

Источники питания постоянного тока с одним выходом Keysight E364xA



**НАУЧНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
ГРУППА КОМПАНИЙ

Руководство
по использованию
и эксплуатации

ПРИМЕЧАНИЕ: В данном документе содержатся ссылки на Agilent Technologies. Бывшее подразделение Agilent по тестированию и измерениям теперь стало Keysight Technologies. Дополнительную информацию см. на сайте: www.keysight.com.



Примечания

© Keysight Technologies 1999 - 2014 гг.

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) без предварительного письменного согласия компании Keysight Technologies, Inc. запрещено.

Артикул руководства

E3640-90001

Выпуск

Выпуск 11, ноябрь 2014 г.

Keysight Technologies
1400 Fountaingrove Parkway
Santa Rosa, CA 95403

Гарантия

Материалы в настоящем документе представляются на условиях «как есть» и могут изменяться в последующих редакциях без предварительного уведомления. Кроме того, в максимально допустимой степени на условиях всех применимых законов компания Keysight настоящим отказывается от любых гарантий, как явных, так и подразумеваемых, в отношении данного руководства или любой содержащейся в нем информации, в том числе от подразумеваемых гарантий соответствия ожиданиям или пригодности для конкретной цели. Компания Keysight не несет никакой ответственности за любые ошибки, побочные или обусловленные убытки, связанные с доставкой, использованием или исполнением настоящего документа или любой 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.

Лицензии на технологии

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

Условия ограниченных прав

Ограниченные права правительства США. Права на программное обеспечение и технические данные, предоставляемые федеральному правительству, включают только такие права, которые обычно предоставляются конечным пользователям. Настоящая обычная коммерческая лицензия на программное обеспечение и технические данные предоставляется компанией Keysight в соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR 12.211 (технические данные) и 12.212 (программное

обеспечение для компьютеров), а для министерства обороны — в соответствии с Правилами закупок для нужд обороны DFARS 252.227-7015 (технические данные — коммерческие продукты) и DFARS 227.7202-3 (права на коммерческое программное обеспечение для компьютеров и документацию к программному обеспечению для компьютеров).

Примечания по технике безопасности

ВНИМАНИЕ!

Предупредительная надпись «ВНИМАНИЕ!» означает наличие опасности. Она призвана привлечь внимание к определенной процедуре, методике и т.п., неправильное выполнение или несоблюдение которой может привести к травмам или смерти. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ВНИМАНИЕ!» убедитесь, что указанные на ней условия полностью понятны и соблюдены.

ОСТОРОЖНО!

Предупредительная надпись «ОСТОРОЖНО!» означает наличие опасности. Она призвана привлечь внимание к определенной процедуре, методике и т.п., неправильное выполнение или несоблюдение которой может привести к травмам или смерти. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ОСТОРОЖНО!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью понятны и соблюдены.

Символы безопасности

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

	Прочие опасности (подробная информация приводится в данном руководстве и отмечена заголовками «ОСТОРОЖНО!» или «ВНИМАНИЕ!»)		Двухпозиционный кнопочный переключатель в нажатом положении
	Постоянное напряжение или ток		Клемма имеет потенциал земли. Используется для цепей измерения и контроля с одной заземленной клеммой.
	Переменное напряжение или ток		Плюсовая приборная клемма
	Клемма защитного заземления		Минусовая приборная клемма
	Двухпозиционный кнопочный переключатель в отжатом положении		Клемма заземления

Рекомендации по безопасности

Ознакомьтесь с приведенной ниже информацией перед началом работы с прибором.

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

ВНИМАНИЕ!

- Используйте прибор с кабелями, входящими в комплект поставки.
 - При использовании прибора, не соответствующем инструкциям производителя, может быть нарушена его защита.
 - Для очистки прибора используйте сухую ткань. Не используйте для очистки устройства этиловый спирт и другие растворители.
 - Не допускайте закрытия вентиляционных отверстий прибора.
-

ОСТОРОЖНО

- Используйте только шнуры питания, соответствующие стандарту сети питания. Используйте только шнуры питания, поставленные производителем.
- Не используйте поврежденный или дефектный прибор. ОТКЛЮЧИТЕ ПИТАНИЕ прибора и не используйте его, пока безопасность его эксплуатации не будет подтверждена квалифицированным специалистом сервис-центра. При необходимости верните прибор в компанию Keysight для сервисного обслуживания и ремонта, чтобы гарантировать соблюдение мер безопасности.
- Не эксплуатируйте прибор в среде, содержащей воспламеняющиеся газы, испарения и пары, а также в условиях повышенной влажности.
- Перед подключением к прибору любых проводов ознакомьтесь со всеми маркировками на приборе.
- Перед подключением к выходным клеммам источника питания отключите его выход.
- При сервисном обслуживании прибора используйте только специфицированные запасные детали.
- Не устанавливайте в прибор аналоги деталей и не вносите в него несанкционированные изменения. Чтобы гарантировать соблюдение мер безопасности, возвращайте прибор в компанию Keysight для сервисного обслуживания и ремонта.
- Не эксплуатируйте прибор со снятой или незакрепленной крышкой.
- При эксплуатации прибора не закрывайте его вентиляционные отверстия и вентилятор.

Требования по безопасности и электромагнитной совместимости

Данный источник питания разработан в соответствии со следующими требованиями по безопасности и электромагнитной совместимости (ЭМС).

ЭМС

- IEC61326-1:2005/EN61326-1:2006
- CISPR 11:2003/EN55011:2007
- Канада: ICES/NMB-001: издание 4, июнь 2006 г.
- Австралия/Новая Зеландия: AS/NZS CISPR11:2004

Безопасность

- IEC 61010-1:2001/EN 61010-1:2001 (2-я редакция)
- Канада: CAN/CSA-C22.2 № 61010-1-04
- США: ANSI/UL 61010-1:2004

Условия окружающей среды

Данный прибор предназначен для использования внутри помещений. В следующей таблице перечислены общие требования к условиям окружающей среды, при которых допускается эксплуатация данного прибора.

Условия окружающей среды	Требования
Температура	Рабочие условия • От 0 °С до 40 °С (полный номинальный выход) Условия хранения • От -20 °С до 70 °С
Относительная влажность	Рабочие условия • Относительная влажность 95 % (максимум)
Высота над уровнем моря	До 2000 м
Категория установки	II (для использования внутри помещений)
Степень загрязнения	2

Нормативная маркировка

	<p>Знак CE является зарегистрированным товарным знаком Европейского сообщества. Знак CE обозначает, что товар соответствует всем применимым Европейским директивам.</p>		<p>Знак C-Tick является зарегистрированным товарным знаком австралийского Агентства по распределению спектра. Он подтверждает соответствие требованиям нормативной программы Австралии по электромагнитной совместимости на условиях Акта о радиосвязи от 1992 г.</p>
<p>ICES/NMB-001</p>	<p>ICES/NMB-001 обозначает, что данное устройство относится к классу приборов, применяемых в промышленности, науке и медицине, и соответствует канадскому нормативному документу ICES-001. Cet appareil ISM est conforme à la norme NMB-001 du Canada</p>		<p>Этот прибор соответствует требованиям к маркировке Директивы по утилизации отходов производства электрического и электронного оборудования (WEEE) 2002/96/EC. Такая маркировка на устройстве обозначает, что оно является электрическим или электронным устройством, не предназначенным для утилизации с обычными бытовыми отходами.</p>
	<p>Знак CSA является зарегистрированным товарным знаком Канадской ассоциации по стандартизации.</p>		<p>Этот символ указывает период, в течение которого не ожидается утечка или распад опасных или токсичных веществ при обычном использовании. Ожидаемый срок эксплуатации прибора составляет сорок лет.</p>
	<p>Данный символ подтверждает соответствие требованиям по электромагнитной совместимости класса А по стандартам Южной Кореи. Этот прибор класса А подходит для профессионального применения и использования в электромагнитных средах вне жилых помещений.</p>		

Директива об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE) 2002/96/EC

Этот прибор соответствует требованиям к маркировке Директивы по утилизации отходов производства электрического и электронного оборудования (WEEE) 2002/96/EC. Такая маркировка на устройстве обозначает, что оно является электрическим или электронным устройством, не предназначенным для утилизации с обычными бытовыми отходами.

Категория изделия:

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

Ниже представлена маркировка, прикрепленная к устройству.



Не выбрасывать вместе с бытовыми отходами.

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

www.keysight.com/environment/product, где вы найдете подробную информацию.

Декларация соответствия

Декларация соответствия (DoC) для данного прибора доступна на веб-сайте компании Keysight. Для поиска декларации соответствия можно воспользоваться названием модели или описанием по указанному ниже интернет-адресу.

<http://www.keysight.com/go/conformity>

ПРИМЕЧАНИЕ

Если не удастся найти нужную декларацию соответствия, обратитесь в местное представительство компании Keysight.

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

Содержание

1 Начало работы

Введение	2
Стандартная комплектация поставки	6
Опции	6
Принадлежности	7
Подготовка источника питания	8
Проверка источника питания	8
Подача питания на источник питания	9
Проверка выходных параметров	10
Изменение напряжения сети	13
Регулировка положения ручки для переноски	16
Монтаж источника питания в стойку	17
Краткий обзор прибора	19
Передняя панель	19
Задняя панель	22
Индикаторы на дисплее	23
Подключение к выходу	25
Номинальные токи	25
Падение напряжения	26
Учет нагрузок	26
Подключения для удаленного считывания напряжения	29
Несколько нагрузок	31
Эксплуатация источника питания	33
Охлаждение	33
Эксплуатация на столе	33
Очистка	33

2 Режимы работы и функциональные возможности

Обзор	36
Работа в режиме постоянства напряжения	38
Работа с передней панели	38
Работа через удаленный интерфейс	40
Работа в режиме постоянства тока	40
Работа с передней панели	40
Работа через удаленный интерфейс	42
Конфигурирование удаленного интерфейса	43
Настройка параметров интерфейса GPIB	43
Конфигурирование интерфейса RS-232	44
Сохранение и вызов настроек рабочих состояний	44
Работа с передней панели	45
Работа через удаленный интерфейс	47
Программирование защиты от перенапряжения	47
Работа с передней панели	47
Работа через удаленный интерфейс	50
Отключение выхода	52
Работа с передней панели	52
Работа через удаленный интерфейс	52
Отсоединение выхода с помощью внешнего реле	53
Работа с системой	54
Сохранение состояния	54
Самотестирование	55
Условия ошибки	56
Запрос версии микропрограммного обеспечения	57
Версия языка SCPI	57
Сведения об интерфейсе GPIB	59
Сведения об интерфейсе RS-232	60

Обзор конфигурации интерфейса RS-232	60
Формат кадра данных RS-232	61
Подключение к компьютеру или терминалу	61
Поиск и устранение неполадок с RS-232	63
Калибровка	64
Защита калибровки	64
Снятие защиты калибровки	65
Включение защиты калибровки	66
Изменение кода защиты	67
Количество калибровок	68
Сообщение о калибровке	69

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Обзор команд SCPI	72
Введение в язык SCPI	77
Формат команд, используемых в данном руководстве	78
Разделители команд	79
Использование параметров MIN и MAX	80
Запрос значений параметров	80
Терминаторы команд SCPI	81
Общие команды IEEE-488.2	81
Типы параметров SCPI	81
Упрощенный обзор программирования	83
Использование команды APPLy	83
Использование команд низкого уровня	83
Чтение ответов на запросы	84
Выбор источника запуска	84
Диапазоны программирования источника питания	85
Использование команды APPLy	87
APPLy {<напряжение> DEF MIN MAX}{[, {<ток> DEF MIN MAX}]}	87

APPLY?	87
Настройки выхода и команды операций	88
Запуск	94
Источник запуска	94
Команды запуска	96
Команды, связанные с системой	97
Команды настройки состояния памяти	101
Команды калибровки	103
Пример калибровки	106
Команды настройки конфигурации интерфейса	108
Регистры состояний SCPI	109
Сведения о регистре событий	109
Сведения о регистре разрешений	109
Регистр запрашиваемых состояний	111
Регистр стандартных событий	112
Регистр байта состояний	114
Использование запроса обслуживания (SRQ) и последовательного опроса	115
Использование *STB? для чтения байта состояний	116
Использование бита доступного сообщения (MAV)	116
Использование запроса обслуживания (SRQ) для прерывания контроллера шины	117
Определение завершения выполнения последовательности команд	117
Использование команды *OPC для сигнализации наличия данных в выходном буфере	118
Команды информирования о состоянии	119
Остановке процесса вывода данных	122
Сведения о соответствии стандарту SCPI	123
Команды, соответствующие стандарту SCPI	123

Команды, специфичные для устройства	124
Сведения о соответствии стандарту IEEE-488	126
Выделенные аппаратные линии	126
Адресные команды	126
Общие команды IEEE-488.2	127

4 Сообщения об ошибках

Обзор	130
Работа с передней панели	130
Работа через удаленный интерфейс	131
Сообщения об ошибках выполнения	132
Сообщения об ошибках самотестирования	137
Сообщения об ошибках калибровки	140

5 Прикладные программы

Обзор	144
Пример программы для C и C++	145
Пример программы для Excel 97	149

6 Учебник

Обзор работы источника питания	156
Выходные характеристики	159
Нерегулируемое состояние	161
Нежелательные сигналы	162
Расширение диапазона напряжения и диапазона тока	164
Последовательные соединения	164
Параллельные соединения	165
Удаленное программирование	166

7 Характеристики и спецификации

Физические характеристики	170
Характеристики окружающей среды	171
Электрические характеристики	172
Дополнительные характеристики	175

8 Сервис и техническое обслуживание

Обзор	178
Контрольный список проверки работоспособности	179
Виды доступного обслуживания	180
Стандартный ремонтный сервис (по всему миру)	180
Упаковка для отправки	181
Предостережения об электростатическом разряде	182
Ремонт поверхностного монтажа	182
Замена сетевого предохранителя	183
Советы по поиску и устранению неисправностей	184
Ошибки с номерами от 740 до 755	184
Сбой самотестирования изделия	184
Проблемы с источниками смещения	185
Процедуры самотестирования	186
Самотестирование при включении питания	186
Полное самотестирование	186
Общая разборка	188
Рекомендуемое тестовое оборудование	189
Рекомендации по тестированию	191
Тесты проверки работоспособности и характеристик	192
Тесты верификации работоспособности	192

Тесты проверки характеристик	192
Техника измерения	193
Стандартная тестовая установка	193
Токоизмерительный резистор	194
Техника основных измерений	194
Электронная нагрузка	195
Программирование	195
Проверки режима постоянства напряжения (ПН)	196
Установка тестирования режима постоянства напряжения	196
Погрешность программирования и считывания напряжения	196
Эффект нагрузки в режиме ПН (регулирование по нагрузке)	198
Эффект источника в режиме ПТ (регулирование по электросети)	199
Периодические и случайные отклонения в режиме ПН (пульсации и шум)	201
Время стабилизации при переключении нагрузки	203
Проверки режима постоянства тока (ПТ)	205
Установка режима постоянства тока	205
Погрешность программирования и считывания тока	205
Эффект нагрузки в режиме ПТ (регулирование по нагрузке)	207
Эффект источника в режиме ПТ (регулирование по электросети)	208
PARD в режиме ПТ (пульсации и шум)	209
Синфазный токовый шум	211
Запись теста характеристик	212
Сведения о калибровке	215
Keysight — услуги по калибровке	215
Интервал калибровки	215



Отключение защиты источника без кода защиты	216
Общая процедура калибровке или регулировки	217
Калибровка напряжения и тока с передней панели	218
Запись калибровок	221
Сообщения об ошибках калибровки	222
Схема расположения компонентов	225
Схема расположения компонентов на основной плате — вид сверху	225
Схема расположения компонентов на основной плате — вид снизу	226
Схема расположения компонентов на передней панели	227
Схема расположения компонентов на основной плате — вид сверху (для моделей с серийными номерами МУ53хх6ххх)	228
Схема расположения компонентов на основной плате — вид снизу (для моделей с серийными номерами МУ53хх6ххх)	229
Схема расположения компонентов на передней панели (для моделей с серийными номерами МУ53хх6ххх)	230

Список рисунков

Рисунок 1-1	Выходные клеммы задней панели	5
Рисунок 1-2	Селектор напряжения сети (установлен на 115 В перем. тока)	14
Рисунок 1-3	Внешний вид передней панели	19
Рисунок 1-4	Настройки предельных значений напряжения и тока	21
Рисунок 1-5	Внешний вид задней панели	22
Рисунок 1-6	Индикаторы на дисплее	23
Рисунок 1-7	Подключения для удаленного считывания напряжения	29
Рисунок 1-8	Подключения для локального считывания	30
Рисунок 2-1	Рекомендуемая схема защиты при заряде аккумуляторной батареи	50
Рисунок 2-2	Рекомендуемая схема соединений для защиты от выбросов напряжения	51
Рисунок 2-3	Последовательный разъем DB-9	62
Рисунок 2-4	Последовательный разъем DB-25	63
Рисунок 3-1	Система состояний SCPI	110
Рисунок 5-1	Результат примера программы	149
Рисунок 6-1	Схема простого последовательного источника питания	156
Рисунок 6-2	Функциональная схема источника питания, показывающая развязку удаленного интерфейса	158
Рисунок 6-3	Идеальный источник питания с постоянством напряжения	159
Рисунок 6-4	Идеальный источник питания с постоянством тока	159
Рисунок 6-5	Выходные характеристики	161
Рисунок 6-6	Упрощенная схема источников синфазных и дифференциальных шумов	163
Рисунок 6-7	Скорость реагирования — программирование увеличения (полная нагрузка)	166
Рисунок 6-8	Скорость реагирования — программирование уменьшения (полная нагрузка)	167

Рисунок 7-1	Размеры E364xA	170
Рисунок 7-2	Размеры E364xA при установке в стойку	171
Рисунок 8-1	Установка для тестирования характеристик	193
Рисунок 8-2	Подключения к клеммам передней/ задней панели	194
Рисунок 8-3	Подключение к клеммам передней/задней панели для измерения среднеквадратичных значений	201
Рисунок 8-4	Время переходного процесса	204
Рисунок 8-5	Подключения для измерения PARD в режиме ПТ (пульсации и шум)	210

Список таблиц

Таблица 1-1	Опции для источников питания E364xA	6
Таблица 1-2	Принадлежности для E364xA	7
Таблица 1-3	Сетевой предохранитель E364xA	9
Таблица 1-4	Обзор передней панели	19
Таблица 1-5	Обзор задней панели	22
Таблица 1-6	Обзор индикаторов на дисплее	23
Таблица 1-7	Номинальные характеристики проводов	25
Таблица 2-1	Заводская установка кодов защиты	65
Таблица 3-1	Обзор команд SCPI	73
Таблица 3-2	Программируемые диапазоны для Keysight E3640A/E3642A/E3644A	85
Таблица 3-3	Программируемые диапазоны для Keysight E3641A/E3643A/E3645A	86
Таблица 3-4	Сброс состояния источника питания	100
Таблица 3-5	Определения битов — регистр запрашиваемых состояний	111
Таблица 3-6	Определения битов — регистр стандартных событий	112
Таблица 3-7	Определения битов — сводный регистр байта состояний	114
Таблица 3-8	Команды, соответствующие стандарту SCPI	123
Таблица 3-9	Команды, специфичные для устройства (не SCPI-команды)	125
Таблица 4-1	Сообщения об ошибках выполнения	132
Таблица 4-2	Сообщения об ошибках самотестирования	137
Таблица 4-3	Сообщения об ошибках калибровки	140
Таблица 7-1	Физические характеристики	170
Таблица 7-2	Электрические характеристики	172
Таблица 7-3	Дополнительные характеристики	175
Таблица 8-1	Напряжения источников смещения	185
Таблица 8-2	Напряжения источников смещения (серийные номера MY53xxbxxx)	185
Таблица 8-3	Сообщения об ошибках самотестирования	186
Таблица 8-4	Рекомендуемое тестовое оборудование	189
Таблица 8-5	Проверка запрограммированных значений	196

Таблица 8-6	Запись теста характеристик в режиме ПН	212
Таблица 8-7	Запись теста характеристик в режиме ПТ	213
Таблица 8-8	Параметры для калибровки	217
Таблица 8-9	Запись калибровок	221
Таблица 8-10	Сообщения об ошибках калибровки	222

1

Начало работы

Введение	2
Стандартная комплектация поставки	6
Подготовка источника питания	8
Краткий обзор прибора	19
Подключение к выходу	25
Эксплуатация источника питания	33

В этой главе рассказано, как настроить источник питания перед первым его использованием. В ней также содержится обзор всех функций и возможностей источника питания.

Введение

Источники питания Keysight E3640A/E3641A (30 Вт), E3642A/E3643A (50 Вт) и E3644A/E3645A (80 Вт) представляют собой высокопроизводительные одновыходные, двухдиапазонные, программируемые источники постоянного тока с интерфейсами GPIB и RS-232. Сочетание в этих источниках питания стендовых приборов и системных устройств позволяет получить универсальное решение, отвечающее конструктивным и тестовым требованиям.

Удобство настольного прибора

- Один выход, двойной диапазон
- Выключатель выхода
- Малая погрешность, высокое разрешение
- Эффективная регулировка нагрузки и сети
- Низкий уровень пульсаций и шумов
- Защита от перенапряжения
- Сохранение настроек пяти рабочих состояний
- Удобные в использовании органы управления
- Удаленное считывание напряжения
- Выходные клеммы на передней и задней панелях
- Переносимый корпус повышенной прочности с нескользящими ножками
- Вакуумный люминесцентный дисплей с хорошей видимостью
- Вывод сообщений об ошибках на дисплей

Системная гибкость

- Стандартные интерфейсы GPIB (IEEE-488) и RS-232
- Совместимость со стандартными командами для программируемых приборов (SCPI)
- Простота настроек ввода-вывода с передней панели
- Программная калибровка, без внутренней регулировки на физическом уровне

Источники питания E364xA совмещают в себе возможности программирования и характеристики линейного источника питания, что делает их идеальным решением для использования в составе систем питания. Программирование источников питания E364xA может выполняться локально, с передней панели, или дистанционно, через интерфейсы GPIB и RS-232.

Источники питания E364xA работают в двух диапазонах — с более высоким напряжением при меньшем токе или с более сильным током при меньшем напряжении. Выходной диапазон выбирается с передней панели или через удаленные интерфейсы.

Эксплуатационные характеристики

- Один выход, двойной диапазон
- Работа в режиме постоянства напряжения (ПН) или постоянства тока (ПТ)
- Защита от перенапряжения (ЗПН)
- Пять ячеек памяти (с 1 по 5) для хранения настраиваемых пользователем рабочих состояний
- Автоматическое самотестирование при включении
- Удаленное считывание на клеммах задней панели
- Пользовательская калибровка с передней панели или через удаленные интерфейсы.

Работа с передней панели

- Удобные в использовании элементы управления
- Выбор выходного диапазона
- Включение и отключение защиты от перенапряжения
- Настройка уровня срабатывания защиты от перенапряжения
- Очистка условий защиты от перенапряжения
- Настройка и отображение предельных значений напряжения и тока
- Сохранение и вызов настроек рабочих состояний
- Сброс источника питания во включенное состояние

1 Начало работы

Введение

- Возврат источника питания из режима удаленного управления в автономный режим
- Вызов или прокрутка сообщений об ошибках на экране дисплея
- Просмотр калибровочных сообщений или версии системного микропрограммного обеспечения
- Калибровка источника питания, включая изменение кода защиты калибровки
- Настройка удаленных интерфейсов
- Включение или отключение выхода

При работе через удаленный интерфейс источники питания E364xA могут выступать в качестве как приемных, так и передающих устройств. С помощью внешнего контроллера можно дать источнику питания команду на настройку выхода или на передачу данных о состоянии через интерфейс GPIB или RS-232. В число возможностей входит следующее:

- Программирование напряжения и тока
- Считывание показаний напряжения и тока
- Считывание показаний текущего и сохраненного в памяти состояния
- Обнаружения синтаксических программных ошибок
- Полное самотестирование

Вакуумный люминесцентный дисплей (ВЛД) обеспечивает следующие возможности:

- Отображение фактических значений выходного напряжения и тока (режим измерителя)
- Отображение предельных значений выходного напряжения и тока (режим предельных значений)
- Проверка рабочего состояния по индикаторам
- Проверка типа ошибки по коду ошибки (сообщения)

На передней панели имеются приборные клеммы для подключения проводов нагрузки при работе на столе. Подключение к выходу источника питания и заземление его шасси выполняется с помощью задних выходных клемм.

ОСТОРОЖНО!

Плавающий потенциал на выходе источника питания относительно шасси более ± 60 В пост. тока представляет для пользователя опасность поражения электрическим током.

Не допускайте наличия на выходах плавающего потенциала более ± 60 В пост. тока при использовании незаземленных проводов линии считывания при подключения выхода (+) к клемме считывания (+) и выхода (-) к клемме считывания (-) на задней панели блока.

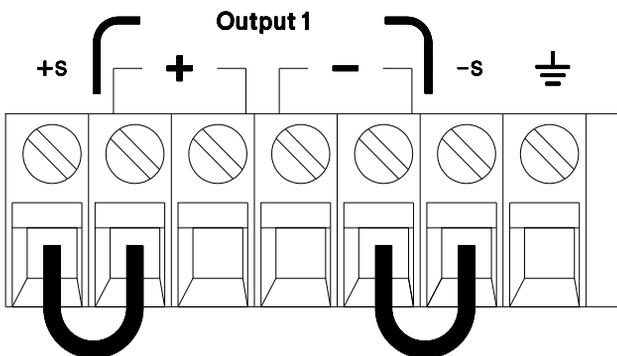


Рисунок 1-1 Выходные клеммы задней панели

- 1 Плавающий потенциал: не более ± 60 В пост. тока относительно \perp (перемычки без изоляции).
- 2 Плавающий потенциал: не более ± 240 В пост. тока относительно \perp (изолированные перемычки).

Стандартная комплектация поставки

Проверьте наличие в комплекте поставки источника питания указанных ниже позиций. В случае отсутствия или повреждения какой-либо позиции свяжитесь с ближайшим офисом продаж компании Keysight.

- ✓ Шнур питания
- ✓ Сертификат калибровки
- ✓ E364xA — компакт-диск со справочными материалами
- ✓ E364xA — Руководство по использованию и эксплуатации (настоящее руководство)
- ✓ E364xA — краткое описание изделия

Опции

Опции 0EM, 0E3 и 0E9 определяют напряжение сети питания, выбранное на заводе-изготовителе. В стандартной конфигурации блок настроен на входное напряжение 115 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц.

Для получения дополнительных сведений об изменении настроек напряжения сети питания см. раздел «Изменение напряжения сети» на странице 13.

Таблица 1-1 Опции для источников питания E364xA

Опция	Описание
0EM	Входное напряжение 115 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц.
0E3	Входное напряжение 230 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц.
0E9	Входное напряжение 100 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц.
1CM	Набор креплений для монтажа в стойку (артикул Keysight 5063-9240)
910	Дополнительный экземпляр руководства (на том же языке, который был выбран для руководства при заказе источника питания) ^[1]

[1] Для оформления заказа на дополнительный экземпляр руководства пользователя на английском языке используйте артикул Keysight E3640-90001.

Принадлежности

Указанные ниже принадлежности можно заказать в ближайшем офисе продаж компании Keysight вместе с источником питания или отдельно.

Таблица 1-2 Принадлежности для E364xA

Артикул	Описание
10833A	Кабель GPIB, 1 м (3,3 фута)
10833B	Кабель GPIB, 2 м (6,6 фута)
34398A	<ul style="list-style-type: none">• Кабель RS-232, 9 контактов (гнездовой разъем) на 9 контактов (гнездовой разъем), 2,5 м (8,2 фута)• Адаптер, 9 контактов (штырьковый разъем) на 25 контактов (гнездовой разъем)

Подготовка источника питания

Проверка источника питания

1 Проверьте комплектацию по перечню поставки.

Проверьте наличие позиций, указанных в разделе «**Стандартная комплектация поставки**» на странице 6. В случае отсутствия или повреждения какой-либо позиции свяжитесь с ближайшим офисом продаж компании Keysight.

2 Подключите сетевой шнур и включите источник питания.

В процессе самотестирования при включении, выполняемого источником питания, кратковременно загорается дисплей на передней панели. Также отображается адрес GPIB. Для проверки состояния включения питания со всеми горящими индикаторами удерживайте при включении источника питания клавишу . Если источник питания не включается как положено, см. раздел «**Подача питания на источник питания**» на странице 9.

3 Выполните полное самотестирование.

В процессе полного самотестирования выполняется более полный набор тестов, чем при включении питания. При включении источника питания удерживайте клавишу , пока не раздастся продолжительный звуковой сигнал. При отпуске клавиши после звукового сигнала выполняется самотестирование.

При сбросе самотестирования см. приведенные в **Главе 8, «Сервис и техническое обслуживание»** инструкции по возврату источника питания для обслуживания в компанию Keysight.

ПРИМЕЧАНИЕ

Источник питания отгружается заводом-изготовителем в комплекте с сетевым шнуром с вилкой, соответствующей стране поставки. Источник питания оснащен трехжильным шнуром питания с заземляющим проводом, в котором третий проводник используется для заземления. Заземление источника питания обеспечивается только после подключения сетевого шнура к соответствующей розетке. Эксплуатация источника питания без надлежащего заземления шкафа не допускается.

Подача питания на источник питания

Если источник питания не включается

Для устранения проблем, которые могут возникнуть при включении прибора, выполните приведенные ниже действия. Для получения дополнительных рекомендаций см. приведенные в [Главе 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#) инструкции по возврату прибора в компанию Keysight для обслуживания.

1 Проверьте подачу напряжения переменного тока на источник питания.

В первую очередь убедитесь, что шнур питания плотно вставлен в розетку питания на задней панели источника питания. Убедитесь также, что в сети, к которой подключен источник питания, есть напряжение. После этого проверьте, что источник питания включен.

2 Проверьте настройки напряжения сети питания.

При отгрузке источника питания заводом-изготовителем устанавливается напряжение сети, соответствующее напряжению в стране получателя. Измените настройки напряжения, если они установлены неправильно. Доступные настройки: 100, 115 и 230 В перем. тока.

3 Убедитесь, что установлен нужный сетевой предохранитель.

При отгрузке источника питания заводом-изготовителем устанавливается предохранитель с номиналом, соответствующим стране получателя. Для замены предохранителя в используемом источнике питания см. [Таблицу 1-3](#).

Таблица 1-3 Сетевой предохранитель E364xA

Модель	Артикул Keysight	Наименование детали
E3640A	2110-0918	Предохранитель 1,6 А, 250 В для 100 и 115 В перем. тока
E3641A	2110-1346	Предохранитель 1 А Т, 250 В для 230 В перем. тока

1 Начало работы

Подготовка источника питания

Таблица 1-3 Сетевой предохранитель E364xA (продолжение)

Модель	Артикул Keysight	Наименование детали
E3642A E3643A	2110-1550	Предохранитель 2,5 А Т, 125 В для 100 и 115 В перем. тока
	2110-1346	Предохранитель 1 А Т, 250 В для 230 В перем. тока
E3644A E3645A	2110-1549	Предохранитель 3,15 А Т, 125 В для 100 и 115 В перем. тока
	2110-1548	Предохранитель 2 А Т, 250 В для 230 В перем. тока

Проверка выходных параметров

Чтобы убедиться, что источник питания обеспечивает номинальные выходные напряжение и ток и правильно реагирует на манипуляции с элементами управления передней панели, необходимо выполнить приведенные ниже действия. Полный набор тестов для проверки работоспособности и характеристик прибора см. в [Главе 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#).

ПРИМЕЧАНИЕ

При обнаружении ошибки в процессе проверки выходных значений включается индикатор **ERROR** (ОШИБКА). См. [Главу 4, «Сообщения об ошибках»](#) для получения дополнительной информации.

Проверка выходного напряжения

Приведенные ниже действия позволяют проверить базовые функции напряжения без нагрузки.



1 Включите источник питания.

Источник питания переходит в состояние включения/сброса, выход отключается (загорается индикатор **OFF** (ВЫКЛ.)) и выбирается диапазон низкого напряжения. Загораются индикатор **OVP** (ЗПН) и индикатор диапазона низкого напряжения (например, в модели E3640A загорается индикатор 8 V (8 В)), а регулятор включается в режим регулировки напряжения.



2 Разрешите выход.

Индикатор **OFF** гаснет, и загорается индикатор **CV** (ПН). Обратите внимание, что дисплей находится в режиме измерителя. Режим измерителя подразумевает отображение на дисплее фактического выходного напряжения и тока.



3 Проверьте правильность реагирования вольтметра передней панели на вращение регулятора в обоих диапазонах: с низким и высоким напряжением.

Поверните регулятор по часовой или против часовой стрелки, чтобы убедиться, что вольтметр реагирует на вращение регулятора, а амперметр показывает значение, близкое к нулю. Мигающий разряд можно подстроить вращением регулятора.



4 Проверка возможности регулировки напряжения от нуля до полного номинального значения с помощью регулятора.^[1]

Проверка выходного тока

Приведенные ниже действия позволяют проверить базовые функции тока с помощью переключки, установленной на выходе источника питания.



1 Включите источник питания.

Убедитесь, что выход отключен. Индикатор **OFF** горит.

2 Закоротите выходные клеммы + и – изолированным измерительным проводом.

Используйте провод достаточного сечения, чтобы он мог выдержать максимальный ток. Для получения дополнительной информации см. [Таблицу 1-7](#).



3 Разрешите выход.

В зависимости от сопротивления измерительного провода загорается индикатор **CV** (ПН) или **CC** (ПТ). Обратите внимание, что дисплей находится в режиме измерителя.

[1] При настройке напряжения можно использовать клавиши выбора разрешения для перемещения мигающего разряда вправо или влево.

1 Начало работы

Подготовка источника питания



4 Установите предельное значение напряжения, равное 1,0 В.

Переведите дисплей в режим предельных значений (будет мигать индикатор Limit (Предел)). Для обеспечения работы в режиме ПТ установите предельное значение напряжения, равное 1,0 В. Загорится индикатор СС. Для возврата в нормальный режим повторно нажмите клавишу или дождитесь автоматического отключения дисплея через несколько секунд.



5 Переключите регулятор на управление током и проверьте соответствие реакции амперметра на передней панели на манипуляции регулятором.

При работе дисплея в режиме измерителя (индикатор Limit (Предел) выключен) поверните регулятор по часовой или против часовой стрелки. Убедитесь, что амперметр реагирует на вращение регулятора, а вольтметр показывает значение, близкое к нулю практически (вольтметр покажет падение напряжения на измерительном проводе). Мигающий разряд можно подстроить вращением регулятора.



6 Убедитесь, что ток может быть настроен от нуля до полного номинального значения.^[1]

7 Отключите источник питания и отсоедините перемычку от выходных клемм.

[1] При настройке тока можно использовать клавиши выбора разрешения для перемещения мигающего разряда вправо или влево.

Изменение напряжения сети

ОСТОРОЖНО!

Опасность поражения током! Работающий с источником питания персонал не должен снимать крышки прибора. Замена компонентов и внутренние настройки должны производиться только квалифицированным сервисным персоналом.

Изменение напряжения сети обеспечивается регулировкой двух компонентов — селектора напряжения сети и сетевого предохранителя на задней панели.

- 1 Отключите прибор от сети переменного тока.
- 2 Снимите крышку. См. раздел «Общая разборка» на странице 188.
- 3 Установите два переключателя селектора напряжения сети на печатной плате в положения, соответствующие нужному напряжению. См. Рисунок 1-2.
- 4 Сведения о порядке проверки номинала сетевого предохранителя и его замены в случае необходимости на предохранитель нужного номинала см. в разделе «Замена сетевого предохранителя» на странице 14.
- 5 Установите крышку на место и закрепите на видном месте источника питания бирку или этикетку с информацией о напряжении сети и используемом предохранителе.

1 Начало работы

Подготовка источника питания

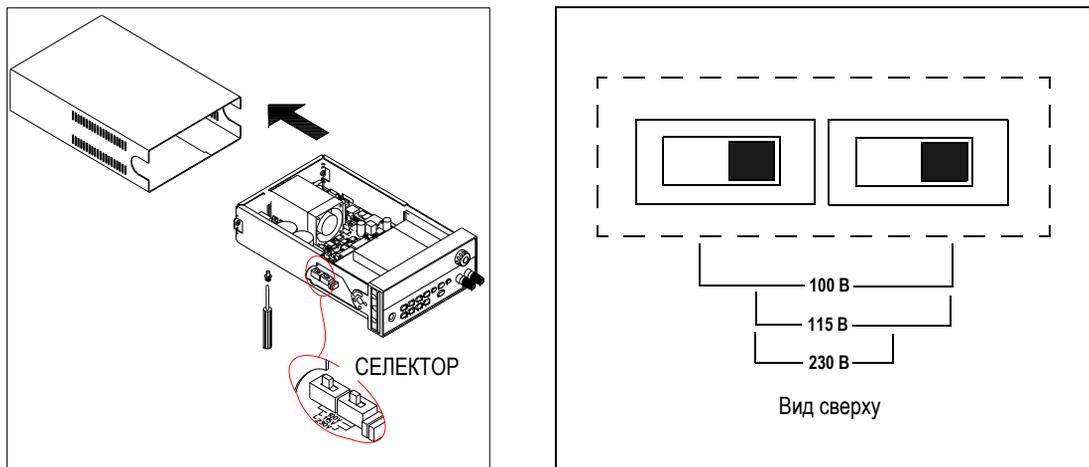
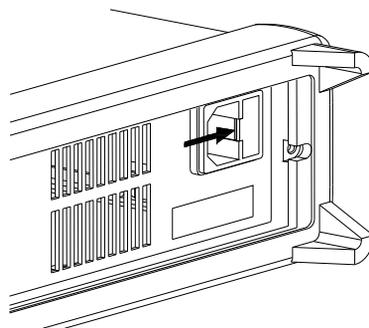


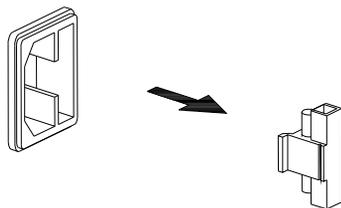
Рисунок 1-2 Селектор напряжения сети (установлен на 115 В перем. тока)

Замена сетевого предохранителя

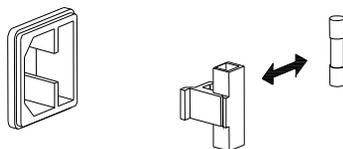
- 1 Отсоедините шнур питания и выньте держатель предохранителя на задней панели с помощью шлицевой отвертки.



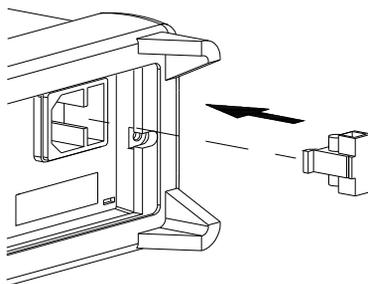
2 Извлеките из блока держатель предохранителя.



3 Вставьте в него предохранитель нужного номинала.



4 Установите держатель предохранителя на место.



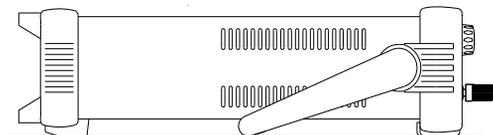
ПРИМЕЧАНИЕ

Проверьте правильность выбора напряжения сети и целостность сетевого предохранителя.

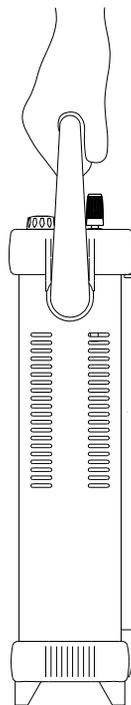
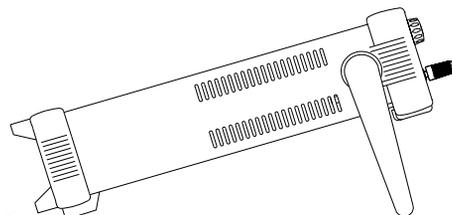
- 1 **Начало работы**
Подготовка источника питания

Регулировка положения ручки для переноски

Для регулировки положения оттяните боковые планки ручки от прибора. Затем поверните ручку в нужное положение.



Положения при размещении на столе



Положение при переноске

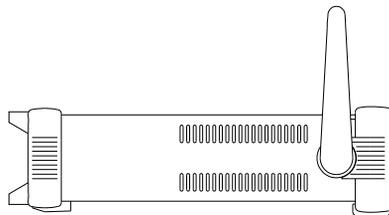
Монтаж источника питания в стойку

Источник питания можно установить в стандартный 19-дюймовый стоечный шкаф с помощью одного из трех дополнительно предлагаемых комплектов. Каждый комплект для монтажа в стойку включает в себя инструкции и крепежные приспособления. Рядом с источником питания Keysight E3640A, E3641A, E3642A, E3643A, E3644A или E3645A в стойку можно установить любой прибор линейки Keysight System II с теми же габаритами.

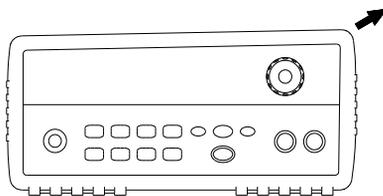
ПРИМЕЧАНИЕ

Перед монтажом источника питания в стойку снимите ручку для переноски, а также переднюю и заднюю резиновые амортизирующие накладки.

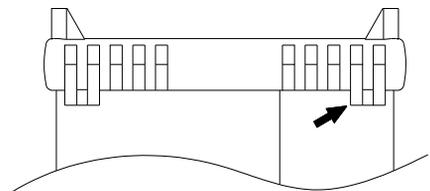
- 1 Для снятия ручки поверните ее в вертикальное положение и оттяните ее концы в стороны.



- 2 Для снятия резиновой амортизирующей накладки оттяните ее за угол и стяните ее с прибора.



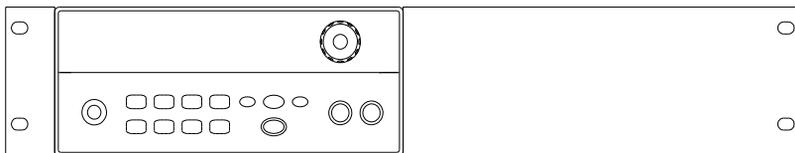
Передняя накладка



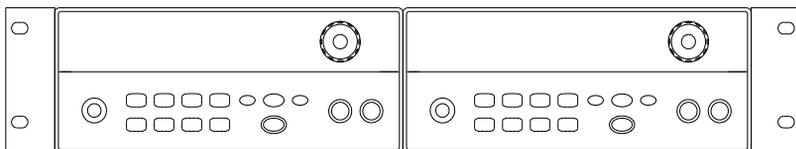
Задняя накладка (вид снизу)

1 Начало работы
Подготовка источника питания

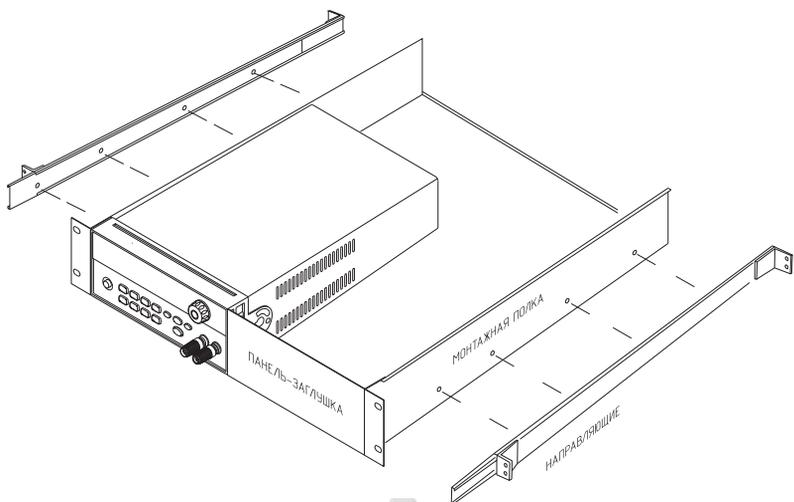
- 3** Для монтажа одного прибора необходимо заказать комплект адаптера (5063-9240).



