

**МУЛЬТИМЕТРЫ ЦИФРОВЫЕ  
2000 и 2010**

***Руководство по эксплуатации  
К 2000-2003 РЭ***

**KEITHLEY**

© 2003, Keithley Instruments, Inc.  
Cleveland, Ohio, U.S.A.

## ГАРАНТИЯ

Фирма Keithley Instruments, Inc. гарантирует отсутствие дефектов изготовления и дефектов материалов в данном изделии в течение трех лет с даты отгрузки.

Гарантия сроком на 90 суток с даты отгрузки предоставляется на измерительные пробники, кабели, аккумуляторы, дискеты и документацию.

В течение гарантийного периода производится ремонт или замена (по нашему выбору) любого изделия, которое окажется дефектным.

Чтобы воспользоваться этой гарантией, обратитесь к нашему местному представителю или в центральный офис фирмы Keithley Instruments, Inc., Кливленд, штат Огайо. Вы получите оперативную консультацию и указания по возврату изделия. Отправляйте изделие с предоплатой транспортных расходов по указанному Вам адресу. Ремонт и возврат изделия производится с предоплатой транспортных расходов. Гарантия на отремонтированное или замененное изделие действует до конца первоначального гарантийного срока или как минимум в течение 90 суток.

## ОГРАНИЧЕНИЯ ГАРАНТИИ

Гарантия не распространяется на дефекты, вызванные переоборудованием изделия без нашего однозначного письменного разрешения, а также ненадлежащим применением изделия или его деталей. Гарантия не распространяется на предохранители, программное обеспечение, гальванические элементы питания, а также на повреждения, вызванные утечкой электролита из гальванических элементов и неисправности, возникающие вследствие нормального износа деталей или вследствие несоблюдения указаний настоящего Руководства.

Эта гарантия заменяет все прочие гарантии, явно выраженные или подразумеваемые, включая любую подразумеваемую гарантию на пригодность к торговле или к использованию в определенных целях. Эта гарантия является единственным и исключительным средством защиты прав Покупателя.

Ни фирма Keithley Instruments, Inc., ни ее сотрудники не несут ответственности за какой-либо прямой, косвенный, особый, случайный или последующий ущерб, вызванный применением ее приборов и программного обеспечения, даже если фирма Keithley Instruments, Inc. заранее уведомлена о возможности такого ущерба. К такому исключительному ущербу относятся, в частности, затраты на демонтаж и монтаж, а также убытки в результате травмирования персонала или повреждения собственности.

**KEITHLEY**

Keithley Instruments, Inc. • 28775 Aurora Road • Cleveland, OH 44139 • 440-248-0400 • Fax: 440-248-6168 • <http://www.keithley.com>

Наименования всех изделий Keithley являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками фирмы Keithley Instruments, Inc.

Другие фирменные наименования являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками соответствующих фирм.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Указания мер безопасности .....	5
<b>1 Общие сведения .....</b>	<b>7</b>
1.1 Введение .....	7
1.2 Основные характеристики приборов .....	7
1.3 Гарантийная информация .....	8
1.4 Дополнения к Руководству по эксплуатации .....	8
1.5 Символы и понятия техники безопасности .....	8
1.6 Технические характеристики .....	8
1.7 Распаковка .....	8
1.8 Опции и принадлежности .....	9
<b>2 Основные измерительные операции .....</b>	<b>11</b>
2.1 Введение .....	11
2.2 Описание передней панели .....	12
2.3 Описание задней панели .....	15
2.4 Включение прибора .....	17
2.5 Дисплей .....	21
2.6 Измерение напряжения .....	21
2.7 Измерение отношения (только у мультиметров типа 2010) .....	23
2.8 Измерение тока .....	25
2.9 Измерение сопротивления .....	26
2.10 Измерение частоты и периода .....	29
2.11 Измерение температуры .....	30
2.12 Математическая функция (Math) .....	32
2.13 "Прозвонка" цепей .....	34
2.14 Проверка диодов .....	35
<b>3 Дополнительные измерительные операции .....</b>	<b>36</b>
3.1 Введение .....	36
3.2 Конфигурирование измерений .....	36
3.3 Операции запуска .....	40
3.4 Операции с буфером памяти .....	46
3.5 Операции с предельными значениями .....	47
3.6 Операции сканирования .....	49
3.7 Системные операции .....	55
<b>A Технические характеристики .....</b>	<b>56</b>
A.1 Технические характеристики мультиметра типа 2000 .....	56
A.2 Технические характеристики мультиметра типа 2010 .....	62
A.3 Расчет погрешностей .....	68
A.4 Оптимизация точности измерений .....	69
A.5 Оптимизация скорости измерений .....	69
<b>B Статусные сообщения и сообщения об ошибках .....</b>	<b>70</b>

## СПИСОК ТАБЛИЦ

	стр.
Таблица 1	Данные предохранителей ..... 18
Таблица 2	Заводские установки параметров ..... 19
Таблица 3	Ограничения коэффициента формы ..... 22
Таблица 4	Установки скорости обновления показаний (RATE) для различных измерительных функций ..... 39
Таблица 5	Автоматические установки задержки у мультиметров типа 2000* и 2010** ..... 41
Таблица 6	Параметры команд шины для счетчиков при сканировании и переключении каналов ..... 52

## СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рис. 1	Передняя панель мультиметра типа 2000 ..... 12
Рис. 2	Передняя панель мультиметра типа 2010 ..... 12
Рис. 3	Задняя панель мультиметра типа 2000 ..... 15
Рис. 4	Задняя панель мультиметра типа 2010 ..... 16
Рис. 5	Блок питания ..... 17
Рис. 6	Измерение постоянного напряжения ..... 22
Рис. 7	Измерение переменного напряжения ..... 22
Рис. 8	Измерение постоянного и переменного тока ..... 25
Рис. 9	Измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме ..... 26
Рис. 10	Измерение сопротивления с компенсацией смещения ..... 28
Рис. 11	Измерение частоты и периода ..... 29
Рис. 12	Подключение термопары к мультиметрам типа 2000 и 2010 ..... 30
Рис. 13	Подключение четырехпроводного термометра сопротивления к мультиметру типа 2010 ..... 30
Рис. 14	"Прозвонка" цепи ..... 34
Рис. 15	Проверка диодов ..... 35
Рис. 16	Фильтры с текущим и повторным усреднением ..... 37
Рис. 17	Запуск с передней панели без ручного переключения каналов и сканирования ..... 40
Рис. 18	Расположение контактов разъема TRIGGER LINK на задней панели ..... 42
Рис. 19	Параметры импульса внешнего запуска (EXT TRIG) на входе разъема TRIGGER LINK ..... 43
Рис. 20	Параметры запускающего импульса (VMC) на выходе разъема TRIGGER LINK ..... 43
Рис. 21	Пример измерительной системы ..... 43
Рис. 22	Соединение для запуска ..... 44
Рис. 23	Функциональная модель для примера организации запуска ..... 44
Рис. 24	Применение кабеля запуска с соединителями DIN - BNC ..... 45
Рис. 25	Содержание буфера памяти ..... 46
Рис. 26	Применение контроля пределов для сортировки резисторов 100 $\Omega$ , 10% ..... 48
Рис. 27	Запуск с передней панели с ручным переключением каналов ..... 50
Рис. 28	Запуск с передней панели со сканированием ..... 51
Рис. 29	Пример внутреннего сканирования с использованием счета показаний ..... 52
Рис. 30	Пример внутреннего сканирования с использованием таймера и задержки ..... 53
Рис. 31	Пример внешнего сканирования с коммутационной системой типа 7001 ..... 54

## Сокращения и условные обозначения

ACV	измерение переменного напряжения
BNC	байонетный соединитель для коаксиальных кабелей
DCV	измерение постоянного напряжения
DUT	испытываемое устройство
EPROM	стираемое программируемое ПЗУ
GPIO	интерфейсная шина общего назначения
IEC	Международная электротехническая комиссия (МЭК)
NPLC	количество периодов сетевого напряжения
PLC	период сетевого напряжения
RAM	запоминающее устройство с произвольной выборкой
RMS	эффективное (среднеквадратическое) значение, с.к.з.
RTD	термометр сопротивления
SCPI	стандартные команды для программируемых приборов
SMD	электронные бескорпусные компоненты для поверхностного монтажа

## УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

Перед тем, как приступить к работе с этими приборами и сопутствующим оборудованием, прочитайте указания мер безопасности. Несмотря на то, что ряд приборов и принадлежностей обычно применяют при работе с безопасным напряжением, бывают ситуации, где могут возникать опасные условия.

