



[www.keithley.com](http://www.keithley.com)

## Пикоамперметры с источником напряжения двухканальные Keithley 2500, 2502

КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ  
2500-900-01/R, март 2014



A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

**Keithley Instruments, Inc.**

**Corporate Headquarters** • 28775 Aurora Road • Cleveland, Ohio 44139  
440-248-0400 • Fax: 440-248-6168 • 1-888-KEITHLEY (1-888-534-8453) • [www.keithley.com](http://www.keithley.com)

Приведенные ниже меры безопасности необходимо соблюдать при использовании любого изделия или какого-либо сопутствующего оборудования. Несмотря на то, что некоторые приборы и принадлежности при нормальных условиях эксплуатируются с использованием неопасных напряжений, возможны ситуации, в которых их эксплуатация может представлять опасность.

Данное изделие предназначено для использования квалифицированными специалистами, которые осведомлены об опасности получения удара током и обучены правилам техники безопасности, позволяющим избежать получения травм. Перед началом использования изделия внимательно изучите всю информацию по установке, эксплуатации и техническому обслуживанию. Технические характеристики изделия в полном объеме приведены в руководстве пользователя.

Использование изделия не по назначению может стать причиной снижения качества защиты, гарантируемой производителем.

Различаются следующие группы пользователей изделия:

**Ответственное лицо** – это лицо или группа лиц, ответственных за использование и обслуживание оборудования, обеспечение работы оборудования в рамках его технических возможностей и соблюдение эксплуатационных ограничений, а также обеспечение должного уровня подготовки операторов.

**Операторы** – лица, использующие данное изделие по его назначению. Операторы должны пройти обучение правилам электрической безопасности и эксплуатации данного прибора. Необходимо обеспечить защиту операторов от получения ударов током и контакта с цепями под напряжением.

**Технический персонал** выполняет регламентные процедуры для обеспечения функционирования изделия на должном уровне, например, настройку сетевого напряжения или замену расходных материалов. Процедуры технического обслуживания приведены в эксплуатационной документации. В описании процедур явным образом указывается, допускается ли их выполнение оператором. В противном случае они должны выполняться только силами обслуживающего персонала.

**Обслуживающий персонал** проходит подготовку для работы с цепями под напряжением, выполнения безопасных подключения и ремонта изделий. К выполнению процедур по установке и обслуживанию допускаются только специалисты, успешно прошедшие необходимую подготовку.

Изделия компании Keithley Instruments разработаны для использования с электрическими сигналами категории I и категории II в соответствии со стандартом МЭК 60664. Большинство цепей измерения, управления или ввода/вывода данных относятся к категории I и не могут быть напрямую подключены к источнику сетевого напряжения или к источникам напряжения с высокими переходными перенапряжениями. Подключения категории II требуют наличия защиты от высоких переходных перенапряжений, часто имеющих место при подключении к местной сети переменного питания. Считается, что все цепи измерения, управления и ввода/вывода данных должны подключаться к источникам категории I, если не имеется соответствующей маркировки или иное не указано в эксплуатационной документации.

В случае опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать чрезвычайную осторожность. На гнездовых разъемах кабелей или испытательных приспособлений возможно присутствие опасного для жизни напряжения. Согласно классификации Американского национального института стандартов опасность поражения электрическим током существует при работе с напряжениями выше 30 В (среднеквадратичное значение), 42 В (пиковое) или 60 В постоянного тока. Рекомендуется считать, что опасное напряжение присутствует в любой неизвестной сети до выполнения измерения.

Необходимо обеспечить постоянную защиту операторов от возможности получения удара электрическим током. Ответственные лица обязаны следить за тем, чтобы операторы не имели доступа и/или были изолированы от всех точек подключения. В некоторых случаях подключения должны находиться в прямом доступе. При таких обстоятельствах необходимо обучить операторов правилам защиты от возможного получения удара электрическим током. Если в цепи возможно присутствие напряжения 1000 В или выше, то никакие проводящие части подобной цепи не могут находиться в прямом доступе.

Запрещается подключать коммутационные платы непосредственно к цепям, в которых присутствует неограниченная мощность. Они предназначены для использования с источниками с ограниченным сопротивлением. НИКОГДА не подключайте коммутационные платы непосредственно к сети переменного тока. Подключение источников к коммутационным платам необходимо проводить с установкой защитных устройств для ограничения поступления тока КЗ и напряжения к плате.

Перед началом работы с прибором убедитесь, что сетевой шнур подключен к должным образом заземленной розетке. Перед каждым сеансом работы с прибором следует проводить осмотр соединительных кабелей, тестовых выводов, перемычек на наличие износа, трещин или разрывов.

В случае установки оборудования с ограниченным доступом к шнуру сетевого питания, например, в стойки, необходимо обеспечить наличие отдельного устройства для отключения питания вблизи оборудования и в легкодоступном месте для оператора.

Для обеспечения максимального уровня безопасности запрещается прикасаться к изделию, тестовым кабелям или иным компонентам при наличии питающего напряжения в тестируемой цепи. ВСЕГДА снимайте напряжение со всей тестовой системы и разряжайте конденсаторы перед подключением или отключением кабелей или перемычек, установкой или снятием коммутационных плат или выполнением внутренних изменений, например, установкой или снятием перемычек.

Не прикасайтесь к каким-либо объектам, которые соединены по току с общей стороной тестируемой цепи или заземлением питающей сети. Выполняйте измерения только сухими руками и на сухой, заизолированной поверхности, способной выдержать измеряемое напряжение.

Прибор и принадлежности должны использоваться только в соответствии с их спецификациями и эксплуатационными инструкциями. В противном случае возможно снижение степени безопасности эксплуатации оборудования.

Запрещается превышать максимальные значения уровня сигнала, допустимые для данных приборов и принадлежностей, как указано в спецификациях и руководствах по эксплуатации, а также отмечено маркировкой на корпусе прибора или тестовых приспособлениях или коммутационных платах.

При наличии предохранителей их замену следует осуществлять на предохранители того же типа и номинала, чтобы избежать возможности возгорания.

Подключения к корпусу разрешается использовать только в качестве экранирования для измерительных цепей, а не в качестве заземления.

При использовании испытательного стенда необходимо держать крышку закрытой во время подачи мощности на тестируемое устройство. Для обеспечения безопасной эксплуатации требуется использование блокировочного устройства.

При наличии знака  или  необходимо подключить прибор к системе заземления, следуя рекомендациям в эксплуатационной документации.

Символ  на приборе указывает на необходимость обращения к эксплуатационной документации.

Символ  на приборе указывает на то, что прибор может выводить или измерять напряжения выше 1000 В, включая совокупное значение нормального и синфазного напряжения. Соблюдайте стандартные правила техники безопасности, чтобы избежать контакта с участками, где присутствуют данные опасные напряжения.

Заголовок **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** в эксплуатационной документации предвещает описание опасностей, которые могут привести к травме или смерти. Всегда внимательно изучайте подобную информацию перед выполнением соответствующей процедуры.

Заголовок **ОСТОРОЖНО** в эксплуатационной документации предвещает описание опасностей, которые могут привести к повреждению прибора. Подобные повреждения могут аннулировать гарантийные обязательства производителя.

Запрещается подключать приборы и принадлежности к человеку.

Перед выполнением любых действий по техническому обслуживанию необходимо отключить сетевой шнур и все тестовые кабели.

Для поддержания должного уровня защиты от удара электрическим током и возгорания все заменяемые детали в токовых цепях, включая трансформаторы мощности, тестовые выводы и входные разъемы, должны приобретаться в компании Keithley Instruments. Стандартные предохранители, одобренные соответствующими национальными органами сертификации, могут использоваться при условии совпадения номинала и типа. Другие компоненты, не влияющие на качество защиты, могут приобретаться у других поставщиков при условии, что они эквивалентны оригинальным компонентам (обратите внимание, что некоторые запчасти рекомендуется приобретать только в компании Keithley Instruments для поддержания точности и правильного функционирования прибора). Если вы не уверены в возможности использования заменяемой детали, обратитесь за информацией в представительство компании Keithley Instruments.

Очистку прибора следует проводить влажной тканью или мягким чистящим средством на основе воды. Очистку проводить только для внешних частей прибора. Не наносите чистящее средство непосредственно на прибор и не допускайте попадания жидкости внутрь прибора или нахождения жидкости на поверхности прибора. Изделиям, состоящим из печатной платы и не имеющим корпуса (например, плата сбора данных для установки в компьютер), очистка не требуется, если они эксплуатируются в соответствии с инструкциями. В случае загрязнения платы и ухудшения её производительности плату следует вернуть на завод-изготовитель для проведения необходимой очистки/обслуживания.



# Раздел 1

## Начало работы

---

- **Общая информация** – Общая информация, включая информацию о гарантии, контактах, символах и мерах безопасности, осмотре и предлагаемых опциях и принадлежностях.
- **Обзор изделия** – Описание характеристик пикоамперметра с источником напряжения двухканальной модели 2500.
- **Знакомство с прибором** – Описание органов управления и разъемов на приборе.
- **Включение питания** – Подключение к сетевому питанию, настройки сетевого напряжения, замена предохранителей и процедура включения питания.
- **Описание экрана** – Описание экрана модели 2500.
- **Настройки по умолчанию** – Описание заводских настроек по умолчанию, процедуры сохранения и вызова пользовательских настроек.
- **Меню** – Описание главного меню и меню конфигурации, а также способов перемещения по меню.

## Общая информация

### Гарантийные обязательства

Информация о гарантийных обязательствах размещена в начале данного руководства. В случае если ваш прибор модели 2500 потребует гарантийного обслуживания, свяжитесь с представителем Keithley или авторизованным сервисным центром в вашем регионе для получения дальнейшей информации. При отправке устройства на ремонт обязательно заполните и приложите форму гарантийного обслуживания в конце данного руководства для обеспечения сервисного центра необходимой информацией.

### Контактная информация

Вы можете получить дополнительную информацию и ответы на вопросы в ближайшем представительстве компании Keithley Instruments или в головном офисе Keithley Instruments по телефону 1-888- KEITHLEY (1-888-534-8453) для звонков из США и Канады (бесплатная линия) или по телефону +1-440-248-0400 для звонков из других стран. Контактные телефоны представительств в других странах см. на сайте компании Keithley Instruments (<http://www.keithley.com>).

По вопросам технического обслуживания и поверки в Российской Федерации обращайтесь в сервисный центр АКТИ-Мастер (телефон +7-495-926-7185, сайт [www.actimaster.ru](http://www.actimaster.ru))

### Символы безопасности и предупреждения

Следующие знаки и предупреждения могут быть нанесены на устройство или использоваться в данном руководстве:

Символ  на приборе указывает на необходимость обращения к эксплуатационной документации.

Символ  на приборе указывает на то, что на клеммах прибора может присутствовать высокое напряжение. Соблюдайте стандартные правила техники безопасности, чтобы избежать контакта с участками, где присутствуют данные опасные напряжения.

Заголовок **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** в эксплуатационной документации предваряет описание опасностей, которые могут привести к травме или смерти. Всегда внимательно изучайте подобную информацию перед выполнением соответствующей процедуры.

Заголовок **ОСТОРОЖНО** в эксплуатационной документации предваряет описание опасностей, которые могут привести к повреждению прибора. Подобные повреждения могут аннулировать гарантийные обязательства производителя.

## Осмотр

Перед выпуском с завода приборы модели 2500 подвергаются тщательной проверке по электрическим и механическим характеристикам. После извлечения всех элементов из упаковки осмотрите их на предмет явных физических повреждений, которые могли случиться во время транспортировки. (Линза дисплея может быть закрыта защитной пленкой, которую можно снять). О любых повреждениях немедленно сообщите перевозчику. Сохраните оригинальную упаковку на случай будущих пересылок. Стандартный комплект поставки пикоамперметра с источником напряжения двухканальной модели 2500 включает следующие позиции:

- Блок модели 2500 с сетевым кабелем.
- Дополнительные принадлежности в соответствии с заказом.
- Калибровочный сертификат.
- Руководство пользователя.
- Руководство по обслуживанию.
- Дополнения к руководству с уточнениями и изменениями в приборе или в документации.

Дополнительное руководство можно получить, заказав соответствующий комплект руководств (например, 2500-900-00). В комплект входит руководство со всеми необходимыми дополнениями.

## Опции и дополнительные принадлежности

Компания Keithley Instruments предлагает ряд опциональных устройств и дополнительных принадлежностей для использования с моделью 2500:

### Руководства

**2500-902-00** - Комплект документации, включающий руководство по обслуживанию и дополнения к документации.

### Триаксиальные кабели и адаптеры (для дистанционного предусилителя)

**Триаксиальные кабели 7078-TRX-1:** Триаксиальный кабель с низким уровнем шума и триаксиальными вилками на обоих концах, 12 дюймов.

**Цилиндрический адаптер CS-751:** Цилиндрический адаптер, позволяющий соединять два триаксиальных кабеля. На обоих концах адаптера находятся гнездовые триаксиальные разъемы с плоскими контактами.

**Цилиндрический адаптер CS-1053:** Цилиндрический адаптер с триаксиальными вилочными соединителями.

**Адаптер 237-BNC-TRX:** Триаксиальный адаптер для перехода от вилочного разъема типа BNC к гнезду с тремя плоскими контактами (защита отключена). Устанавливается на триаксиальном кабеле с вилкой типа BNC.

**Адаптер 237-BNC-TRX-T:** Адаптер для перехода от триаксиального вилочного разъема к двойному разъему с тремя плоскими контактами для использования с триаксиальными кабелями.

**Адаптер 7078-TRX-BNC:** Адаптер для перехода от триаксиальной вилки к гнезду BNC. Адаптер позволяет подключать кабель BNC к триаксиальному входу модели 2500.

**Разъем 237-TRX-TVC:** Триаксиальный проходной гнездовой разъем с тремя плоскими контактами и наконечником для использования в сборках специализированных панелей и интерфейсных соединениях.

### **Интерфейсные кабели**

**Экранированные кабели для подключения к шине GPIB 7007-1 и 7007-2:** Подключение модели 2500 к шине GPIB с помощью экранированных кабелей и разъемов для снижения электромагнитных помех. Модель 7007-1 имеет длину 1 метр, модель 7007-2 – 2 метра.

**Экранированный кабель для подключения интерфейса RS-232 7009-5** – Подключение модели 2500 к серийному порту компьютера с помощью экранированных кабелей и разъемов для снижения электромагнитных помех.

**Кабели линии запуска 8501-1 и 8501-2:** Подключение модели 2500 к другим приборам с разъемами для линии запуска Trigger Link (например, к системе коммутации типа 7001). Модель 8501-1 имеет длину 1 метр, модель 8501-2 – 2 метра.

**Адаптер линии запуска 8502:** Позволяет подключать любую из шести линий запуска Trigger Link модели 2500 к приборам, использующим стандартную технологию запуска от внешнего источника через разъем BNC.

**Кабель запуска DIN в BNC 8503** – Подключение линий запуска 1 (Voltage Complete) и 2 (External Trigger) модели 2500 к приборам, использующим технологию запуска через разъем BNC. Длина кабеля 8503 составляет 1 метр.

### **Комплекты для установки в стойку**

**Комплект для стационарной установки одного прибора в стойку 4288-1:** Комплект для установки одной модели 2500 в стандартную стойку 19”.

**Комплект для одновременной установки двух приборов в стойку 4288-2:** Установка двух приборов (модели 182, 428, 486, 487, 2000, 2001, 2002, 2010, 2015, 2016, 2400, 2410, 2420, 2430, 2500, 2510, 6430, 6517, 7001) бок о бок в стандартную стойку 19”.

**Комплект для одновременной установки двух приборов в стойку 4288-3:** Установка модели 2500 и модели 199 бок о бок в стандартную стойку 19”.

**Комплект для одновременной установки в стойку 4288-4:** Установка модели 2500 и прибора размером 5,25” (модели 195A, 196, 220, 224, 230, 263, 595, 614, 617, 705, 740, 775 и т.д.) бок о бок в стандартную стойку 19”.

**Комплект для одновременной стационарной установки в стойку 4288-5:** Установка модели 2500 и прибора размером 3½” (модели 182, 428, 486, 487, 2000, 2010, 2400, 2410, 2420, 2430 или 7001) бок о бок в стандартную стойку 19”.

### **Кейс для переноски**

**Кейс для переноски 1050** – Кейс для переноски модели 2500 с ручками и плечевым ремнем.

## Обзор устройства

**ПРИМЕЧАНИЕ** Настоящее руководство распространяется как на модель 2500, так и на модель 2502, являющиеся практически одинаковыми за исключением наличия аналоговых выходов на модели 2502. Вся информация, указанная для модели 2500, действительная и для модели 2502, если не указано иное.

Модель 2500 объединяет два стабильных источника напряжения смещения постоянным током с двумя амперметрами с низким уровнем шума и позволяет выполнять двухканальные измерения фотодиодов с низким уровнем тока. Прибор имеет основную погрешность измерения в 0,1% и разрешение до 6½ разрядов. В режиме разрешения 5½ разрядов модель 2500 может передавать по шине GPIB до 475 показаний в секунду, а в режиме 4½ разряда — до 900 показаний в секунду.

