возвращает «0» при успешном прохождении самотестирования или «1» при сбое тестирования.

***IDN?**

Эта команда считывает строку идентификации прибора (обязательно выделите для приема ответа строковую переменную длиной не менее 40 символов).

Модель состояния SCPI

Во всех приборах с поддержкой SCPI регистры состояния реализованы одним и тем же образом. Система состояний записывает различные аспекты состояния приборов в четырех группах регистров: в регистре байта состояния (Status Byte), регистре стандартных событий (Standard Event), регистре состояния операций (Operational Status) и регистре ненадежных данных (Questionable Data). В регистре байта состояния фиксируется высокоуровневая сводка по данным, содержащимся в других группах регистров. Схема системы состояний SCPI, используемой прибором, приведена на следующей странице.

Раздел 6, «Прикладные программы» содержит примеры программ, которые иллюстрируют работу с регистрами состояния. После прочтения следующего раздела этой главы может быть полезно ознакомиться с этими программами.

Что такое регистр событий?

У регистров стандартных событий и ненадежных данных имеются *регистры событий*. Регистр событий — это регистр, доступный только для чтения, который сообщает об определенных состояниях в измерительном приборе. Биты в регистрах события реализованы на *защелках*. После установки бита события последующие изменения его состояния игнорируются (не меняют установленного значения). Биты в регистре событий автоматически очищаются при запросе этого регистра (например, с помощью команд *ESR? или STAT:QUES:EVENT?), а также в случае отправки команды *CLS (очистки состояния). Команда сброса (*RST) или очистка устройства (device clear) не очищают биты в регистрах событий. При запросе регистра событий возвращается десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

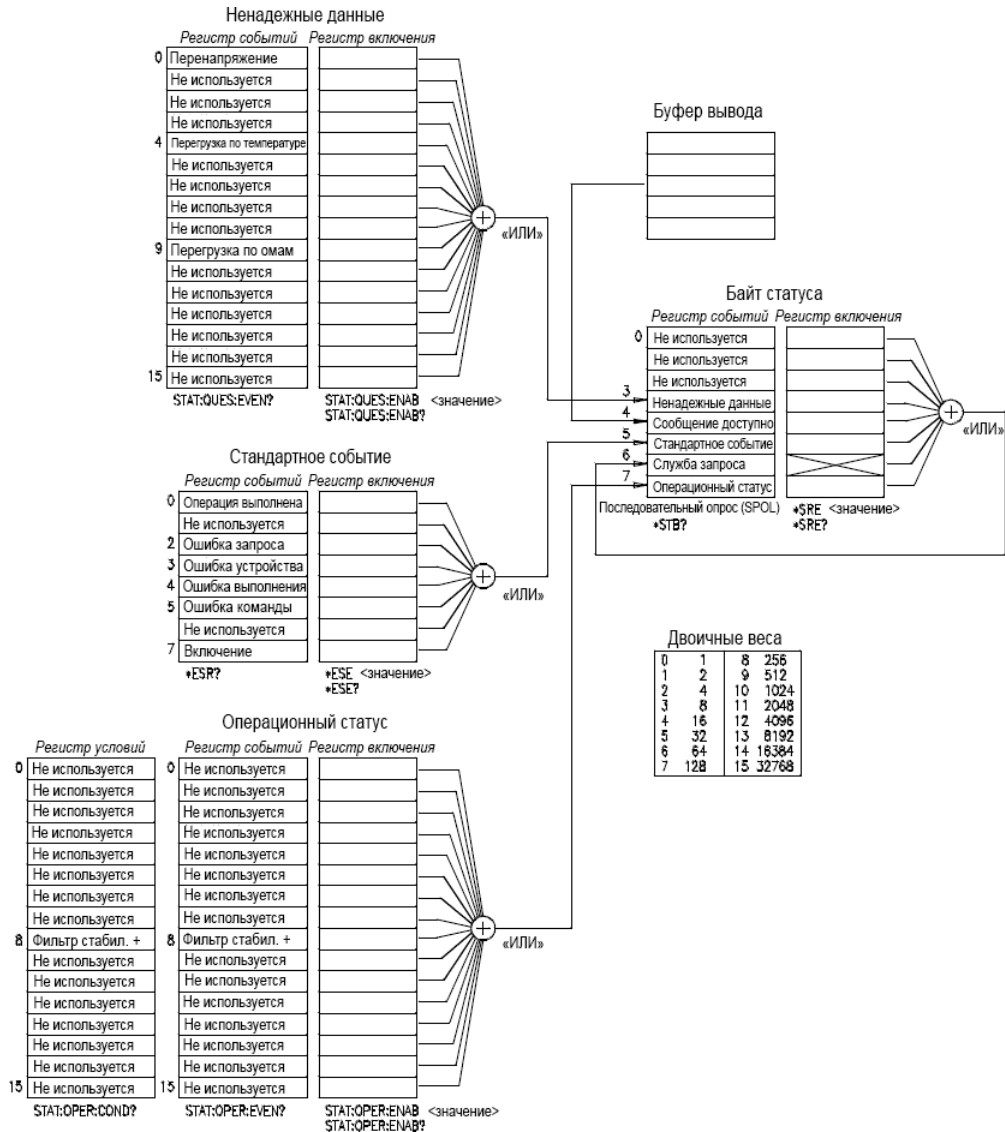
Что такое регистр включения?

Регистр включения определяет, над какими битами в соответствующем регистре событий будет производиться операция логического ИЛИ для получения одного бита сводки. Регистры включения доступны и для чтения, и для записи. При запросе содержимого регистра включения он *не очищается*. Команда *CLS (очистка состояния) не очищает регистры включения, но она очищает биты в регистрах событий. Команда STATus:PRESet *очищает* регистр включения ненадежных данных. Чтобы включить биты в регистре включения, необходимо записать в него десятичное число, биты которого в двоичной записи будут соответствовать позициям битов, которые необходимо включить в регистре.

Что такое регистр *состояния*?

В *регистре состояния* непрерывно отображается текущее состояние прибора. Биты регистра состояния работают **без защелок** и меняются одновременно с изменениями состояния прибора. Регистр событий фиксирует в своих битах-защелках изменения битов соответствующего регистра состояния.

Система состояний SCPI



+ сведения об использовании этого бита см. на [странице 187](#).

Байт состояния

Регистр сводки байта состояния содержит информацию о состояниях из других регистров состояния. О наличии данных, ожидающих в выходном буфере прибора, немедленно сообщает бит «доступно сообщение» (бит 4). Биты в регистрах сводки работают *без защелок*. При очистке регистра событий также очищаются и соответствующие биты в регистре сводки байта состояния. При прочтении всех сообщений в выходном буфере, включая и все ожидающие запросы, бит «доступно сообщение» очищается.

Определения битов — регистр байта состояния

Бит	Десятичное значение	Определение
0 Не используется	1	Всегда равен 0
1 Не используется	2	Всегда равен 0
2 Не используется	4	Всегда равен 0
3 Ненадежные данные	8	В регистре ненадежных данных установлены один или несколько битов (биты должны быть «включены» в регистре включения)
4 Доступно сообщение	16	В выходном буфере прибора доступны данные
5 Стандартное событие	32	В регистре стандартных событий установлены один или несколько битов (биты должны быть «включены» в регистре включения)
6 Запрос обслуживания	64	Прибор запрашивает обслуживание (последовательный опрос)
7 Состояние операций	128	В регистре состояния операций установлены один или несколько битов (биты должны быть «включены» в регистре включения)

Регистр сводки байта состояния очищается в следующих случаях.

- При выполнении команды *CLS (очистки состояния).
- При запросах регистров стандартных событий и ненадежных данных в регистре сводки очищаются только биты, соответствующие этим запрошенным регистрам.

Регистр включения байта состояния (запроса обслуживания) очищается в следующих случаях:

- При включении питания прибора, который ранее был настроен с использованием команды *PSC 1.
- При выполнении команды *SRE 0.

Регистр включения байта состояния *не будет очищаться* при включении питания, если ранее прибор настраивался с использованием команды *PSC 0.

Использование запроса на обслуживание (SRQ) и последовательного опроса

Для использования этой возможности необходимо настроить применяемый контроллер шины, чтобы он реагировал на прерывания запросов обслуживания (service request, SRQ) согласно стандарту IEEE-488. Используйте регистр включения байта состояния (SRE), чтобы указать, какие биты сводки будут устанавливать низкоуровневый сигнал SRQ IEEE-488. При установке бита 6 (бита «запроса обслуживания») байта состояния контроллеру шины автоматически отправляется сообщение прерывания SRQ IEEE-488. Затем контроллер шины может опросить приборы, подключенные к шине, чтобы определить, какой из них запросил обслуживание (это прибор с установленным в байте его состояния битом 6). Бит запроса обслуживания очищается только при прочтении байта состояния с помощью последовательного опроса IEEE-488 или при прочтении регистра событий, бит сводки которого вызвал отправку запроса на обслуживание.

Чтобы прочесть регистр сводки байта состояния, отправьте сообщение последовательного опроса IEEE-488. При запросе регистра сводки возвращается десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи. Последовательный опрос автоматически очищает бит «запроса обслуживания» в регистре сводки байта состояния. Другие биты при этом не затрагиваются. Выполнение последовательного опроса не влияет на скорость работы прибора.

ВНИМАНИЕ!

Стандарт IEEE-488.2 не гарантирует синхронизации между программой на контроллере шины и прибором. Используйте команду *OPC? для уверенности, что ранее отправленные на прибор команды были выполнены. Если произвести последовательный опрос прежде, чем завершится выполнение команд *RST, *CLS или других команд, могут быть возвращены предыдущие состояния.

Использование *STB? для чтения байта состояния

Команда *STB? (запрос байта состояния) сходна с последовательным опросом, за исключением того, что она обрабатывается аналогично любой другой команде прибора. Команда *STB? возвращает тот же результат, что и последовательный опрос IEEE-488, только бит «запроса обслуживания» (бит 6) *не очищается*, если произошел последовательный опрос. Команда *STB? не обрабатывается автоматически интерфейсным аппаратным обеспечением шины IEEE-488, она выполняется *только* после завершения предыдущих команд. Производить опрос с помощью команды *STB? невозможно. При использовании команды *STB? регистр сводки байта состояния не очищается.

Прерывание контроллера шины с помощью SRQ

- Отправьте сообщение очистки устройства шины.
- Очистите регистры событий с помощью команды *CLS (очистка состояния).
- Установите маски включения с помощью команд *ESE (для регистра стандартных событий) и *SRE (для регистра байта состояния).
- Отправьте команду *OPC? (запроса завершения операции) и введите результат, чтобы гарантировать синхронизацию.
- Включите прерывание запроса обслуживания (SRQ) контроллера шины IEEE-488.

Определение момента выполнения последовательности команд

Иначе:

- Отправьте команду *OPC? (запроса завершения операции) и введите результат, чтобы гарантировать синхронизацию.

Либо, чтобы исключить удержание шины интерфейса командами, которые выполняются относительно долго, такими как команды CALibrate:

- Отправьте сообщение очистки устройства, чтобы очистить выходной буфер прибора.
- Очистите регистры событий с помощью команды *CLS (очистка состояния).
- Включите бит «операция завершена» с помощью команды *ESE 1 (в регистре стандартных событий).
- Отправьте строку команд программирования, в которой последней добавьте команду *OPC (операция завершена).
- Используйте последовательный опрос для проверки того, установлен ли бит 5 (стандартное событие) в регистре сводки байта состояния. Также можно настроить прибор на работу с прерываниями запроса обслуживания SRQ, отправив команду *SRE 32 (регистр включения байта состояния, бит 5).

Как использовать бит доступного сообщения (MAV)

Бит «доступно сообщение» (бит 4) байта состояния можно использовать, чтобы определять наличие доступных данных для их считывания в контроллер шины. Прибор устанавливает бит 4 после поступления первого запуска измерения (это может быть внутренний запуск при TRIGger:SOURce:IMMediate). В дальнейшем прибор очищает бит 4, но *только после того*, как все сообщения из выходного буфера будут прочитаны.

Бит доступного сообщения (MAV) может сообщать только о доступности *первого* показания, полученного после команды READ?. Он может быть полезен, если неизвестно, когда произойдет событие запуска, например при поступлении запусков по шине (BUS) или использовании внешних (EXternal) запусков.

При использовании команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ) и последующей команды FETCh? (ПОЛУЧИТЬ) бит MAV устанавливается лишь после того, как *все* указанные измерения будут завершены. При использовании команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ) показания сохраняются во внутренней памяти прибора. Отправка команды FETCh? (ПОЛУЧИТЬ) переносит показания (сохраненные во внутренней памяти командой INITiate) в выходной буфер прибора. Поэтому бит MAV может устанавливаться лишь после того, как *все* измерения будут завершены.



Использование *OPC для сигнализации о наличии данных в выходном буфере

В общем случае рекомендуется использовать бит «операция завершена» (бит 0) регистра стандартных событий для сигнализации о завершении последовательности команд. Этот бит устанавливается в регистре после выполнения команды *OPC. Если отправлять команду *OPC после команды, которая загружает сообщение в выходной буфер прибора (это могут быть данные показания или запроса), то по биту «операция завершена» можно будет определять, доступно ли сообщение. Однако в случае, если перед выполнением команды *OPC (команды выполняются последовательно) будет выдано слишком много сообщений, то выходной буфер переполнится и прибор перестанет измерять показания.

Регистр стандартных событий

Регистр *стандартных событий* сообщает о следующих типах событий в приборе: обнаружение включения питания, ошибки синтаксиса команд, ошибки выполнения команд, ошибки самотестирования или калибровки, ошибки запросов, а также о выполнении команды *OPC. В бите сводки стандартных событий можно получать уведомления о любых из этих состояний (учитываемые состояния задаются с помощью регистра включения). Чтобы установить маску регистра включения, нужно записать десятичное значение с помощью команды *ESE (включение состояния событий).

ПРИМЕЧАНИЕ

Состояние ошибки (биты 2, 3, 4 или 5 регистра стандартных событий) всегда приводит к регистрации одной или нескольких ошибок в очереди ошибок прибора, за следующим исключением: о состоянии перегрузки показания всегда сообщается и в регистре стандартных событий (бит 3), и в регистре событий ненадежных данных (биты 0 или 9). Однако в этом случае сообщение об ошибке в очередь ошибок прибора не добавляется. Для чтения очереди ошибок используйте команду SYSTem:ERRor?.

Определения битов — регистр стандартных событий

Бит	Десятичное значение	Определение
0 Операция завершена	1	Выполнены все команды до команды *OPC включительно.
1 Не используется	2	Всегда равен 0.
2 Ошибка запроса	4	Прибор попытался считать выходной буфер, но тот оказался пуст. Или же новая строка команды была принята прежде, чем был считан предыдущий запрос. Или же заполнены и входной, и выходной буферы.
3 Ошибка устройства	8	Произошла ошибка при самотестировании, калибровке или ошибка перегрузки показаний.
4 Ошибка выполнения	16	Произошла ошибка выполнения (см. номера ошибок с -211 по -230 в Разделе 5).
5 Ошибка команды	32	Возникла ошибка синтаксиса команды (см. номера ошибок с -101 по -158 в Разделе 5).
6 Не используется	64	Всегда равен 0.
7 Включение питания	128	Произошло отключение и повторное включение питания, причем с этого момента регистр событий не считывался и не очищался.

Регистр стандартных событий очищается в следующих случаях.

- При отправке команды *CLS (очистки состояния).
- При запросе регистра событий с помощью команды *ESR? (запроса регистра состояния событий).

Регистр включения стандартных событий очищается в следующих случаях.

- При включении питания прибора, который ранее был настроен с использованием команды *PSC 1.
- При выполнении команды *ESE 0.

Регистр включения стандартных событий *не будет очищаться* при включении питания, если ранее прибор настраивался с использованием команды *PSC 0.

Регистр ненадежных данных

Регистр *ненадежных данных* содержит сведения о качестве результатов измерений, выполненных приборами. В бите сводки ненадежных данных можно получать уведомления о состояниях перегрузки (настраиваются в регистре включения). Чтобы установить маску регистра включения, нужно записать десятичное значение с помощью команды STATus:QUESTionable:ENABLE.

ПРИМЕЧАНИЕ

О состоянии перегрузки показания всегда сообщается и в регистре стандартных событий (бит 3), и в регистре событий ненадежных данных (биты 0, 1 или 9). Однако в этом случае сообщение об ошибке в очередь ошибок прибора не добавляется.

Определения битов — регистр ненадежных данных

Бит	Десятичное значение	Определение
0 Перегрузка по напряжению	1	Перегрузка диапазона измерения напряжения в вольтах постоянного тока
1 Не используется	2	Всегда равен 0
2 Не используется	4	Всегда равен 0
3 Не используется	8	Всегда равен 0
4 Перегрузка по температуре	16	Перегрузка диапазона измерения температуры
5 Не используется	32	Всегда равен 0
6 Не используется	64	Всегда равен 0
7 Не используется	128	Всегда равен 0
8 Не используется	256	Всегда равен 0
9 Перегрузка сопротивления	512	Перегрузка диапазона при 2-проводном или 4-проводном измерении сопротивления в омах
10 Не используется	1024	Всегда равен 0
11 Не используется	2048	Всегда равен 0
12 Не используется	4096	Всегда равен 0
13 Не используется	8192	Всегда равен 0
14 Не используется	16384	Всегда равен 0
15 Не используется	32768	Всегда равен 0

Регистр событий ненадежных данных очищается в следующих случаях.

- При выполнении команды *CLS (очистки состояния).
- При запросе регистра событий с помощью команды STATus:QUEStionable:EVENT?

Регистр включения ненадежных данных очищается в следующих случаях.

- При включении питания (*PSC в этом случае не действует).
- При выполнении команды STATus:PRESet.
- При выполнении команды STATus:QUEStionable:ENABLE 0.

Регистры состояния операций и состояния

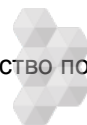
Регистр состояния операций содержит информацию о ходе работы прибора. Биты в регистре событий состояния операций являются битами-защелками и фиксируют появления единиц в битах регистра состояния операций.

Прибор использует в этих регистрах только один бит — бит 8. Этот бит указывает состояние стабилизации цифрового фильтра. Если цифровой фильтр включен, то установка бита 8 равным 1 указывает, что фильтр стабилизировался. *Сведения о работе цифрового фильтра см. на [странице 72](#).*

Считывая регистр состояния операций, можно определять состояние цифрового фильтра для каждого отдельного измерения. Считывая регистр событий состояния операций, можно определить, происходила ли вообще стабилизация цифрового фильтра. Счетчик цифрового фильтра может сбрасываться при определенных уровнях входного сигнала. *См. на [странице 72](#).*

ПРИМЕЧАНИЕ

Если нужно узнать состояние цифрового фильтра для конкретного измерения, используйте регистр состояния (STATus:OPERation:CONDition?). Бит в нем изменяется при каждом измерении. Изменения этого бита с 0 на 1 фиксируются защелкой в регистре событий операционного состояния, поэтому бит в регистре событий сообщает только о том, происходила ли стабилизация фильтра хотя бы однажды.



Определения битов — регистр операционного состояния

Бит	Десятичное значение	Определение	
0	Не используется	256	Всегда равен 0
1	↓		↓
↓			
7			
8	Фильтр стабилизировался		Цифровой фильтр стабилизировался
9	Не используется		Всегда равен 0
↓	↓		↓
15			

Регистр событий операционного состояния очищается в следующих случаях.

- При выполнении команды *CLS (очистки состояния).
- При запросе регистра событий с помощью команды STATus:OPERation:EVENT?

Регистр включения операционного состояния очищается в следующих случаях.

- При включении питания (*PSC в этом случае не действует).
- При выполнении команды STATus:PRESet.
- При выполнении команды STATus:OPERation:ENABle 0.

Команды отчетов о состоянии

SYSTem:ERRor?

Эта команда очищает очередь запросов прибора. В очереди может сохраняться до 20 ошибок. Ошибки возвращаются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). Каждая из строк ошибок может иметь длину до 80 символов.

STATus:QUESTionable:CONDition?

Эта команда запрашивает регистр состояния ненадежных данных. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

STATus:QUESTionable:ENABle <значение включения>

Эта команда устанавливает биты в регистре включения ненадежных данных. Установленные биты в дальнейшем будут учитываться в байте состояния.

STATus:QUESTionable:ENABle?

Эта команда запрашивает регистр включения ненадежных данных. Прибор возвращает десятичное значение, представляющее сумму всех установленных в регистре включения битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

STATus:QUESTionable:EVENT?

Эта команда запрашивает регистр событий ненадежных данных. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

STATus:OPERation:CONDition?

Эта команда запрашивает регистр состояния операций. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи. Используется только бит 8 (которому соответствует десятичное значение 256) — он указывает, что цифровой фильтр стабилизировался.

STATus:OPERation:ENABle <значение включения>

Эта команда устанавливает биты в регистре включения ненадежных данных. Установленные биты в дальнейшем будут учитываться в байте состояния.

STATus:OPERation:ENABle?

Эта команда запрашивает регистр включения ненадежных данных. Прибор возвращает десятичное значение, представляющее сумму всех установленных в регистре включения битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

STATus:OPERation:EVENT?

Эта команда запрашивает регистр событий ненадежных данных. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи. Используется только бит 8 (которому

соответствует десятичное значение 256) — он служит битом-защелкой бита стабилизации цифрового фильтра из регистра состояния.

STATus:PRESet

Эта команда очищает все биты в регистрах включения ненадежных данных и включения состояния операций.

***CLS**

Эта команда очищает регистр сводки байта состояния и все регистры событий.

***ESE <значение включения>**

Эта команда устанавливает биты в регистре включения стандартных событий. Установленные биты в дальнейшем будут учитываться в байте состояния.

***ESE?**

Эта команда запрашивает регистр включения стандартных событий. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

***ESR?**

Эта команда запрашивает регистр стандартных событий. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

***OPC**

Эта команда устанавливает бит «операция завершена» (бит 0) в регистре стандартных событий после выполнения команды.

***OPC?**

Эта команда возвращает значение «1» в выходной буфер после выполнения команды.