Данный прибор предназначен для применения квалифицированным персоналом, способным правильно оценивать источники поражения электротоком и знающим правила техники безопасности, необходимые для предотвращения несчастных случаев. Перед тем, как приступить к работе с прибором, внимательно прочитайте Руководство по эксплуатации.

Категории пользователей:

**Ответственное лицо или группа лиц**, отвечающих за применение и техническое обслуживание оборудования, за обеспечение эксплуатации оборудования в пределах его технических характеристик и допустимых условий эксплуатации, а также за обеспечение надлежащего обучения операторов.

**Операторы** используют приборы по назначению. Они должны быть обучены правилам техники безопасности и правилам надлежащего применения приборов. Операторы должны быть защищены от поражения электротоком и контакта с токонесущими деталями, находящимися под опасным напряжением.

**Обслуживающий персонал** выполняет текущие процедуры, необходимые для поддержания рабочего состояния приборов, например, установку напряжения питания или замену расходных материалов. Процедуры технического ухода описаны в настоящем Руководстве; при этом четко указывается, допускается ли их выполнение оператором. В противном случае они должны выполняться только сервисным персоналом.

**Сервисный персонал** обучен работе на цепях, находящихся под напряжением, а также безопасным приемам монтажа и ремонта приборов. Монтажные работы и сервисные процедуры должны выполняться только соответственно обученным сервисным персоналом.

Соблюдайте особую осторожность в ситуациях, связанных с опасностью поражения электротоком. Опасное для жизни напряжение может присутствовать на кабельных разъемах или крепежных принадлежностях. Согласно определению Американского национального института стандартов (ANSI), опасность поражения электротоком существует при уровнях напряжения, превышающих 30 V эффективного значения (RMS), 42,4 V пикового значения или 60 V постоянного тока. **С точки зрения безопасности в принципе целесообразно подозревать наличие опасного напряжения в любой неизвестной цепи до того, как Вы приступите к измерениям.**

Пользователи этих приборов должны быть во всех случаях защищены от опасного напряжения. Ответственные лица должны принять меры, исключая возможность прикосновения пользователей к любым точкам подключения. В некоторых случаях неизбежна работа пользователей с открытыми соединителями. В этих случаях пользователи должны быть обучены тому, как обезопасить себя от воздействия опасного напряжения. Если в какой-то цепи в процессе ее функционирования может возникать напряжение свыше 1000 вольт, **то оголение токонесущих деталей этой цепи не допускается.**

Согласно классификации стандарта IEC 664 Международной электротехнической комиссии (IEC), измерительные цепи цифровых вольтметров (например, приборов Keithley типа 175A, 199, 2000, 2002 и 2010) относятся к оборудованию категории II. Все остальные сигнальные присоединители прибора относятся к оборудованию категории I; их подключение к электросети не допускается.

Не подключайте коммутационные платы непосредственно к силовым цепям, у которых отсутствует ограничение по импедансу. Они предназначены для применения с источниками с ограниченным импедансом. **Ни в коем случае** не подключайте коммутационные платы непосредственно к электросети переменного тока. При подключении источников к коммутационным платам установите защитные устройства, ограничивающие напряжение и ток утечки на плату.

Перед тем, как приступить к работе с прибором, убедитесь в том, что его сетевой шнур присоединен к заземленной надлежащим образом сетевой розетке. Проверьте соединительные кабели, измерительные провода и перемычки на предмет выявления возможного износа, трещин и поломок.

В интересах собственной безопасности не трогайте прибор, измерительные провода и другие приборы, когда испытываемое устройство находится под напряжением. Перед тем, как присоединять и отсоединять кабели или перемычки, устанавливать или удалять коммутационные платы либо вносить внутренние изменения (например, устанавливать и удалять перемычки), **обязательно** снимите напряжение со всей измерительной системы и разрядите конденсаторы.

Не трогайте никаких предметов, которые могут вызвать замыкание с общей шиной испытываемой схемы или с заземлением источника питания. Руки оператора должны быть сухими, а сам он должен стоять (сидеть) на сухой изолирующей поверхности, способной выдержать без пробоя измеряемое напряжение.

Прибором и его принадлежностями следует пользоваться в соответствии с их техническими характеристиками и инструкциями по эксплуатации. В противном случае может ухудшиться степень безопасности оборудования.

Не допускайте превышения максимально допустимых уровней сигнала, регламентированных для прибора и принадлежностей в их технических характеристиках и инструкциях по эксплуатации, согласно указаниям на приборе, тестовых крепежных панелях или коммутационной плате.

Для замены предохранителей применяйте предохранители такого же типонаминала с тем, чтобы обеспечить постоянно действующую защиту от возгорания.

Соединение с шасси можно использовать только для подключения экранировки измеряемых цепей, **но не для подключения защитного заземления.**

Если Вы пользуетесь тестовым зажимом (креплением), держите его крышку закрытой, когда испытываемое устройство находится под напряжением. Для безопасной работы следует использовать крышку с блокировкой.

При наличии винта заземления  $\perp$  присоедините к нему защитное заземление с помощью провода, тип которого указан в Руководстве по эксплуатации.

Символические обозначения на приборе:



Этот символ указывает, что пользователь должен обратиться к инструкциям, изложенным в Руководстве по эксплуатации.



Этот символ на приборе указывает на то, что он может быть источником или измерителем напряжения 1000 вольт и выше, включая эффект наложения нормального и синфазного напряжения. Соблюдайте стандартные меры предосторожности, чтобы избежать контакта персонала с этими напряжениями.

После слов "**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**" в тексте данного Руководства приводятся указания источников опасности, которые могут привести к травмам персонала вплоть до смертельного исхода. Прежде чем выполнять описываемую процедуру, внимательно прочитайте соответствующую информацию.

После слов "**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ**" в тексте данного Руководства приводятся указания источников опасности, способных вызвать повреждение прибора. Такие повреждения могут привести к аннулированию действия гарантии.

Присоединение приборов и принадлежностей к людям не допускается.

Перед проведением работ по техническому уходу отсоединяйте сетевой шнур и все измерительные кабели.

Для поддержания действия защиты от поражения электротоком и от возгорания, в сетевых цепях, включая силовой трансформатор, измерительные провода и входные гнезда, должны применяться только запасные части, поставляемые фирмой Keithley Instruments. Допускается применение аттестованных по национальным нормам безопасности стандартных предохранителей такого же типонаминала, что и штатные предохранители. Допускается применение других компонентов от других поставщиков при условии, что они не влияют на состояние безопасности прибора и эквивалентны штатным компонентам фирмы Keithley Instruments. (Специально отбираемые детали, существенные для поддержания точности и работоспособности прибора, должны приобретаться только у фирмы Keithley Instruments). Если Вы не уверены в возможности применения тех или иных запасных частей, обращайтесь к нам за консультацией.

Для очистки прибора от загрязнений пользуйтесь влажной тряпкой или нейтральным моющим средством на водной основе. Очищать следует только внешнюю поверхность прибора. Не наносите моющее средство непосредственно на прибор. Не допускайте попадания жидкости внутрь прибора. Изделия в виде печатных плат без кожуха или шасси (например, плата сбора данных, предназначенная для установки в компьютер) вообще не требуют очистки, если обращаться с ними согласно инструкции. В случае появления загрязнений платы, нарушающих ее функционирование, следует отправить ее на завод для надлежащей очистки и восстановления работоспособности.