Каждый канал модели 2500 обладает следующими возможностями измерения силы тока и вывода напряжения:

- Диапазон измерения тока от 1 фА до 20 мА.
- Диапазон воспроизведения напряжения смещения от 500 мкВ до 100 В.

Дополнительные возможности модели 2500:

- Развертка: линейная и логарифмическая ступенчатая, пользовательская до 2500 точек.
- 2 теста на соответствие для аппаратной части и 4 теста на соответствие для программной части со встроенным компаратором для проведения тестов на отбраковку (в режиме «прошел/не прошел»).
- Цифровой вход/выход для автономных операций сортировки или подключения интерфейса манипулятора компонентов.
- Язык программирования и интерфейсы дистанционного управления – Модель 2500 использует язык программирования SCPI и оснащена двумя портами интерфейсов дистанционного управления (IEEE-488/GPIB и RS-232C).
- Интерфейс связи Trigger-Link с коммутационным оборудованием серии 7000 производства Keithley
- Математические функции обработки измерительной информации – V/I, I/V, оптическая мощность, электрическая мощность, соотношение, дельта и смещение.
- Сохранение показаний и настроек – возможно сохранение и последующий вызов до 3000 показаний в 5½-разрядном режиме для каждого канала и 7 настроек (5 пользовательских, заводская по умолчанию, \*RST по умолчанию).
- Безопасная калибровка — Калибровка прибора осуществляется с помощью органов управления на передней панели или с использованием интерфейса дистанционного управления.
- Каждый канал модели 2502 оснащен аналоговым выходом. Каждый аналоговый выход обеспечивает вывод напряжения в диапазоне от -10 В до +10 пропорционально току на входе.

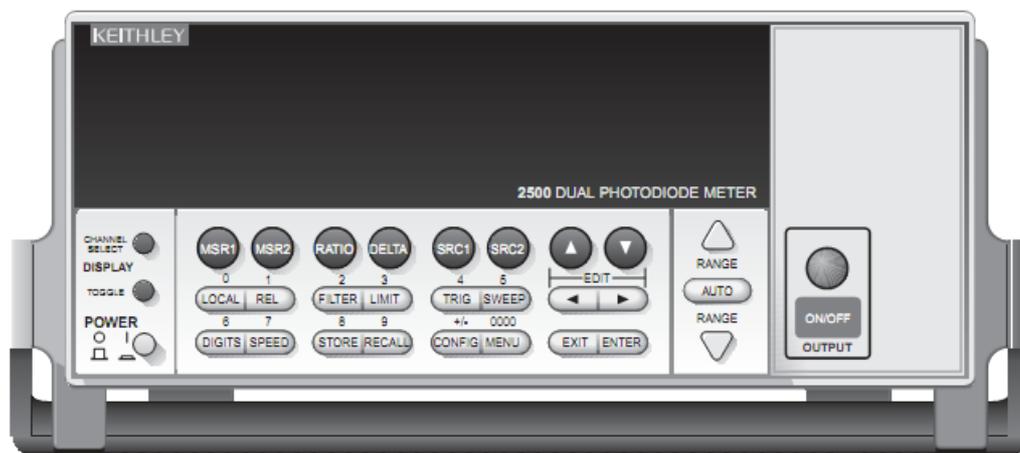
## Передняя и задняя панели

### Описание передней панели

На рис. 1-1 показана передняя панель модели 2500.

Рисунок 1-1

**Передняя панель**



**Модель 2500**

#### Функциональные клавиши для работы в режиме измерения:

MSR1	Измерение на канале 1
MSR2	Измерение на канале 2
DELTA	Функция дифференциации
RATIO	Функция соотношения

#### Функциональные клавиши для работы в режиме воспроизведения напряжения смещения:

SRC1	Источник напряжения смещения канала 1
SRC2	Источник напряжения смещения канала 2

#### Клавиши настройки диапазона:

AUTO	Включение/выключение автоматической установки диапазона
▲	Увеличение диапазона в ручном режиме
▼	Уменьшение диапазона в ручном режиме

#### Клавиши редактирования:

▲	Увеличение значения
▼	Уменьшение значения
◀	Перемещение курсора влево
▶	Перемещение курсора вправо

**Клавиши операций:**

CHANNEL SELECT	Выбор измерения на канале 1 или на канале 2 для отображения на экране
DISPLAY TOGGLE	Переключение между отображением показания по каналу 1 / 2 (добавление MSR2 позволяет включить режим двойного экрана)
LOCAL	Выход из дистанционного режима работы
REL	Включение/отключение вывода относительного показания (только для функций MSR1 и MSR2)
FILTER	Отображение статуса цифрового фильтра для текущей функции и включение/выключения фильтра
LIMIT	Выполнение настроенных тестов на соответствие установленным ограничениям
TRIG	Запуск измерения с передней панели
DIGITS	Изменение количества знаков индикации
SPEED	Изменение скорости измерения путем выбора настройки точности или указания числа циклов сети питания
STORE	Установка размера буфера и включение сохранения показаний
RECALL	Отображение сохраненных показаний и временных меток
CONFIG	Для выполнения настройки функции или операции нажмите клавишу CONFIG, а затем соответствующую клавишу
MENU	Вход в главное меню и выполнение настроек. При вводе числовых данных используется для сброса показания на минимальное абсолютное значение
EXIT	Отказ от сделанных изменений. Используется для выхода из структуры меню
ENTER	Принятие сделанных изменений

**Индикаторы:**

EDIT	Прибор находится в режиме редактирования
ERR	Сомнительное показание, неверный этап калибровки
REM	Прибор находится в дистанционном режиме управления GPIB
TALK	Прибор в режиме передатчика в дистанционном режиме управления GPIB
LSTN	Прибор в режиме приемника в дистанционном режиме управления GPIB
SRQ	Запрос на обслуживание в дистанционном режиме управления GPIB
REL	Отображение относительного показания
FILT	Включен цифровой фильтр
AUTO	Используется автоматический выбор предела
ARM	Выполнение операции воспроизведения/измерения
TRIG	В качестве источника запуска выбрано внешнее устройство
*(звездочка)	Идет процесс сохранения показаний в буфер

**Управление питанием:**

POWER	Включение/выключение питания
OUTPUT ON/OFF	Включение/выключение процесса воспроизведения сигнала

**Ручка:**

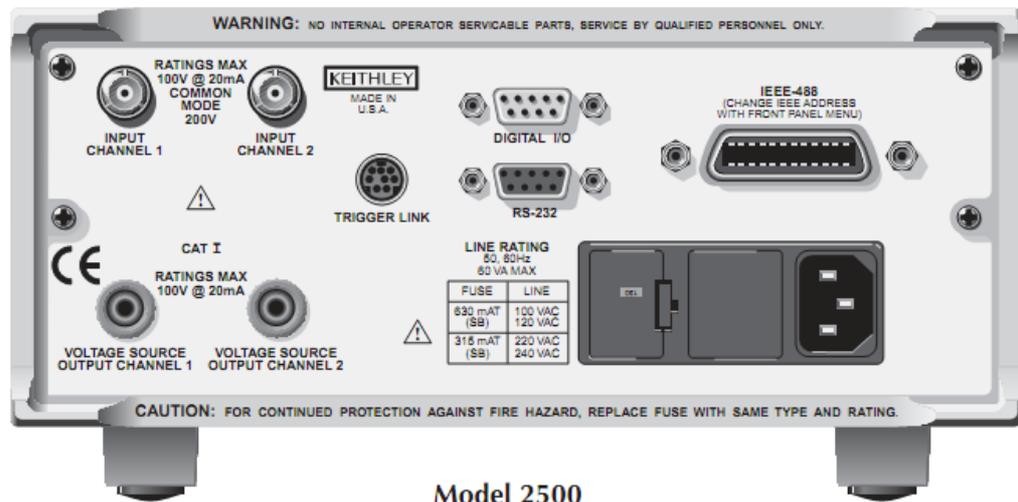
Потяните на себя и поверните в желаемое положение

## Описание задней панели

На рис. 1-2 показана задняя панель модели 2500, задняя панель модели 2502 показана на рис. 1-3.

Рис. 1-2

### Задняя панель модели 2500



Model 2500

#### Входные разъемы INPUT:

INPUT CHANNEL 1	Используется для измерения на канале 1
INPUT CHANNEL 2	Используется для измерения на канале 2
Клеммы триаксиальных разъемов:	Центральный проводник – Вход HI Внутренний экран – Плавающий вход/выход общий Внешний экран – Заземление на корпус

#### Разъемы для воспроизведения напряжения VOLTAGE SOURCE:

OUTPUT CHANNEL 1	Используется для вывода напряжения смещения на канале 1
OUTPUT CHANNEL 2	Используется для вывода напряжения на канале 2

#### **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Максимальное синфазное напряжение (напряжение между общим разъемом INPUT и корпусным заземлением) составляет 200 В. Превышение данного значения может привести к удару электрическим током.

#### **ОСТОРОЖНО**

Максимальный номинал разъемов INPUT и OUTPUT составляет 100 В при 20 мА. Превышения данных значений может привести к повреждению прибора.

#### Порт ввода/вывода цифрового сигнала:

DIGITAL I/O	Вилочный разъем DB-9 для линий вывода цифрового сигнала, линии разрешения вывода и сигналов манипулятора компонентов.
-------------	---

**Модуль питания:**

Имеет в своем составе розетку для подключения прибора к сети переменного тока и сетевой предохранитель.

**Разъем линии запуска:**

TRIGGER LINK

8-контактный разъем micro-DIN для отправки и приема запускающих импульсов. Используйте кабель линии запуска или адаптер, например, модели 8501-1, 8501-2, 8502, 8504.

**Разъем RS-232:**

RS-232

Разъем RS-232 для работы в дистанционном режиме. Используйте простой (не нуль-модемный) кабель DB-9, например, модель 7009-5.

**Разъем GPIB:**

IEEE-488 INTERFACE

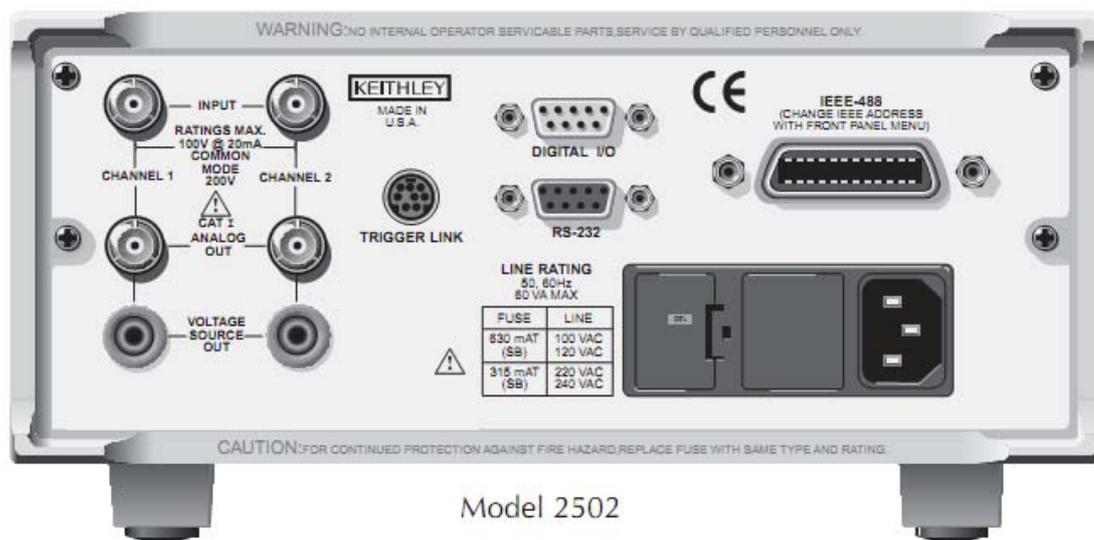
Разъем для работы в дистанционном режиме по шине GPIB. Используйте экранированный кабель (модель 7007-1 или 7007-2).

**Разъемы ANALOG OUT (только для модели 2502):**

ANALOG OUT

Триаксиальные разъемы для аналоговых выводов CHANNEL 1 и CHANNEL 2.

Рисунок 1-3  
Задняя панель модели 2502



## Подключение к сети питания

### Выбор напряжения сети

Модель 2500 работает от сетевого напряжения в диапазоне 100В/120В/220В/240В,  $\pm 10\%$  на частоте 50 или 60 Гц. Перед включением блока в сеть необходимо убедиться, что величина сетевого напряжения, которую можно увидеть в маленьком окошке на модуле питания (рис. 1-2) соответствует имеющему рабочему напряжению.

#### **ОСТОРОЖНО**

**Подача в прибор неподходящего напряжения может стать причиной выхода прибора из строя и возможного аннулирования гарантийных обязательств.**

Если напряжение питания установлено неправильно, то необходимо его изменить, следуя процедуре, описанной ниже.

#### **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

**Перед изменением настроек сетевого напряжения отключите шнур питания и все кабели и измерительные выводы от прибора.**

1. Приподнимите небольшой язычок, фиксирующий держатель предохранителя в модуле питания, затем извлеките держатель предохранителя.
2. Потяните и поверните патрон предохранителя, установив его на нужное значение сетевого напряжения, затем установите его обратно в держатель предохранителя. Убедитесь, что видимое в окошке напряжение питания, соответствует требуемому. Также убедитесь, что номинал предохранителя соответствует ожидаемому сетевому напряжению (см. п. «Замена предохранителя»)
3. Установите держатель предохранителя обратно в модуль питания, убедившись, что он надежно зафиксирован.

## Подключение к сети питания

Для подключения модели 2500 к сети питания и последующего включения выполните следующие действия:

1. Перед подсоединением шнура питания необходимо убедиться, что выключатель питания (POWER) находится в выключенном положении (O).
2. Подсоедините гнездовой конец прилагаемого шнура питания к розетке для подачи переменного тока на задней панели прибора.

#### **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

**Шнур питания, входящий в комплект поставки модели 2500, имеет отдельный заземляющий провод, что позволяет использовать его с заземленными розетками. При условии, что все подключения выполнены правильно, корпус прибора будет подключен к сетевому заземлению по проводу заземления в шнуре питания. В случае неисправности неиспользование заземленной розетки может привести к травме или смерти в результате удара электрическим током.**

3. Прибор включается переводом выключателя **POWER** на передней панели в положение (I).

## Процедура подачи питания

После включения прибора производится самопроверка запоминающих устройств EPROM и RAM; на короткое время засвечиваются все сегменты и вспомогательные индикаторы дисплея. В случае обнаружения неполадки на дисплее сразу же появляется сообщение об ошибке и загорается индикатор ERR.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В случае появления неисправности прибора в период действия гарантийных обязательств верните данный прибор в компанию Keithley Instruments, Inc. для проведения ремонта.

В случае успешного исхода самопроверки на дисплее появляется индикация версии встроенной программы, например:

REV: A01 A02

Здесь A01 - это версия программы, заложенной в ПЗУ главной платы.

A02 - версия программы, заложенной в ПЗУ платы дисплея.

Также отображается частота сети питания (50 или 60 Гц). (В случае отображения неправильной частоты, её можно установить, выполнив процедуру, описанную ниже). На экране отображается состояние интерфейса связи. Если в данный момент выбрана шина IEEE-488, сообщение будет включать первичный адрес. Например, если первичный адрес установлен на 25 (заводская установка), на экран будет выведено сообщение IEEE Addr=25. Если выбран интерфейс RS-232, то на экране отобразится сообщение «RS-232».

После выполнения процедуры включения прибор переходит в нормальный режим отображения с отключенным выводом (красный индикатор OUTPUT гаснет).

## Идентификация системы

Для вывода информации о серийном номере и версии встроенной программы используйте команду MENU/GENERAL/SERIAL# или \*IDN? в дистанционном режиме.

## Выбор частоты сети питания

Если настройка частоты сети питания (50 или 60 Гц) не соответствует имеющемуся напряжению в сети питания, то возможно повышение шума при измерениях и ухудшение точности. Частоту сети питания можно установить вручную на передней панели или в дистанционном режиме, как описывается ниже.

### Установка частоты сети питания с передней панели

Процедура установки частоты сети питания с передней панели:

1. Нажмите клавишу MENU для отображения главного меню MAIN MENU.
2. С помощью клавиши-стрелки «вправо» выберите AD-CTRL, затем нажмите ENTER, на экране отобразится меню A/D CONTROLS.
3. Выберите LINE-FREQUENCY, затем нажмите ENTER, на экране отобразится меню LINE FREQUENCY.
4. Установите курсор на 50Hz или 60Hz и нажмите ENTER.
5. Нажмите EXIT для возврата к нормальному экрану.

### Настройка частоты сети питания в дистанционном режиме

Для настройки частоты сети питания используйте следующую команду:

```
:SYSTem:LFRequency <частота>
```

### Примеры программирования

Работа на 50 Гц:

```
:SYST:LFR 50
```

## Замена предохранителя

Предохранитель на задней панели прибора предназначен для защиты входа сетевого питания модели 2500. В случае необходимости замены предохранителя выполните следующие операции:

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Перед заменой сетевого предохранителя отключите шнур питания и все кабели и измерительные выводы от прибора.

1. Предохранитель расположен в держателе в модуле питания рядом с розеткой для подачи переменного тока (см. рис. 1-2). Справа от держателя находится небольшой язычок, в который необходимо установить соответствующую плоскую отвертку и выдвинуть держатель.
2. Сдвиньте держатель так, чтобы получить доступ к патрону предохранителя и предохранителю.