***PSC {0 | 1}**

(Очистка состояния при включении). Эта команда очищает маски регистров включения байта состояния и включения стандартных событий при подаче питания на прибор (при выборе *PSC 1). При выбранном значении *PSC 0 маски регистров включения байта состояния и включения стандартных событий *не очищаются* при подаче питания на прибор. [хранится в энергонезависимой памяти].

***PSC?**

Эта команда запрашивает настройку очистки состояния при включении.

Она возвращает «0» (для *PSC 0) или «1» (для *PSC 1).

***SRE <значение включения>**

Эта команда устанавливает биты в регистре включения байта состояния.

***SRE?**

Эта команда запрашивает регистр включения байта состояния. Прибор возвращает десятичное значение, равное сумме всех битов, интерпретируемых как разряды двоичного числа, в десятичной записи.

Команды калибровки

Более подробное описание процедур калибровки измерительного прибора см. в Руководстве по обслуживанию.

CALibration?

Эта команда выполняет калибровку с использованием указанного значения калибровки (задается командой CALibration:VALue).

CALibration:COUNT?

Эта команда запрашивает прибор, определяя количество выполненных калибровок прибора. Поскольку это значение увеличивается на единицу в каждой точке калибровки, при полной калибровке значение возрастает на несколько единиц. [хранится в энергонезависимой памяти].

CALibration:ICURrent?

Эта команда начинает калибровку инжектируемого тока. Запрос возвращает +0, если калибровка была проведена успешно, и +1 в случае сбоя калибровки.

CALibration:OUTPut {ZERO | GAIN}

Эта команда устанавливает на выходе самописца (аналоговом выходе) напряжение либо 0 В (ZERO), либо 1 В (GAIN) в целях калибровки. Используйте команды CALibration:VALue и CALibration? для установки значений и выполнения калибровки.

CALibration:OUTPut?

Эта команда запроса возвращает значение «ZERO» или «GAIN».

CALibration:SECure:CODE <новый код>

Эта команда вводит новый код безопасности. Для изменения кода безопасности сначала снимите защиту прибора, указав старый код безопасности. Затем введите новый код. Длина кода калибровки может составлять до 11 символов. [хранится в энергонезависимой памяти].

CALibration:SECure:STATe {OFF | ON}, <код>

Эта команда снимает защиту прибора для калибровки или устанавливает защиту прибора от калибровки. Длина кода калибровки может составлять до 11 символов. [хранится в энергонезависимой памяти].

CALibration:SECure:STATe?

Эта команда запрашивает состояние защиты прибора. Она возвращает «0» (OFF — выключена) или «1» (ON — включена).

CALibration:STRing <строка в кавычках>

Эта команда записывает данные о калибровке вашего измерительного прибора. Например, можно сохранить такую информацию, как дата последней калибровки

или дата очередной плановой калибровки. Длина сообщения о калибровке может составлять до 40 символов. [хранится в энергонезависимой памяти].

CALibration:STRing?

Эта команда запрашивает сообщение о калибровке и возвращает строку в кавычках.

CALibration:VALue <значение>

Эта команда указывает значение известного калибровочного сигнала, применяемого в процедуре калибровки.

CALibration:VALue?

Эта команда запрашивает установленное значение калибровочного сигнала.

Конфигурация интерфейса RS-232

См. также «*Настройка удаленного интерфейса*» на странице 117 в *Разделе 3*.

Измерительный прибор можно подключить к интерфейсу RS-232, используя 9-контактный (DB-9) разъем последовательного интерфейса на задней панели. Прибор настроен на работу в режиме устройства DTE (*Data Terminal Equipment — оборудование терминала данных*). Для всех задач обмена данными по интерфейсу RS-232 прибор использует две линии квитирования: DTR (*Data Terminal Ready — терминал данных готов*) по контакту 4 и DSR (*Data Set Ready — набор данных готов*) по контакту 6.

Сведения следующих разделов помогут вам использовать измерительный прибор, работая с ним по интерфейсу RS-232. Команды программирования для интерфейса RS-232 приведены в списке на [странице 199](#).

Обзор конфигурации RS-232

Настраивайте интерфейс RS-232, используя приведенные ниже параметры. Используйте меню I/O (Ввод/вывод) на передней панели для выбора скорости передачи данных в бодах, режима бита четности и числа битов данных (*дополнительные сведения см. на [странице 117](#)*).

- Скорость передачи данных: 300, 600, 1200, 2400, 4800 или **9600 бод** (заводская настройка)
- Биты четности и данных: **Нет / 8 битов данных** (заводская настройка)
Четный / 7 битов данных, или
Нечетный / 7 битов данных
- Число старт-битов **1 бит** (фиксированное)
- Число стоп-битов **2 бита** (фиксированное)

Формат кадра данных RS-232

Кадр символа состоит из всех передаваемых битов, которые совместно обеспечивают передачу одного символа. Кадр определяется как все биты, начиная со *старт-бита* и до последнего *стоп-бита* включительно. Для кадров можно выбирать такие параметры, как скорость передачи в бодах, число битов данных и тип бита четности. Прибор использует следующий формат кадра при работе с семью и восемью битами данных.

Стартовый бит	7 бит данных	Бит контроля четности	Стоповый бит	Стоповый бит
---------------	--------------	-----------------------	--------------	--------------

Подключение к компьютеру или терминалу

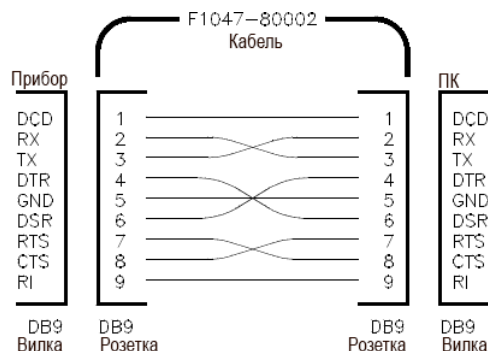
Для подключения измерительного прибора к компьютеру или терминалу необходим соответствующий интерфейсный кабель. Большинство компьютеров и терминалов являются устройствами DTE (*Data Terminal Equipment — оборудование терминала данных*). Поскольку прибор также является устройством DTE, необходимо использовать интерфейсный кабель с DTE на DTE. Эти кабели также называются *нуль-модемными кабелями, заменителями модема или перекрестными кабелями*.

Интерфейсный кабель должен быть оснащен разъемом правильного типа на каждом из концов, а также обеспечивать правильную внутреннюю коммутацию контактов. Обычно используются разъемы с 9 контактами (разъем DB-9) или с 25 контактами (разъем DB-25), с конфигурацией контактов штекера («папа») или гнезда («мама»). У разъема типа «штекер» в корпусе разъема находятся штырьки контактов, а у разъема типа «гнездо» в корпусе разъема расположены гнезда под штырьки контактов.

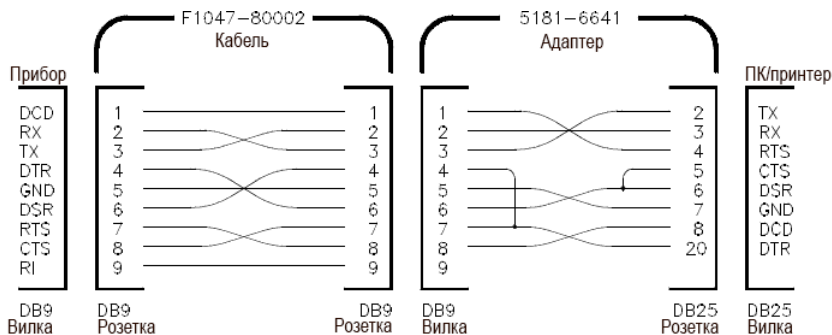
Если найти правильный кабель для вашей конфигурации не удастся, может понадобиться использовать *переходник проводки*. В случае использования кабеля с DTE на DTE убедитесь, что используется переходник прямого, не перекрестного типа. Типичные переходники включают переходные («разнополюые» — для смены типа разъема) переходники, переходники для нуль-модемных и переходники с DB-9 на DB-25.

См. схемы кабелей и переходников ниже — они показывают, как подключить прибор к большинству компьютеров и терминалов. Если используемая вами конфигурация отличается от описанных, закажите *набор переходников 34399А*. Этот набор содержит переходники для подключения к другим компьютерам, терминалам и модемам. В комплект поставки набора входят инструкции и схемы разводки контактов.

Последовательное подключение, разъем DB-9 Если на компьютере или терминале имеется 9-контактный последовательный порт с разъемом типа «штекер», используйте нуль-модемный кабель, входящий в состав *набора кабелей 34398А*. На обоих концах этого кабеля находятся 9-контактные разъемы типа «гнездо». Схема разводки контактов кабеля показана ниже.



Последовательное подключение, разъем DB-25 Если на компьютере или терминале имеется 25-контактный последовательный порт с разъемом типа «штекер», используйте нуль-модемный кабель и переходник на 25 контактов, входящие в состав *набора кабелей 34398А*. Схема разводки контактов кабеля показана ниже.



Подключение к принтеру

Для подключения к принтеру необходимо использовать кабель с DTE на DCE (*Data Communications Equipment—оборудование обмена данными*).

Переведите прибор в режим TALK ONLY (только передачи данных), установив с передней панели адрес 31 на интерфейсе GPIB. Затем выберите интерфейс RS-232 в качестве активного интерфейса. См. на [странице 206](#) и на [странице 209](#).

Протокол квитирования DTR / DSR

Прибор настроен на работу в качестве устройства DTE (*Data Terminal Equipment — оборудование терминала данных*) и использует линии DTR (*Data Terminal Ready — терминал данных готов*) и DSR (*Data Set Ready — набор данных готов*) интерфейса RS-232 для квитирования обмена данными. Прибор использует линию DTR для подачи сигнала задержки. На линии DTR должен быть установлен сигнал логической единицы (TRUE), прежде чем прибор начнет принимать данные по интерфейсу. Когда прибор устанавливает на линии DTR уровень логического нуля (FALSE), передача данных должна прекратиться максимум через 10 символов.

Чтобы отключить квитирование по DTR/DSR, *не подключайте* линию DTR, а линию DSR свяжите с источником логической единицы (TRUE). В случае отключения квитирования DTR/DSR также выберите меньшую скорость передачи данных (300, 600 или 1200 бод), чтобы обеспечить правильность передачи данных.

Прибор устанавливает логический ноль (FALSE) на линии DTR в следующих случаях.

- 1 При заполнении входного буфера прибора (когда принято около 100 символов) на линии DTR (4 контакт разъема RS-232) устанавливается логический ноль (FALSE). Когда из входного буфера будет отобрано достаточно символов, чтобы освободить в нем место, прибор устанавливает на линии DTR логическую единицу (TRUE), если этому не препятствует второе условие (см. ниже).
- 2 Когда прибору нужно передать данные по интерфейсу (это означает, что он завершил обработку запроса), и он получил символ конца сообщения *<перевод строки>*, он устанавливает на линии DTR логический ноль (FALSE). Предполагается, что после отправки запроса на прибор контроллер должен считать отклик, прежде чем отправлять другие данные. Также предполагается, что строки команд завершаются символом *<перевод строки>*. После выдачи отклика прибор снова восстанавливает на линии DTR логическую единицу (TRUE), если только этому не препятствует первое условие (см. выше).

Прибор отслеживает состояние линии DSR, определяя по ней, когда контроллер готов принимать данные по интерфейсу. Прибор проверяет состояние линии DSR (6 контакт разъема RS-232) перед отправкой каждого символа. В случае обнаружения на линии DSR логического нуля (FALSE) вывод приостанавливается. Когда на линии DSR появится логическая единица (TRUE), передача возобновляется.

На время приостановки вывода данных прибор удерживает на линии DTR логический ноль (FALSE). Может возникнуть своего рода *взаимоблокировка* до момента, пока контроллер не установит на линии DSR логическую единицу (TRUE), позволив прибору возобновить передачу. Для прерывания взаимоблокировки интерфейса отправьте символ *<Ctrl-C>*, который сбрасывает текущую операцию и очищает ожидающие передачи выходные данные (аналогично действию очистки устройства в стандарте IEEE-488).

Устранение неполадок RS-232

В случае возникновения проблем при использовании интерфейса RS-232 выполните следующие проверки. Если вам понадобится дополнительная помощь, обращайтесь к документации, поставляемой в комплекте с компьютером.

- Убедитесь, что на приборе и компьютере настроены одни и те же параметры скорости передачи данных в бодах, бита четности и числа битов данных. Убедитесь, что на компьютере настроены *1 старт-бит* и *2 стоп-бита* (на приборе эти значения зафиксированы).
- Обязательно выполните команду SYSTEM:REMOTE, чтобы перевести прибор в режим удаленной работы (REMOTE).

4 Справочник по удаленному интерфейсу

- Убедитесь, что подключены правильные интерфейсный кабель и переходники. Даже если разъемы кабеля подходят для вашей системы, внутренняя схема коммутации контактов может быть неправильной. Для подключения прибора к большинству компьютеров и терминалов можно использовать *набор кабелей 34398A*.
- Убедитесь, что интерфейсный кабель подключен к правильному последовательному порту на компьютере (COM1, COM2 и т. д.).

Команды интерфейса RS-232

SYSTem:LOCal

Эта команда переводит измерительный прибор в локальный режим во время работы по интерфейсу RS-232. Все кнопки на передней панели в этом режиме полностью работоспособны.

SYSTem:REMOte

Эта команда переводит измерительный прибор в удаленный режим во время работы по интерфейсу RS-232. Все кнопки на передней панели, за исключением кнопки LOCAL, отключаются. Эту команду **ОБЯЗАТЕЛЬНО** нужно отправить перед отправкой любых других команд по интерфейсу RS-232.

SYSTem:RWLock

Эта команда переводит измерительный прибор в удаленный режим во время работы по интерфейсу RS-232. Все кнопки на передней панели отключаются, в том числе кнопка LOCAL.

ВНИМАНИЕ!

Отправка или прием данных по интерфейсу RS-232, когда прибор не переключен в режим удаленной работы (REMOTE) может приводить к непредсказуемым результатам. Всегда настраивайте прибор на режим удаленной работы при использовании интерфейса RS-232.

Введение в язык SCPI

Язык стандартных команд для программируемых приборов (Standard Commands for Programmable Instruments, SCPI) определяет, как контроллер шины обменивается данными с прибором. В языке SCPI используется иерархическая структура, подобная файловым системам, применяемым во многих контроллерах шин. «Дерево» команд организовано следующим образом: команды корневого уровня (также называемые «подсистемами») находятся наверху, а под каждой из команд корневого уровня расположены дополнительные уровни. Для выполнения отдельных команд нижних уровней необходимо указывать полный путь к ним.

Использование двоеточия (:) Когда первым символом ключевого слова команды является двоеточие, оно указывает, что следующее mnemonic обозначение команды относится к команде корневого уровня. Когда двоеточие вставлено между двумя обозначениями команд, оно производит переход на один уровень вниз в текущем пути (для указанной команды корневого уровня) по дереву команд. Mnemonic обозначения команд **обязательно** разделять между собой двоеточиями. *Начальное двоеточие можно пропустить, если команда является первой в новой строке программы.*

Использование точки с запятой (;) Используйте точку с запятой для разделения между собой двух команд на одной и той же строке команды. Точка с запятой не меняет текущий указанный путь. Например, две следующие инструкции равнозначны.

```
:TRIG:DELAY 1;;TRIG:COUNT 10  
:TRIG:DELAY 1;COUNT 10
```

Использование запятой (,) Если для команды требуется более одного параметра, то соседние параметры необходимо разделять запятыми.

Использование пробелов Символы значимого пробела, [табуляции] или [пробела] *необходимо* использовать для отделения параметра от ключевого слова. Обычно символы пробелов игнорируются только в списках параметров.

Использование команд « ? » Контроллер шины может отправлять команды в любое время, но прибор на шине SCPI может отправлять отклики лишь тогда, когда он получает *явное указание* это сделать. Только команды запросов (т. е. команды, которые заканчиваются знаком «?»), указывают прибору, что необходимо отправить отклик. Запросы возвращают либо измеренные значения, либо внутренние настройки прибора.

ВНИМАНИЕ!

Если отправить две команды запроса, не прочитав отклик на первую, а затем попытаться считать второй отклик, можно получить часть данных первого отклика, за которыми будет следовать полностью второй отклик. Чтобы избежать таких ситуаций, не отправляйте команд запросов, не считав о клик. Если же такая ситуация неизбежна, отправляйте команду очистки устройства (device clear), прежде чем отправлять вторую команду запроса.

Использование команд « * » Команды, которые начинаются с символа « * », называются *общими командами*. Они обязательно должны работать одинаково на всех приборах, которые соответствуют стандарту интерфейса IEEE-488.2. Команды « * » используются для управления операциями сброса, самотестирования и работы с состоянием в приборе.

Типы данных SCPI

Язык SCPI определяет различные форматы данных для использования в сообщениях программ и откликов. Приборы — гибкие прослушивающие устройства, которые могут принимать команды и параметры в разнообразных запросах. В то же время приборы SCPI — точные (однозначные) передающие устройства. Это означает, что прибор SCPI всегда должен отвечать на определенный вопрос предопределенным образом, в жестко заданном формате.

Числовые параметры Команды, которым требуются числовые параметры, принимают все широко распространенные представления чисел в десятичной форме, в том числе с необязательным знаком, десятичными точками и в научной (экспоненциальной) записи. Также принимаются особые значения числовых параметров, такие как «MAXimum» (максимальное значение), «MINimum» (минимальное значение) и «DEFault» (значение по умолчанию). Числовые параметры можно отправлять вместе с суффиксами инженерных единиц измерения (M, k или u). Если принимаются только определенные числовые значения, прибор будет автоматически округлять входные числовые параметры.

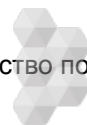
Дискретные параметры Дискретные параметры используются для программирования настроек, у которых может быть ограниченное число значений (например, «BUS» (шинный), «IMMEDIATE» (непосредственный) или «EXTERNAL» (внешний)). У них бывают краткая и полная формы, как и у ключевых слов команд. В них можно смешивать символы верхнего и нижнего регистра. Отклики на запросы *всегда* возвращают короткую форму в записи буквами верхнего регистра.

Логические (булевы) параметры Логические параметры представляют одно двоичное состояние, которое может быть либо истинным, либо ложным. Для указания ложных состояний прибор принимает обозначения «OFF» или «0». Для указания истинных состояний прибор принимает обозначения «ON» или «1». При запросе логического параметра прибор *всегда* возвращает значение «0» или «1».

Строковые параметры Строковые параметры могут содержать практически любой набор символов ASCII. Строка *должна* начинаться и заканчиваться кавычками одинакового типа; можно использовать либо одиночные, либо двойные кавычки. Символ кавычек можно использовать внутри строки, введя его дважды без каких-либо символов между этими двумя вхождениями.

Признаки конца входных сообщений

Сообщения программирования, отправляемые на прибор SCPI, *должны* заканчиваться символом <перевод строки>. Сигнал EOI (конец передачи) по стандарту IEEE-488 рассматривается, как символ <перевод строки> и может также использоваться для окончания сообщения вместо символа <перевод строки>. Также допустимо использование символа <возврат каретки>, за которым следует символ <перевод строки>. Многие языки программирования позволяют указать символ окончания сообщений или настроить передачу сигнала EOI, которые будут автоматически отправляться в каждой транзакции работы с шиной. Окончание сообщения *всегда* возвращает текущий путь на корневой уровень.



Форматы ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ

Выходные данные будут иметь один из форматов, приведенных в таблице ниже.

Тип выходных данных	Формат выходных данных
Запросы без считывания показаний	<80-символьная строка (символы ASCII)
Одно показание (IEEE-488)	3д. ddddddдддЭЗдд<пс>
Несколько показаний (IEEE-488)	3д. ddddddдддЭЗдд,..... <пс>
Одно показание (RS-232)	3д. ddddddдддЭЗдд<вк><пс>
Несколько показаний (RS-232)	3д. ddddddдддЭЗдд,.....<вк><пс>
	З знак «минус» или «плюс»
	д цифра
	Э обозначение экспоненты («Е»)
	<пс> символ перевода строки
	<вк> символ возврата каретки

Использование сообщения Device Clear (Сброс универсальный) для останова измерений

Сообщение «Device clear» (сброс универсальный) — это низкоуровневое сообщение шины IEEE-488, которое может применяться для останова выполняющегося измерения. Разные языки программирования и платы интерфейса с IEEE-488 реализуют доступ к этой функции через собственные уникальные команды. При получении сообщения «Device clear» (сброс универсальный) регистры состояния, очередь ошибок и все состояния конфигурации не изменяются. Поступившее сообщение «Device clear» вызывает следующие действия.

- Все производимые в настоящий момент измерения прерываются.
- Прибор возвращается в состояние «ожидания» запуска.
- Входной и выходной буферы прибора очищаются.
- Прибор подготавливается к приему новой строки команды.
- При работе по интерфейсу RS-232 отправка символа control-C выполняет те же действия, что и при получении сообщения «Device clear» по интерфейсу IEEE-488. После получения сообщения «Device clear» линия квитирования DTR (терминал данных готов) прибора перейдет в состояние логической единицы (true). *Более подробные сведения см. в разделе «Протокол квитирования DTR / DSR» на странице 196.*

Режим TALK ONLY (Только передавать) для принтеров

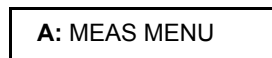
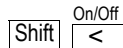
Адрес по интерфейсу GPIB прибора можно установить равным «31» — при этом задается режим *только передачи*. В этом режиме измерительный прибор может выдавать показания непосредственно на принтер, не получая команд от контроллера шины. Адрес 31 не является допустимым адресом в случае работы с прибором по интерфейсу GPIB с контроллером шины.

Если выбрать интерфейс RS-232, а затем установить в качестве адреса на шине GPIB адрес только для передачи (31 – talk only), то прибор будет *отправлять* показания по интерфейсу RS-232 при работе в локальном режиме.