- 4** Для монтажа двух приборов рядом необходимо заказать соединительный комплект (5061-9694) и комплект для монтажа в стойку (5063-9212). Обязательно используйте в стоечном шкафу опорные салазки.



- 5** Для монтажа одного или двух приборов на выдвижной полке необходимо заказать монтажную полку (5063-9255) и набор направляющих (1494-0015). Для монтажа одного прибора необходимо заказать панель-заглушку (5002-3999).



Краткий обзор прибора

Передняя панель

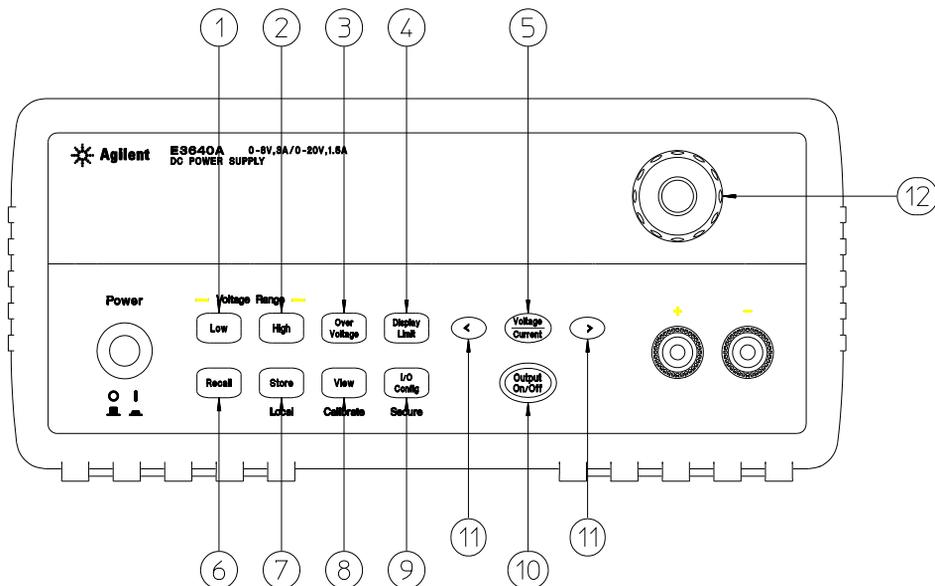


Рисунок 1-3 Внешний вид передней панели

Таблица 1-4 Обзор передней панели

№	Элемент	Описание
1	Клавиша выбора диапазона низкого напряжения	Выбор диапазона низкого напряжения с подачей соответствующего полного номинального значения на выходные клеммы.
2	Клавиша выбора диапазона высокого напряжения	Выбор диапазона высокого напряжения с подачей соответствующего полного номинального значения на выходные клеммы.
3	Клавиша включения защиты от перенапряжения	Разрешение или запрещение работы защиты от перенапряжения, установка уровня напряжения срабатывания и сброс состояния перенапряжения.

1 Начало работы

Краткий обзор прибора

Таблица 1-4 Обзор передней панели (продолжение)

№	Элемент	Описание
4	Клавиша отображения предельных значений	Вывод на дисплей предельных значений напряжения и тока и возможность настройки предельных значений с помощью регулятора.
5	Клавиша выбора режима регулировки напряжения или тока	Выбор для регулятора функции регулировки напряжения или тока.
6	Меню вызова сохраненного состояния	Вызов сохраненного рабочего состояния из ячейки памяти (с 1-й по 5-ю) и сброс источник питания во включенное состояние (команда *RST) посредством выбора с передней панели пункта RESET (СБРОС) в этом меню.
7	Клавиша вызова меню сохранения состояния или включения локального режима ^[1]	Позволяет сохранить до пяти состояний источника питания в энерго-независимой памяти и присвоить имя каждой ячейке памяти или вернуть источник питания из режима удаленного интерфейса в локальный режим.
8	Клавиша вызова меню просмотра или включения калибровки ^[2]	Просмотр кодов ошибок и текста сообщений об ошибках, калибровочной строки и версии микропрограммного обеспечения системы либо включение режима калибровки.
9	Клавиша меню конфигурации ввода-вывода или включения защиты ^[3]	Настройка конфигурации источника питания для удаленных интерфейсов, включение или выключение защиты калибровки источника питания.
10	Клавиша включения-отключения выхода	Разрешение или запрещение выхода источника питания. Клавиша переключает состояние «включено» на «отключено» и наоборот.
11	Клавиши выбора разрешения	Перемещение мигающего разряда вправо или влево и регулировка скорости прокрутки текста, отображаемого в меню View (Просмотр).
12	Регулятор	При повороте регулятора по часовой или против часовой стрелки значение мигающего разряда увеличивается или уменьшается соответственно.

[1] Работает как клавиша **Local** (Локальный), если источник питания находится в режиме удаленного интерфейса.

[2] Режим калибровки можно включить, нажав и удерживая эту клавишу при включении источника питания.

[3] Может использоваться как клавиша **Secure** (Вкл. защиту) или **Unsecure** (Выкл. защиту), когда источник питания находится в режиме калибровки.

Настройки предельных значений напряжения и тока

Настройку предельных значений напряжения и тока можно производить с передней панели приведенным ниже способом.

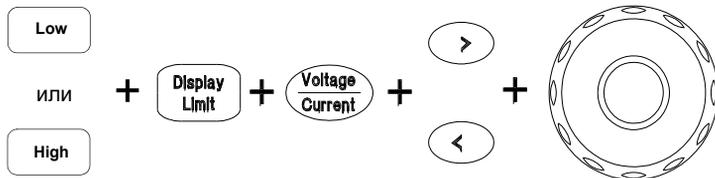


Рисунок 1-4 Настройки предельных значений напряжения и тока

- 1 После включения источника питания выберите необходимый режим напряжения с помощью клавиш выбора диапазона напряжения.
- 2 Нажмите клавишу  для вывода предельных значений на экран дисплея.
- 3 Переместите мигающий разряд в нужное положение с помощью клавиш выбора разрешения и поворотом регулятора измените значение мигающего разряда на нужное предельное значение напряжения. Если окно предела отображения автоматически закрылось, снова нажмите клавишу .
- 4 Нажатием клавиши  переключите регулятор в режим регулировки тока.
- 5 Переместите мигающий разряд в нужное положение с помощью клавиш выбора разрешения и измените значение мигающего разряда на нужное предельное значение напряжения поворотом регулятора.
- 6 Нажмите клавишу  для разрешения выхода. Приблизительно через 5 секунд дисплей автоматически перейдет в режим контроля выхода с отображением выходного напряжения и тока.

ПРИМЕЧАНИЕ

Все клавиши и элементы управления на передней панели могут быть отключены командами удаленного интерфейса. Чтобы клавиши и элементы управления на передней панели функционировали, источник питания должен находиться в режиме Local (Локальный).

1 Начало работы
Краткий обзор прибора

Задняя панель

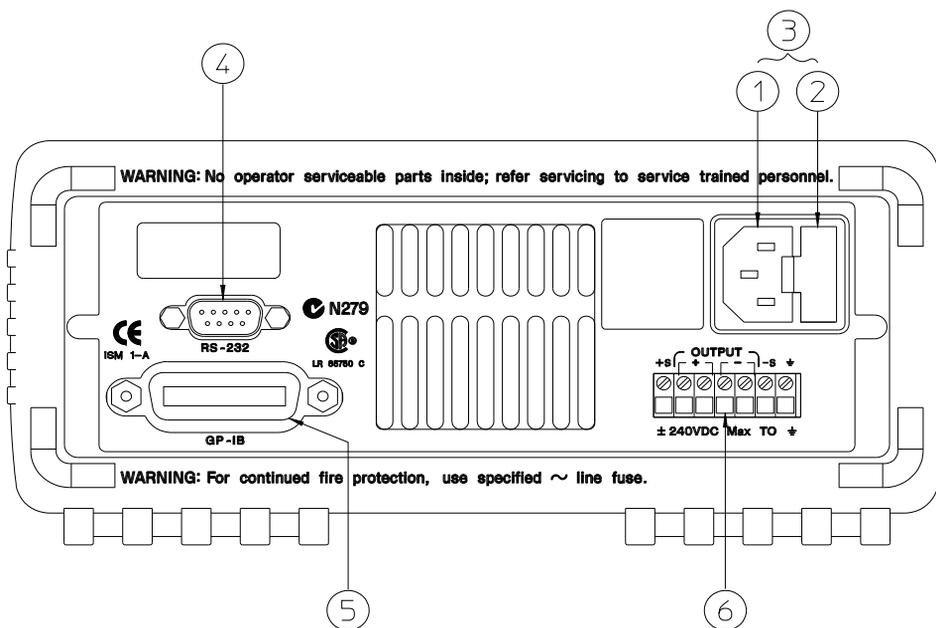


Рисунок 1-5 Внешний вид задней панели

ПРИМЕЧАНИЕ

Код поставщика согласно сертификату C-Tick для модели E3643A или E3645A — N10149.

Таблица 1-5 Обзор задней панели

№	Описание
1	Вход сети переменного тока
2	Держатель предохранителя
3	Модуль сети питания
4	Разъем интерфейса RS-232

Таблица 1-5 Обзор задней панели (продолжение)

№	Описание
5	Разъем интерфейса GPIB (IEEE-488)
6	Выходные клеммы задней панели

Клавиша  на передней панели используется для выполнения следующих операций:

- Выбор интерфейса GPIB или RS-232.
- Установка адреса GPIB.
- Установка скорости передачи данных и контроля четности для RS-232.

Индикаторы на дисплее

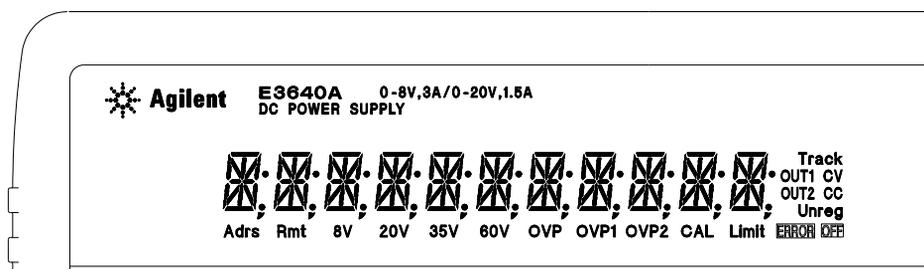


Рисунок 1-6 Индикаторы на дисплее

Таблица 1-6 Обзор индикаторов на дисплее

Элемент	Описание
Adrs (Адр.)	Выполняется адресация источника питания для приема или передачи через удаленный интерфейс.
Rmt (Удал.)	Источник питания находится в режиме удаленного интерфейса.
8V ^[1] /35V (8 В/35 В) ^[2]	Индикация выбора диапазона низкого напряжения.

1 Начало работы

Краткий обзор прибора

Таблица 1-6 Обзор индикаторов на дисплее (продолжение)

Элемент	Описание
20V ^[1] /60V ^[2] (20 В/60 В)	Индикация выбора диапазона высокого напряжения.
OVP (ЗПН)	Горение индикатора OVP означает, что работа защиты от перенапряжения разрешена, а его мигание, что цель защиты от перенапряжения отключает источник питания.
CAL (КАЛ.)	Источник питания находится в режиме калибровки.
Limit	Отображение на экране предельных значений напряжения и тока.
ERROR (ОШИБКА)	Обнаружены аппаратная ошибка или ошибка команды удаленного интерфейса, а бит ошибки не сброшен.
OFF (ВЫКЛ)	Выход источника питания отключен. См. «Отключение выхода» на странице 52 для получения дополнительной информации.
Unreg (Нерег.)	Выход источника питания не регулируется (выход не находится ни в режиме ПН, ни в режиме ПТ).
CV (ПН)	Источник питания находится в режиме постоянства напряжения.
CC (ПТ)	Источник питания находится в режиме постоянства тока.

[1] Для источников питания E3640A/E3642A/E3644A.

[2] Для источников питания E3641A/E3643A/E3645A.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для просмотра состояния индикаторов на дисплее нажмите и удерживайте клавишу  при включении источника питания.

Подключение к выходу

ВНИМАНИЕ!

Перед подключением проводов к выходным клеммам задней панели убедитесь, что источник питания включен, чтобы избежать повреждения подключаемых цепей.

На передней панели имеются приборные клеммы для подсоединения проводов нагрузки при работе на столе. Они работают параллельно с клеммами (+) и (–) на задней панели. Клеммы передней и задней панелей оптимизированы по шумовым, регулировочным и переходным характеристикам, как это изложено в [Главе 7](#).

На клеммной колодке задней панели имеются клеммы выходного напряжения (+) и (–), клеммы считывания (+) и (–), а также клемма заземления. Выходные клеммы задней панели рассчитаны на подключение проводов сечением от AWG 24 до AWG 14 по американскому сортаменту проводов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы обеспечить надежную регулировку постоянного напряжения на нагрузке при выдаче полного номинального тока, для подключения нагрузки к выходным клеммам задней панели источников питания E3644A/E3645A следует использовать четыре провода.

Номинальные токи

[Таблица 1-7](#) перечисляет характеристики медного провода с сечением AWG.

Таблица 1-7 Номинальные характеристики проводов

AWG	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Рекомендуемый максимальный ток (в амперах) ^[1]	40	25	20	13	10	7	5	3,5	2,5	1,7

1 Начало работы

Подключение к выходу

Таблица 1-7 Номинальные характеристики проводов (продолжение)

AWG	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
мОм/фут	1,00	1,59	2,53	4,02	6,39	10,2	16,1	25,7	40,8	64,9
мОм/м	3,3	5,2	8,3	13,2	21,0	33,5	52,8	84,3	133,9	212,9

[1] Одножильный изолированный провод в воздушной среде при 30 °С.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для удовлетворения требований техники безопасности нагрузочные провода должны иметь большое сечение во избежание перегрева при протекании по ним максимального выходного тока короткого замыкания от источника питания. При наличии более одной нагрузки любая пара нагрузочных проводов должна обеспечивать безопасную подводку тока полного номинала от источника питания.

Падение напряжения

Сечение нагрузочных проводов должно быть достаточно большим, чтобы избежать чрезмерного падения напряжения, обусловленного импедансом проводов. В целом, если нагрузочные провода имеют достаточно большое сечение, чтобы не перегреваться при протекании максимального тока короткого замыкания, чрезмерное падение напряжения не должно наблюдаться. Падение напряжения на нагрузочных проводах должно быть менее двух вольт. Расчет падения напряжения для отдельных широко используемых медных проводов AWG см. в [Таблице 1-7](#).

Учет нагрузок

Емкостная нагрузка

Источник питания должен сохранять стабильность работы почти при любой емкости нагрузки. Однако нагрузки с большой емкостью могут стать причиной переходных процессов в виде затухающих колебаний («звона»). При определенных

комбинациях емкостной нагрузки, эквивалентного последовательного сопротивления и индуктивности нагрузочных проводов может возникнуть нестабильность (колебания). В этом случае проблему часто можно решить путем увеличения или уменьшения емкостной нагрузки.

Нагрузочный конденсатор большой емкости может вызвать при перепрограммировании параметров выходного напряжения моментальный переход источника питания в режим постоянного тока или отсутствия регулировки. Скорость нарастания выходного напряжения будет ограничена значением настройки тока, поделенным на общую емкость нагрузки (внутреннюю и внешнюю).

Индуктивная нагрузка

Индуктивные нагрузки не ведут к нарушению стабильности цепи при работе в режиме постоянства напряжения. В режиме постоянства тока индуктивные нагрузки формируют параллельный резонанс с выходным конденсатором источника питания. В общем случае это не влияет на стабильность источника питания, но может привести к появлению «звона» тока в нагрузке.

Импульсная нагрузка

В ряде применений ток нагрузки периодически меняется от минимального до максимального значения. Цепь постоянства тока ограничивает силу выходного тока. Выходная емкость может привести к пиковому увеличению тока нагрузки, превышающему предельное значение тока. Чтобы выходные характеристики оставались в норме, следует задавать предельное значение тока, превышающее ожидаемый пиковый ток. Иначе источник питания может кратковременно переходить в режим постоянного тока или отсутствия регулировки.

Нагрузка с обратным током

Подключение активной нагрузки к источнику питания фактически может привести к тому, что иногда в источник будет течь обратный ток. При получении тока от внешнего источника возможен сбой регулировки и повреждение источника питания.

1 Начало работы

Подключение к выходу

Во избежание этого можно путем предварительного нагружения выхода балластным резистором. Балластный резистор должен пропускать минимум такой же ток от источника питания, который может потреблять активная нагрузка. Сумма тока в балластной нагрузке и тока, потребляемого нагрузкой от источника питания, должны быть меньше максимального тока источника питания.

Подключения для удаленного считывания напряжения

Удаленное считывание напряжения используется для регулирования по нагрузке и для компенсации ошибки регулировки, которая может иметь место по причине падения напряжения в проводах между источником питания и нагрузкой.

При подключении источника питания для удаленного считывания цепь защиты от перенапряжения считывает напряжение в точках считывания (на нагрузке), а не на выходных клеммах.

Перемычки между клеммами считывания и выходными клеммами источник питания следует отключить и подключить клеммы считывания с помощью двухжильного экранированного кабеля к нагрузке, как показано на **Рисунке 1-7**.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не используйте экран в качестве одного из проводов считывания, а его второй конец оставьте неподключенным.

Подсоедините один конец экрана провода считывания только к заземлению шасси (\perp). При размыкании провода считывания выходное напряжение источника питания на нагрузочных проводах падает. При подключении проводов считывания к нагрузке необходимо соблюдать полярность.

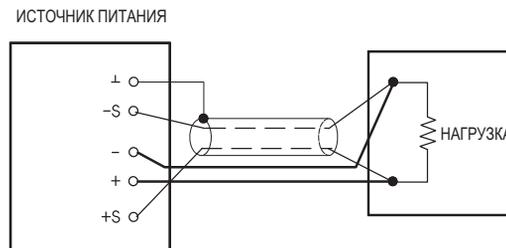


Рисунок 1-7 Подключения для удаленного считывания напряжения

1 Начало работы

Подключение к выходу

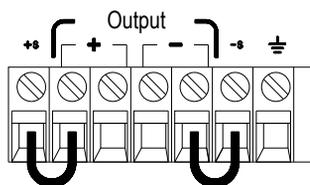


Рисунок 1-8 Подключения для локального считывания

Стабильность

Использование удаленного считывания при определенной комбинации длинных нагрузочных проводов и большой емкости нагрузки может привести к образованию фильтра в цепи обратной связи. Дополнительный сдвиг фаз, создаваемый этим фильтром, может отрицательно сказаться на стабильности работы источника питания и повлечь за собой ухудшение переходной характеристики или неустойчивости регулирования. В худшем случае могут появиться колебания.

Чтобы избежать этого, используйте нагрузочные провода как можно меньшей длины и свивайте их вместе. Ввиду того что провода считывания являются частью программируемого контура обратной связи источника питания, случайный обрыв провода считывания или нагрузочного проводов во время удаленного считывания будет иметь ряд нежелательных последствий. Обеспечьте надежное постоянное соединение.

ПРИМЕЧАНИЕ

При настройке параметров удаленного считывания настоятельно рекомендуется отключить (нажатием клавиши ON/OFF) источник питания во избежание случайного повреждения нагрузки или источника питания.

Регулировка постоянного напряжения

Характеристики регулировки нагрузки по напряжению, приведенные в [Главе 7](#), используются на выходных клеммах источника питания. При удаленном считывании к нормированным значениям следует прибавить 5 мВ на каждый вольт падения на участке между точкой считывания положительного напряжения и выходной клеммой (+) вследствие изменения тока

нагрузки. Ввиду того, что провода считывания являются частью цепи обратной связи источника питания, для обеспечения указанных выше характеристик сопротивление проводов считывания следует поддерживать на уровне 0,5 Ом на каждый провод.

Номинальные выходные характеристики

Номинальное выходное напряжение и ток, приведенные в **Главе 7**, подаются на выходные клеммы источника питания. При удаленном считывании падение напряжения на нагрузочных проводах необходимо прибавить к величине напряжения нагрузки, чтобы рассчитать максимальное выходное напряжение. В случае превышения максимального выходного напряжения эксплуатационные характеристики не гарантируются. Если в результате избыточной нагрузки на источник питания он теряет способность регулировать, загорается индикатор **Unreg**, который указывает выход не регулируется.

Шумы на выходе

Любые шумы, наведенные на провода считывания, также возникают на выходе источника питания и могут отрицательно сказаться на параметрах регулировки нагрузки по напряжению. Скрутите провода считывания для уменьшения внешних наводок и проложите их параллельно нагрузочным проводам, в непосредственной близости к ним. В средах с высоким уровнем шумов может потребоваться экранирование проводов считывания. Заземляйте экран только со стороны источника питания. Не используйте экран в качестве одного из проводников линии считывания.

Несколько нагрузок

При подключении к источнику питания нескольких нагрузок каждую из них следует подсоединять к выходным клеммам отдельными проводами. Это позволяет минимизировать эффект взаимного влияния нагрузок и в полном объеме воспользоваться преимуществами низкого импеданса выхода источника питания. Каждая пара проводов должна быть как можно

1 Начало работы

Подключение к выходу

короче и свита или объединена в жгут, чтобы снизить индуктивность проводов и уровень наводок. При использовании экрана подсоедините один его конец к клемме заземления источника питания, а второй конец оставьте неподключенным.

Если из-за особенностей кабельной проводки требуется использовать клеммы распределительной коробки, размещенной на удалении от источника питания, подключение выходных клемм к клеммам распределительной коробки выполните парами витых или экранированных проводов. Подключайте каждую нагрузку к клеммам распределительной коробки отдельно.

Эксплуатация источника питания

Охлаждение

Источник питания допускается эксплуатировать при нормированных рабочих характеристиках в диапазоне температур от 0 °С до 40 °С. Вентилятор охлаждает источник питания, втягивая воздух с боков и выдувая его сзади. При монтаже Keysight в стойку циркуляция воздуха не нарушается.

Эксплуатация на столе

Источник питания должен устанавливаться в месте с достаточным свободным пространством по сторонам и сзади источника для обеспечения надлежащей циркуляции воздуха. При монтаже прибора в стойку резиновые амортизирующие накладки необходимо снять.

Очистка

Данный прибор не требует очистки. Для удаления пыли с корпуса используйте сухую ткань.

1 Начало работы
Эксплуатация источника питания

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Обзор	36
Работа в режиме постоянства напряжения	38
Работа в режиме постоянства тока	40
Конфигурирование удаленного интерфейса	43
Сохранение и вызов настроек рабочих состояний	44
Программирование защиты от перенапряжения	47
Отключение выхода	52
Работа с системой	54
Сведения об интерфейсе GPIB	59
Сведения об интерфейсе RS-232	60
Калибровка	64

В этой главе описаны режимы работы и функциональные возможности одновыходных источников постоянного тока E364xA.

Обзор

Перед использованием источника питания ознакомьтесь с обзором клавиш передней панели, приведенном в следующем разделе.

- Источник питания отгружается заводом-изготовителем в конфигурации для работы с передней панели. При включении источник питания автоматически переходит в режим работы с передней панели. В этом режиме могут использоваться клавиши передней панели.
- Если источник питания находится в режиме удаленного управления, его в любое время можно вернуть в режим работы с передней панели, нажав клавишу  (**Local (Локально)**), если ранее не была выдана команда блокировки передней панели. Изменение режима с управления с передней панели на удаленное управление не приводит к изменению выходных параметров.
- При нажатии клавиши  (начинает мигать индикатор **Limit**) дисплей источника питания переходит в режим предельных значений и отображает текущие предельные значения. В этом режиме можно просмотреть изменение предельных значений при регулировке с помощью регулятора. При повторном нажатии клавиши  или после автоматического отключения дисплея через несколько секунд источник питания вернет дисплей в режим измерителя (индикатор **Limit** гаснет). В этом режиме отображаются фактические выходные напряжение и ток.
- Выход источника питания можно разрешать или запрещать с передней панели, нажав клавишу . При отключении выхода загорается индикатор **OFF**, и выход отключен.
- На дисплее с помощью индикаторов отображается текущее рабочее состояние источника питания, а также выводится информация о кодах ошибок. Например, если источник питания работает в режиме ПН, в диапазоне 8 В/3 А и управляется с передней панели, загораются индикаторы **CV** и **8V**. Однако при удаленном управлении источником питания также загорается индикатор **Rmt** (Удаленный), а при работе источника питания через интерфейс GPIB загорается ин-

дикатор **Adrs** (Адрес). Для получения дополнительной информации см. раздел «Индикаторы на дисплее» на странице 23.

- На дисплее с помощью индикаторов отображается текущее рабочее состояние источника питания, а также выводится информация о кодах ошибок.

Работа в режиме постоянства напряжения

Для настройки источника питания на работу в режиме постоянства напряжения необходимо выполнить указанные ниже действия.

Работа с передней панели

- 1 *Подключите нагрузку к выходным клеммам.*

После отключения питания подключите нагрузку к выходным клеммам + и –.



- 2 *Включите источник питания.*

Источник питания переходит в состояние включения/сброса, выход отключается (загорается индикатор **OFF**). Устанавливается диапазон низкого напряжения, и загорается индикатор выбранного в настоящий момент диапазона (например, в модели E3640A включается индикатор **8V**). Регулятор устанавливается в режим регулировки напряжения.

Нажмите клавишу  для работы источника питания в диапазоне высокого напряжения, прежде чем перейти к следующему шагу. В зависимости от используемого источника питания загорается индикатор **20V** или **60V**.



- 3 *Переведите дисплей в режим предельных значений.*

Обратите внимание, что индикатор **Limit** мигает, указывая, что дисплей работает в режиме предельных значений.

При работе дисплея в режиме предельных значений на экране можно видеть предельные значения напряжения и тока источника питания.

ПРИМЕЧАНИЕ

В режиме постоянства напряжения значения напряжения, отображаемые на дисплее в режимах измерителя и предельных значений, одинаковы, тогда как значения тока отличаются. Более того, если дисплей работает в режиме измерителя, на экране нельзя наблюдать изменение предельных значений тока при регулировке с помощью регулятора. Чтобы всегда видеть изменение предельных значений тока в режиме постоянства напряжения при регулировке с помощью регулятора, рекомендуется установить дисплей в режим предельных значений.



- 4 *Настройте необходимое предельное значение тока с помощью регулятора.^[1]*

Убедитесь, что индикатор **Limit** продолжает мигать. Переведите регулятор в режим регулировки тока. Положение мигающего разряда можно изменить с помощью клавиш выбора разрешения, а регулировку величины мигающего разряда можно произвести поворотом регулятора. Настройте необходимое предельное значение тока с помощью регулятора.



- 5 *Настройте необходимое выходное напряжение с помощью регулятора.^[2]*

Убедитесь, что индикатор **Limit** продолжает мигать. Переведите регулятор в режим регулировки напряжения. Поменяйте мигающий разряд с помощью клавиш выбора разрешения и измените величину мигающего разряда на нужное выходное напряжение поворотом регулятора.



- 6 *Вернитесь в режим измерителя.*

Для возврата в режим измерителя повторно нажмите клавишу  или дождитесь автоматического отключения дисплея через несколько секунд. Обратите внимание, что индикатор **Limit** гаснет, а на экране дисплея отображается сообщение **OUTPUT OFF** (ВЫХОД ОТКЛ.).



- 7 *Разрешите выход.*

Индикатор **OFF** гаснет, и загорается индикатор **CV** (ПН). Обратите внимание, что дисплей находится в режиме измерителя.

- 8 *Убедитесь, что источник питания находится в режиме постоянного напряжения.*

При работе источника питания в режиме постоянства напряжения (ПН) горит индикатор **CV**. Если индикатор **CC** горит, выберите более высокое предельное значение тока.

[1] При настройке тока можно использовать клавиши выбора разрешения для перемещения мигающего разряда вправо или влево.

[2] При настройке напряжения можно использовать клавиши выбора разрешения для перемещения мигающего разряда вправо или влево.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Работа в режиме постоянства тока

ПРИМЕЧАНИЕ

Если во время фактической работы в режиме ПН под влиянием изменения нагрузки возникает превышение предельного значения тока, источник питания автоматически переходит в режим постоянства тока с предварительно заданным предельным значением тока и происходит пропорциональный сброс выходного напряжения.

Работа через удаленный интерфейс

CURRent {<ток>|MIN|MAX}

Установить значение тока.

VOLTage {<напряжение>|MIN|MAX}

Установить значение напряжения.

OUTPut ON

Разрешите выход.

Работа в режиме постоянства тока

Для настройки источника питания на работу в режиме постоянства тока (ПТ) необходимо выполнить указанные ниже действия.

Работа с передней панели

1 Подключите нагрузку к выходным клеммам.

После отключения питания подключите нагрузку к выходным клеммам + и –.



2 Включите источник питания.

Источник питания переходит в состояние включения/сброса, выход отключается (загорается индикатор **OFF**). Устанавливается диапазон низкого напряжения, и загорается индикатор выбранного в настоящий момент диапазона (например, в модели E3640A включается индикатор **8V**). Регулятор устанавливается в режим регулировки напряжения.

Нажмите клавишу  для работы источника питания в диапазоне высокого напряжения, прежде чем перейти к следующему шагу. В зависимости от используемого источника питания загорается индикатор **20V** или **60V**.



3 *Переведите дисплей в режим предельных значений.*

Обратите внимание, что индикатор **Limit** мигает, указывая, что дисплей работает в режиме предельных значений. При работе дисплея в режиме предельных значений на экране можно видеть предельные значения напряжения и тока выбранного режима.

ПРИМЕЧАНИЕ

В режиме постоянства тока значения тока, отображаемого на дисплее в режимах измерителя и предельных значений, одинаковы, тогда как значения напряжения отличаются. Более того, если дисплей работает в режиме измерителя, на экране нельзя наблюдать изменение предельных значений напряжения при регулировке с помощью регулятора. Чтобы всегда видеть изменение предельных значений напряжения в режиме постоянства тока при регулировке с помощью регулятора, рекомендуется установить дисплей в режим предельных значений.



4 *Настройте необходимое предельное значение напряжения с помощью регулятора.^[1]*

Убедитесь, что индикатор **Limit** продолжает мигать, а регулятор установлен в режим регулировки напряжения. Положение мигающего разряда можно изменить с помощью клавиш выбора разрешения, а регулировку величины мигающего разряда можно произвести поворотом регулятора. Настройте необходимое предельное значение напряжения с помощью регулятора.




5 *Настройте необходимый выходной ток с помощью регулятора.^[2]*

[1] При настройке напряжения можно использовать клавиши выбора разрешения для перемещения мигающего разряда вправо или влево.

[2] При настройке тока можно использовать клавиши выбора разрешения для перемещения мигающего разряда вправо или влево.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Работа в режиме постоянства тока

Убедитесь, что индикатор **Limit** продолжает мигать. Переведите регулятор в режим регулировки тока. Поменяйте положение мигающего разряда с помощью клавиш выбора разрешения и измените величину мигающего разряда на нужный выходной ток поворотом регулятора.

Display
Limit

6 Вернитесь в режим измерителя.

Для возврата в режим измерителя повторно нажмите клавишу  или дождитесь автоматического отключения дисплея через несколько секунд. Обратите внимание, что индикатор **Limit** гаснет, а на экране дисплея отображается сообщение **OUTPUT OFF (ВЫХОД ОТКЛ.)**.

Output
On/Off

7 Разрешите выход.

Индикатор **OFF** гаснет, и загорается индикатор **CC**. Обратите внимание, что дисплей находится в режиме измерителя.

8 Убедитесь, что источник питания находится в режиме постоянного тока.

При работе источника питания в режиме постоянства тока убедитесь, что индикатор **CC** горит. Если индикатор **CV** горит, выберите более высокое предельное значение напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если во время фактической работы в режиме ПТ под влиянием изменения нагрузки возникает превышение предельного значения напряжения, источник питания автоматически переходит в режим постоянства напряжения с предварительно заданным предельным значением напряжения, и происходит пропорциональное уменьшение выходного тока.

Работа через удаленный интерфейс

VOLTagе {<напряжение>|MIN|MAX} Установить значение напряжения.

CURRent {<ток>|MIN|MAX} Установить значение тока.

OUTPut ON Разрешите выход.

Конфигурирование удаленного интерфейса

Источник питания поставляется с интерфейсами GPIB (IEEE-488) и RS-232. При отгрузке источника питания заводом-изготовителем выбирается интерфейс GPIB. Одновременно может быть разрешен только один интерфейс. Для выхода из режима конфигурации ввода-вывода без сохранения изменений нажмите и удерживайте клавишу  до появления на экране сообщения **NO CHANGE** (БЕЗ ИЗМЕНЕНИЙ).

- Установить адрес GPIB, контроль четности и скорость передачи данных можно только с передней панели.
- Текущее значение, которые вы выбрали, выделяется цветом. Остальные варианты выбора не подсвечиваются.
- Выбранный интерфейс хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания или после сброса при включении питания (команда *RST).

Настройка параметров интерфейса GPIB



1 *Включите режим удаленной настройки.*

GPIB/488

Если появляется **RS-232**, поверните регулятор для выбора **GPIB/488**.



2 *Выберите адрес GPIB.*

ADDR 05 (АДРЕС 05)

В качестве адреса источника питания можно выбрать любое значение в диапазоне от 0 до 30. Заводское значение адреса равно 5.



3 *Сохраните изменения и выйдите из меню.*

SAVED (СОХРАНЕНО)

ПРИМЕЧАНИЕ

Карта Интерфейса GPIB компьютера имеет собственный адрес. Не используйте адреса компьютера для приборов интерфейсной шины. Для карт интерфейса GPIB компании Keysight обычно используется адрес 21.

Конфигурирование интерфейса RS-232



1 *Включите режим удаленной настройки.*

GPIB/488

Необходимо отметить, что если удаленный интерфейс был изменен ранее на RS-232, отображается сообщение **RS-232**.



2 *Выберите интерфейс RS-232.*

RS-232

Выбрать интерфейс RS-232 можно вращением регулятора.



3 *Выберите скорость передачи данных.*

Выберите одно из следующих значений: 300, 600, 1200, 2400, 4800 или 9600 (заводская настройка) бодов.

9600 BAUD (9600 БОДОВ)



4 *Выберите контроль четности и количество стоповых битов.*

Выберите одно из следующих значений: None (без контроля четности, 8 битов данных, заводская настройка), Odd (контроль по нечетности, 7 битов данных) или Even (контроль по четности, 7 битов данных). При установке контроля четности автоматически настраивается число битов данных.

NONE 8 BITS (БЕЗ КОНТРОЛЯ ЧЕТНОСТИ, 8 БИТОВ)



5 *Сохраните изменения и выйдите из меню.*

SAVED (СОХРАНЕНО)

Сохранение и вызов настроек рабочих состояний

В ячейках энергонезависимой памяти можно сохранить настройки до пяти различных рабочих состояний. При поставке источника питания заводом-изготовителем данные в ячейках памяти (с 1-й по 5-ю) отсутствуют. Имя ячейки можно ввести с передней панели или через удаленный интерфейс, но вызов по имени может осуществляться только с передней панели.

Приведенные ниже шаги демонстрируют порядок сохранения в памяти и вызова рабочих состояний.

Для отмены операции сохранения или вызова выберите пункт меню **EXIT (ВЫХОД)** поворотом регулятора, после чего нажмите клавишу  или дождитесь автоматического отключения дисплея.

Работа с передней панели

Сохранение рабочих состояний

- 1 *Настройте нужное рабочее состояние источника питания.*

Функция сохранения параметров «запоминает» выбранный диапазон выходного напряжения, настройки предельных значений напряжения и тока, включенное/выключенное состояние выхода, включенное/выключенное состояние ЗПН, а также уровни срабатывания ЗПН.



- 2 *Включите режим записи в память.*

STORE STATE (СОХРАНИТЬ СОСТОЯНИЕ)

С передней панели каждому из пяти сохраненных состояний можно присвоить имя (длиной до девяти символов). Вращайте регулятор до появления сообщения **NAME STATE (ИМЕНОВАТЬ СОСТОЯНИЕ)** и нажмите клавишу  для выбора ячеек памяти. Затем нажмите клавишу , чтобы присвоить имя ячейкам.

NAME STATE

1:P15V_TEST




- 3 *Выберите ячейку памяти.*

Вращая регулятор вправо, выберите ячейку памяти 2.

2: STATE2 (СОСТОЯНИЕ 2)



- 4 *Сохраните рабочее состояние.*

DONE (ГОТОВО)

2 Режимы работы и функциональные возможности

Сохранение и вызов настроек рабочих состояний

Вызов сохраненного состояния

Recall

1 *Включите режим вызова.*

В режиме вызова на экране дисплея отображается ячейка памяти 1.

1: p15v_test



2 *Выберите сохраненное рабочее состояние.*

2: STATE2 (СОСТОЯНИЕ 2)

RESET (СБРОС)

Можно выбрать указанный выше режим **RESET** для сброса источника питания во включенное состояние без отключения и включения питания и без использования команды *RST через удаленный интерфейс. Для получения дополнительной информации об использовании команды *RST см. раздел «*RST» на [странице 100](#).

Recall

3 *Вызовите сохраненное рабочее состояние.*

DONE

Работа через удаленный интерфейс

Для сохранения и вызова состояния источника питания используйте приведенные ниже команды.

*SAV {1|2|3|4|5}

Сохранить рабочее состояние в определенную ячейку памяти.

*RCL {1|2|3|4|5}

Вызвать ранее сохраненное рабочее состояние из указанной ячейки памяти.

MEM:STAT:NAME 1, 'P15V_TEST'

Присвоить ячейке памяти 1 имя «P15V_TEST».

Программирование защиты от перенапряжения

Защита от перенапряжения предохраняет нагрузку от выходного напряжения, превышающего запрограммированный уровень защиты. Это обеспечивается закорачиванием выхода внутренним тиристором, если уровень срабатывания равен 3 В или более, либо программированием выхода на уровень 1 В, если уровень срабатывания менее 3 В.

Приведенные ниже шаги демонстрируют порядок настройки уровня срабатывания ЗПН, проверки работы ЗПН и сброса состояния перенапряжения.

Работа с передней панели

Настройка уровня ЗПН и включение цепи ЗПН



1 Включите источник питания.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Программирование защиты от перенапряжения



2 Войдите в меню *Over Voltage* (Перенапряжение) и установите нужный уровень срабатывания.

LEVEL 22.0V (УРОВЕНЬ 22,0 В) (E3640A)

Для установки нужного уровня срабатывания используйте регулятор и клавишу выбора разрешения  или . Следует учесть, что уровень срабатывания нельзя установить ниже 1,0 В.



3 Разрешите цепь защиты от перенапряжения.

OVP ON (ЗПН ВКЛ.)



4 Выйдите из меню ЗПН.

CHANGED (ИЗМЕНЕНО)

Если настройки защиты от перенапряжения не был изменен, отобразится **NO CHANGE** (НЕ ИЗМЕНЕНО). Источник питания выходит из меню ЗПН, и дисплей возвращается в режим измерителя. Проверьте загорание индикатора **OVP** при разрешении цепи ЗПН.

Проверка работы ЗПН

Для проверки работы ЗПН поднимите выходное напряжение почти до точки срабатывания. После этого постепенно увеличивайте выходное напряжение, поворачивая регулятор, пока цепь ЗПН не сработает. В результате выходное напряжение источника питания упадет практически до нуля, начнет мигать индикатор **OVP**, и загорится индикатор **CC**. Кроме того, на дисплее появляется сообщение **OVP TRIPPED** (СРАБОТАЛА ЗПН).

Сброс состояния перенапряжения

При возникновении состояния ЗПН индикатор **OVP** мигает. Если это вызвано внешним источником напряжения, таким как аккумуляторная батарея, отключите его сначала. Выполните сброс состояния перенапряжения, отрегулировав выходное напряжение или уровень срабатывания ЗПН.

Приведенные ниже шаги демонстрируют порядок сброса состояния перенапряжения и возврата в нормальный режим работы. При выполнении следующих действий на дисплее повторно отобразится сообщение **OVP TRIPPED**, если дождаться автоматического отключения дисплея через несколько секунд.

• **Регулировка выходного напряжения**



- i *Снизьте уровень выходного напряжения, установив его ниже точки срабатывания ЗПН.*

После нажатия клавиши  начинают мигать индикаторы **OVP** и **Limit**.



- ii *Убедитесь, что уровень напряжения снижен до величины ниже точки срабатывания ЗПН.*

Точка срабатывания ЗПН отображается на дисплее. На этом шаге не регулируйте точку срабатывания.



- iii *Выберите режим OVP CLEAR (СБРОС ЗПН) вращением регулятора.*

OVP ON

OVP CLEAR



- iv *Выполните сброс состояния перенапряжения и выйдите из меню.*

DONE

Индикатор **OVP** перестает мигать. Выход возвращается в режим измерителя.

• **Регулировка уровня срабатывания ЗПН**



- i *Повысьте уровень срабатывания ЗПН выше уровня, на котором произошло срабатывание.*



- ii *Выберите режим OVP CLEAR вращением регулятора.*

OVP ON

OVP CLEAR



- iii *Выполните сброс состояния перенапряжения и выйдите из меню.*

DONE

Индикатор **OVP** перестает мигать. Выход возвращается в режим измерителя.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Программирование защиты от перенапряжения

Работа через удаленный интерфейс

VOLT:PROT {<напряжение>|MIN|MAX}

Установить уровень ЗПН

VOLT:PROT:STAT {OFF|ON}

Запретить или разрешить цепь ЗПН.

VOLT:PROT:CLE

Сбросить сработавшую цепь ЗПН.

ПРИМЕЧАНИЕ

Цепь ЗПН источника питания содержит шунтирующий тиристор, который эффективно закорачивает выход источника питания при возникновении состояния перенапряжения. Если к выходу подключен внешний источник напряжения, такой как аккумуляторная батарея, и самопроизвольно возникает состояние перенапряжения, тиристор будет непрерывно получать большой ток от источника, что может повредить источник питания. Чтобы избежать этого, нужно последовательно с выходом подключить диод, как показано на [Рисунке 2-1](#).