3. Извлеките патрон со сработавшим предохранителем и замените его на новый такого же типонаминала, как указано в таблице 1-1.

**ОСТОРОЖНО** Для обеспечения постоянно действующей защиты прибора от повреждения и возгорания применяйте только предохранители указанного типонаминала. Если в приборе повторно перегорают предохранители, то следует выявить и устранить причину неполадки перед установкой нового предохранителя.

4. Установите патрон в держатель предохранителя, затем задвиньте держатель предохранителя в модуль питания.

Таблица 1-1  
Сетевые предохранители

Сетевое напряжение	Номинал предохранителя	Шифр Keithley
100V, 120V	0.630A, с задержкой срабатывания, 250V, 5 × 20mm	FU-106-.630
220V, 240V	0.315A, с задержкой срабатывания, 250V, 5 × 20mm	FU-106-.315

## Экран

### Формат экрана

Экран модели 2500 используется в основном для отображения результатов измерения тока и значений воспроизведения напряжения. В верхней строке экрана отображаются показания функции измерения, а в нижней – значения напряжения. Показания функции измерения на канале 1 (MSR1) отображаются слева, а показания функции измерения на канале 2 (MSR2) – справа. (Пользователь имеет возможность выбора канала 1, канала 2 или двойного режима отображения с помощью клавиш CHANNEL SELECT и DISPLAY TOGGLE; подробнее см. ниже).

Показания на экране отображаются либо в инженерных единицах, либо в научных с фиксированной или плавающей точкой. Для выбора режима отображения используйте команду GENERAL/NUMBERS в главном меню (см. процедуру далее).

Пример отображения показания в инженерном формате: 1.23456μA

Пример отображения показания в научном формате: 1.23456e -6

Индикаторы, расположенные в верхней части экрана для вывода показаний/сообщений, используются для индикации различных рабочих состояний, как описано в разделе «Описание передней панели» выше.

## Клавиша CHANNEL SELECT

Клавиша CHANNEL SELECT позволяет переключаться между измерениями на канале 1 и канале 2 в левой части экрана при работе в одноканальном режиме (см. ниже).

## Клавиша DISPLAY TOGGLE

Клавиша DISPLAY TOGGLE позволяет включать и выключать режим одновременного отображения двух каналов. В режиме одновременного отображения двух каналов показание функции измерения канала 1 (MSR1) отображается в верхней строке слева (I, V/I, I/V,  $I \times V$  или  $MX + V$ ), а показание функции измерения канала 2 (MSR2) – справа. Клавиша DISPLAY TOGGLE также используется для выбора канала и отображения статистических данных по показаниям, сохраненным в буфере хранения данных. Данные функции выполняются в режиме RECALL.

## Сообщения о состоянии и ошибках

Прибор выводит сообщения о состоянии и ошибках немедленно. В процессе настройки и работы с моделью 2500 вы встретитесь с рядом сообщений, выводимых на экран на передней панели прибора.

## Отключение экрана на передней панели

Отключение экрана на передней панели позволяет выполнять операции с большей скоростью. В отключенном состоянии на экране отображается следующее сообщение:

FRONT PANEL DISABLED  
Press LOCAL to resume.

Как указывается в сообщении, все органы управления на передней панели (за исключением LOCAL, TRIG и OUTPUT ON/OFF) отключены. Для возобновления работы экрана нажмите LOCAL.

## Настройки с передней панели

Управление настройками экрана с передней панели выполняется в меню DISABLE DISPLAY, вход в которое осуществляется нажатием клавиши CONFIG, а затем EDIT (или TOGGLE). Чтобы выбрать вариант настройки (NOW, NEVER, SWEEP или STORE), с помощью клавиш ◀ и ▶ установите курсор на требуемый вариант настройки и нажмите ENTER.

Варианты настройки для функции отключения экрана DISABLE DISPLAY:

**NOW** – отключить экран сейчас

**NEVER** – никогда не отключать экран

**SWEEP** – отключать экран во время развертки. Экран будет отключен сразу же после начала развертки. Экран автоматически включится после завершения развертки.

**STORE** – отключать экран во время сохранения результатов воспроизведения/измерения в буфер. Экран будет отключен сразу же после активизации буфера. После завершения процесса сохранения экран будет включен автоматически. Обратите внимание, что в случае выбора данной настройки экран будет отключаться при выполнении развертки. Показания развертки автоматически сохраняются в буфер.

### Программирование в дистанционном режиме

Для управления настройками экрана могут использоваться различные команды группы SCPI:DISP. В таблице 1-2 приводятся основные команды.

Таблица 1-2

#### Основные команды для управления настройками экрана

Для включения/отключения экрана используйте следующие команды:

Команда	Описание
:DISPplay:ENABle <state>	Включение/отключение экрана (state = ON или OFF).
:DISPlay:DIGits <n>	Настройка разрешения экрана (n = от 3 до 6).
:DISPlay:MODE<name>	Выбор режима отображения (name = CALC3, CALC4, CALC5, CALC6 или DUAL).

### Проверка функционирования элементов передней панели

Позиция TEST/DISPLAY TESTS главного меню позволяет выполнить проверку различных аспектов функционирования элементов передней панели.

- **KEYS** – Проверка функционирования клавиш на передней панели. Нажатие клавиши отображает сообщение, в котором указывается, какая клавиша была нажата. Двойное нажатие клавиши EXIT прекращает выполнение данного теста.
- **DISPLAY PATTERNS** – Выбор данной позиции позволяет включить все пиксели и индикаторы экрана. Последующее нажатие клавиши позволяет провести дополнительные тесты: отключить все индикаторы и угловые пиксели каждого символа, включить ряды верхнего левого экрана и включить все индикаторы и пиксели каждого символа последовательно. Для прекращения данного теста нажмите EXIT.
- **CHAR SET** – Данный тест отображает специальные символы. Для прекращения теста нажмите EXIT.

Подробнее см. в п. «Меню» на стр. 1-20 далее в этом разделе.

## Настройки по умолчанию

Используя различные варианты настроек, пользователь может сохранять и восстанавливать различные наборы параметров прибора, определять конфигурацию при включении или восстанавливать заводские настройки по умолчанию.

## Сохранение и восстановление пользовательского набора параметров

Прибор позволяет сохранить до 5 пользовательских наборов параметров с помощью следующей процедуры:

### Сохранение набора параметров:

1. Установите нужную конфигурацию прибора, которую необходимо сохранить.
2. Нажмите клавишу MENU, выберите SAVESETUP, затем нажмите ENTER.
3. В меню SAVESETUP выберите SAVE, затем нажмите ENTER.
4. Выберите номер ячейки для сохранения набора параметров (0 – 4) и нажмите ENTER, чтобы завершить процедуру.

### Восстановление наборов параметров

1. Нажмите клавишу MENU, выберите SAVESETUP и нажмите ENTER.
2. В меню SAVESETUP выберите RESTORE и нажмите ENTER.
3. Выберите ячейку, набор параметров из которой необходимо восстановить (0 – 4), и нажмите ENTER для завершения процедуры.

## Конфигурация при включении

Пользователь может определить, какой из сохраненных наборов параметров (заводской по умолчанию или пользовательский) должен использоваться при включении. Процедура описывается ниже:

1. Нажмите клавишу MENU, выберите SAVESETUP и нажмите ENTER.
2. В меню SAVESETUP выберите POWERON и нажмите ENTER.
3. В меню SET POWER-ON DEFAULT выберите один из следующих вариантов: BENCH (локальный) или GPIB (см. ниже) или USER-SETUP-NUMBER (пользовательский).
4. Если был указан вариант «пользовательский», выберите номер ячейки и нажмите ENTER.

## Заводские настройки по умолчанию

Как показано в таблице 1-3, прибор имеет два набора заводских настроек по умолчанию: BENCH (управление с передней панели) и GPIB (дистанционное управление). Процедура восстановления любой из указанных конфигураций следующая:

1. Нажмите клавишу MENU, выберите SAVESETUP и нажмите ENTER.
2. В меню GLOBAL SETUP MENU выберите RESET и нажмите ENTER.
3. Выберите настройку BENCH или GPIB и нажмите ENTER для завершения процедуры.

**Таблица 1-3**  
**Заводские настройки по умолчанию**

Настройка*		Настройка по умолчанию в локальном режиме (BENCH)	Настройка по умолчанию в дистанционном режиме (GPIB)
A/D Controls:			
Auto-zero	Автоматическая коррекция нуля	On	On
Line frequency	Частота сети	Не влияет	Не влияет
Data Store	Сохранение данных	Не влияет	Не влияет
Digital output size**	Цифровой вывод	15 или 7	15 или 7
Display digits	Кол-во разрядов индикации	5.5	5.5
Display mode	Режим отображения	Dual-channel (два канала)	Dual-channel (два канала)
Filter:	Фильтр:	Off	Off
Average mode, state*	Режим усреднения, состояние*	Repeat, disabled (повторение, откл.)	Repeat, disabled (повторение, откл.)
Average filter count*	Счет фильтра усреднения*	10	10
Advanced state, tol.*	Расширенный фильтр*	Off, 5%	Off, 5%
Median filter rank, state*	Ранг медианного фильтра, состояние*	0, Off	0, Off
GPIB address	Адрес GPIB	Не влияет	Не влияет
Ground connect	Подключение заземления	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)
Limit tests:	Тесты на соответствие ограничениям:		
DigOut:	Цифровой выход:		
Size	Размер:	4-bit	4-bit
Mode:	Режим:	Grading	Grading
Binning control	Управление сортировкой	Immediate (немедленно)	Immediate (немедленно)
Auto clear:	Авто сброс	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)
Delay	Задержка	0.00001 sec	0.00001 sec
Clear pattern**	Сброс шаблона**	15 или 7	15 или 7
H/W limits (1 и 2):			
Control	Управление	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)
Fail mode:	Режим несоответствия:	In compliance (достигнуто допустимое значение)	In compliance (достигнуто допустимое значение)
Digital I/O pattern*	Шаблон цифрового входа/выхода	15 или 7	15 или 7
S/W limits (3 – 6):			
Control	Управление	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)
Low limit:	Нижний предел:	-1.0	-1.0
Low pattern**	Нижний шаблон**	15 или 7	15 или 7
High limit:	Верхний предел:	+1.0	+1.0
High pattern**	Верхний шаблон**	15 или 7	15 или 7
Feed	Источник	Channel 1 measure (измерение канала 1)	Channel 1 measure (измерение канала 1)
Pass pattern*	Шаблон «прошёл»*	15 или 7	15 или 7
EOT mode	Режим окончания задачи	EOT	EOT
Math function and units:	Математ. операции и единицы	MX+B, MXB	MX+B, MXB
M factor (gain)	Коэффициент M (усиление)	1	1
B factor	Коэффициент B (градиент)	0	0
State	Состояние	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)

\* Настройка для обоих каналов, 1 и 2

\*\*15 при настройке digout size на 4-bit, 7 при настройке digout size на 3-bit

Таблица 1-3 (продолжение)  
**Заводские настройки по умолчанию**

Настройка		Настройка по умолчанию в локальном режиме (BENCH)	Настройка по умолчанию в дистанционном режиме (GPIB)
Numbers	Числа	Не влияет	Не влияет
Optical power:	Оптическая мощность		
R		1	1
D		0	0
Output:	Выход:	Off	Off
Output enable	Выход включен	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)
Power-on default	Настройка по умолчанию в момент включения	Не влияет	Не влияет
Ranging (measure):	Предел (измерение):		
Auto range	Автопредел	Enabled (вкл.)	Enabled (вкл.)
Upper limit	Верхний предел	20 mA	20 mA
Lower Limit	Нижний предел	2 nA	2 nA
Rel:	Константа	Off (выкл.)	Off (выкл.)
Value	Значение	0.0	0.0
RS-232	RS-232	Не влияет	Не влияет
Source delay:	Задержка воспроизведения	1 ms	1 ms
Auto-delay	Автозадержка	Enabled (вкл.)	Enabled (вкл.)
Speed	Скорость	1 PLC	1 PLC
Sweep	Развертка	None (нет)	None (нет)
Start	Начало	0V	0V
Stop	Конец	0V	0V
Step	Шаг	0V	0V
Direction	Направление	Up (вверх)	Up (вверх)
Sweep count	Кол-во разверток	1	1
Sweep points	Кол-во точек	3000	3000
Source ranging	Диапазон воспроизведения	Best fixed (наилучший фиксированный)	Best fixed (наилучший фиксированный)
Triggered source:	Запуск воспроизведения:		
Control	Управление	Disabled (откл.)	Disabled (откл.)
Amplitude	Амплитуда	0	0

Таблица 1-3 (продолжение)  
**Заводские настройки по умолчанию**

Настройка		Настройка по умолчанию в локальном режиме (BENCH)	Настройка по умолчанию в дистанционном режиме (GPIB)
Triggering:	Запуск:		
Arm layer:	Уровень инициализации:		
Event	Событие	Immediate (непосредств.)	Immediate (непосредств.)
Count	Счет	1	1
Timer	Таймер	0.1	0.1
Input line	Линия входа	1	1
Output trigger	Вывод сигнала запуска	Line #2, Off (линия 2, выкл.)	Line #2, Off (линия 2, выкл.)
Trigger layer:	Уровень запуска:		
Event	Событие	Immediate (непосредств.)	Immediate (непосредств.)
Count	Счет	1	1
Timer	Таймер	0.1	0.1
Input line	Линия входа	1	1
Output triggers	Вывод сигналов запуска	Line #2, All off (линия 2, все выкл.)	Line #2, All off (линия 2, все выкл.)
Delay	Задержка	0.0 sec	0.0 sec
Voltage bias sources:	Источники напряжения смещения:		
Amplitude	Амплитуда	0V	0V
Range	Предел	10V	10V
Mode	Режим	Fixed (фиксированный)	Fixed (фиксированный)

## Настройки в дистанционном режиме

Сохранение и вызов набора параметров в дистанционном режиме выполняется с помощью следующих команд SCPI:

- Сохранение и вызов пользовательского набора параметров с помощью \*SAV и \*RCL.
- Восстановление настроек GPIB по умолчанию с помощью \*RST.
- Восстановление настроек типа BENCH с помощью :SYSTem:PRESet.
- Сохранение конфигурации при включении с помощью :SYSTem:POSetup

## Меню

Разделы ниже содержат описание главного меню, меню конфигурации и правил перемещения по пунктам меню.

### Главное меню

Клавиша MENU позволяет войти в главное меню, в котором можно выбрать, настроить и/или выполнить различные операции, включая установку набора параметров по умолчанию, настройку связи (GPIB или RS-232), калибровку, проверку функционирования элементов передней панели, состояния цифрового выхода, функции автоматической подстройки нуля, временные метки, формат отображения числовой информации и звуковой сигнал.

В таблице 1-4 содержится описание структуры главного меню. Для проверки и/или изменения позиций меню используйте правила перемещения по меню, описанные в соответствующем разделе. На рис. 1-4 показано дерево главного меню.