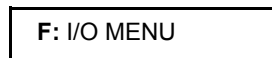
Установка адреса GPIB

У каждого устройства на интерфейсе GPIB (IEEE-488) должен быть собственный уникальный адрес. Для прибора можно установить любое значение адреса от 0 до 31. При отгрузке прибора с производства на нем установлен адрес «22». При включении питания прибора этот адрес отображается на передней панели.

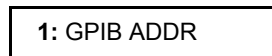
1 Включите меню передней панели.



2 Перейдите к варианту I/O MENU (МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА) на этом уровне.



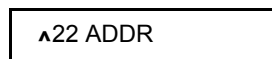
3 Перейдите ниже на уровень к команде GPIB ADDR (АДРЕС GPIB).



4 Перейдите ниже на уровень параметров, чтобы установить адрес.



С помощью кнопок стрелок влево/вправо и вниз/вверх измените адрес.



4 Справочник по удаленному интерфейсу

5 Сохраните изменение и выключите меню.

Auto/Man

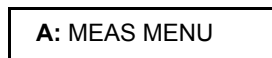
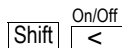
ENTER (ВВОД)

Адрес сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.

Выбор удаленного интерфейса

Измерительный прибор поставляется с интерфейсами GPIB (IEEE-488) и RS-232. Одновременно может быть выбран только один интерфейс. При отгрузке прибора с производства на нем выбирается интерфейс GPIB. См. также «*Настройка удаленного интерфейса*» на странице 117.

- 1 Включите меню передней панели.



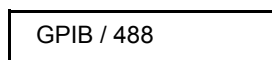
- 2 Перейдите к варианту I/O MENU (МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА) на этом уровне.



- 3 Перейдите ниже на уровень, затем перейдите к команде INTERFACE (ИНТЕРФЕЙС).



- 4 Перейдите ниже на уровень параметров, чтобы выбрать интерфейс.



Используйте кнопки стрелок влево/вправо для просмотра вариантов выбора интерфейса. Выберите один из следующих вариантов: GPIB / 488 или RS-232.

5 Сохраните изменение и выключите меню.

Auto/Man

ENTER (ВВОД)

Выбор интерфейса сохраняется в энергонезависимой памяти и не изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.

Удаленный интерфейс: задавать или запрашивать интерфейс можно с помощью следующих команд:

SYStem

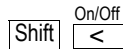
:INTerface {GPIB | RS232}

:INTerface?

Установка скорости передачи данных

Для работы интерфейса RS-232 можно выбрать одну из шести скоростей передачи данных. При отгрузке прибора с производства на нем установлена скорость 9600 бод. См. также «*Выбор скорости передачи данных (RS-232)*» на странице 119.

- 1 Включите меню передней панели.



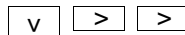
A: MEAS MENU

- 2 Перейдите к варианту I/O MENU (МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА) на этом уровне.



F: I/O MENU

- 3 Перейдите ниже на уровень, затем перейдите к команде BAUD RATE (СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ).



3: BAUD RATE

- 4 Перейдите ниже на уровень параметров, чтобы выбрать скорость передачи данных.



Используйте кнопки стрелок влево/вправо для просмотра вариантов скорости передачи данных. Выберите одно из следующих значений: 300, 600, 1200, 2400, 4800 или 9600 бод (заводская настройка).

9600 BAUD

5 Сохраните изменение и выйдите из меню.

Auto/Man

ENTER (ВВОД)

Выбор скорости передачи данных сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.

Удаленный интерфейс: задавать или запрашивать скорость передачи данных можно с помощью следующих команд:

```
SYStem:COMMunicate:SERial  
:BAUD <скорость>  
:BAUD?
```

Настройка бита четности

Для работы интерфейса RS-232 можно выбрать режим бита четности. При отгрузке прибора с производства на нем установлен режим передачи 7 битов данных с одним битом четности (четным). См. также *«Выбор бита четности (RS-232)» на странице 120.*

- 1 Включите меню передней панели.

Shift

A: MEAS MENU

- 2 Перейдите к варианту I/O MENU (МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА) на этом уровне.

F: I/O MENU

- 3 Перейдите ниже на уровень, затем перейдите к команде PARITY (ЧЕТНОСТЬ).

PARITY

- 4 Перейдите ниже на уровень параметров, чтобы выбрать режим четности.

Используйте кнопки стрелок влево/вправо для просмотра вариантов выбора режима четности. Выберите один из следующих вариантов: «None» («Нет» — 8 битов данных), «Even» («Четный» — 7 битов данных) или «Odd» («Нечетный» — 7 битов данных). Установка режима четности косвенно задает число битов данных.

EVEN: 7 BITS

5 Сохраните изменение и выключите меню.

Auto/Man

ENTER (ВВОД)

Выбор бита четности сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.

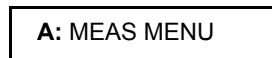
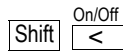
Удаленный интерфейс: задавать или запрашивать режим бита четности можно с помощью следующих команд:

```
SYStem:COMMunicate:SERial  
:PARity {EVEN | ODD | NONE}  
:PARity?
```

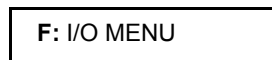
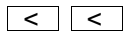
Выбор языка программирования

Для программирования прибора по выбранному удаленному интерфейсу можно выбрать один из двух языков программирования. При отгрузке прибора с производства на нем выбирается язык SCPI. Настройка языка сохраняется в *энергонезависимой* памяти и не изменяется после отключения питания прибора или сброса. См. также «*Выбор языка программирования*» на странице 121.

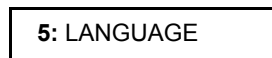
- 1 Включите меню передней панели.



- 2 Перейдите к варианту I/O MENU (МЕНЮ ВВОДА/ВЫВОДА) на этом уровне.



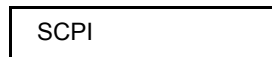
- 3 Перейдите ниже на уровень, затем перейдите к команде LANGUAGE (ЯЗЫК).



- 4 Перейдите ниже на уровень параметров, чтобы выбрать язык.



Выберите один из следующих вариантов: SCPI или KEITHLEY:181



5 Сохраните изменение и выключите меню.

Auto/Man

ENTER (ВВОД)

Выбор языка сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не* изменяется после отключения питания прибора или сброса по удаленному интерфейсу.

Удаленный интерфейс: задавать или запрашивать язык программирования можно с помощью следующих команд:

SYStem:LANGuage {SCPI | 181}

L1X

(SCPI)

L2X

(Keithley 181)

Совместимость с альтернативными языками программирования

Прибор 34420A можно настроить на прием и выполнение команд измерительного прибора Keithley 181. При удаленной работе можно будет пользоваться функциями только одного, выбранного в приборе, языка. Всеми возможностями прибора 34420A можно воспользоваться только при работе с языком программирования SCPI. Дополнительные сведения о выборе альтернативных языков с меню передней панели см. в разделе «**Выбор языка программирования**» на предыдущей странице.

Все команды, доступные в Keithley 181, реализованы и в 34420A, за исключением команд самотестирования и калибровки. Калибровать прибор 34420A всегда следует с установленным языком SCPI.

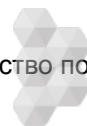
Значение параметра L2X позволяет переключиться на язык Keithley 181. Значение L1X переключает обратно на язык SCPI. Обратите внимание, что после выбора языка Keithley 181 необходимо добавлять символ «конца сообщения» (X) ко всем командам.

Обратите внимание, что в режимах совместимости с альтернативными языками время выполнения измерений может меняться.

Особые случаи

При работе с языком Keithley 181 необходимо учитывать следующие различия.

- В отличие от прибора Keithley 181, на данном приборе байт статуса не очищается при чтении, если не был установлен бит SRQ.
- Между выдачей синтаксической ошибки и установкой соответствующего бита ошибки в байте состояния имеет место значительная программная задержка.
- Прибор будет всегда использовать следующий (более широкий) диапазон относительно диапазона, запрошенного в команде Keithley. Например, если указать диапазон Keithley 2 мВ, то прибор будет использовать диапазон 10 мВ.
- Для эмуляции входного фильтра Keithley используется цифровой фильтр, установленный в режим SLOW (МЕДЛЕННЫЙ) или MEDIUM (СРЕДНИЙ).
- Время усреднения для прибора всегда устанавливается равным 2 периодам сети питания (NPLC).
- Максимальный диапазон входных напряжений для 34420A составляет 100 В. Обязательно убедитесь, что для схемы испытания не требуется диапазон 1000 В.



Соответствие стандарту SCPI

Следующие команды специфичны для прибора 34420A. Они не входят в версию 1994.0 стандарта SCPI. Тем не менее эти команды разработаны с учетом формата SCPI и следуют всем синтаксическим правилам данного стандарта.

Многие из обязательных к реализации команд SCPI принимаются прибором, но не описаны в данном руководстве из соображений простоты или однозначности. Большинство таких недокументированных команд воспроизводит функциональность команд, которые уже описаны в этом разделе.

CALibration

```
:COUNT?
:OUTPut { ZERO | GAIN }
:OUTPut?
:SECure:CODE <строка кода>
:SECure:STATe { OFF | ON | 0 | 1 } [,<код>]
:SECure:STATe? возвращает 0 или 1
:STRing <строка>
:STRing?
```

CALCulate

```
:FUNCTion { SCALe | AVERAge }
:FUNCTion?
:AVERAge:MINimum?
:AVERAge:MAXimum?
:AVERAge:AVERAge?
:AVERAge:SDEViation?
:AVERAge:PTPeak?
:AVERAge:COUNT?
:SCALe:GAIN
:SCALe:GAIN?
:SCALe:OFFSet
:SCALe:OFFSet?
```

INPut

```
:FILTer[:LPASS]:DIGital:PREcharge {ON | OFF}
:FILTer[:LPASS]:DIGital:PREcharge?
:FILTer[:LPASS]:DIGital:RESPonse { SLOW | MEDium | FAST }
:FILTer[:LPASS]:DIGital:RESPonse?
:FILTer[:LPASS]:TYPE { ANALog | DIGital | BOTH }
:FILTer[:LPASS]:TYPE?
```

OUTPut

```
:REFerence:OFFSet { <смещение> | MINimum | MAXimum }
:REFerence:OFFSet? [ MINimum | MAXimum ]
:REFerence:OFFSet:NULL [ONCE]
:REFerence:SPAN { <диапазон> | MINimum | MAXimum }
:REFerence:SPAN? [ MINimum | MAXimum ]
```

:REfERENCE:GAIN?
 :REfERENCE:VALue <значение>

SAMPle

:COUNt { <число> | MINimum | MAXimum }
 :COUNt? [MINimum | MAXimum]

[SENSe:]

CURRent:BIAS:ZERO[:IMMediate]
 NULL [ONCE]
 NULL[:STATe] { OFF | ON | 0 | 1 }
 NULL[:STATe]?
 NULL:VALue { <значение> | MINimum | MAXimum }
 NULL:VALue?

[SENSe:]

FRESistance | RESistance
 :NULL[:STATe] { OFF | ON | 0 | 1 }
 :NULL[:STATe]?
 :NULL:VALue { <значение> | MINimum | MAXimum }
 :NULL:VALue?
 :VOLTage:LIMit[:STATe] { OFF | ON | 0 | 1 }
 :VOLTage:LIMit[:STATe]?
 :POWER:LIMit[:STATe] { OFF | ON | 0 | 1 }
 :POWER:LIMit[:STATe]?
 :VOLTage:LIMit:VALue { <значение> | MIN | MAX }
 :VOLTage:LIMit:VALue? [MINimum | MAXimum]

[SENSe:]

TEMPerature
 :NULL[:STATe] { OFF | ON | 0 | 1 }
 :NULL[:STATe]?
 :NULL:VALue { <значение> | MINimum | MAXimum }
 :NULL:VALue?
 :NPLCycles { <значение> | MINimum | MAXimum }
 :NPLCycles? [MINimum | MAXimum]
 :TRANsdUcer:TYPE { DEFault | TCouple | THERmistor | FRTD }
 :TRANsdUcer:TYPE?
 :TRANsdUcer:TCouple:TYPE { DEFault | B|E|J|K|N|R|S|T }
 :TRANsdUcer:TCouple:TYPE?
 :TRANsdUcer:TCouple:RJUNction[:VALue] { <значение> | MIN | MAX }
 :TRANsdUcer:TCouple:RJUNction[:VALue]? [MINimum | MAXimum]
 :TRANsdUcer:TCouple:RJUNction:TYPE { FIXed, INternal, THERmistor }
 :TRANsdUcer:TCouple:RJUNction:TYPE?
 :TRANsdUcer:FRTD:TYPE <mun>
 :TRANsdUcer:FRTD:TYPE?

[SENSe:]

VOLTage[:DC]
 :NULL[:STATe] { OFF | ON | 0 | 1 }
 :NULL[:STATe]?

4 Справочник по удаленному интерфейсу

:NULL:VALue { <значение> | MINimum | MAXimum }
:NULL:VALue?

SYSTem

:INTErface[:TYPE] { GPIB | RS232 }
:INTErface[:TYPE]?
:REMOte
:RWLOCK
:LOCAL

L1X

L2X

Соответствие стандарту IEEE-488

Выделенные аппаратные линии		Адресуемые команды	
ATN	Attention («Управление»)	DCL	Device Clear («Сброс универсальный»)
IFC	Interface Clear («Очистить интерфейс»)	EOI	End or Identify («Конец передачи»)
REN	Remote Enable («Дистанционное управление»)	GET	Group Execute Trigger («Запуск устройства»)
SRQ	Service Request Interrupt («Запрос на обслуживание»)	GTL	Go to Local («Переход на местное»)
		LLO	Local Lock Out («Запирание местного»)
		SDC	Selected Device Clear («Сброс адресный»)
		SPD	Serial Poll Disable («Запирание последовательного опроса»)
		SPE	Serial Poll Enable («Отпирание последовательного запроса»)
Общие команды стандарта IEEE-488.2			
*CLS		*RST	
*ESE <значение включения>		*SRE <значение включения>	
*ESE?		*SRE?	
*ESR?		*STB?	
*IDN?		*TRG	
*OPC		*TST	
*OPC?		*WAI	
*PSC {0 1}			
*PSC?			

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

5 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках	224
Ошибки выполнения	225
Ошибки при самотестировании	232
Ошибки калибровки	234

Сообщения об ошибках

Загоревшийся на передней панели индикатор «ERROR» (ОШИБКА) сообщает об обнаружении одной или нескольких ошибок синтаксиса команд или аппаратных ошибок. В *очереди ошибок* прибора сохраняются данные о последних ошибках (до 20 ошибок). Ошибки возвращаются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). См. также «Состояния ошибок» на странице 106.

Управление прибором с передней панели: Используйте в меню SYStem (СИСТЕМА) команду:

3: ERROR

Если индикатор ERROR (ОШИБКА) горит, нажмите **[Shift] [>]** (Возврат меню), чтобы прочесть сохраненные в очереди описания ошибок. Ошибки перечисляются *горизонтально* на уровне параметров. Очередь ошибок очищается после отключения питания прибора, а также при выполнении команды *CLS (clear status — очистка состояния).

- Чтобы прочесть очередь ошибок при работе по удаленному интерфейсу, выполните следующую команду:

SYSTem:ERRor?

Сообщения об ошибках имеют следующий формат (длина строки ошибки может составлять до 80 символов).

–113, "Undefined header"

Ошибки выполнения

- 101 Invalid character (Недопустимый символ)**
В командной строке обнаружен недопустимый символ. Возможно, вы включили такой символ, как «#», «\$» или «%» в заголовок команды или в параметр. Пример: CONF:VOLT#DC
- 102 Syntax error (Синтаксическая ошибка)**
В командной строке обнаружен неправильный синтаксис. Возможно, вы вставили пробел перед двоеточием или после двоеточия в заголовке команды, или перед запятой. Пример: SAMP:COUN ,1
- 103 Invalid separator (Недопустимый разделитель)**
В командной строке обнаружен недопустимый разделитель. Возможно, вы использовали запятую вместо двоеточия, точки с запятой или пробела, или же использовали пробел вместо запятой. Пример: TRIG:COUN,1 или CONF:TEMP 1000 0.1
- 104 Data type error (Ошибка типа данных)**
В командной строке обнаружен неправильный тип параметра. Возможно, вы указали число там, где ожидалась строка или наоборот. Пример: DISP:TEXT 5.0
- 105 GET not allowed (GET не допускается)**
В командную строку не допускается включать сообщение Group Execute Trigger (GET — «Запуск устройства»).
- 108 Parameter not allowed (Параметр не разрешен)**
Получено больше параметров, чем ожидалось для команды. Возможно, вы ввели лишний параметр или добавили параметр к команде, которая не принимает параметров. Пример: READ? 10
- 109 Missing parameter (Отсутствует параметр)**
Получено меньше параметров, чем ожидалось для команды. Вы пропустили один или несколько обязательных для этой команды параметров. Пример: SAMP:COUN
- 112 Program mnemonic too long (Обозначение в программе слишком длинное)**
Получен заголовок команды, который содержит больше максимального числа в 11 разрешенных символов. Пример: CONFIGURATION:VOLT:DC

- 113 Undefined header (Заголовок не определен)**
Получена команда, недействительная для данного прибора. Возможно, вы неправильно назвали название команды, или же это недействительная команда. Если вы используете короткий вариант обозначения команды, не забывайте, что оно может содержать до четырех букв. Пример: TRIGG:COUN 3
- 121 Invalid character in number (Недопустимый символ в числе)**
В числе, указанном в качестве значения параметра, обнаружен недопустимый символ. Пример: STAT:QUES:ENAB #B01010102
- 123 Numeric overflow (Числовое переполнение)**
Обнаружен числовой параметр с экспонентой, которая превышает 32 000. Пример: TRIG:COUN 1E34000
- 124 Too many digits (Слишком много цифр)**
Обнаружен числовой параметр, мантисса которого содержит более 255 цифр (без учета начальных нулей).
- 128 Numeric data not allowed (Числовые данные не разрешены)**
Числовой параметр обнаружен там, где ожидалась строка или дискретный параметр.
- 131 Invalid suffix (Недопустимый суффикс)**
Для числового параметра указан неправильный суффикс. Возможно, в суффиксе допущена опечатка. Пример: TRIG:DEL 0.5 SECS
- 134 Suffix too long (Слишком длинный суффикс)**
Суффикс для числового параметра содержит слишком много символов.
- 138 Suffix not allowed (Суффикс не разрешен)**
Получен суффикс после числового параметра, за которым не допускается суффикс. Пример: SAMP:COUN 1 SEC (SEC не является допустимым суффиксом).
- 141 Invalid character data (Недопустимые символьные данные)**
- 144 Character data too long (Символьные данные слишком длинные)**

- 148 Character data not allowed (Символьные данные не разрешены)**
Получен дискретный параметр, хотя ожидалась строка символов или числовой параметр. Проверьте список параметров и убедитесь, что вы использовали параметр правильного типа. Пример: DISP:TEXT ON
- 151 Invalid string data (Недопустимые строчные данные)**
Получена недопустимая строка символов. Проверьте, заключили ли вы строку символов в одиночные или двойные кавычки. Пример: DISP:TEXT 'ON (пропущена замыкающая кавычка).
- 158 String data not allowed (Строчные данные не разрешаются)**
Принята строка символов, но в этой команде она недопустима. Проверьте список параметров и убедитесь, что вы использовали параметр правильного типа. Пример: CALC:STAT 'ON'
- от -160 до -168 Block data errors (Ошибки блочных данных)**
Измерительный прибор не принимает блочные данные.
- от -170 до -178 Ошибки выражений**
В указании канала принято неправильное выражение. Измерительный прибор не принимает математические выражения.
- 211 Trigger ignored (Запуск проигнорирован)**
Получена команда Group Execute Trigger (GET/«групповое выполнение запуска/запуск устройства») или *TRG, но запуск был проигнорирован. Убедитесь, что прибор находится в состоянии «ожидания запуска», прежде чем выдавать запуск, также убедитесь в том, что выбран правильный источник запусков.
- 213 Init ignored (Инициализация проигнорирована)**
Была принята команда INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), но выполнить ее было невозможно, поскольку в этот момент уже выполнялось измерение. Отправьте сигнал сброса устройства (device clear) на прибор, чтобы остановить выполняемое измерение и перевести прибор в состояние ожидания.
- 214 Trigger deadlock (Взаимоблокировка запусков)**
Взаимоблокировка запусков происходит, когда установлен источник запусков BUS (ШИНА), и поступает команда READ? (ПРОЧЕСТЬ).



- 221 Settings conflict (Конфликт настроек)**
 Эта ошибка может возникать в одной из следующих ситуаций:
 Вы отправили команду CONFigure (НАСТРОИТЬ) или MEASure (ИЗМЕРИТЬ) при включенном автоматическом определении диапазона и фиксированной разрешающей способности. Пример: CONF:VOLT:DC DEF,0.1
 Вы включили математические операции (CALC:STAT ON), а затем переключились на математическую операцию, которая недопустима для выбранной функции измерения.
- 222 Data out of range (Данные вне диапазона)**
 Значение числового параметра выходит за пределы допустимого диапазона для команды. Пример: TRIG:COUN -3
- 223 Too much data (Слишком много данных)**
 Получена строка данных, но выполнить команду не удалось, поскольку длина строки превысила 11 символов. Эта ошибка может возникать при выполнении команд CALibration:STRing и DISPlay:TEXT.
- 224 Illegal parameter value (Запрещенное значение параметра)**
 Был получен дискретный параметр, который не является допустимым выбором для данной команды). Возможно, вы применили неправильный вариант параметра. Пример: CALC:FUNC SCALE (SCALE не является допустимым вариантом).
- 230 Data corrupt or stale (Данные повреждены или устарели)**
 Получена команда FETCh? (ПОЛУЧИТЬ), но память внутренних показаний в это время была пуста. Возвращенное показание может быть недействительным.
- 330 Self-test failed (Самотестирование не пройдено)**
 Полное самотестирование измерительного прибора, запущенное по удаленному интерфейсу (с помощью команды *TST?), завершилось неуспешно. Кроме этой ошибки, выдаются также более детализированные сообщения о конкретных ошибках при самотестировании. См. также «*Ошибки при самотестировании*» на странице 232.
- 350 Queue overflow (Переполнение очереди)**
 Очередь ошибок заполнена, поскольку произошло больше 20 ошибок. Дополнительные ошибки сохраняться не будут, пока вы не извлечете ошибки из очереди. Очередь ошибок очищается после отключения питания прибора, а также при выполнении команды *CLS (очистки состояния).