# 1 Общие сведения

## Вниманию пользователей:

Данное Руководство по эксплуатации содержит информацию, относящуюся к мультиметрам типа 2000 и 2010.

- Информация, относящаяся **только** к приборам типа 2000, выделена звездочкой (\*).
- Информация, относящаяся **только** к приборам типа 2010, выделена двумя звездочками (\*\*).
- Общая для этих приборов информация оформлена обычным текстом без каких-либо специальных выделений.

## 1.1 Введение

В этой главе приведены общие сведения о мультиметрах типа 2000 и 2010. Эта информация разбита на следующие разделы:

- Основные характеристики приборов
- Гарантийная информация
- Дополнения к Руководству по эксплуатации
- Символы и понятия техники безопасности
- Технические характеристики
- Распаковка
- Опции и принадлежности

Если после ознакомления с этой информацией у Вас появятся вопросы, обращайтесь в представительство фирмы Keithley Instruments, Inc.

## 1.2 Основные характеристики приборов

Эти приборы представляют собой прецизионные 6  $\frac{1}{2}$ -разрядные \* (7  $\frac{1}{2}$ -разрядные \*\*) цифровые мультиметры. Основная погрешность измерения постоянного напряжения на интервале 90 суток составляет 0,002% \* (0,0018% \*\*); основная погрешность измерения сопротивления на интервале 90 суток составляет 0,008% \* (0,0032% \*\*). При 6  $\frac{1}{2}$ -разрядной индикации мультиметр выдает 50 синхронизированных отсчетов в секунду по шине IEEE-488. При 4  $\frac{1}{2}$ -разрядной индикации он может заносить до 2000 отсчетов в секунду во внутренний буфер памяти.

Мультиметры характеризуются широкими измерительными диапазонами:

- постоянное напряжение от 0,1  $\mu$ V до 1000 V \* (от 10 nV до 1000 V \*\*);
- переменное напряжение (среднеквадратическое значение) от 0,1  $\mu$ V до 750 V, пиковое значение до 1000 V;
- постоянный ток от 10 nA до 3 A;
- переменный ток (среднеквадратическое значение) от 1  $\mu$ A до 3 A;
- двух- и четырехпроводные измерения сопротивления от 100  $\mu\Omega$  до 120 M $\Omega$  \* (от 1  $\mu\Omega$  до 120 M $\Omega$  \*\*);
- частота от 3 Hz до 500 kHz;
- температура с термопарой от -200°C до +1372°C;
- температура с термометром сопротивления от -200°C до +630°C \*\*

Дополнительные функциональные возможности мультиметров:

- Полный набор функций:  
В дополнение к перечисленным выше имеются следующие функции: измерение периода, dB, dBm, "прозвонка" цепей, проверка диодов, mX+b, процентное значение.
- Опции сканирования:  
Опции для внутреннего сканирования включают в себя модель 2000-SCAN (10-канальная плата общего назначения) и модель 2001-TSCAN (9-канальная термопарная плата со встроенным холодным стыком). Для внешнего сканирования мультиметры типа 2000 и 2010 совместимы с коммутационными матрицами и платами типа 7001 и 7002 фирмы Keithley.
- Языки программирования и интерфейсы дистанционного управления:  
Мультиметры обеспечивают выбор из трех \* (двух \*\*) языков программирования (SCPI, Keithley типа 196/199 и Fluke 8840A/8842A \*) и два порта интерфейсов дистанционного управления (IEEE-488/GPIB и RS-232C).
- Память для результатов измерений и установок параметров – можно занести в память и вызвать из памяти до 1024 результатов измерений и два набора параметров (заводские и пользовательские установки параметров).
- Калибровка без вскрытия прибора, которая может быть выполнена с передней панели или через интерфейс.

### 1.3 Гарантийная информация

Гарантийная информация представлена в начале данного Руководства. Если возникнет необходимость в гарантийном обслуживании Вашего прибора, обращайтесь в представительство фирмы Keithley Instruments, Inc. или в уполномоченный сервисный центр. При возврате прибора для ремонта заполните и приложите к нему сервисный формуляр, который Вы найдете в конце данного Руководства, чтобы снабдить ремонтников необходимой информацией.

### 1.4 Дополнения к Руководству по эксплуатации

Все изменения и усовершенствования, относящиеся к прибору или Руководству по эксплуатации, отражаются в прилагаемом дополнении. Примите во внимание эти изменения и внесите их в Руководство по эксплуатации.

### 1.5 Символы и понятия техники безопасности

На приборе и в тексте Руководства по эксплуатации используются следующие символические обозначения и указания по безопасности:



Этот символ на приборе указывает, что пользователь должен обратиться к инструкциям, изложенным в Руководстве по эксплуатации.



Этот символ на приборе указывает на то, что на соединителях, гнездах и выводах может действовать высокое напряжение. Соблюдайте стандартные меры предосторожности, чтобы избежать контакта персонала с этими напряжениями.

После слов "**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**" в тексте данного Руководства приводятся указания источников опасности, которые могут привести к травмам персонала вплоть до смертельного исхода. Прежде чем выполнять описываемую процедуру, внимательно прочитайте соответствующую информацию.

После слов "**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ**" в тексте данного Руководства приводятся указания источников опасности, способных вызвать повреждение прибора. Такие повреждения могут привести к аннулированию действия гарантии.

### 1.6 Технические характеристики

Полные технические характеристики приборов типа 2000 и 2010 приведены в Приложении А.

### 1.7 Распаковка

Перед выпуском с завода приборы подвергаются тщательной проверке по электрическим и механическим характеристикам. После распаковки комплекта проверьте все компоненты на предмет выявления возможных транспортных повреждений, а при обнаружении таковых немедленно известите об этом транспортное агентство. На линзе дисплея может быть защитная пленка, которую можно снять. Сохраните фирменную упаковочную тару на случай последующей перевозки прибора.

#### Комплект поставки приборов:

- мультиметр типа 2000 (или 2010) с сетевым шнуром
- безопасные измерительные провода (типа 1751)
- принадлежности в соответствии с заказом
- Сертификат калибровки
- Руководство по эксплуатации
- Руководство по калибровке \* (номер для заказа 2000-905-00)
- Руководство по техническому сервису \*\* (номер для заказа 2010-902-00)
- диск с программным обеспечением, который содержит прикладные программы TestPoint, библиотеку приборных данных TestPoint для GPIB и RS-232, а также примеры программирования на языке QuickBasic.

## 1.8 Опции и принадлежности

Для мультиметров типа 2000 и 2010 нами выпускаются следующие опции и принадлежности.

### Сканерные платы

#### Модель 2000-SCAN:

Десятиканальная сканерная плата, которую устанавливают в специальное установочное гнездо (слот) мультиметра. Здесь можно выбрать конфигурацию каналов для двухполюсного или четырехполюсного режима работы. Прилагаются две пары проводов для подключения к входам на задней панели мультиметра (номер для заказа CA-109).

#### Модель 2001-TCSCAN:

Термопарная сканерная плата, которую устанавливают в специальное установочное гнездо мультиметра. Эта плата имеет девять аналоговых входных каналов, которые можно использовать для скоростного сканирования с высокой точностью. Встроенный температурный репер обеспечивает многоканальное измерение температуры с помощью термопар при компенсации температуры холодного стыка.

### Измерительные пробники общего назначения

#### Универсальный комплект измерительных проводов типа 1754:

Содержит набор измерительных проводов длиной 0,9 м, два плоских наконечника, две двухполюсных вилки, два крючка и два зажима типа "крокодил".

#### Высококачественные модульные измерительные провода типа 8605:

Два высоковольтных (1000 V) пробника и провода. На концах проводов смонтированы однополюсные вилки со съёмным футляром.