Таблица 1-4  
Главное меню

Позиция меню <sup>1</sup>	Описание	Параметр
<b>SAVESETUP</b>	Конфигурация условий настройки.	
SAVE	Сохранение текущего набора параметров модели 2500 в ячейку памяти.	0 - 4
RESTORE	Восстановление состояния модели 2500 с использованием сохраненного набора параметров из ячейки памяти.	0 - 4
POWERON	Выбор настройки по умолчанию при включении.	
BENCH	Включение с настройками по умолчанию BENCH.	См. таблицу 1-3.
GPIB	Включение с настройками по умолчанию GPIB.	См. таблицу 1-3.
USER SETUP NUMBER	Включение с пользовательскими настройками.	0 - 4
RESET	Восстановление настроек по умолчанию BENCH или GPIB.	См. таблицу 1-3.
<b>COMMUNICATION<sup>2</sup></b>	Выбор и настройка удаленного интерфейса	
GPIB	Выбор GPIB (шина IEEE-488), настройка первичного адреса, протокола GPIB	0 – 30 (по умолчанию: 25)
RS-232	Выбор интерфейса RS-232, установка параметров.	
BAUD	Выбор скорости передачи в бодах	57600, 38400, 19200, 9600, 4800, 2400, 1200, 600, 300
BITS	Выбор числа битов данных	7 или 8
PARITY	Выбор четности	NONE (нет), ODD (нечетные), EVEN (четные)
TERMINATOR	Выбор символа окончания строки	CR, CR+LF, LF или LF+CR
FLOW CTRL	Настройка управления потоком	NONE (нет) или XON/XOFF

Таблица 1-4 (продолжение)  
**Главное меню**

Позиция меню <sup>1</sup>	Описание	Параметр
<b>CAL</b> <sup>3</sup>	Калибровка модели 2500.	
TEST	Проверка функционирования модели 2500.	
DISPLAY TESTS <sup>4</sup>	Проверка клавиш передней панели и качества отображения.	
KEYS	Проверка клавиш передней панели.	
DISPLAY PATTERNS	Проверка пикселей и индикаторов.	
CHAR SET	Проверка специальных символов экрана.	
A/D CTRL	Управление автоматической подстройкой нуля, частотой сети и кэшированием данных о кол-ве периодов сетевого напряжения.	
<b>AUTO ZERO</b> <sup>5</sup>	Управление автоматической подстройкой нуля.	
DISABLE	Отключение автоматической подстройки нуля.	
ENABLE	Включение автоматической подстройки нуля	
LINE-FREQUENCY	Настройка частоты сети питания.	50 или 60Hz
<b>GENERAL</b>	Настройка общих параметров.	
DIGOUT	Настройка битового шаблона цифрового ввода/вывода.	0-15
SERIAL#	Отображение серийного номера, версии ПО, версии SCPI.	YES или NO
TIMESTAMP	Сброс временных меток.	
NUMBERS	Выбор инженерного или научного формата отображения данных.	ENGR, SCIENTIFIC

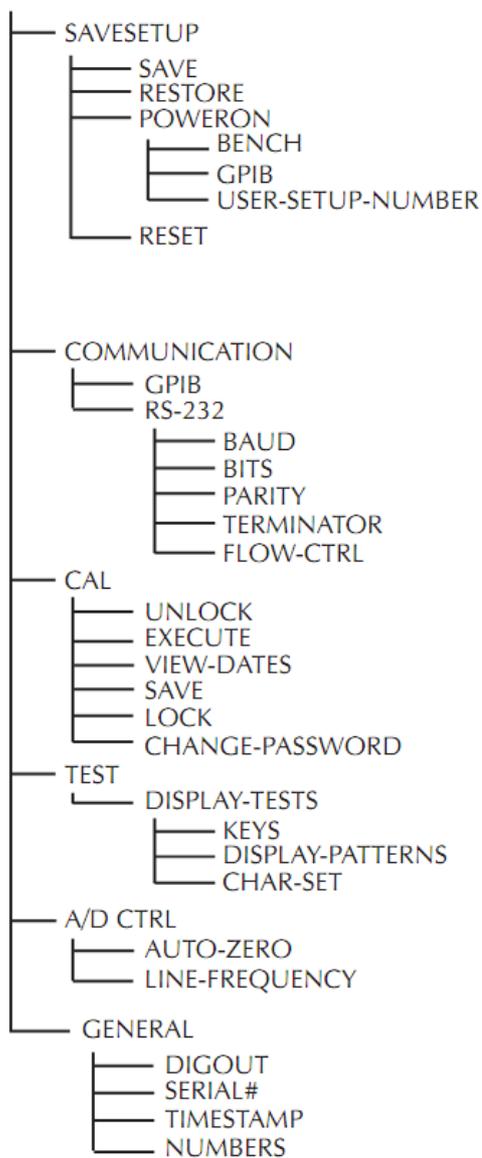
**ПРИМЕЧАНИЯ:**

1. Верхние позиции меню выделены жирным шрифтом. Отступы используются для обозначения каждого последующего уровня подменю.
2. В случае смены интерфейса дистанционного управления (GPIB или RS-232) модель 2500 выполняет тест на проверку параметров при включении. Для просмотра или изменения настроек выбранного интерфейса необходимо повторно войти в структуру меню.
3. Для разблокирования калибровки требуется пароль. (См. Service Manual).
4. Для отмены теста нажмите EXIT.
5. Отключение автоматической подстройки нуля отрицательно скажется на точности измерения.

Рис. 1-5

**Структура главного меню**

Нажмите клавишу MENU (для выбора позиции используйте ◀ и ▶, а затем нажмите ENTER).



## Правила навигации по меню

Настройка многих функций и операций выполняется в меню, доступных с передней панели. Для перемещения по пунктам меню используйте следующие приемы:

- Позиция меню выбирается установкой на неё курсора и нажатием клавиши ENTER. Положение курсора обозначается мерцанием позиции или варианта настройки. Перемещение курсора осуществляется с помощью клавиш-стрелок «влево» и «вправо».
- Символ стрелки в нижней строке указывает на наличие дополнительных позиций (или сообщений). Для отображения этой информации используйте соответствующую клавишу курсора.
- Изменение диапазона измерения или воспроизведения напряжения смещения выполняется посредством выбора канала и функции с помощью клавиши MSR1, MSR2, SRC1 или SRC2 и клавиш изменения диапазона RANGE ▲ или ▼. Обратите внимание, что при выборе следующего старшего или младшего предела показание увеличивается или уменьшается на десятичный разряд.
- Значение параметра вводится установкой курсора на цифру, которую необходимо изменить, с помощью одного из следующих способов:

**ПРИМЕЧАНИЕ**      *Значение параметра можно сбросить нажатием клавиши 0000 (MENU).*

- Для увеличения или уменьшения цифры используйте клавиши EDIT ◀ или ▶ или RANGE ▲ или ▼.
- Для ввода значения в выбранной позиции используйте числовые клавиш (0 – 9).
- Клавиша ± используется для изменения полярности источника независимо от положения курсора.
- Переключение в двухвариантных настройках (например, ON/OFF или HIGH/LOW) выполняется установкой курсора на нужный вариант и нажатием клавиши EDIT ◀ или ▶ или RANGE ▲ или ▼.
- Изменение принимается только после нажатия ENTER. В случае ввода недействительного параметра прибор выдает ошибку и игнорирует введенные данные. Однако если вводится значение, которое выходит за установленный диапазон (слишком маленькое или слишком большое), то прибор устанавливает нижнее или верхнее предельное значение, соответственно.
- Клавиша EXIT используется для выхода из структуры меню. Любое изменение, не подтвержденное нажатием клавиши ENTER, отменяется нажатием EXIT.

## Редактирование значений напряжения смещения

Редактирование значений напряжения смещения выполняется с помощью следующих клавиш:

- SRC1 или SRC2: выбор поля отображения воспроизведения по каналу 1 (Src1) или каналу 2 (Src2) в нижней строке для проведения редактирования. Выбранное поле, которое будет редактироваться, отмечается моргающим курсором. Если в течение нескольких секунд после входа в режим редактирования не будет нажата ни одна клавиша, прибор автоматически выйдет из режима редактирования.
- EDIT ◀ и ▶: установка курсора на цифру, которую необходимо изменить.
- EDIT ▲ или ▼: увеличение или уменьшение значения воспроизводимого сигнала. Нажатие любой из этих клавиш автоматически включает режим редактирования значений воспроизводимого сигнала.
- RANGE ▲ или ▼: выбор предела воспроизведения напряжения смещения (10 В или 100В).
- Числовые клавиши (0-9): непосредственный ввод значений воспроизводимого сигнала.
- EXIT: выход из режима редактирования, не дожидаясь окончания периода ожидания.

Ниже описывается основная процедура редактирования значений воспроизводимого сигнала. Подробнее см. в разделе 3 «Основная процедура измерения»

1. Нажмите клавишу SRC1 или SRC2 так, чтобы моргающий курсор появился либо в поле канала 1 (Src1), либо в поле канала 2 (Src2).
2. При необходимости с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите требуемый предел воспроизводимого сигнала (Для получения максимальной точности используйте наименьший из возможных пределов).
3. Чтобы просто увеличить или уменьшить значение на экране, с помощью клавиш EDIT ◀ и ▶ установите моргающий курсор на цифру, которую требуется изменить, затем увеличьте или уменьшите ее с помощью клавиш EDIT ▲ и ▼. Значение воспроизводимого сигнала будет изменено немедленно, для завершения процесса нажатие ENTER не требуется.
4. Значение воспроизводимого сигнала можно также ввести с помощью числовых клавиш, пока моргает курсор. Точно так же значение воспроизводимого сигнала будет изменено немедленно.

## Меню конфигураций

Прибор имеет ряд меню конфигураций, вход в которые осуществляется нажатием клавиши CONFIG с последующим нажатием клавиши соответствующей функции или режима. Например, выполнить настройки функции измерения можно в меню, вход в которое осуществляется нажатием клавиши CONFIG, а затем MSR1 (для канала 1) или MSR2 (для канала 2). Меню конфигураций, краткое описание которых содержится в таблицах с 1-5 по 1-11, доступны для следующих режимов работы:

- Измерительные функции (MSR1, MSR2, RATIO, DELTA): Таблица 1-5
- Воспроизведение напряжения (SRC1 и SRC2): Таблица 1-6
- REL, FILTER и RANGE: Таблица 1-7
- LIMIT: Таблица 1-8
- TRIG: Таблица 1-9
- SWEEP, DIGITS, SPEED и STORE: Таблица 1-10
- ON/OFF OUTPUT и DISPLAY TOGGLE: Таблица 1-11

Подробное описание указанных меню конфигурации см. в последующих разделах данного руководства.

Таблица 1-5

**Меню настройки измерительной функции**

Позиция меню	Описание
CONFIG MSR1	Настройка параметров измерения на канале 1.
CONFIG MSR1 BUTTON	
I	Измерение тока.
I/V	Измерение проводимости (I/V).
V/I	Измерение сопротивления (V/I).
MX + B_UNIT	Измерение MX + B, установка значений M и B.
$P \text{ ⚡}$	Измерение электрической мощности ( $V \times I$ ).
$P \rightarrow$	Оптическая мощность $[(I_{\text{изм}} - I_{\text{темн. ток}}) / \text{чувствительность}]$ .
CONFIG MSR2	Настройка параметров измерения на канале 2.
CONFIG MSR2 BUTTON	
I	Измерение тока
I/V	Измерение проводимости (I/V).
V/I	Измерение сопротивления (V/I).
MX + B_UNIT	Измерение MX + B, установка значений M и B.
$P \text{ ⚡}$	Измерение электрической мощности ( $V \times I$ ).
$P \rightarrow$	Оптическая мощность $[(I_{\text{изм}} - I_{\text{темн. ток}}) / \text{чувствительность}]$ .
CONFIG RATIO	Настройка функции соотношения.
CONFIG RATIO BUTTON	
MSR1/MSR2	Функция MSR1/MSR2.
MSR2/MSR1	Функция MSR2/MSR1.
CONFIG DELTA	Настройка функции дельты.
CONFIG DELTA BUTTON	
MSR1-MSR2	Функция MSR1-MSR2.
MSR2-MSR1	Функция MSR2-MSR1.

Таблица 1-6  
**Меню настройки воспроизводимого сигнала**

Позиция меню	Описание
CONFIG SRC1	Настройка задержки и режима подключения заземления.
CONFIG SRC1 DELAY	Установка задержки воспроизведения (0-9999.998s).
AUTO DELAY DISABLE	Управление автоматической задержкой воспроизведения. Отключение автоматической задержки.
ENABLE	Включение автоматической задержки (задержка зависит от предела для тока).
GND-CONNECT	Управление режимом подключения заземления.
DISABLE	Отключение режима подключения заземления.
ENABLE	Включение режима подключения заземления.
CONFIG SRC2	Настройка задержки и режима подключения заземления.
CONFIG SRC2 DELAY	Установка задержки воспроизведения (0-9999.998s).
AUTO DELAY DISABLE	Управление автоматической задержкой воспроизведения. Отключение автоматической задержки.
ENABLE	Включение автоматической задержки (задержка зависит от предела для тока).
GND-CONNECT	Управление режимом подключения заземления.
DISABLE	Отключение режима подключения заземления.
ENABLE	Включение режима подключения заземления.

Таблица 1-7  
**Меню настройки вычитаемого значения (REL), фильтра и диапазона**

Позиция меню	Описание
CONFIG REL	Настройка вычитаемого значения (константы) REL.
CONFIG FILTER	
CONFIGURE FILTERING	Настройка фильтра.
AVERAGE-MODE	Выбор фильтра режима усреднения.
MOVING	Скользящее среднее.
REPEAT	Повторяющееся среднее.
AVERAGE-COUNT	Установка счета усредняющего фильтра (1-100).
ADVANCED	Включение/выключение расширенного фильтра.
DISABLE	Отключение расширенного фильтра.
ENABLE	Включение расширенного фильтра, настройка чувствительности к шуму
MEDIAN-RANK	Выбор ранга медианного фильтра (0-5).
CONFIG ▲ RANGE	Установка верхнего ограничения диапазона.
CONFIG ▼ RANGE	Установка нижнего ограничения диапазона.

Таблица 1-8  
**Меню настройки ограничений**

Позиция меню	Описание
CONFIG LIMIT	Настройка тестов на отбраковку.
CONFIG LIMITS MENU	
DIGOUT	Настройка битовой комбинации цифрового ввода/вывода для теста на отбраковку
SIZE	Выбор числа битов ввода/вывода.
3-BIT	Размер 3 бита
4-BIT	Размер 4 бита
16-BIT (2499-DIGIO)	Размер 16 битов (только с опцией 2499-DIGIO).
MODE	Выбор режима цифрового ввода/вывода.
GRADING	Считать результат удовлетворительным, если результат не выходит за верхнее/нижнее ограничение.
IMMEDIATE	Остановить тест после первого неудовлетворительного результата.
END	Остановить тест по завершению развертки.
SORTING	Считать результат неудовлетворительным, если результат выход за ограничения, настройка шаблона неудовлетворительного результата.
AUTO CLEAR	Включение/выключение автоматического сброса.
DISABLE	Отключение автоматического сброса.
ENABLE	Включение автоматического сброса, настройка шаблона удовлетворительных/неудовлетворительных результатов.
H/W LIMITS	Управление и настройка режима неудовлетворительного результата для теста Ограничение 1, Ограничение 2
CONTROL	Управление тестом «Ограничение 1» или «Ограничение 2».
DISABLE	Отключение теста «Ограничение 1» или «Ограничение 2».
ENABLE	Включение теста «Ограничение 1» или «Ограничение 2».
FAIL MODE	Выбор режима неудовлетворительного результата «Ограничения 1» или «Ограничения 2».
IN	Считать неудовлетворительным, если соответствует допустимому значению, настройка битовой комбинации.
OUT	Считать неудовлетворительным, если не соответствует допустимому значению, настройка битовой комбинации.
S/W LIMITS	Управление ограничениями тестов Limit 3 - 6 и битовой комбинацией.
CONTROL	Включение/отключение тестов Limit 3-6.
DISABLE	Отключение теста.
ENABLE	Включение теста.
LOLIM	Настройка нижнего ограничения.
HILIM	Настройка верхнего ограничения.
PASS	Настройка битовой комбинации цифрового ввода/вывода, удовлетворяющей условиям теста.
FEED	Выбор входного пути (MSR1, MSR2, RATIO или DELTA).
PASS	Установка условий удовлетворительного прохода теста на отбраковку.
DIGIO PATTERN	Настройка битовой комбинации цифрового ввода/вывода для условий прохождения теста.
EOT MODE	Установка линии цифрового входа/выхода 4 на работу в качестве сигнала EOT (конец теста) или BUSY (занят).
BUSY	Установка линии 4 на высокий уровень во время нахождения блока в занятом состоянии (3-битовый режим).
/BUSY	Установка линии 4 на низкий уровень во время нахождения блока в занятом состоянии (3-битовый режим).
EOT	Вывод импульса высокого уровня на линии 4 в конце теста (3-битовый режим).
/EOT	Вывод импульса низкого уровня на линии 4 в конце теста (3-битовый режим).

Таблица 1-9  
**Меню настройки запуска**

Позиция меню	Описание
CONFIG TRIG	Настройка параметров запуска.
CONFIGURE TRIGGER	
ARM LAYER	Настройка уровня инициализации модели запуска.
ARM IN	Выбор типа обнаружения события на уровне инициализации.
IMMEDIATE	Немедленное обнаружение события.
GPIB	GPIB GET или *TRG.
TIMER	После истечения интервала таймера введите интервал.
MANUAL	Клавиша TRIG на передней панели.
TLINK	Введите линию TLINK и состояние.
ONCE	Однократный обход обнаружения события.
NEVER	Никогда не обходить обнаружение события.
!STEST	Когда линия цифрового ввода/вывода SOT на высоком уровне.
ONCE	Однократный обход обнаружения события.
NEVER	Никогда не обходить обнаружение события.
!STEST	Когда линия цифрового ввода/вывода SOT на низком уровне.
ONCE	Однократный обход обнаружения события.
NEVER	Никогда не обходить обнаружение события.
!STEST	Когда линия цифрового ввода/вывода SOT на низком или высоком уровне.
ONCE	Однократный обход обнаружения события.
NEVER	Никогда не обходить обнаружение события.
ARM OUT	Настройка запуска выхода на уровне инициализации.
LINE	Выбор линии вывода сигнала запуска (1-4).
EVENTS	Включение/отключение событий.
TRIG LAYER DONE	Включение (ON) или отключение (OFF) на выходе с уровня запуска.
COUNT	Указать количество инициализаций.
FINITE	Настраиваемое количество.
INFINITE	Бесконечно.
TRIG LAYER	Настройка уровня запуска модели запуска.
TRIGGER IN	Выбор типа обнаружения события на уровне запуска.
IMMEDIATE	Событие запуска происходит немедленно.
TRIGGER LINK	Выбор линии запуска Trigger Link в качестве события (1-4).
TRIGGER OUT	Настройка вывода сигнала запуска.
LINE	Выбор линии Trigger Link (1-4).
EVENTS	Включение (ON) или отключение (OFF).
DELAY	Настройка времени задержки запуска.
COUNT	Настройка счетчика запуска.
HALT	Возврат прибора к дежурному состоянию.