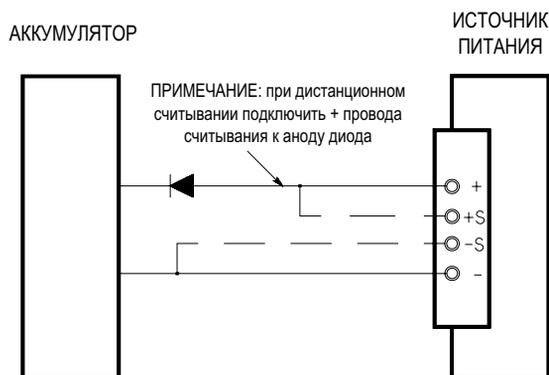


Рисунок 2-1 Рекомендуемая схема защиты при заряде аккумуляторной батареи

При включении и отключении питания E364xA происходит скачок напряжения не более ± 1 В (+1 В при включении и -1 В при отключении).

Для предотвращения скачка напряжения компания Keysight рекомендует подключать диод последовательно с входом питания тестируемого устройства (ТУ), как показано на **Рисунке 2-2**. Он блокирует обратное напряжения и протекание обратного тока в ТУ. Необходимо отметить, что эта рекомендация подходит только для устройств с одним входом.



Рисунок 2-2 Рекомендуемая схема соединений для защиты от выбросов напряжения

При выборе диода следует принять во внимание следующие особенности:

- Входное напряжение на ТУ зависит от падения напряжения на диоде. Типовое пороговое напряжение кремниевого диода составляет 0,6–0,7 В.
- Выбранный диод должен иметь 10–20 % запаса прочности по току.
- Выбирать стабилитрон следует в соответствии с номинальным значением входного напряжения ТУ, его мощность должна быть не менее 1 Вт.

Отключение выхода

Выход источника питания можно запрещать и разрешать с передней панели.

- При нахождении источника питания в состоянии отключения горит индикатор **OFF**, а выход отключен. Индикатор **OFF** гаснет при возврате источника питания во включенное состояние. При отключенном выходе напряжение составляет 0 В, а ток — 0,02 А. Это обеспечивает нулевое напряжение на выходе без его физического отсоединения.
- Состояние выхода хранится в энергонезависимой памяти. Выход всегда выключается при отключении питания или после сброса через удаленный интерфейс.
- Пока выход выключен, регулятор на передней панели блокируется, чтобы не допустить нежелательных изменений. Клавиши передней панели сохраняют свою функциональность.
- Для блокировки регулятора используйте клавиши выбора разрешения  и  для перемещения мигающего разряда вправо или влево до скрытия мигающего разряда.
- Для просмотра и проверки изменений при отключенном выходе нажмите  до возврата в режим измерителя.

Работа с передней панели



OUTPUT OFF

Работа через удаленный интерфейс

OUTP {OFF|ON}

Отсоединение выхода с помощью внешнего реле

Для отсоединения выхода следует подключить внешнее реле между выходом и нагрузкой. Для управления внешним реле имеется ТТЛ-сигнал с низким или высоким уровнем логической единицы. Этим сигналом можно управлять только с помощью удаленной команды `OUTPut:RELAy {OFF|ON}`. Выходной ТТЛ-сигнал доступен на разъеме RS-232 (контакты 1 и 9).

Если состояние `OUTPut:RELAy` равно ON, выходной ТТЛ-сигнал на контакте 1 имеет высокий уровень (4,5 В), а на контакте 9 — низкий уровень (0,5 В). Если состояние `OUTPut:RELAy` равно OFF, уровни имеют обратное значение. ТТЛ-выход на контактах 1 и 9 разъема RS-232 доступен только после установки двух перемычек (JP102 и JP103)^[1] внутри источника питания. См. «Схема расположения компонентов» на странице 225.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если источник питания был настроен на вывод сигналов управления реле, не используйте интерфейс RS-232. Это может привести к повреждению внутренних компонентов цепи RS-232.

[1] В изделиях с серийным номером MY53xx6xxx используются две перемычки — JP751 и JP752.

Работа с системой

В данном разделе содержатся сведения о работе с системой, такой как сохранение состояния источника питания, просмотр ошибок, запуск самотестирования, просмотру сообщений на передней панели и чтение версии микропрограммного обеспечения.

Сохранение состояния

Источник питания имеет пять ячеек энергозависимой памяти для хранения состояния источника питания. Ячейки имеют номера от 1 до 5. Каждой ячейке можно присвоить имя, чтобы использовать его с передней панели.

- Состояние источника питания можно сохранить в любой из пяти ячеек. Однако, вызов состояния возможен только из той ячейки, где ранее было сохранено состояние.
- Источник питания хранит следующие данные: состояние выбранного выходного диапазона, положение мигающего разряда на дисплее, настройки предельных значений напряжения и тока, состояние включения/отключения выхода, состояние включения/отключения ЗПН и уровни срабатывания.
- При поставке источника питания заводом-изготовителем данные в ячейках памяти (с 1-й по 5-ю) отсутствуют.
- Ячейкам памяти можно присвоить имена. Имя ячейки можно ввести с передней панели или через удаленный интерфейс, но вызов по имени может осуществляться только с передней панели. С помощью удаленного интерфейса можно вызвать сохраненное состояние только по его порядковому номеру (от 1 до 5).
- Имя может содержать до девяти символов. Для первого символа имени состояния можно использовать букву (от A до Z) или цифру (от 0 до 9). Для остальных восьми символов можно использовать знак нижнего подчеркивания (_). Использование пробелов не допускается. При указании имени, содержащего более девяти символов, отображается сообщение об ошибке.

- Команда сброса при включении питания (*RST) не влияет на сохраненные в памяти конфигурации. Сохраненное в памяти состояние остается неизменным до его перезаписи.

Работа с передней панели

Store

STORE STATE, NAME STATE, EXIT

Для сброса источника питания во включенное состояние без отключения и включения питания и без использования команды *RST выберите команду **RESET** в следующем списке.

Recall

5 states (5 состояний), RESET, EXIT

Работа через удаленный интерфейс

Для сохранения в памяти и вызова состояний источника питания используйте приведенные ниже команды.

```
*SAV {1|2|3|4|5}
```

```
*RCL {1|2|3|4|5}
```

Чтобы назначить имя сохраненному состоянию для его последующего вызова с передней панели отправьте следующую команду. С помощью удаленного интерфейса можно вызвать сохраненное состояние только по его порядковому номеру (от 1 до 5).

```
MEM:STAT:NAME 1, 'P15V_TEST'
```

Самотестирование

Самотестирование при включении питания выполняется автоматически при включении источника питания. Этот тест позволяет убедиться в работоспособности источника питания. Этот тест не выполняет расширенный набор тестов, включенных в набор полного самотестирования, описанного ниже. Если самотестирование закончилось неудачей, загорится индикатор **ERROR**.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Работа с системой

При полном самотестировании выполняется последовательность тестов, которая длится около 2 секунд. Удачное прохождение всех тестов дает достаточную степень уверенности в работоспособности источника питания.

При удачном завершении самотестирования на передней панели отображается сообщение **PASS** (ПРОЙДЕНО). При неудачном завершении самотестирования отображается сообщение **FAIL** (СБОЙ) и загорается индикатор **ERROR**. См. приведенные в [Главе 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#) инструкции по возврату источника питания в компанию Keysight.

Работа с передней панели

Для выполнения полной процедуры самотестирования с передней панели удерживайте при включении источника питания клавишу , пока не услышите длинный звуковой сигнал. При отпускании клавиши после звукового сигнала выполняется самотестирование.

Работа через удаленный интерфейс

*TST?

При успешном завершении самотестирования возвращается значение 0, а при сбое — 1.

Условия ошибки

Индикатор **ERROR** на передней панели включается при обнаружении синтаксических командных ошибок или аппаратных ошибок. Очередь ошибок источника питания может хранить до 20 записей об ошибках. Для получения дополнительной информации см. [Главу 4, «Сообщения об ошибках»](#).

Запрос версии микропрограммного обеспечения

В источнике питания имеется три микропроцессора для управления различными внутренними системами. Для каждого из установленных микропроцессоров можно запросить версию установленного микропрограммного обеспечения.

Источник питания вернет три номера версий. Первый номер — это версия микропрограммного обеспечения основного процессора; второй — версия микропрограммного обеспечения процессора ввода/вывода. третий — версия микропрограммного обеспечения процессора передней панели.

Работа с передней панели

View

REV X.X-Y.Y-Z.Z

Для просмотра номеров версий микропрограммного обеспечения системы дважды нажмите .

Работа через удаленный интерфейс

*IDN?

Приведенная выше команда возвращает строку следующего формата:

```
"Keysight Technologies, E3640A, 0, X.X-Y.Y-Z.Z"  
(E3640A)
```

Убедитесь, что длина строковой переменной равна минимум 40 символам.

Версия языка SCPI

Данный источник питания соответствует правилам и нормам текущей версии стандартных команд для программируемых приборов (SCPI). Совместимую с источником питания версию SCPI можно определить, отправив команду через удаленный интерфейс.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Работа с системой

Версию SCPI можно запросить только через удаленный интерфейс.

Работа через удаленный интерфейс

`SYST:VERS?` *Запрос версии языка SCPI*

В ответ возвращается строка в формате `YYYY.V`, где `Y` соответствует году версии, а `V` — номеру версии для этого года (например, 1997.0).



Сведения об интерфейсе GPIB

Разъем GPIB на задней панели позволяет подключить источник питания к компьютеру и другим устройствам с интерфейсом GPIB. В [Главе 1, «Принадлежности»](#) перечисляются кабели, доступные для приобретения в компании Keysight. Система GPIB доступна для подключения в любой конфигурации (звездообразной, линейной или комбинированной) при соблюдении перечисленных ниже правил.

Каждый аппаратный интерфейс GPIB (IEEE-488) должен иметь уникальный адрес. В качестве адреса источника питания можно выбрать любое значение в диапазоне от 0 до 30. При отгрузке источника питания заводом-изготовителем для адреса устанавливается значение 5. Адрес GPIB отображается при включении питания.

Адрес GPIB можно установить только с передней панели.

- Адрес хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания и при сбросе при включении питания (команда *RST).
- Карта Интерфейса GPIB компьютера имеет собственный адрес. Не используйте адрес компьютера для приборов на интерфейсной шине. Для интерфейсных карт GPIB компании Keysight обычно используется адрес 21.
- Общее число устройств, включая компьютер, не может превышать 15.
- Общая длина всех используемых кабелей не должна превышать значение 2 м, умноженное на число соединенных друг с другом устройств (максимум 20 м).
- Не подключайте к разъему GPIB стек, содержащий более трех разъемов, вставленных друг в друга. Убедитесь, что все разъемы вставлены полностью, а их фиксирующие винты туго затянуты от руки.

Дополнительные сведения о конфигурировании источника питания с передней панели для его работы через удаленный интерфейс см. в разделе [«Конфигурирование удаленного интерфейса»](#) на [странице 43](#).

ПРИМЕЧАНИЕ

Стандарта IEEE-488 предупреждает, что следует соблюдать осторожность, если длина отдельного кабеля превышает 4 м.

Сведения об интерфейсе RS-232

Источник питания можно подключить к интерфейсу RS-232 с помощью 9-контактного (DB-9) разъема последовательного интерфейса на задней панели. Источник питания настраивается как устройство терминального оборудования (DTE). Для передачи всех команд через интерфейс RS-232 источник питания использует две линии связи: сигнал готовности терминала к приему данных (DTR, контакт 4) и сигнал готовности к передаче данных (DSR, контакт 6).

В следующие разделах содержатся сведения, помогающие использовать источник питания через интерфейс RS-232. Описание команд программирования для интерфейса RS-232 приведены на [странице 108](#).

Обзор конфигурации интерфейса RS-232

Ниже приведены сведения о конфигурировании интерфейса RS-232. С помощью клавиши  на передней панели настройте скорость передачи данных, контроль четности и количество битов данных (дополнительные сведения см. в разделе «[Конфигурирование удаленного интерфейса](#)» на [странице 43](#)).

- Скорость передачи данных: 300, 600, 1200, 2400, 4800 или 9600 (заводская настройка)
- Контроль четности и количество битов данных: Нет/8 битов данных (заводская настройка), четность/7 битов данных или нечетность/7 битов данных
- Количество стартовых битов: 1 бит (фиксировано)
- Количество стоповых битов: 2 бита (фиксировано)

Формат кадра данных RS-232

Кадр символов содержит все передаваемые биты, составляющие один символ. Кадр определяется как символы от стартового бит до последнего стопового бита включительно. В кадре можно выбрать скорость передачи данных, количество битов данных и контроль четности. Для семи и восьми битов данных источник питания использует следующие форматы кадра.



Подключение к компьютеру или терминалу

Для подключения источника питания к компьютеру или терминалу требуется наличие соответствующего интерфейсного кабеля. Большинство компьютеров и терминалов являются DTE-устройствами. Поскольку источник питания также является DTE-устройством, следует использовать интерфейсный кабель DTE–DTE. Такие кабели также называются нуль-модемными, заменителями модема и кроссовыми кабелями.

Интерфейсный кабель также должен иметь соответствующие разъемы на конце и соответствующую разводку внутренних проводов. Разъемы обычно имеют девять (DB-9) или 25 (DB-25) контактов: штырьков или гнезд. Штырьковый разъем имеет штырьки внутри корпуса, а гнездовой разъем — отверстия.

Если подходящий кабель отсутствует, можно использовать адаптер. При использовании кабеля DTE–DTE убедитесь, что используется «сквозной» адаптер. В число стандартных адаптеров входят адаптеры «штырьки-гнезда», нуль-модемные адаптеры и адаптеры DB-9/DB-25.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Сведения об интерфейсе RS-232

Схемы кабелей и адаптеров для подключения источника питания к большинству компьютеров и терминалов показаны на [Рисунке 2-3](#) и [Рисунке 2-4](#).

Последовательный разъем DB-9

Если у компьютера или терминала есть 9-контактный последовательный порт со штырьковым разъемом, используйте нуль-модемный кабель, входящий в комплект кабелей Keysight 34398A. У этого кабеля на каждом конце имеется 9-контактный гнездовой разъем. Схема разводки контактов кабеля представлена на [Рисунке 2-3](#).

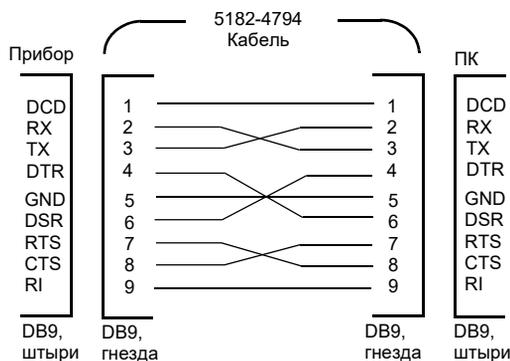


Рисунок 2-3 Последовательный разъем DB-9

Последовательный разъем DB-25

Если у компьютера или терминала имеется 25-контактный последовательный порт со штырьковым разъемом, используйте нуль-модемный кабель и 25-контактный адаптер из комплекта кабелей Keysight 34398A. Схема разводки контактов кабеля и адаптера представлены на [Рисунке 2-4](#).

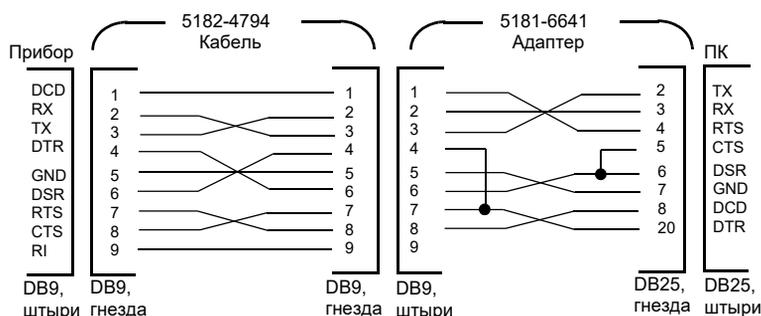


Рисунок 2-4 Последовательный разъем DB-25

Поиск и устранение неполадок с RS-232

При возникновении проблем с обменом данными через интерфейс RS-232 выполните перечисленные ниже действия. Если потребуется дополнительная помощь, см. документацию, поставляемую с компьютером.

- Убедитесь, что на источнике питания и компьютере установлена одинаковая скорость передачи данных, контроль четности и количество битов данных. Убедитесь, что компьютер настроен на один стартовый бит и два стоповых бита (эти значения фиксированы для источника питания).
- Убедитесь, что была выполнена команда `SYSTEM:REMOte` для перевода источника питания в режим удаленного управления.
- Убедитесь, что используются правильные интерфейсный кабель и адаптеры. Даже при использовании кабеля с правильными разъемами он может иметь неправильные внутренние соединения. Для подключения источника питания к большинству компьютеров и терминалов можно использовать комплект кабелей Keysight 34398A.
- Убедитесь, что интерфейсный кабель подключен к правильному последовательному порту компьютера (COM1, COM2 и т. п.).

Калибровка

В данном разделе представлен обзор функций калибровки источника питания. Более подробные сведения о процедуре калибровки см. в [Главе 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#).

Защита калибровки

Данная функция позволяет ввести код защиты, предотвращающий случайную или несанкционированную калибровку источника питания. Новый источник питания всегда защищен кодом. Перед калибровкой источника питания следует снять защиту, введя правильный код защиты.

- [Таблица 2-1](#) содержит код защиты, устанавливаемый заводом-изготовителем для каждой модели источников питания при их поставке. Код защиты хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания или после сброса при включении питания (команда *RST).
- Код защиты может содержать до 11 буквенно-цифровых символов или символов подчеркивания (_). Первым символом должна быть буква (A–Z) или цифра (0–9). Использовать все 11 символов не обязательно.
_ _ _ _ _ (11 символов)
- При защите источника питания через удаленный интерфейс используйте не более восьми буквенно-цифровых символов при снятия защиты с передней панели. Например код защиты для E3640A имеет менее девяти символов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если вы забыли код защиты можно отключить функцию защиты с помощью переключки внутри источника питания, а затем ввести новый код. Для получения дополнительной информации см. [Главу 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#).

Таблица 2-1 Заводская установка кодов защиты

Модель	Код защиты
E3640A	003640
E3641A	003641
E3642A	003642
E3643A	003643
E3644A	003644
E3645A	003645

Снятие защиты калибровки

Снять защиту источника питания можно как с передней панели, так и через удаленный интерфейс. При отгрузке с завода-изготовителя источник питания имеет код защиты. Заводскую установку кодов защиты источников питания см. в [Таблице 2-1](#).

Работа с передней панели



- 1 Выберите режим калибровки.

SECURED (ЗАЩИЩЕНО)

Если в источнике питания включена функция защиты, то при его включении при нажатой клавише  (**Calibrate**) отображаются показанные выше сообщение. Удерживайте клавишу, пока не раздастся продолжительный звуковой сигнал и не отобразится сообщение **CAL MODE (РЕЖИМ КАЛИБРОВКИ)**.



- 2 Введите код защиты.

000000

Введите код защиты с помощью регулятора и клавиш выбора разрешения.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Калибровка



3 Сохраните изменения и выйдите из меню.

UNSECURED (ЗАЩИТА ОТКЛЮЧЕНА)

Если был введен правильный код защиты, отображается приведенное выше сообщение и сообщение **CAL MODE**. Для выхода из режима калибровки выключите и снова включите питание.

Учтите, что при вводе неправильного кода защиты отображается сообщение **INVALID (НЕПРАВИЛЬНО)** и включается режим ввода кода для ввода правильного кода.

Работа через удаленный интерфейс

`CAL:SEC:STAT {OFF|ON}, <код>`

Включение и отключение защиты источника питания.

Для выключения защиты источника питания отправьте в него приведенную выше команду с кодом защиты, использованном для включения защиты. Например,

`CAL:SEC:STAT OFF, '003640' (модель E3640A)`

Включение защиты калибровки

Включить защиту источника питания от калибровки можно как с передней панели, так и через удаленный интерфейс. При отгрузке с завода-изготовителя источник питания имеет код защиты.

Перед защитой источника питания ознакомьтесь с правилами ввода кодов защиты в разделе **«Защита калибровки» на странице 64**.

Работа с передней панели



1 Выберите режим калибровки.

UNSECURED (ЗАЩИТА ОТКЛЮЧЕНА)

Если в источнике питания функция защиты отключена, то при его включении при нажатой клавише  (**Calibrate**) отображается показанное выше сообщение. Удерживайте

клавишу, пока не раздастся продолжительный звуковой сигнал и не отобразится сообщение **CAL MODE** (РЕЖИМ КАЛИБРОВКИ).



2 Введите код защиты.

000000

Введите нужный код защиты с помощью регулятора и клавиш выбора разрешения.



3 Сохраните изменения и выйдите из меню.

SECURED (ЗАЩИЩЕНО)

Настройка кода защиты хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания или после сброса при включении питания (команда *RST).

Работа через удаленный интерфейс

`CAL:SEC:STAT {OFF|ON}, <код>`

Включение и отключение защиты источника питания.

Для включения защиты источника питания отправьте в него приведенную выше команду с кодом защиты, использованном для выключения защиты. Например,

`"CAL:SEC:STAT ON, '003640'"` (модель E3640A)

Изменение кода защиты

Для изменения кода защиты следует сначала отключить защиту источника питания, а затем ввести новый код защиты. Перед защитой источника питания ознакомьтесь с правилами ввода кодов защиты в разделе «Защита калибровки» на странице 64.

Работа с передней панели

Чтобы изменить код защиты, сначала убедитесь, что защита источника питания отключена. Перейдите в режим ввода кода защиты, нажмите клавишу  (**Secure**) после отображения



2 Режимы работы и функциональные возможности

Калибровка

сообщения **CAL MODE**, введите новый код защиты с помощью регулятора и клавиш выбора разрешения, а затем нажмите клавишу  (**Secure**).

При изменении кода с передней панели также изменяется код, отображаемый через удаленный интерфейс.

Работа через удаленный интерфейс

`CAL:SEC:CODE <новый код>` *Изменение кода защиты.*

Для изменения кода защиты следует сначала отключить защиту источника питания с помощью старого кода защиты. Затем следует ввести новый код, как показано ниже.

`CAL:SEC:STAT OFF, '003640'` *Отключение функции защиты с помощью старого кода.*

`CAL:SEC:CODE 'ZZ001443'` *Ввод нового кода.*

`CAL:SEC:STAT ON, 'ZZ001443'` *Включение функции защиты с помощью нового кода.*

Количество калибровок

Можно определить, сколько раз калибровался источник питания. Перед отгрузкой с завода-изготовителя источник питания калибруется. При получении источника питания с завода-изготовителя, считайте счетчик калибровок для определения его начального значения.

Функция считывания счетчика калибровок доступна только через удаленный интерфейс.

- Счетчик калибровок хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания или после сброса через удаленный интерфейс.

- Счетчик калибровок увеличивается до значения максимум 32767, после чего сбрасывается в 0. Поскольку значение увеличивается на единицу для каждой точки калибровки, при полной калибровке оно увеличится на три единицы.

Работа через удаленный интерфейс

CAL : COUN?

Запрос количества калибровок.

Сообщение о калибровке

Источник питания позволяет сохранить одно сообщение в памяти калибровки базового блока. Например, можно сохранить такие сведения, как дату выполнения последней калибровки, дату выполнения следующей калибровки, серийный номер источника питания или даже имя и номер телефона специалиста, с которым следует связаться для выполнения следующей калибровки.

- Сообщение о калибровке можно записать только через удаленный интерфейс и только при отключенной функции защиты источника питания. Просмотреть сообщение можно как с передней панели, так и через удаленный интерфейс. Просмотреть сообщение о калибровке можно как при включенной, так и при отключенной защите источника питания.
- Сообщение о калибровке может содержать до 40 символов. На передней панели одновременно видны только 11 символов сообщения.
- При сохранении сообщения о калибровке все ранее сохраненные в памяти сообщения будут перезаписаны.
- Сообщение о калибровке хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания или после сброса через удаленный интерфейс.

2 Режимы работы и функциональные возможности

Калибровка

Работа с передней панели

Для просмотра сообщения о калибровке на передней панели нажмите клавишу  и вращайте регулятор до появления сообщения **CAL STRING** (СТРОКА КАЛИБРОВКИ). Для прокрутки текста сообщения нажмите клавишу . Для повышения скорости прокрутки нажмите клавишу .



CAL STRING

Работа через удаленный интерфейс

Для сохранения сообщения о калибровке отправьте следующую команду.

```
CAL:STR 'CAL 06-01-99'
```

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Обзор команд SCPI	72
Введение в язык SCPI	77
Упрощенный обзор программирования	83
Использование команды APPLy	87
Настройки выхода и команды операций	88
Запуск	94
Команды, связанные с системой	97
Команды настройки состояния памяти	101
Команды калибровки	103
Команды настройки конфигурации интерфейса	108
Регистры состояний SCPI	109
Команды информирования о состоянии	119
Остановке процесса вывода данных	122
Сведения о соответствии стандарту SCPI	123
Общие команды IEEE-488.2	127

В данной главе перечислены команды SCPI.

Обзор команд SCPI

ПРИМЕЧАНИЕ

Если у вас нет опыта работы с языком SCPI, перед программированием источника питания ознакомьтесь с языком SCPI в разделах «Введение в язык SCPI» и «Упрощенный обзор программирования».

В данном разделе представлен краткий обзор стандартных команд языка SCPI, доступных для программирования источника питания через удаленный интерфейс. Дополнительные сведения о каждой команде см. в соответствующих разделах.

В данном руководстве для синтаксиса команд языка SCPI используются следующие условные обозначения.

- Квадратные скобки ([]) — необязательные ключевые слова или параметры.
- Фигурные скобки ({ }) — параметры в строке команды.
- Треугольные скобки (< >) — означает, что необходимо подставить значение или код для взятого в скобки параметра.
- Вертикальная черта (|) — разделитель двух или более альтернативных параметров.

Таблица 3-1 Обзор команд SCPI

Настройки выхода и команды операций

```

APPLy {<напряжение>|DEF|MIN|MAX}[, {<ток>|DEF|MIN|MAX}]
APPLy?
[SOURce:]
  CURRent[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] {<ток>|MIN|MAX|UP|DOWN}
  CURRent[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  CURRent[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement] {<числовое значение>|DEFault}
  CURRent[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement]? [DEFault]
  CURRent[:LEVel]:TRIGgered[:AMPLitude] {<ток>|MIN|MAX}
  CURRent[:LEVel]:TRIGgered[:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] {<напряжение>|MIN|MAX|UP|DOWN}
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement] {<числовое значение>|DEFault}
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement]? [DEFault]
  VOLTage[:LEVel]:TRIGgered[:AMPLitude] {<напряжение>|MIN|MAX}
  VOLTage[:LEVel]:TRIGgered[:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  VOLTage:PROTection[:LEVel] {<напряжение>|MIN|MAX}
  VOLTage:PROTection[:LEVel]? [MIN|MAX]
  VOLTage:PROTection:STATe {0|1|OFF|ON}
  VOLTage:PROTection:STATe?
  VOLTage:PROTection:TRIPped?
  VOLTage:PROTection:CLEar
  VOLTage:RANGe {P8v[1]|P20v[1]|P35v[2]|P60v[2]|LOW|HIGH}
  VOLTage:RANGe?
MEASure
  [:SCALar]
    :CURRent[:DC]?
    [:VOLTage][:DC]?

```

Запуск

```

INITiate[:IMMediate]
TRIGger[:SEQuence]
  :DELay {<секунды>|MIN|MAX}
  :DELay? [MIN|MAX]
  :SOURce {BUS|IMM}
  :SOURce?
*TRG

```

3 Сведения об удаленном интерфейсе Обзор команд SCPI

Таблица 3-1 Обзор команд SCPI (продолжение)

Команды, связанные с системой

```
DISPlay[:WINDow]
  [:STATe] {OFF|ON}
  [:STATe]?
  :TEXT[:DATA] <строка в кавычках>
  :TEXT[:DATA]?
  :TEXT:CLEar
SYSTem
  :BEEPer[:IMMediate]
  :ERRor?
  :VERSion?
  :COMMunicate:GPIB:RDEvice:ADDRess <числовое значение>
  :COMMunicate:GPIB:RDEvice:ADDRess?
OUTPut
  :RELay[:STATe] {OFF|ON}
  :RELay[:STATe]?
  [:STATe] {OFF|ON}
  [:STATe]?
*IDN?
*RST
*TST?
```

Команды настройки состояния памяти

```
*SAV {1|2|3|4|5}
*RCL {1|2|3|4|5}
MEMory:STATe
  :NAME {1|2|3|4|5}, <имя в кавычках>
  :NAME? {1|2|3|4|5}
```

Команды калибровки

```
CALibration
  :COUNT?
  :CURRENT[:DATA] <числовое значение>
  :CURRENT:LEVel {MIN|MID|MAX}
  :SECure:CODE <новый код>
  :SECure:STATe {OFF|ON}, <код в кавычках>
  :SECure:STATe?
  :STRing <строка в кавычках>
  :STRing?
  :VOLTage[:DATA] <числовое значение>
  :VOLTage:LEVel {MIN|MID|MAX}
  :VOLTage:PROTection
```

Таблица 3-1 Обзор команд SCPI (продолжение)

Команды настройки конфигурации интерфейса

```
SYSTem
  :INTerface {GPIB|RS232}
  :LOCal
  :REMote
  :RWLock
```

Команды информирования о состоянии

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

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Обзор команд SCPI

Таблица 3-1 Обзор команд SCPI (продолжение)

Общие команды IEEE-488.2

*CLS
*ESR?
*ESE <значение разрешения>
*ESE?
*IDN?
*OPC
*OPC?
*PSC {0|1}
*PSC?
*RST
*SAV {1|2|3|4|5}
*RCL {1|2|3|4|5}
*STB?
*SRE <значение разрешения>
*SRE?
*TRG
*TST?
*WAI

[1] Применимо только для E3640A, E3642A, и E3644A.

[2] Применимо только для E3641A, E3643A, и E3645A.

Введение в язык SCPI

Язык SCPI (стандарт команд для программируемых приборов) — язык команд на основе ASCII, разработанный для тестирующих и измерительных приборов. Вводные сведения о основных способах, используемых для программирования источника питания через удаленный интерфейс, см. в разделе «Упрощенный обзор программирования».

Команды SCPI основаны на иерархической структуре, также известной как древовидная система. В этой системе соответствующие команды группируются в общем узле (корне), образуя подсистемы. Для иллюстрации древовидной системы ниже показана часть подсистемы SOURCE.

```
[SOURCE:]  
  CURRENT {<ток>|MIN|MAX|UP|DOWN}  
  CURRENT? [MIN|MAX]  
  CURRENT:  
    TRIGGERED {<ток>|MIN|MAX}  
    TRIGGERED? [MIN|MAX]  
  VOLTAGE {<ток>|MIN|MAX|UP|DOWN}  
  VOLTAGE? [MIN|MAX]  
  VOLTAGE:  
    TRIGGERED {<напряжение>|MIN|MAX}  
    TRIGGERED? [MIN|MAX]
```

SOURCE — корневое ключевое слово команды, CURRENT и VOLTAGE — ключевые слова второго уровня, а TRIGGERED — ключевое слово третьего уровня. Двоеточие (:) отделяет ключевое слово команды от ключевого слова более низкого уровня.

Формат команд, используемых в данном руководстве

Ниже представлен формат для отображения команд, используемый в данном руководстве.

```
CURRent {<ток>|MINimum|MAXimum|UP|DOWN}
```

Синтаксис команды соответствует большинству команд (и некоторых параметров) в виде комбинации символов в верхнем и нижнем регистре. Буквы в верхнем регистре соответствуют сокращенному названию команды. Для сокращения длины командных строк используйте сокращенную форму. Для повышения удобочитаемости программы используйте полную форму.

Например, в синтаксисе приведенной выше командной строки допустимы обе формы: CURR и CURRENT. Можно использовать символы как в верхнем, так и в нижнем регистре. Поэтому допустимы формы CURRENT, curr и Curr. При использовании других форм, таких как CUR или CURREN, будет создано сообщение об ошибке.

В фигурных скобках ({ }) приводятся варианты параметров для данной командной строки. Скобки не передаются с командной строкой.

Символ вертикальной черты (|) служит разделителем вариантов параметров для данной командной строки.

Угловые скобки (< >) — означают, что следует подставить нужное значение указанного параметра. Например, в приведенном ниже примере в угловых скобках показан параметр тока. Скобки не передаются с командной строкой. Следует указать значение параметра (например, CURR 0.1).

Ряд параметров заключается в квадратные скобки ([]). Квадратные скобки означают, что параметр является необязательным и может быть опущен. Скобки не передаются с командной строкой. Если не указать значение необязательного параметра, источник питания выберет значение по умолчанию.

Фрагмент команды заключается в квадратные скобки ([]). Скобки означают, что данный фрагмент команды является необязательным. Большинство необязательных фрагментов

команды не отображается в ее описании. Полный текст команд со всеми необязательными элементами см. в [Таблице 3-1](#).

Двоеточие (:) отделяет ключевое слово команды от ключевого слова более низкого уровня. Для отделения параметра от командного слова команды следует вставить пробел. Если для команды требуется более одного параметра, остальные параметры следует отделять с помощью запятых, как показано ниже.

```
SOURce:CURRent:TRIGgered  
APPLy 3.5,1.5
```

Разделители команд

Двоеточие (:) используется для отделения ключевого слова команды от ключевого слова более низкого уровня, как показано ниже.

```
SOURce:CURRent:TRIGgered
```

Точка с запятой (;) используется для разделения двух команд одной подсистемы и позволяет минимизировать ввод. Например, командная строка:

```
SOUR:VOLT MIN;CURR MAX
```

аналогична следующим двум командам:

```
SOUR:VOLT MIN  
SOUR:CURR MAX
```

Для связи команд различных подсистем одновременно используются двоеточие и точка с запятой. Например, для приведенной ниже командной строки будет выдана ошибка, если не использовать двоеточие и точку с запятой:

```
DISP:TEXT:CLE;:SOUR:CURR MIN
```

Использование параметров MIN и MAX

Для многих команд вместо параметра можно указать MINimum или MAXimum. Например, рассмотрим следующую командную строку:

```
CURRent {<ток>|MIN|MAX}
```

Вместо определенного тока можно указать MINimum, чтобы задать минимальное значение тока или MAXimum, чтобы задать его максимальное значение.

Запрос значений параметров

Можно запросить значения большинства параметров, добавив к команде знак вопроса (?). Например, с помощью следующей команды можно установить выходной ток, равный 5 А:

```
CURR 5
```

Для запроса значения можно выполнить следующую команду:

```
CURR?
```

Можно также запросить максимальное или минимальное значение, разрешенное для текущей функции, выполнив следующие команды:

```
CURR? MAX
```

```
CURR? MIN
```

ВНИМАНИЕ!

Если отправить обе команды запроса без чтения ответа для первой, а затем попытаться прочитать второй ответ, то может быть получена часть данных для первого запроса, за которым следуют полный ответ для второго. Во избежание этого не следует отправлять команду запроса без последующего чтения ответа. Если избежать этого невозможно, отправьте команду очистки устройства перед отправкой второй команды запроса.

Терминаторы команд SCPI

Командные строки для источника питания должны завершаться символами терминатора <новая строка>. Сообщение IEEE-488 EOI (End-Or-Identify – конец или идентификация) интерпретируется как символ <новая строка> и может использоваться для завершения командной строки вместо символа <новая строка>. Допустимо также использовать символ <возврат каретки> с последующим символом <новая строка>. Терминатор командной строки всегда сбрасывает текущий путь команды SCPI до корневого уровня. Символ <новая строка> имеет десятичный ASCII-код 10.

Общие команды IEEE-488.2

Стандарт IEEE-488.2 определяет набор общих команд для выполнения таких функций, как сброс, самотестирование и изменение состояния. Общие команды всегда начинаются с символа звездочки (*), имеют длину от четырех до пяти символов и могут включать один и более параметров. Ключевое слово команды отделяется от первого параметра пробелом. В качестве разделителя нескольких команд используется точка с запятой (;), как показано в следующем примере:

```
*RST; *CLS; *ESE 32; *OPC?
```

Типы параметров SCPI

В языке SCPI определено несколько различных форматов данных для использования в программных и ответных сообщениях.

Числовые параметры

Для команд, требующих числовые параметры, допускаются все стандартные десятичные представления чисел, включая дополнительные знаки, десятичные разделители и экспоненциальный формат. Также поддерживаются специальные значения числовых параметров, такие как MINimum, MAXimum и DEFault.

3 Сведения об удаленном интерфейсе Введение в язык SCPI

С числовыми параметрами можно также использовать суффиксы технических единиц измерения (V, A и SEC). Если принимаются только определенные числовые параметры, источник питания автоматически округляет входящие числовые параметры. В приведенном ниже примере команды используется числовой параметр:

```
CURR {<ТОК> | MIN | MAX | UP | DOWN }
```

Дискретные параметры

Дискретные параметры используются для программирования настроек, имеющих ограниченное количество значений, таких как BUS и IMM. В ответах на запросы всегда отображается краткая форма со всеми заглавными буквами. В приведенном ниже примере команды используются дискретные параметры:

```
TRIG:SOUR {BUS | IMM}
```

Булевы параметры

Булевы параметры представляет одно двоичное условие, которое может быть либо истиной, либо ложью. Для условия «ложь» источник питания принимает значение OFF или 0. Для условия «истина» источник питания принимает значение ON или 1. При запросе булевой настройки источник питания всегда возвращает 0 или 1. В приведенном ниже примере команды используется булев параметр:

```
DISP {OFF | ON}
```

Строковые параметры

Строковые параметры могут содержать почти любой набор символов ASCII. Строка должна начинаться и заканчиваться совпадающими кавычками: либо одинарными, либо двойными. Символ кавычки можно использовать в тексте строки, введя его два раза подряд. В приведенном ниже примере команды используется строковый параметр:

```
DISP:TEXT <строка в кавычках>
```

Упрощенный обзор программирования

В данном разделе содержатся общие сведения о основных способах, используемых для программирования источника питания через удаленный интерфейс. Этот раздел содержит только общий обзор. В нем отсутствуют подробные сведения, необходимые для создания собственных прикладных программ. Дополнительные сведения и примеры см. в остатке данной главы и в **Главе 5, «Прикладные программы»**. Дополнительные сведения о выводе командных строк и вводе данных см. также в справочном руководстве по программированию, поставляемом с вашим компьютером.

Использование команды APPLy

Команда APPLy представляет наиболее простой способ программирования источника питания через удаленный интерфейс. Например, при вводе приведенной ниже команды с компьютера на выходе источника питания будет установлено напряжение 3 В и ток 1 А:

```
APPL 3.0, 1.0
```

Использование команд низкого уровня

Команда APPLy обеспечивает наиболее простой способ программирования источника питания. Однако команды низкого уровня обеспечивают повышенную гибкость при изменении отдельных параметров. Например, при выдаче приведенных ниже команд с компьютера на выходе источника питания будет установлено напряжение 3 В и ток 1 А:

```
VOLT 3.0
```

Установка выходного напряжения 3,0 В.

```
CURR 1,0
```

Установка выходного тока 1,0 А.

Чтение ответов на запросы

Ответные сообщения отправляются источником питания только в ответ на команды запроса (команд, заканчивающихся символом ?). Запросы возвращают либо выходные значения, либо внутренние настройки прибора. Например, при выдаче приведенных ниже команд с компьютера он может прочитать очередь ошибок источника питания и распечатать последнюю ошибку:

<code>dimension statement</code>	<i>Массив строк размерности (80 элементов).</i>
<code>SYST:ERR?</code>	<i>Чтение очереди ошибок.</i>
<code>bus enter statement</code>	<i>Ввод строки ошибки в компьютер.</i>
<code>print statement</code>	<i>Распечатка строки ошибки.</i>

Выбор источника запуска

В качестве источника запуска для источника питания можно выбрать шину (программа) или прямой внутренний запуск. По умолчанию к качеству источник запуска выбрана шина. Если для источника питания требуется использовать прямой внутренний запуск, следует выбрать IMMEDIATE. Например, выдача приведенных ниже команд с компьютера напрямую установит для выхода источника питания 3 В и 1 А:

<code>VOLT:TRIG 3.0</code>	<i>Установка запускаемого выходного напряжения 3,0 В.</i>
<code>CURR:TRIG 1.0</code>	<i>Установка запускаемого выходного тока 1,0 А.</i>
<code>TRIG:SOUR IMM</code>	<i>Выбор в качестве источника прямой запуск.</i>
<code>INIT</code>	<i>Инициация системы запуска.</i>

Диапазоны программирования источника питания

Подсистеме SOURCE требуются параметры для программирования значений. Доступное программируемое значение для параметра изменяется в соответствии с выходным диапазоном источника питания. Таблица 3-2 содержит список программных значений, а также значений MINimum, MAXimum, DEFault и значений сброса для источника питания.

Для определения программируемых значений источника питания см. Таблицу 3-2 и Таблицу 3-3.

Таблица 3-2 Программируемые диапазоны для Keysight E3640A/E3642A/E3644A

		E3640A		E3642A		E3644A	
		Диапазон от 0 до 8 В / 3 А	Диапазон от 0 до 20 В / 1,5 А	Диапазон от 0 до 8 В / 5 А	Диапазон от 0 до 20 В / 2,5 А	Диапазон от 0 до 8 В / 8 А	Диапазон от 0 до 20 В / 4 А
Напряжение	Программируемый диапазон	От 0 до 8,24 В	От 0 до 20,6 В	От 0 до 8,24 В	От 0 до 20,6 В	От 0 до 8,24 В	От 0 до 20,6 В
	Значение MAX	8,24 В	20,60 В	8,24 В	20,60 В	8,24 В	20,60 В
	Значение MIN	0 В		0 В		0 В	
	Значение DEFault	0 В		0 В		0 В	
	Значение *RST	0 В		0 В		0 В	
Ток	Программируемый диапазон	От 0 до 3,09 А	От 0 до 1,545 А	От 0 до 5,15 А	От 0 до 2,575 А	От 0 до 8,24 А	От 0 до 4,12 А
	Значение MAX	3,09 А	1,545 А	5,15 А	2,575 А	8,24 А	4,12 А
	Значение MIN	0 А		0 А		0 А	
	Значение DEFault	3 А	1,5 А	5 А	2,5 А	8 А	4 А
	Значение *RST	3,00 А		5,00 А		8,00 А	

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Упрощенный обзор программирования

Таблица 3-3 Программируемые диапазоны для Keysight E3641A/E3643A/E3645A

		E3641A		E3643A		E3645A	
		Диапазон от 0 до 35 В / 0,8 А	Диапазон от 0 до 60 В / 0,5 А	Диапазон от 0 до 35 В / 1,4 А	Диапазон от 0 до 60 В / 0,8 А	Диапазон от 0 до 35 В / 2,2 А	Диапазон от 0 до 60 В / 1,3 А
Напря- жение	Программи- руемый диапазон	От 0 до 36,05 В	От 0 до 61,8 В	От 0 до 36,05 В	От 0 до 61,8 В	От 0 до 36,05 В	От 0 до 61,8 В
	Значение MAX	36,05 В	61,8 В	36,05 В	61,8 В	36,05 В	61,8 В
	Значение MIN		0 В		0 В		0 В
	Значение DEFault		0 В		0 В		0 В
	Значение *RST		0 В		0 В		0 В
Ток	Программи- руемый диапазон	От 0 до 0,824 А	От 0 до 0,515 А	От 0 до 1,442 А	От 0 до 0,824 А	От 0 до 2,266 А	От 0 до 1,339 А
	Значение MAX	0,824 А	0,515 А	1,442 А	0,824 А	2,266 А	1,339 А
	Значение MIN		0 А		0 А		0 А
	Значение DEFault	0,8 А	0,5 А	1,4 А	0,8 А	2,2 А	1,3 А
	Значение *RST		0,8 А		1,4 А		2,2 А

Использование команды APPLy

Команда APPLy представляет наиболее простой способ программирования источника питания через удаленный интерфейс. Выходное напряжение и ток можно выбрать с помощью одной команды.