#### Высококачественный комплект наконечников типа 8606:

Содержит два плоских наконечника, два зажима типа "крокодил" и два пробника с упругими крючками. (Плоские наконечники рассчитаны на напряжение 30 V (среднеквадратическое значение) или 42,4 V (пиковое значение); измерительные пробники рассчитаны на напряжение 1000 V). Эти компоненты предназначены для применения с высококачественными измерительными проводами с однополюсными вилками на концах, например, типа 8605.

Следующие измерительные провода и пробники рассчитаны на напряжение 30 V (среднеквадратическое значение) или 42,4 V (пиковое значение):

#### Пробники Кельвина типа 5805 и 5805-12:

Два подпружиненных пробника Кельвина с однополюсными вилками на концах. Предназначены для приборов, измеряющих сопротивление в четырехпроводной схеме. Пробники типа 5805 имеют провода длиной 0,9 м; пробники типа 5805-12 имеют провода длиной 3,6 м.

#### Комплект измерительных проводов типа 5806 с зажимами Кельвина:

Два измерительных провода длиной 0,9 м с зажимами Кельвина и однополюсными вилками на концах. Предназначены для приборов, измеряющих сопротивление в четырехпроводной схеме. Выпускается также набор из восьми запасных резиновых лент (номер для заказа GA-22).

#### Комплект пробников SMD типа 8604:

Содержит два измерительных провода длиной 0,9 м со специальными зажимами ("grabber") для электронных компонентов, предназначенных для поверхностного монтажа, на одном конце и однополюсными вилками со съёмным футляром на другом конце.

### Термокомпенсированные пробники

#### Тепловая перемычка типа 8610:

Содержит четыре однополюсных вилки, которые смонтированы на однодюймовой квадратной печатной плате и закорочены между собой.

#### Термокомпенсированные измерительные провода типа 8611:

Два измерительных провода длиной 0,9 м с однополюсными вилками со съёмным футляром на каждом конце. Эти провода сводят к минимуму термоэлектрический эффект, которые может возникать у измерительных проводов.

#### Термокомпенсированные провода типа 8612 с плоскими наконечниками:

Два измерительных провода длиной 0,9 м, каждый из которых имеет плоский наконечник на одном конце и однополюсную вилку со съёмным футляром на другом конце. Эти провода сводят к минимуму термоэлектрический эффект, которые может возникать у измерительных проводов.

## **Кабели и адаптеры**

### **Экранированные кабели GPIB типа 7007-1 и 7007-2:**

Экранированные кабели с соединителями позволяют снизить электромагнитные помехи и предназначены для подключения мультиметра к шине GPIB. Кабели типа 7007-1 имеют длину один метр; кабели типа 7007-2 имеют длину два метра.

### **Кабели запуска Trigger Link типа 8501-1 и 8501-2:**

Предназначены для соединения мультиметра с другими приборами, оборудованными соединителями Trigger Link (например, коммутационная система типа 7001). Кабели типа 8501-1 имеют длину один метр; кабели типа 8501-2 имеют длину два метра.

### **Адаптер Trigger Link типа 8502:**

Позволяет подключить любой из шести каналов запуска (Trigger Link) мультиметра к приборам, которые используют стандартные соединители запускающих сигналов типа BNC.

### **Кабель запуска DIN - BNC типа 8504:**

Позволяет соединить разъем DIN мультиметра с маркировкой TRIGGER LINK (сигналы завершения измерения и внешнего запуска) с приборами, оборудованными стандартными соединителями запускающих сигналов типа BNC. Этот кабель имеет длину 1 метр.

## **Комплекты для монтажа в стойку**

### **Комплект типа 4288-1 для одиночного монтажа в стойку:**

Предназначен для монтажа одиночного мультиметра в стандартную 19-дюймовую стойку.

### **Комплект типа 4288-2 для спаренного монтажа в стойку:**

Предназначен для монтажа двух приборов (типа 182, 428, 486, 487, 2000, 2002, 20010, 6517, 7001) бок-о-бок в стандартную 19-дюймовую стойку.

### **Комплект типа 4288-3 для спаренного монтажа в стойку:**

Предназначен для монтажа бок-о-бок мультиметра типа 2000 (или 2010) и прибора типа 199 в стандартную 19-дюймовую стойку.

### **Комплект типа 4288-4 для спаренного монтажа в стойку:**

Предназначен для монтажа бок-о-бок в стандартную 19-дюймовую стойку мультиметра типа 2000 (или 2010) и 5,25-дюймового прибора (типа 195A, 196, 220, 224, 230, 263, 595, 614, 617, 705, 740, 775 и т.д.).

## **Кейс для переноски мультиметра**

### **Окантованный кейс для переноски типа 1050:**

Кейс для переноски мультиметра типа 2000 или 2010 с ручками и наплечным ремнем.

## 2 Основные измерительные операции

---

### 2.1 Введение

В данной главе приведено описание основных операций, выполняемых с передней панели мультиметра. Эта глава разбита на следующие разделы:

- **Описание передней панели** – внешний вид передней панели, назначение клавиш и соединителей, дисплей.
- **Описание задней панели** – внешний вид задней панели и назначение соединителей.
- **Включение прибора** – подключение прибора к сети, последовательность операций при включении, длительность прогрева, установки параметров "по умолчанию".
- **Дисплей** – формат отображения данных и сообщения, которые могут появляться на дисплее при работе с прибором.
- **Измерение напряжения** – подключение прибора при измерении постоянного и переменного напряжения, особенности низковольтных измерений.
- **Измерение отношения \*\*** – подключение прибора типа 2010 при измерении отношения постоянных напряжений и измерении напряжения на гнездах SENSE.
- **Измерение тока** – подключение прибора при измерении постоянного и переменного тока, замена токового предохранителя.
- **Измерение сопротивления** – подключение прибора для двух- и четырехпроводного измерения сопротивления, рекомендации по экранированию, измерение сопротивления в милливольтном режиме \*\* и с компенсацией смещения \*\*.
- **Измерение частоты и периода** – подключение прибора при измерении частоты и периода.
- **Измерение температуры** – описано измерение температуры с помощью термопар (и четырехпроводных термометров сопротивления \*\*).
- **Математическая функция** – вычисление  $mX+b$ , процентного значения и относительного уровня (dB и dBm).
- **Прозвонка цепей** – описана установка параметров прибора и процедура прозвонки цепей.
- **Проверка диодов** – описана проверка диодов и стабилитронов.

## 2.2 Описание передней панели

Передняя панель мультиметров типа 2000 и 2010 изображена соответственно на рис. 1 и 2. Перед тем, как приступить к работе с прибором, следует ознакомиться с описанием передней панели.