Таблица 1-10

**Меню настройки развертки, количества символов индикации, скорости и сохранения данных**

Позиция меню	Описание
CONFIG SWEEP	Настройка параметров развертки.
CONFIGURE SWEEPS	
TYPE	Выбор типа развертки.
NONE	Отключение развертки.
STAIR	Ступенчатая развертка, настройка точки начала (START), окончания (STOP), шага (STEP).
LOG	Логарифмическая развертка, настройка точки начала (START), окончания (STOP), числа точек (# POINTS).
CUSTOM	Пользовательская развертка, настройка параметров.
# POINTS	Установка числа точек развертки.
ADJUST POINTS	Установка значений отдельных точек.
INIT	Установка значения первой точки.
SWEEP COUNT	Установка числа повторений развертки.
FINITE	Ввод числа повторений.
INFINITE	Бесконечная развертка.
SOURCE RANGING	Настройка режима диапазона развертки.
BEST FIXED	Наилучший фиксированный диапазон на основе максимального значения.
AUTO RANGE	Автоматическая установка диапазона в процессе развертки.
FIXED	Установка фиксированного предела воспроизведения.
CONFIG DIGITS	Настройка количества символов индикации.
DISPLAY DIGITS	Выбор 3.5, 4.5, 5.5 или 6.5.
CONFIG SPEED	Установка скорости измерения.
SPEED ACCURACY MENU	
FAST	Быстрая.
MED	Средняя.
NORMAL	Нормальная.
HI ACCURACY	Максимальная точность.
OTHER	Настройка числа периодов сетевого напряжения (NLPC)
CONFIG STORE	Настройка временных меток для использования при сохранении данных.
STORE TIMESTAMP	
ABSOLUTE	Абсолютная временная метка.
DELTA	Временная метка типа дельта.

Таблица 1-11  
**Настройка параметров вывода и отображения**

Позиция меню	Описание
CONFIG ON/OFF OUTPUT	Настройки параметров вывода
CONFIG OUTPUT	
AUTO OFF	Активизация режима запрещения автоматического вывода.
DISABLE	Сохранение вывода.
ENABLE	Отключение вывода после каждого измерения.
ALWAYS	После каждого измерения.
AFTER-TRIG-COUNT	После достижения последнего элемента счета запуска.
ENABLE	Включение/выключение режима разрешения вывода.
DISABLE	Отключение режима разрешения вывода.
ENABLE	Включение режима разрешения вывода.
CONFIG DISPLAY TOGGLE	Включить/отключить экран.
DISABLE DISPLAY	
NOW	Отключить экран немедленно.
NEVER	Никогда не отключать экран.
SWEEP	Отключать экран во время развертки.
STORE	Отключать экран во время сохранения данных в буфер.

## Раздел 2

# Схемы подключения

---

- **Меры предосторожности при подключении** – Описание мер предосторожности, которые рекомендуется соблюдать при подключении тестируемых устройств к модели 2500.
- **Разъемы INPUT и OUTPUT** – Отображение расположения триаксиальных входных разъемов INPUT, используемых для измерения фотодиодов, и выходных разъемов OUTPUT, используемых для подачи напряжения смещения на фотодиоды.
- **Клеммы разъемов** – Подробное описание конфигурации клемм триаксиальных входных и выходных разъемов.
- **Разрешение вывода** – Краткое описание цепи разрешения вывода сигнала, которая может использоваться для подавления источников напряжения с внешним переключением.
- **Подключения фотодиодов** – Раздел содержит подробные схемы подключения входных и выходных разъемов модели 2500 к фотодиодам в схеме тестирования лазерных диодов.
- **Прочие варианты подключения** – Раздел содержит схемы подключения при использовании модели 2500 в качестве самостоятельного амперметра или самостоятельного источника напряжения.
- **Подключения аналогового выхода (только для модели 2502)** – Описание схем подключения к аналоговым выходам и эквивалентные цепи.

## Меры предосторожности при подключении

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Максимальное синфазное напряжение (напряжение между общим разъемом INPUT и корпусным заземлением) составляет 200 В. Превышение данного значения может привести к удару электрическим током.

При выполнении подключений не оставляйте незащищенные соединения. Необходимо следить, чтобы все внешние цепи имели необходимую изоляцию.

**ОСТОРОЖНО** Максимальные номинальные значения разъемов INPUT и OUTPUT составляет 100 В при 20 мА. Превышения данных значений может привести к повреждению прибора.

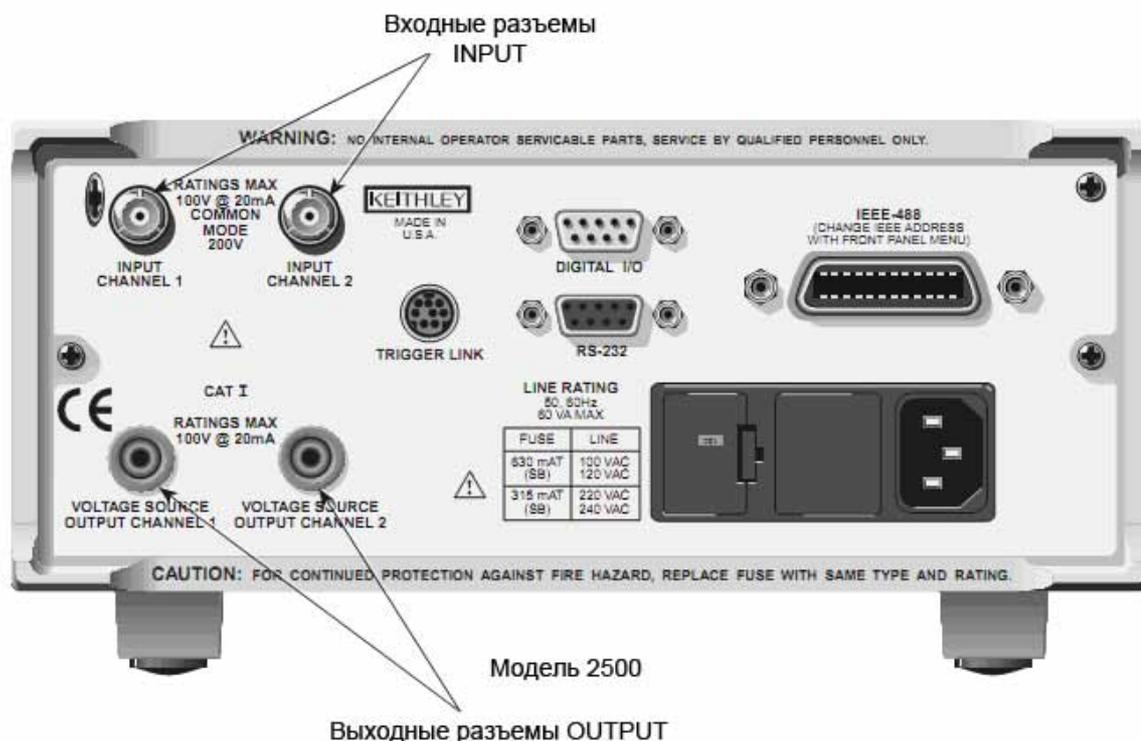
## Разъемы INPUT и OUTPUT

На рис. 2-1 показано расположение разъемов INPUT и OUTPUT на задней панели. Каждый из этих разъемов имеет следующую функцию:

- INPUT CHANNEL 1: Триаксиальный разъем с плоскими контактами для ввода постоянного тока от фотодиода или иного ТУ в канал 1.
- INPUT CHANNEL 2: Триаксиальный разъем с плоскими контактами для ввода постоянного тока от фотодиода или иного ТУ в канал 2.
- VOLTAGE SOURCE CHANNEL 1 OUTPUT: Защитный разъем типа «банан», используемый для подачи сигнала напряжения смещения высокого уровня от канала 1 на фотодиод или иное ТУ.
- VOLTAGE SOURCE CHANNEL 2 OUTPUT: Защитный разъем типа «банан», используемый для подачи сигнала напряжения смещения высокого уровня от канала 2 на фотодиод или иное ТУ.

Рисунок 2-1

**Входные (INPUT) и выходные (OUTPUT) разъемы на задней панели модели 2500**



## Клеммы разъема

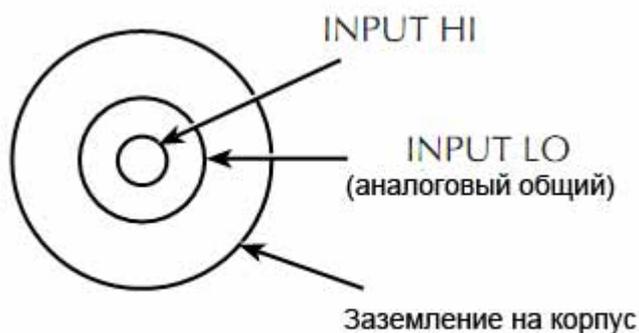
### Триаксиальные входные разъемы (INPUT)

На рис. 2-2 показана электрическая конфигурация триаксиального входного разъема (INPUT). Клеммы разъема имеют следующее назначение:

- Центральный проводник разъема (и триаксиального кабеля): ввод сигнала HI. Данная клемма подключается к одной клемме тестируемого фотодиода.
- Внутреннее кольцо разъема и внутренний экран кабеля: ввод сигнала LO (аналоговый общий).
- Внешнее кольцо разъема (оболочка) и внешний экран кабеля: заземление на корпус

Рисунок 2-2

#### Клеммы входного разъема INPUT



Триаксиальный входной разъем (INPUT)

### Выходные разъемы (OUTPUT)

Каждый канал имеет по одному выходному разъему типа «банан» для вывода напряжения смещения. Каждый разъем является клеммой HI для соответствующего канала воспроизведения напряжения и подключается к одной клемме тестируемого фотодиода.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для сигнала воспроизведения напряжения LO отдельного внешнего подключения нет. Узел LO каждого источника напряжения смещения внутренне подключен к плавающей аналоговой общей клемме. Подробнее см. в разделе «Подключение фотодиодов».

## Разрешение вывода

С линией разрешения вывода модели 2500 на порте ввода/вывода цифрового сигнала может использоваться блокирующий переключатель, позволяющий не допустить вывода напряжения смещения. При активном состоянии разрешения вывода модель 2500 прекратит вывод сигнала в случае открытия крышки испытательного стенда. Тем не менее, необходимо всегда считать, что мощность присутствует, до тех пор, пока пользователь не убедится, что вывод сигнала моделью 2500 прекращен.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Для предотвращения поражения электрическим током все соединения должны выполняться таким образом, чтобы исключить контакт пользователя с проводниками или тестируемыми устройствами, которые находятся в контакте с проводниками. Для обеспечения должного уровня безопасности необходимо использовать защитные экраны, барьеры и систему заземления, чтобы не допустить контакта с проводниками. Ответственность за защиту и безопасность оператора несет лицо, устанавливающее прибор.

## Подключение фотодиодов

### Типовые схемы подключения

На рис. 2-3 показано типовая схема подключения к фотодиодам обратного и прямого направления при тестировании лазерного диода.

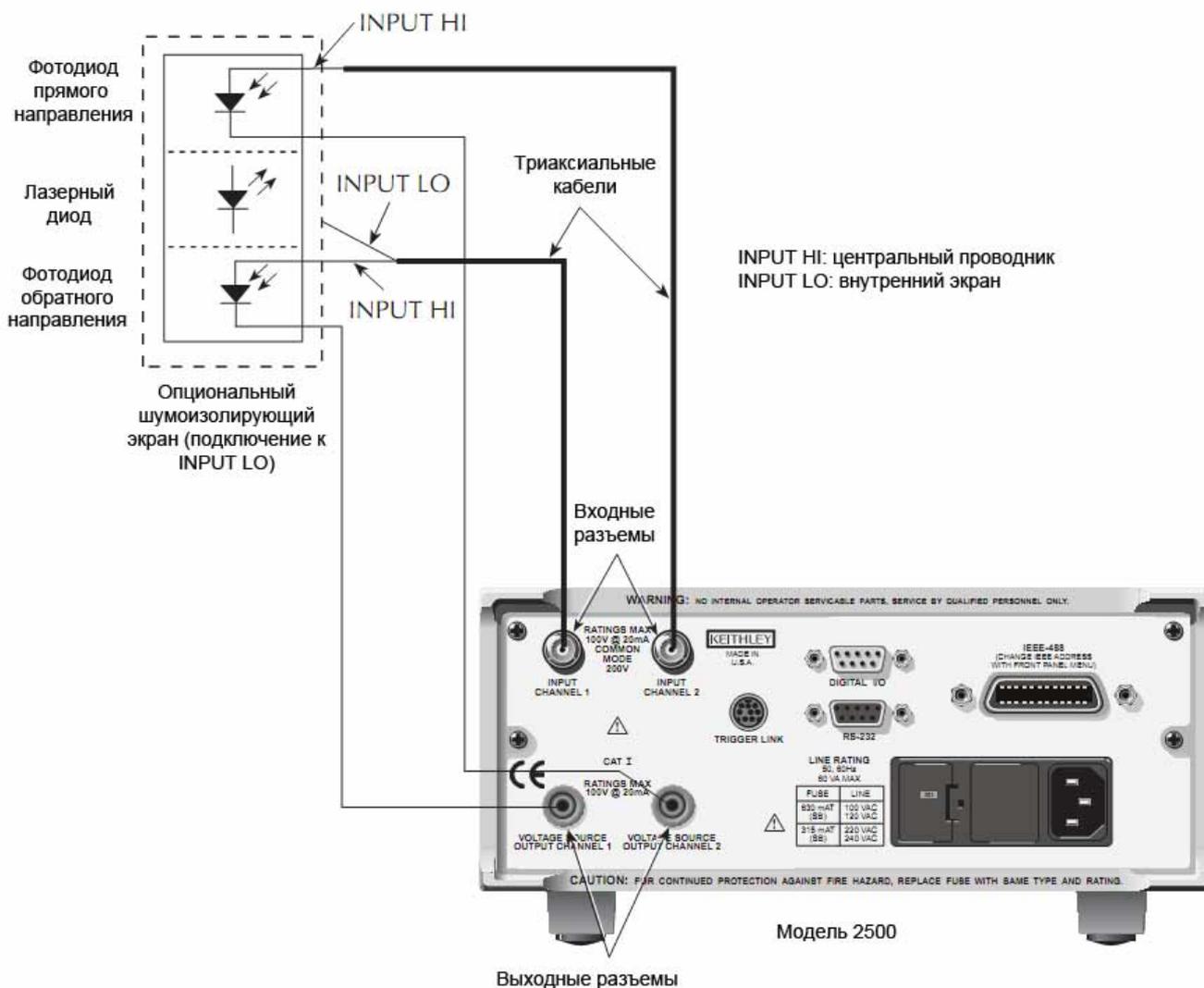
**ПРИМЕЧАНИЕ** *Подача напряжения смещения и измерение ТУ может выполняться только при условии использования триаксиального кабеля с режимом подключения заземления. (См. п. «Режим подключения заземления», стр. 2-7).*

Используются следующие каналы:

- Канал 1 выполняет смещение и измерение тока для фотодиода обратного направления. Центральный проводник входного канала INPUT CHANNEL 1 HI подключается к клемме фотодиода, а клемма VOLTAGE SOURCE CHANNEL 1 подключается к другой клемме фотодиода.
- Канал 2 выполняет смещение и измерение тока для фотодиода прямого направления. Центральный проводник входного канала INPUT CHANNEL 2 HI подключается к клемме фотодиода, а клемма VOLTAGE SOURCE CHANNEL 2 подключается к другой клемме фотодиода.

**ПРИМЕЧАНИЕ** *При использовании опционального шумоизолирующего экрана подключите экран к разъему INPUT LO (внутренний экран триаксиального кабеля).*

Рисунок 2-3  
Типовая схема подключения с фотодиодами

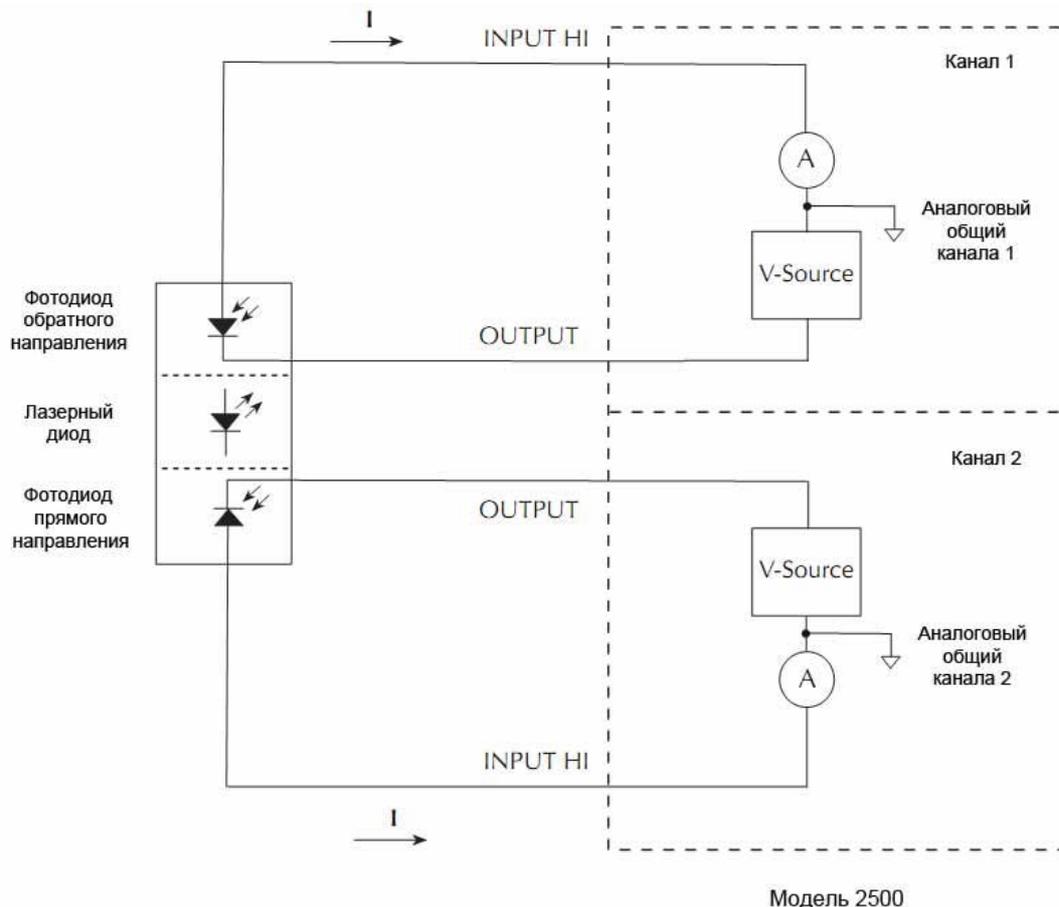


## Эквивалентная цепь

На рис. 2-4 показана эквивалентная цепь для схемы подключения на рис. 2-3. В состав цепи входят два амперметра для измерения тока и два источника напряжения для смещения ТУ. Обратите внимание, что аналоговые общие клеммы канала 1 и канала 2 являются плавающими и не зависят друг от друга.