- 410 Query INTERRUPTED (Запрос ПРЕРВАН)**
Получена команда, которая отправляет данные в выходной буфер, но выходной буфер уже содержит данные из предыдущей команды (такие предыдущие данные не перезаписываются). Выходной буфер очищается после отключения питания прибора, а также при выполнении команды *RST (сброса).
- 420 Query UNTERMINATED (Запрос НЕ ЗАВЕРШЕН)**
К прибору было выполнено обращение, запрашивающее передачу данных (например, отправку данных по интерфейсу), но команда, которая отправляет данные в выходной буфер, так и не была получена. Например, могла быть выполнена команда CONFigure (НАСТРОИТЬ), которая не порождает данных, а затем подана инструкция ENTER (ВВЕСТИ) для считывания данных через удаленный интерфейс.
- 430 Query DEADLOCKED (ВЗАИМОБЛОКИРОВКА запроса)**
Была получена команда, которая создает слишком много данных, чтобы они поместились в выходной буфер, но входной буфер также заполнен. Выполнение команды продолжается, но все данные утеряны.
- 440 Query UNTERMINATED after indefinite response (Запрос НЕ ЗАВЕРШЕН после неопределенного отклика)**
Команда *IDN? должна быть последней командой запроса в командной строке. Пример: *IDN?::SYST:VERS?
- 501 Isolator UART framing error (Ошибка кадра УАПП)**
- 502 Isolator UART overrun error (Ошибка переполнения буфера УАПП)**

- 511 RS-232 framing error (Ошибка кадра RS-232)**
- 512 RS-232 overrun error (Ошибка переполнения буфера RS-232)**
- 513 RS-232 parity error (Ошибка четности RS-232)**
- 514 Command allowed only with RS-232 (Команда допустима только при работе по RS-232)**
Три команды разрешены только при работе по интерфейсу RS-232; это: SYSTem:LOCal, SYSTem:REMOte и SYSTem:RWLock.
- 521 Input buffer overflow (Переполнение входного буфера)**
- 522 Output buffer overflow (Переполнение выходного буфера)**
- 531 Insufficient memory (Недостаточно памяти)**
Недостаточно памяти для сохранения запрошенного числа показаний во внутренней памяти при использовании команды INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ). Произведение числа выборок (SAMPle:COUNt) и числа запусков (TRIGger:COUNt) не должно превышать 1024 показания.
- 532 Cannot achieve requested resolution (Невозможно обеспечить выбранную разрешающую способность)**
Прибор не может обеспечить запрошенное разрешение при измерении. Возможно, вы указали неправильную разрешающую способность в команде CONFIgure (НАСТРОИТЬ) или MEASure (ИЗМЕРИТЬ).
- 540 Cannot use overload as math reference (Перегрузку невозможно использовать как ссылку для математической функции)**
Прибор не может использовать показание, обозначающее перегрузку (9.90000000E+37), в качестве ссылки на математическую функцию для нулевых измерений. В результате этого состояния расчет математических функций отключен.
- 550 Command not allowed in local (Команда недопустима в локальном режиме)**
Прибор получил команду READ? (ПРОЧЕСТЬ), хотя он находится в локальном режиме при работе по интерфейсу RS-232. В таком случае необходимо всегда выполнять команду SYSTem:REMOte перед тем, как подавать по этому интерфейсу другие команды.
- 552 Command not allowed in current function (Команда недопустима в текущей функции измерения)**

- 750** **Invalid channel name (Неправильное имя канала)**
Прибор получил команду MEAS (ИЗМЕРИТЬ) или CONF (НАСТРОИТЬ) с неправильным обозначением канала.
- 810** **Invalid or unsupported transducer type (Недопустимый или неподдерживаемый тип датчика)**
В качестве параметра указан недопустимый тип датчика.
- 820** **Temperature out of range for specified transducer (Температура вне диапазона для указанного датчика)**
- 1000** **Settings conflict; voltage limit mode has been disabled (Конфликт настроек; режим ограничения напряжения выключен)**
После установки режима измерения сопротивления с ограниченным напряжением прибор получил команду, которая меняет настройки на недопустимый режим или диапазон.
- 1001** **Settings conflict; power limit mode has been disabled (Конфликт настроек; режим малой мощности выключен)**
После установки режима измерения сопротивления при малой мощности прибор получил команду, которая меняет настройки на недопустимый режим или диапазон. Например, после включения режима измерения сопротивления при малой мощности была получена команда MEAS:RES (2-проводные измерения сопротивления).

Ошибки при самотестировании

Следующие ошибки сообщают о сбоях, которые могут быть обнаружены в ходе самотестирования. Более подробные сведения см. в *Руководстве по обслуживанию*.

601	Front panel does not respond (Передняя панель не реагирует)
602	RAM read/write failed (Ошибка чтения/записи ОЗУ)
603	A/D sync stuck (Синхронизация АЦП «залипла»)
604	A/D slope convergence failed (Сбой схождения кривой АЦП)
605	Cannot calibrate rundown gain (Не удастся калибровать усиление при разряде)
606	Rundown gain out of range (Усиление при разряде вне диапазона)
607	Rundown too noisy (Разряд идет со слишком большими шумами)
608	Serial configuration readback failed (Сбой обратного считывания последовательной конфигурации)
609	DC gain x1 failed (Сбой усиления постоянного тока x1)
610	DC gain x10 failed (Сбой усиления постоянного тока x10)
611	DC gain x100 failed (Сбой усиления постоянного тока x100)

613	Ohms 5 uA source failed (Сбой источника 5 мкА для измерения сопротивления)
614	Ohms 10 uA source failed (Сбой источника 10 мкА для измерения сопротивления)
615	Ohms 100 uA source failed (Сбой источника 100 мкА для измерения сопротивления)
616	Ohms 1 mA source failed (Сбой источника 1 мА для измерения сопротивления)
617	Ohms 10 mA source failed (Сбой источника 10 мА для измерения сопротивления)
618	Ohms 20 mV voltage clamp failed (Сбой фиксации напряжения 20 мВ для измерения сопротивления)
619	Ohms 100 mV voltage clamp failed (Сбой фиксации напряжения 100 мВ для измерения сопротивления)
620	Ohms 500 mV voltage clamp failed (Сбой фиксации напряжения 500 мВ для измерения сопротивления)
621	Low Impedance DC gain X100 failed (Сбой усиления постоянного тока X100 при низком импедансе)
622	High Impedance DC gain X100 failed (Сбой усиления постоянного тока X100 при высоком импедансе)
623	Cannot calibrate precharge (Не удалось откалибровать предварительную зарядку)
624	Unable to sense line frequency (Не удалось определить частоту сети питания)
625	I/O processor does not respond (Процессор ввода-вывода не отвечает)
626	I/O processor failed self-test (Сбой самотестирования процессора ввода-вывода)
627	Hardware overload comparator failed (Сбой аппаратного компаратора перегрузки)
630	Bias current DAC test failed (Сбой проверки ЦАП тока смещения)

Ошибки калибровки

Следующие ошибки сообщают о сбоях, которые могут быть обнаружены в ходе калибровки. Более подробные сведения см. в *Руководстве по обслуживанию*.

- | | |
|-----|---|
| 701 | Cal security disabled by jumper (Защита калибровки отключена перемычкой)
Функция защиты от калибровки отключена с помощью перемычки, установленной внутри прибора. В соответствующих ситуациях эта ошибка возникает при включении питания, предупреждая вас, что прибор не защищен от калибровки. |
| 702 | Cal secured (Защищен от калибровки)
Измерительный прибор защищен от калибровки. |
| 703 | Invalid secure code (Неправильный код безопасности)
При попытке снять или установить защиту прибора от калибровки был получен неправильный код безопасности. Для снятия защиты прибора необходимо использовать тот же код безопасности, что применялся для установки защиты, и наоборот. Код безопасности может содержать до 11 буквенно-цифровых символов включительно. Первый символ <i>должен</i> быть буквой. |
| 704 | Secure code too long (Код безопасности слишком длинный)
Получен заголовок команды, который содержит больше 11 символов. |
| 705 | Cal aborted (Калибровка прервана)
Выполняемая калибровка прерывается при нажатии любой кнопки на передней панели, отправке сигнала сброса устройства (device clear) или переключении локального/удаленного режима работы прибора. |
| 706 | Cal value out of range (Значение калибровки вне диапазона)
Указанное значение калибровки (CAL:VALue) недопустимо для текущих функции и диапазона. |
| 707 | Cal signal measurement out of range (Измеренный сигнал калибровки вне диапазона)
Указанное (с помощью CAL:VALue) значение калибровки не соответствует поданному на прибор сигналу. |
| 709 | No cal for this function or range (Для этой функции или диапазона калибровка невозможна)
Попытка калибровать усиление в диапазоне 1 мВ. |

- 710 Full scale correction out of range (Корректировка по всей шкале вне диапазона)
- 720 Cal DCV offset out of range (Смещение калибровки напряжения постоянного тока вне диапазона)
- 722 Cal RES offset out of range (Смещение калибровки 2-проводного сопротивления вне диапазона)
- 723 Cal FRES offset out of range (Смещение калибровки 4-проводного сопротивления вне диапазона)
- 730 Precharge DAC convergence failed (Сбой схождения ЦАП предварительной зарядки)
- 731 A/D turnover correction out of range (Корректировка переброса АЦП вне диапазона)
- 737 Bias current selfcal failed (Сбой самокалибровки тока смещения)
- 738 Charge compensation selfcal failed (Сбой самокалибровки компенсирующего заряда)
- 739 Injected current selfcal failed (Сбой самокалибровки инжектируемого тока)
- 740 Cal checksum failed, secure state (Сбой контрольной суммы калибровки, защищенное состояние)
- 741 Cal checksum failed, string data (Сбой контрольной суммы калибровки, строчные данные)
- 742 Cal checksum failed, DCV corrections (Сбой контрольной суммы калибровки, корректировки напряжения постоянного тока)
- 743 Cal checksum failed, Low Power FRES corrections (Сбой контрольной суммы калибровки, корректировки 4-проводных измерений сопротивления при низкой мощности)
- 744 Cal checksum failed, RES corrections (Сбой контрольной суммы калибровки, корректировки 2-проводных измерений сопротивления)
- 745 Cal checksum failed, FRES corrections (Сбой контрольной суммы калибровки, корректировки 4-проводных измерения сопротивления)

- 746 Cal checksum failed, Low Voltage FRES corrections (Сбой контрольной суммы калибровки, корректировки 4-проводных измерений сопротивления при низком напряжении мощности)
- 747 Cal checksum failed, GPIB address (Сбой контрольной суммы калибровки, адрес GPIB)
- 748 Cal checksum failed, internal data (Сбой контрольной суммы калибровки, внутренние данные)

Нановольтметр/микроомметр Keysight 34420A
Руководство по эксплуатации

6 Прикладные программы

Прикладные программы	238
Программы на языке HP BASIC	239
Работа с RS-232 из QuickBASIC	247
Программа на языке Microsoft Visual Basic	249
Программы на языке C	256
Пример макроса Microsoft Excel	268

Прикладные программы

Эта глава содержит несколько прикладных программ для удаленного интерфейса. Она поможет вам разработать собственные программы для ваших задач по измерениям. [Раздел 4, «Справочник по удаленному интерфейсу» на странице 131](#) содержит описание синтаксиса команд SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), с помощью которых можно программировать измерительный прибор.

Эта глава состоит из следующих разделов:

- [«Программы на языке HP BASIC» на странице 239](#)
- [«Работа с RS-232 из QuickBASIC» на странице 247](#)
- [«Программа на языке Microsoft Visual Basic» на странице 249](#)
- [«Программы на языке C» на странице 256](#)
- [«Пример макроса Microsoft Excel» на странице 268](#)

Программы на языке HP BASIC

Все примеры программ на языке HP BASIC из этой главы разрабатывались и тестировались на контроллере HP 9000 серии 300. У каждого устройства на интерфейсе GPIB (IEEE-488) должен быть собственный уникальный адрес. Для прибора можно установить любое значение адреса от 0 до 30. При включении питания прибора текущий адрес кратковременно отображается на передней панели.

При отгрузке прибора с производства на нем установлен адрес GPIB (IEEE-488) «22». В примерах из этой главы предполагается, что установлен адрес GPIB «22». При отправке команды по удаленному интерфейсу этот адрес добавляется к коду выбора интерфейса GPIB (обычно равному 7). Таким образом, для адреса 22 и кода выбора 7 их сочетание будет иметь вид «722».

Пример программы № 1 на HP BASIC для GPIB

В этом примере показана общая последовательность программирования, а также использование команды MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) для настройки 4-проводного измерения сопротивления и получения его показаний.

```

10 !
20 ! Эта программа настраивает прибор для 4-проводного измерения
30 ! сопротивления по каналу 1 с помощью команды MEAS.
40 !
50 REAL Value,Rdg          ! Выделение переменных действительного типа
60 CLEAR 7                 ! Очистка интерфейса — отправка "device clear"
70 ASSIGN @Meter TO 722   ! Назначение пути ввода/вывода адресу 722
80 !
90 OUTPUT @Meter;"*RST"   ! Сброс измерительного прибора
100 OUTPUT @Meter;"*OPC?" ! Отправка "1" в вых. буфер после завершения сброса
110 ENTER @Meter;Value    ! Ввод значения
120 !
130 ! Выбор 4-проводного измерения сопротивления в диапазоне 10 Ом с меньшей разрешающей
    способностью;
140 !
150 OUTPUT @Meter;"MEAS:FRES? 10,MAX"
160 ENTER @Meter;Rdg      ! Ввод показания
170 PRINT Rdg             ! Печать показания
180 END

```

Пример программы № 2 на HP BASIC для GPIB

В этом примере программы показаны независимая настройка и независимое использование двух входных каналов.

```

10 !
20 ! Эта программа настраивает прибор для измерения напряжения по двум 30 входным каналам. Каналы
30 ! настраиваются на разные диапазоны и разрешающие способности, чтобы показать независимость
40 ! настроек каждого из каналов.
50 !
60 REAL Rdg_ch1,Rdg_ch2,Null_ch1,Null_ch2 ! Выделение переменных
70 CLEAR 7 ! Очистка интерфейса — отправка "device clear"
80 ASSIGN @Meter TO 722 ! Назначение пути ввода/вывода адресу 722
90 OUTPUT @Meter;"*RST" ! Сброс измерительного прибора
100 OUTPUT @Meter;"*OPC?" ! Отправка "1" в выходной буфер после завершения
110 ENTER @Meter;Value ! Ввод значения
120 !
130 ! Настройка канала 1: измерение напряжения пост. тока, диапазон 1 В, разрешающая способность 10 мВ.
140 ! Настройка канала 2: измерение напряжения пост. тока, диапазон 1 мВ, наименьшая разрешающая
    способность
150 OUTPUT @Meter;"CONF:VOLT:DC 1,0.01,(@FRON1);:CONF:VOLT:DC 0.001,MAX,(@FRON2)"
160 !
170 OUTPUT @Meter;"ROUT:TERM FRON1" ! Выбор канала 1
180 OUTPUT @Meter;"READ?" ! Изм. показаний; их отправка в выходной !буфер
190 ENTER @Meter;Rdg_ch1 ! Ввод показания
200 !
210 OUTPUT @Meter;"SENS1:VOLT:DC:NULL ON" ! Вкл. нулевого значения для канала 1
220 OUTPUT @Meter;"SENS1:VOLT:DC:NULL:VAL ";Rdg_ch1! Сохран. значения в регистре
230 !
240 OUTPUT @Meter;"READ?" ! Выполнение измерения с учетом нулевого значения;
    отправка показаний в выходной буфер

```


... продолжение

```
250 ENTER @Meter;Null_ch1          ! Ввод показания с учетом нулевого значения
260 PRINT ;Null_ch1                ! Печать показания с учетом нулевого значения
270 !
280 OUTPUT @Meter;"ROUT:TERM FRON2" ! Выбор канала 2
290 OUTPUT @Meter;"READ?"          ! Измерение показаний; их отправка в выходной буфер
300 ENTER @Meter;Rdg_ch2           ! Ввод показания
310 !
320 OUTPUT @Meter;"SENS2:VOLT:DC:NULL ON" !Включение нулевого значения для канала 2
330 OUTPUT @Meter;"SENS2:VOLT:DC:NULL:VAL ";Rdg_ch2 !Сохранение значения в регистре
340 !
350 OUTPUT @Meter;"READ?"          ! Выполнение измерения с учетом нулевого значения; отправка
                                     показаний в выходной буфер
360 ENTER @Meter;Null_ch2          ! Ввод показания с учетом нулевого значения
370 PRINT Null_ch2                 ! Печать показания с учетом нулевого значения
380 !
390 END
```

Пример программы № 3 на HP BASIC для GPIB

В этом примере программы показано использование запроса на обслуживание (SRQ), который сообщает о завершении измерений. Прибор настроен на использование внешних условий запуска. Также демонстрируется использование математических операций развертки.

```

10 !
20 ! Эта программа настраивает прибор для выполнения многих измерений напряжения постоянного тока
30 ! по внешнему запуску. Бит "Операция завершена" регистра стандартных событий используется, чтобы
40 ! определить момент поступления запуска, он создает запрос на обслуживание (SRQ). В программе также
50 ! показывается использование математических операций развертки.
60 !
70 INTEGER Value,Task           ! Выделение переменных
80 CLEAR 7                     ! Очистка интерфейса — отправка "device clear"
90 ASSIGN @Meter TO 722       ! Назначение пути ввода/вывода адресу 722
100 COM @Meter                 ! В подпрограмме используется тот же адрес
110 OUTPUT @Meter;"*RST"      ! Сброс измерительного прибора
120 OUTPUT @Meter;"*CLS"      ! Очистка регистров состояния
130 OUTPUT @Meter;"*OPC?"     ! Отправка "1" в выходной буфер после завершения сброса
140 ENTER @Meter;Value        ! Ввод значения
150 !
160 ! Настройка системы регистра состояния на выдачу запроса SRQ при
170 ! установке бита "Операция завершена" в регистре стандартных событий
180 !
190 OUTPUT @Meter;"*SRE 32"   ! Устанавливает бит "Стандартное событие" в байте состояния
200                           ! — он будет активировать линию SRQ IEEE-488
210 OUTPUT @Meter;"*ESE 1"   ! Настраивает бит "Операция завершена" на установку бита
220                           ! "Стандартное событие" в байте состояния

```

... продолжение

```
230 !
240 ! Настройка системы прерываний GPIB на выдачу запроса SRQ
250 !
260 Gpib=7 ! Код выбора GPIB равен "7"
270 ON INTR Gpib CALL Read_data ! Вызов подпрограммы при завершении операции
280 Mask=2 ! Бит 1 управляет запросом SRQ
290 ENABLE INTR Gpib;Mask ! Позволяет запросу SRQ прерывать программу
300 !
310 OUTPUT @Meter;"SENS:FUNC 'VOLT:DC'" ! Выбор измерения напряжения пост. тока каналу
    1 (по умолчанию)
320 OUTPUT @Meter;"SENS:VOLT:DC:RANG 10"! Выбор диапазона 10 В
330 OUTPUT @Meter;"SENS:VOLT:DC:NPLC 10" ! Установка времени усреднения — 10 периодов сети питания
340 OUTPUT @Meter;"CALC:FUNC SCAL" ! Выбор математической функции развертки
350 OUTPUT @Meter;"CALC:STAT ON" ! Включение математической функции развертки
360 OUTPUT @Meter;"CALC:SCAL:GAIN 0.001" ! Установка значения усиления (1 мВ)
370 OUTPUT @Meter;"CALC:SCAL:OFFS 0.5" ! Установка значения смещения (50 мВ)
380 !
390 OUTPUT @Meter;"SAMP:COUN 5" ! Производится 5 измерений показания
    на каждый запуск
400 OUTPUT @Meter;"TRIG:SOUR EXT" ! Выбор внешнего источника запусков
410 OUTPUT @Meter;"INIT" ! Инициация измерений, ожидание запуска
420 ! и отправка показаний во внутреннюю память
430 OUTPUT @Meter;"*OPC" ! Установка бита "Операция завершена" в 440 регистре
440 ! стандартных событий после завершения
```

6 Прикладные программы

... продолжение

```
450 !
460 ! Ожидание установки бита "Операция завершена"
470 !
480 Task=1
490 WHILE Task=1
500 DISP "Reading..."
510 WAIT .5
520 DISP " "
530 WAIT .5
540 END WHILE
550 !
560 OFF INTR Gpib ! Отключение прерываний
570 END
580 !
590 ! После создания запроса SRQ показания переносятся в выходной буфер, а также выводятся на экран
600 !
610 SUB Read_data ! Подпрограмма вызывается после завершения инициализации
! по INIT и поступления запуска
620 DIM Rdgs(1:5) ! Выделение массива для показаний
630 COM @Meter ! Используется тот же адрес, что и в главной программе
640 OUTPUT @Meter;"FETC?" ! Перенос показаний в выходной буфер
650 ENTER @Meter;Rdgs(*) ! Ввод показаний
660 PRINT Rdgs(*) ! Печать показаний
670 STOP
680 SUBEND
```