APPLy {<напряжение>| DEF | MIN | MAX}[,<ток>| DEF | MIN | MAX]}

Данная команда является комбинацией команд VOLTagе и CURRent.

Команда APPLy изменяет выход источника питания на вновь запрограммированные значения, только если запрограммированные значения входят в текущий выбранный диапазон. Если запрограммированные значения не входят в выбранный диапазон, будет выдана ошибка.

Для параметров напряжения и тока можно указать MINimum, MAXimum или DEFault вместо конкретных значений. Дополнительные сведения о параметрах для каждой модели см. в [Таблице 3-2](#).

Если для команды APPLy указан только один параметр, он интерпретируется источником питания как значение напряжения.

APPLy?

Эта команда запрашивает текущую настройку напряжения и тока источника питания и возвращает строку в кавычках. Напряжение и ток возвращаются в виде последовательности, как показано ниже в примере строки (символы кавычек являются частью строки).

"8.00000,3.00000" (модель E3640A)

Настройки выхода и команды операций

В данном разделе описаны низкоуровневые команды, используемые для программирования источника питания. Хотя команда `APPLY` обеспечивает наиболее простой способ программирования источника питания, низкоуровневые команды настройки выхода обеспечивают большую гибкость изменения отдельных параметров.

CURRent {<ток>|MINimum|MAXimum|UP|DOWN}

С помощью этой команды программируется прямой уровень тока источника питания. Прямой уровень — это значение тока на выходных клеммах.

С помощью команды `CURRent` можно изменить вновь запрограммированное выходное значение источника питания независимо от текущего выбранного диапазона выходных значений.

Для параметра тока можно указать `MINimum` или `MAXimum` вместо конкретного значения. Параметр `MIN` позволяет выбрать наименьшее значение — 0 А, а параметр `MAX` — максимальное значение, допустимое для выбранного диапазона.

Эта команда также позволяет увеличить или уменьшить прямой уровень тока на predetermined величину с помощью параметра `UP` или `DOWN`. С помощью команды `CURRent:STEP` можно установить величину шага увеличения или уменьшения. Учтите, что новая настройка шага вызывает ошибку -222 (Data out of range (Данные вне диапазона)) при выходе за пределы максимального или минимального номинального тока.

CURRent? [MINimum|MAXimum]

Просмотр текущего запрограммированного уровня тока для источника питания. Команды `CURRent? MAX` и `CURRent? MIN` возвратят самый высокий и самый низкий программируемый уровень тока для выбранного диапазона.

CURRent:STEP {<числовое значение>|DEFault}

Установите величину шага для программирования тока с помощью команд CURRent UP и CURRent DOWN. См. «Пример» на странице 90.

Чтобы задать для размера шага минимальное разрешение, выберите размер шага DEFault. Минимальное разрешение размера шага составляет примерно 0,052 мА (E3640A), 0,015 мА (E3641A), 0,095 мА (E3642A), 0,026 мА (E3643A), 0,152 мА (E3644A) и 0,042 мА (E3645A).

Команда CURRent:STEP? DEF возвращает минимальное разрешение прибора. Размер шага определяет величину увеличения и уменьшения прямого уровня тока. Например, если размер шага равен 0,01, выходной ток будет увеличиваться или уменьшаться на 10 мА. По команде *RST устанавливается размер шага, равный значению минимального разрешения.

CURRent:STEP? [DEFault]

Возвращает текущий размер шага. Возвращенный параметр является числовым значением. Параметр DEFault задает для размера шага минимальное разрешение в амперах.

CURRent:TRIGgered {<ток>|MINimum|MAXimum}

Программирование ожидающего запуска уровня тока. Ожидающий запуск уровня тока — это сохраненное значение, передаваемое на выходные клеммы при запуске. На ожидающий запуск уровня тока выдача последующих команд CURRent не влияет.

CURRent:TRIGgered? [MINimum|MAXimum]

Запрос текущего запрограммированного запускаемого уровня тока. Если запускаемый уровень не запрограммирован, возвращается уровень CURRent.

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Настройки выхода и команды операций

Пример

В следующем сегменте программы показано, как использовать команду `CURR UP` или `CURR DOWN` для увеличения или уменьшения выходного тока с помощью команды `CURR:STEP`.

<code>CURR:STEP 0.01</code>	<i>Задание размера шага 0,01 А.</i>
<code>CURR UP</code>	<i>Увеличение выходного тока.</i>
<code>CURR:STEP 0.02</code>	<i>Задание размера шага 0,02 А.</i>
<code>CURR DOWN</code>	<i>Уменьшение выходного тока.</i>

VOLTage {<напряжение>|MINimum|MAXimum|UP|DOWN}

Программирование прямого уровня напряжения источника питания. Прямой уровень — это значение напряжения на выходных клеммах.

Команда `VOLTage` изменяет значение на выходе источника питания вновь запрограммированным значением независимо от текущего выбранного диапазона выходных значений.

Эта команда также позволяет увеличить или уменьшить прямой уровень напряжения на predetermined величину с помощью параметра `UP` или `DOWN`. С помощью команды `VOLTage:STEP` можно установить величину шага увеличения или уменьшения. Учтите, что новая настройка шага вызывает ошибку -222 (Data out of range (Данные вне диапазона)) при выходе за пределы максимального или минимального номинального напряжения.

VOLTage? [MINimum|MAXimum]

Запрос текущего запрограммированного уровня напряжения для источника питания.

VOLTage:STEP {<числовое значение>|DEFault}

Установите величину шага для программирования напряжения с помощью команд `CURRent UP` и `CURRent DOWN`.

См. «Пример» на странице 91.

Чтобы задать для размера шага минимальное разрешение, выберите размер шага `DEfAult`. Минимальное разрешение размера шага составляет примерно 0,35 мВ (E3640A), 1,14 мВ (E3641A), 0,38 мВ (E3642A), 1,14 мВ (E3643A), 0,35 мВ (E3644A) и 1,14 мВ (E3645A).

Размер шага определяет величину увеличения и уменьшения прямого уровня напряжения. Например, если размер шага равен 0,01, выходное напряжение будет увеличиваться или уменьшаться на 10 мВ. По команде `*RST` устанавливается размер шага, равный значению минимального разрешения.

VOLTage:STEP? [DEfAult]

Возвращает текущий размер шага. Возвращенный параметр является числовым значением. Параметр `DEfAult` задает для размера шага минимальное разрешение в вольтах.

Пример

В следующем сегменте программы показано, как использовать команду `VOLT UP` или `VOLT DOWN` для увеличения или уменьшения выходного напряжения с помощью команды `VOLT:STEP`.

<code>CURR:STEP 0.01</code>	<i>Задание размера шага 0,01 А.</i>
<code>VOLT UP</code>	<i>Увеличение выходного напряжения.</i>
<code>VOLT:STEP 0.02</code>	<i>Задание размера шага 0,02 А.</i>
<code>VOLT DOWN</code>	<i>Уменьшение выходного напряжения.</i>

VOLTage:TRIGgered {<напряжение>|MINimum|MAXimum}

Программирование ожидающего запуска уровня напряжения. Ожидающий запуска уровень напряжения — это сохраненное значение, передаваемое на выходные клеммы при запуске. На ожидающий запуска уровень напряжения выдача последующих команд `VOLTage` не влияет.

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Настройки выхода и команды операций

VOLTage:TRIGgered? [MINimum|MAXimum]

Запрос текущего запрограммированного запускаемого уровня напряжения. Если запускаемый уровень не запрограммирован, возвращается уровень VOLT.

VOLTage:PROTection {<напряжение>|MINimum|MAXimum}

Установка уровня напряжения, при котором должна сработать цепь защиты от перенапряжения (ЗПН). Если пиковое выходное напряжение превышает уровень ЗПН, выход источника питания закорачивается внутренним тиристором. Для сброса состояния перенапряжения после устранения условий, вызвавших срабатывание ЗПН, можно использовать команду VOLT:PROT:CLE.

VOLTage:PROTection? [MINimum|MAXimum]

Запрос текущего запрограммированного уровня защиты от перенапряжения.

VOLTage:PROTection:STATe {0|1|OFF|ON}

Разрешение или запрещение работы защиты от перенапряжения. По команде *RST устанавливается значение ON.

VOLTage:PROTection:STATe?

Запрос состояния функции защиты от перенапряжения. Возвращаемый параметр равен 0 (ВЫКЛ) или 1 (ВКЛ).

VOLTage:PROTection:TRIPped?

Возвращает 1, если сработала и не сброшена цепь защиты от перенапряжения, и 0, если она не сработала.

VOLTage : PROTection : CLear

Сбрасывает цепь защиты от перенапряжения. При выполнении этой команды выходное напряжение восстанавливается в состояние, в котором оно находилось до срабатывания ЗПН, а уровень срабатывания ЗПН не меняется и равен текущему запрограммированному значению.

Перед отправкой этой команды понизьте выходное напряжение ниже точки срабатывания ЗПН или поднимите уровень срабатывания ЗПН выше выходного напряжения. Учтите, что если состояние перенапряжения вызвано внешним источником, необходимо устранить причину, прежде чем отправлять эту команду.

VOLTage : RANGe

{ P8V^[1] | P20V^[1] | P35V^[2] | P60V^[2] | LOW | HIGH }

Выбирает выходной диапазон, который будет запрограммирован по идентификатору. Например, P20V или HIGH — это идентификатор диапазона 20 В/1,5 А, а идентификатор P8V или LOW — диапазона 8 В/3 А (для модели E3640A). По команде *RST выбирается диапазон низкого напряжения.

VOLTage : RANGe ?

Запрос текущего выбранного диапазона. Для диапазона низкого напряжения возвращаемый параметр равен P8V или P35V, а для диапазона высокого напряжения — P20V или P60V.

MEASure : CURRent ?

Запрос тока, измеренного на внутреннем резисторе считывания тока в источнике питания.

MEASure [: VOLTage] ?

Запрос напряжения, измеренного на клеммах считывания источника питания.

[1] Для моделей E3640A/E3642A/E3644A.

[2] Для моделей E3641A/E3643A/E3645A.



Запуск

Система запуска источника питания позволяет изменять значения напряжения и тока при получении сигнала запуска, а также выбирать источник запуска и вставку условия запуска. Запуск источника питания состоит из нескольких этапов.

- 1 Сначала необходимо указать источник запуска, от которого будет приниматься сигнал запуска. С помощью удаленного интерфейса в качестве источника запуска можно выбрать шину (программный источник) или прямой внутренний запуск.
- 2 Затем можно установить значение времени задержки с момента обнаружения сигнала запуска от выбранного источника запуска до момента начала изменений выходных параметров. Учтите, что время задержки действует только при запуске через шину.
- 3 И, наконец, следует ввести команду `INITiate`. Если выбран источник `IMmediate`, для выбранного выхода напрямую устанавливается запускаемый уровень. Однако если в качестве источника запуска выбрана шина, то уровень запуска источника питания устанавливается после получения команды запуска группового выполнения (`GET`) или `*TRG`.

Источник запуска

Необходимо указать источник запуска, от которого будет приниматься сигнал запуска. Сигнал запуска хранится в энергозависимой памяти, поэтому после отключения источника питания или его сброса через удаленный интерфейс в качестве источника запуска выбирается шина.

Запуск по шине (программный)

- Для выбора запуска по шине введите следующую команду:
`TRIG:SOUR BUS`

- Для запуска источника питания через удаленный интерфейс (GPIB или RS-232) после выбора шины в качестве источника запуска введите команду *TRG (запустить). При получении команды *TRG процедура запуска начинается по истечении указанного времени задержки, если оно задано.
- В качестве источника запуска можно также выбрать интерфейс GPIB, отправив сообщение запуска группового исполнения (GET) согласно IEEE-488. В следующем примере показано, как отправить сообщение GET с контроллера Hewlett-Packard.

TRIGGER 705 (запуск группового выполнения)

- Для обеспечения синхронизации при выборе шины в качестве источника введите команду *WAI (ожидание). При получении команды *WAI источник питания будет ожидать завершения всех отложенных операций, прежде чем выполнять дополнительные команды. Например, представленная ниже командная строка гарантирует прием первого события запуска и его выполнение, прежде чем распознавать второе события запуска.

TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI

- Можно воспользоваться запросом *OPC? (операция завершена) или командой *OPC, чтобы узнать, когда выполнение операции будет завершено. По запросу *OPC? в выходной буфер возвращается 1, когда выполнение операции будет завершено. Команда *OPC устанавливает бит OPC (бит 0) в регистре стандартных событий, когда выполнение операции завершится.

Прямой запуск

- Для выбора источника прямого запуска отправьте следующую команду:

TRIG:SOUR IMM

- Если выбран источник IMMEDIATE, команда INITiate напрямую передает значение VOLT:TRIG или CURR:TRIG в значение VOLT или CURR. Все задержки игнорируются.

Команды запуска

INITiate

Инициация системы запуска. По данной команде выполняется один полный цикл запуска, если в качестве источника выбран прямой запуск, и иницируется подсистема запуска, если источником запуска является шина.

TRIGger:DELaY {<секунды>|MINimum|MAXimum}

Установка времени задержки с момента обнаружения сигнала запуска от выбранного источника запуска до момента начала выполнения соответствующего действия запуска на выходе источника питания. Можно выбрать значение от 0 до 3600 секунд. MIN = 0 секунд, MAX = 3600 секунд. По команде *RST для данного параметра устанавливается значение 0 секунд.

TRIGger:DELaY? [MINimum|MAXimum]

Запрос задержки запуска.

TRIGger:SOURce {BUS|IMMediate}

Выбор источника запуска, от которого будет приниматься сигнал запуска. В качестве источника запуска для источника питания можно выбрать шину (программный источник) или прямой внутренний запуск. По команде *RST выбирается источник запуска по шине.

TRIGger:SOURce?

Запрос текущего источника запуска с возвратом значения BUS или IMM.

***TRG**

Создание запуска для подсистемы запуска, когда в качестве источника запуска выбрана шина (программа) (TRIG:SOUR BUS). Результат команды аналогичен результату команды запуска группового выполнения (GET). При использовании интерфейса RS-232 следует убедиться, что для источника питания установлен режим удаленного интерфейса путем первоначальной отправки команды SYST:REM.

Команды, связанные с системой

DISPlay {OFF|ON}

Включение и отключение дисплея передней панели. Когда дисплей выключен, данные с выхода не отображаются и все индикаторы, кроме индикатора **ERROR**, отключены.

При возврате в локальный режим дисплей включается автоматически. Для возврата из режима удаленного интерфейса в локальный режим нажмите клавишу  (**Local**).

DISPlay?

Запрос состояния дисплея передней панели с возвратом значения 0 (ВЫКЛ) или 1 (ВКЛ).

DISPlay:TEXT <строка в кавычках>

При выдаче данной команды на передней панели отображается сообщение. В сообщении источник питания отображает до 11 символов. Все дополнительные символы отрезаются. Запятые, точки и двоеточия отображаются в том же разряде дисплея, что и предшествующий символ, и не считаются отдельным символом.

DISPlay:TEXT?

Запрос сообщения, отправленного на переднюю панель, с возвратом строки в кавычках.

DISPlay:TEXT:CLear

Очистка сообщения, отображаемого на передней панели.

OUTPut {OFF|ON}

Разрешение или запрещение выхода источника питания. При отключенном выходе значение напряжения составляет 0 В, а значение тока — 20 мА. По команде *RST устанавливается состояние выхода OFF.

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Команды, связанные с системой

OUTPut?

Запрос состояния выхода источника питания. Возвращается 0 (ВЫКЛ) или 1 (ВКЛ).

OUTPut:RELAy {OFF|ON}

Установка состояния двух ТТЛ-сигналов в порту RS-232 с помощью переключателей 1 и 9. Эти сигналы предназначены для использования с внешним реле и управляющей цепью реле. По команде *RST для состояния `OUTPut:RELAy` устанавливается OFF. Для получения дополнительной информации см. раздел «Отсоединение выхода с помощью внешнего реле» на странице 53.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если источник питания был настроен на вывод сигналов управления реле, не используйте интерфейс RS-232. Это может привести к повреждению внутренних компонентов цепи RS-232.

OUTPut:RELAy?

Запрос состояния ТТЛ-сигналов релейной логики.

SYSTEM:BEEPer

Немедленная подача одиночного звукового сигнала.

SYSTEM:ERRor?

Запрос очереди ошибок источника питания. Очередь ошибок источника питания может содержать до 20 ошибок. Ошибки отображаются в порядке, соответствующем принципу «первый на входе — первый на выходе» (FIFO). Первой отображается ошибка, сохраненная первой. После просмотра всех ошибок в очереди индикатор **ERROR** гаснет и ошибки удаляются. Для получения дополнительной информации см. Главу 4, «Сообщения об ошибках».

SYSTem:VERSion?

Запрос текущей версии SCPI источника питания. В ответ возвращается строка в формате `YYYY.V`, где `Y` соответствует году версии, а `V` — номеру версии для этого года (например, `1997.0`).

SYSTem:COMMunicate:GPIB:RDEvice:ADDRess {<числовое значение>}

SYSTem:COMMunicate:GPIB:RDEvice:ADDRess?

Установка или запрос адреса шины для периферийного устройства. Изменение адреса с помощью команды не влияет на адрес периферийного устройства. При этом адрес, по которому данные отправляются прибором, не изменяется.

***IDN?**

Просмотр идентификационной строки источника питания. Источник питания вернет четыре поля, разделенных запятыми. Первом поле указывает имя изготовителя, второе — номер модели, третье поле не используется (всегда 0), а четвертое — код версии, содержащий три числа. Первое число — это номер версии микропрограммного обеспечения основного процессора источника питания. Второе — номер версии микропрограммного обеспечения процессора ввода/вывода. Третье — номер версии микропрограммного обеспечения процессора передней панели.

Команда возвращает строку в указанном ниже формате (убедитесь, что длина строковой переменной равна минимум 40 символам):

`Keysight Technologies,E3640A,0,X.X-Y.Y-Z.Z`
(модель E3640A)

***TST?**

Выполнение полного самотестирования источника питания с возвратом 0, если самотестирование завершилось успешно, и 1 или любого другого ненулевого значения при его сбое. При сбое самотестирования также создается сообщение об ошибке, содержащее дополнительные сведения о причинах сбоя.

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Команды, связанные с системой

*RST

Сброс источника питания в его включенное состояние.

Таблица 3-4 отображает состояние источника питания после выбора **RESET** в меню Recall или получения команды *RST через удаленный интерфейс.

Таблица 3-4 Сброс состояния источника питания

Команда	Состояние E3640A	Состояние E3641A	Состояние E3642A	Состояние E3643A	Состояние E3644A	Состояние E3645A
CURR	3 A	0,8 A	5 A	1,4 A	8 A	2,2 A
CURR : STEP	0,052 mA	0,015 mA	0,095 mA	0,026 mA	0,152 mA	0,042 mA
CURR : TRIG	3 A	0,8 A	5 A	1,4 A	8 A	2,2 A
DISP		ON			ON	
OUTP		OFF			OFF	
OUTP : REL		OFF			OFF	
TRIG : DEL		0			0	
TRIG : SOUR		BUS			BUS	
VOLT		0 B			0 B	
VOLT : STEP	0,35 mB	1,14 mB	0,38 mB	1,14 mB	0,35 mB	1,14 mB
VOLT : TRIG		0 B			0 B	
VOLT : PROT	22,0 B	66,0 B	22,0 B	66,0 B	22,0 B	66,0 B
VOLT : PROT : STAT		ON			ON	
VOLT : RANG	P8V (низкий)	P35V (низкий)	P8V (низкий)	P35V (низкий)	P8V (низкий)	P35V (низкий)

ПРИМЕЧАНИЕ

Выше перечислены типовые значения шага изменения напряжения и тока.

Команды настройки состояния памяти

Источник питания имеет пять ячеек энергозависимой памяти для хранения состояния источника питания. Ячейки имеют номера от 1 до 5. Каждой ячейке (от 1 до 5) можно присвоить имя, чтобы использовать его с передней панели.

***SAV {1|2|3|4|5}**

Сохранение текущего состояния источника питания в указанную ячейку памяти. Состояние, записанное ранее в эту ячейку памяти, будет перезаписано (без создания ошибки).

- Команда сброса при включении питания (*RST) не влияет на сохраненные в памяти конфигурации. Состояние, сохраненное в память, остается в ней до его перезаписи или намеренного удаления.
- Функция сохранения состояния позволяет сохранить состояния и значения для следующих команд:

CURR, CURR:STEP, CURR:TRIG, OUTP, OUTP:REL,
TRIG:DEL, TRIG:SOUR, VOLT, VOLT:STEP,
VOLT:TRIG, VOLT:PROT, VOLT:PROT:STAT и
VOLT:RANG

***RCL {1|2|3|4|5}**

Вызов состояния источника питания, сохраненного в определенной ячейке памяти. При поставке источника питания заводом-изготовителем данные в ячейках памяти (с 1-й по 5-ю) отсутствуют.

ПРИМЕЧАНИЕ

Состояние `DISP {OFF|ON}` может сохраняться и вызываться только через удаленный интерфейс. При переходе в локальный режим для состояния дисплея автоматически устанавливается `ON`.

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Команды настройки состояния памяти

```
MEMory:STATe:NAME {1|2|3|4|5},  
<имя в кавычках>
```

```
MEMory:STATe:NAME? {1|2|3|4|5}
```

Назначение имени для определенной ячейки памяти. С помощью удаленного интерфейса можно вызвать сохраненное состояние только по его порядковому номеру (от 1 до 5). Запрос :NAME? возвращает строку в кавычках, содержащую текущее имя, назначенное указанной ячейке памяти. Если имя указанной ячейке не назначено, отображается пустая строка (" "). Имя может содержать до девяти символов. Первый символ — буква или цифра. Использование пробелов не допускается. При указании имени, содержащего более девяти символов, отображается сообщение об ошибке. Для получения дополнительной информации см. раздел «**Сохранение состояния**» на **странице 54**. Ниже представлен пример:

```
MEM:STAT:NAME 1, 'P15V_TEST'
```

Если не указать имя (учтите, что параметр имени является необязательным), имя данному состоянию не будет назначено. Это позволяет стереть имя (однако сохраненное состояние при этом не удаляется).

Команды калибровки

Обзор функций калибровки источника питания представлен в разделе «Калибровка» на странице 64. Пример программы для калибровки представлен в разделе «Пример калибровки» на странице 106. Более подробные сведения о процедуре калибровки см. в Главе 8, «Сервис и техническое обслуживание».

ПРИМЕЧАНИЕ

При калибровке источника питания не следует устанавливать значение ON для параметра OVP во избежание срабатывания цепи защиты от перенапряжения.

CALibration:COUNT?

Запрос количества калибровок, выполненных для источника питания. Перед отгрузкой с завода-изготовителя источник питания калибруется.

При получении источника питания с завода-изготовителя, считайте счетчик калибровок для определения его начального значения. Поскольку значение увеличивается на единицу для каждой точки калибровки, при полной калибровке оно увеличится на три единицы.

CALibration:CURRENT[:DATA] <числовое значение>

Использовать эту команду можно только после отключения защиты калибровки и при состоянии ON для выхода. Она позволяет ввести текущее значение тока, измеренное с помощью внешнего прибора. Сначала для вводимого значения следует выбрать минимальный уровень калибровки (CAL:CURR:LEV MIN), а затем выбрать средний и максимальный уровни калибровки (CAL:CURR:LEV MID и CAL:CURR:LEV MAX). Необходимо выбрать и ввести три последовательных значения. После этого источник питания рассчитает новые константы калибровки. Затем эти константы будут сохранены в энергонезависимой памяти.

3 Сведения об удаленном интерфейсе Команды калибровки

CALibration:CURRent:LEVel {MINimum|MIDDLE|MAXimum}

Использовать эту команду можно только после отключения защиты калибровки и при состоянии ON для выхода. Она позволяет настроить источник питания на точку калибровки, вводимую с помощью команды CAL:CURR. Во время калибровки сначала необходимо ввести три точки и точку нижней границы диапазона (MIN).

CALibration:SECure:CODE <новый код в кавычках>

Введите новый код защиты. Для изменения кода защиты следует сначала отключить защиту источника питания с помощью старого кода защиты. Затем можно ввести новый код. Код калибровки, передаваемый через удаленный интерфейс, может содержать до 11 символов. Для получения дополнительной информации см. раздел «Калибровка» на странице 64.

CALibration:SECure:STATE {OFF|ON}, <код в кавычках>

Включение и отключение функции защиты калибровки источника питания с помощью кода защиты.

CALibration:SECure:STATE?

Запрос состояния защиты калибровки источника питания. Возвращаемый параметр равен 0 (ВЫКЛ) или 1 (ВКЛ).

CALibration:STRing <строка в кавычках>

Запись сведений о калибровке источника питания. Например, можно сохранить такие сведения, как дату последней калибровки, дату следующей калибровки или серийный номер источника питания. Сообщение о калибровке может содержать до 40 символов. Перед отправкой сообщения о калибровке функция защиты источника питания должна быть отключена.

CALibration:STRing?

Запрос сообщения калибровки с возвратом строки в кавычках.

CALibration:VOLTagE[:DATA] <числовое значение>

Использовать эту команду можно только после отключения защиты калибровки и при состоянии ON для выхода. Она позволяет ввести текущее значение напряжения, измеренное с помощью внешнего прибора. Сначала следует выбрать для вводимого значения минимальный уровень калибровки (CAL:VOLT:LEV MIN). Затем для вводимого значения следует выбрать средний и максимальный уровни калибровки (CAL:VOLT:LEV MID и CAL:VOLT:LEV MAX). Необходимо выбрать и ввести три последовательных значения. После этого источник питания рассчитает новые константы калибровки напряжения. Затем эти константы будут сохранены в энергонезависимой памяти.

CALibration:VOLTagE:LEVel {MINimum|MIDdle|MAXimum}

Использовать эту команду можно только после отключения защиты калибровки и при состоянии ON для выхода. Она позволяет настроить источник питания на точку калибровки, вводимую с помощью команды CAL:VOLT. Во время калибровки сначала необходимо ввести три точки и точку нижней границы диапазона (MIN).

CALibration:VOLTagE:PROTection

Калибровка цепи защиты от перенапряжения источника питания. Выполнение команды занимает прибл. 10 секунд. Перед калибровкой цепи защиты от перенапряжения следует отключить функцию защиты калибровки и включить выход. Источник питания автоматически выполняет калибровку и сохраняет новую константу для перенапряжения в энергонезависимой памяти. Учтите, что перед вводом данной команды выполняется калибровка напряжения.

Пример калибровки

- 1 Разрешите выход источника питания.
`OUTP ON`
- 2 Отключите функцию защиты от перенапряжения.
`VOLT:PROT:STAT OFF`
- 3 Отключите функцию защиты калибровки источника питания с помощью кода защиты.
`CAL:SEC:STAT OFF, '<код>'`
- 4 Для калибровки напряжения подключите к выходным клеммам источника питания цифровой вольтметр.
- 5 Задайте для источника питания нижнюю точку калибровки (MIN).
`CAL:VOLT:LEV MIN`
- 6 Введите значение, отображаемое на цифровом вольтметре.
`CAL:VOLT:DATA 0.549`
- 7 Задайте для источника питания среднюю точку калибровки (MID).
`CAL:VOLT:LEV MID`
- 8 Введите значение, отображаемое на цифровом вольтметре.
`CAL:VOLT:DATA 11.058`
- 9 Задайте для источника питания верхнюю точку калибровки (MAX).
`CAL:VOLT:LEV MAX`
- 10 Введите значение, отображаемое на цифровом вольтметре.
`CAL:VOLT:DATA 21.566`
- 11 Задайте для источника питания точку калибровки защиты от перенапряжения.
`CAL:VOLT:PROT`
- 12 Для калибровки тока подсоедините к выходным клеммам подходящий для измерения тока резистор (шунт), а к нему подсоедините цифровой вольтметр.
- 13 Для калибровки тока выполните шаги с 5 по 9, заменяя `CURR` на `VOLT`. Например, `CAL:CURR:LEV MIN`.

- 14 Сохраните сведения о калибровке, такие как дата следующей калибровки или сведения о контактном лице, для просмотра в будущем. Строка сведений о калибровке может содержать до 40 символов.

```
CALibration:STRing '<строка в кавычках>'
```

ПРИМЕЧАНИЕ

Для обеспечения точности калибровки следует дождаться стабилизации показаний цифрового вольтметра.

Команды настройки конфигурации интерфейса

Дополнительные сведения см. в [Главе 2, «Конфигурирование удаленного интерфейса»](#).

SYSTem:INTerface {GPIB|RS232}

Выберите удаленный интерфейс. Одновременно может быть разрешен только один интерфейс. При отгрузке источника питания заводом-изготовителем выбирается интерфейс GPIB.

SYSTem:LOCa1

Запуск источника питания в локальный режим при работе с интерфейсом RS-232. Все клавиши на передней панели полностью работоспособны.

SYSTem:REMOte

Запуск источника питания в удаленный режим при работе с интерфейсом RS-232. В удаленном режиме все клавиши на передней панели, за исключением клавиши **Local**, отключаются.

ПРИМЕЧАНИЕ

Исключительно важно ввести команду `SYST:REM` для перевода источника питания в удаленный режим. Отправка и получение данных через RS-232, если не настроить прибор на удаленный режим, может привести к непредсказуемым результатам.

SYSTem:RWLock

Запуск источника питания в удаленный режим при работе с интерфейсом RS-232. Эта команда аналогична команде `SYST:REM`, за исключением того, что отключаются все клавиши передней панели, включая клавишу **Local**.

<Ctrl-C>

Сброс выполняемой операции через интерфейс RS-232 с очисткой всех выходных данных, ожидающих передачи. Это действие аналогично действию очистки устройства согласно IEEE-488 через интерфейс GPIB.

Регистры состояний SCPI

Регистры состояний используются всеми приборами SCPI одинаково. Системные состояния записываются в различные состояния прибора в три группы регистров: регистр байта состояний (Status Byte), регистр стандартных событий (Standard Event) и группу регистров запрашиваемых состояний (Questionable Status). В регистр байта состояний записывается высокоуровневая сводная информация о записях в другие группы регистров.

Рисунок 3-1 на странице 110 иллюстрирует примеры данных системы записи состояний, используемых в источнике питания.

Сведения о регистре событий

Регистр событий — доступный только для чтения регистр памяти, в котором содержатся данные об определенных состояниях источника питания. Биты в регистре событий защелкиваются. При установке бита события последующие изменения его состояния игнорируются. Биты в регистре событий автоматически сбрасываются при запросе этого регистра (например, *ESR? или STAT:QUES:EVEN?) или при отправке команды *CLS (сбросить состояние). Команда (*RST) или сброс устройства не сбрасывает биты в регистре событий. Запрос регистра событий возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех установленных битов в регистре.

Сведения о регистре разрешений

Регистр разрешений определяет, какие биты в соответствующем регистре событий логически складываются операцией ИЛИ для формирования одного сводного бита. Регистры разрешений допускают как чтение, так и запись. При запросе регистра разрешений он сбрасывается. Команда *CLS (сбросить состояние) не сбрасывает регистры разрешений, но сбрасывает биты в регистрах событий. Для разрешения битов

3 Сведения об удаленном интерфейсе Регистры состояний SCPI

в регистре разрешений необходимо записать в него десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме битов, которые требуется разрешить в регистре.

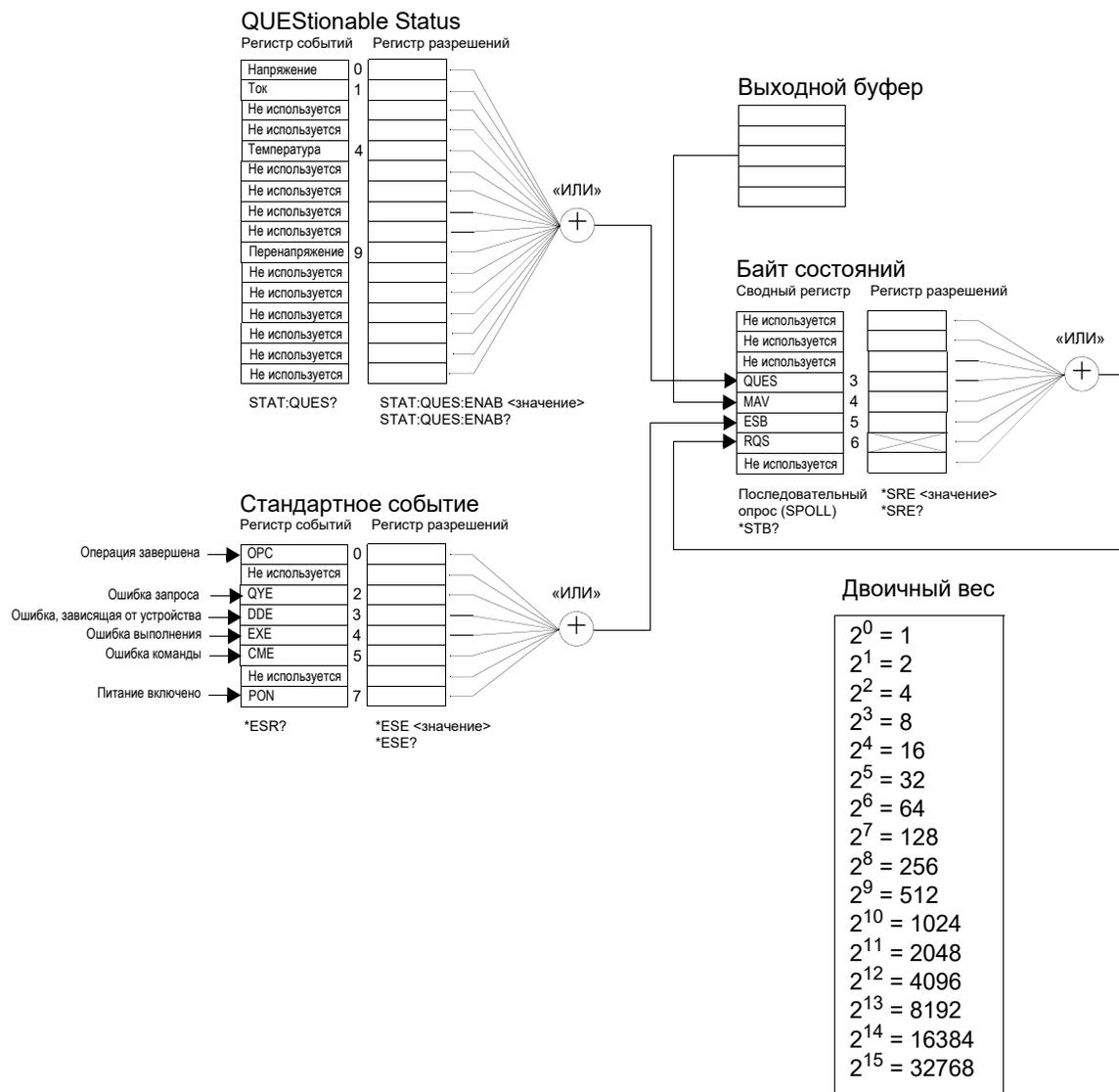


Рисунок 3-1 Система состояний SCPI

Регистр запрашиваемых состояний

Регистр запрашиваемых состояний содержит сведения о регулировке напряжения и тока. Бит 0 устанавливается, когда напряжение становится нерегулируемым, а бит 1, когда нерегулируемым становится ток. Например, если источник питания кратковременно переходит в режим постоянства тока при его работе в качестве источника напряжения (режиме постоянства напряжения), устанавливается бит 0 для индикации того, что напряжение на выходе не регулируется.

Регистр запрашиваемых состояний также содержит сведения об условиях перегрева источника питания и срабатывании цепи защиты от перенапряжения. Бит 4 служит индикатором состояния перегрева вентилятора, а бит 9 — индикатором срабатывания цепи защиты от перенапряжения. Для чтения регистра введите команду `STATus:QUEStionable?`.

Таблица 3-5 Определения битов — регистр запрашиваемых состояний

Бит	Десятичное значение	Определение	
0	Напряжение	1	Источник питания находится/находился в режиме постоянства тока.
1	Ток	2	Источник питания находится/находился в режиме постоянства напряжения.
От 2 до 3	Не используется	0	Всегда в состоянии «0».
4	Перегрев	16	Сбой работы вентилятора.
От 5 до 8	Не используется	0	Всегда в состоянии «0».
9	Перенапряжение	512	Сработала цепь защиты от перенапряжения.
От 10 до 15	Не используется	0	Всегда в состоянии «0».

Регистр событий запрашиваемых состояний сбрасывается в следующих случаях:

- при выполнении команды `*CLS`;

3 Сведения об удаленном интерфейсе Регистры состояний SCPI

- при запросе регистра событий с помощью команды `STAT:QUES?` (регистр события запрашиваемого состояния).

Например, если при запросе состояния регистра `Questionable Event` возвращается значение 16, это означает, что можно запрашивать температурное состояние.

При выполнении команды `STAT:QUES:ENAB 0` сбрасывается регистр `Questionable Status Enable` (разрешение запроса состояния).

Регистр стандартных событий

В регистре стандартных событий хранятся данные о следующих событиях, связанных с прибором: обнаружение включения питания, ошибки синтаксиса команд, ошибки выполнения команд, ошибки самотестирования и калибровки, ошибки запросов и выполнение команды `*OPC`. Если регистр разрешен, эти состояния (все или часть) сообщаются сводным битом стандартного события (ESB, бит 5) в регистре байта состояний. Для установки маски разрешенных регистров требуется записать в регистр десятичное значение с помощью команды `*ESE` (разрешить состояние событий).

ПРИМЕЧАНИЕ

Состояние ошибки (регистр стандартных событий, бит 2, 3, 4 или 5) всегда записывает одну или несколько ошибок в очередь ошибок источника питания. Для просмотра очереди ошибок используйте команду `SYST:ERR?`.

Таблица 3-6 Определения битов — регистр стандартных событий

Бит	Десятичное значение	Определение
0	OPC	1 Операция завершена. Выполнены все команды, предшествующие команде <code>*OPC</code> , и эта команда.
1	Не используется	0 Всегда в состоянии «0».

Таблица 3-6 Определения битов — регистр стандартных событий (продолжение)

Бит	Десятичное значение	Определение
2	QYE	4 Ошибка запроса Источник питания пытался выполнить чтение выходного буфера, но он был пуст. Или до чтения предыдущего запроса была получена новая командная строка. Или произошло переполнение входного и выходного буфера.
3	DDE	8 Ошибка устройства. Ошибка самотестирования или калибровки (см. номера ошибок с 601 по 755 в Главе 4, «Сообщения об ошибках»).
4	EXE	16 Ошибка выполнения Ошибка выполнения (см. номера ошибок с -211 по -223 в Chapter 4, «Сообщения об ошибках»).
5	CME	32 Ошибка команды Ошибка синтаксиса команды (см. номера ошибок с -104 по -178 в Chapter 4, «Сообщения об ошибках»).
6	Не используется	0 Всегда в состоянии «0».
7	PON	128 Питание включено С момента последнего просмотра и очистки регистра событий питание было выключено и включено.

Регистр стандартных событий сбрасывается в следующих случаях:

- при выполнении команды *CLS;
- при запросе регистра событий с помощью команды *ESR? (регистр состояния событий).

Например, если при запросе состояния регистра стандартных событий возвращается значение 28 (4 + 8 + 16), это свидетельствует о том, что возникли условия QYE, DDE и EXE.

Регистр разрешения стандартных событий сбрасывается в следующих случаях:

- при выполнении команды *ESE 0;
- при включении питания, если до этого источник питания был сконфигурирован с помощью команды *PSC 1.

Регистр разрешения не будет очищен при включении питания, если до этого источник питания был настроен с помощью команды *PSC 0.

Регистр байта состояний

В сводном регистре байта состояний содержатся данные о состояниях в других регистрах состояний. Если запрашиваемые данные находятся в выходном буфере источника питания, об этом немедленно сообщается с помощью бита 4 (сообщение доступно) в регистре байта состояний. Биты в сводном регистре не защелкиваются.

При очистке регистра событий очищаются соответствующие биты в сводном регистре байта состояний. По окончании чтения всех сообщений в выходном буфере, включая все ожидающие запросы, бит доступности сообщений будет очищен.

Для чтения регистра введите команду
`STATus:QUEStionable?`.

Таблица 3-7 Определения битов — сводный регистр байта состояний

Бит	Десятичное значение	Определение	
От 0 до 2	Не используется	0	Всегда в состоянии «0».
3	QUES	8	В регистре запрашиваемых состояний устанавливается один или несколько битов (биты должны быть «разрешены» в регистре разрешений).
4	MAV	16	Есть данные в выходном буфере источника питания.
5	ESB	32	В регистре стандартных событий установлены один или несколько битов (биты должны быть «разрешены» в регистре разрешений).
6	RQS	64	Источник питания запрашивает сервис (последовательный опрос).
7	Не используется	0	Всегда в состоянии «0».

При выполнении команды `*CLS` сводный регистр байта состояний сбрасывается.

При запросе регистра стандартных событий (команда `*ESR?`) сбрасывается только бит 5 в сводном регистре байта состояний.

Например, если при запросе регистра байта состояний возвращается значение 24 (8 + 16), это свидетельствует о том, что произошли события QUES и MAV.

Регистр разрешения байта состояний (запрос обслуживания) очищается в следующих случаях:

- при вводе команды *SRE 0;
- при включении питания, если до этого источник питания был сконфигурирован с помощью команды *PSC 1.

Регистр разрешения не будет очищен при включении питания, если до этого источник питания был настроен с помощью команды *PSC 0.

Использование запроса обслуживания (SRQ) и последовательного опроса

Для использования этой возможности необходимо настроить контроллер шины для отклика на прерывание по запросу обслуживания IEEE-488 SRQ. Чтобы выбрать, какие сводные биты будут установлены низкоуровневым сигналом запроса обслуживания IEEE-488, используйте команду регистра разрешений байта состояний (*SRE). Когда в байте состояний установлен бит 6 (запрос обслуживания), на контроллер шины автоматически отправляется сообщение прерывания по запросу обслуживания IEEE-488. Затем контроллер шины может опросить подключенные к шине приборы, чтобы определить, для какого из них был создан запрос обслуживания (прибор с установленным битом 6 в байте состояний).

Очистить бит запроса обслуживания можно только путем просмотра байта состояний с помощью последовательного опроса IEEE-488 или просмотра регистра событий, сводный бит которого вызвал запрос обслуживания.

Для чтения сводного регистра байта состояний следует отправить сообщение последовательного опроса IEEE-488. Запрос сводного регистра возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех установленных битов в регистре. При последовательном опросе бит запроса обслуживания в сводном регистре байта состояний будет автоматически сброшен. Остальные биты не затрагиваются. Последовательный опрос не влияет на обмен данными с прибором.