Рисунок 2-4

### Эквивалентная цепь для схемы подключения с фотодиодами



## Замечания относительно подключений

Чтобы избежать появления шума и токов смещения, которые могут отрицательно сказаться на точности измерения, для подключения к входным разъемам (INPUT) следует использовать только качественные триаксиальные кабели с низким уровнем шума. Также необходимо следить, чтобы кабели и испытательные стенды не подвергались вибрации или перепадам температуры, что позволит сократить вырабатываемые в кабелях токи.

## Подключения к заземлению

Выходной разъем VOLTAGE SOURCE каждого канала может быть подключен к корпусному заземлению или оставлен в плавающем состоянии в зависимости от выбранного режима подключения заземления (подробнее см. в главе 3, п. «Режим подключения заземления»). При неактивном состоянии режима подключения заземления необходимо выполнить отдельные подключения к разъему VOLTAGE SOURCE OUTPUT, как показано на рис. 2-3. Однако при активном состоянии режима подключения заземления смещение и измерение ТУ может выполняться с использованием одного триаксиального кабеля, как показано на рис. 2-5. Обратите внимание, что одна клемма ТУ подключается к INPUT HI, а другая – к корпусному заземлению через внешний экран триаксиального кабеля. На рис. 2-6 показана эквивалентная цепь.

Рисунок 2-5

**Схема подключения с использованием режима подключения заземления**

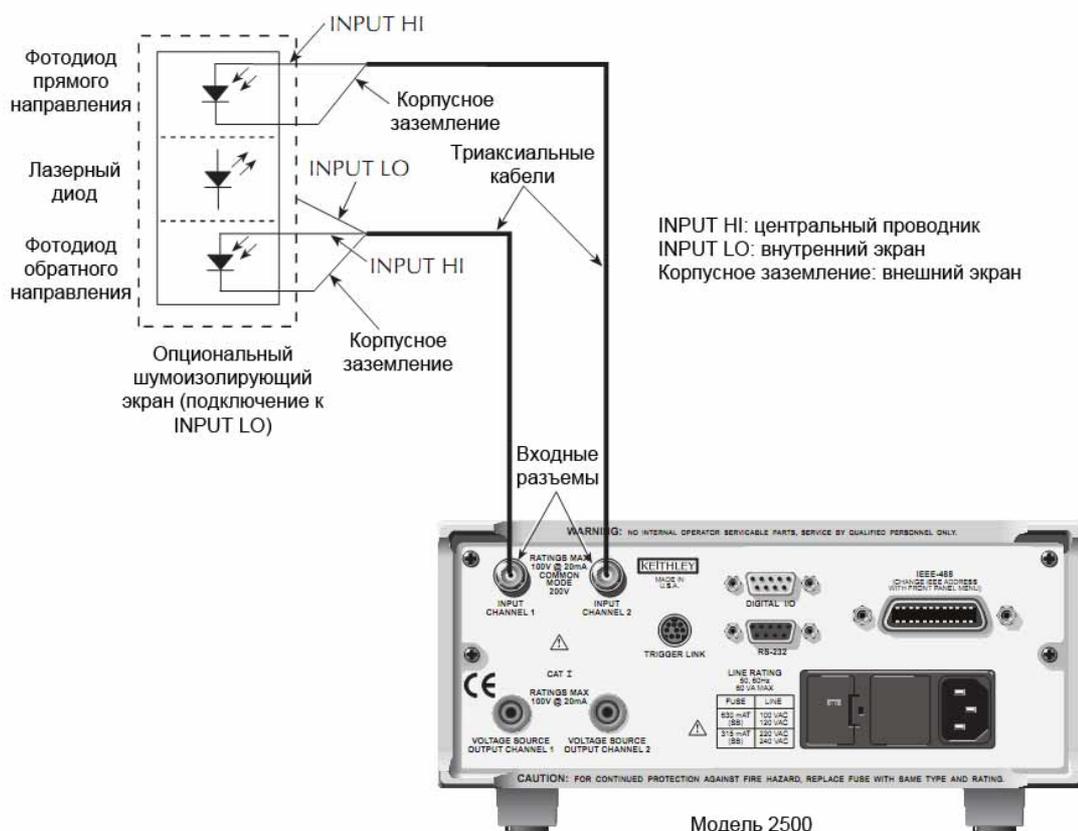
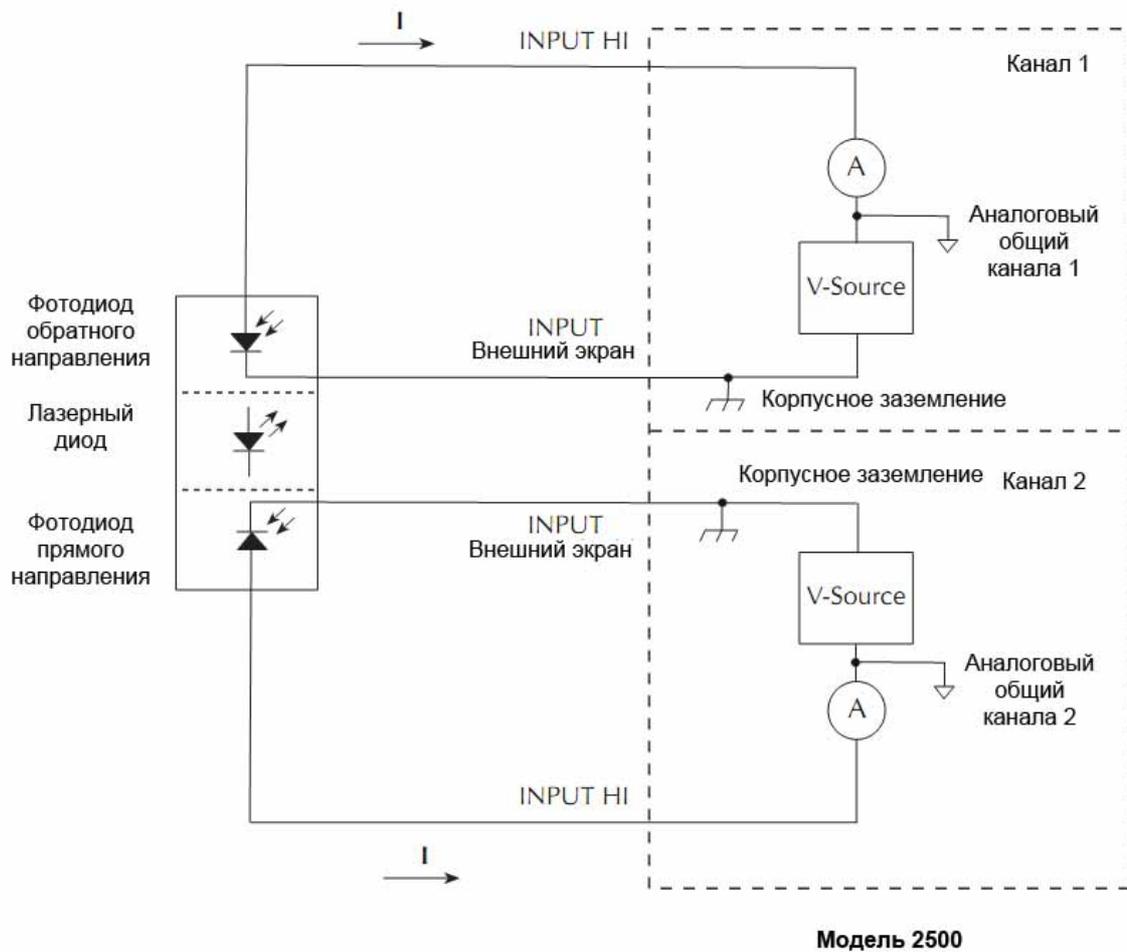


Рисунок 2-6  
Эквивалентная цепь схемы подключения с использованием режима подключения заземления



## Прочие варианты подключения

Несмотря на то, что основным назначением модели 2500 является подача напряжения смещения и измерение характеристик фотодиодов при тестировании лазерных диодов, прибор также может использоваться только для измерения только тока или вывода напряжения с любым подходящим устройством.

### Измерение тока

На рис. 2-7 показана типовая схема подключения с использованием канала 1 для измерения тока в ТУ. Обратите внимание, что клемма INPUT HI (центральный проводник) подключается к разъему HI на ТУ, а клемма INPUT LO (аналоговый общий) – к разъему LO на ТУ.

Рисунок 2-7

Схема подключения для измерения тока



## Воспроизведение напряжения

На рис. 2-8 показана схема подключения при необходимости использования модели 2500 в качестве автономного источника напряжения. Обратите внимание, что для вывода напряжения клемма HI на ТУ подключается к клемме OUTPUT, а клемма LO на ТУ – к аналоговому общему (внутреннее кольцо разъема INPUT). Максимальное значение напряжения на выходе составляет 100 В при 20 мА.

Рисунок 2-8

Схема подключения для воспроизведения напряжения



## Подключения к аналоговому выходу (только для модели 2502)

### Клеммы разъема аналогового выхода

На рис. 2-9 показана клеммная конфигурация триаксиального разъема ANALOG OUT.

Выходной разъем имеет следующие клеммы:

- Центральный проводник: аналоговый выход HI
- Внутренний экран: аналоговый выход LO (плавающий аналоговый общий)
- Внешний экран: корпусное заземление

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Плавающее состояние аналогового выхода LO может достигать  $\pm 100$  В. Чтобы избежать удара электрическим током, соблюдайте осторожность при использовании аналоговых выходов.

Рисунок 2-9

#### Клеммы аналогового выходного разъема



## Подключения без развязки

На рис. 2-10 показана схема подключения к аналоговым выходам без развязки. Обратите внимание, что аналоговый выход HI (центральный проводник) подключается к разъему INPUT HI измерительного прибора, а аналоговый выход LO (внутренний экран) – к INPUT LO.

### **ОСТОРОЖНО**

При активном состоянии режима подключения заземления аналоговый выход LO может иметь плавающее состояние в диапазоне до  $\pm 100$  В относительно корпусного заземления, в зависимости от настроек воспроизведения напряжения смещения. Подключение аналоговых выходов к внешнему оборудованию, которое не обеспечивает плавающее состояние аналогового выхода LO до  $\pm 100$  В, может привести к повреждению источников напряжения смещения модели 2500 при активном состоянии режима подключения заземления.

Рисунок 2-10

Подключение аналогового выхода без развязки



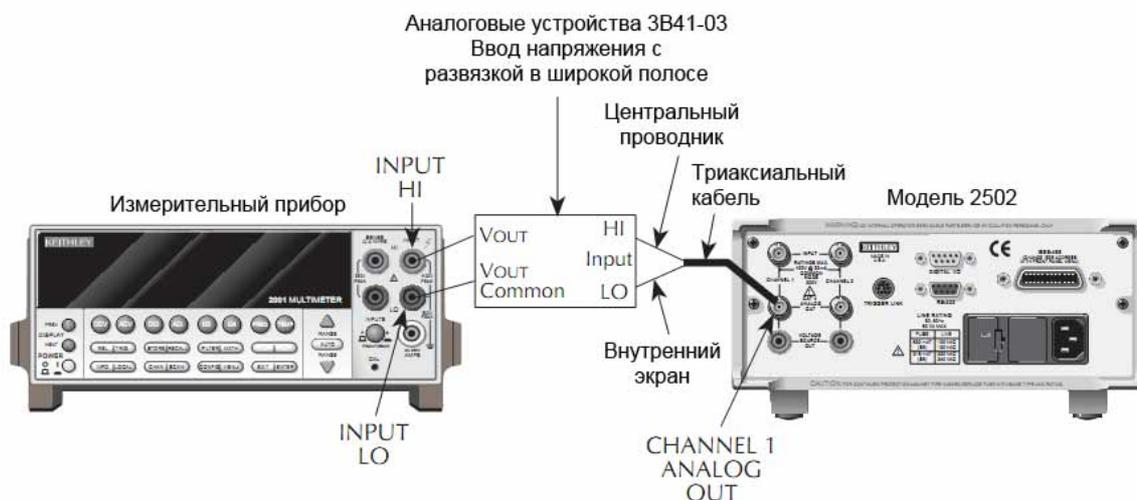
## Подключения с развязкой

Для поддержания необходимой развязки между аналоговыми выходами и корпусным заземлением настоятельно рекомендуется использовать подключение с развязкой, схема которого показана на рис. 2-11. В данном случае используется широкополосное аналоговое устройство 3В41-03 для ввода напряжения с развязкой, позволяющее обеспечить развязку между аналоговым выходом (ANALOG OUT) модели 2502 и измерительным прибором. Сигнал HI аналогового выхода (центральный проводник) подключается к входной клемме HI устройства развязки, а сигнал LO аналогового выхода (внутренний экран) подключается к входу LO. Две клеммы устройства развязки  $V_{OUT}$  подключаются к клеммам HI и LO INPUT измерительного прибора, как показано на схеме.

Подробнее о схемах подключения, источнике питания и конфигурации см. в документации на устройство 3В41-03.

Рисунок 2-11

### Подключение аналогового выхода с развязкой



## Эквивалентные цепи

На рис. 2-12 показана эквивалентная цепь подключения аналоговых выходов в неактивном состоянии режима подключения заземления. (Показан только один канал; для другого канала схема аналогична). Обратите внимание, что цепь для вывода аналогового сигнала состоит из буферного усилителя, а LO аналогового выхода подключается к плавающему общему.

На рис. 2-13 показана эквивалентная цепь при активном состоянии режима подключения заземления. В данном случае, поскольку одна сторона источника напряжения смещения подключена к корпусному заземлению, сигнал LO аналогового выхода допускает плавающее состояние в диапазоне  $\pm 100$  В в зависимости от настройки источника напряжения смещения.