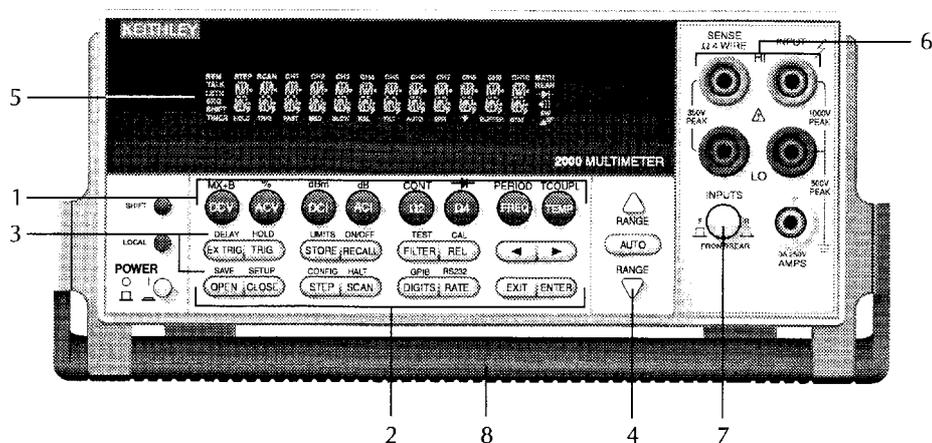


Рис. 1 Передняя панель мультиметра типа 2000

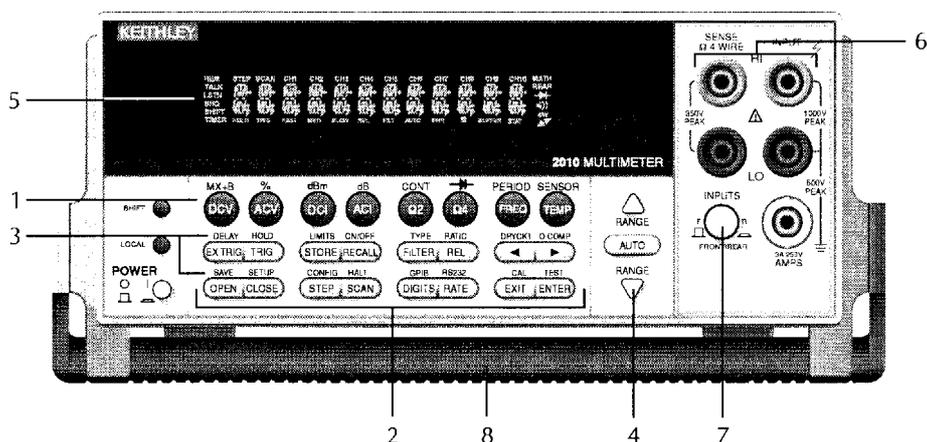


Рис. 2 Передняя панель мультиметра типа 2010

### 1 Функциональные клавиши (с основной и дополнительной функцией)

Выбор измерительной функции: постоянное и переменное напряжение, постоянный и переменный ток, измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме, частота, период, температура с термопарами (и с четырехпроводными термометрами сопротивления \*\*), математическая функция ( $mX+b$ , %, dV<sub>m</sub>, dB) или специальная функция ("прозвонка" цепей, проверка диодов).

### 2 Рабочие клавиши

EXTRIG	Выбор источника внешнего запуска (передняя панель, шина, канал запуска Trigger Link).
TRIG	Запуск измерения с передней панели.
STORE	Занесение результатов измерений в память.
RECALL	Вызов на дисплей занесенных в память результатов измерений (отсчетов) и статистики буфера памяти (максимальное и минимальное значения, среднее значение, стандартное отклонение). Для прокрутки содержания буфера используются клавиши ▲ и ▼, а для переключения с номера отсчета на отсчет и обратно – клавиши ◀ и ▶.
FILTER	Отображение состояния цифрового фильтра для текущей функции, а также включение и выключение фильтра.
REL	Включение и выключение относительного отсчета для текущей функции.
◀ и ▶	Перемещение между вариантами выбора функций и операций. Ручное переключение каналов при наличии в приборе сканерной платы.

**2 Рабочие клавиши (продолжение)**

OPEN	Размыкание всех каналов на внутренней сканерной плате, остановка сканирования.
CLOSE	Замыкание выбранного внутреннего канала.
STEP	Ручное переключение каналов, передача сигнала запуска после каждого канала.
SCAN	Сканирование каналов, передача сигнала запуска после последнего канала.
DIGITS	Выбор разрешающей способности (количества разрядов индикации).
RATE	Изменение скорости обновления показаний: высокая (FAST), средняя (MED), низкая (SLOW).
EXIT	Отмена выбора, возврат к измерительному дисплею.
ENTER	Подтверждение выбора, переход к следующим вариантам выбора или возврат к измерительному дисплею.
SHIFT	Включение дополнительной функции клавиш.
LOCAL	Отмена режима дистанционного управления по шине GPIB.

**3\* Рабочие клавиши в режиме дополнительной функции (через SHIFT) – мультиметр типа 2000**

DELAY	Установка задержки между сигналом запуска и измерением.
HOLD	Фиксация отсчета при условии нахождения выбранного числа отсчетов в пределах выбранного допуска.
LIMITS	Установка значений верхнего и нижнего предела для показаний.
ON/OFF	Включение и выключение предельных значений; выбор функции звукового сигнала для контроля пределов.
TEST	Выбор встроенных тестов, диагностика, тестирование дисплея.
CAL	Обращение к калибровке.
SAVE	Занесение в память текущей пользовательской конфигурации для ее воспроизведения после включения прибора.
SETUP	Восстановление заводской или пользовательской конфигурации "по умолчанию".
CONFIG	Выбор мин./макс. каналов, таймера и числа отсчетов для сканирования и переключения каналов.
HALT	Выключение функций сканирования и ручного переключения каналов.
GPIB	Включение и выключение интерфейса GPIB, выбор адреса и языка.
RS232	Включение и выключение интерфейса RS-232, выбор скорости передачи данных, управления потоком данных, указателя конца (терминатора).

**3\*\* Рабочие клавиши в режиме дополнительной функции (через SHIFT) – мультиметр типа 2010**

mX+B	Управление нормальными показаниями дисплея (X) с помощью уравнения $Y=mX+b$ .
dBm	Преобразование значения в децибелы относительно опорного уровня 1 mW.
dB	Приведение широкодиапазонных результатов измерения постоянного или переменного напряжения к логарифмическому масштабу.
CONT	"Прозвонка" цепи на пределе измерения 1 кΩ.
→ ←	Измерение прямого падения напряжения на диодах и напряжения зенеровского пробоя у стабилизаторов, а также предела измерительного тока с передней панели.
SENSOR	Выбор датчика температуры (термопара или четырехпроводной термометр сопротивления).
PERCENT	Выбор режима вычисления процентного значения и задание опорного значения.
PERIOD	Измерение периода от 2 μs до 333 ms на пределах измерения напряжения 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V и 750 V.
LOCAL	Переход в режим дистанционного управления.
DELAY	Установка задержки между сигналом запуска и измерением.
HOLD	Фиксация отсчета при условии нахождения выбранного числа отсчетов в пределах выбранного допуска.
LIMITS	Установка значений верхнего и нижнего предела для показаний.
ON/OFF	Включение и выключение предельных значений; выбор функции звукового сигнала для контроля пределов.
TYPE	Выбор подлежащего усреднению числа отсчетов и типа фильтра – текущее усреднение (moving average) или повторное (repeating) усреднение.
RATIO	Ввод в действие функции измерения отношения напряжения на измерительных входах (числитель) к напряжению на входах SENSE (знаменатель) – только для напряжения постоянного тока.
DRY CKT	Включение и выключение функции измерения сопротивления в милливольтном режиме.
O COMP	Включение и выключение компенсации смещения.
SAVE	Занесение в память текущей пользовательской конфигурации для ее воспроизведения после включения прибора.

**3\*\* Рабочие клавиши в режиме дополнительной функции** – мультиметр типа 2010 (продолжение)

SETUP	Восстановление заводской или пользовательской конфигурации "по умолчанию".
CONFIG	Выбор мин./макс. каналов, таймера и числа отсчетов для сканирования и переключения каналов.
HALT	Выключение функций сканирования и ручного переключения каналов.
GPIB	Включение и выключение интерфейса GPIB, выбор адреса и языка.
RS232	Включение и выключение интерфейса RS-232, выбор скорости передачи данных, управления потоком данных, указателя конца (терминатора).
TEST	Выбор тестирования дисплея или клавиатуры.
CAL	Обращение к калибровке.

**4 Клавиши переключения пределов измерений**

▲	Переключение на старшие пределы измерения, увеличение числа, переход к следующему варианту выбора.
▼	Переключение на младшие пределы измерения, уменьшение числа, переход к предыдущему варианту выбора.
AUTO	Включение и выключение автоматического выбора предела измерения.