ПРИМЕЧАНИЕ

Стандарт IEEE-488 не гарантирует синхронизацию между программой контроллера шины и прибором. Чтобы гарантировать, что отправленные ранее в прибор команды были выполнены, воспользуйтесь командой *OPC?. При выполнении последовательного опроса до завершения выполнения команд *RST, *CLS и т. п. могут быть возвращены данные, соответствующие предыдущим условиям.

Использование *STB? для чтения байта состояний

Команда *STB? (запрос байта состояний) аналогична выполнению последовательного опроса, однако она обрабатывается подобно остальным командам прибора. Команда *STB? возвращает те же результаты, что и последовательный опрос, однако бит запроса обслуживания (бит 6) не сбрасывается.

Команда *STB? не обрабатывается оборудованием интерфейса шины IEEE-488 автоматически и будет выполнена только по завершению выполнения предыдущих команд. Последовательный опрос с помощью команды *STB? невозможен. При выполнении команды *STB? сводный регистр байта состояний не сбрасывается.

Использование бита доступного сообщения (MAV)

Бит «доступно сообщение» (бит 4) байта состояний можно использовать для определения, есть ли данные, доступные для чтения контроллером шины. Бит 4 периодически сбрасывается прибором только после чтения всех сообщений в выходном буфере.

Использование запроса обслуживания (SRQ) для прерывания контроллера шины

- 1 Для очистки выходного буфера источника питания отправьте в прибор сообщение об очистке (например, CLEAR 705).
- 2 Сбросьте регистры событий с помощью команды *CLS.
- 3 Настройте маски разрешения регистров. Выполните команду *ESE, чтобы настроить регистр стандартных событий, и команду *SRE для байта состояний.
- 4 Отправьте команду *OPC? (запрос завершения операции), а затем введите результат для обеспечения синхронизации.
- 5 Разрешите прерывание SRQ контроллера шины IEEE-488.

Определение завершения выполнения последовательности команд

- 1 Для очистки выходного буфера источника питания отправьте в прибор сообщение об очистке (например, CLEAR 705).
- 2 Сбросьте регистры событий с помощью команды *CLS.
- 3 Разрешите бит «операция завершена» (бит 0) в регистре стандартных событий, выполнив команду *ESE 1.
- 4 Отправьте команду *OPC? (запрос завершения операции), а затем введите результат для обеспечения синхронизации.
- 5 Введите командную строку, чтобы запрограммировать требуемую конфигурацию, а затем выполните команду *OPC (операция завершена) в качестве последней команды. По завершении выполнения последовательности команд в регистре стандартных событий будет установлен бит завершения операции (бит 0).
- 6 Для определения установки бита 5 (стандартное событие) в регистре сводного байта состояний воспользуйтесь последовательным опросом. Источник питания можно также настроить на прерывание SRQ с помощью команды *SRE 32 (регистр разрешений байта состояний, бит 5).

Использование команды *OPC для сигнализации наличия данных в выходном буфере

Как правило, для сигнализации о выполнении последовательности команд лучше использовать бит «операция завершена» (бит 0) в регистре стандартных событий. Этот бит регистре устанавливается после выполнения команды *OPC. Если отправить команду *OPC после команды, которая загружает сообщение в выходной буфер источника питания (запросить данные), можно использовать бит «операция завершена» для определения доступности сообщения.

Однако при создании слишком большого количества последовательных сообщений перед выполнением команды *OPC выходной буфер будет переполнен, и источник питания перестанет обрабатывать команды.

Команды информирования о состоянии

Сведения о структуре регистра состояний источника питания представлены на [Рисунке 3-1 на странице 110](#).

SYSTem:ERRor?

Запрос очереди ошибок источника питания. Очередь ошибок источника питания может содержать до 20 записей. Ошибки отображаются в порядке, соответствующем принципу «первый на входе — первый на выходе» (FIFO). Первой отображается ошибка, сохраненная первой. После просмотра всех ошибок в очереди индикатор **ERROR** гаснет и ошибки удаляются. Для получения дополнительной информации см. [Главу 4, «Сообщения об ошибках»](#).

STATus:QUESTionable:CONDition?

Запрос условного регистра запрашиваемых состояний для проверки режиме ПН или ПТ источник питания. Источник питания возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех битов в регистре. Эти биты не защелкиваются. Если возвращается 0, источник питания находится в режиме запрета выхода или в нерегулируемом состоянии. Если возвращается 1, источник питания находится в режиме ПТ, а если возвращается 2, в режиме ПН. Возврат 3 означает сбой источника питания.

STATus:QUESTionable[:EVENT]?

Запрос регистра события запрашиваемых состояний. Источник питания возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех битов в регистре. Эти биты защелкиваются. При чтении регистра событий он сбрасывается.

STATus:QUESTionable:ENABle <значение разрешения>

Разрешение битов в регистре разрешения запрашиваемых состояний. Затем выбранные биты передаются в байт состояний.

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Команды информирования о состоянии

STATus:QUEStionable:ENABle?

Запрос регистра разрешений запрашиваемых состояний. Источник питания возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех установленных битов в регистре разрешений.

***CLS**

Очистка всех регистров событий и регистра байта состояний.

***ESE <значение разрешения>**

Разрешение битов в регистре разрешения стандартных событий. Затем выбранные биты передаются в байт состояний.

***ESE?**

Запрос регистра разрешения стандартных событий. Источник питания возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех битов в регистре.

***ESR?**

Запрос регистра стандартных событий. Источник питания возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех битов в регистре.

***OPC**

Установка бита «операция завершена» (бит 0) в регистре стандартных событий по завершении выполнения команды.

***OPC?**

Возврат 1 в выходной буфер по завершении выполнения команды.

***PSC {0|1}**

Эта команда сброса состояния включения питания позволяет сбросить байт состояний и маски разрешения регистра стандартных событий при включении питания (*PSC 1). По команде *PSC 0 байт состояний и маска разрешения регистра стандартных событий не сбрасывается при включении питания.

***PSC?**

Запрос очистки состояний при включении питания. Команда возвращает 0 (*PSC 0) или 1 (*PSC 1).

***SRE <значение разрешения>**

Разрешение битов в регистре разрешений байта состояний.

***SRE?**

Запрос регистра разрешений байта состояний. Источник питания возвращает десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех установленных битов в регистре разрешений.

***STB?**

Запрос сводного регистра байта состояний. Команда *STB? аналогична выполнению последовательного опроса, однако она обрабатывается подобно остальным командам прибора.

Команда *STB? возвращает те же результаты, что и последовательный опрос, однако бит запроса обслуживания (бит 6) не сбрасывается, как при последовательном опросе.

***WAI**

Указывает источнику питания ожидать завершения всех ожидающих операций, прежде чем выполнять дополнительные команды, переданные через интерфейс.

Команда *WAI используется только в режиме с запуском.

Остановке процесса вывода данных

Можно в любое время отправить команду очистки устройства, чтобы остановить процесс вывода данных через интерфейс GPIB. При получении сообщения об очистке устройства регистры состояния, очередь ошибок и все данные о состояниях конфигурации не изменяются.

Команда очистки устройства выполняет следующие действия.

- Очищаются входной и выходной буферы источника питания.
- Источник питания готов к приему новой командной строки.

В следующем примере показано, как отправить команду очистки устройства через интерфейс GPIB с помощью языка Keysight BASIC.

```
CLEAR 705 Очистка устройства IEEE-488
```

В следующем примере показано, как отправить команду очистки устройства через интерфейс GPIB с помощью библиотеки команд GPIB для языка C или QuickBASIC.

```
IOCLEAR (705)
```

ПРИМЕЧАНИЕ

- Отправка символа <Ctrl-C> через интерфейс RS-232 аналогична сообщению об очистке устройства IEEE-488. После сообщения об очистке линия квитирования DTR (терминал данных готов) источника питания будет переведена в состояние «истина».
- Все конфигурации удаленного интерфейса можно вводить только с передней панели. Настройку интерфейсов GPIB или RS-232 перед управлением источником питания через удаленный интерфейс см. в разделе [«Конфигурирование удаленного интерфейса»](#) на странице 43.

Сведения о соответствии стандарту SCPI

Источник питания соответствует требованиям версии 1997.0 стандарта SCPI. Источник питания поддерживает многие из команд этого стандарта, однако для простоты и наглядности они не описаны в данном руководстве. Большинство этих недокументированных команд дублируют функциональность команд, описанных в данном руководстве.

Команды, соответствующие стандарту SCPI

Таблица 3-8 содержит перечень команд, соответствующих стандарту SCPI и используемых источником питания.

Таблица 3-8 Команды, соответствующие стандарту SCPI

```
DISPlay
  [:WINDow][:STATe] {OFF|ON}
  [:WINDow][:STATe]?
  [:WINDow]:TEXT[:DATA] <строка в кавычках>
  [:WINDow]:TEXT[:DATA]?
  [:WINDow]:TEXT:CLEAr

INITiate[:IMMediate]
MEASure
  :CURRent[:DC]?
  [:VOLTagE][:DC]?
OUTPut
  [:STATe] {OFF|ON}
  [:STATe?]
[SOURce:]
  CURRent[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] {<ток>|MIN|MAX|UP|DOWN}
  CURRent[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  CURRent[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement] {<числовое значение>|DEFault}
  CURRent[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement]? [DEFault]
  CURRent[:LEVel]:TRIGGered[:AMPLitude] {<ток>|MIN|MAX}
  CURRent[:LEVel]:TRIGGered[:AMPLitude]? [MIN|MAX]
```

3 Сведения об удаленном интерфейсе

Сведения о соответствии стандарту SCPI

Таблица 3-8 Команды, соответствующие стандарту SCPI (продолжение)

```
[SOURce:]
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] {<напряжение>|MIN|MAX|UP|DOWN}
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement] {<числовое значение>|DEFault}
  VOLTage[:LEVel][:IMMediate]:STEP[:INCRement]? [DEFault]
  VOLTage[:LEVel]:TRIGgered[:AMPLitude] {<напряжение>|MIN|MAX}
  VOLTage[:LEVel]:TRIGgered[:AMPLitude]? [MIN|MAX]
  VOLTage:PROTection[:LEVel] {<напряжение>|MIN|MAX}
  VOLTage:PROTection[:LEVel]? [MIN|MAX]
  VOLTage:PROTection:STATe {0|1|OFF|ON}
  VOLTage:PROTection:STATe?
  VOLTage:PROTection:TRIPped?
  VOLTage:PROTection:CLear
  VOLTage:RANGe {P8V[1]|P20V[1]|P35V[2]|P60V[2]|LOW|HIGH}
  VOLTage:RANGe?
STATus
  :QUEStionable:CONDition?
  :QUEStionable[:EVENT]?
  :QUEStionable:ENABle <значение разрешения>
  :QUEStionable:ENABle?
SYSTem
  :BEEPer[:IMMediate]
  :ERRor?
  :VERSion?
TRIGger
  [:SEQuence]:DELay {<секунды>|MIN|MAX}
  [:SEQuence]:DELay? [MIN|MAX]
  [:SEQuence]:SOURce {BUS|IMM}
  [:SEQuence]:SOURce?
```

[1] Применимо только для E3640A, E3642A, и E3644A.

[2] Применимо только для E3641A, E3643A, и E3645A.

Команды, специфичные для устройства

Ниже перечислены команды, специфичные для источника питания. Они не входят в версию 1997.0 стандарта SCPI. Однако эти команды разработаны на основе стандарта SCPI и соответствуют всем правилам синтаксиса, определенным стандартом.

Таблица 3-9 Команды, специфичные для устройства (не SCPI-команды)

```
APPLy {<напряжение>|DEF|MIN|MAX} [, {<ток>|DEF|MIN|MAX} ]
APPLy?
CALibration
:COUNT?
:CURRent[:DATA] <числовое значение>
:CURRent:LEVel {MIN|MID|MAX}
:SECure:CODE <новый код>
:SECure:STATe {OFF|ON}, <код в кавычках>
:SECure:STATe?
:STRing <строка в кавычках>
:STRing?
:VOLTagе[:DATA] <числовое значение>
:VOLTagе:LEVel {MIN|MID|MAX}
:VOLTagе:PROTection
OUTPut
:RELAy[:STATe] {OFF|ON}
:RELAy[:STATe]?
SYSTem
:LOCAL
:REMOte
:RWLock
```

- 3 Сведения об удаленном интерфейсе
Сведения о соответствии стандарту IEEE-488

Сведения о соответствии стандарту IEEE-488

Выделенные аппаратные линии

ATN	<i>Внимание</i>
IFC	<i>Очистка интерфейса</i>
REN	<i>Разрешение удаленного интерфейса</i>
SRQ	<i>Разрешение запроса обслуживания</i>

Адресные команды

DCL	<i>Очистка устройства</i>
EOI	<i>Конец или идентификация</i>
GET	<i>Запуск группового выполнения</i>
GTL	<i>Перейти в локальный режим</i>
LLO	<i>Блокировать локальный режим</i>
SDC	<i>Очистка выбранного устройства</i>
SPD	<i>Запрет последовательного опроса</i>
SPE	<i>Разрешение последовательного опроса</i>

Общие команды IEEE-488.2

*CLS
*ESE <значение разрешения>
*ESE?
*ESR?
*IDN?
*OPC
*OPC?
*PSC {0|1}
*PSC?
*RST
*SAV {1|2|3|4|5}
*RCL {1|2|3|4|5}
*SRE <значение разрешения>
*SRE?
*STB?
*TRG
*TST?
*WAI

3 Сведения об удаленном интерфейсе
Сведения о соответствии стандарту IEEE-488

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ.

4 Сообщения об ошибках

Обзор	130
Сообщения об ошибках выполнения	132
Сообщения об ошибках самотестирования	137
Сообщения об ошибках калибровки	140

В данной главе перечислены сообщения об ошибках, которые могут появляться при работе с источником питания.

Обзор

Ошибки отображаются в порядке, соответствующем принципу «первый на входе — первый на выходе» (FIFO). Первой отображается ошибка, сохраненная первой. Ошибки очищаются после их просмотра. После просмотра всех ошибок в очереди индикатор **ERROR** гаснет и ошибки очищаются. При каждой ошибке источник питания выдает одиночный звуковой сигнал.

Если число ошибок превышает 20, последняя ошибка в очереди (самая недавняя) заменяется сообщением -350, "Queue overflow" (Переполнение очереди). Последующие ошибки не сохраняются, пока не будут прочитаны все ошибки. Если при чтении очереди ошибок не было других ошибок, источник питания передает сообщение +0, "No error" (Ошибки отсутствуют) через удаленный интерфейс или отображает сообщение **NO ERRORS** (ОШИБОК НЕТ) на передней панели.

Очередь ошибок очищается командой *CLS (очистить состояние) или при выключении-включении питания. Ошибки также очищаются при чтении очереди.

ПРИМЕЧАНИЕ

По команде *RST (сброс) очередь ошибок не очищается.

Работа с передней панели

Если источник питания используется в удаленном режиме, нажмите клавишу  (**Local**) для возврата источника питания в режим работы с передней панели.

 View

ERRORS

Если горит индикатор **ERROR**, нажмите клавишу  для просмотра ошибок. Для прокрутки номеров ошибок используйте регулятор. Для просмотра текста сообщения об ошибке нажмите клавишу . Для увеличения скорости прокрутки текста на дисплее нажмите клавишу . Все ошибки очищаются при выходе из меню нажатием клавиши  или по тайм-ауту дисплея, примерно через 30 секунд.

Работа через удаленный интерфейс

SYSTem:ERRor?

*Просмотр и удаление одной ошибки
из очереди ошибок.*

Ошибки имеют следующий формат (строка ошибки может
содержать до 80 символов).

-102, "Syntax error"

4 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках выполнения

Сообщения об ошибках выполнения

Таблица 4-1 Сообщения об ошибках выполнения

-101	Invalid character В командной строке обнаружен недопустимый символ. Ключевое слово команды или параметр содержит такой символ, как #, \$ или %. Пример: <code>OUTP:STAT #ON</code>
-102	Syntax error В командной строке обнаружен недопустимый синтаксис. Возможно, был вставлен пробел до или после двоеточия в заголовке команды или пробел перед запятой. Пример: <code>VOLT:LEV , 1</code>
-103	Invalid separator В командной строке обнаружен недопустимый разделитель. Возможно, была вставлена запятая вместо двоеточия, точки с запятой или пробела или вставлен пробел вместо запятой. Пример: <code>TRIG:SOUR,BUS</code> или <code>APPL 1.0 1.0</code>
-104	Data type error В командной строке обнаружен параметр неверного типа. Возможно, было указано число там, где ожидалась строка, или наоборот.
-105	GET not allowed Запуск группового выполнения (GET) недопустим в командной строке.
-108	Parameter not allowed Для команды было получено больше параметров, чем ожидалось. Возможно, был указан лишний параметр или был добавлен параметр к команде, не поддерживающей параметры. Пример: <code>APPL? 10</code>
-109	Missing parameter Для команды было получено меньше параметров, чем ожидалось. Пропуск одного или нескольких параметров, необходимых для данной команды. Пример: <code>APPL</code>
-112	Program mnemonic too long Был получен заголовок команды, содержащий более допустимого количества символов (12).

Таблица 4-1 Сообщения об ошибках выполнения (продолжение)

-113	<p>Undefined header</p> <p>Была получена команда, недопустимая для данного источника питания. Возможно, в тексте команды была допущена опечатка или использованная команда недопустима. Если используется краткая форма команды, учтите, что она может содержать до четырех букв.</p> <p>Пример: TRIGG:DEL 3</p>
-114 ^[1]	<p>Header suffix out of range</p> <p>Числовой суффикс, добавленный к команде не является допустимым значением.</p> <p>Пример: OUTPUT2 ON</p>
-120 ^[1]	<p>Numeric data error</p> <p>Для числового параметра было указано недопустимое число.</p> <p>Пример: APPL 1.0E+320000</p>
-121	<p>Invalid character in number</p> <p>В числе, указанном для значения параметра, обнаружен недопустимый символ.</p> <p>Пример: *ESE #B01010102</p>
-123	<p>Numeric overflow</p> <p>Обнаружен числовой параметр с показателем более 32 000.</p>
-124	<p>Too many digits</p> <p>Обнаружен числовой параметр, мантисса которого содержит более 255 разрядов, включая начальные нули.</p>
-128	<p>Numeric data not allowed</p> <p>Вместо ожидаемой символьной строки был получен числовой параметр.</p> <p>Пример: DISP:TEXT 123</p>
-130 ^[1]	<p>Suffix error</p> <p>Был неправильно указан суффикс числового параметра. Возможно, была допущена опечатка в суффиксе или суффикс неприемлем для числового параметра.</p> <p>Пример: TRIG:DEL 0.5 SECS</p>
-131	<p>Invalid suffix</p> <p>Был неправильно указан суффикс числового параметра. Возможно, в суффиксе была допущена опечатка.</p> <p>Пример: TRIG:DEL 0.5 SECS</p>
-134	<p>Suffix too long</p> <p>В суффиксе для числового параметра содержится слишком много символов.</p>

4 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках выполнения

Таблица 4-1 Сообщения об ошибках выполнения (продолжение)

-138	Suffix not allowed Получен суффикс, следующий за числовым параметром, не поддерживающим суффиксы. Пример: STAT:QUES:ENAB 18 SEC (SEC — недопустимый суффикс.)
-141	Invalid character data Элемент символьных данных содержит недопустимый символ, или полученный элемент недопустим для заголовка.
-144	Character data too long Элемент символьных данных содержит слишком много символов.
-148	Character data not allowed Вместо ожидаемой символьной строки или числового параметра был получен дискретный параметр. Проверьте список параметров, чтобы убедиться, что был использован параметр допустимого типа. Пример: DISP:TEXT ON
-151	Invalid string data Получена недопустимая символьная строка. Убедитесь, что символьная строка была заключена в одинарные или двойные кавычки. Пример: DISP:TEXT 'ON
-158	String data not allowed Получена символьная строка, но она недопустима для команды. Проверьте список параметров, чтобы убедиться, что был использован параметр допустимого типа. Пример: TRIG:DEL `zero`
От -160 до -168	Block data errors Источник питания не принимает блок данных.
От -170 до -178	Expression errors Источник питания не поддерживает математические выражения.
-211	Trigger ignored Была получен запуск группового выполнения (GET) или команда *TRG, однако запуск был проигнорирован. В качестве источника запуска следует указать шину и инициировать подсистему запуска с помощью команды INIT[:IMM].
-213	Init ignored Была получена команда INITiate, однако она не могла быть обработана из-за того, что выполнялось измерение. Введите команду очистки устройства, чтобы прервать выполняемое измерение, и переключите источник питания в режим ожидания.

Таблица 4-1 Сообщения об ошибках выполнения (продолжение)

-221	<p>Settings conflict</p> <p>Обозначает, что был распознан легальный программный элемент данных, но он не был выполнен из-за текущего состояния устройства.</p>
-222	<p>Data out of range</p> <p>Значение числового параметра находится за пределами допустимого для команды диапазона.</p> <p>Пример: <code>TRIG:DEL -3</code></p>
-223	<p>Too much data</p> <p>Получена символьная строка, которая не может быть обработана, поскольку ее длина превышает 40 символов. Эта ошибка может быть вызвана командой <code>CALibration:STRING</code>.</p>
-224	<p>Illegal parameter value</p> <p>Полученный дискретный параметр недопустим для команды. Возможно, был использован неправильный параметр.</p> <p>Пример: <code>DISP:STAT XYZ</code> (XYZ — недопустимый вариант.)</p>
-330	<p>Self-test failed</p> <p>Сбой при выполнении полного самотестирования, инициированного через удаленный интерфейс (команда <code>*TST?</code>). Помимо данной ошибки создаются более подробные отчеты об ошибках по результатам самотестирования. См. также “Сообщения об ошибках самотестирования” on page 137.</p>
-350	<p>Queue overflow</p> <p>Переполнение очереди ошибок из-за возникновения более 20 ошибок. Последующие ошибки не сохраняются, пока не будут прочитаны все ошибки. Очередь ошибок очищается при отключении питания или после выполнения команды <code>*CLS</code>.</p>
-410	<p>Query INTERRUPTED</p> <p>Была получена команда отправки данных в выходной буфер, однако в выходном буфере содержались данные предыдущей команды (предыдущие данные не перезаписываются). Выходной буфер очищается при отключении питания или после выполнения команды <code>*RST</code> (сброс).</p>
-420	<p>Query UNTERMINATED</p> <p>Источник питания получил запрос на обмен данными (т. е. запрос на отправку данных через интерфейс), однако не была получена команда отправки данных в выходной буфер. Например, могла быть отправлена команда <code>APPLY</code> (не вызывающая создания данных), а затем предпринята попытка выполнения команды <code>ENTER</code> для чтения данных через удаленный интерфейс.</p>
-430	<p>Query DEADLOCKED</p> <p>Была получена команда, создающая слишком много данных для их размещения в выходном буфере, входной буфер также заполнен. Выполнение команды будет продолжено, однако все данные будут утеряны.</p>

4 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках выполнения

Таблица 4-1 Сообщения об ошибках выполнения (продолжение)

-440	Query UNTERMINATED after indefinite response Команда *IDN? должна быть последней командой запроса в командной строке. Пример: *IDN? ; :SYST:VERS?
501	Isolator UART framing error Ошибка формирования кадра Isolator UART.
502	Isolator UART overrun error Ошибка переполнения Isolator UART.
503 ^[1]	SPI data error Ошибка данных при обмене данными между основным контроллером U10 и контроллером ввода/вывода U752.
511	RS-232 framing error Ошибка формирования кадра RS-232.
512	RS-232 overrun error Ошибка переполнения RS-232.
513	RS-232 parity error Ошибка контроля четности RS-232.
514	Command allowed only with RS-232 Команда допустима только с RS-232. Имеется три команды, использование которых допустимо только с интерфейсом RS-232: SYSTem:LOCAl, SYSTem:REMote и SYSTem:RWLock.
521	Input buffer overflow Переполнение входного буфера.
522	Output buffer overflow Переполнение выходного буфера.
550	Command not allowed in local Команда недопустима в локальном режиме. Перед отправкой других команд через интерфейс RS-232 следует обязательно отправить команду SYSTem:REMote.

[1] Это сообщение об ошибке применяется только для моделей с серийными номерами MY53xxbxxx.

Сообщения об ошибках самотестирования

Ниже описаны ошибки, которые могут возникнуть при выполнении самотестирования. Для получения дополнительной информации см. [Главу 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#).

Таблица 4-2 Сообщения об ошибках самотестирования

601	<p>Front panel does not respond Передняя панель не отвечает.</p> <p>Основной контроллер U121 (<i>U10 для моделей с серийными номерами MУ53хх6ххх</i>) пытается установить последовательную связь с контроллером передней панели U1 (<i>U602 для моделей с серийными номерами MУ53хх6ххх</i>) на плате передней панели. Во время этого теста контроллер U1 (<i>U602 для моделей с серийными номерами MУ53хх6ххх</i>) включает все сегменты на дисплее. Для прохождения этого теста должен выполняться обмен данными в обоих направлениях.</p> <p>Если данная ошибка фиксируется во время самотестирования при включении питания, источник питания подаст два звуковых сигнала. Эту ошибку можно прочитать только через удаленный интерфейс.</p>
602	<p>RAM read/write failed Сбой чтения/записи ОЗУ.</p> <p>Во время этого теста производится запись и чтение настроечной таблицы 55h и AAh для каждого адреса ОЗУ U125. Любая ошибка считывания вызывает сбой самотестирования. Эту ошибку можно прочитать только через удаленный интерфейс.</p>
603	<p>A/D sync stuck Сбой синхронизации АЦП.</p> <p>Основной контроллер отправляет сигнал синхронизации АЦП на контроллеры U121 и U130 для защелкивания значений счетчиков интегратора АЦП. Если прерывание синхронизации не распознается и возникает последующая задержка, регистрируется сбой.</p>
604	<p>A/D slope convergence failed Сбой конвергенции интегратора АЦП.</p> <p>Входной усилитель настроен на состояние нулевого уровня для измерений в диапазоне 10 В. При выполнении этого теста проверяется, выдается ли интегратором АЦП приблизительно одинаковое ($\pm 10\%$) количество импульсов для положительных и отрицательных фронтов в течение интервала 20 мс.</p>
605	<p>Cannot calibrate rundown gain Невозможно откалибровать усиление на спаде.</p> <p>Во время выполнения данного теста проверяется номинальный уровень усиления между интегрирующим АЦП и внутренним АЦП контроллера U121. Данная ошибка фиксируется, если невозможно завершить процедуру из-за аппаратного сбоя.</p>

4 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках самотестирования

Таблица 4-2 Сообщения об ошибках самотестирования (продолжение)

606	<p>Rundown gain out of range Усиление на спаде вне диапазона.</p> <p>Во время выполнения данного теста проверяется номинальный уровень усиления между интегрирующим АЦП и внутренним АЦП контроллера U121. Номинальное значение усиления проверяется с точностью $\pm 10\%$.</p>
607	<p>Rundown too noisy Повышенные шумы на спаде.</p> <p>Во время выполнения данного теста проверяется повторяемость уровня усиления между интегрирующим АЦП и внутренним АЦП контроллера U121. Тест усиления (606) выполняется восемь раз. Уровень шумов усиления должен быть ниже ± 64 младших значащих разрядов внутреннего АЦП U121.</p>
608	<p>Serial configuration readback failed Сбой считывания последовательной конфигурации.</p> <p>Во время этого теста выполняется переотправка последних 3 байтов данных последовательной конфигурации на все последовательные линии передачи (SERDAT, SERBCK и SERCLK). Затем данные синхронно возвращаются в контроллер U130 и сравниваются с исходными отправленными 3 байтами. Если данные не совпадают, возникает ошибка. Во время этого теста проверяется последовательная линия передачи данных через контроллер U138.</p>
609 ^[1]	<p>System ADC test failed Сбой теста АЦП системы.</p> <p>В этом тесте проверяется работоспособность аппаратной части АЦП. Основной контроллер U10 устанавливает соединение с АЦП и проверяет наличие каких-либо битов ошибок в отчете о состоянии АЦП.</p>
624	<p>Unable to sense line frequency Невозможно определить частоту шины опроса.</p> <p>В этом тесте проверяется переключение логики LSENSE на входе контроллера U121. Если логический ввод не обнаружен, для последующих измерений источник питания переключается в режим работы с шиной на частоте 50 Гц.</p>
625	<p>I/O processor did not respond Процессор ввода/вывода не отвечает.</p> <p>В этом тесте проверяется возможность установки связи между контроллерами U121 (<i>U10 для моделей с серийными номерами MY53xxbxxx</i>) и U103 (<i>U752 для моделей с серийными номерами MY53xxbxxx</i>) с помощью оптически-изолированного канала последовательной передачи данных (U108 и U109, <i>U751 для моделей с серийными номерами MY53xxbxxx</i>). При невозможности установки связи в каком-либо направлении фиксируется ошибка. Если этот сбой обнаруживается во время самотестирования при включении питания, источник питания подает звуковой сигнал и загорается индикатор ошибки.</p>
626	<p>I/O processor failed self-test Сбой самотестирования процессора ввода/вывода.</p> <p>При выполнении этого теста выполняется проверка встроенного ОЗУ процессора с привязкой к точке заземления U103 (<i>U752 для моделей с серийными номерами MY53xxbxxx</i>). При сбое фиксируется ошибка.</p>

Таблица 4-2 Сообщения об ошибках самотестирования (продолжение)

630	Self-test failed Сбой самотестирования. В этом тесте проверяется течение тока через вентилятор. Если во время самотестирования при включении питания обнаруживается отсутствие тока, источник питания подает звуковой сигнал и загорается индикатор ошибки. Сбой теста вентилятора может привести к перегреву источника питания.
631	System DAC test failed Сбой теста ЦАП системы. В этом тесте проверяется работоспособность аппаратной части ЦАП. Основной контроллер U121 (<i>U10 для моделей с серийными номерами МУ53хх6ххх</i>) отправляет данные опорного напряжения в ЦАП и преобразует выходные цифровые данные ЦАП, чтобы определить, находятся ли они в пределах допустимого диапазона.
632	Hardware test failed Сбой тестирования аппаратной части. В этом тесте проверяется состояние усилителей сигналов ошибок по напряжению и току для цепи питания. Если оба усилителя неработоспособны, источник питания подает звуковой сигнал и загорается индикатор ошибки.

[1] Это сообщение об ошибке применяется только для моделей с серийными номерами МУ53хх6ххх.

4 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках калибровки

Сообщения об ошибках калибровки

Ниже описаны ошибки, которые могут возникнуть при выполнении калибровки. Для получения дополнительной информации см. [Главу 8, «Сервис и техническое обслуживание»](#).

Таблица 4-3 Сообщения об ошибках калибровки

701	Cal security disabled by jumper Защита калибровки отключена перемычкой. Функция защиты калибровки отключена путем установки перемычки внутри корпуса источника питания. Данная ошибка, возникающая при включении питания, в соответствующих случаях предупреждает о том, что источник питания не защищен.
702	Cal secured Калибровка защищена. Функция защиты калибровки источника питания включена.
703	Invalid secure code Неправильный код защиты. При попытке отключения или включения функции защиты калибровки был введен неправильный код защиты калибровки. Для отключения функции защиты источника питания необходимо использовать тот же код, который использовался для включения этой функции, и наоборот. Код защиты может содержать до 11 буквенно-цифровых символов.
704	Secure code too long Слишком длинный код защиты. Был введен код защиты, содержащий более 11 символов.
705	Cal aborted Калибровка прервана. Процесс калибровки прерывается при нажатии любой клавиши на передней панели, при вводе команды на очистку устройства или при изменении режима локальный/удаленный прибора.
706	Cal value out of range Значение калибровки вне диапазона. Указанное значение калибровки (CALibration:VALue) недопустимо для текущей функции измерения и диапазона.
708	Cal output disabled Выход калибровки отключен. Во время калибровки выхода процесс был прерван отправкой команды <code>OUTP OFF</code> .

Таблица 4-3 Сообщения об ошибках калибровки (продолжение)

712	<p>Bad DAC cal data Ошибочные данные калибровки ЦАП. Указанные значения калибровки ЦАП (CAL : VOLT или CAL : CURR) выходят за пределы диапазона. Учтите, что новые константы калибровки не сохраняются в энергонезависимой памяти.</p>
713	<p>Bad readback cal data Ошибочные считанные данные калибровки. Указанные считанные значения калибровки (CAL : VOLT или CAL : CURR) выходят за пределы диапазона. Учтите, что новые константы калибровки не сохраняются в энергонезависимой памяти.</p>
714	<p>Bad OVP cal data Ошибочные данные калибровки ЗПН. Константа калибровки защиты от перенапряжения вне диапазона. Учтите, что новые константы калибровки не сохраняются в энергонезависимой памяти.</p>
717	<p>Cal OVP status enabled Разрешено состояние калибровки ЗПН. Разрешено состояние защиты от перенапряжения. До и во время калибровки функция защиты от перенапряжения должна быть отключена.</p>
718	<p>Gain out of range for Gain Error Correction Значение усиления для функции коррекции ошибки усиления вне диапазона. Значение крутизны усиления ЦАП вне диапазона. Аппаратная неисправность.</p>
740	<p>Cal checksum failed, secure state Ошибка контрольной суммы калибровки, состояние защиты.</p>
741	<p>Cal checksum failed, secure state Ошибка контрольной суммы калибровки, строковые данные.</p>
743	<p>Cal checksum failed, store/recall data in location 1 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.</p>
744	<p>Cal checksum failed, store/recall data in location 2 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.</p>
745	<p>Cal checksum failed, store/recall data in location 3 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.</p>
746	<p>Cal checksum failed, DAC cal constants Ошибка контрольной суммы калибровки, константы калибровки ЦАП.</p>
747	<p>Cal checksum failed, readback cal constants Ошибка контрольной суммы калибровки, константы калибровки считывания.</p>

4 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках калибровки

Таблица 4-3 Сообщения об ошибках калибровки (продолжение)

748	Cal checksum failed, GPIB address Ошибка контрольной суммы калибровки, адрес GPIB.
749	Cal checksum failed, internal data Ошибка контрольной суммы калибровки, внутренние данные.
754	Cal checksum failed, store/recall data in location 4 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.
755	Cal checksum failed, store/recall data in location 5 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.

5 Прикладные программы

Обзор 144

Пример программы для C и C++ 145

Пример программы для Excel 97 149

В данной главе описаны две прикладные программы, использующие удаленный интерфейс.

Обзор

Приведенные в данной главе примеры прикладных программ помогут вам в разработке собственных прикладных программ. Глава 3, «Сведения об удаленном интерфейсе» содержит синтаксис команд SCPI, доступных для программирования источника питания.

Примеры из данной главы были проверены на компьютерах с Windows 3.1, Windows 95 и Windows NT 4.0. Программы из примеров предназначены для использования с интерфейсами GPIB (IEEE-488) и RS-232. Однако, примеры программ для использования с интерфейсом RS-232, не работают в Windows 3.1.

Для этих примеров требуется драйвер VISA (виртуальная архитектура программного обеспечения приборов) для использования с платой интерфейса GPIB в ПК. Для правильной работы примеров программ из данной главы требуется наличие файла `visa.dll` для Windows 3.1 или `visa32.dll` для Windows 95 и Windows NT 4.0 в папке `c:\windows\system directory`. Примеры пошагово изменяют напряжение и считывают соответствующий ток, чтобы получить вольт-амперную характеристику силового диода.

Пример программы для C и C++

В следующем примере программы на языке C демонстрируется, как отправлять и получать форматированные данные ввода/вывода. В этом примере программы показано, как использовать команды SCPI для прибора с функциональностью VISA, а также перехватывать ошибки. Дополнительные сведения о неформатированных данных ввода/вывода и перехвате ошибок см. в *Руководстве пользователя Keysight VISA*.

Следующий пример программы для языка C написан на языке Microsoft Visual C++ версии 1.52 с использованием типа проекта **QuickWin application**, а также большой модели памяти и языка C++ версии 4.x или 5.0 с использованием типа проекта **Windows 32 application**. Убедитесь, что файл **visa.lib** (Windows 3.1) или **visa32.lib** (Windows 95/NT), а также файл **visa.h** были перемещены в библиотеку, и включите каталог разработки.

Эти файлы обычно находятся в папке
 c:\vxi\np\win(win95 or winnt)\lib\msc
 или c:\vxi\np\win(win95 or winnt)\include.

Diode.c

```
/*Diode.C
Этот пример программы пошагово переключает источник питания на 11 значений напряжения и измеряет результирующий ток. Напряжение и результирующий ток распечатываются в виде таблицы. Учтите, что адрес GPIB соответствует адресу по умолчанию из заводских настроек источника питания.*/
```

```
#include <visa.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <time.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>

ViSession defaultRM; /* Идентификатор диспетчера ресурсов */
ViSession power_supply; /* Идентификатор источника питания */
int bGPIB = 1; /* Установка 0 для номера, используемого с интерфейсом RS-232 */
long ErrorStatus; /* Код ошибки VISA */
char commandString[256];
char ReadBuffer[256];
```

5 Прикладные программы

Пример программы для С и С++

```
void    delay(clock_t wait);
void    SendSCPI(char* pString);
void    CheckError(char* pMessage);
void    OpenPort();

void main()
{
    double    voltage;        /* Значение напряжения, отправляемое на источник питания */
    char      Buffer[256];     /* Строка, возвращенная источником питания */
    double    current;        /* Значение тока на выходе источника питания */

    OpenPort();

    /* Запрос идентификатора источника питания, считывание ответа и его печать */
    sprintf(Buffer,"*IDN?");
    SendSCPI(Buffer);
    printf("Instrument identification string:\n          %s\n\n",Buffer);

    SendSCPI("*RST");          /* Установка состояния включения питания */
    SendSCPI("Current 2");     /* Установка предела тока 2А */
    SendSCPI("Output on");     /* Включение выхода */

    printf("Voltage          Current\n\n");          /* Печать заголовка */

    /*Переключение напряжения с 0,6 до 0,8 В с шагом 0,02 В */
    for(voltage = 0.6; voltage <=0.8001; voltage +=0.02)
    {
        printf("%.3f",voltage);          /* Отображение напряжения на диоде */
        /* Установка выходного напряжения */
        ErrorStatus = viPrintf(power_supply,"Volt %f\n",voltage);
        if(!bGPIB)
            delay(500);/* Ожидание 500 мс для интерфейса RS-232 */
        CheckError("Unable to set voltage");
        /* Измерение тока на выходе */
        ErrorStatus = viPrintf(power_supply,"Measure:Current?\n");
        CheckError("Unable to write device");
        delay(500);          /* Ожидание 500 мс для выхода */
        /* Считывание показания */
        ErrorStatus = viScanf(power_supply,"%lf",&current);
        CheckError("Unable to read voltage");
        printf("%6.4f\n",current);        /* Отображение тока диода */
    }
    SendSCPI("Output off");          /* Отключение выхода */
    ClosePort();
}
```

```

/* Создание адреса, необходимого для установки связи с платой GPIB или RS-232.*/
/* Формат адреса выглядит следующим образом: "GPIB0::5::INSTR".          */
/* Для использования интерфейса RS-232 с портом COM1 замените формат адреса */
/* на "ASRL1::INSTR" */

void OpenPort()
{
    char    GPIB_Address[3];
    char    COM_Address[2];
    char    VISA_address[40];          /* Полный адрес VISA, отправляемый в плату */

    if(bGPIB)
        strcpy(GPIB_Address,"5");    /* Выберите адрес GPIB от 0 до 30 */
    else
        strcpy(COM_Address,"1");     /* Для порта COM2 задайте число 2 */

    if(bGPIB){ /* Чтобы использовать для GPIB адрес 7, используйте формат адреса */
        /* "GPIB::7::INSTR" */
        strcpy(VISA_address,"GPIB:");
        strcat(VISA_address,GPIB_Address);
        strcat(VISA_address,"::INSTR");
    }
    else{ /* Чтобы использовать порт COM2, используйте формат адреса "ASRL2::INSTR" */
        strcpy(VISA_address,"ASRL");
        strcat(VISA_address,COM_Address);
        strcat(VISA_address,"::INSTR");
    }

    /* Открытие сеанса связи с источником питания */
    ErrorStatus = viOpenDefaultRM(&defaultRM);
    ErrorStatus = viOpen(defaultRM,VISA_address,0,0,&power_supply);
    CheckError("Unable to open port");

    if(!bGPIB)
        SendSCPI("System:Remote");
}

void SendSCPI(char* pString)
{
    char* pdest;

    strcpy(commandString,pString);
    strcat(commandString,"\n");
    ErrorStatus = viPrintf(power_supply,commandString);
    CheckError("Can't Write to Driver");
    if (bGPIB == 0)
        delay(1000);          /* Единицы измерения - миллисекунды */
}

```

5 Прикладные программы

Пример программы для С и С++

```
pdest = strchr(commandString, '?'); /* Поиск команды запроса */
if( pdest != NULL ){
    ErrorStatus = viScanf(power_supply, "%s", &ReadBuffer);
    CheckError("Can't Read From Driver");
    strcpy(pString, ReadBuffer);
}

void ClosePort()
{
    /* Закрытие порта связи */
    viClose(power_supply);
    viClose(defaultRM);
}

void CheckError(char* pMessage)
{
    if (ErrorStatus < VI_SUCCESS){
        printf("\n %s", pMessage);
        ClosePort();
        exit(0);
    }
}

void delay(clock_t wait)
{
    clock_t goal;
    goal = wait + clock();
    while( goal > clock() );
}
```

Конец программы

Пример программы для Excel 97

В данном разделе представлен пример программы для управления источником питания, написанный с использованием макросов Excel (Visual Basic для приложений). С помощью Excel можно выбрать значение ячейки в таблице и отправить его в источник питания, а затем записать ответ в таблицу. В приведенном ниже примере определяются характеристики компонента, подключенного к клеммам источника питания. В данном примере из таблицы считываются 11 значений напряжения, которые используются для программирования напряжения источника питания, а затем считывается ток. Значения тока записываются в таблицу рядом с напряжениями.

Результат примера программы

В приведенной ниже таблице представлены результаты примера программы построения вольт-амперной характеристики диода, текст которой начинается на [странице 151](#). (Артикул Keysight: 1901-1214, артикул изготовителя: MUR160, Motorola Co.)