Пример программы № 4 на HP BASIC для GPIB

В этом примере программы показывается форматирование данных и их запись в файл. В программе также демонстрируется использование математических (статистических) операций для усреднения данных.

```
10 ! RE-SAVE "EXAMP"
20 CONFIGURE SAVE ASCII OFF
30 ! Эта программа создаст файл DOS с тремя столбцами, разделяемыми
40 ! между собой указанным ниже разделителем Separator$. Он содержит такие столбцы:
50 ! Номер показания, время, показание прибора
60 ! Этот файл можно импортировать в электронную таблицу для анализа
70 !
80 Separator$="," ! Символ, разделяющий столбцы
90 Num_points=25 ! Число измерений (строк в файле)
100 Address=722 ! 34420A Адрес GPIB
110 Range=1.E-3 ! 34420A Диапазон
120 Nplc=1 ! 34420A Время усреднения
130 Num_samples=20 ! Число выборок на каждое измерение
140 ALLOCATE Results$(1:Num_points)[80],Filename$[80]
150 Filename$="B:/EXAMP_DAT"
160 Setup_meter(Address,Range,Nplc,Num_samples)
170 FOR I=1 TO Num_points
180 DISP "Getting "&VAL$(I)&" of "&VAL$(Num_points)&" measurements"
190 OUTPUT Results$(I) USING
    "4D,A,8A,A,SD.12D";I,Separator$,TIME$(TIMEDATE),Separator$,FNGetdata(Address)
200 NEXT I
210 ON ERROR GOTO Save_file
220 CREATE Filename$,1
230 Save_file: ASSIGN @File TO Filename$
240 OUTPUT @File;Results$(*)
250 ASSIGN @File TO *
260 DISP "Done"
270 END
```

6 Прикладные программы

... продолжение

```
280 ! *****
290 Getdata: DEF FNGetdata(Address)
300 REPEAT
310 UNTIL BIT(SPOLL(Address),5) ! Бит 5 — регистр стандартных событий
320 OUTPUT Address;"*CLS" ! Очистка состояния
330 OUTPUT Address;"CALC:AVER:AVER?" ! Получение среднего значения
340 ENTER Address;Result
350 OUTPUT Address;"CALC:FUNC AVER" ! Сброс среднего значения в 0
360 OUTPUT Address;"*OPC"
370 OUTPUT Address;"INIT" ! Начало измерения следующего показания
380 RETURN Result
390 FNEND
400 ! *****
410 Setup_meter: SUB Setup_meter(Address,Range,Nplc,Num_samples)
420 OUTPUT Address;"*CLS" ! Очистка состояния
430 OUTPUT Address;"SENSE:VOLTAGE:RANGE "&VAL$(Range) !
440 OUTPUT Address;"INPUT:FILTER:STATE OFF" !
450 OUTPUT Address;"SENSE:VOLTAGE:DC:NPLC "&VAL$(Nplc) !
460 OUTPUT Address;"CALC:FUNC AVER" ! Расчет среднего для
470 OUTPUT Address;"CALC:STATE ON" ! Num samples
480 OUTPUT Address;"SAMPLE:COUNT "&VAL$(Num_samples)
490 OUTPUT Address;"TRIGGER:SOURCE IMM"
500 OUTPUT Address;"*ESE 1" ! Включение маски регистра
510 OUTPUT Address;"*OPC" ! для *OPC
520 OUTPUT Address;"INIT"
530 SUBEND
540 ! *****
```

Работа с RS-232 из QuickBASIC

В этом примере программы на QuickBASIC используется плата интерфейса GPIB 82335B, а также библиотека команд для IBM® PC-совместимых компьютеров.

```
CLS
LOCATE 1, 1
DIM cmd$(100), resp$(1000)
' Последовательный порт настраивается на 9600 бод, бит четности (четный), 7 битов
  данных;
' Запросы на отправку обнаружения несущей (CD) игнорируются; символ перевода строки
  (LF) отправляется;
' проверка четности включена, для входного буфера резервируется 1000 байтов
,
OPEN "com1:9600,e,7,2,rs,cd,lf,pe" FOR RANDOM AS #1 LEN = 1000
,
' Перевод прибора в режим удаленного управления
PRINT #1, "SYST:REM"
,
' Запрос строки идентификации прибора
' PRINT #1, "*IDN?"
LINE INPUT #1, resp$
PRINT "*IDN? возвратила: ", resp$
,
' Получение номера версии SCPI
PRINT #1, "SYST:VERS?"
LINE INPUT #1, resp$
PRINT "SYST:VERS возвратила: ", resp$
,
' Отправка сообщения на дисплей прибора
PRINT #1, "DISP:TEXT 'Keysight 34420A' "
,
' Настройка прибора на измерение напряжения постоянного тока, диапазон 10 В,
' разрешающая способность 0,1 В, измеряется 4 показания
PRINT #1, "CONF:VOLT:DC 10, 0.1, ;SAMP:COUN 4"
```

6 Прикладные программы

... продолжение

```
' Подача запуска для начала измерений и получения результатов
PRINT #1, "READ?"
LINE INPUT #1, resp$
PRINT "READ? возвратила: ", resp$
END
```


Программа на языке Microsoft Visual Basic

Этот пример был создан в Microsoft® Visual Basic for Windows™. В примере используются плата интерфейса 82335B и библиотека управления GPIB. В модуле GLOBAL.BAS необходимо настроить доступ к библиотеке GPIB.DLL. Файл GLOBAL.BAS входит в состав библиотек управления Keysight. Помимо глобальных объявлений, файл GLOBAL.BAS также содержит подпрограмму check_sq.

При отгрузке прибора с производства на нем установлен адрес GPIB (IEEE-488) «22». В примерах из этой главы предполагается, что установлен адрес GPIB «22». При отправке команды по удаленному интерфейсу этот адрес добавляется к коду выбора интерфейса GPIB (обычно равному 7). Таким образом, для адреса 22 и кода выбора 7 их сочетание будет иметь вид «722».

```
Sub Command1_Click ()
Rem Настройка переменных интерфейса
    isc& = 7
    device& = isc& * 100 + 22
    swap% = 2
    max% = 4000 * swap%
    act% = 0
    max1% = 50
    TimeVal# = 10#
Rem Очистка текстовых полей ввода
    Text1.Text = ""
    Text2.Text = ""
    Text3.Text = ""
    Text4.Text = ""
Rem Настройка измерительного прибора
    errnum% = GpibOpen(isc&, hGpib%)
    Call check_sq
    errnum% = GpibReset(hGpib%, isc&)
    Call check_sq
    errnum% = GpibTimeout(hGpib%, isc&, TimeVal#)
    Call check_sq
    rst$ = "*RST; *CLS; *SRE 32; *ESE 60"
    errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, rst$, Len(rst$))
    Call check_sq
```

... продолжение

Rem Измерение по каналу 1

```
conf1$ = "CONF:VOLT:DC 1,0.01,(@FRON1)"
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, conf1$, Len(conf1$))
Call check_srq
conf2$ = "CONF:VOLT:DC 0.001,MAX,(@FRON2); "
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, conf2$, Len(conf2$))
Call check_srq
route$ = "ROUT:TERM FRONT1"
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, route$, Len(route$))
' Выполнение измерения и проверка на ошибки.
reed$ = "READ?"
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, reed$, Len(reed$))
errnum% = GpibEnter(hGpib%, device&, reading1!)
Text1.Text = Str$(reading1!)
Call check_srq
```

Rem Измерение по каналу 2

```
route$ = "ROUT:TERM FRONT2"
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, route$, Len(route$))
Call check_srq
```

' Выполнение измерения и проверка на ошибки.

```
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, reed$, Len(reed$))
errnum% = GpibEnter(hGpib%, device&, reading2!)
Text2.Text = Str$(reading2!)
Call check_srq
```

Rem Измерение по каналу 1 с установленным значением нуля

```
null_stmt$ = "SENS1:VOLT:DC:NULL ON"
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, null_stmt$, Len(null_stmt$))
Call check_srq
null_stmt$ = "SENS1:VOLT:DC:NULL " + Str$(reading1!)
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, null_stmt$, Len(null_stmt$))
Call check_srq
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, reed$, Len(reed$))
errnum% = GpibEnter(hGpib%, device&, reading!)
Text3.Text = Str$(reading!)
Call check_srq
```

... продолжение

```
Rem Измерение по каналу 2 с установленным значением нуля
null_stmt$ = "SENS2:VOLT:DC:NULL ON"
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, null_stmt$, Len(null_stmt$))
Call check_sq
null_stmt$ = "SENS2:VOLT:DC:NULL " + Str$(reading2!)
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, null_stmt$, Len(null_stmt$))
Call check_sq
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, reed$, Len(reed$))
errnum% = GpibEnter(hGpib%, device&, reading!)
Text4.Text = Str$(reading!)
Call check_sq
Rem Закрытие прибора
errnum% = GpibClose(hGpib%)
End Sub
Sub Command2_Click ()
End
End Sub
Sub Command3_Click ()
Rem Настройка переменных интерфейса
isc& = 7
device& = isc& * 100 + 22
swap% = 2
max% = 4000 * swap%
act% = 0
max1% = 50
TimeVal# = 10#
Rem Настройка переменных измерения
Funct$ = "SCAL"
Trig_src$ = "EXT"
range% = 10
nplc% = 100
Gain% = .001
Offset% = .5
samp_count% = 100
ReDim Readings!(samp_count%)
Rem Очистка текстовых полей ввода
Text1.Text = ""
Text2.Text = ""
Text3.Text = ""
Text4.Text = ""
```

... продолжение

```

Rem Настройка измерительного прибора
  errnum% = GpibOpen(isc&, hGpib%)
  Call check_srq
  errnum% = GpibReset(hGpib%, isc&)
  Call check_srq
  errnum% = GpibTimeout(hGpib%, isc&, TimeVal#)
  Call check_srq
  rst$ = "*RST; *CLS; *SRE 32; *ESE 61"
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, rst$, Len(rst$))
  Call check_srq
Rem Настройка измерения
  quote$ = Chr$(34)
  cmd$ = "SENS:FUNC " + quote$ + "VOLT:DC" + quote$
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "SENS:VOLT:DC:RANG " + Str$(range%)
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "SENS:VOLT:DC:NPLC " + Str$(nplc%)
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "CALC:FUNC " + Funct$
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "CALC:STAT ON"
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "CALC:SCAL:GAIN " + Str$(Gain%)
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "CALC:SCAL:OFFS " + Str$(Offset%)
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "SAMP:COUN " + Str$(samp_count%)
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq
  cmd$ = "TRIG:SOUR " + Trig_src$
  errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
  Call check_srq

```

... продолжение

Rem Необходимо настроить время ожидания (таймаута), чтобы выборка и усреднение могли завершиться.

Rem Предполагается, что запуски поступают с достаточно большой частотой,

Rem и о них можно не заботиться.

```
errnum% = GpibTimeout(hGpib%, isc&, samp_count% * nplc% / 20)
```

```
Call check_srq
```

Rem Команды "INIT" и "FETCH" используются для инициализации измерения и чтения

Rem его результатов в массив.

```
cmd$ = "INIT"
```

```
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, cmd$, Len(cmd$))
```

```
Call check_srq
```

```
reed$ = "FETC?"
```

```
errnum% = GpibOutputS(hGpib%, device&, reed$, Len(reed$))
```

```
errnum% = GpibEnterA(hGpib%, device&, Readings!(0), samp_count%)
```

```
Text1.Text = Str$(Readings!(0))
```

```
Call check_srq
```

Rem Закрытие прибора

```
errnum% = GpibClose(hGpib%)
```

End Sub

```
Sub Command5_Click ()
```

```
form1.PrintForm
```

End Sub

6 Прикладные программы

... продолжение Следующую подпрограмму можно добавить в состав файла GLOBAL.BAS.

```
' Доступ к библиотеке GPIB.DLL
  ' Добавьте в используемый файл GLOBAL.BAS
  .
  .
  .
Global isc As Long
Global device As Long
Global hGpib As Integer
Global errnum As Integer
Sub check_srq ()
  condition = 1
  ' Отображение всех ошибок, вызванных значением возврата команды GPIB.
  If errnum% <> NOERROR Then
    MsgBox ("Error = " + GpibErrStr$(errnum%))
  End If
  ' Ожидание выполнения текущей команды.
  errnum% = GpibOutPutS(hGpib%, device%, "**OPC?", 5)
  errnum% = GpibEnter(hGpib%, device%, done!)
  ' Если бит ошибки установлен, получить ошибку.
  errnum% = GpibSpoll(hGpib%, device%, response%)
  If response% And 32 Then
    syst_err$ = "SYST:ERR?"
    errnum% = GpibOutPutS(hGpib%, device%, syst_err$, Len(syst_err$))
    errnum% = GpibEnter(hGpib%, device%, errx!)
    actual% = 80
    MsgBox ("Error=" + Str$(errx!))
    errnum% = GpibOutPutS(hGpib%, device%, "**CLS", 4)
  End If
  ' Получение других ошибок GPIB.
  errnum% = GpibStatus(hGpib%, isc%, condition, Status%)
  If errnum% <> NOERROR Then
    MsgBox ("Error = " + GpibErrStr$(errnum%))
  End If
  If Status% = 1 Then
    errnum% = GpibSpoll(hGpib%, device%, Status%)
    If errnum% <> NOERROR Then
      MsgBox ("Error = " + GpibErrStr$(errnum%))
    End If
  End If
End Sub
```

... продолжение Следующая функция используется подпрограммой check_sq.

```
Function GpibErrStr$ (errorcode As Integer)
Select Case errorcode
    Case NOERR
        Msg$ = " Нет ошибки "
    Case EUNKNOWN
        Msg$ = " Неизвестная ошибка "
    Case ESEL
        Msg$ = " Недопустимый код выбора или адрес устройства "
    Case ERANGE
        Msg$ = " Значение вне пределов диапазона "
    Case ETIME
        Msg$ = " Истекло время ожидания "
    Case ECTRL
        Msg$ = " Плата GPIB должна быть контроллером "
    Case EPASS
        Msg$ = " Передача управления не допускается "
    Case EFILE
        Msg$ = " Ошибка файлового ввода-вывода "
    Case ENUMB
        Msg$ = " Недопустимое число "
    Case EADDR
        Msg$ = " Неправильная адресация "
    Case EOPEN
        Msg$ = " Не удается открыть эту плату "
    Case ENOOPEN
        Msg$ = " Плата не открыта "
    Case ECLOSE
        Msg$ = " Не удается закрыть плату "
    Case EHANDLE
        Msg$ = " Недопустимый дескриптор для ISC "
    Case Else
        Msg$ = " Неизвестно? "
End Select
GpibErrStr$ = Msg$
End Function
```

Программы на языке C

Все примеры программ на языке C в этой главе написаны для платы интерфейса GPIB 82335 и рассчитаны на использование библиотеки команд GPIB для языка C. Если не указано иное, библиотечные функции, используемые в примерах программ, совместимы со стандартом ANSI C.

Все программы на языке C компилировались и тестировались с использованием следующих компиляторов:

- Microsoft® QuickC® версии 2.0
- Borland® Turbo C®++ версии 1.0

Компиляция и связывание программы на языке C

Чтобы запустить программу, сначала необходимо выполнить ее компиляцию и объектное связывание, создав исполняемый файл. Для компиляции и объектного связывания программы выполните следующие действия.

- Убедитесь, что в файл AUTOEXEC.BAT добавлены необходимые инструкции PATH, позволяющие компилятору находить файлы библиотек и заголовков (инструкции по указанию правильных путей см. в руководстве по вашей версии языка C).
- Выполните связывание соответствующего файла библиотеки GPIB C для используемого компилятора (файл находится на диске библиотеки команд GPIB, который поставляется в комплекте с платой интерфейса GPIB). Используйте соответствующий файл библиотеки:
 - clgpib.lib для Microsoft® QuickC®
 - tchgpib.lib для Borland® Turbo C®++
- Если компиляция производится не в модели памяти «large» или «huge», используйте в программе файл заголовков «CFUNC.H» (файл находится на диске библиотеки команд GPIB, который поставляется в комплекте с платой интерфейса GPIB).

- Для компиляции программ Microsoft® QuickC® из командной строки DOS (при использовании модели памяти «large») выполните команду:

```
qcl /AL <путь...\program.C> <путь... \clgpib.lib>
```

Пример:

```
qcl /AL b:\meter.c c:\qc2\lib\clgpib.lib
```

Меняйте параметр «/AL» на другой соответствующий параметр при компиляции в моделях памяти меньшего размера (более подробные сведения см. в руководстве по вашей версии языка C). Для некоторых программ также может потребоваться изменить размер стека с помощью параметра «/F».

- Для компиляции программ Borland® Turbo C®++ из командной строки DOS (при использовании модели памяти «large») выполните команду:

```
tcc -ml <путь...\program.C> <путь... \tchgpib.lib>
```

Пример:

```
tcc -ml b:\meter.c c:\tclib\tchgpib.lib
```

Меняйте параметр «-ml» на другой соответствующий параметр при компиляции в моделях памяти меньшего размера (более подробные сведения см. в руководстве по вашей версии языка C).

- После компиляции и объектного связывания в текущем каталоге создаются исполняемый файл (расширение «.EXE») и объектный файл («.OBJ»). Запустите программу, введя имя файла с расширением «.EXE».

Пример программы № 1 на С для GPIB

В этом примере показана общая последовательность программирования, а также использование команды MEASure? (ИЗМЕРИТЬ) для настройки 4-проводного измерения сопротивления и получения его показаний.

```

/*****
Эта программа настраивает прибор для 4-проводного измерения сопротивления
по каналу 1 с помощью команды MEAS.
*****/

#include <stdio.h>           /* Используется для printf() */
#include <stdlib.h>          /* Используется для atoi() */
#include <string.h>          /* Используется для strlen() */
#include <cfunc.h>           /* Файл заголовка из библиотеки команд GPIB */
#define ADDR 722L           /* Установка адреса GPIB прибора */
/* Прототипы функций */
void rst_clear(void);
void meter_meas(void);
void check_error(char *func_name);
/*****/

void main(void)              /* Начало main() */
{
    rst_clear();             /* Сброс прибора и очистка очереди ошибок */
    meter_meas();           /* Настройка прибора для измерений */
}
/*****/

void rst_clear(void)
{
    /* Сброс прибора, очистка очереди ошибок и ожидание выполнения
    команд. Команда *OPC? отправляет «1» в выходной буфер после
    завершения работы команд *RST и *CLS. */
    float value;
    IOOUTPUTS(ADDR, "**RST;*CLS;*OPC?", 15);
    IOENTER(ADDR, &value);
}

```

... продолжение

```
/******  
void meter_meas(void)  
{  
    /* Настройка прибора для 4-проводного измерения сопротивления по каналу 1  
       (каналу по умолчанию). Измерение производится в диапазоне 10 Ом с  
       наименьшей разрешающей способностью. */  
    float ohm_rdg;  
    IOOUTPUTS(ADDR, "MEAS:FRES? 10, MAX", 18); /* Настройка канала 1 */  
    IOENTER(ADDR, &ohm_rdg); /* Ввод показания*/  
    printf("Показание: %f\n\n", ohm_rdg); /* Отображение показания */  
    /* Вызов функции для проверки на ошибки */  
    check_error("meter_meas");  
}  
/******  
void check_error(char *func_name)  
{  
    /* Считывание очереди ошибок, чтобы определить, не возникли ли ошибки */  
    char message[80];  
    int length = 80;  
    IOOUTPUTS(ADDR, "SYST:ERR?", 9); /* Считывание очереди ошибок */  
    IOENTERS(ADDR, message, &length); /* Ввод строки ошибки */  
    while (atoi(message) != 0) /* Цикл выполняется, пока не будут прочитаны все ошибки */  
    {  
        printf("Ошибка %s в функции %s\n\n", message, func_name);  
        IOOUTPUTS(ADDR, "SYST:ERR?", 9);  
        IOENTERS(ADDR, message, &length);  
    }  
}
```

Пример программы № 2 на С для GPIB

В этом примере программы показаны независимая настройка и независимое использование двух входных каналов.

```

/*****
Эта программа настраивает прибор для измерения напряжения по двум
входным каналам. Каналы настраиваются на разные диапазоны и разрешающие способности,
чтобы показать независимость настроек каждого из каналов.
*****/

#include <stdio.h>                /* Используется для printf() */
#include <stdlib.h>               /* Используется для atoi() */
#include <string.h>               /* Используется для strlen() */
#include <cfunc.h>                /* Файл заголовка из библиотеки команд GPIB */
#define ISC 7L                   /* Назначение кода выбора GPIB */
#define ADDR 722L                /* Установка адреса GPIB прибора */
/* Прототипы функций */
void rst_clear(void);
void meter_meas(void);
void command_exe(char *commands[], int length);
void check_error(char *func_name);
/*****/

void main(void)                  /* Начало main() */
{
    rst_clear();                 /* Сброс прибора и очистка очереди ошибок */
    meter_meas();               /* Настройка прибора для измерений */
}
/*****/

void rst_clear(void)
{
    /* Сброс прибора, очистка очереди ошибок и ожидание выполнения
    команд. Команда *OPC? отправляет «1» в выходной буфер после
    завершения работы команд *RST и *CLS. */
    float value;
    IOOUTPUTS(ADDR, "**RST;*CLS;*OPC?", 15);
    IOENTER(ADDR, &value);
}

```

... продолжение

```

/*****/
void meter_meas(void)
{
  /* Настройка канала 1 для измерения напряжения пост. тока в диапазоне 1 В с разрешающей
     способностью 10 мВ. Настройка канала 2 для измерения напряжения пост. тока в диапазоне 1 мВ
     с наименьшей разрешающей способностью. */
  float rdg_ch1, rdg_ch2, null_ch1, null_ch2;
  static char state[2] = {13,10};          /* ASCII 13 = возврат каретки,
                                           ASCII 10 = перевод строки */

  /* Настройка измерений по обоим каналам */
  IOOUTPUTS(ADDR, "CONF:VOLT:DC 1,0.01,(@FRON1);CONFVOLT:DC 0.001,MAX,(@FRON2)", 61);
  /* Канал 1: инициация измерения, перенос показаний в выходной буфер */
  IOOUTPUTS(ADDR, "ROUT:TERM FRON1", 15);
  IOOUTPUTS(ADDR, "READ?", 5);
  IOENTER(ADDR, &rdg_ch1);

  /* Канал 1: включение нулевого значения */
  IOOUTPUTS(ADDR, "SENS1:VOLT:DC:NULL ON", 21);

  /* Помещение показания нуля в нулевой регистр. Для этого вывод символов возврата каретки (CR)
     и перевода строки (LF) выключается перед отправкой показания нуля. */
  /* Сначала отключаются символы EOI (End-of-Identify, конец передачи) и EOL (End-of-Line, конец строки) */
  IOEOI(ISC, 0);IOEOL(ISC, "", 0);

  /* Отправка заголовка "SENS" с отключенным выводом CR/LF */
  IOOUTPUTS(ADDR, "SENS1:VOLT:DC:NULL:VAL ", 23);

  /* Обратное включение символов EOI и EOL для нормальной работы GPIB и отправка данных */
  IOEOI(ISC, 1);IOEOL(ISC, state, 2);
  IOOUTPUT(ADDR, rdg_ch1);

  /* Канал 2: инициация измерения, перенос показаний в выходной буфер, сохранение показания
     в переменной */
  IOOUTPUTS(ADDR, "ROUT:TERM FRON2", 15);
  IOOUTPUTS(ADDR, "READ?", 5);
  IOENTER(ADDR, &rdg_ch2);
}