**5 Вспомогательные индикаторы**

* (звездочка)	Показание заносится в память.
→ ← (диод)	Индикатор режима проверки диодов.
))) (звуковой сигнал)	Включена звуковая сигнализация для "прозвонки" цепей или контроля пределов.
↔ (дополнительно)	Индцирует наличие дополнительных вариантов выбора.
4W	Индцируется результат измерения сопротивления в четырехпроводной (4-wire) схеме.
AUTO	Задействован автоматический выбор предела измерения.
BUFFER	Вызов занесенных в буфер памяти отсчетов.
CH 1-10	Индцируемый внутренний канал замкнут.
ERR	Сомнительное показание; недействительный этап калибровки.
FAST	Высокая скорость обновления показаний.
FILT	Задействован цифровой фильтр.
HOLD	Прибор находится в режиме фиксации показаний.
LSTN	Прибор адресован на ожидание через шину GPIB.
MATH	Задействована математическая функция (mX+b, %, dB, dBm).
MED	Средняя скорость обновления показаний.
REAR	Снимается показание с входов на задней панели
REL	Индцируется относительное показание.
REM	Прибор находится в режиме дистанционного управления через шину GPIB.
SCAN	Прибор находится в режиме сканирования.
SHIFT	Обращение к клавишам с дополнительной функцией.
SLOW	Низкая скорость обновления показаний.
SRQ	Сервисный запрос через шину GPIB.
STAT	Отображение статистики буфера памяти.
STEP	Прибор находится в режиме ручного переключения каналов.
TALK	Прибор адресован на взаимодействие через шину GPIB.
TIMER	Задействовано хронированное сканирование
TRIG	Индикатор внешнего запуска (передняя панель, шина, канал запуска Trigger Link).

**6 Входные гнезда**

INPUT HI и LO	Входы для измерения постоянного и переменного напряжения, а также сопротивления в двухпроводной схеме.
AMPS	В сочетании с низкопотенциальным входом (INPUT LO) используется для измерения постоянного и переменного тока. Содержит входной токовый предохранитель (3 A, 250 V, быстродействующий (fast blow), 5 x 20 мм).
SENSE Ω4 WIRE HI и LO	В сочетании с входными гнездами HI и LO используется для измерения сопротивления в четырехпроводной схеме.

**7 INPUTS** Переключатель входов на передней или задней панели.

**8 Ручка** Вытянуть и повернуть в нужное положение.

## 2.3 Описание задней панели

Задняя панель мультиметров типа 2000 и 2010 изображена соответственно на рис. 3 и 4. Перед тем, как приступить к работе с прибором, следует ознакомиться с описанием задней панели.

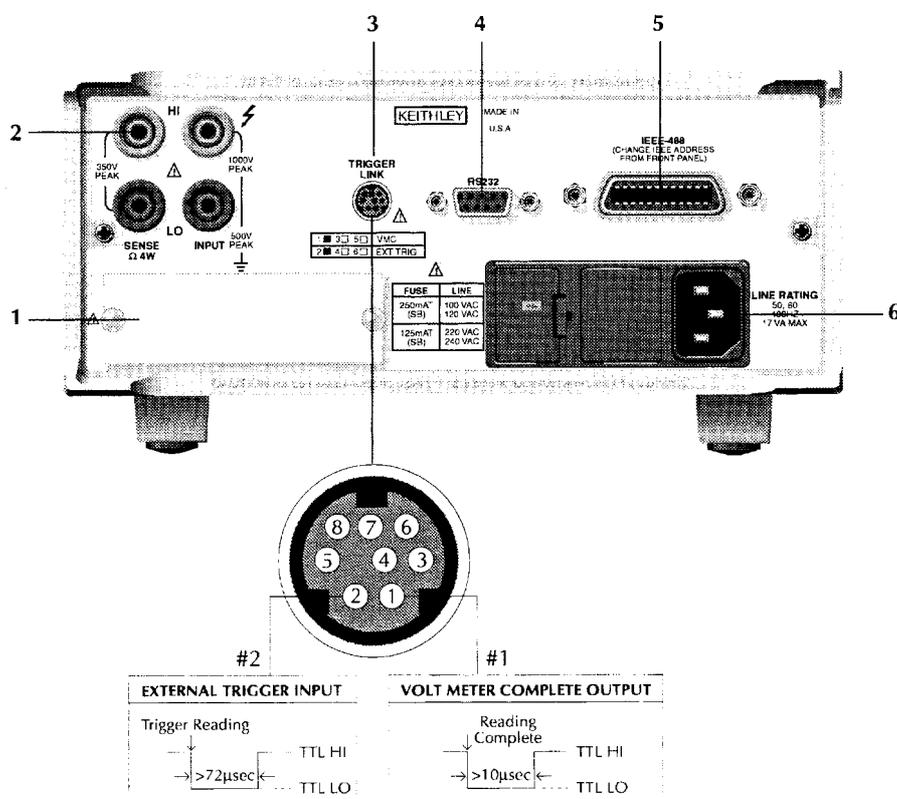


Рис. 3 Задняя панель мультиметра типа 2000

#1 – выход сигнала завершения измерения; завершение отсчета  
#2 – вход внешнего запуска; запуск отсчета

### 1 Установочное гнездо для опций

В это гнездо устанавливают дополнительную сканерную плату (типа 2000-SCAN или 2001-TCSCAN).

### 2 Входные гнезда INPUT HI и LO

Используются для измерения постоянного и переменного напряжения, измерения сопротивления в двухпроводной схеме и для подключения сканерной платы.

### SENSE Ω 4 WIRE HI и LO

В сочетании с входными гнездами HI и LO используется для измерения сопротивления в четырехпроводной схеме и для подключения сканерной платы.

### 3 TRIGGER LINK

Восьмиконтактный разъем типа micro-DIN для передачи и приема импульсов запуска в сочетании с другими приборами. Для подключения к этому разъему используется кабель или адаптер запуска Trigger Link, например, типа 8501-1, 8501-2, 8502, 8503 \*\*, 8504 \*.

### 4 RS-232

Соединитель для работы с интерфейсом RS-232. Используется сквозной (не нуль-модемный) кабель DB-9.

### 5 IEEE-488

Соединитель для работы с интерфейсом IEEE-488 (GPIB). Используется экранированный кабель, например, типа 7007-1 и 7007-2.

### 6 Блок питания

Содержит разъем для подключения сетевого шнура, сетевой предохранитель и переключатель сетевого напряжения. Можно установить мультиметр на сетевое напряжение 100 V, 120 V, 220 V, 240 V и частоту сети 45 Hz ? 66 Hz или 360 Hz ? 440 Hz.