Рисунок 2-12

**Эквивалентная цепь подключения аналоговых выходов в неактивном состоянии режима подключения заземления**

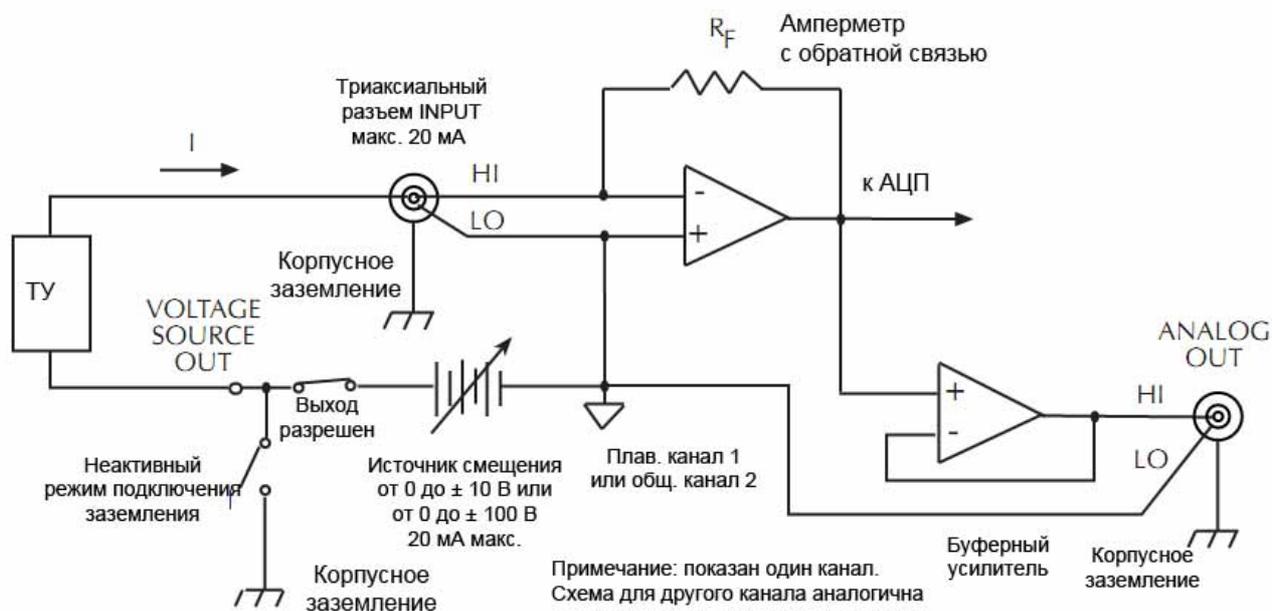
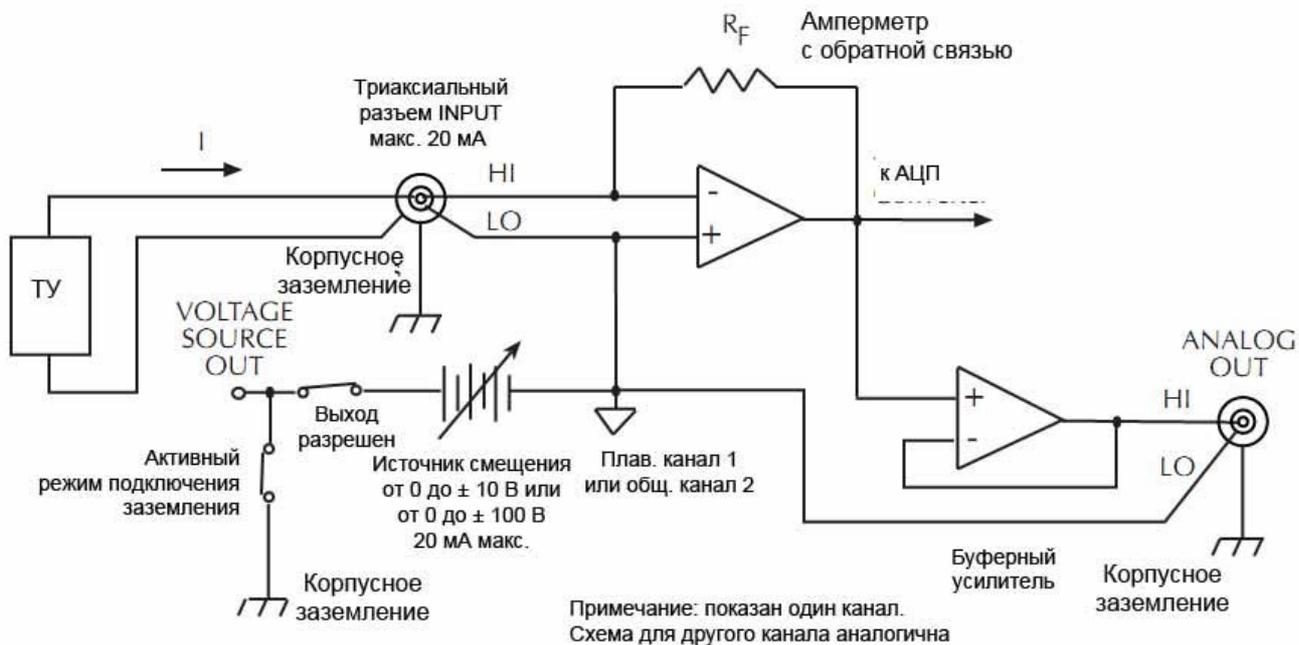


Рисунок 2-13  
**Эквивалентная цепь подключения аналоговых выходов в активном состоянии режима подключения заземления**





## Раздел 3

# Основные операции

---

- **Обзор** – Обсуждение возможностей прибора в измерении тока и воспроизведении напряжения смещения, пределов, соответствия и базовой конфигурации цепи измерения и воспроизведения напряжения.
- **Некоторые аспекты эксплуатации** – Описание процедуры прогрева, автоматической подстройки нуля и установки задержки воспроизведения.
- **Основная процедура измерения** – Описание основной процедуры настройки модели 2500 для выполнения измерения тока и воспроизведения напряжения, включая выбор канала измерения и предела, выбор канала воспроизведения и настройка параметров вывода, включение/выключение вывода.
- **Использование аналоговых выходов (только для модели 2502)** – Рассмотрение основных характеристик аналоговых выводов.

## Обзор

### Возможности измерения тока и воспроизведения напряжения смещения

Модель 2500 имеет следующие возможности в измерении тока и воспроизведении напряжения смещения:

- **Измерение тока** – Каждый канал модели 2500 позволяет измерять постоянный ток в диапазоне от  $\pm 1$  фА до  $\pm 20$  мА. Каждый канал имеет по 8 пределов измерения тока: 2 нА, 20 нА, 200 нА, 2 мкА, 20 мкА, 200 мкА, 2 мА и 20 мА.
- **Воспроизведение напряжения** – Каждый канал модели 2500 позволяет выводить постоянное напряжение в диапазоне от  $\pm 500$  мкВ до  $\pm 100$  В. Каждый канал имеет по 2 предела: 10 В и 100 В.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Оба канала (канал 1 и канал 2) имеют плавающее состояние и не зависят друг от друга.

## Пределы

В таблице 3-1 приводятся пределы измерения тока, разрешения и максимальные показания, а в таблице 3-2 – пределы воспроизведения напряжения смещения, разрешения и максимальные значения напряжения и тока.

Таблица 3-1

### Пределы измерения тока

Предел для тока модели 2500	Макс. разрешение	Макс. показание
2 нА	1 фА	$\pm 2,1$ нА
20 нА	10 фА	$\pm 21$ нА
200 нА	100 фА	$\pm 210$ нА
2 мкА	1 пА	$\pm 2,1$ мкА
20 мкА	10 пА	$\pm 21$ мкА
200 мкА	100 пА	$\pm 210$ мкА
2 мА	1 нА	$\pm 2,1$ мА
20 мА	10 нА	$\pm 21$ мА

Таблица 3-2

### Пределы воспроизведения напряжения

Предел для напряжения модели 2500	Разрешение	Макс. напряжение	Макс. ток
10 В	400 мкВ	$\pm 10$ В	20 мА
100 В	4 мВ	$\pm 100$ В	20 мА

## Соответствие

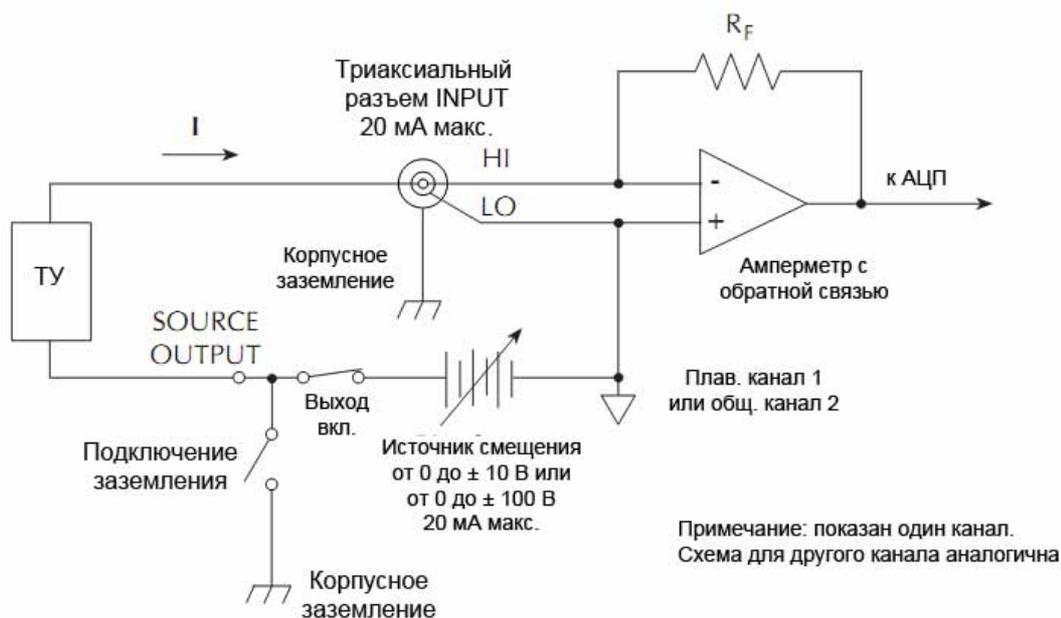
Каждый источник напряжения смещения позволяет получить напряжение на выходе до 100 В при 20 мА. Если сопротивление нагрузки достаточно низкое, так, что прибор выходит за ограничение по току в 20 мА, считается, что прибор достиг допустимых значений, и в этом случае начинает моргать соответствующее поле отображения информации о воспроизведении (Src1 или Src2). Также механизм соответствия можно использовать для тестов на отбраковку, а прибор может быть настроен на генерацию SRQ согласно условиям соответствия по GPIB.

## Основная конфигурация цепи

Основная конфигурация цепи с использованием модели 2500 показана на рис. 3-1. Обратите внимание, что прибор имеет два отдельных канала (на рисунке показан один канал), каждый из которых включает амперметр с обратной связью и источник напряжения смещения на пределах  $0 \pm 10\text{В}$  и  $0 \pm 100\text{В}$ . На рис. 3-1 также показана цепь разрешения вывода в активном состоянии и реле подключения заземления (см. п. «Режим подключения заземления» на стр. 3-8). Обратите внимание, что ТУ подключается между триаксиальным разъемом INPUT и клеммой SOURCE OUTPUT.

Рисунок 3-1

### Основная конфигурация цепи



## Некоторые аспекты эксплуатации

В разделе ниже содержится информация о прогреве прибора, автоматической подстройке нуля и задержке воспроизведения сигнала.

### Прогрев

Для достижения заявленных значений точности необходимо прогреть модель 2500 в течение, по крайней мере, одного часа после включения.

### Автоматическая подстройка нуля

Каждый результат аналого-цифрового преобразования (показание величины тока) вычисляется на основе нулевого значения, опорного значения и измерения сигнала. При включенной функции автоматической подстройки нуля все три из указанных измерений выполняются для получения значения с заявленной точностью. Если функция автоматической подстройки нуля не включена, нулевое и опорное значение не измеряются, что позволяет повысить скорость измерения, но уход нуля может в результате отрицательно сказаться на точности измерения. При отключенной функции автоматической подстройки нуля необходимо периодически изменять скорость измерения.

Перепад температуры на разных компонентах внутри прибора может привести к уходу опорного и нулевого значений, используемых аналого-цифровым преобразователем, вследствие воздействия термо- э.д.с. Функция автоматической подстройки нуля служит для устранения последствий ухода, что позволяет сохранить точность измерений со временем. Если функция автоматической подстройки нуля не используется, то результаты измерений могут быть ошибочными.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Управление автоматической подстройкой нуля распространяется на оба канала.

### Включение функции автоматической подстройки нуля с передней панели

Процедура включения функции автоматической подстройки нуля с передней панели:

1. Нажмите клавишу MENU.
2. В главном меню выберите A/D CTRL и нажмите ENTER.
3. Выберите AUTO ZERO и нажмите ENTER.
4. Выберите ENABLE (включить) или DISABLE (отключить) и нажмите ENTER.
5. Нажмите EXIT для возврата к нормальному режиму отображения.

### Включение функции автоматической подстройки нуля в дистанционном режиме

Для включения или выключения функции автоматической подстройки нуля в дистанционном режиме используется команда :SYSTem:AZER. Например, включение автоматической подстройки нуля выполняется посредством отправки следующей команды:  
:SYST:AZER ON

Для отключения автоматической подстройки нуля необходимо отправить следующую команду:  
:SYST:AZER OFF

## Задержка воспроизведения

Настройка задержки воспроизведения позволяет установить промежуток времени, в течение которого происходит стабилизация источника напряжения смещения.

### Период автоматической задержки

Период автоматической задержки зависит как от предела для тока (см. таблицу 3-3), так и, во время разверток, от размера шага напряжения. При включенном автоматическом режиме задержки величина общей задержки воспроизведения будет суммой задержки в соответствии с пределом для тока в таблице 3-3 и времени нарастания напряжения для канала, имеющего наибольшую общую задержку. Наихудшее время нарастания напряжения,  $T_{VS}$ , определяется уравнением:

$$T_{VS} = (3.07ms)/V$$

Таблица 3-3

#### Автоматическая задержка воспроизведения

Предел для тока (I-range)	Автоматическая задержка в зависимости от предела для тока
2 нА	16 мс
20 нА	16 мс
200 нА	12,25 мс
2 мкА	12,25 мс
20 мкА	3,55 мс
200 мкА	3,55 мс
2 мА	530 мкс
20 мА	540 мкс

Например, на пределе 2 мкА и шагом напряжения 0,5 В общая задержка составляет:

$$\text{Задержка} = 12,25 \text{ мс} + (0,5 \times 3,07 \text{ мс})$$

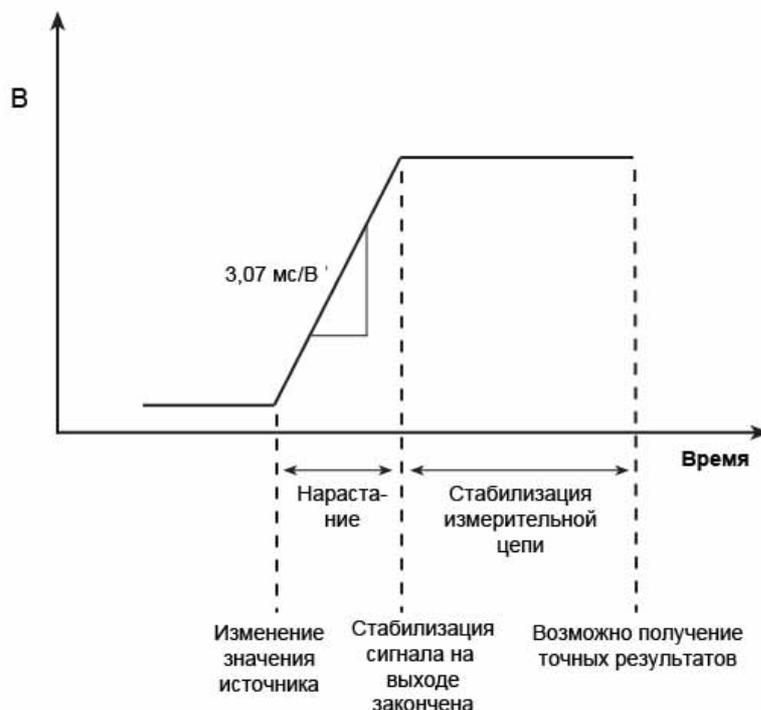
$$\text{Задержка} = 13,785 \text{ мс}$$

## Время нарастания напряжения на выходе

Рис. 2-3 демонстрирует влияние времени нарастания напряжения на выходе на общее время стабилизации. Общее время после изменения значения воспроизведения до того момента, как прибор будет способен выполнять точные измерения, включает как время нарастания напряжения на выходе, так и время стабилизации измерительной цепи.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если развертка не выполняется, время нарастания напряжения на выходе не учитывается при определении автоматической задержки воспроизведения. Таким образом, для достижения максимальной точности при включении выхода сигнала или изменении значения воспроизведения напряжения, рекомендуется использовать задержку в 3,07 мс/В от изменения сигнала на выходе до вывода показания. Данная задержка может быть установлена посредством настройки параметра *Trigger Delay*. Также, во время нарастания напряжения на выходе для канала будет установлен бит состояния соответствия. Пользователь может провести опрос устройств с целью выяснения, когда будет достигнуто установленное значение воспроизведения и может быть выполнено измерение с достаточной точностью.

Рисунок 3-2  
Время нарастания напряжения на выходе



## Установка задержки в ручном режиме

В ручном режиме для каждого канала можно установить задержку в диапазоне от 0000,00000 до 9999,99800 секунд. Установка задержки в ручном режиме отключает автоматический режим установки задержки.

## Настройка задержки воспроизведения с передней панели

Процедура настройки задержки воспроизведения с передней панели:

1. Нажмите CONFIG, затем SRC1 или SRC2.
2. Выберите DELAY и нажмите ENTER.
3. Введите требуемое значение задержки (DELAY) и нажмите ENTER.
4. Нажмите EXIT, чтобы вернуться к нормальному режиму отображения.

Процедура настройки автоматического режима установки задержки с передней панели:

1. Нажмите CONFIG, затем SRC1 или SRC2.
2. Выберите AUTO DELAY и нажмите ENTER.
3. Выберите ENABLE (включить) или DISABLE (отключить) и нажмите ENTER.
4. Нажмите EXIT, чтобы вернуться к нормальному режиму отображения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** *Время задержки устанавливается для обоих источников сразу. В случае изменения величины задержки на одном канале прибор устанавливает ту же самую величину задержки и на другом канале.*

## Установка задержки воспроизведения в дистанционном режиме

Для установки величины задержки в дистанционном режиме используйте соответствующую команду из перечисленных в таблице 3-4. Например, следующая команда устанавливает величину задержки воспроизведения на 50 мс.

```
:SOUR1:DEL 0.05
```

Таблица 3-4

### Команды для установки величины задержки воспроизведения

Команда	Описание
:SOURce[1]:DELay <Delay>	Настройка величины задержки воспроизведения.
:SOURce[1]:DELay:AUTO <State>	Включение/выключение автоматического режима задержки (ON (вкл.) или OFF (выкл.))
:SOURce2:DELay <Delay>	Настройка величины задержки воспроизведения.
:SOURce2:DELay:AUTO <State>	Включение/выключение автоматического режима задержки (ON (вкл.) или OFF (выкл.))