```

6 Прикладные программы

... продолжение

```
/* Канал 2: включение нулевого значения */
IOOUTPUTS(ADDR, "SENS2:VOLT:DC:NULL ON", 21);
/* Помещение показания нуля в нулевой регистр. Для этого вывод символов возврата каретки (CR)
и перевода строки (LF) выключается перед
отправкой показания нуля. */
/* Сначала отключаются символы EOI (End-of-Identify, конец передачи) и EOL (End-of-Line, конец строки) */
IOEOI(ISC, 0); IOEOL(ISC, " ", 0);
/* Отправка заголовка "SENS" с отключенным выводом CR/LF */
IOOUTPUTS(ADDR, "SENS2:VOLT:DC:NULL:VAL ", 23);
/* Обратное включение символов EOI и EOL для нормальной работы GPIB и отправка данных */
IOEOI(ISC, 1); IOEOL(ISC, state, 2);
IOOUTPUT(ADDR, rdg_ch2);
/* Канал 1: Выполнение измерения с учетом нулевого значения; перенос показания в выходной буфер
и печать показания, измеренного с нулевым значением */
IOOUTPUTS(ADDR, "ROUT:TERM FRON1", 15);
IOOUTPUTS(ADDR, "READ?", 5);
IOENTER(ADDR, &null_ch1);
printf("Показание с учетом нулевого значения (канал 1): %f\n", null_ch1);
/* Канал 2: Выполнение измерения с учетом нулевого значения; перенос показания в выходной буфер
и печать показания, измеренного с нулевым значением */
IOOUTPUTS(ADDR, "ROUT:TERM FRON2", 15);
IOOUTPUTS(ADDR, "READ?", 5);
IOENTER(ADDR, &null_ch2);
printf("Показание с учетом нулевого значения (канал 2): %f\n", null_ch2);
/* Вызов функции для проверки на ошибки */
check_error("meter_meas");
}
```

... продолжение

```
/******  
void command_exe(char *commands[], int length)  
{  
    /* Выполнение по одной строке команд за каждый проход цикла */  
    int loop;  
    for (loop = 0; loop < length; loop++)  
    {  
        IOOUTPUTS(ADDR, commands[loop], strlen(commands[loop]));  
    }  
}  
/******  
void check_error(char *func_name)  
{  
    /* Считывание очереди ошибок, чтобы определить, не возникли ли ошибки */  
    char message[80];  
    int length = 80;  
    IOOUTPUTS(ADDR, "SYST:ERR?", 9);    /* Считывание очереди ошибок */  
    IOENTERS(ADDR, message, &length);  /* Ввод строки ошибки */  
    while (atoi(message) != 0)        /* Цикл выполняется, пока не будут прочитаны все ошибки */  
    {  
        printf("Ошибка %s в функции %s\n\n", message, func_name);  
        IOOUTPUTS(ADDR, "SYST:ERR?", 9);  
        IOENTERS(ADDR, message, &length);  
    }  
}  
/******
```

Пример программы № 3 на С для GPIB

В этом примере программы показано использование запроса на обслуживание (SRQ), который сообщает о завершении измерений. Прибор настроен на использование внешних условий запуска. Также демонстрируется использование математических операций развертки.

```

/*****
Эта программа настраивает прибор для выполнения многих измерений напряжения постоянного
тока по внешнему запуску. Бит "Операция завершена" в регистре стандартных событий используется
для определения, поступил ли запуск, и для выдачи запроса SRQ. В программе также показывается
использование математических операций развертки.
*****/

#include <stdio.h> /* Используется для printf() */
#include <stdlib.h> /* Используется для atoi() */
#include <string.h> /* Используется для strlen() */
#include <cfunc.h> /* Файл заголовка из библиотеки команд GPIB */
#define ISC 7L /* Назначение кода выбора GPIB */
#define ADDR 722L /* Установка адреса GPIB прибора */

/* Прототипы функций */
void rst_clear(void);
void setup_status(void);
void meter_meas(void);
void command_exe(char *commands[], int length);
void check_error(char *func_name);

/*****
void main(void) /* Начало main() */
{
    rst_clear(); /* Сброс прибора и очистка очереди ошибок */
    setup_status(); /* Настройка регистров состояния 34420A */
    meter_meas(); /* Настройка прибора для измерений */
}

```


... продолжение

```
/******  
void rst_clear(void)  
{  
    /* Сброс прибора, очистка очереди ошибок и ожидание выполнения  
       команд. Команда *OPC? отправляет «1» в выходной буфер после  
       завершения работы команд *RST и *CLS. */  
    float value;  
    IOOUTPUTS(ADDR, "**RST;*CLS;*OPC?", 15);  
    IOENTER(ADDR, &value);  
}  
/******  
void setup_status(void)  
{  
    /* При поступлении внешнего запуска и наличии показаний во внутренней памяти должно возникать  
       прерывание. Чтобы настроить регистры состояния на выработку прерывания, необходимо установить  
       биты в регистре байта состояния и регистре стандартных событий. */  
    /* Установка бита 5 ("стандартное событие") в байте состояния, чтобы учитывать  
       события, происходящие в регистре стандартных событий ( $2^5 = 32$ ) */  
    IOOUTPUTS(ADDR, "**SRE 32", 7);  
    /* Установка бита 0 в регистре стандартных событий для отправки прерывания  
       через байт состояния ( $2^0 = 1$ ) */  
    IOOUTPUTS(ADDR, "**ESE 1", 6);  
    /* Вызов функции для проверки на ошибки */  
    check_error("setup_status");  
}
```

... продолжение

```

/*****/
void meter_meas(void)
{
  /* Настройка прибора для измерения напряжения пост. тока по каналу 1
   (каналу по умолчанию). Измерение настраивается на диапазон 10 вольт
   при времени усреднения, равном 10 периодам сети питания. */
  float readings[5];
  int stat_cond, i, numvalues = 5;
  static char *cmd_string[]=
  {
    "SENS:FUNC 'VOLT:DC'",           /* Выбор изм. напр. пост. тока по каналу 1 */
    "SENS:VOLT:DC:RANG 10",         /* Выбор диапазона 10 вольт */
    "SENS:VOLT:DC:NPLC 10",        /* Выбор времени усреднения — 10 периодов */
    "CALC:FUNC SCAL",              /* Выбор математической функции развертки */
    "CALC:STAT ON",                /* Включение математической функции развертки */
    "CALC:SCAL:GAIN 0.001",         /* Установка значения усиления (1 мВ) */
    "CALC:SCAL:OFFS 0.5",          /* Установка значения смещения (50 мВ) */
    "SAMP:COUN 5",                 /* Измеряется 5 показаний на каждый запуск */
    "TRIG:SOUR EXT"                /* Выбор внешнего источника запусков */
  };
  /* Вызов функции, выполняющей вышеприведенные строки команд */
  command_exe(cmd_string, sizeof(cmd_string)/sizeof(char*));
  /* Инициация измерения, ожидание запуска, затем установка бита 0
   "Операция завершена" в регистре стандартных событий после выполнения команд. */
  IOOUTPUTS(ADDR, "INIT;*OPC", 9);
  /* Ожидание в цикле, пока не будет установлен сигнал SRQ после выполнения операции */
  do
    IOSTATUS(ISC, 1, &stat_cond);
  while (!stat_cond);
  /* Перенос показаний из внутренней памяти в выходной буфер */
  IOOUTPUTS(ADDR, "FETC?", 5);
  /* Ввод показаний и их печать */
  IOENTERA(ADDR, readings, &numvalues);
  for (i = 0; i < numvalues; i++)
    printf("%f \n", readings[i]);
}

```

... продолжение

```
/* Использование последовательного опроса для считывания байта состояния и очистки всех битов */
IOSPOLL(ADDR, &stat_cond);
/* Вызов функции для проверки на ошибки */
check_error("meter_meas");
}
/*****/
void command_exe(char *commands[], int length)
{
/* Выполнение по одной строке команд за каждый проход цикла */
int loop;
for (loop = 0; loop < length; loop++)
{
IOOUTPUTS(ADDR, commands[loop], strlen(commands[loop]));
}
}
/*****/
void check_error(char *func_name)
{
/* Считывание очереди ошибок, чтобы определить, не возникли ли ошибки */
char message[80];
int length = 80;
IOOUTPUTS(ADDR, "SYST:ERR?", 9); /* Считывание очереди ошибок */
IOENTERS(ADDR, message, &length); /* Ввод строки ошибки */
while (atoi(message) != 0) /* Цикл выполняется, пока не будут прочитаны все ошибки */
{
printf("Ошибка %s в функции %s\n\n", message, func_name);
IOOUTPUTS(ADDR, "SYST:ERR?", 9);
IOENTERS(ADDR, message, &length);
}
}
/*****/
```

Пример макроса Microsoft Excel

С помощью средств динамического обмена данными (Dynamic Data Exchange, DDE) в Windows™ можно отправлять команды на прибор и получать результаты измерения непосредственно в электронную таблицу Microsoft Excel.

В этом примере используются средства прибора для Windows («Keysight Instrument Tools for Windows»), а также плата интерфейса GPIB 82335B. Средства прибора для Windows содержат две программы, обеспечивающие работу с интерфейсом GPIB — *интерактивную* программу (Interactive GPIB) и *сервер DDE* GPIB.

Для использования средств прибора для Windows в Microsoft Excel выполните следующую общую процедуру.

- 1 Установите средства прибора для Windows (Tools for Windows), если они еще не установлены.
- 2 Запустите приложение «*Interactive GPIB*», создайте и сохраните в нем файл конфигурации (с расширением .IBC), который описывает интерфейс взаимодействия с прибором. Обязательно отключите в конфигурации EOI и настройте включение символа перевода строки <lf> в состав EOL. Описание процедуры создания файла конфигурации (с расширением .IBC) см. в Руководстве пользователя средств прибора для Windows («Instrument Tools for Windows»).

ПРИМЕЧАНИЕ

Проверить подключение интерфейса можно из программы «Interactive GPIB» можно, отправив выходную строку *IDN? и получив ее результаты. Типичный отклик на такой запрос показан в примере в ячейке F4.

- 3 Запустите DDE-сервер GPIB. Приложение запустится и свернется в значок в панели задач.
- 4 Запустите макрос, приведенный в примере.
В этом макросе следующие команды входят в состав программы DDE GPIB и задокументированы в Руководстве пользователя средств прибора для Windows («Instrument Tools for Windows»). Все остальные команды являются командами Microsoft Excel и описаны в справочнике по функциям Excel.
 - [Abort]
 - [clear(device)]
 - EnterS
 - EOL
 - OutputS

Примечания по макросу

- Из соображений простоты макрос разработан с расчетом на вывод и ввод данных непосредственно на листе макроса. Можно организовать вывод и ввод данных на лист в таблице.
- Лист макроса разделен на следующие столбцы:
 - A содержит имена используемых в макросе переменных
 - B содержит команды макроса
 - C содержит примечания к командам макроса
 - D местозаполнитель
 - E содержит отправляемые команды SCPI
 - F, G, ... содержат возвращаемые данные
- Макрос производит измерения температуры каждые 15 минут в течение 12-часового периода и записывает полученные статистические показатели. Отдельные показания температуры не сохраняются
- Чтобы обойти ограничение на 1024 показания в памяти, в макросе используется команда DATA:FEED.
- Команды CALCulate:STATe OFF и CALCulate:STATe ON в макросе используются для сброса статистических показателей после каждого интервала в 15 минут. Если бы в цикле «while» отсутствовали эти команды, то статистические показатели в каждом из промежутков рассчитывались бы по накопленным показаниям за время всех выполнявшихся измерений.

1	A	B	C	D
	<i>Excel Example</i>	Excel Example	<i>Comments</i>	
2		=ECHO(FALSE)	Отключить обновления экрана для увеличения скорости	
3	<i>MainLink</i>	=INITIATE("HPIBDDE", "MAIN")	Открыть канал с темой MAIN в HPBD	
4			Вернуть дескриптор, используемый в последующей команде	
5		=EXECUTE(MainLink, ["OPENCONFIG(XLSAMPLE)"])	Открыть файл конфигурации XLSAMPLE (созданный с помощью интерактивной среды HP-IB)	
6			Заккрыть канал MAN	
7		=TERMINATE(MainLink)		
8				
9	<i>MeterLink</i>	=INITIATE("HPIBDDE", "METER")	Открыть канал к источнику	
10				
11		=EXECUTE(MeterLink, ["abort"])	Остановить все действия интерфейса	
12		=EXECUTE(MeterLink, ["clear(device)"])	Отправить команду очистки устройства	
13		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$3)	Отправить команду сброса устройства	
14		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$4)	Отправить запрос id.	
15		=SET.VALUE(F4.REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)"))	Ввести результат запроса	
16		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$5)	Отправить команду конфигурации термистора	
17		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$6)	Отправить команду единиц температуры	
18		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$7)	Отправить команду запуска	
19		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$8)	Отправить команду статистики	
20		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$9)	Отправить команду сброса данных считывания	
21		=POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$10)	Отправить команду включения статистики	
22				
23	<i>Endtime</i>	=NOW()+TIMEVALUE("12:00:00")	Выполнение 12 часов — ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИСПЫТАНИЯ	
24	<i>Columncount</i>	=6	Час 1 в столбце 6	
25				
26		=WHILE(NOW() < Endtime)		
27		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$12)	Начать измерения	
28				
29		= WAIT(NOW()+ "00:15:00")	Подождать 15 минут — ЧАСТОТА ИСПЫТАНИЯ	
30				
31		= EXECUTE(MeterLink, ["clear(device)"])	Остановить измерения и очистить устройство	
32		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$13)	Отключить расчет для сброса статистики	
33		= FORMULA("=TEXT(NOW(),"hh:mm:ss")", "R14C"&Column	Включить метки времени для данных	
34		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$15)	Получить минимум	
35		= FORMULA(VALUE(REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)")), "R1	Ввести значение	
36		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$16)	Получить максимум	
37		= FORMULA(REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)"), "R16C"&Col	Ввести значение	
38		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$17)	Получить среднее	
39		= FORMULA(REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)"), "R17C"&Col	Ввести значение	
40		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$18)	Получить итоговое количество считываний	
41		= FORMULA(REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)"), "R18C"&Col	Ввести значение	
42		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$19)	Получить значение размаха	
43		= FORMULA(REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)"), "R19C"&Col	Ввести значение	
44		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$20)	Получить стандартное отклонение	
45		= FORMULA(REQUEST(MeterLink, "EnterS(40)"), "R20C"&Col	Ввести значение	
46		= SELECT("R14C"&Columncount&":R20C"&Columncount)	Преобразовать формулу в числа	
47		= COPY()		
48		= PASTE.SPECIAL(3,1,FALSE,FALSE)		
49		= SET.VALUE(Columncount, Columncount+1)	Увеличить номер столбца для следующего набора данных	
50		= POKE(MeterLink, "OutputS(40)", \$E\$21)	Включить систему CALCULATE	
51		=NEXT()		
52		=TERMINATE(MeterLink)	Заккрыть канал	
53		=RETURN()		

D	E	F	G	H	I	J	K
1	SCPI Commands To Send	Data Returned by Queries ----->					
2							
3	*RST						
4	*IDN?	HEWLETT-PACKARD,34420A,0					
5	CONF:TEMPerature THER, DEF, 1, 0.000						
6	UNIT:TEMPERATURE F						
7	TRIGGER:COUNT INFinite						
8	CALCULATE:FUNCTION AVERAGE						
9	DATA:FEED RDG_STORE, ""						
10	CALCULATE:STATE ON						
11							
12	INIT						
13	CALCULATE:STATE OFF						
14		15:17:13	15:32:22	15:47:34	16:02:47	16:18:01	16:33:13
15	CALCULATE:AVERAGE:MINIMUM?	64.688	62.7854	62.798	63.7682	63.9248	64.0238
16	CALCULATE:AVERAGE:MAXIMUM?	66.1568	64.6718	63.842	64.0148	64.1156	64.2038
17	CALCULATE:AVERAGE:AVERAGE?	65.1605140112	63.8633350873	63.5882911315	63.8787225688	64.0190004415	64.1290021367
18	CALCULATE:AVERAGE:COUNT?	55884	55798	55680	55776	55723	55786
19	CALCULATE:AVERAGE:PTPEAK?	1.4688	1.8864	1.044	0.2466	0.1908	0.18
20	CALCULATE:AVERAGE:SDEVIATION?	0.397842973471	0.508862435818	0.242776229978	0.0617566369474	0.0423553138971	0.03534732759
21	CALCULATE:STATE ON						
22							
23							
24							

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

Нановольтметр/микроомметр Keysight 34420A
Руководство по эксплуатации

7 Учебное руководство по измерениям

Учебное руководство по измерениям	274
Методики измерений и источники погрешностей	275
Очистка контактов разъемов	299
Входной разъем	301
Получение деталей входного разъема	302

Учебное руководство по измерениям

Прибор 34420A может производить высокоточные измерения напряжения, сопротивления и температуры. Для достижения максимальной точности нужно предпринять необходимые шаги по исключению возможных причин погрешностей при измерениях.

Эта глава состоит из двух разделов. В первом разделе обсуждаются причины погрешностей измерений. Во втором разделе описываются конкретные способы использования прибора, позволяющие минимизировать погрешность измерений.

Эта глава состоит из следующих разделов:

- «Методики измерений и источники погрешностей» на странице 275
 - «Измерения напряжения» на странице 275
 - «Измерения сопротивления» на странице 285
 - «Измерения температуры» на странице 290
- «Очистка контактов разъемов» на странице 299
- «Входной разъем» на странице 301
- «Получение деталей входного разъема» на странице 302

Методики измерений и источники погрешностей

Измерения напряжения

В следующей таблице перечислены источники погрешностей при измерении напряжения. Каждый из этих источников более подробно описывается в дальнейших разделах.

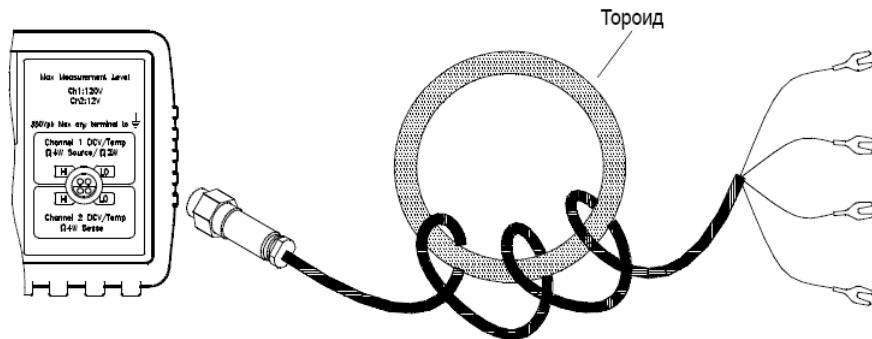
	Источник погрешности	Корректировка	Страница
Связанные с кабелями и подключениями	Радиочастотные помехи	Для минимизации влияния РЧ-помех на измерение используются специальные схемы и экранирование. Низкий уровень излучаемых РЧ-помех также позволяет использовать прибор совместно с чувствительными устройствами, такими как переходы Джозефсона (высокочастотные сигналы могут мешать надлежущей работе таких устройств).	277
	Погрешности термоздс	В измерительном приборе используются клеммы, на 99% состоящие из меди, с паяными соединениями. Измерительные наконечники также подключаются с помощью медных проводов с обжимными медными клеммами. Такие разъемы и измерительные наконечники рекомендуется использовать, поскольку они минимизируют связанные с термоздс погрешности.	278
	Магнитные контуры	Используйте подключения к прибору по витой паре, чтобы уменьшить площадь контура прием наводок, или располагайте измерительные наконечники как можно ближе друг к другу. Незафиксированные или вибрирующие измерительные наконечники также будут вызывать погрешности измерения напряжения. При работе вблизи магнитных полей убедитесь, что измерительные наконечники надежно зафиксированы. При возможности всегда используйте материалы, экранирующие магнитное поле, или увеличивайте физическое расстояние, чтобы уменьшить связанные с источниками магнитных полей проблемы. Если наводки связаны с линией питания от сети, используйте время усреднения $NPLC \geq 1$.	278
	Подавление помех по линии питания (ослабление синфазного сигнала)	Установите время усреднения равным 1 или более периодам сети питания (PLC).	279
	Замыкания через цепи заземления («земляные петли»)	Лучше всего устранить замыкания через цепи заземления, обеспечивая изоляцию прибора от земли; не подключайте входные клеммы к заземлению. Если прибор необходимо связать с землей, обязательно подключите и его, и объект испытаний к одной и той же общей точке заземления. Это снизит или устранил	280

	Источник погрешности	Корректировка	Страница
		разность напряжений между устройствами. Также при возможности обязательно обеспечьте подключение измерительного прибора и объекта испытаний к одной и той же розетке питания.	
Связанные с кабелями и подключениями	Подавление синфазного сигнала	Уменьшите последовательное (добавочное) сопротивление или синфазное напряжение.	281
	Погрешности от нагрузки	Входное сопротивление прибора превышает 10 GΩ в диапазоне напряжений от 1 мВ до 10 В, превышает 10 MΩ в диапазоне 100 В.	282
Связанные с измерительным прибором	Ток смещения на входе (Ток утечки)	Измерительные схемы прибора создают ток смещения на входе около 30 пА при температурах окружающей среды от 0 °С до 30 °С. Ток смещения будет меняться при температурах, отличных от температуры, при которой выполнялась калибровка прибора.	283
	Инжектируемый ток	Схема может быть или не быть чувствительной к инжектируемому току; это зависит от топологии измеряемой вольтметром схемы, от уровня полного импеданса схемы, а также от подавления синфазного сигнала и помех от сети питания в измерительном приборе.	283

Радиочастотные помехи

Большинство приборов, измеряющих напряжение, могут выдавать ложные показания под воздействием сильных высокочастотных полей. Возможные источники таких полей — радио, телевидение, передатчики систем связи, мобильные телефоны и т. д. Энергия высокочастотных колебаний может наводиться на прибор по входам измерительных щупов или кабелям, подключенным с задней стороны прибора. Держите измерительные наконечники и кабели, подключенные к задней панели, как можно дальше от источников высокочастотного излучения, чтобы минимизировать РЧ-помехи.