### 7, 8 \*\* Цифровой общий вывод

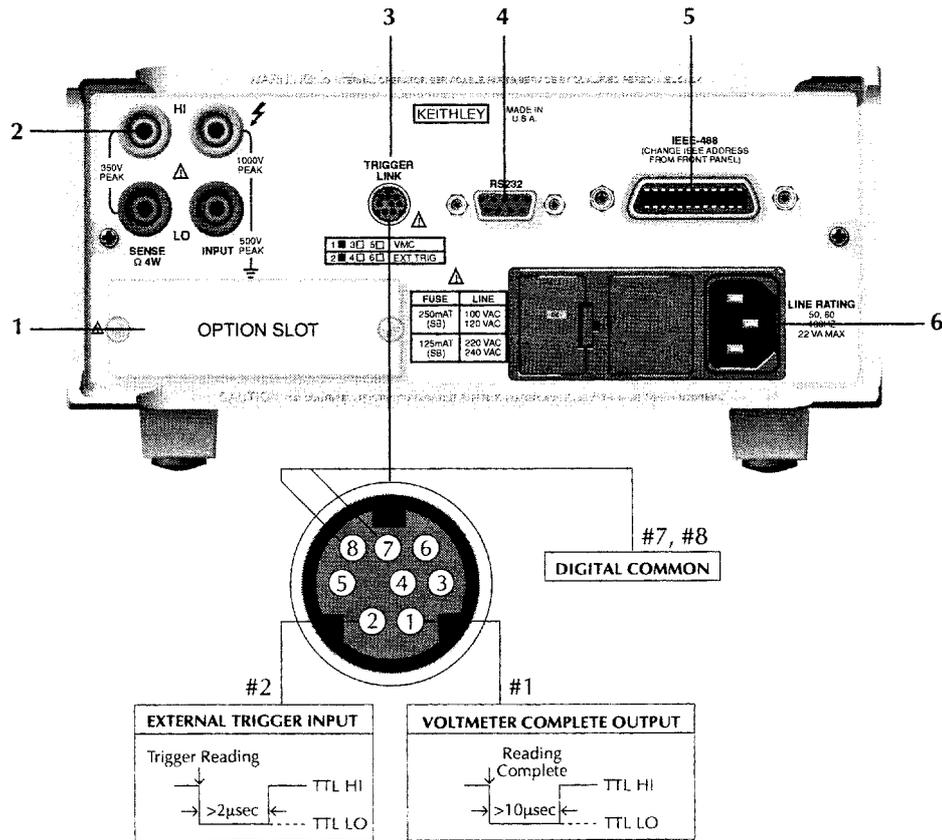


Рис. 4 Задняя панель мультиметра типа 2010

- #1 – выход сигнала завершения измерения; завершение отсчета
- #2 – вход внешнего запуска; запуск отсчета
- #7, #8 – цифровой общий вывод

См. описание на предыдущей странице.

## 2.4 Включение прибора

### Подключение к сети

Чтобы подключить мультиметр к сети и включить питание прибора, действуйте следующим образом:

1. Убедитесь в том, что переключатель сетевого напряжения на задней панели (см. рис. 5) установлен в соответствии с напряжением в Вашей электросети. В противном случае установите его, как описано на следующей странице.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Подача на прибор неправильного сетевого напряжения может привести к его повреждению и аннулированию гарантии.

2. Прежде чем подключать сетевой шнур, проследите за тем, чтобы сетевой выключатель на передней панели находился в положении "выключено" (O).
3. Подключите сетевой шнур к сетевому разъему на задней панели мультиметра. Вставьте вилку на другом конце сетевого шнура в заземленную сетевую розетку.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:** Прилагаемый к мультиметру сетевой шнур содержит отдельный провод защитного заземления для подключения к заземленной розетке. При правильном подключении корпус прибора соединяется с заземлением электросети через этот провод в сетевом шнуре. Применение незаземленной розетки может привести к поражению людей электротоком вплоть до смертельного исхода.

4. Чтобы включить прибор, нажмите кнопку сетевого выключателя на передней панели, чтобы она установилась в утопленное положение "включено" (I).

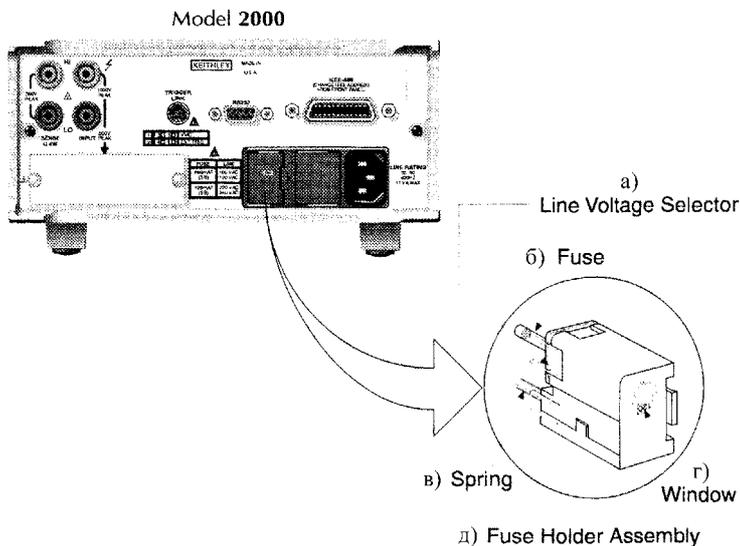


Рис. 5 Блок питания

- |                                      |                                  |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| а) переключатель сетевого напряжения | г) окошко                        |
| б) предохранитель                    | д) узел держателя предохранителя |
| в) пружина                           |                                  |

### Установка сетевого напряжения и замена предохранителя

Предохранитель на задней панели, расположенный рядом с сетевым разъемом, защищает прибор по цепи питания. В случае необходимости замены предохранителя или изменения установки сетевого напряжения действуйте, как описано ниже.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:** Перед тем, как приступать к замене предохранителя или к изменению установки сетевого напряжения, обязательно отсоедините прибор от сети и другого оборудования.

1. Вставьте плоский конец отвертки в блок питания у узла держателя предохранителя (см. рис. 5). Осторожно нажмите вперед и влево, затем отпустите отвертку. Внутренняя пружина вытолкнет узел держателя предохранителя из блока питания.
2. Выньте предохранитель и замените его новым в соответствии с данными таблицы 1.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Для обеспечения постоянно действующей защиты прибора от повреждения и возгорания применяйте только предохранители указанного типа. Если в приборе повторно перегорают предохранители, то следует выявить и устранить причину неполадки. По поводу устранения неполадок обращайтесь к отдельному Руководству по ремонту мультиметров типа 2000 или к Руководству по техническому сервису для приборов типа 2010.

3. Чтобы установить прибор на другое сетевое напряжение, выньте переключатель напряжения и поверните его в нужное положение. Когда Вы установите переключатель напряжения в узел держателя предохранителя, в окошке появится значение сетевого напряжения.
4. Вставьте узел держателя предохранителя в блок питания и нажмите на него, чтобы он зафиксировался на своем месте.

Таблица 1 Данные предохранителей

Сетевое напряжение	Данные предохранителей	Номер для заказа
100/120 V 220/240 V	0,25 А, инерционный, 5 x 20 мм 0,125 А, инерционный, 5 x 20 мм	FU-96-4 FU-91

### Самопроверка прибора после включения

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 вспомогательный индикатор ERR. Сообщения об ошибках перечислены в Приложении В.

**Примечание:** Если неполадки возникают в течение гарантийного периода, верните прибор изготовителю для 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. По завершении процедуры самопроверки прибор переходит в режим нормальной индикации показаний.

### Меры предосторожности при работе с высоковольтными цепями

Для обеспечения безопасности при измерении напряжения в высоковольтных распределительных цепях примите во внимание следующие предупредительные указания.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:** Дуговые разряды взрывного характера в высоковольтной цепи могут привести к серьезным травмам и смертельному исходу. Если к высоковольтной цепи подключить мультиметр, установленный в режим измерения тока, низкоомного сопротивления или в другой режим с низкоомным входом, это приведет к виртуальному закорачиванию цепи. Опасный дуговой разряд может возникать также тогда, когда вольтметр установлен в режим измерения напряжения, но допустимый зазор уменьшается за счет внешних соединителей.

При проведении измерений в высоковольтных цепях пользуйтесь измерительными проводами, которые удовлетворяют следующим требованиям:

- Измерительные провода должны быть полностью заизолированы.
- Пользуйтесь только такими измерительными проводами, которые можно присоединить к измеряемой цепи, не удерживая их после этого руками (с зажимами типа "крокодил", плоскими наконечниками и т.д.).
- Не пользуйтесь измерительными проводами, которые уменьшают зазор для напряжения, что увеличивает вероятность возникновения дугового разряда и создает опасную ситуацию.

При проведении измерений в высоковольтных цепях действуйте в следующей последовательности:

1. Обесточьте цепь с помощью стационарного размыкателя, например, главного выключателя или защитного автомата.
2. Присоедините измерительные концы к измеряемой цепи. Пользуйтесь специально предназначенными для данного применения безопасными измерительными проводами.
3. Установите мультиметр на соответствующую функцию и соответствующий предел измерения.
4. Подайте напряжение на измеряемую цепь с помощью стационарного выключателя и выполните измерения, не отсоединяя мультиметр.
5. Обесточьте цепь с помощью стационарного размыкателя.
6. Отсоедините измерительные концы от цепи.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:** Максимально допустимое пиковое значение синфазного напряжения между низкопотенциальным входом INPUT LO и корпусом прибора составляет 500 V. Превышение этого значения может привести к пробое изоляции и к возникновению опасности поражения электротоком.