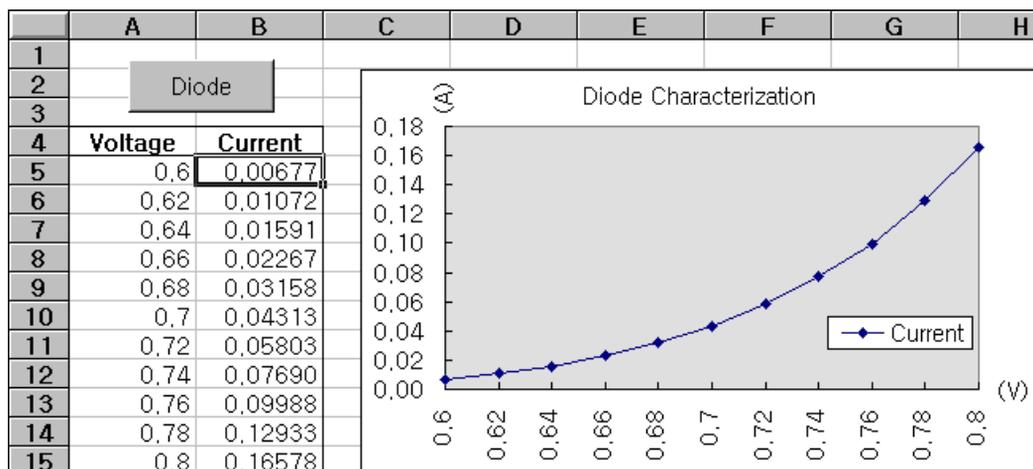


Рисунок 5-1 Результат примера программы

Для создания макроса выполните следующие действия.

- 1 Сначала откройте модуль в Excel.
- 2 Перейдите в меню **View** (Вид) и выберите пункт **Toolbars** (Панели инструментов), а затем — **Control Toolbox** (Элементы управления). Откроется диалоговое окно Control Toolbox (Элементы управления).
- 3 Нажмите в диалоговом окне клавишу **Command** (Команда).
- 4 Выберите ячейку A1 и протащите мышью до ячейки B3. Будет создано поле *CommandButton1*.
- 5 Чтобы изменить название кнопки, щелкните ее правой кнопкой мыши и выберите пункт **Properties** (Свойства). Откроется диалоговое окно Properties (Свойства).
- 6 В диалоговом окне Properties (Свойства) измените поля **name** (имя) и **caption** (заголовок) на **Diode** (Диод).
- 7 Чтобы посмотреть, как пример программы строит вольт-амперную характеристику диода, введите **Voltages** (Напряжения) в ячейку A4 и **Current** (Ток) в ячейку B4. В ячейку A5 введите значение **0,6**. Заполните диапазон ячеек с A5 по A15 значениями с шагом 0,02, чтобы в ячейке A15 получилось значение 0,8.

Для ввода описываемого в данном разделе примера макроса **Diode** выполните следующие действия.

- 1 Перейдите в меню **View** (Вид) и выберите пункт **Toolbars** (Панели инструментов), а затем щелкните значок **Visual Basic Editor** (Редактор Visual Basic). Откроется окно **Code window** (Окно кода).
- 2 Введите в окно текст **[Module1 (code)]**, как показано на [странице 145](#). Чтобы ввести объявление для Windows 95/NT, перейдите в меню **Insert** (Вставка) и выберите команду **Module** (Модуль). Откроется окно **Module window** (Окно модуля).
- 3 Введите текст, приведенный начиная с [page 147](#). Данный модуль обеспечит настройку всех служебных данных, необходимых для обмена данными через интерфейс источника питания. Выберите нужный интерфейс, установив для параметра **bGPIB=** значение **True** или **False**, а затем измените адрес GPIB или порт RS-232 во фрагменте **OpenPort()** модуля.

Для запуска макроса вернитесь в окно Excel, нажмите клавишу **Run Macro** (Запуск макроса) в диалоговом окне, выберите имя макроса и нажмите клавишу **Run** (Запуск). Источник питания сбросится в состояние при включении питания, а затем пошагово изменит напряжение в соответствии с таблицей. После каждого шага измеряется и записывается в таблицу ток.

Внесите в модуль **Diode** все необходимые изменения в соответствии с конкретными задачами. Данные следует вводить в модули в точном соответствии с приведенными данными. В противном случае будет создано сообщение об ошибке. Если после нескольких попыток запуска макроса возникают ошибки, может потребоваться перезагрузка компьютера для правильной работы интерфейса GPIB или RS-232.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для использования примера программы с Windows 3.1 потребуется изменить объявления в верхней части модуля. Во всех объявлениях следует заменить **visa32.dll** на **visa.dll**.

Макрос Diode

```

.....
` Данная подпрограмма выполняется первой. Измените ее в соответствии с конкретными
` условиями. Чтобы изменить адрес GPIB, перейдите в модуль OpenPort и измените
` значение переменной GPIB_Address = "5" на нужный адрес GPIB.
` Чтобы изменить настройки интерфейса RS-232, перейдите в модель OpenPort и измените
` значение переменной COM_Address = "1" в соответствии с требуемым интерфейсом.
.....

Global defaultRM As Long      ' Идентификатор диспетчера ресурсов для VISA GPIB
Global power_supply As Long   ' Идентификатор источника питания
Global bGPIB As Boolean       ' Флаг использования GPIB или RS-232
Global ErrorStatus As Long    ' Код ошибки VISA

Sub Diode_Click()
    Range("B5:B15").ClearContents
    Dim I As Integer
    bGPIB = True ' Для использования RS-232 установите для bGPIB значение False
    OpenPort
    SendSCPI "*RST" ' Установка состояния включения питания
    SendSCPI "Output on" ' Включение выхода

```

5 Прикладные программы

Пример программы для Excel 97

```
For I = 5 To 15
    SendSCPI "Volt " & Str$(Cells(I, 1))
    Cells(I, 2) = Val(SendSCPI("Meas:Current?"))
Next I
SendSCPI "Output off"' Выключение выхода
ClosePort
End Sub

Private Function OpenPort()
    Dim GPIB_Address As String
    Dim COM_Address As String

    If bGPIB Then
        GPIB_Address = "5" ' Выберите адрес GPIB от 0 до 30
    Else
        COM_Address = "1" ' Для порта COM2 задайте число 2
    End If
    ErrorStatus = viOpenDefaultRM(defaultRM) ' Открытие сеанса VISA

    If bGPIB Then
        ErrorStatus = viOpen(defaultRM, "GPIB0::" & GPIB_Address & "::INSTR", _
            0, 1000, power_supply)
    Else
        ErrorStatus = viOpen(defaultRM, "ASRL" & COM_Address & "::INSTR", _
            0, 1000, power_supply)
        SendSCPI "System:Remote"
    End If
    CheckError "Unable to open interface"
End Function
'*****
' Данная подпрограмма отправляет командную строку SCPI в интерфейс GPIB или RS-232.
' Если команда содержит знака вопроса, выполняется чтение отклика и возврат
'*****
Private Function SendSCPI(command As String) As string
    Dim commandString As String ' Команда, передаваемая источнику питания
    Dim ReturnString As String ' Сохранение возвращенной строки
    Dim crlfpos As Integer ' Расположение всех нулей в буфере чтения
    Dim ReadBuffer As String * 512 ' Буфер, используемый для возвращаемой строки
    Dim actual As Long ' Кол-во отправленных/полученных символов
    commandString = command & Chr$(10) ' Выполнение по переводу строки
    ErrorStatus = viWrite(power_supply, ByVal commandString, Len(commandString), _
actual)
    CheckError "Can't Write to Device"
    If bGPIB = False Then
        delay 0.5
    End If
```

```
If InStr(commandString, "?") Then
    ErrorStatus = viRead(power_supply, ByVal ReadBuffer, 512, actual)
    CheckError "Can't Read From Device"
    ReturnString = ReadBuffer
    crlfpos = InStr(ReturnString, Chr$(0))
    If crlfpos Then
        ReturnString = Left(ReturnString, crlfpos - 1)
    End If
    SendSCPI = ReturnString
End If
End Function

Private Function ClosePort()
    ErrorStatus = viClose(power_supply)
    ErrorStatus = viClose(defaultRM)
End Function

Private Function delay(delay_time As Single)
    Dim Finish As Single
    Finish = Timer + delay_time
    Do
    Loop Until Finish <= Timer
End Function

Private Function CheckError(ErrorMessage As String)
    If ErrorStatus < VI_SUCCESS Then
        Cells(5, 2) = ErrorMessage
        ClosePort
    End
End If
End Function
```

Конец программы

5 Прикладные программы

Пример программы для Excel 97

Объявление для Windows 3.1

```
*****
' Для данного фрагмента программы требуется файл VISA.dll. Он обычно находится в папке
' c:\windows\system. Дополнительные объявления для VISA.DLL обычно находятся в файле
' visa.bas, который находится в папке c:\vxiinp\win31\include компьютера. В данном
' фрагменте программы используется библиотека VTL для отправки команд на прибор.
' Описание этих и дополнительных команд VTL содержатся в руководстве Keysight
' Technologies Visa Transition Library, артикул Keysight: E2094-90002.
*****
Declare Function viOpenDefaultRM Lib "VISA.DLL" Alias "#141" (viDefaultRM As Long) As Long

Declare Function viOpen Lib "VISA.DLL" Alias "#131" (ByVal viDefaultRM As Long, ByVal
viDesc
As String, ByVal mode As Long, ByVal timeout As Long, vi As Long) As Long

Declare Function viClose Lib "VISA.DLL" Alias "#132" (ByVal vi As Long) As Long

Declare Function viRead Lib "VISA.DLL" Alias "#256" (ByVal vi As Long, ByVal Buffer As
String, ByVal count As Long, retCount As Long) As Long

Declare Function viWrite Lib "VISA.DLL" Alias "#257" (ByVal vi As Long, ByVal Buffer As
String, ByVal count As Long, retCount As Long) As Long

Declare Function viClear Lib "VISA.DLL" Alias "#260" (ByVal vi As Long) As Long
```

Объявление для Windows 95/NT 4.0

```
*****
' Дополнительные объявления для VISA32.DLL обычно находятся в файле visa32.bas,
' который находится в папке c:\vxiinp\win95(or winNT)\include на компьютере.
' См. также руководство по VISA
*****
Declare Function viOpenDefaultRM Lib "visa32.dll" (instrumentHandle As Long) As Long
Declare Function viOpen Lib "visa32.dll" (ByVal instrumentHandle As Long, _
ByVal viDesc As String, ByVal mode As Long, ByVal timeout As Long, _
vi As Long) As Long
Declare Function viClose Lib "visa32.dll" (ByVal vi As Long) As Long
Declare Function viWrite Lib "visa32.dll" (ByVal vi As Long, ByVal Buffer As String, _
ByVal count As Long, retCount As Long) As Long
Declare Function viRead Lib "visa32.dll" (ByVal vi As Long, ByVal Buffer As String, _
ByVal count As Long, retCount As Long) As Long
```

6 Учебник

Обзор работы источника питания	156
Выходные характеристики	159
Расширение диапазона напряжения и диапазона тока	164
Удаленное программирование	166

В данной главе описываются основные функции линейного источника питания и работа с ним. В ней также содержится информация, облегчающая понимание выходных характеристик данного источника питания, а также идеального источника питания.

Обзор работы источника питания

Классическая модель источников питания состоит из размещения элементов управления последовательно с выпрямителем и нагрузкой. **Рисунок 6-1** показывает упрощенную схему последовательно регулируемого источника питания с предварительным регулятором с фазовым управлением, выступающим в роли коммутатора питания, и с последовательным элементом, изображенным как переменный резистор. Предварительный регулятор с фазовым управлением минимизирует рассеиваемую мощность на последовательном элементе, поддерживая падение напряжения на нем на низком постоянном уровне. Цепи обратной связи непрерывно отслеживают выход и подстраивают последовательное сопротивление для поддержания постоянного напряжения на выходе. Поскольку переменное сопротивление на **Рисунке 6-1** фактически состоит из одного или нескольких транзисторов, работающих в линейном режиме (класс А). Источники с такими типами регуляторов часто называют линейными источниками питания. Линейные источники питания имеют множество преимуществ и обычно являются наиболее простыми и эффективными средствами для удовлетворения требований к высокой эффективности и низкому энергопотреблению.

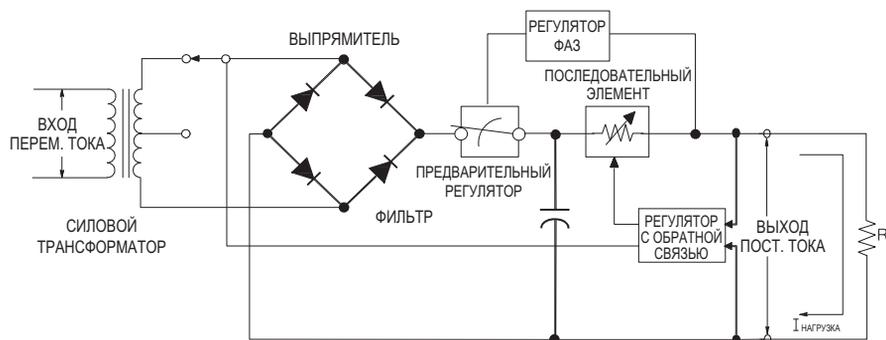


Рисунок 6-1 Схема простого последовательного источника питания

Этот источник питания работает в двух диапазонах, обеспечивая либо более высокое напряжение при меньшем токе, либо более сильный ток при меньшем напряжении. Источники с одним диапазоном рассчитаны на вывод максимальной мощности при максимальном выходном напряжении и токе. Данный источник питания обеспечивает выходную мощность, близкую к максимальной в обоих диапазонах. В предварительном регуляторе данного источника питания для коммутации отводов вторичной обмотки силового трансформатора используются полупроводниковые переключатели. Эта технология обеспечивает высочайшую эффективность с точки зрения снижения мощности, рассеиваемой на последовательном регулирующем элементе.

С точки зрения производительности, регулируемый линейный источник питания обеспечивает исключительно высокую точность регулировочных характеристик и высокую скорость отклика на изменения в сети и нагрузке. Поэтому его принципы регулирования сети и нагрузки и время переходного процесса восстановления позволяют ему превосходить источники питания с другими технологиями регулирования. Кроме того, источник питания отличается низким уровнем пульсаций и шума, нечувствителен к изменениям окружающей температуры, а простота его схемы обеспечивает высокую надежность.

В данном источнике используется схема с линейным регулятором. Он управляется цепью управления, позволяющей программировать выходное напряжение. Источник питания возвращает в цепи управления данные о напряжении на выходных клеммах. Цепи управления получают информацию с передней панели и отображают информацию на дисплее. Аналогично цепи управления обмениваются входными и выходными данными с удаленными интерфейсами GPIB и RS-232. Цепи удаленных интерфейсов имеют заземление и изолированы от цепей управления и цепей источника питания.

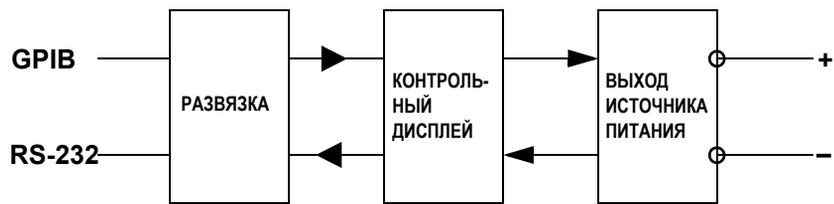


Рисунок 6-2 Функциональная схема источника питания, показывающая развязку удаленного интерфейса

Выходные характеристики

Идеальный источник постоянства напряжения должен иметь нулевой импеданс во всем диапазоне частот. Поэтому, как показано на **Рисунке 6-3**, напряжение будет оставаться абсолютно неизменным, несмотря на все изменения выходного тока, потребляемого нагрузкой.

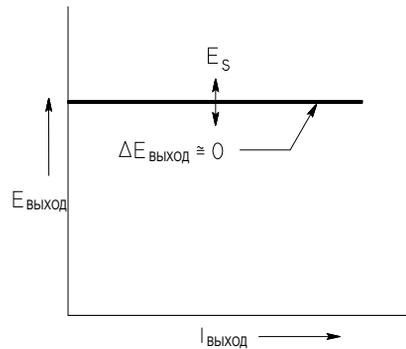


Рисунок 6-3 Идеальный источник питания с постоянством напряжения

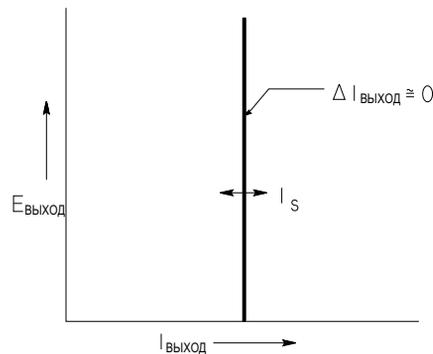


Рисунок 6-4 Идеальный источник питания с постоянством тока

Идеальный источник с постоянством тока должен иметь бесконечной импеданс во всем диапазоне частот. Поэтому, как показано на **Рисунке 6-4**, идеальный источник с постоянством тока компенсирует изменения сопротивления нагрузки путем изменения выходного напряжения на величину, необходимую для поддержания постоянного значения выходного тока.

Выход данного источника питания может работать как в режиме постоянства напряжения (ПН), так и в режиме постоянства тока (ПТ). При определенных неисправностях источник питания не может работать ни в режиме ПН, ни в режиме ПТ, и становится нерегулируемым.

Рисунок 6-5 отображает рабочие режимы выхода источника питания. Рабочая точка будет находиться выше или ниже линии $R_L = R_C$. Эта линия представляет нагрузку, при которой выходное напряжение и выходной ток соответствуют настройкам напряжения и тока. Когда R_L нагрузки больше R_C , выходное напряжение будет иметь высший приоритет, поскольку ток будет менее настройки тока. Источник питания будет находиться в так называемом режиме постоянства напряжения. Нагрузка в точке 1 имеет относительно высокое значение сопротивление (по сравнению со значением R_C), выходное напряжение соответствует настройке напряжения, а выходной ток меньше настройки тока. В этом случае источник питания находится в режиме постоянства напряжения, а настройка тока работает как ограничитель тока.

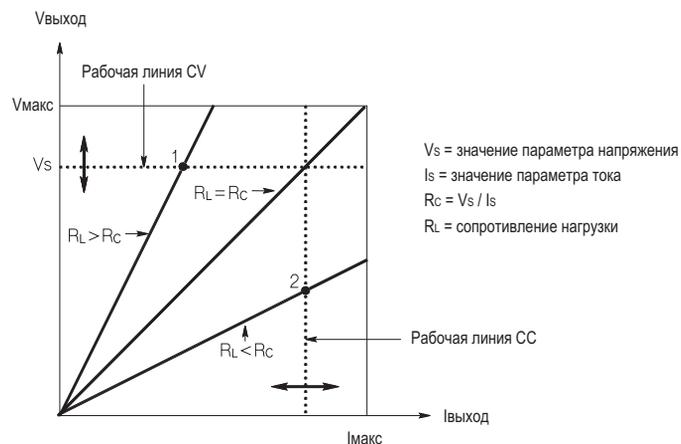


Рисунок 6-5 Выходные характеристики

Когда R_L нагрузки меньше R_C , выходной ток будет иметь высший приоритет, поскольку напряжение будет ниже настройки напряжения. Источник питания будет находиться в так называемом режиме постоянства тока. Нагрузка в точке 2 имеет относительно низкое сопротивление, выходное напряжение ниже настройки напряжения, а выходной ток соответствует текущей настройке тока. Источник питания находится в режиме постоянства тока, а настройка напряжения работает как ограничитель напряжения.

Нерегулируемое состояние

В нерегулируемом состоянии источник питания не поддерживает ни постоянное напряжение, ни постоянный ток. В этом режиме состояние на выходе непредсказуемо. Переход в нерегулируемое состояние может быть результатом того, что напряжение сети переменного тока ниже стандартных характеристик. Нерегулируемое состояние может возникнуть мгновенно. Например, если выхода запрограммирован на большое значение шага напряжения, выходной конденсатор или нагрузка большой емкости будет заряжаться при текущей настройке ограничения тока. При нарастании выходного напряжения источник питания перейдет в нерегулируемое

состояние. Нерегулируемое состояние может также возникнуть при переходе из режима ПН в режим ПТ, например при коротком замыкании выхода.

Нежелательные сигналы

Идеальный источник питания обеспечивает идеальное состояние выхода постоянного тока при отсутствии сигналов между клеммами или между клеммами и заземлением. Реальный блок питания имеет ограниченный шум между выходными клеммами и конечный ток утечки через импеданс между клеммой и заземлением. В первом случае это называется дифференциальным шумом напряжения, а во втором — синфазным токовым шумом. **Рисунок 6-6** содержит упрощенную схему источников синфазных и дифференциальных шумов.

Дифференциальный шум напряжения имеет вид пульсаций, связанных с частотой сети, с добавлением случайного шума. Оба шума в источнике питания имеют очень малую величину. При правильной прокладке проводов и удалении цепей источника питания от силовых устройств и прочих источников шума эти значения будут оставаться на низком уровне.

Синфазные шумы могут создавать проблемы для очень чувствительных цепей, использующих заземление в качестве опорного. Когда заземление используется цепью в качестве опорного, между выходными клеммами и заземлением будут протекать слабый переменный ток. Любой импеданс между клеммой с заземлением создаст падение напряжения, значение которого определяется произведением тока на импеданс. Для минимизации этого эффекта выходная клемма может быть заземлена в выходной клеммной колодке. Как вариант, все импедансы, связанные с заземлением, должны иметь комплементарный импеданс с заземлением, чтобы устранить создание напряжения. Если цепь не использует заземление в качестве опорного, синфазные шумы сети питания обычно не вызывают проблем.

Выход также будет изменяться в соответствии с изменением нагрузки. При повышении нагрузки выходной ток вызовет небольшое падение выходного напряжения источника питания по причине выходного импеданса R . К этому сопротивлению

добавляется сопротивление соединительных проводов, вызывая дополнительное падение напряжения. Для минимизации падения напряжения следует использовать монтажные провода максимально возможного сечения. Использование отдельных проводов удаленного считывания напряжения с нагрузки позволяет компенсировать сопротивление проводов нагрузки.

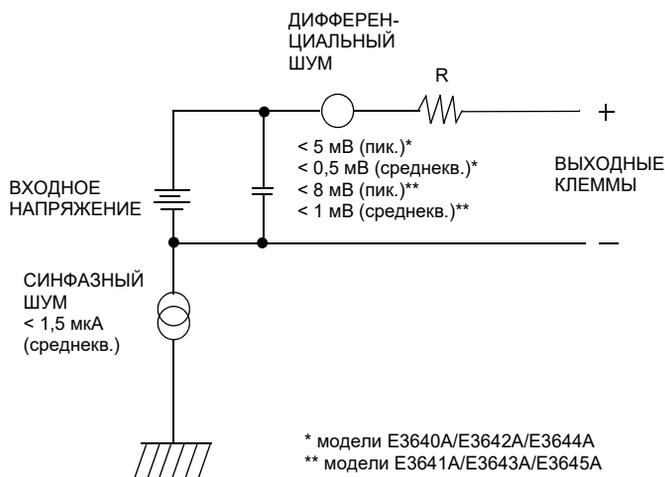


Рисунок 6-6 Упрощенная схема источников синфазных и дифференциальных шумов

При слишком быстром изменении нагрузки, например при замыкании контактов реле, индуктивность соединительных проводов и выхода источника питания вызовет всплеск напряжения на нагрузке. Амплитуда всплеска пропорциональна скорости изменения тока нагрузки. Если предполагаются резкие изменения нагрузки, наилучшим способом минимизации всплесков напряжения является подключение параллельно источнику питания, возле нагрузки, конденсатора с последовательно соединенным с ним низкоомным резистором.

Расширение диапазона напряжения и диапазона тока

Источник питания способен выдавать напряжение и ток, значения которых превышают проектные максимальные выходные значения, если сетевое напряжение соответствует номинальному значению или превышает него. Значения выходных параметров могут превышать проектные на величину до 3 % без повреждения источника питания, однако соответствие техническим характеристикам при этом не гарантируется. Если напряжение сети поддерживается на уровне верхнего предела диапазона входного напряжения, параметры источника питания, возможно, будут соответствовать указанным в технических характеристиках. Скорее всего, параметры источника питания будут оставаться в пределах технических характеристик, если превышен только один выходной параметр — только напряжение или только ток.

Последовательные соединения

Для получения напряжения, превышающего доступное значение для одного источника питания, допускается последовательное соединение двух и более источников питания, но характеристики изоляции выхода для любого из этих источников не должны превышать. Соединенные последовательно источники питания могут работать как на единую для обоих источников питания нагрузку, так и на отдельные нагрузки. В источнике питания параллельно выходным клеммам подключен диод обратной полярности, который при последовательном соединении источников питания предотвращает повреждение в случае короткого замыкания нагрузки или включения одного из источников питания отдельно от остальных.

При последовательном соединении источников питания выходное напряжение соответствует сумме их напряжений. Их ток же соответствует току любого из источников питания. Для настройки общего выходного напряжения следует настроить выходные напряжения каждого источника питания.

Параллельные соединения

Для получения тока, превышающего допустимое значение одного источника питания, допускается параллельное соединение двух и более источников питания, поддерживающих автоматическую регулировку ПН/ПТ. Их общий выходной ток является суммой выходных токов отдельных источников питания. Выход каждого источника питания можно настроить отдельно. Выходное напряжение одного из источников питания следует настроить на требуемое значение, а остальные источники питания следует настроить на чуть более высокое напряжение. Источники питания с более высокой настройкой напряжения будут поддерживать их постоянный выходной ток и понижать выходное напряжение, пока оно не сравняется с напряжением другого источника питания, а тот останется в режиме постоянства напряжения и обеспечит ту часть его номинального выходного тока, которая необходима для поддержания полного тока, потребляемого нагрузкой.

Удаленное программирование

При удаленном программировании выполняется обращение к источнику питания с регулируемым постоянным выходным напряжением для быстрого изменения его выходного напряжения. Основным фактором, ограничивающим скорость изменения выходного напряжения, является выходная емкость и сопротивление нагрузки.

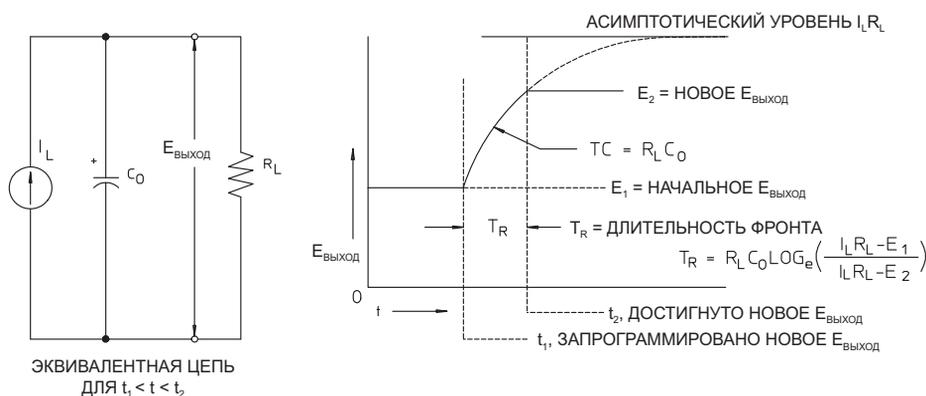


Рисунок 6-7 Скорость реагирования — программирование увеличения (полная нагрузка)

Эквивалентная цепь и форма выходного напряжения при программировании увеличения напряжения источником питания представлены на **Рисунке 6-7**. При программировании нового выходного значения цепь регулятора источника питания обнаруживает, что значение на выходе меньше требуемого и переводит последовательный регулятор на его максимальное значение тока I_L , на ограничение тока или на постоянный ток.

Этот постоянный ток I_L заряжает выходной конденсатор C_O и параллельно течет через резистор нагрузки R_L . Поэтому напряжение на выходе растет по экспоненте с постоянной времени $R_L C_L$ до значения $I_L R_L$, превышающего новый запрограммированный уровень выходного напряжения.

Когда экспоненциальный рост напряжения достигает нового запрограммированного значения, усилитель постоянства напряжения переходит в нормальный режим регулировки и поддерживает постоянство напряжения на выходе. Таким образом, время нарастания можно приблизительно рассчитать с помощью формулы, приведенной на **Рисунке 6-7**.

Если резистор нагрузки не подключен к выходными клеммам источника питания, выходное напряжение при программировании его увеличения будет нарастать линейно со скоростью C_0/I_L , а наименее возможное время увеличения определяется формулой $T_R = C_0(E_2 - E_1)/I_L$.

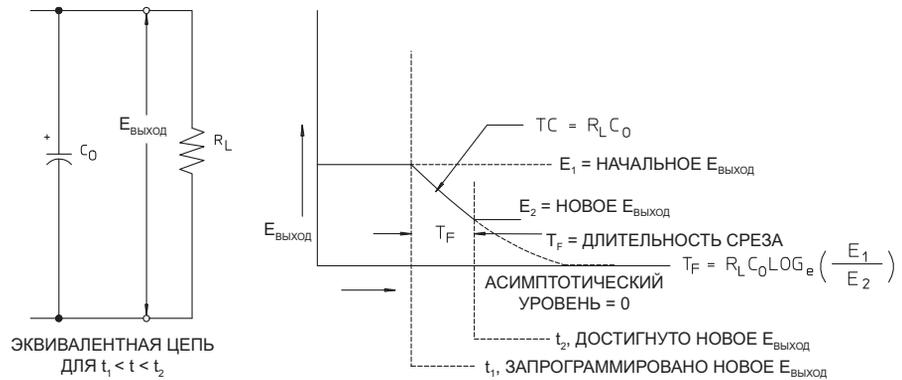


Рисунок 6-8 Скорость реагирования — программирование уменьшения (полная нагрузка)

Рисунок 6-8 показывает, что при программировании источника питания на уменьшение регулятор обнаруживает, что выходное напряжение превышает требуемое значение, и полностью отключает цепочку транзисторов. Поскольку цепь управления не может заставить цепочку управляющих транзисторов проводить обратный ток, выходной конденсатор может разряжаться только через сопротивление нагрузки и внутренний источник тока (I_S).

При отсутствии нагрузки выходное напряжение падает линейно со скоростью I_S/C_O и фиксируется по достижении нового требуемого уровня. Если подключена полная нагрузка, выходное напряжение падает по экспоненте с большей скоростью.

Поскольку при программируемом увеличении используется последовательный регулирующий транзистор, а при программировании уменьшения активные элементы, разряжающие конденсатор, обычно отсутствуют, скорость программирования лабораторных источников питания в сторону увеличения обычно выше скорости программирования в сторону уменьшения.

7 Характеристики и спецификации

Физические характеристики	170
Характеристики окружающей среды	171
Электрические характеристики	172
Дополнительные характеристики	175

В этой главе приведены характеристики и спецификации E364xA single output DC power supplies.

ПРИМЕЧАНИЕ

Соответствие спецификациям гарантируется в температурном диапазоне 0–40 °C при резистивной нагрузке. Соответствие дополнительным характеристикам не гарантируется, они описывают эффективность, определенную при разработке или тестировании.

7 Характеристики и спецификации
Физические характеристики

Физические характеристики

Таблица 7-1 Физические характеристики

Параметр		E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
Размеры (Ш × В × Г)		212,6 мм × 88,5 мм × 348,3 мм					
Масса	Нетто	5,3 кг	5,2 кг	6,3 кг	6,2 кг	6,6 кг	6,7 кг
	Брутто	7,2 кг	7,1 кг	8,2 кг	8,1 кг	8,5 кг	8,6 кг
Охлаждение		Охлаждается вентилятором					

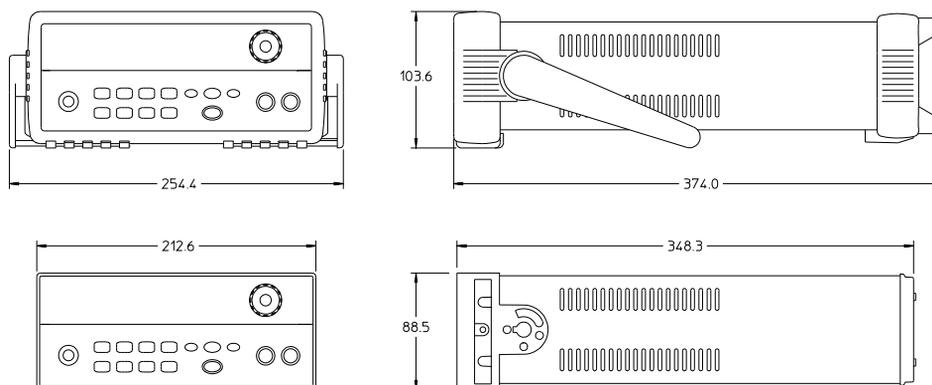


Рисунок 7-1 Размеры E364xA

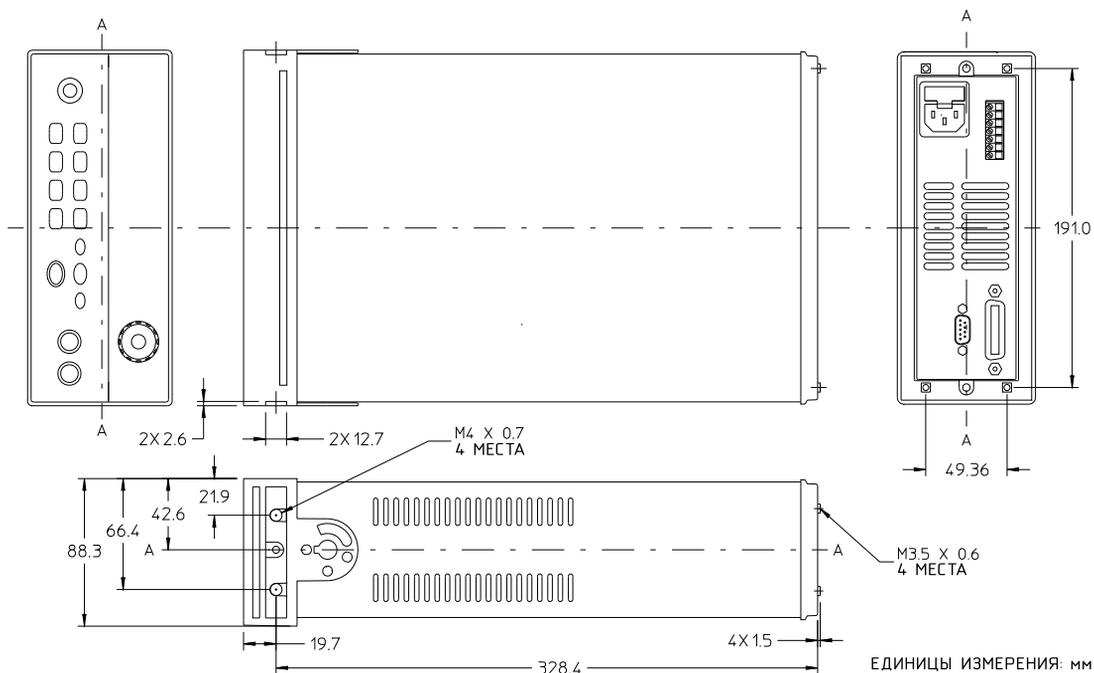


Рисунок 7-2 Размеры E364xA при установке в стойку

Характеристики окружающей среды

См. «Условия окружающей среды» на странице VI.

Электрические характеристики

Таблица 7-2 Электрические характеристики

Параметр		E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A	
Выходное напряжение (В) (при 0–40 °С)	Низкий диапазон	От 0 до +8 В	От 0 до +35 В	От 0 до +8 В	От 0 до +35 В	От 0 до +8 В	От 0 до +35 В	
	Высокий диапазон	От 0 до +20 В	От 0 до +60 В	От 0 до +20 В	От 0 до +60 В	От 0 до +20 В	От 0 до +60 В	
Выходной ток (А) (при 0–40 °С)	Низкий диапазон	От 0 до 3 А	От 0 до 0,8 А	От 0 до 5 А	От 0 до 1,4 А	От 0 до 8 А	От 0 до 2,2 А	
	Высокий диапазон	От 0 до 1,5 А	От 0 до 0,5 А	От 0 до 2,5 А	От 0 до 0,8 А	От 0 до 4 А	От 0 до 1,3 А	
Погрешность программирования^[1] 12 месяцев (при 25 °С ±5 °С), ±(% от + смещения выхода)	Напряжение	< 0,05 % + 10 мВ						
	Ток	< 0,2 % + 10 мА						
Погрешность считывания^[1] 12 месяцев (для GPIB и RS-232 относительно фактического выходного значения при темпера- туре 25 °С ±5 °С), ±(% от + смещения выхода)	Напряжение	< 0,05 % + 5 мВ						
	Ток	< 0,15 % + 5 мА						
Погрешность измерения^{[1][2]} 12 месяцев (через пе- реднюю панель относи- тельно фактического значения на выходе при температуре 25 °С ±5 °С), ±(% от + смеще- ния выхода)	Напряжение	< (0,05 % + 2 единицы)						
	Ток	< 0,15 % + 5 мА						

Таблица 7-2 Электрические характеристики (продолжение)

Параметр		E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
Пульсации и шум (с незаземленными выходами или с одной заземленной выходной клеммой, от 20 Гц до 20 МГц)	Дифференциальный шум напряжения	<0,5 мВ (среднекв.) и 5 мВ (пик.)	<1 мВ (среднекв.) и 8 мВ (пик.)	<0,5 мВ (среднекв.) и 5 мВ (пик.)	<1 мВ (среднекв.) и 8 мВ (пик.)	<0,5 мВ (среднекв.) и 5 мВ (пик.)	<1 мВ (среднекв.) и 8 мВ (пик.)
	Дифференциальный токовый шум	< 4 мА (среднекв.)					
	Синфазный токовый шум	<1,5 мкА (среднекв.)					
Регулировка нагрузки \pm (% от + смещения выхода)	Напряжение	< 0,01 % + 3 мВ					
	Ток	<0,01 % + 250 мкА					
Регулировка сети питания \pm (% от + смещения выхода)	Напряжение	<0,01 % + 3 мВ					
	Ток	<0,01 % + 250 мкА					
Программное разрешение	Напряжение	<5 мВ					
	Ток	<1 мА					
Разрешение считывания	Напряжение	<2 мВ					
	Ток	<1 мА					
Разрешение передней панели	Напряжение	10 мВ					
	Ток	1 мА					
Время стабилизации при переключении	<50 мкс на восстановление выхода в пределах 15 мВ при изменении выходного тока от уровня полной нагрузки до уровня половинной нагрузки (и наоборот).						
Время установки	<90 мс при изменении выходного напряжения от 1 до 99 % (или наоборот) при получении команды VOLTage или APPLy непосредственно через интерфейс GPIB или RS-232.						

7 Характеристики и спецификации

Электрические характеристики

Таблица 7-2 Электрические характеристики (продолжение)

Параметр	E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
Погрешность ЗПН ±(% от + смещения выхода)						
						< 0,5 % + 0,5 В
Время активации (среднее время до на- чала сброса выхода после возникновения условия ЗПН)						
						< 1,5 мс при напряжении срабатывания 3 В и выше < 10 мс при напряжении срабатывания 3 В и ниже

[1] Характеристики погрешности после прогрева в течение 1 часа без нагрузки и калибровки при температуре 25 °С.

[2] Погрешность измерения при минимальном десятичном значении 10 мВ, ограниченном разрешением передней панели.

Дополнительные характеристики

Таблица 7-3 Дополнительные характеристики

Параметр		E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
Диапазон программирования выхода (максимальные программируемые значения)	Низкий диапазон	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0
		до +8,24 В	до +36,05 В	до +8,24 В	до +36,05 В	до +8,24 В	до +36,05 В
	Высокий диапазон	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0
		до 3,09 А	до 0,824 А	до 5,15 А	до 1,442 А	до 8,24 А	до 2,266 А
ЗПН	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	
	до +20,6 В	до +61,8 В	до +20,6 В	до +61,8 В	до +20,6 В	до +61,8 В	
Возможность удаленного считывания	Падение напряжения	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0
	Регулировка нагрузки	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0
	Напряжение нагрузки	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0	От 0
Температурный коэффициент^[1] ±(% от смещения + выхода)	Напряжение	От 1 до 22 В	От 1 до 66 В	От 1 до 22 В	От 1 до 66 В	От 1 до 22 В	От 1 до 66 В
	Ток	До 1 В на каждый провод					
Стабильность^[2] ±(% от + смещения выхода)	Напряжение	Добавление 5 мВ к специфицированному значению на каждый 1 В изменения в выходном проводе (+) в результате изменения тока нагрузки.					
	Ток	Вычитание падения напряжения на проводах нагрузки из заданного значения выходного напряжения.					
Выбросы выходного напряжения	Напряжение	<0,01 % + 3 мВ					
	Ток	<0,02 % + 3 мА					
Язык программирования	Напряжение	<0,02 % + 2 мВ					
	Ток	<0,1% + 2 мА					
Выбросы выходного напряжения		При включении или выключении сети питания переменного тока выброс выходного напряжения не превышает 1 В, если значение настройки управления выходным напряжением составляет менее 1 В. Если значение настройки напряжения составляет 1 В или более, выбросы выходного напряжения отсутствуют.					
Язык программирования		Стандартные команды для программируемых приборов (SCPI)					

7 Характеристики и спецификации

Дополнительные характеристики

Таблица 7-3 Дополнительные характеристики (продолжение)

Параметр	E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
Память для сохранения состояний	Пять сохраненных настроенных пользователем состояний					
Рекомендуемый интервал калибровки	1 год					
Изоляция выходных клемм (максимум, относительно заземленного шасси)	<ul style="list-style-type: none"> • ± 60 В пост. тока при подключении перемычки без изоляции между клеммами (+) выхода и (+) считывания, а также между клеммами (-) выхода и (-) считывания. • ± 240 В пост. тока при подключении перемычки с изоляцией между клеммами (+) выхода и (+) считывания, а также между клеммами (-) выхода и (-) считывания. 					
Номиналы входной сети питания (выбирается с помощью двух переключателей на печатной плате)	<ul style="list-style-type: none"> • 115 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц (стандарт) • 230 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц (опция 0E3) • 100 В перем. тока $\pm 10\%$, 47–63 Гц (опция 0E9) 					
Максимальная потребляемая мощность	105 ВА	105 ВА	205 ВА	175 ВА	300 ВА	270 ВА

[1] Максимальное изменение выхода или значения считывания на °C после 30-минутного прогрева.

[2] После 30-минутного прогрева со включенным выходом в соответствии с режимом работы (ПТ с нагрузкой или ПН), а также при изменении выхода после 8 часов при постоянстве нагрузки, сети питания и температуры окружающей среды.

8

Сервис и техническое обслуживание

Обзор	178
Контрольный список проверки работоспособности	179
Виды доступного обслуживания	180
Упаковка для отправки	181
Предостережения об электростатическом разряде	182
Замена сетевого предохранителя	183
Советы по поиску и устранению неисправностей	184
Процедуры самотестирования	186
Общая разборка	188
Рекомендуемое тестовое оборудование	189
Тесты проверки работоспособности и характеристик	192
Техника измерения	193
Проверки режима постоянства напряжения (ПН)	196
Проверки режима постоянства тока (ПТ)	205
Синфазный токовый шум	211
Сведения о калибровке	215
Общая процедура калибровке или регулировки	217
Сообщения об ошибках калибровки	222
Схема расположения компонентов	225

В данной главе описаны процедуры, позволяющие убедиться, что источник питания работает нормально и в соответствии с официально заявленными спецификациям.

Обзор

Перед калибровкой или выполнением любого проверочного теста или теста работоспособности источника питания необходимо выполнить его полное самотестирование. При сбое одного из этих тестов или ненормальном результате тестирования см. раздел «Советы по поиску и устранению неисправностей» на странице 184.