## Режим подключения заземления

Посредством выбора соответствующего режима подключения заземления выходной разъем VOLTAGE SOURCE для каждого канала может быть оставлен в «плавающем» состоянии или подключен к корпусному заземлению. При активизации режима подключения заземления клемма VOLTAGE SOURCE будет подключена к корпусному заземлению, как показано на рис. 3-3. Данная конфигурация позволяет выполнять смещение и измерение ТУ с использованием одного триаксиального кабеля, как показано на рисунке. В неактивном состоянии режима подключения заземления (рис. 3-4) необходимо обеспечить отдельное подключение SOURCE OUTPUT к тестируемому устройству. (Подробнее о подключении см. в разделе 2).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Управление режимом подключения заземления может выполняться индивидуально для каждого канала.

### Управление режимом подключения заземления с передней панели

1. Нажмите CONFIG, затем SRC1 или SRC2.
2. Выберите GND-CONNECT, затем нажмите ENTER.
3. Выберите ENABLE (включить) или DISABLE (отключить) и нажмите ENTER.

### Дистанционное управление режимом подключения заземления

Для дистанционного управления режимом подключения заземления используйте соответствующую команду из перечисленных в таблице 3-5. Например, следующая команда активизирует режим подключения заземления на канале 1.

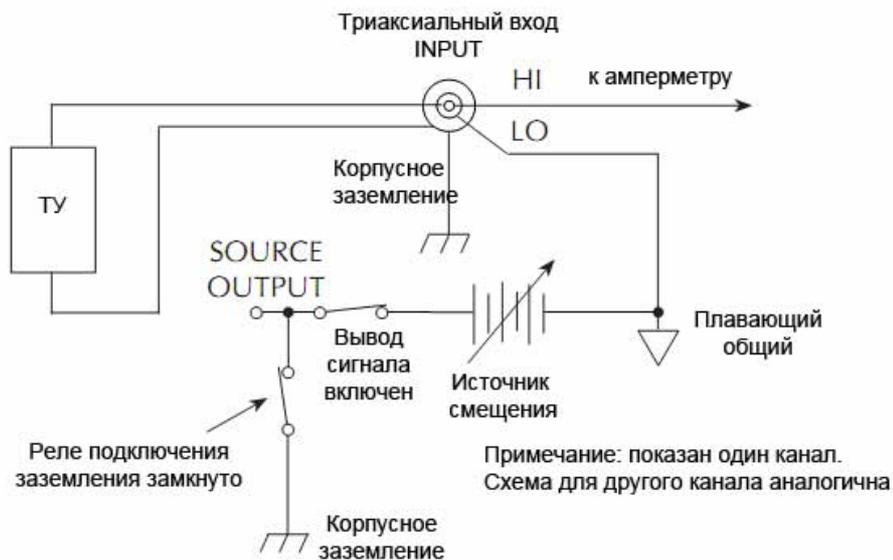
:SOUR1:GCON ON

Таблица 3-5

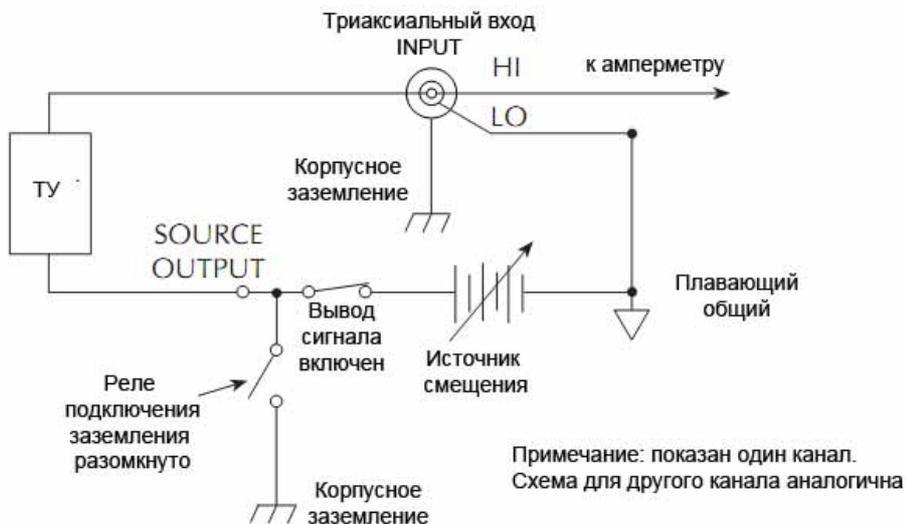
#### Команды для управления режимом подключения заземления

Команда	Описание
:SOURce[1]:GCONnect <State>	Включение/выключение режима подключения заземления на канале 1(ON (вкл.) или OFF (выкл.))
:SOURce2:GCONnect <State>	Включение/выключение режима подключения заземления на канале 2(ON (вкл.) или OFF (выкл.))

**Рисунок 3-3**  
**Режим подключения заземления в активном состоянии**



**Рисунок 3-4**  
**Режим подключения заземления в неактивном состоянии**



## Основная процедура измерения

*ПРИМЕЧАНИЕ* Описанные ниже процедуры приводятся для типового тестируемого устройства.

### Управление выводом сигнала

Клавиша ON/OFF OUTPUT используется для включения или выключения вывода сигнала на обоих каналах модели 2500 для выполнения основных операций воспроизведения/измерения. При включенном выводе на канале 1 или канале 2 горит красный индикатор ON/OFF OUTPUT. Индикатор гаснет после отключения вывода.

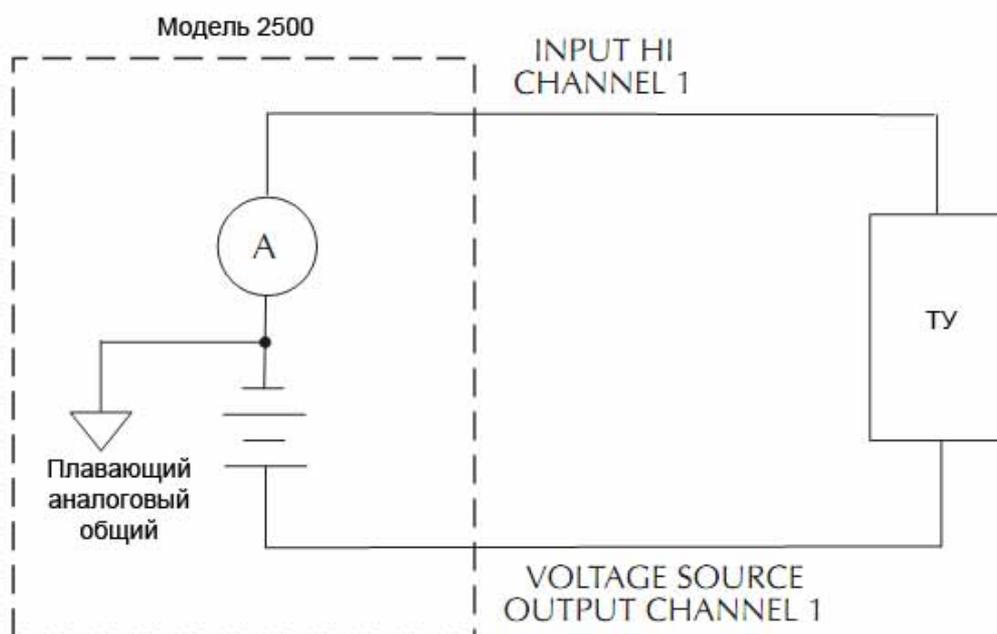
**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Чтобы избежать поражения электрическим током, запрещается выполнять или разрывать соединения, когда модель 2500 находится во включенном состоянии.

### Схема цепи базового измерения

Конфигурация схемы для базовой процедуры измерения, описание которой приводится далее, показана на рис. 3-5. В данном примере показаны подключения для канала 1, подключения для канала 2 аналогичны. Подробнее о подключении см. в разделе 2.

Рисунок 3-5

**Конфигурация схемы для базового измерения**



## Процедура измерения, выполняемая с передней панели

### Шаг 1: Выбор канала измерения и предела

Для выбора необходимого канала измерения нажмите MSR1 (канал 1) или MSR2 (канал 2). Если функция автоматического определения отключена, с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ вручную выберите предел измерения тока для данного канала. Также можно включить функцию автоматической установки, нажав клавишу AUTO.

### Шаг 2: Выбор канала воспроизведения и установка уровня воспроизведения

Уровень воспроизведения – это настройка измерения выбранного источника (канала 1 или канала 2).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Чтобы выполнить настройку значений воспроизводимого сигнала, прибор должен находиться в режиме редактирования (горит индикатор EDIT). Выбор режима редактирования выполняется нажатием клавиши SRC1 или SRC2. Моргающий символ в поле значения воспроизводимого сигнала Src1 или Src2 указывает на то, что модель 2500 находится в режиме редактирования для выбранного канала. Если не будет произведено никаких действий по редактированию в течение шести секунд, то прибор выходит из режима редактирования.

Клавиши EDIT ▲, ▼, ◀ и ▶ также служат для включения режима редактирования и позволяют выбирать последнее отмеченное поле.

При редактировании значения воспроизводимого сигнала изменения вступают в силу немедленно. Благодаря этому регулирование значения воспроизводимого сигнала можно выполнять при включенном выводе.

Значение воспроизводимого сигнала нельзя изменить, если модель 2500 выполняет в данный момент развертку. Подобная ситуация возможна при включенном выводе (Output ON) и после нажатия клавиши SWEEP.

Для редактирования значений воспроизводимого сигнала выполните следующие действия:

1. Нажмите SRC1 или SRC2, чтобы войти в режим редактирования. Моргающий символ указывает, какое значение (Src1 или Src2) выбрано в данный момент и может быть отредактировано.
2. С помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите предел 10 В или 100 В, подходящий для значения, которое будет установлено. Для получения максимально точных результатов используйте минимально возможный предел.
3. Введите желаемое значение воспроизводимого сигнала или допустимого значения. Прибор позволяет отредактировать текущее значение двумя способами: подстройкой или вводом числовых данных.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Нажатие клавиши 0000 (MENU) во время редактирования поля воспроизводимого сигнала позволяет установить значение воспроизводимого сигнала на 0 В.

- **Подстройка значения** – Чтобы выполнить подстройку значения, с помощью клавиш EDIT ◀ и ▶ установите курсор на соответствующую позицию и клавишами EDIT ▲ и ▼ увеличьте или уменьшите текущее значение.

- **Ввод числовых данных** – После входа в режим редактирования курсор располагается на наиболее значимом разряде значения. Находясь в этой позиции, вы можете ввести значение с помощью числовых клавиш (от 0 до 9). После ввода каждой цифры курсор перемещается на одну позицию вправо. При необходимости можно с помощью клавиш EDIT ◀ и ▶ установить курсор на цифру, которую требуется изменить, и нажать соответствующую числовую клавишу. Чтобы изменить полярность, не обязательно располагать курсор на знаке полярности. В случае нажатия клавиши 0000 (MENU) значение воспроизводимого сигнала будет установлено на 0 В.
4. Чтобы отредактировать значение воспроизводимого сигнала на другом канале, нажмите SRC1 или SRC2 и повторите п.2 и п.3.
  5. После завершения редактирования значений воспроизводимого сигнала нажмите ENTER или подождите 6 секунд, по истечении которых прибор самостоятельно выйдет из режима редактирования.

### **Шаг 3: Включение вывода**

Вывод напряжения включается нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT. Включенное состояние вывода для обоих каналов подтверждается горящим красным индикатором OUTPUT.

### **Шаг 4: Снятие показаний с экрана**

В соответствующем поле вверху слева (канал 1) или справа (канал 2) отображается показание тока. Если прибор находится в режиме отображения MSR1 или MSR2, то при необходимости используйте клавишу DISPLAY TOGGLE для переключения между каналами или воспользуйтесь клавишей CHANNEL SELECT, чтобы выбрать отображаемый канал.

### **Шаг 5: Отключение вывода сигнала.**

После завершения работы отключите вывод сигнала на обоих каналах нажатием клавиши ON/OFF OUTPUT. Красный индикатор OUTPUT погаснет.

## **Процедура измерения в дистанционном режиме**

Основные процедуры измерения также могут выполняться в дистанционном режиме посредством отправки соответствующих команд в нужной последовательности. Далее приводятся основные команды и простой пример программирования.

### **Основные команды для выполнения измерения тока и воспроизведения напряжения**

В таблице 3-6 содержатся основные команды процедур измерения тока и воспроизведения напряжения.

**Таблица 3-6**  
**Основные команды для измерения тока и воспроизведения напряжения**

Команда	Описание
:SENSe[1]:CURRent:RANGe <n>	Установка предела измерения тока для канала 1 (n=предел)
:SENSe[1]:CURRent:RANGe:AUTO <state>	Включение/выключение автоматической установки предела для канала 1 (state=ON (вкл.) или OFF (выкл.))
:SENSe2:CURRent:RANGe <n>	Установка предела измерения тока для канала 2 (n=диапазон)
:SENSe2:CURRent:RANGe:AUTO <state>	Включение/выключение автоматической установки предела для канала 2 (state=ON (вкл.) или OFF (выкл.))
:SOURce[1]:VOLTage:MODE FIXed	Выбор фиксированного режима воспроизведения для источника канала 1.
:SOURce[1]:VOLTage:RANGe <n>	Выбор предела воспроизведения для канала 1 (n=предел, 10 или 100) .
:SOURce[1]:VOLTage <n>	Настройка амплитуды воспроизведения для канала 1 (n = вольты).
:SOURce2:VOLTage:MODE FIXed	Выбор фиксированного режима воспроизведения для источника канала 2.
:SOURce2:VOLTage:RANGe <n>	Выбор предела воспроизведения для канала 2 (n=предел, 10 или 100). .
:SOURce2:VOLTage <n>	Настройка амплитуды воспроизведения для канала 2 (n = вольты).
:OUTPut[1] <state>	Включение/выключение вывода на канале 1 (state = ON (вкл.) или OFF (выкл.))
:OUTPut2 <state>	Включение/выключение вывода на канале 2 (state = ON (вкл.) или OFF (выкл.))
:FORMat:ELEMents <name>	Выбор канала вывода показаний <name> =CURRent[1] (канал 1), CURRent2 (канал 2).
:READ?	Запуск процесса и получение показания.

### Пример программирования процедуры измерения

В таблице 3-7 приводится последовательность команд базовой процедуры измерения с использованием канала 2. Пункты соответствуют ранее перечисленным в п. «Процедура измерения, выполняемая с передней панели». Данные команды позволяют выполнить следующие настройки модели 2500:

- Предел измерения на канале 2: 2 мкА
- Предел воспроизведения на канале 2: 10 В
- Уровень сигнала на выходе канала 2: 10 В

**Таблица 3-7**  
**Последовательность команд при выполнении основной процедуры измерения**

Шаг <sup>1</sup>	Действие	Команды <sup>2,3</sup>	Комментарии
1	Выбор предела измерения на канале 2 Выбор показания величины тока на канале 2	*RST :SENS2:CURR:RANG 2e-6 :FORM:ELEM CURR2	Восстановление настроек по умолчанию GPIB. Выбор предела 2 мкА. Считывание показания по каналу 2.
2	Настройка предела воспроизведения для канала 2. Настройка амплитуды воспроизведения для канала 2.	:SOUR2:VOLT:RANG 10 :SOUR2:VOLT 10	Выбор предела воспроизведения 10 В. Вывод сигнала на канале 2 = 10 В.
3	Включение вывода сигнала на канале 2.	:OUTP2 ON	Включение вывода перед измерением.
4	Считывание данных	:READ?	Запуск, получение показания.
5	Отключение вывода сигнала на канале 2.	:OUTP2 OFF	Отключение вывода после измерения.

<sup>1</sup>Пункты соответствуют пунктам в процедуре, описанной в п. «Процедура измерения, выполняемая с передней панели».

<sup>2</sup>Команды должны отправляться в приведенном порядке.

<sup>3</sup>Для получения данных к прибору после команды :READ? нужно обратиться как к передатчику.

## Использование аналоговых выходов (только для модели 2502)

Каждый аналоговый выход обеспечивает вывод постоянного напряжения в диапазоне от -10 В до +10 В пропорционально силе тока на входе. Аналоговый выходной сигнал номинально выдает пропорциональный, но инвертированный сигнал  $\pm 10$  В по отношению к току на входе на всех пределах измерения. Например, ток +1 мА на пределе 2 мА дает напряжение на аналоговом выходе -5 В. В таблице 3-8 перечислены типичные значения напряжения на аналоговом выходе для различных пределов и токов на входе.

Предел	Ток на входе	Аналоговый сигнал на выходе
20 нА	+10 нА	-5 В
2 мкА	-2 мкА	+10 В
20 мкА	+7 мкА	-3,5 В
2 мА	+0,5 мА	-2,5 В
20 мА	-15 мА	+7,5 В