Уровень РЧ-помех, излучаемых прибором, соответствует международным стандартам. Если условия конкретного измерения крайне чувствительны к излучаемым прибором РЧ-помехам, используйте на входных кабелях синфазный дроссель, как показано на рисунке.



Погрешности термоэдс

Термоэлектрические напряжения — это самый распространенный источник погрешностей при измерениях низких напряжений постоянного тока. Термоэлектрические напряжения (термоэдс) создаются при установке соединений между разными металлами, имеющими разную температуру. Каждое из соединений металла с металлом представляет *термопару*, создающую напряжение, пропорциональное температуре перехода или стыка. При измерении низких напряжений следует принимать необходимые меры предосторожности, чтобы минимизировать напряжения термоэдс и разности температур. Самые лучшие соединения устанавливаются при контакте «медь к меди» с использованием опрессовки. В следующей таблице приведены типичные напряжения термоэдс для соединений между разнородными металлами.

Соединение медь-	Прибл. мВ/ °С
медь	<0,3
золото	0,5
серебро	0,5
латунь	3
бериллиевая бронза	5
алюминий	5
ковар или сплав 42 («alloy 42»)	40
кремний	500
оксид меди	1000
кадмиево-оловянный припой	0,2
оловянно-свинцовый припой	5

Шум, вызываемый магнитными полями

В случае проведения измерений возле магнитных полей следует принять требуемые меры предосторожности, чтобы исключить наводку напряжений в подключениях к объекту измерения. Будьте особенно осторожны при работе возле проводников, по которым протекают большие токи.

Фильтрация напряжений шумов от линии питания

Важным положительным свойством интегрирующих аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) является их способность подавлять паразитные сигналы. Схемы интегрирующих измерений подавляют связанные с линией питания шумы, присутствующие в сигнале постоянного тока на входе. Это называется *подавлением синфазного сигнала* (NMR). Подавление синфазного сигнала обеспечивается, когда прибор измеряет среднее значение сигнала на входе, «усредняя» его за фиксированный период времени. Если установить время усреднения равным целому числу периодов сети питания (PLC) для входа, на котором присутствуют паразитные помехи, то эти погрешности (и их гармоники) уравниваются и взаимно сведут друг друга почти к нулю.

При подаче питания на измерительный прибор он измеряет частоту в сети питания (50 Гц или 60 Гц) и использует результат этого измерения при определении времени усреднения. В следующей таблице указаны показатели подавления шумов, достигаемого в различных условиях. Чтобы увеличить разрешающую способность и улучшить подавление шумов, выбирайте более длительное время усреднения.

Число периодов (NPLC)	Время усреднения		Подавление синфазного сигнала
	60 Гц	(50 Гц)	
0,02	334 мс	(400 мс)	нет
0,2	3 мс	(4 мс)	нет
1	16,7 мс	(20 мс)	60 дБ
2	33,4 мс	(40 мс)	90 дБ
10	167 мс	(200 мс)	95 дБ
20	334 мс	(400 мс)	100 дБ
100	1,67 с	(2 с)	105 дБ
200	3,34 с	(4 с)	110 дБ

Шум, вызываемый замыканиями через цепи заземления

При измерении напряжений в схемах, где измерительный прибор и объект измерения используют одно и то же заземление, образуется цепь через контур заземления. Как показано на рисунке ниже, любая разность напряжений между двумя точками заземления ($V_{\text{заземления}}$) вызывает протекание тока через измерительный щуп LO. Это вызовет появление ошибочного напряжения V_L , которое будет складываться с измеренным напряжением.

R_L = Сопротивление

R_i = Изоляционное сопротивление мультиметра

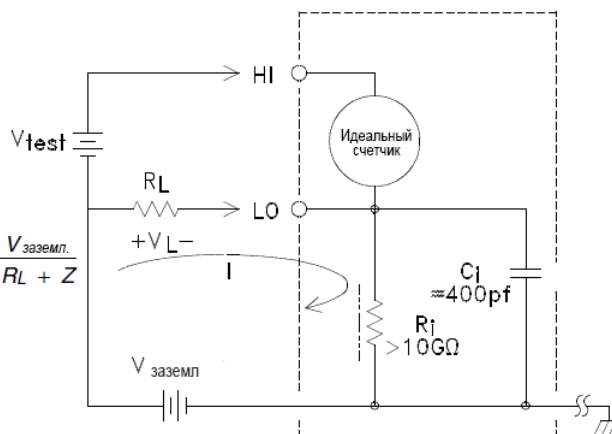
C_i = Изоляционная емкость мультиметра

$V_{\text{заземл.}}$ = Напряжение шумового фона

$I = V_{\text{заземл.}}$ вызванный протекающий ток = $\frac{V_{\text{заземл.}}}{R_L + Z}$

$$Z = \frac{R_i * Z_{C_i}}{R_i + Z_{C_i}}$$

$$V_L = I * R_L$$



Чтобы минимизировать погрешности из-за замыканий через цепи заземления, выполните следующее.

- Если $V_{\text{заземления}}$ — это *напряжение постоянного тока*, поддерживайте R_L малым по сравнению с R_i .
- Если $V_{\text{заземления}}$ — это *напряжение переменного тока*, поддерживайте R_L малым по сравнению с Z и установите в приборе время усреднения равным 1 периоду сети питания (PLC) или выше. См. на [странице 73](#).

Подавление синфазного сигнала

В идеальном случае измерительный прибор будет полностью изолирован от схем, использующих заземление. В то же время между клеммой входа LO прибора и заземлением существуют сопротивление и емкость, которые не бесконечны. Если на обе клеммы воздействует сигнал, формируемый относительно напряжения заземления, V_f , то через R_S будет протекать ток, вызывающий падение напряжения V_L , как показано ниже.

V_f = Плавающий потенциал синфазного сигнала

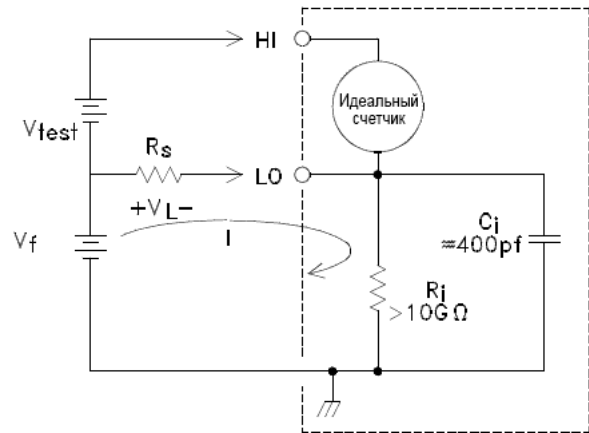
R_S = Сопротивление гетеродина

R_i = Изоляционное сопротивление счетчика

C_i = Изоляционная емкость счетчика

Z_i = Параллельный импеданс $R_i + C_i$

$$\text{Ошибка } (V_L) = \frac{V_f \times R_S}{R_S + Z}$$



Такое возникающее напряжение V_L будет складываться со входным сигналом прибора. По мере приближения значения R_S к 0 падает и погрешность измерения. Кроме того, если V_f имеет частоту сети питания (50 Гц или 60 Гц), этот шум можно значительно уменьшить, установив на приборе время усреднения равным 1 периоду сети питания (PLC) или большим. См. на [странице 279](#).

Погрешности от нагрузки из-за входного сопротивления (измерение напряжения пост. тока)

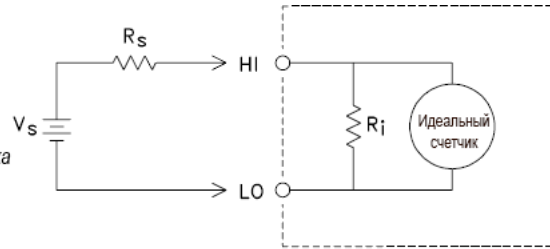
Погрешности измерения от нагрузки возникают, когда сопротивление объекта измерения составляет значимую долю от собственного сопротивления входов прибора. Этот источник погрешности показан на схеме ниже.

V_s = идеальное напряжение ИУ

R_s = исходное сопротивление ИУ

R_i = Входное сопротивление счетчика
(10 МΩ or > 10 ГΩ)

$$\text{Ошибка (\%)} = \frac{100 \times R_s}{R_s + R_i}$$



Погрешности от нагрузки из-за тока смещения на входе (тока утечки)

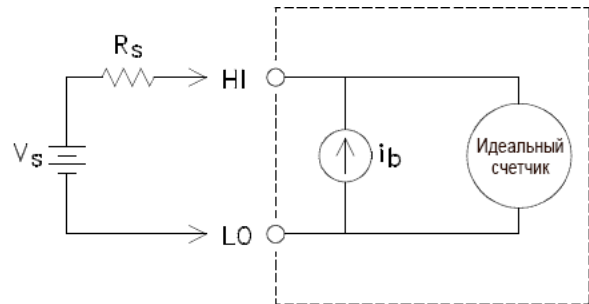
У полупроводниковых устройств, используемых во входных схемах прибора, могут быть незначительные токи утечки, называемые токами смещения. Действие тока смещения на входе обуславливает погрешность от нагрузки на входных клеммах прибора.

i_b = смещение счетчика

R_S = исходное сопротивление ИУ

C_i = входная емкость счетчика

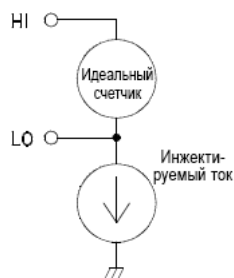
Ошибка (V) = $i_b \times R_S$



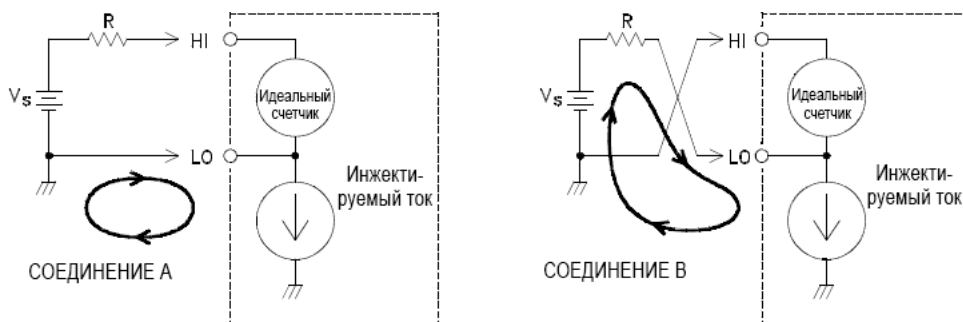
Ток утечки приблизительно удваивается при каждом увеличении температуры на $10\text{ }^\circ\text{C}$, из-за чего он представляет намного более заметную проблему при высоких температурах. Ток смещения на входе можно скорректировать, чтобы устранить такие погрешности. Ток смещения автоматически минимизируется в ходе процедуры калибровки нуля (см. Главу 4 в «Руководстве по обслуживанию 34420А»). Следует выполнить процедуру калибровки нуля, если вы работаете с прибором при температуре, которая более чем на $5\text{ }^\circ\text{C}$ отличается от температуры, при которой выполнялась калибровка.

Шум, вызываемый инжектируемым током

Остаточные емкости в трансформаторе питания обуславливают протекание небольших токов от щупа LO прибора на заземление. Частота «инжектируемого тока» может быть равна частоте сети питания или, возможно, частотам гармоник сети питания. Величина инжектируемого тока зависит от конфигурации и рабочей частоты сети питания. Если прибор работает от сети питания, отличной от сети питания, которая использовалась при калибровке прибора, то потребуются повторить калибровку инжектируемого тока. На схеме показан упрощенный вид цепи.



На схеме ниже по соединению А инжектируемый ток протекает от соединения с заземлением, реализованного в схеме, на клемму LO вольтметра, и шум в измерение не добавляется. Однако в случае соединения В инжектируемый ток протекает через резистор R и добавляет в измерение шум. При соединениях по схеме В большие величины сопротивления R ухудшают ситуацию.

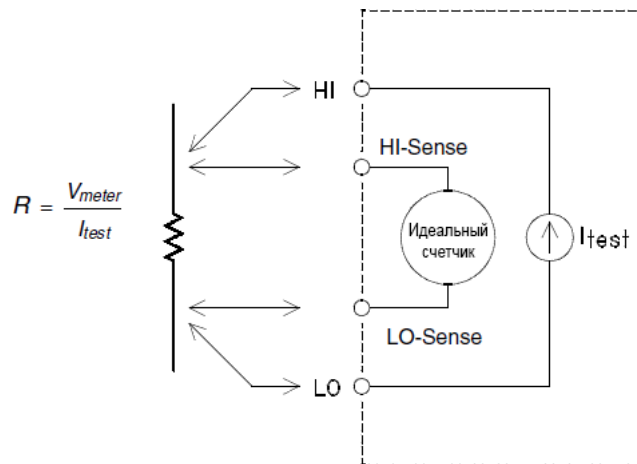


Шум, вносимый инжектируемым током, можно значительно уменьшив, установив на приборе время усреднения в периодах сети питания (PLC) равным 1 или более. См. на [странице 279](#).

Измерения сопротивления

В следующих разделах описываются конкретные методики измерения сопротивления. Следует также учитывать методики и погрешности, описанные в этой главе выше.

4-проводное измерение сопротивления — это самый точный способ измерения малых сопротивлений. При использовании этого способа погрешность от сопротивлений измерительных наконечников и контактов автоматически снижается. Схемы подключений для измерения сопротивления приведены ниже. См. также «*Конфигурация для измерения сопротивления*» на странице 83.



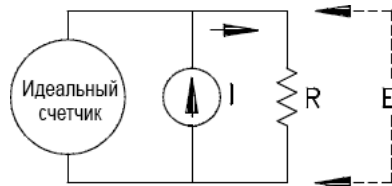
Компенсация сопротивления измерительных наконечников при 2-проводном измерении сопротивления

Чтобы устранить погрешности смещения, обусловленные сопротивлением измерительных наконечников в схеме 2-проводного измерения сопротивления, выполните следующие действия.

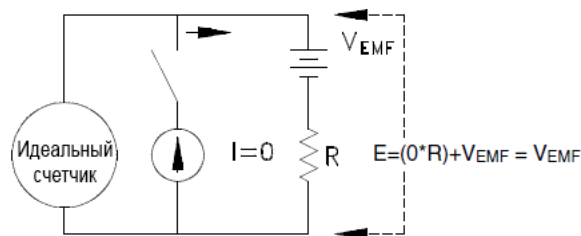
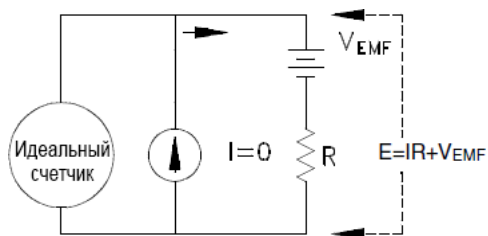
- 1 Закоротите концы измерительных наконечников. Прибор отобразит сопротивление измерительных наконечников.
- 2 Нажмите на передней панели. Прибор покажет «0» ом при закороченных наконечниках.

Компенсация смещения

Измерение сопротивления включает измерение напряжения (E), возникающего на сопротивлении при приложении к нему источника известного тока.



Термоэдс, вызываемая контактом разных металлов, может создавать паразитное напряжение в цепи измерения ($V_{\text{ЭДС}}$). (Описание термоэдс см. на [странице 278](#)). Эта термоэдс может вызываться подключением входных щупов или возникать внутри резистора R. Как правило, это напряжение не меняется, когда к выводам резистора прилагается ток.



В измеренном напряжении, и соответственно в рассчитанном по нему сопротивлении, присутствует обусловленная $V_{\text{ЭДС}}$ погрешность. Использование *компенсации смещения* может уменьшить погрешность, вызываемую $V_{\text{ЭДС}}$. Чтобы выполнить измерение с компенсацией смещения, прибор производит два измерения напряжения: одно со включенным источником тока и одно — с выключенным, а затем вычитает результаты одного измерения из результатов другого. Фактическое падение напряжения на резисторе и расчетное сопротивление определяются по формуле:

$$\text{первое показание} - \text{второе показание} = (I * R + V_{\text{ЭДС}}) - V_{\text{ЭДС}} = I * R$$

Компенсацию смещения можно использовать при 2-проводных и 4-проводных измерениях сопротивления.

После включения питания измерительного прибора компенсация смещения будет включена. В некоторых ситуациях может быть желательно выключить компенсацию смещения. Например, если измеряемый резистор не успевает быстро отреагиро-

вать на изменения тока, то компенсация смещения не обеспечит точности измерений. К этой категории относятся резисторы с очень большой индуктивностью и резисторы с очень большими величинами параллельной емкости. В таких случаях можно увеличить параметр DELAY (ЗАДЕРЖКА), чтобы выделить дополнительное время для стабилизации сигнала после включения или выключения источника тока, или же можно отключить функцию компенсации смещения.

Эффекты рассеивания мощности

При измерении показателей резисторов, предназначенных для измерения температуры (или других резистивных устройств с высокими температурными коэффициентами) учитывайте, что измерительный прибор будет рассеивать определенную мощность на объекте измерения. Последствия такого рассеяния мощности могут повлиять на погрешность измерения.

Если рассеяние мощности представляет собой проблему, есть два варианта действий: можно выбрать более высокий диапазон измерений, чтобы снизить погрешность до допустимого уровня, или же можно переключить прибор в режим низкой мощности, чтобы ограничить испытательный ток (см. на [странице 84](#)). В следующей таблице приведено несколько примеров.

Диапазон	Нормальный режим		При низкой мощности	
	Испытательный ток	Мощность испытуемого устройства (при полной шкале)	Испытательный ток	Мощность испытуемого устройства (при полной шкале)
1 Ω	10 мА	100 мкВт	10 мА	100 мкВт
10 Ω	10 мА	1 мВт	10 мА	1 мВт
100 Ω	10 мА	10 мВт	1 мВт	100 мкВт
1 к Ω	1 мА	1 мВт	100 мкА	10 мкВт
10 к Ω	100 мкА	100 мкВт	10 мкА	1 мкВт
100 к Ω	10 мкА	10 мкВт	5 мкА	2,5 мкВт
1 М Ω	5 мкА	25 мкВт	5 мкА	25 мкВт

Ограничение выхода (измерение в «сухой» схеме)

Измерение сопротивления с контактами определенных типов может требовать установки ограничения на уровень напряжения, прилагаемого при измерении. При этом следует учитывать и напряжение в разомкнутой схеме, и напряжение измерения. Необходимость ограничения напряжения возникает из-за того, что окисление поверхностей контактов может увеличивать показания сопротивления. Если приложить слишком высокое напряжение, то слой окисла может быть пробит, и показание сопротивления окажется ниже.

Прибор позволяет программно задавать уровень ограничения для разомкнутой цепи — этот режим называется измерением с *ограниченным напряжением* (см. на [странице 85](#)). Эта функция доступна в диапазонах 10 и 100 Ом. Напряжение разомкнутой цепи может фиксироваться на одном из трех уровней: 20 мВ, 100 мВ или 500 мВ.

В следующей таблице приведены используемые токи и уровни напряжения.

Диапазон	Испытательный ток	Напряжение измерения (при полном размахе шкалы)	Напряжение разомкнутой цепи (мВ)
10 Ω	1 мА	10 мВ	20, 100 или 500 мВ
100 Ω	0,1 мА	10 мВ	20, 100 или 500 мВ

Воздействие времени стабилизации

Прибор может добавлять автоматические задержки для стабилизации измерения (чтобы сигнал успел установиться). Такие задержки достаточны для измерений сопротивления, когда совместная емкость кабелей и устройства составляет менее 200 пФ. Это особенно важно при измерении сопротивлений, превышающих 100 кΩ. Сигнал может устанавливаться довольно долго из-за воздействия постоянной времени RC (колебательного контура). В некоторых прецизионных резисторах и многофункциональных калибраторах для фильтрации шумовых токов, инжектируемых их внутренними схемами, применяются параллельные конденсаторы большой емкости (от 1000 пФ до 0,1 мФ) с большими величинами сопротивления. Воздействия неидеальных емкостей из-за эффекта остаточной поляризации (поглощения) в диэлектрике могут обуславливать намного большее время стабилизации сигнала, чем можно было бы ожидать, исходя только из постоянной времени RC. В случае измерения сразу после начального подключения или после изменения диапазона, пока сигнал еще не стабилизировался, измерение будет проведено с погрешностью. Время задержки перед измерением в таких случаях может потребоваться увеличить (см. на [странице 102](#)).

Погрешности при измерениях высоких сопротивлений

При измерении больших сопротивлений значительные погрешности могут возникнуть в связи с сопротивлением изоляции и в зависимости от чистоты поверхностей. Следует принять необходимые меры предосторожности, чтобы сохранить «чистую» систему с высоким сопротивлением. В измерительных наконечниках и испытательных приспособлениях могут возникать утечки из-за абсорбции влажности воздуха изолирующими материалами, а также из-за «грязных» поверхностных пленок. Нейлон и поливинилхлорид являются относительно плохими изоляторами (10^9 Ом) по сравнению с тефлоновыми (ПТФЭ) изоляторами (10^{13} Ω). Утечки через нейлоновую или поливинилхлоридную изоляцию легко могут обеспечить погрешность в 0,1 % при измерении сопротивления 1 МΩ в условиях высокой влажности.