Данная глава содержит три следующих раздела:

Возврат неисправного источника питания Keysight для обслуживания или ремонта

- Контрольный список проверки работоспособности
- Виды доступного обслуживания
- Упаковка для отправки
- Предостережения об электростатическом разряде
- Ремонт поверхностного монтажа
- Замена сетевого предохранителя
- Советы по поиску и устранению неисправностей
- Процедуры самотестирования
- Общая разборка

Тесты проверки работоспособности и характеристик и процедуры калибровки

- Рекомендуемое тестовое оборудование
- Рекомендации по тестированию
- Тесты проверки работоспособности и характеристик
- Техника измерения
- Проверки режима постоянства напряжения (ПН)
- Проверки режима постоянства тока (ПТ)
- Синфазный токовый шум
- Запись теста характеристик
- Сведения о калибровке
- Общая процедура калибровке или регулировки
- Запись калибровок
- Сообщения об ошибках калибровки

Чертежи расположения компонентов

- Схема расположения компонентов

Контрольный список проверки работоспособности

Перед возвратом источника питания в компанию Keysight для обслуживания или ремонта проверьте перечисленные ниже пункты.

Источник питания работоспособен?

- ✓ Проверьте, подключен ли шнур питания к источнику питания.
- ✓ Проверьте, был ли нажат выключатель питания на передней панели.
- ✓ Проверьте, установлен ли сетевой предохранитель установлен и не сгорел ли он (см. «Изменение напряжения сети» на странице 13).
- ✓ Проверьте настройку напряжения сети питания (см. «Подача питания на источник питания» на странице 9).

Был сбой при выполнении самотестирования?

- ✓ Проверьте правильность выбора напряжения сети питания (см. «Подача питания на источник питания» на странице 9).
- ✓ Отключите от источника питания все нагрузки.
(Убедитесь, что при выполнении самотестирования все провода от клемм отсоединены.)

Виды доступного обслуживания

При возникновении неисправностей источника питания в течение трех лет с момента его приобретения он подлежит бесплатному ремонту или замене компанией Keysight. При возникновении его неисправности по истечении трехлетнего гарантийного срока компания Keysight выполнит работы по его ремонту или заменит его по исключительно выгодным расценкам. Решение о ремонте или замене изделия принимает компания Keysight.

Стандартный ремонтный сервис (по всему миру)

Обратитесь в ближайший сервисный центр компании Keysight. Там будет принято решение о ремонте или замене изделия.

Упаковка для отправки

Если планируется отправить изделие в компанию Keysight для обслуживания или ремонта, выполните следующие действия.

- Прикрепите к источнику питания наклейку со сведениями о владельце и необходимых действиях по обслуживанию или ремонту. Укажите номер модели и полный серийный номер прибора.
- Упакуйте источник питания в оригинальную коробку с помощью подходящих упаковочных материалов.
- Обмотайте коробку прочным скотчем или металлическими лентами.

Если оригинальная упаковочная коробка утеряна, упакуйте изделие в коробку, обеспечивающую возможность размещения не менее 4 дюймов сжимаемого упаковочного материала со всех сторон изделия. Во избежание дополнительных повреждений изделия используйте антистатические упаковочные материалы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Компания Keysight рекомендует всегда страховать посылку.

Предостережения об электростатическом разряде

При работе с изделием почти все его электрические компоненты могут быть повреждены электростатическим разрядом (ЭСР). Компоненты могут быть повреждены даже при ЭСР с напряжением 50 В.

Следующие инструкции помогут предотвратить повреждение от ЭСР при использовании источника питания и любых электронных устройств.

- Разборку устройства производите только на рабочей поверхности, не имеющей электростатического заряда.
- Для рассеивания электростатического заряда рабочая поверхность должна проводить ток.
- Используйте проводящий заземленный браслет для рассеивания накопленного электростатического заряда.
- Минимизируйте операции по переноске.
- Запасные детали должны храниться в антистатической упаковке.
- Удалите с рабочей поверхности все пластиковые, пенопластовые, виниловые, бумажные и прочие создающие статический заряд материалы.
- Используйте только антистатические отсосы для припоя.

Ремонт поверхностного монтажа

Для демонтажа компонентов для поверхностного монтажа следует использовать только паяльники или паяльные станции, специально предназначенные для компонентов для поверхностного монтажа.

Использование обычного оборудования для отсоса припоя почти всегда приводит к необратимому повреждению печатной платы и лишению заводской гарантии Keysight.

Замена сетевого предохранителя

Сетевой предохранитель находится в держателе предохранителя на задней панели источника питания. Сведения о проверке номинала сетевого предохранителя и его замене см. в разделе «Подача питания на источник питания» на странице 9.

Советы по поиску и устранению неисправностей

В данном разделе содержится краткий контрольный список основных неисправностей. Перед поиском и устранением неисправностей источника питания убедитесь, что неисправен именно источник питания, а не какое-либо внешнее соединение. Убедитесь также в точности калибровки источника питания. Цепи источника питания позволяют производить поиск и устранение неисправностей с помощью стандартных приборов, таких как мультиметр с 6½ разрядами.

Ошибки с номерами от 740 до 755

Эти ошибки могут фиксироваться при случайном отключении питания устройства во время калибровки или изменения энергонезависимого состояния устройства. Повторная калибровка или сброс должны устранить ошибку. Если ошибка не была устранена, возможно наличие аппаратных неисправностей.

Сбой самотестирования изделия

Убедитесь в правильности настройки напряжения сети питания. Также убедитесь, что при выполнении самотестирования от клемм отсоединены все провода. Сбой ЦАП U131^[1] на печатной плате вызывает много ошибок самотестирования.

[1] Для моделей с серийными номерами MY53xx6xxx установлен ЦАП U12, в моделях E3640A/E3642A/E3644A — U15, а в моделях E3641A/E3643A/E3645A — U16.

Проблемы с источниками смещения

Убедитесь, что на вход регуляторов напряжения от источников смещения подается напряжение, хотя бы на 1 В превышающее напряжение на их выходе. Неисправные цепи могут стать причиной увеличения нагрузки на источники смещения, вызывая падение выходного напряжения регуляторов.

Проверьте напряжения источников смещения в соответствии с [Таблицей 8-1](#).

Таблица 8-1 Напряжения источников смещения

Источник смещения	Минимум	Максимум	Контрольная точка
+5 В, плавающее	+4,75 В	+5,25 В	U110, контакт 2
-5,1 В, плавающее	-4,75 В	-5,25 В	Полюс CR114
+15 В, плавающее	+14,25 В	+15,75 В	Плюс CR104
-15 В, плавающее	-14,25 В	-15,75 В	Минус CR105

Таблица 8-2 Напряжения источников смещения (серийные номера MY53xxbxxx)

Источник смещения	Минимум	Максимум	Контрольная точка
+3,3 В, плавающее	+3,135 В	+3,465 В	U23, контакт 3
+15 В, плавающее	+14,25 В	+15,75 В	Плюс CR104
-15 В, плавающее	-14,25 В	-15,75 В	Минус CR105

В ряде цепей имеются собственные локальные источники смещения, работающие от основных источников смещения. Убедитесь в активности этих локальных источников смещения. В частности, локальные источники смещения есть у аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), входа переменного тока и секций передней панели. Обязательно убедитесь с помощью осциллографа, что на выходе источника питания отсутствуют колебания переменного тока. Неисправности источников смещения вызывают многочисленные ошибки самотестирования.

Процедуры самотестирования

Самотестирование при включении питания

При каждом включении источника питания производится ряд процедур самотестирования. Эти тесты позволяют убедиться в нормальной работе минимального набора компонентов для выполнения логических и измерительных функций. Сбой во время самотестирования при включении питания приводят к выдаче ошибок с кодами 601–604 и 624–632. В моделях с серийными номерами MY53xx6xxx при включении питания производится полное самотестирование с выдачей ошибок с номерами 601–633.

Полное самотестирование

Для выполнения полного самотестирования при включении питания нажмите любую клавишу передней панели, за исключением клавиши **View**, и удерживайте ее более 5 секунд. При запуске теста источник питания выдает звуковой сигнал. Тесты выполняются в порядке, представленном в [Таблице 8-3](#). Для получения дополнительной информации см. раздел «[Сообщения об ошибках самотестирования](#)» на [странице 137](#).

Таблица 8-3 Сообщения об ошибках самотестирования

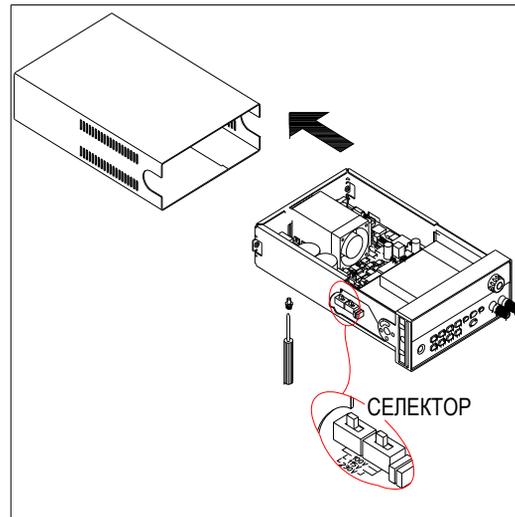
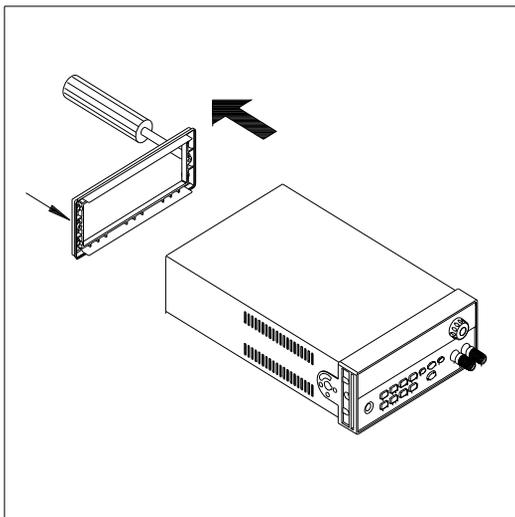
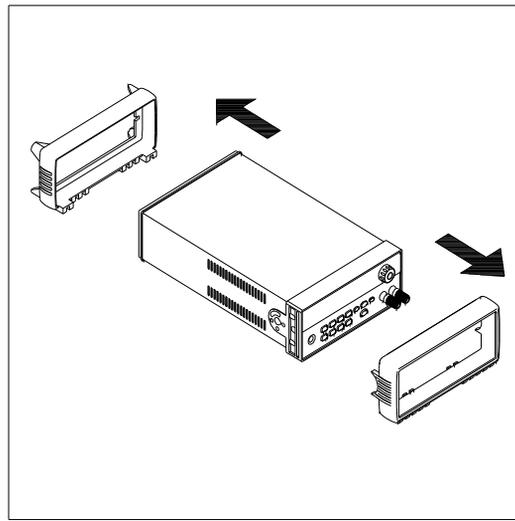
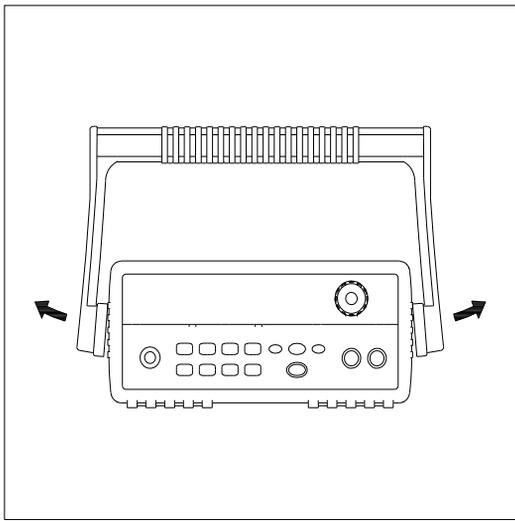
601	Front panel does not respond Передняя панель не отвечает.
602	RAM read/write failed Сбой чтения/записи ОЗУ.
603	A/D sync stuck Сбой синхронизации АЦП.
604	A/D slope convergence failed Сбой конвергенции интегратора АЦП.

Таблица 8-3 Сообщения ошибках самотестирования (продолжение)

605	Cannot calibrate rundown gain Невозможно откалибровать усиление на спаде.
606	Rundown gain out of range Усиление на спаде вне диапазона.
607	Rundown too noisy Повышенные шумы на спаде.
608	Serial configuration readback failed Сбой считывания последовательной конфигурации.
609 ^[1]	В этом тесте проверяется работоспособность аппаратной части АЦП. Основной контроллер U10 устанавливает соединение с АЦП и проверяет наличие каких-либо битов ошибок в отчете о состоянии АЦП.
624	Unable to sense line frequency Невозможно определить частоту шины опроса.
625	I/O processor did not respond Процессор ввода/вывода не отвечает.
626	I/O processor failed self-test Сбой самотестирования процессора ввода/вывода.
630	Self-test failed Сбой самотестирования.
631	System DAC test failed Сбой теста ЦАП системы.
632	Hardware test failed Сбой тестирования аппаратной части.

[1] Это сообщение об ошибке применяется только для моделей с серийными номерами MY53xx6xxx.

Общая разборка



Рекомендуемое тестовое оборудование

Таблица 8-4 описывает тестовое оборудование, рекомендуемое для проверки характеристик и регулировки. Если это оборудование недоступно, для выбора заменяющего калибровочного оборудования руководствуйтесь требованиями к точности калибровки. При использовании оборудования, отличающегося от рекомендованного в **Таблице 8-4**, необходимо произвести перерасчет погрешностей для фактически используемого оборудования.

Таблица 8-4 Рекомендуемое тестовое оборудование

Оборудование	Требования	Рекомендуемая модель	Функция тестирования
Контроллер GPIB	Полная поддержка GPIB или RS-232	Интерфейсная плата Keysight 82341C или аналогичная	Погрешность программирования и считывания
Осциллограф	100 МГц с полосой пропускания 20 МГц	Keysight 54602B	Отображение переходной характеристики, пульсаций и шума
Вольтметр среднечв. значений	От 20 Гц до 20 МГц	—	Измерение среднечв. значений пульсаций и шума
Кабель (BNC–BNC)	50 Ом, 23 см (9 дюймов)	Keysight 10502A или 10503A, если модель 10502A недоступна	Измерение среднечв. значений пульсаций и шума (отклонения для ПН и ПТ)
Розетка BNC на панели	<ul style="list-style-type: none"> Изолированная земля Номинальный импеданс: 50 Ω 	Pomona, модель 5148	Измерение среднечв. значений пульсаций и шума (отклонения для ПН и ПТ)
Разделенные ферритовые сердечники	Для использования с кабелями круглого сечения	Steward Co. 28A2029-0A0	Уменьшение шума кабелей
Цифровой вольтметр	<ul style="list-style-type: none"> Разрешение: 0,1 мВ Погрешность: 0,01 % 	Keysight 34401A	Измерение постоянного напряжения
Электронная нагрузка	<ul style="list-style-type: none"> Диапазон напряжений: 240 В пост. тока Диапазон тока: 10 А пост. тока Разомкнутые и замкнутые переключатели Включение/выключение перехода 	Keysight 60503B	Измерение регулировки нагрузки и электросети, а также времени стабилизации при переключении

8 Сервис и техническое обслуживание

Рекомендуемое тестовое оборудование

Таблица 8-4 Рекомендуемое тестовое оборудование (продолжение)

Оборудование	Требования	Рекомендуемая модель	Функция тестирования
Резистивные нагрузки (R _L)	<ul style="list-style-type: none"> • Для E3640A: 2,7 Ом, 150 Вт / 13,5 Ом, 150 Вт • Для E3641A: 43,8 Ом, 300 Вт / 120 Ом, 300 Вт • Для E3642A: 1,6 Ом, 300 Вт / 8,0 Ом, 300 Вт • Для E3643A: 25 Ом, 300 Вт / 75 Ом, 300 Вт • Для E3644A: 1,0 Ом, 300 Вт / 5,0 Ом, 300 Вт • Для E3645A: 15,9 Ом, 300 Вт / 46,2 Ом, 300 Вт 	—	Измерение пульсаций и шума
Резистор измерения тока (шунт) – R _{M1}	0,01 Ом, 0,1 % ^[1]	Модель ISOTEK Co. A-H или аналогичная	Установка режима постоянства тока
Резистор измерения тока (шунт) – R _{M2}	0,2 Ом / 250 Ом, 0,1 % ^[1]	Модель ISOTEK Co. RUG-Z или аналогичная	Измерение среднекв. значений пульсаций и шума

[1] Для определения точного сопротивления рекомендуется использовать после калибровки резистор измерения тока.

Рекомендации по тестированию

Чтобы гарантировать правильную работу источника питания, убедитесь, что до начала описанных в данной главе процедур тестирования выбрано правильное напряжение сети питания (см. «Изменение напряжения сети» на странице 13).

Убедитесь, что при выполнении самотестирования от клемм (на передней и задней панелях) отсоединены все провода.

При проверке оптимальных характеристик все процедуры тестирования должны соответствовать приведенным ниже рекомендациям.

- Температура окружающей среды при калибровке должна быть постоянной и находится в диапазоне от 20 до 30 °С.
- Относительная влажность воздуха ниже 80 %.
- Перед верификацией и калибровкой дайте прибору прогреться в течение 1 часа.
- Для подключения тестового оборудования используйте короткие кабели.

ВНИМАНИЕ!

Тестирование должно выполняться квалифицированным персоналом. При тестировании на выходе источника питания может присутствовать опасное напряжение.

Тесты проверки работоспособности и характеристик

Тесты верификации работоспособности

Чтобы убедиться, что источник питания работает должным образом, не тестируя все параметры, выполните описанные ниже проверочные тесты.

- Выполните процедуру самотестирования при включении питания и процедуры, описанные в разделе «**Проверка выходных параметров**» на странице 10. (Дополнительные сведения см. в разделе «**Самотестирование**» на странице 55.)
- Выполните тесты «**Погрешность программирования и считывания напряжения**» и «**Погрешность программирования и считывания тока**».

Тесты проверки характеристик

В следующих разделах описаны процедуры тестирования для проверки соответствия характеристик источника питания спецификациям, указанным в разделе «**Электрические характеристики**» на странице 172. Все результаты тестирования характеристик и рассчитанные погрешности измерения вносятся в соответствующую карту результатов тестирования для вашей конкретной модели. Измеренные фактические значения можно вести в предусмотренном столбце в этой карте.

При использовании оборудования, отличающегося от рекомендованного в таблице **Таблица 8-4**, необходимо произвести перерасчет погрешностей для фактически используемого оборудования.

Техника измерения

Стандартная тестовая установка

Большинство тестов выполняется с помощью клемм передней панели, как показано на **Рисунке 8-1**. Напряжение постоянного тока измеряется непосредственно на клеммах (+) и (-) передней панели.

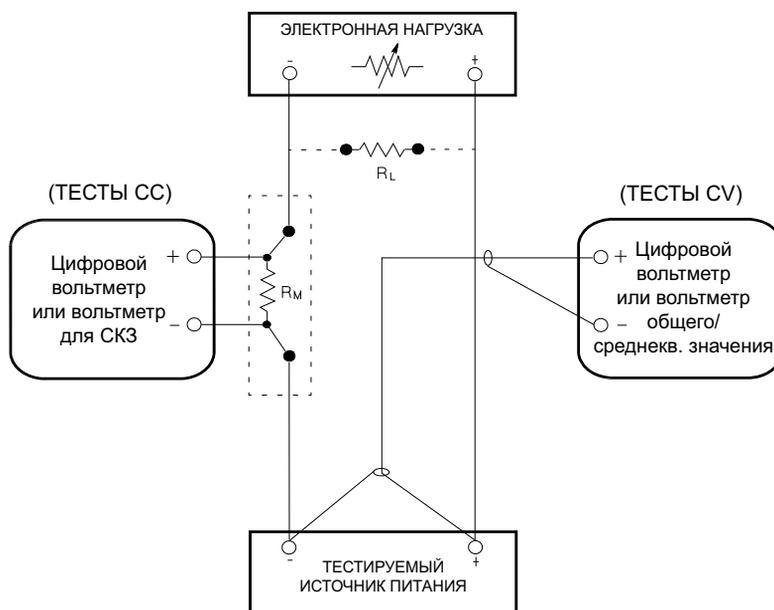


Рисунок 8-1 Установка для тестирования характеристик

Токоизмерительный резистор

Для исключения погрешности измерения выходного тока по причине падения напряжения на проводах и соединениях, подключите между выходной клеммой (–) и нагрузкой токоизмерительный резистор, имеющей вид устройства с четырьмя клеммами. Подключите провода измерения тока нагрузки прямо к точкам измерения на резисторе (см. R_M на [Рисунке 8-1](#)).

Техника основных измерений

Для достижения наилучших результатов при измерении характеристик регулирования при нагрузке, пикового напряжения и времени стабилизации при переключении источника питания измерительные приборы должны подсоединяться с помощью отверстий (A) в стержнях приборных клемм, а нагрузочный резистор к их передним гнездам (B). Измерения на нагрузке включают импеданса проводов, ведущих к нагрузке. Импеданса проводов нагрузки часто может превышать импеданс источника питания на несколько порядков, искажая результаты измерений. Для устранения суммарного эффекта соединений каждый измерительный прибор должен подключаться отдельной парой проводов прямо к выходным клеммам.

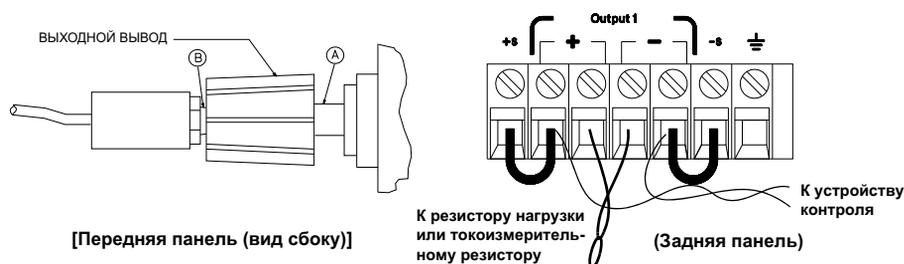


Рисунок 8-2 Подключения к клеммам передней/задней панели

Электронная нагрузка

Для многих процедур тестирования требуется использование переменного нагрузочного резистора с нужной мощностью рассеивания. При использовании переменного нагрузочного резистора требуется наличие переключателей для его подключения, отключения и закорачивания. Вместо переменного нагрузочного резистора с переключателями можно использовать (при наличии) электронную нагрузку. Работа с электронной нагрузкой гораздо проще, чем с нагрузочными резисторами. Она устраняет необходимость в параллельном подключении резисторов и реостатов, чтобы обеспечить необходимую мощность рассеивания. Она отличается более стабильными параметрами по сравнению с графитовыми нагрузочными резисторами и значительно упрощает переключение между различными режимами нагрузки, необходимыми при тестировании регулировки нагрузки и отклика нагрузки. Использование электронной нагрузки потребует минимальных изменений процедур тестирования, описанных в этой главе.

Программирование

Большинство тестов характеристик можно выполнить с передней панели. Однако, для выполнения тестов точности программирования напряжения и тока и считывания требуется контроллер GPIB или RS-232.

Процедуры тестирования написаны с расчетом на то, что пользователь знает основы программирования источника питания с передней панели или с помощью контроллера GPIB и RS-232. Подробные сведения об удаленном программировании см. в [Главе 3, «Настройки выхода и команды операций»](#).

Проверки режима постоянства напряжения (ПН)

Установка тестирования режима постоянства напряжения

Если используется один или несколько измерителей и осциллограф, каждый из них следует подключать к клеммам (+) и (-) отдельной парой проводов, чтобы исключить суммарное влияние соединений. Во избежание наведения шума на измерительные провода используйте коаксиальный кабель или экранированный двужильный кабель.

Таблица 8-5 Проверка запрограммированных значений

Модель	Диапазон низкого напряжения	Диапазон высокого напряжения
E3640A	8 В / 3 А	20 В / 1,5 А
E3641A	35 В / 0,8 А	60 В / 0,5 А
E3642A	8 В / 5 А	20 В / 2,5 А
E3643A	35 В / 1,4 А	60 В / 0,8 А
E3644A	8 В / 8 А	20 В / 4 А
E3645A	35 В / 2,2 А	60 В / 1,3 А

Погрешность программирования и считывания напряжения

Данный тест позволяет убедиться, что функции программирования и считывания напряжения через интерфейсы GPIB и RS-232 соответствуют спецификациям.

ПРИМЕЧАНИЕ

- Значения, считанные через удаленный интерфейс, должны совпадать с отображаемыми на передней панели.
- Во избежание ошибок округления следует сначала запрограммировать через удаленный интерфейс источник питания для этого теста.

- 1 Отключите источник питания и подключите цифровой вольтметр к тестируемым выходным клеммам (+) и (-), как показано на **Рисунке 8-1**.
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон высокого напряжения (20 В / 1,5 А)^[1] и разрешите выход, отправив следующие команды:

```
VOLT:RANG P20V (модель E3640A)
```

```
OUTP ON
```

- 3 Запрограммируйте выходное напряжение равным 0 В, а ток, равным максимальному номинальному значению (1,5 А)^[1], отправив следующие команды:

```
VOLT 0
```

```
CURR 1.5 (модель E3640A)
```

- 4 Запишите результат измерения выходного напряжения с помощью цифрового вольтметра. Результат измерения должен находиться в пределах $0 \text{ В} \pm 10 \text{ мВ}$. Отметьте также, что загорелись индикаторы CV, Adrs, Limit и Rmt.
- 5 Считайте выходное напряжение через удаленный интерфейс, отправив команду MEAS:VOLT?.
- 6 Запишите значение, отображаемое контроллером. Это значение должно равняться показаниям цифрового вольтметра с отклонением $\pm 5 \text{ мВ}$.
- 7 Запрограммируйте выходное напряжение на максимальное номинальное значение (20 В)^[1], отправив следующую команду:

```
VOLT 20.0 (модель E3640A)
```

- 8 Запишите результат измерения выходного напряжения с помощью цифрового вольтметра. Результат измерения должен находиться в пределах $20 \text{ В} \pm 20 \text{ мВ}$ ^[2] или $60 \text{ В} \pm 40 \text{ мВ}$ ^[3].
- 9 Считайте выходное напряжение через удаленный интерфейс, отправив команду MEAS:VOLT?.

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. **Таблице 8-5**.

[2] Для моделей E3640A/E3642A/E3644A.

[3] Для моделей E3641A/E3643A/E3645A.

- 10 Запишите значение, отображаемое контроллером. Это значение должно равняться показаниям цифрового вольтметра с отклонением ± 15 мВ^[2] или ± 35 мВ^[3].

Эффект нагрузки в режиме ПН (регулирование по нагрузке)

В данном тесте измеряется мгновенное изменение выходного напряжения из-за изменения выходного тока в результате перехода от полной нагрузки к нулевой.

- 1 Отключите источник питания и подключите цифровой вольтметр к выходным клеммам (+) и (–), как показано на [Рисунке 8-1](#).
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон высокого напряжения (20 В / 1,5 А)^[1], разрешите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте выходной ток равным максимальному программируемому значению, а напряжение равным максимальному номинальному напряжению (20,0 В)^[1].
- 3 Переключите электронную нагрузку в режим постоянства тока и установите ее ток, равным 1,5 А^[1]. Убедитесь, что индикатор **CV** на передней панели горит. Если он не горит, отрегулируйте нагрузку так, чтобы выходной ток немного уменьшился и загорелся индикатор **CV**. Запишите результат измерения выходного напряжения с помощью цифрового вольтметра.
- 4 Установите для электронной нагрузки разомкнутый режим (вход выключен). Немедленно запишите результат измерения выходного напряжения с помощью цифрового вольтметра. Разница между показаниями цифрового вольтметра на шагах 3 и 4 — это результат регулирования нагрузки в режиме ПН. Разница между считываниями при мгновенном изменении должна находиться в пределах от 5 мВ^[2] до 9 мВ^[3].

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблице 8-5](#).

[2] Для моделей E3640A/E3642A/E3644A.

[3] Для моделей E3641A/E3643A/E3645A.

Эффект источника в режиме ПТ (регулирование по электросети)

В данном тесте измеряется мгновенное изменение выходного напряжения в результате изменения напряжения сети переменного тока от минимального значения (на 10 % ниже номинального входного напряжения) до максимального (на 10 % выше номинального входного значения).

- 1 Отключите источник питания и подключите цифровой вольтметр к тестируемым выходным клеммам (+) и (–), как показано на [Рисунке 8-1](#).
- 2 Подключите сеть питания через регулируемый трансформатор напряжения.
- 3 Включите источник питания. Выберите диапазон высокого напряжения (20 В / 1,5 А)^[1], разрешите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте ток, равным максимальному программируемому значению, а напряжение равным максимальному номинальному напряжению (20,0 В)^[1].
- 4 Переключите электронную нагрузку в режим постоянства тока и установите ее ток, равным 1,5 А^[1]. Убедитесь, что индикатор **CV** горит. Если он не горит, отрегулируйте нагрузку так, чтобы выходной ток немного уменьшился и загорелся индикатор **CV**.
- 5 Понижьте выходное напряжение трансформатора до нижнего предельного напряжения сети (104 В перем. тока при номинальном значении 115 В перем. тока, 90 В перем. тока при номинальном значении 100 В перем. тока и 207 В перем. тока при номинальном значении 230 В перем. тока). Запишите результат измерения выходного напряжения с помощью цифрового вольтметра.
- 6 Повысьте выходное напряжение трансформатора до верхнего предельного напряжения сети (127 В перем. тока при номинальном напряжении 115 В перем. тока, 110 В перем. тока при номинальном напряжении 100 В перем. тока или 253 В перем. тока при номинальном значении

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблица 8-5](#).

8 Сервис и техническое обслуживание

Проверки режима постоянства напряжения (ПН)

230 В перем. тока). Немедленно запишите результат измерения напряжения с помощью цифрового вольтметра. Разница между показаниями цифрового вольтметра на этапах 5 и 6 — это результат регулирования по электросети. Разница между считываниями при мгновенном изменении должна находиться в пределах от 5 мВ^[1] до 9 мВ^[2].

[1] Для моделей E3640A/E3642A/E3644A.

[2] Для моделей E3641A/E3643A/E3645A.

Периодические и случайные отклонения в режиме ПН (пульсации и шум)

Периодические и случайные отклонения (PARD) выхода (пульсации и шум) включают остаточное напряжения переменного тока, передаваемое в выходное напряжение постоянного тока. PARD в режиме ПН измеряются как среднеквадратичное или пиковое выходное напряжение в диапазоне от 20 Гц до 20 МГц.

Техника измерений среднеквадратичного напряжения

При измерении среднеквадратичного напряжения пульсаций и шума измерительный прибор должен быть подключен клеммам передней панели в точке (А) (см. **Рисунок 8-2**). Для подключения измерительного прибора к источнику питания используйте вертикальное гнездо для мини-щупа и щуп напряжения с коэффициентом 1:1. Для уменьшения погрешности измерения по причине синфазного шума рекомендуется свить соединительный провод между мини-щупом и выходными клеммами. Нагрузочный резистор подключается к клемме в точке (В) (см. **Рисунок 8-2**). Свивание проводов между нагрузочным резистором и источником питания помогает снизить уровень шума, наведенного при измерении.

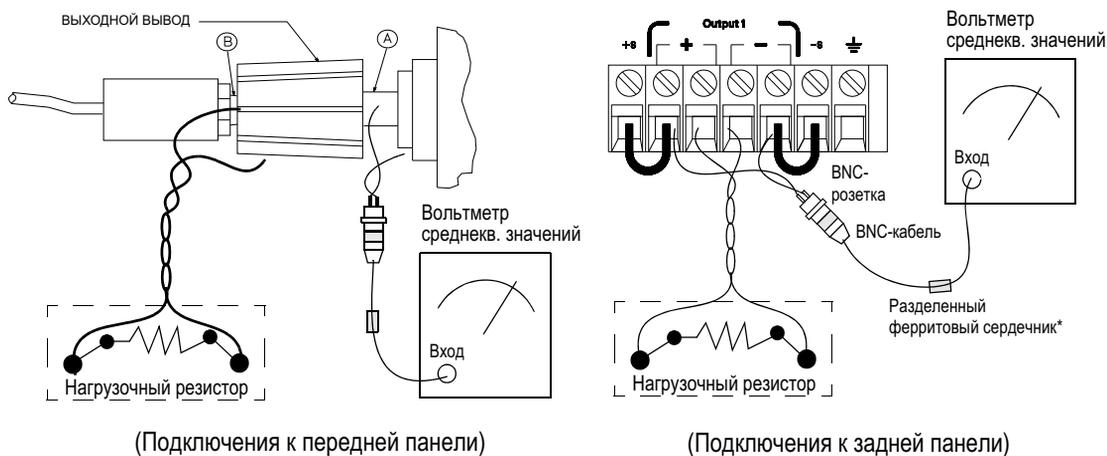


Рисунок 8-3 Подключение к клеммам передней/задней панели для измерения среднеквадратичных значений

8 Сервис и техническое обслуживание

Проверки режима постоянства напряжения (ПН)

ПРИМЕЧАНИЕ

Для улучшения результатов измерения рекомендуется сделать провода между BNC-розеткой и выходными клеммами как можно короче и надеть разделенный ферритовый сердечник на кабель BNC–BNC, как показано на [Рисунке 8-3](#).

- 1 Отключите источник питания и подсоедините тестируемые выходные клеммы (+) и (–) к осциллографу (связь по переменному току), как показано на [Рисунке 8-1](#). Установите на осциллографе режим измерения переменного тока с ограничением полосы пропускания до 20 МГц. Подключите резистивную нагрузку (13,5 Ом)^[1] к клемме в точке (B), как показано на [Рисунке 8-3](#).
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон высокого напряжения (20 В / 1,5 А)^[2], разрешите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте ток равным максимальному номинальному току (1,5 А)^[2], а напряжение равным максимальному номинальному напряжению (20,0 В)^[2].
- 3 Убедитесь, что индикатор **CV** на передней панели горит. Если он не горит, слегка подстройте нагрузку.
- 4 Заметьте, что размах сигнала на экране осциллографа не превышает пиковую амплитуду 5 мВ^[3] или 8 мВ^[4].
- 5 Отключите осциллограф и подключите вместо него вольтметр среднеквадратичного измерения переменного напряжения в соответствии с приведенными выше инструкциями по измерению среднеквадратичного напряжения, как показано на [Рисунке 8-3](#). Показания среднеквадратичного напряжения не превышают среднеквадратичный предел более чем на 0,5 мВ^[3] или 1 мВ^[4].

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблицу 8-4](#).

[2] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблицу 8-5](#).

[3] Для моделей E3640A/E3642A/E3644A.

[4] Для моделей E3641A/E3643A/E3645A.

Время стабилизации при переключении нагрузки

В данном тесте измеряется время восстановления выходного напряжения в пределах 15 мВ от его номинального значения при изменении нагрузки от полной (или половинной) до нулевой.

- 1 Отключите источник питания и подключите тестируемые выходные клеммы (+) и (–) к осциллографу (соединение переменного тока), как показано в [Таблице 8-1](#). Установите электронную нагрузку в режим постоянства тока.
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон высокого напряжения (20 В / 1,5 А)^[1], разрешите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте ток равным максимальному номинальному току (1,5 А)^[1], а напряжение равным максимальному номинальному напряжению (20,0 В)^[1].
- 3 Установите электронную нагрузку в режим переключения между половинным и полным значением максимального выходного напряжения с частотой 1 кГц и скважностью 50 %.
- 4 Установите на осциллографе режим связи по переменному току с внутренней синхронизацией и фиксацию положительного или отрицательного переходного процесса нагрузки.
- 5 Настройте осциллограф на отображения переходных процессов, как показано на [Рисунке 8-4](#). Учтите, что ширина импульса (t_2-t_1) переходного процесса на уровне 15 мВ от опорного уровня не превышает 50 мкс.

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблицу 8-5](#).

8 Сервис и техническое обслуживание
Проверки режима постоянства напряжения (ПН)

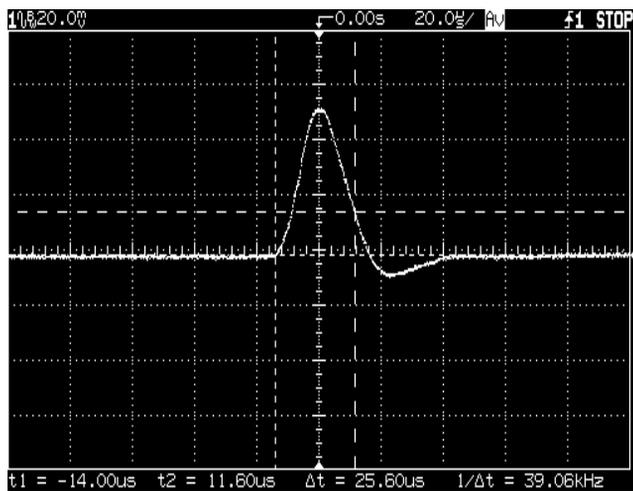


Рисунок 8-4 Время переходного процесса

Проверки режима постоянства тока (ПТ)

Установка режима постоянства тока

Следуйте общим инструкциям, приведенным в разделе «**Техника основных измерений**» на [странице 194](#). Специальные инструкции приведены в приведенных ниже разделах.

Погрешность программирования и считывания тока

Данный тест позволяет убедиться, что функции программирования и считывания тока через интерфейсы GPIB и RS-232 соответствуют спецификациям.

ПРИМЕЧАНИЕ

- Значения, считанные через удаленный интерфейс, должны совпадать с отображаемыми на передней панели. Токоизмерительный резистор должен иметь отклонение 0,01% или меньше.
- Во избежание ошибок округления следует сначала запрограммировать через удаленный интерфейс источник питания для этого теста.

- 1 Отключите источник питания и подключите к тестируемому выходным клеммам токоизмерительный резистор 0,01 Ом (R_{M1}) и цифровой вольтметр параллельно этому резистору (R_{M1}), как показано на [Рисунок 8-1](#).
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон низкого напряжения (8 В / 3 А)^[1] и разрешите выход, отправив приведенные ниже команды:

```
VOLT:RANG P8V (модель E3640A)  
OUTP ON
```

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблицу 8-5](#).

8 Сервис и техническое обслуживание

Проверки режима постоянства тока (ПТ)

- 3 Запрограммируйте выходное напряжение равным максимальному номинальному напряжению (8,0 В)^[1], а ток равным 0 А, отправив следующие команды:

```
VOLT 8 (модель E3640A)
```

```
CURR 0
```

- 4 Для преобразования в амперы разделите падение напряжения (показания цифрового вольтметра) на токоизмерительном резисторе (R_M) на его сопротивление и запишите полученное значение (I_O). Это значение должно находиться в пределах $0 \text{ A} \pm 10 \text{ mA}$. Также убедитесь, что загорелись индикаторы **CC**, **Adrs**, **Limit** и **Rmt**.

- 5 Считайте выходной ток через удаленный интерфейс, отправив команду `MEAS : CURR ?`.

- 6 Запишите значение, отображаемое контроллером. Это значение должно находиться в пределах $I_O \pm 5 \text{ mA}$.

- 7 Запрограммируйте выходной ток на максимальное номинальное значение (3 А)^[1], отправив следующую команду:

```
CURR 3.0 (модель E3640A)
```

- 8 Для преобразования в амперы разделите падение напряжения (показания цифрового вольтметра) на токоизмерительном резисторе (R_M) на его сопротивление и запишите полученное значение (I_O). Это значение должно находиться в следующих пределах:

E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
$3 \text{ A} \pm 16 \text{ mA}$	$0,8 \text{ A} \pm 11,6 \text{ mA}$	$5 \text{ A} \pm 20 \text{ mA}$	$1,4 \text{ A} \pm 12,8 \text{ mA}$	$8 \text{ A} \pm 26 \text{ mA}$	$2,2 \text{ A} \pm 14,4 \text{ mA}$

- 9 Считайте выходной ток через удаленный интерфейс, отправив команду `MEAS : CURR ?`.

- 10 Запишите значение, отображаемое контроллером. Это значение должно находиться в следующих пределах:

E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
$I_O \pm 9,5 \text{ mA}$	$I_O \pm 6,2 \text{ mA}$	$I_O \pm 12,5 \text{ mA}$	$I_O \pm 7,1 \text{ mA}$	$I_O \pm 17 \text{ mA}$	$I_O \pm 8,3 \text{ mA}$

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблица 8-5](#).

Эффект нагрузки в режиме ПТ (регулирование по нагрузке)

В данном тесте измеряется мгновенное изменение выходного тока при изменении напряжения на нагрузке от полного номинального выходного напряжения до короткого замыкания.

- 1 Отключите источник питания и соедините тестируемый выход, как показано на [Рисунке 8-1](#), с цифровым вольтметром, подключенным к токоизмерительному резистору 0,01 Ом (R_{M1}).
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон низкого напряжения (8 В / 3 А)^[1], включите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте выходное напряжение на максимальное программируемое значение, а выходной ток на максимальное номинальное значение (3 А)^[1].
- 3 Установите напряжение электронной нагрузки 8,0 В, чтобы система работала в режиме постоянства напряжения после падения напряжения на проводах нагрузки. Убедитесь, что индикатор **СС** горит. В противном случае отрегулируйте нагрузку так, чтобы выходное напряжение немного снизилось. Запишите ток, получив его путем деления значения напряжения на цифровом вольтметре на сопротивление токоизмерительного резистора.
- 4 Установите электронную нагрузку в режим короткого замыкания (короткое замыкание входа). Сразу же запишите ток, получив его путем деления значения напряжения на цифровом вольтметре на сопротивления токоизмерительного резистора. Разница между значением тока на [шаге 3](#) и [шаге 4](#) — это ток регулирования нагрузки. Разница между показаниями при мгновенном изменении должна находиться в указанных ниже пределах:

E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
0,55 мА	0,33 мА	0,75 мА	0,39 мА	1,05 мА	0,47 мА

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. [Таблица 8-5](#).

Эффект источника в режиме ПТ (регулирование по электросети)

В данном тесте измеряется мгновенное изменение силы выходного тока по причине изменения напряжения сети переменного тока от минимального значения (на 10 % ниже номинального входного напряжения) до максимального (на 10 % выше номинального напряжения).

- 1 Отключите источник питания и соедините тестируемый выход, как показано на **Рисунок 8-1**, с цифровым вольтметром, подключенным к токоизмерительному резистору (R_{M1}).
- 2 Подключите сеть питания через регулируемый трансформатор напряжения.
- 3 Включите источник питания. Выберите диапазон низкого напряжения (8 В / 3 А)^[1], включите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте напряжение на максимальное программируемое значение, а ток на максимальное номинальное значение (3 А)^[1].
- 4 Установите для электронной нагрузки режим постоянства напряжения и установите его напряжение равным 8,0 В^[1]. Убедитесь, что индикатор **СС** горит. Если он не горит, отрегулируйте нагрузку так, чтобы выходное напряжение немного уменьшилось и загорелся индикатор **СС**.
- 5 Настройте трансформатор на нижний предел напряжения сети (104 В перем. тока при номинальном значении 115 В перем. тока, 90 В перем. тока при номинальном значении 100 В перем. тока и 207 В перем. тока при номинальном значении 230 В перем. тока). Запишите значение выходного тока, получив его путем деления значения напряжения на цифровом вольтметре на текущее сопротивление токоизмерительного резистора.
- 6 Настройте выходное напряжение трансформатора на 10 % выше номинального напряжения сети (127 В перем. тока при номинальном входном напряжении 115 В перем. тока, 110 В перем. тока при номинальном входном напряжении 100 В перем. тока и 253 В перем. тока при номинальном

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. **Таблицу 8-5**.

входном напряжении 230 В перем. тока). Сразу же запишите ток, получив его путем деления значения напряжения на цифровом вольтметре на сопротивления токоизмерительного резистора. Разница между значением тока на шаге 5 и шаге 6 — это ток регулирования нагрузки. Разница между показаниями при мгновенном изменении должна находиться в указанных ниже пределах:

E3640A	E3641A	E3642A	E3643A	E3644A	E3645A
0,55 мА	0,33 мА	0,75 мА	0,39 мА	1,05 мА	0,47 мА

PARD в режиме ПТ (пульсации и шум)

Периодические и случайные отклонения (PARD) выхода (пульсации и шум) включают остаточный переменный ток и остаточное напряжение переменного тока, передаваемые на выход постоянного тока. PARD в режиме ПТ определяется как среднеквадратичное значение выходного тока в диапазоне частот от 20 Гц до 20 МГц при работе источника питания в режиме постоянства тока.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для улучшения результатов измерения рекомендуется сделать провода между BNC-розеткой и выходными клеммами как можно короче и надеть разделенный ферритовый сердечник на кабель BNC–BNC, как показано на Рисунке 8-5.

8 Сервис и техническое обслуживание

Проверки режима постоянства тока (ПТ)

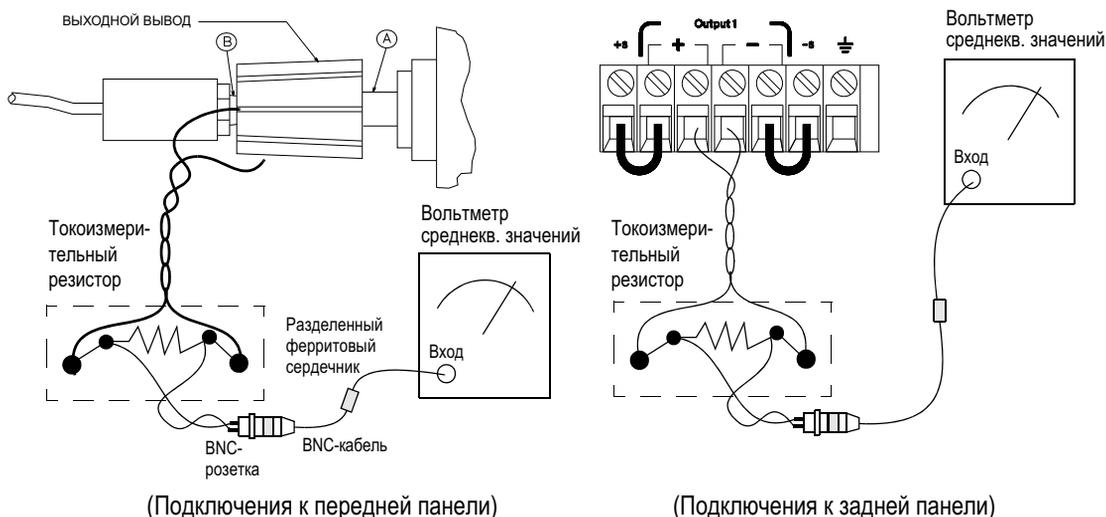


Рисунок 8-5 Подключения для измерения PAR в режиме ПТ (пульсации и шум)

- 1 Отключите источник питания и соедините тестируемый выход, как показано на **Рисунке 8-5**, с токоизмерительным резистором 0,2 Ом (R_{M2}) на выходных клеммах. Подключите к токоизмерительному резистору вольтметр среднеквадратичного значения напряжения, как показано на **Рисунке 8-5**.
- 2 Включите источник питания. Выберите диапазон низкого напряжения (8 В / 3 А)^[1], включите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте ток на максимальный номинальный ток (3 А)^[1], а напряжение на максимальное номинальное напряжение (8,0 В)^[1].
- 3 Для определения среднеквадратичного значения тока разделите полученное среднеквадратичное значение напряжения на сопротивление нагрузки. Результат должен находиться в пределах 4 мА.

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. **Таблица 8-5**.

Синфазный токовый шум

Синфазный токовый шум — составляющая переменного тока между выходом и выходом или выходным проводом и заземлением шасси. Синфазные шумы могут создавать проблемы для очень чувствительных цепей, использующих заземление в качестве опорного. Когда заземление используется цепью в качестве опорного, между выходными клеммами и заземлением будут протекать слабый переменный токи. При наличии импеданса с заземлением будет создаваться падение напряжения, равное произведению выходного тока на импеданс.

- 1 Отключите источник питания и подключите резистор 100 кОм (R_S) и параллельно ему конденсатор 2200 пФ к клемме (-) и заземлению шасси на задних выходных клеммах.
- 2 Подключите к резистору R_S цифровой вольтметр.
- 3 Включите источник питания. Выберите диапазон низкого напряжения (8 В / 3 А)^[1], включите выход и установите дисплей в режим ограничения. Когда дисплей находится в режиме ограничения, запрограммируйте выход на максимальные номинальные значения (8,0 В и 3 А)^[1].
- 4 Запишите напряжение на резисторе R_S и рассчитайте силу тока, разделив напряжение на сопротивление (показания цифрового вольтметра/100 кОм). Заметьте, что значение тока не превышает 1,5 мкА.

[1] Для модели E3640A. Для других моделей см. Таблица 8-5.

Запись теста характеристик

Таблица 8-6 Запись теста характеристик в режиме ПН

Описание теста	Модель	Фактические результаты	Спецификация	
			Верхний предел	Нижний предел
Погрешность программирования в режиме ПН при напряжении 0 В (показания цифрового вольтметра)	Все		+0,01 В	-0,01 В
Погрешность считывания в режиме ПН при напряжении 0 В	Все		Показания цифрового вольтметра +0,005 В	Показания цифрового вольтметра -0,005 В
Погрешность программирования в режиме ПН при значении полной шкалы (показания цифрового вольтметра)	E3640A/E3642A/E3644A		+20,02 В	+19,98 В
	E3641A/E3643A/E3645A		+60,04 В	+59,96 В
Погрешность считывания в режиме ПН при значении полной шкалы	E3640A/E3642A/E3644A		Показания цифрового вольтметра +0,015 В	Показания цифрового вольтметра -0,015 В
	E3641A/E3643A/E3645A		Показания цифрового вольтметра +0,035 В	Показания цифрового вольтметра -0,035 В
Эффект нагрузки в режиме ПН (регулирование по нагрузке)	E3640A/E3642A/E3644A		Максимальное изменение: < 5 мВ	
	E3641A/E3643A/E3645A		Максимальное изменение: < 9 мВ	
Эффект источника в режиме ПТ (регулирование по электросети)	E3640A/E3642A/E3644A		Максимальное изменение: < 5 мВ	
	E3641A/E3643A/E3645A		Максимальное изменение: < 9 мВ	
PARD в режиме ПН (дифференциальный шум)	E3640A/E3642A/E3644A		< 5 мВ (пик.) / 0,5 мВ (среднекв.)	
	E3641A/E3643A/E3645A		< 8 мВ (пик.) / 1 мВ (среднекв.)	
Время стабилизации при переключении нагрузки	Все		< 50 мкс	

Таблица 8-7 Запись теста характеристик в режиме ПТ

Описание теста	Модель	Фактические результаты	Спецификация	
			Верхний предел	Нижний предел
Погрешность программирования в режиме ПТ при 0 А (I_0)	Все		+0,0100 А	-0,0100 А
Погрешность считывания в режиме ПТ при 0 А	Все		I_0 +0,005 А	I_0 -0,005 А
Погрешность программирования в режиме ПТ при значении полной шкалы (I_0)	E3640A		3,01600 А	2,9840 А
	E3641A		0,8116 А	0,7884 А
	E3642A		5,02 А	4,98 А
	E3643A		1,4128 А	1,3872 А
	E3644A		8,026 А	7,974 А
	E3645A		2,2144 А	2,1856 А
Погрешность считывания в режиме ПТ при значении полной шкалы	E3640A		I_0 +0,0095 А	I_0 -0,0095 А
	E3641A		I_0 +0,0062 А	I_0 -0,0062 А
	E3642A		I_0 +0,0125 А	I_0 -0,0125 А
	E3643A		I_0 +0,0071 А	I_0 -0,0071 А
	E3644A		I_0 +0,0170 А	I_0 -0,0170 А
	E3645A		I_0 +0,0083 А	I_0 -0,0083 А
Эффект нагрузки в режиме ПТ (регулирование по нагрузке)	E3640A		Максимальное изменение: < 0,55 мА	
	E3641A		Максимальное изменение: < 0,33 мА	
	E3642A		Максимальное изменение: < 0,75 мА	
	E3643A		Максимальное изменение: < 0,39 мА	
	E3644A		Максимальное изменение: < 1,05 мА	
	E3645A		Максимальное изменение: < 0,47 мА	

8 Сервис и техническое обслуживание

Запись теста характеристик

Таблица 8-7 Запись теста характеристик в режиме ПТ (продолжение)

Описание теста	Модель	Фактические результаты	Спецификация	
			Верхний предел	Нижний предел
Эффект источника в режиме ПТ (регулирование по электросети)	E3640A		Максимальное изменение: < 0,55 мА	
	E3641A		Максимальное изменение: < 0,33 мА	
	E3642A		Максимальное изменение: < 0,75 мА	
	E3643A		Максимальное изменение: < 0,39 мА	
	E3644A		Максимальное изменение: < 1,05 мА	
	E3645A		Максимальное изменение: < 0,47 мА	
PARD в режиме ПТ (дифференциальный шум)	Все		< 4 мА (среднекв.)	
PARD в режиме ПТ (синфазный шум)	Все		< 1,5 мкА (среднекв.)	

Сведения о калибровке

Перед калибровкой источника питания следует снять защиту, введя правильный код защиты. Дополнительные сведения о включению и отключению функции защиты источника питания см. в разделе «Калибровка» на странице 64.

Keysight — услуги по калибровке

Когда наступит срок калибровки источника питания, обратитесь в местный сервис-центр компании Keysight, чтобы выполнить калибровку по минимальной цене. Процедура калибровки поддерживается источниками питания моделей Keysight E3640A, E3641A, E3642A, E3643A, E3644A и E3645A, и эта процедура может быть выполнена в филиалах компании Keysight по минимальным расценкам.

Интервал калибровки

Рекомендуемая интервал калибровки для данного источника питания составляет 1 год. При этом гарантируется соответствие характеристик источника питания спецификации в течение следующего интервала калибровки. Keysight не рекомендует выполнять калибровку реже, чем раз в 1 год при любых применениях устройства. При соблюдении данного условия перенастройка обеспечивает наилучшую долговременную стабильность.

Отключение защиты источника без кода защиты

Отключение защиты источника без правильного кода защиты (если он был забыт) выполните следующие действия. До начала этой процедуры ознакомьтесь с разделом «Предостережения об электростатическом разряде» на странице 182.

- 1 Отсоедините от источника питания шнур питания и все провода нагрузки.
- 2 Снимите крышку устройства. Порядок разборки см. в разделе «Общая разборка» на странице 188.
- 3 Подсоедините шнур питания и включите режим калибровки, удерживая клавишу **Calibrate**, пока не прозвучит длинный звуковой сигнал. Будьте осторожны, не прикасайтесь к соединениям сети питания.
- 4 Закоротите перемычкой две металлические площадки JP107^[1] (около U121). См. «Схема расположения компонентов на основной плате — вид сверху» на странице 225 и «Схема расположения компонентов на основной плате — вид снизу» на странице 226.
- 5 Удерживая перемычку, перейдите в поле защитного кода и введите любой код снятия защиты режима калибровки. Теперь источника питания не защищен.
- 6 Уберите перемычку с площадок JP107^[1]. (Если ее не убрать, возникнет ошибка.)
- 7 Выключите и соберите источник питания.

ПРИМЕЧАНИЕ

Теперь можно ввести новый код защиты. Убедитесь, что вы записали новый код защиты.

[1] Для моделей с серийными номерами MY53xx6xxx используйте перемычку JP12 (около U10). См. «Схема расположения компонентов на основной плате — вид сверху (для моделей с серийными номерами MY53xx6xxx)» на странице 228 и «Схема расположения компонентов на основной плате — вид снизу (для моделей с серийными номерами MY53xx6xxx)» на странице 229.

Общая процедура калибровке или регулировки

ПРИМЕЧАНИЕ

Калибровка источника питания должна производиться после его прогрева без подключенной нагрузки в течение 1 часа. Перед калибровкой ЗПН следует выполнить калибровку напряжения.

В данном разделе описаны процедуры калибровки с передней панели.

- Для калибровки напряжения отключите от источника питания все нагрузки и подключите к выходным клеммам цифровой вольтметр.
- Для калибровки тока также отключите от источника питания все нагрузки, подключите к его выходным клеммам соответствующий токоизмерительный резистор 0,01 Ом, а параллельно ему — цифровой вольтметр.
- Процедуру калибровки можно прервать в любой момент, выключив источник питания с передней панели, отправив команду сброса через удаленный интерфейс или нажав на передней панели клавишу **Local**.

Таблица 8-8 содержит параметры и точки калибровки, необходимые для использования при калибровке выходного напряжения и тока.

Таблица 8-8 Параметры для калибровки

Параметр калибровки	Напряжение/ток	Символ точки калибровки
VOLT CAL	Напряжение	V LO
		V MI
		V HI
OVP CAL (КАЛ. ЗПН)	ЗПН	—
CURR CAL	Ток	I LO
		I MI
		I HI

Калибровка напряжения и тока с передней панели

ПРИМЕЧАНИЕ

Перед началом калибровки источника питания следует отключить защиту, отсоединить все нагрузки и подключить цифровой вольтметр к выходным клеммам. Порядок отключения защиты см. в разделе «Калибровка» на странице 64.

В описанной ниже процедуре калибровки для примера используется прибор E3640A. Для калибровки других приборов могут использоваться другие точки калибровки.



- 1 Включение режима калибровки.

CAL MODE (РЕЖ. КАЛИБРОВКИ)

Запустите режим калибровки, нажав клавишу  (**Calibrate**) и удерживая ее до длинного звукового сигнала. Убедитесь, что источник питания находится в режиме **CV**. Если источник питания находится в режиме, отличном от **CV**, будет выдана ошибка.

Калибровка напряжения и ЗПН



- 2 Опустите уровень до значения режима калибровки напряжения.

VOLTAGE CAL (КАЛ. НАПРЯЖЕНИЯ)



- 3 Выберите нижнюю точку калибровки напряжения.

V LO 0.5000



- 4 Введите значение, считанное с цифрового вольтметра, используя регулятор и клавиши выбора разрешения.

V LO 0.4500



- 5 Сохраните изменения и выберите среднюю точку калибровки напряжения.

V MI 10.000

Если введенное значение находится в допустимом диапазоне, на секунду отобразится сообщение **ENTERED**. Если введенное число недопустимо, на секунду отобразится сообщение об ошибке и прозвучит звуковой сигнал, а затем произойдет возврат к точке калибровки низкого, среднего или высокого напряжения.



- 6 Введите значение, считанное с цифрового вольтметра, используя регулятор и клавиши выбора разрешения.

V MI 11.058



- 7 Сохраните изменения и выберите верхнюю точку калибровки напряжения.

V HI 19.500



- 8 Введите значение, считанное с цифрового вольтметра, используя регулятор и клавиши выбора разрешения.

V HI 19.495



- 9 Сохраните изменения и перейдите в режим калибровки ЗПН.
OVP CAL

При сбое калибровки на секунду отобразится сообщение об ошибке, а затем произойдет возврат в режим калибровки напряжения. Отобразится сообщение **VOLTAGE CAL**. Это сообщение отображается для того, чтобы показать, что источник питания готов к калибровке ЗПН.



- 10 Запустите калибровку ЗПН.
CALibrating

Это сообщение отображается для того, чтобы показать, что выполняется калибровка. Процесс калибровки занимает приблизительно 10 секунд. При сбое калибровки на секунду отображается сообщение об ошибке и выдается звуковой сигнал, а затем выполняется возврат в режим калибровки ЗПН.

Калибровка тока

ПРИМЕЧАНИЕ

Для калибровки тока подключите к выходным клеммам подходящий шунт с сопротивлением 0,01 Ом и цифровой вольтметр.



- 11 Выберите нижнюю точку калибровки напряжения.
CURRENT CAL
I LO 0.2000

8 Сервис и техническое обслуживание

Общая процедура калибровке или регулировки



12 Введите рассчитанное значение (показание цифрового вольтметра, поделенное на сопротивление шунта) с помощью регулятора и клавиш настройки разрешения. *Учтите, что для точной калибровки тока следует дождаться стабилизации значений, отображаемых цифровым вольтметром.*

I LO 0.1900



13 Сохраните изменения и выберите среднюю точку калибровки тока.

I MI 1.5000

Если введенное значение находится в допустимом диапазоне, на секунду отобразится сообщение **ENTERED**. Если введенное число недопустимо, на секунду отобразится сообщение об ошибке и прозвучит звуковой сигнал, а затем произойдет возврат к точке калибровки низкого, среднего или высокого тока.



14 Введите рассчитанное значение (показание цифрового вольтметра, поделенное на сопротивление шунта) с помощью регулятора и клавиш настройки разрешения.

I MI 1.5400



15 Сохраните изменение и выберите верхнюю точку калибровки тока.

I HI 2.8000



16 Введите рассчитанное значение (показание цифрового вольтметра, поделенное на сопротивление шунта) с помощью регулятора и клавиш настройки разрешения.

I HI 2.7890 A



17 Сохраните новые константы калибровки тока и выйдите из режима калибровки.

CAL MODE (РЕЖ. КАЛИБРОВКИ)

При сбросе калибровки на секунду отображается сообщение об ошибке и выдается звуковой сигнал, а затем выполняется возврат в режим калибровки тока. Отображается сообщение **CURRENT CAL**.

Запись калибровок

Таблица 8-9 Запись калибровок

Шаг	Описание калибровки	Режим измерения (цифровой вольтметр)	Подстраиваемый параметр
1	Запустите режим калибровки, удерживая клавишу Calibrate до длинного звукового сигнала.		
2	Если защита источника питания включена, отключите ее. (См. раздел « Защита калибровки » на странице 64.)		
3	Нажмите клавишу Calibrate , чтобы переместиться в меню к пункту калибровки напряжения. Отобразится сообщение VOLTAGE CAL . Нажмите клавишу Calibrate , чтобы выбрать нижнюю точку калибровки напряжения.		Калибровка напряжения
4	Отобразится нижняя точка калибровки напряжения. Введите значение, считанное с цифрового вольтметра, с помощью регулятора и клавиш настройки разрешения. Нажмите клавишу Calibrate , чтобы сохранить изменения и выбрать среднюю точку калибровки.	V	Калибровка низкого напряжения
5	Отображается средняя точка калибровки напряжения. Введите значение, считанное с цифрового вольтметра, с помощью регулятора и клавиш выбора разрешения. Нажмите клавишу Calibrate , чтобы сохранить изменения и выбрать верхнюю точку калибровки.	V	Калибровка среднего напряжения
6	Отобразится верхняя точка калибровки напряжения. Введите значение, считанное с цифрового вольтметра, с помощью регулятора и клавиш выбора разрешения. Нажмите клавишу Calibrate , чтобы сохранить изменения и выбрать калибровку ЗПН.	V	Калибровка высокого напряжения
7	Отобразится сообщение OVP CAL . Нажмите клавишу Calibrate , чтобы запустить калибровку перенапряжения. Сообщение CALIBRATING отображается, чтобы показать, что выполняется калибровка.		Калибровка ЗПН
8	Подключите шунтирующий резистор (0,01 Ом) к выходным клеммам и нажмите клавишу Calibrate , чтобы выбрать режим калибровки тока.		Калибровка тока
9	Отобразится нижняя точка калибровки тока. Введите рассчитанное значение (показание цифрового вольтметра, деленное на сопротивление шунта) с помощью регулятора и клавиш разрешения. Нажмите клавишу Calibrate , чтобы сохранить изменения и выбрать среднюю точку калибровки.	A	Калибровка нижнего значения тока

8 Сервис и техническое обслуживание

Сообщения об ошибках калибровки

Таблица 8-9 Запись калибровок (продолжение)

Шаг	Описание калибровки	Режим измерения (цифровой вольтметр)	Подстраиваемый параметр
10	Отобразится средняя точка калибровки тока. Введите рассчитанное значение (показание цифрового вольтметра, деленное на сопротивление шунта) с помощью регулятора и клавиш разрешения. Нажмите клавишу Calibrate , чтобы сохранить изменения и выбрать верхнюю точку калибровки.	A	Калибровка среднего значения тока
11	Отобразится верхняя точка калибровки тока. Введите рассчитанное значение (показание цифрового вольтметра, деленное на сопротивление шунта) с помощью регулятора и клавиш разрешения. Нажмите клавишу Calibrate , чтобы сохранить изменения.	A	Калибровка верхнего значения тока
12	Выключите переключатель Power , чтобы выйти из меню калибровки.		Выход из режима CAL MODE

Сообщения об ошибках калибровки

Таблица 8-10 содержит краткий обзор сообщений об ошибках для модели E364xA. Эти ошибки наиболее часто возникают во время калибровки и настройки. Для получения дополнительной информации см. «Сообщения об ошибках калибровки» на странице 140.

Таблица 8-10 Сообщения об ошибках калибровки

701	Cal security disabled by jumper Защита калибровки отключена перемычкой.
702	Cal secured Калибровка защищена.
703	Invalid secure code Неправильный код защиты.
704	Secure code too long Слишком длинный код защиты.

Таблица 8-10 Сообщения об ошибках калибровки (продолжение)

705	Cal aborted Калибровка прервана.
706	Cal value out of range Значение калибровки вне диапазона.
708	Cal output disabled Выход калибровки отключен.
712	Bad DAC cal data Ошибочные данные калибровки ЦАП.
713	Bad readback cal data Ошибочные считанные данные калибровки.
714	Bad OVP cal data Ошибочные данные калибровки ЗПН.
717	Cal OVP status enabled Разрешено состояние калибровки ЗПН.
718	Gain out of range for Gain Error Correction Значение усиления для коррекции ошибки усиления вне диапазона.
740	Cal checksum failed, secure state Ошибка контрольной суммы калибровки, состояние защиты.
741	Cal checksum failed, secure state Ошибка контрольной суммы калибровки, строковые данные.
743	Cal checksum failed, store/recall data in location 1 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.
744	Cal checksum failed, store/recall data in location 2 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.
745	Cal checksum failed, store/recall data in location 3 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.
746	Cal checksum failed, DAC cal constants Ошибка контрольной суммы калибровки, константы калибровки ЦАП.
747	Cal checksum failed, readback cal constants Ошибка контрольной суммы калибровки, константы калибровки считывания.
748	Cal checksum failed, GPIB address Ошибка контрольной суммы калибровки, адрес GPIB.

8 Сервис и техническое обслуживание

Сообщения об ошибках калибровки

Таблица 8-10 Сообщения об ошибках калибровки (продолжение)

749	Cal checksum failed, internal data Ошибка контрольной суммы калибровки, внутренние данные.
754	Cal checksum failed, store/recall data in location 4 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.
755	Cal checksum failed, store/recall data in location 5 Ошибка контрольной суммы калибровки, сохранение/вызов данных, ячейка 1.

Схема расположения компонентов

Схема расположения компонентов на основной плате — вид сверху

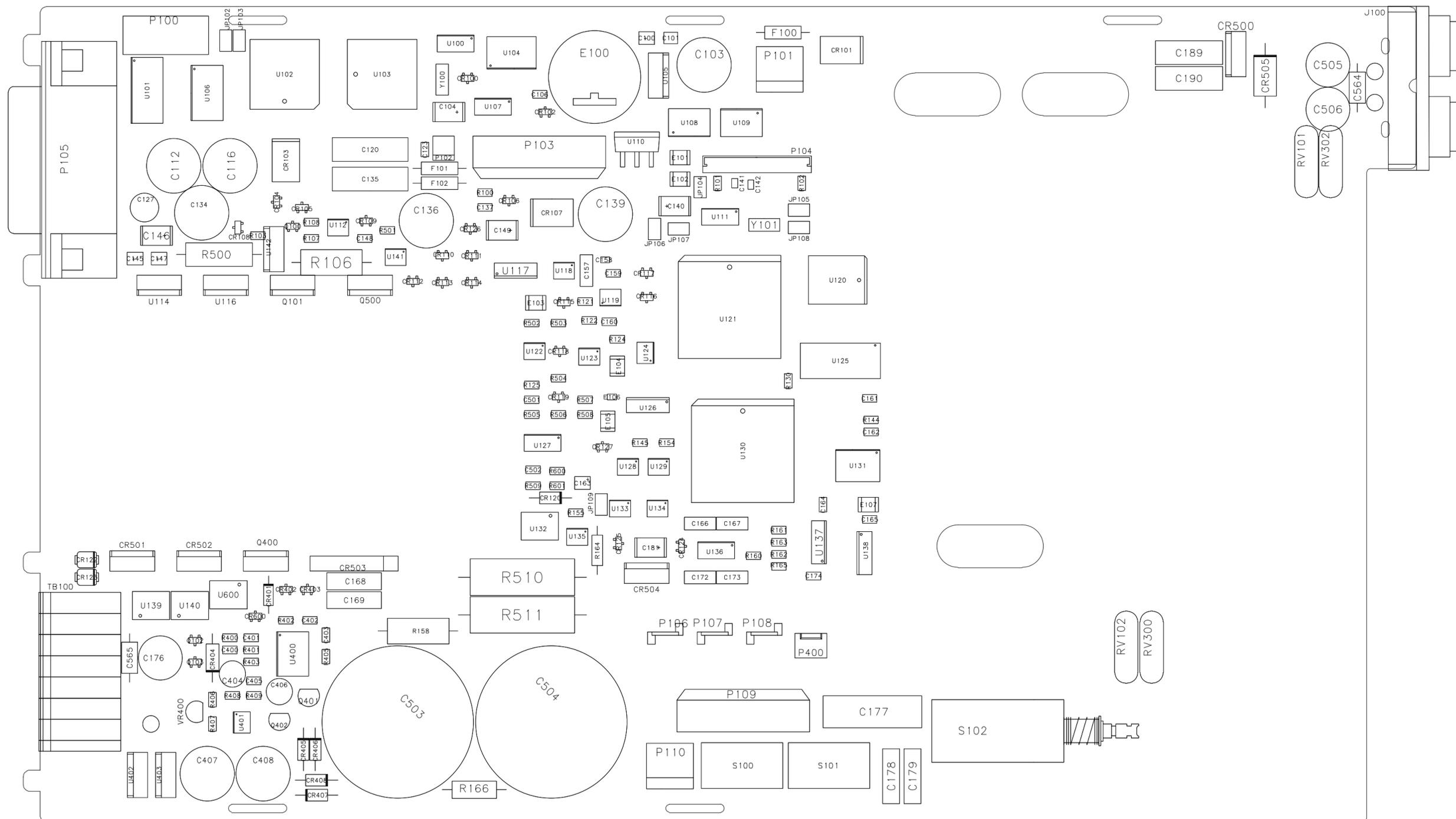


Схема расположения компонентов на основной плате — вид снизу

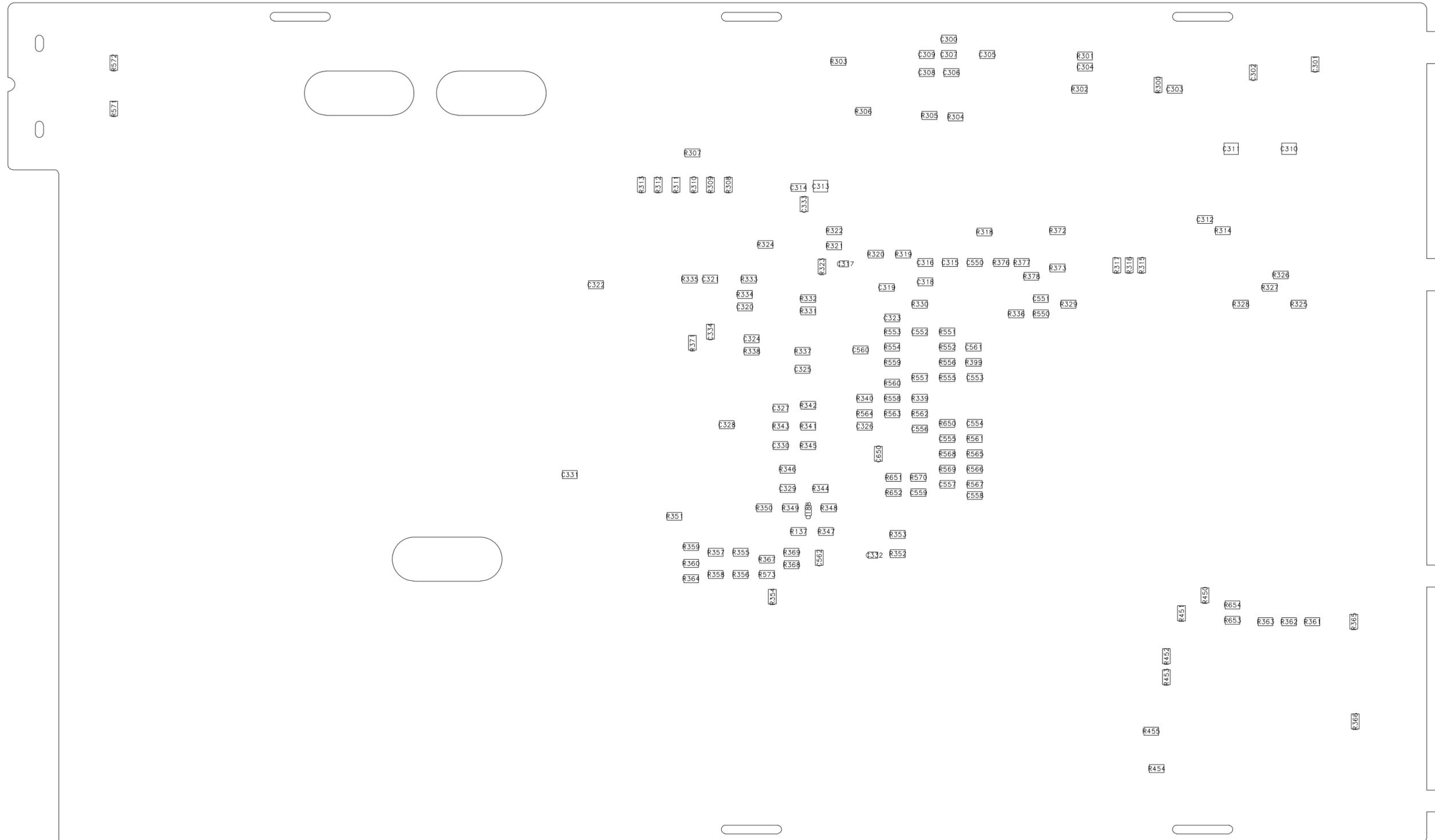


Схема расположения компонентов на передней панели

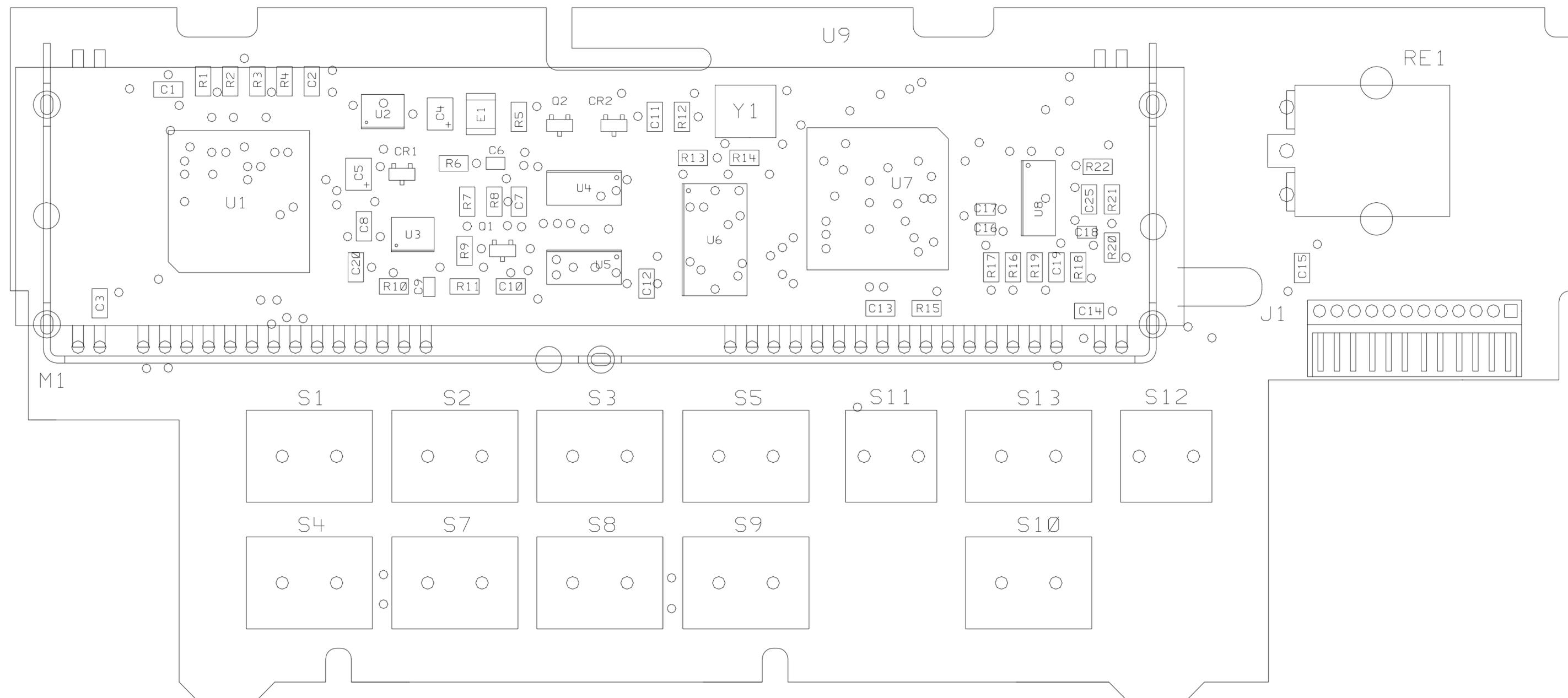


Схема расположения компонентов на основной плате — вид снизу (для моделей с серийными номерами MY53xxbxxx)

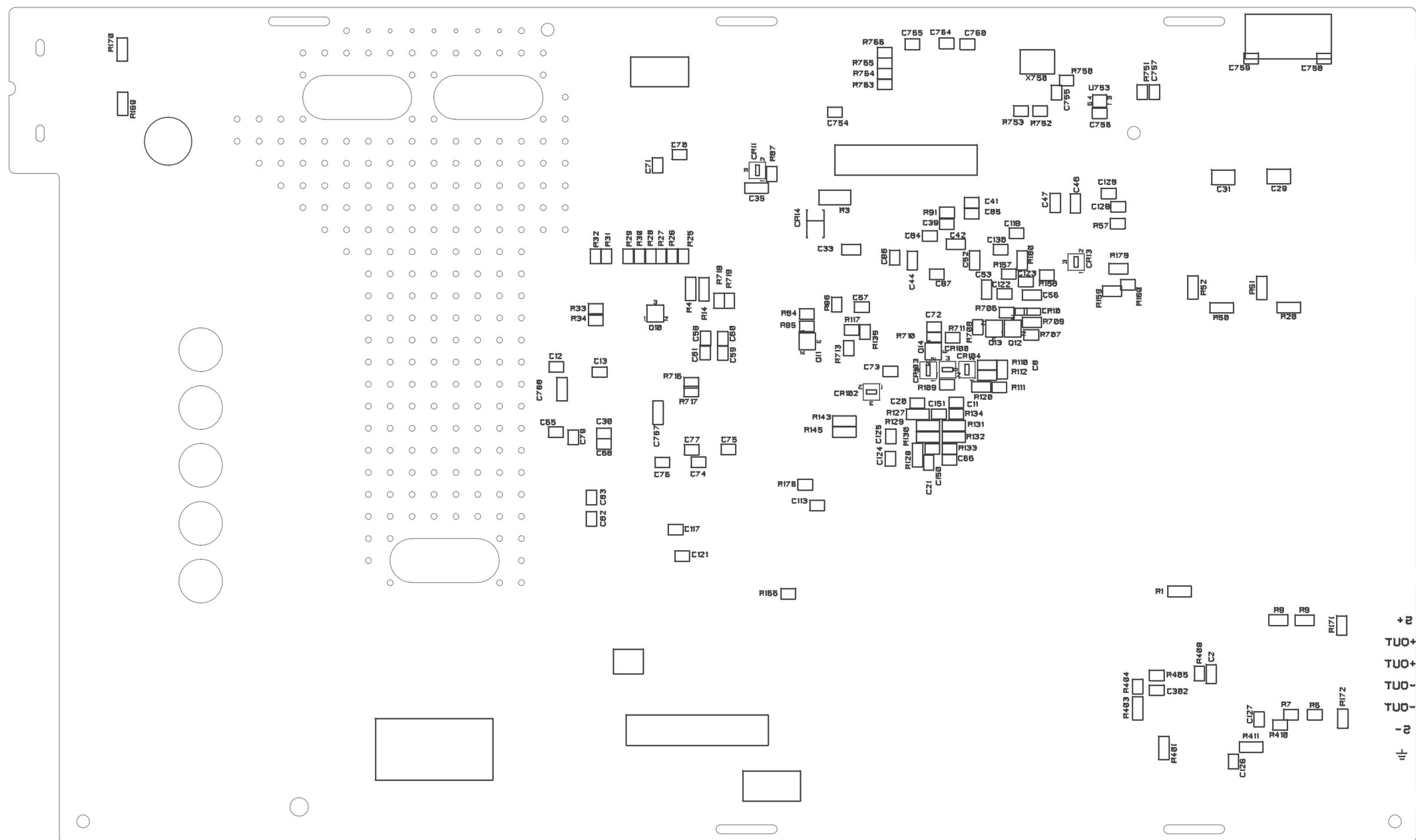
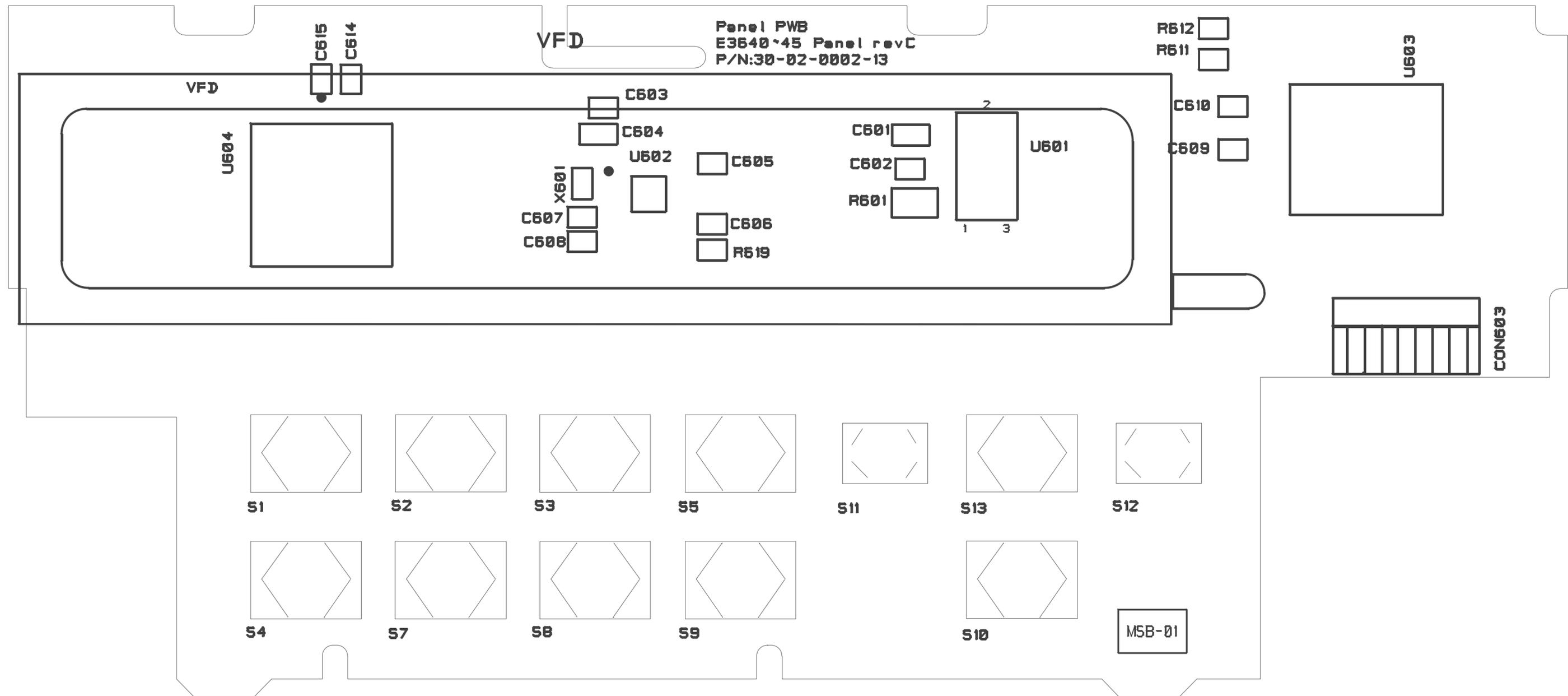


Схема расположения компонентов на передней панели (для моделей с серийными номерами MY53xx6xxx)



www.keysight.com

Контактная информация

Для получения технического или гарантийного обслуживания и технической помощи вы можете обратиться к нам по следующим номерам телефонов и факсов:

США:

(тел.) 800 829 4444 (факс) 800 829 4433

Канада:

(тел.) 877 894 4414 (факс) 800 746 4866

Китай:

(тел.) 800 810 0189 (факс) 800 820 2816

Европа:

(тел.) 31 20 547 2111

Япония:

(тел.) 0120 (421) 345 (факс) 0120 (421) 678

Корея:

(тел.) (080) 769 0800 (факс) (080) 769 0900

Латинская Америка:

(тел.) (305) 269 7500

Тайвань:

(тел.) 0800 047 866 (факс) 0800 286 331

Другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона:

(тел.) (65) 6375 8100 (факс) (65) 6755 0042

Также можно посетить веб-сайт компании Keysight по адресу:

www.keysight.com/find/assist

Спецификации и описания товаров в данном документе могут изменяться без дополнительного извещения. Всегда сверяйтесь с его последней английской версией на веб-сайте Keysight.



**НАУЧНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
ГРУППА КОМПАНИЙ



Настоящая информация может быть изменена
без предварительного уведомления.
© Keysight Technologies 1999 - 2014 гг.
Выпуск 11, ноябрь 2014 г.



НАУЧНОЕ E3640-90001
ОБОРУДОВАНИЕ
ГРУППА КОМПАНИЙ