Измерения температуры

Измерение температуры — это либо измерение величины сопротивления, либо измерение величины напряжения, после которых измеренная величина математически преобразуется в значение температуры в приборе. Для такого математического преобразования необходимо знать точные свойства определенных типов датчиков температуры. Используемые алгоритмы расчета преобразований совместимы с ITS-90. Точность преобразования (без учета точности самих датчиков для разных типов датчиков следующая):

терморезисторный датчик (RTD) 0,05 °C

термистор 0,1 °C

термопара 0,2 °C

Погрешности, связанные с измерениями температуры, включают и все погрешности, перечисленные в разделах, посвященных измерениям напряжения постоянного тока и сопротивления. Самым большим источником погрешностей при измерениях температуры является сам датчик температуры.

Выбор типа используемого датчика температуры определяется условиями задачи по измерению. Каждый из типов датчиков имеет собственные показатели диапазона измеряемых температур, точности и стоимости. Все типы датчиков более подробно рассматриваются в следующих подразделах. В таблице ниже приведена сводка по общим характеристикам каждого из типов датчиков. Таблица поможет выбрать ориентировочный тип используемого датчика; точные характеристики для конкретной модели датчика можно получить у производителя датчика.

	Терморезисторный датчик (RTD)	Термистор	Термопара
Диапазон температур	От -200 до 850 °C	От -80 до 150 °C	От -210 до 1820 °C.
Тип измерения	4-проводное, сопротивления	2-проводное, сопротивления	напряжения
Чувствительность датчика	$\approx R_0 \times 0,004$ °C	$\approx 400 \Omega / ^\circ\text{C}$	От 6 до 60 мкВ / °C
Точность	От 0,01 до 0,1 °C.	От 0,1 до 1 °C.	От 0,5 до 5 °C
Стоимость (приблиз.)	От 20 до 100 долл./шт ^[a]	От 10 до 100 долл./шт ^[a]	3,3 долл./метр ^[a]
Прочность	Хрупкий	Хрупкий	Прочная

[a] Ориентировочная стоимость в долларах США

Терморезисторные датчики (RTD)

В терморезисторных датчиках (RTD) используется металл (как правило, платина), меняющий сопротивление при изменениях температуры. Прибор может измерять это сопротивление и по известным характеристикам терморезисторного датчика (RTD) рассчитывать температуру.

Терморезисторные датчики (RTD) обеспечивают наибольшую из всех датчиков температуры стабильность показаний. Их выходная характеристика также очень близка к линейной. Благодаря этому терморезисторные датчики (RTD) оптимальны для проведения долгосрочных измерений с высокой точностью. Терморезисторные датчики (RTD) производятся двух основных типов: с $\alpha = 0,00385$ (DIN/IEC 751) и с $\alpha = 0,00391$.

Сопротивление терморезисторного датчика (RTD) при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ называется номинальным сопротивлением и обозначается R_0 . Измерительный прибор может работать с терморезисторными датчиками (RTD) со значениями R_0 от $4,9\ \Omega$ до $2,1\ \text{k}\Omega$.

Прибор всегда производит измерения сопротивления терморезисторных датчиков (RTD) в 4-проводном режиме, чтобы сохранить обеспечиваемую ими точность.

Термисторы

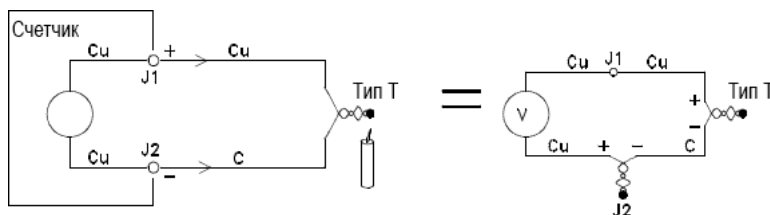
В термисторах используются материалы, меняющие свое сопротивление при изменениях температуры. Прибор может измерять это сопротивление и по известным характеристикам термистора рассчитывать температуру.

Термисторы более чувствительны, чем термопары или терморезисторные датчики (RTD). Поэтому термисторы оптимальны в качестве датчика для измерения очень малых колебаний температуры. В то же время термисторы очень нелинейны, особенно при высоких температурах, и лучше всего работают при температурах ниже $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Благодаря высокому сопротивлению термисторов для них возможны 2-проводные измерения. Измерительный прибор поддерживает термисторы на $5000\ \Omega$.

Термопары

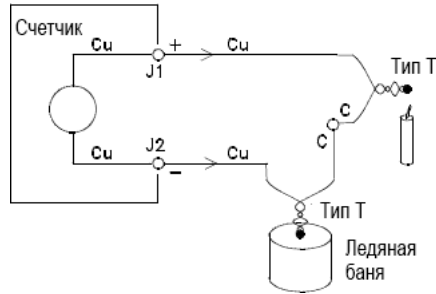
Термопара преобразует температуру в напряжение. На спае или стыке двух проводников, состоящих из различных металлов, возникает напряжение разомкнутой цепи. Это напряжение зависит от температуры перехода и от типов используемых в проводниках металлов. Поскольку температурные характеристики особых разнородных металлов достоверно известны, можно произвести расчет температуры перехода по напряжению, образуемому на переходе. Например, измерение напряжения на термопаре типа Т (состоящей из медного и константанового проводов) может выглядеть следующим образом:



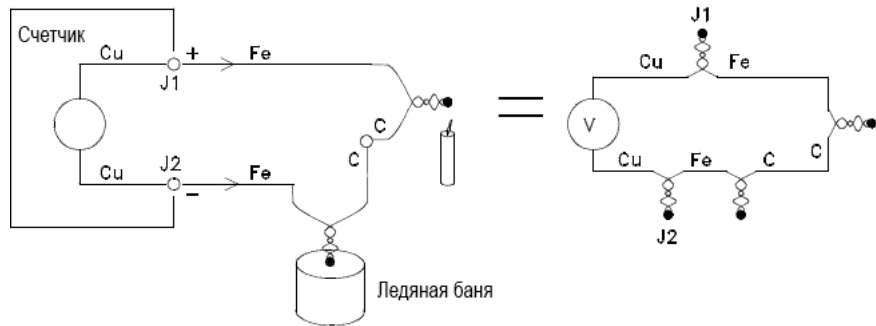
Однако следует отметить, что соединение между проводником из термопары и прибором также образует термопару, в которой константановый (С) вывод термопары контактирует с медной (Cu) входной клеммой измерительного прибора. Напряжение, образуемое на этой второй термопаре, влияет на измерение напряжения термопары типа Т.

Если температура термопары, образуемой в J2 (на входной клемме LO) известна, можно рассчитать и температуру термопары типа Т. Один из способов узнать его — это соединить между собой две термопары типа Т, чтобы на входных клеммах измерительного прибора образовывались только соединения «медь-медь», а также держать вторую термопару при известной температуре.

Для создания известной эталонной температуры (0 °С) используется ванна со льдом. Когда известны эталонная температура и тип термопары, можно рассчитать температуру измерительной термопары.

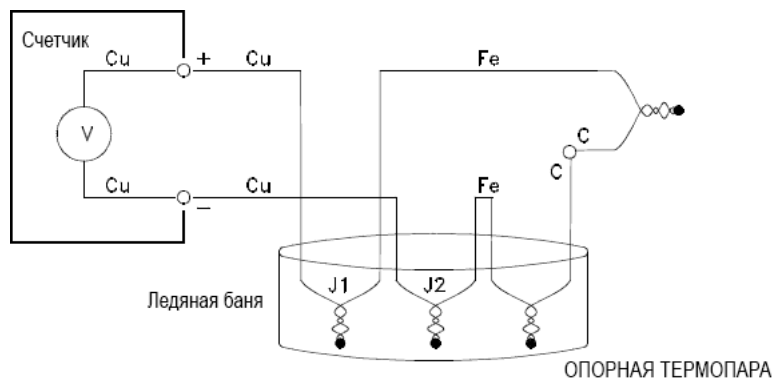


Термопара типа Т в этом аспекте уникальна, поскольку один из проводников (медный) изготовлен из того же металла, что и входная клемма измерительного прибора. При использовании термопар других типов создаются еще две дополнительные термопары. Например, схема подключений при использовании термопары типа J (железо-константан) выглядит так:

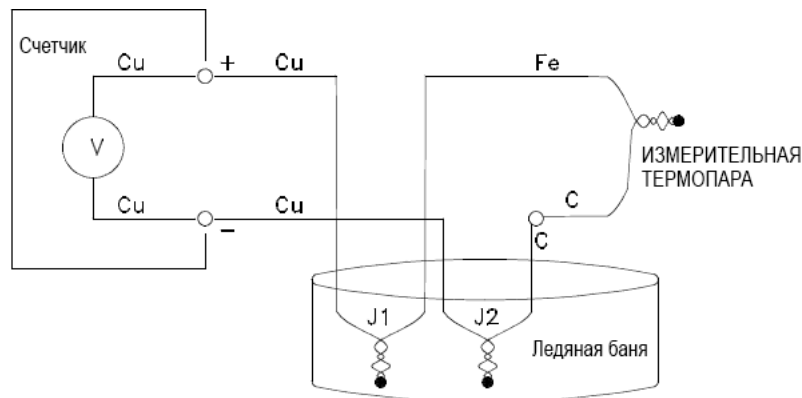


В точках, где железные проводники контактируют с медными входными клеммами прибора, образовались две дополнительные термопары. Поскольку эти два перехода будут порождать противоположные напряжения, такие напряжения будут взаимно погашаться. Однако в случае разной температуры входных клемм в измерение будет привноситься погрешность.

Чтобы увеличить точность измерения, следует вынести медные измерительные наконечники прибора ближе к месту измерения и поддерживать в точках подключения к термопаре одинаковую температуру.



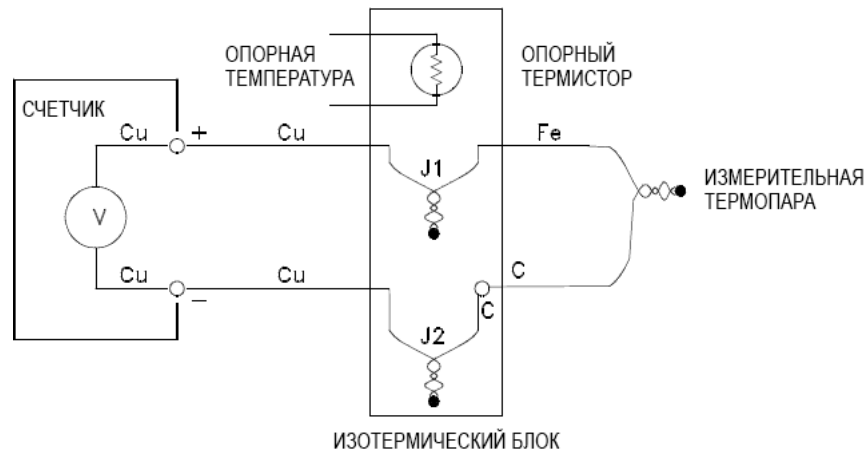
Такая цепь обеспечит точное измерение температуры. В то же время организовать два подключения термопар и поддерживать все соединения при известной температуре не очень удобно. Необходимость в дополнительном подключении устраняется благодаря «закону промежуточных металлов». Этот эмпирический закон утверждает, что вставка третьего металла (в данном примере — железа Fe) между двумя разнородными металлами не повлияет на выходное напряжение при условии, что образованные переходы/стыки имеют одну и ту же температуру. Исключение эталонной термопары значительно упрощает подключения.



Эта цепь — оптимальный вариант для точных измерений с помощью термопары.

Однако в некоторых условиях измерения желательно также исключить использование ледяной ванны (или другого внешнего эталона фиксированной температуры). Для этого подключения производятся через *изотермический блок*. Изотермический блок не проводит электричество, но является хорошим проводником тепла. Теперь дополнительные термопары, образующиеся в точках J1 и J2, имеют одну и ту же температуру благодаря изотермическому блоку.

После определения температуры изотермического блока можно будет осуществлять точные измерения температуры. Как правило, на изотермический блок монтируется термистор, измеряющий температуру блока.



Термопары производятся ряда различных типов. Тип термопары обозначается одной латинской буквой. В следующей таблице перечислены самые распространенные типы термопар и указана часть их основных характеристик.

Тип	проводник +	проводник -	Диапазон температур	Точность пробника	Примечания
В	Платина – 30 % родий	Платина – 60 % родий	От 250 до 1820 °C	± 0,5 °C	Для высокой температуры. Оберегайте от загрязнения. Не вставляйте в металлические трубки.
	США серый	красный			
	Великобритания н/д	н/д			
	DIN красный	серый			
	Япония красный	серый			
Франция н/д	н/д				
Ж	Железо	Константан	От -210 до 1200 °C	от ± 1,1 до 2,2 °C	Для вакуума, инертных сред. Самая дешевая. Не рекомендуется для низких температур.
	США белый	красный			
	Великобритания желтый	синий			
	DIN красный	синий			
	Япония красный	белый			
Франция желтый	черный				
К	Никель – хром	Никель – алюминий	От -200 до 1370 °C	от ± 1,1 до 2,2 °C	Для окислительных сред. Хорошая линейность при температурах выше 8 °C.
	США желтый	красный			
	Великобритания коричневый	синий			
	DIN красный	зеленый			
	Япония красный	белый			
Франция желтый	пурпурный				
Т	Медь	Константан	От -200 до 400 °C	От ± 0,5 до 1 °C	Стойкая к влажности. Есть медный проводник. Применима при низких температурах.
	США синий	красный			
	Великобритания белый	синий			
	DIN красный	коричневый			
	Япония красный	белый			
Франция желтый	синий				
Е	Никель – хром	Константан	От -200 до 1000 °C	От ± 1 до 1,7 °C	Наибольшее выходное разрешение. Наивысшая разрешающая способность.
	США пурпурный	красный			
	Великобритания коричневый	синий			
	DIN красный	черный			
	Япония желтый	белый			
Франция	синий				

Тип	проводник +	проводник -	Диапазон температур	Точность пробника	Примечания	
N	Никросил (Nicrosil)	Нисил (Nisil)				
	США	оранжевый	красный			
	Великобритания	н/д	н/д	От -200 до 1300 °C	От ± 1,1 до 2,2 °C	Стабильность выше, чем у типа К при высоких температурах.
	DIN	н/д	н/д			
	Япония	н/д	н/д			
Франция	н/д	н/д				
R	Платина – 13 % родий	Родий				
	США	черный	красный			
	Великобритания	белый	синий	От -50 до 1760 °C	От ± 0,6 до 1,5 °C	Для высокой температуры. Оберегайте от загрязнения. Не вставляйте в металлические трубки.
	DIN	красный	белый			
	Япония	красный	белый			
Франция	желтый	зеленый				
S	Платина – 10 % родий	Платина				
	США	черный	красный			
	Великобритания	белый	синий	От -50 до 1760 °C	От ± 0,6 до 1,5 °C	Низкая погрешность, хорошая стабильность. Для высокой температуры. Оберегайте от загрязнения. Не вставляйте в металлические трубки.
	DIN	красный	белый			
	Япония	красный	белый			
Франция	желтый	зеленый				

Константан = медь–никель, никросил = никель–хром–кремний, нисил = никель–кремний–магний, н/д = не доступно

Погрешности при измерениях с помощью термопар

Прибор позволяет использовать один из трех типов эталонов температуры при измерениях с помощью термопар.

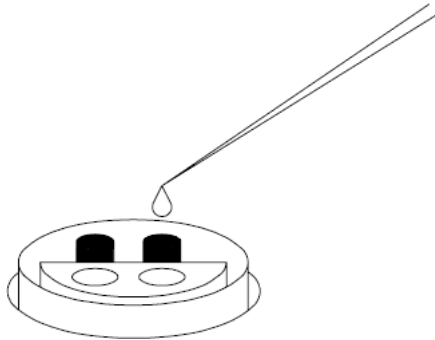
- **Фиксированное эталонное значение (вводится).** Фиксированное эталонное значение обеспечивает максимальную точность. Это описанный выше способ измерений с помощью термопар, в котором применяются изотермальные блоки и внешняя известная эталонная температура.
- **Измеренное эталонное значение (внешний термистор).** Ко входам канала 1 прибора подключается термистор. Затем термистор крепится на изотермальный блок. Прибор измеряет температуру изотермального блока, и полученное показание используется в расчетах температуры термопары.
- **Внутреннее эталонное значение (внутренний термистор).** Прибор содержит внутренний термистор, который расположен сразу за входным разъемом. Внутренний термистор — это наименее точный способ определения температуры. В случае использования внутреннего термистора провода термопары следует подключать непосредственно ко входным клеммам (без использования медных измерительных наконечников и изотермального блока). См. на *странице 301*.

Очистка контактов разъемов

Поскольку в измерительном приборе используются контакты разъемов, состоящие практически из чистой меди, они подвержены окислению. Окисление может вызвать погрешность измерений. См. на [странице 278](#).

Чтобы предотвратить образование окислов на контактах разъемов, по возможности не оставляйте контакты неподключенными. Через длительные промежутки времени может потребоваться очистить контакты разъемов. Рекомендуется использовать для очистки средство DeoxIT™^[1] — небольшая бутылка DeoxIT входит в комплект поставки 34420A. Для очистки клемм разъемов с помощью DeoxIT выполняйте следующие действия.

- 1 Отсоедините шнур питания от измерительного прибора.
- 2 Снимите входной разъем.
- 3 Установите прибор на гладкую ровную поверхность передней панелью вверх.
- 4 Нанесите по одной капле DeoxIT на каждый из штырей контактов во входном разъеме. Удобно наносить по одной капле с помощью чистого отрезка провода, на котором капля переносится из поставляемой емкости на разъем.



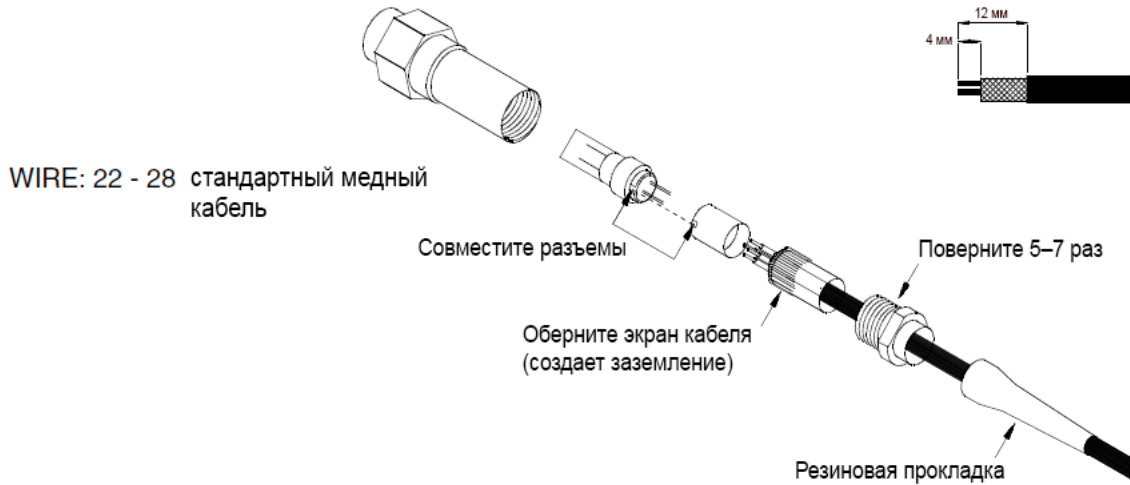
- 5 Вытрите излишек DeoxIT с разъема, протерев его чистой мягкой тканью.
- 6 Несколько раз подсоедините и отсоедините входной кабель, чтобы равномерно распределить DeoxIT между обеими частями разъема.

[1] DeoxIT™ — это торговая марка CAIG Laboratories, Inc., San Diego, California.

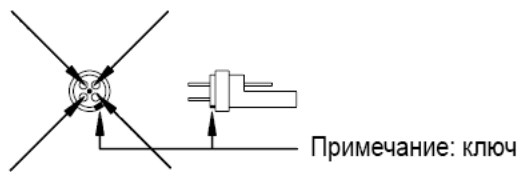
ПРИМЕЧАНИЕ

Входной разъем может вызывать проблемы при измерениях, если накидная гайка не затянута надлежащим образом, ключи разъема расположены неправильно или не затянута зажимная гайка. См. следующую страницу.

Входной разъем



Канал 1		
Постоянное напряжение 4-WireΩ 2-WireΩ Термистор	HI + Источник +	LO - Источник -
	Источник и считывание +	Источник и считывание -
	Источник и считывание +	Источник и считывание -
	Источник и считывание +	Источник и считывание -



Канал 2		
Постоянное напряжение 4-WireΩ Термопара	HI + Считывание +	LO - Считывание -
	+	-
	+	-

Получение деталей входного разъема

Используйте следующие номера деталей Keysight Technologies для заказа входных разъемов и кабелей для замены. Чтобы получить сменную деталь, обращайтесь в ближайшее торговое представительство Keysight Technologies.

Артикул	Описание
34104A	Входной разъем с низкой термоздс (пустой)
34103A	Короткозамыкающий 4-проводной штепсель с низкой термоздс
34102A	Входной разъем с низкой термоздс и кабель длиной 1,2 м с вилочными наконечниками

Дополнительно приобрести DeoxIT™, артикул D100L2, можно у:

CAIG Laboratories, Inc.
16744 West Bernardo Drive
San Diego, CA 92172-1904

8 Технические характеристики

Технические характеристики 34420A Нановольтметр/микроомметр,
см. в спецификации, доступной по адресу
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5968-0161EN.pdf>

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.



Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления. Последнюю версию документа ищите на веб-сайте Keysight.

© Keysight Technologies 1994–2017
Редакция 3, 1 сентября, 2017 г.

Отпечатано в Малайзии.



34420-90001RURU
www.keysight.com

**НАУЧНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
ГРУППА КОМПАНИЙ