## Установки параметров "по умолчанию" после включения прибора

У мультиметров типа 2000 и 2010 возможны два варианта автоматической установки параметров после включения прибора: заводской набор параметров и пользовательский набор параметров. После включения прибора устанавливается конфигурация, которая была занесена в память в предыдущем сеансе работы с прибором.

Чтобы занести в память текущую конфигурацию в качестве пользовательского набора параметров, действуйте следующим образом:

1. Установите нужную конфигурацию прибора для использования ее в качестве пользовательского (USER) набора параметров.
2. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу SAVE.
3. С помощью клавиш ▲ и ▼ выберите YES или NO.
4. Нажмите клавишу ENTER.

Чтобы восстановить заводской или пользовательский набор параметров, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу SAVE.
2. С помощью клавиш ▲ и ▼ выберите FACTory (заводской набор параметров) или USER (пользовательский набор параметров).
3. Нажмите клавишу ENTER.

Поскольку описание основных измерительных процедур в данном Руководстве предполагает заводскую установку параметров прибора, то при поэтапном выполнении операций в соответствии с описанием следует восстановить заводской набор параметров. Заводские установки параметров приведены в таблице 2.

Таблица 2 Заводские установки параметров

Параметр		Заводская установка
Autozero	автоматическая коррекция нуля	ВКЛ. (ON)
Buffer	буфер памяти	не имеет значения
Continuity	"прозвонка" цепей	ВКЛ. (ON)
Beeper	звуковая сигнализация	4 1/2
Digits	количество разрядов индикации	высокая – FAST (0,1 PLC)
Rate	скорость обновления показаний	10 Ω
Threshold	порог	
Current (AC and DC)	ток (переменный и постоянный)	
Digits (AC)	кол-во разрядов индикации переменного тока	5 1/2
Digits (DC)	кол-во разрядов индикации постоянного тока	6 1/2 * (7 1/2 **)
Filter	фильтр	ВКЛ. (ON)
Count	количество усредняемых отсчетов	10
Mode	режим усреднения	текущее усреднение (moving)
Range	предел измерений	автоматический выбор (AUTO)
Relative	вычитание константы	ВЫКЛ. (OFF)
Value	значение	0,0
Rate (AC)	скорость обновления показаний (переменный ток)	средняя (MED) <sup>1)</sup>
Rate (DC)	скорость обновления показаний (постоянный ток)	средняя – MED (1 PLC)
Diode test	проверка диодов	
Digits	количество разрядов индикации	6 1/2
Range	предел измерений	1 mA
Rate	скорость обновления показаний	средняя – MED (1 PLC)
Frequency and Period	частота и период	
Digits	количество разрядов индикации	6 1/2
Range	предел измерений	10 V
Relative	вычитание константы	ВЫКЛ. (OFF)
Value	значение	0,0
Rate	скорость обновления показаний	низкая – SLOW (1 секунда)
Function	функция	DCV (постоянное напряжение)
GPIB	интерфейсная шина общего назначения	
Address	адрес	не имеет значения
Language	язык	(16 на заводе) (SCPI на заводе)
Key click **	щелчок при нажатии клавиши **	ВКЛ. **

<sup>1)</sup> DETector: BANDwidth 30

Таблица 2 Заводские установки параметров (продолжение)

Параметр		Заводская установка
Limits	предельные значения	ВЫКЛ. (OFF)
Beeper	звуковая сигнализация	нет
High limit* (High limit 1**)	верхнее предельное значение * (1**)	+1* (+1**)
Low limit* (Low limit 1**)	нижнее предельное значение * (1**)	-1* (-1**)
High limit 2**	верхнее предельное значение 2**	+2**
Low limit 2**	нижнее предельное значение 2**	-1**
mX+b	математическая функция	ВЫКЛ. (OFF)
Scale factor	масштабный коэффициент	1,0
Offset	смещение	0,0
Percent	процентное значение	ВЫКЛ. (OFF)
Reference	опорное значение	1,0
Resistance (2-wire and 4-wire)	сопротивление (двух- и четырехпроводная схема)	
Digits	количество разрядов индикации	6 1/2 * (7 1/2 **)
Filter	фильтр	ВКЛ. (ON)
Count	количество усредняемых отсчетов	10
Mode	режим усреднения	текущее усреднение (moving)
Range	предел измерений	автоматический выбор (AUTO)
Relative	вычитание константы	ВЫКЛ. (OFF)
Value	значение	0,0
Rate	скорость обновления показаний	средняя – MED (1 PLC)
Dry circuit **	измерение сопротивления в милливольтовом режиме	ВЫКЛ. (OFF)**
Offset compensation **	компенсация смещения **	ВЫКЛ. (OFF)**
RS-232	интерфейс RS-232	ВЫКЛ. (OFF)
Baud	скорость передачи данных	не имеет значения
Flow	управление потоком данных	не имеет значения
Tx term	указатель конца передачи (терминатор)	не имеет значения
Scanning	сканирование	ВЫКЛ. (OFF)
Channels	каналы	1-10
Mode	режим	внутренний
Temperature	температура	
Digits	количество разрядов индикации	5 1/2
Filter	фильтр	ВКЛ. (ON)
Count	количество усредняемых отсчетов	10
Mode	режим усреднения	текущее усреднение (moving)
Junction	стык термопары	имитированный
Temperature	температура	23°C
Relative	вычитание константы	ВЫКЛ. (OFF)
Value	значение	0,0
Rate	скорость обновления показаний	средняя – MED (1 PLC)
Sensor **	датчик **	термопара **
Thermocouple	термопара	J
Four-wire RTD **	четырёхпроводной термометр сопротивления **	PT100 **
Units	единица измерения	°C
Triggers	запуск	
Continuous	непрерывный	ВКЛ. (ON)
Delay	задержка	автоматическая (AUTO)
Source	источник	непосредственный
Voltage (AC and DC)	напряжение (переменное и постоянное)	
dB reference	опорный уровень для измерения в децибелах	не имеет значения
dBm reference	стандартный импеданс для измерения в dBm	75 Ω
Digits (AC)	кол-во разрядов индикации для переменного тока	5 1/2
Digits (DC)	кол-во разрядов индикации для постоянного тока	6 1/2 * (7 1/2 **)
Filter	фильтр	ВКЛ. (ON)
Count	количество усредняемых отсчетов	10
Mode	режим усреднения	текущее усреднение (moving)
Range	предел измерений	автоматический выбор (AUTO)
Relative	вычитание константы	ВЫКЛ. (OFF)
Value	значение	0,0
Rate (AC)	скорость обновления показаний (переменный ток)	средняя – MED <sup>1)</sup>
Rate (DC)	скорость обновления показаний (постоянный ток)	средняя – MED (1 PLC)
Ratio (DC) **	измерения отношения (постоянный ток) **	ВЫКЛ. (OFF)**
Sensein **	вход SENSE **	ВЫКЛ. (OFF)**

1) DETector: BANDwidth 30

## Первичный адрес шины GPIB

Первичный адрес GPIB прибора должен быть таким же, как тот первичный адрес, который Вы зададите на языке программирования контроллера. Первичный адрес прибора "по умолчанию" равен 16, однако Вы можете установить любой адрес в интервале значений от 0 до 30. Действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу GPIB.
2. С помощью клавиш ▲ и ▼ выберите пункт ADDRess или нажмите клавишу ENTER. Как только Вы нажмете клавишу ENTER, на дисплее автоматически появится выбор адреса.
3. Для переключения с пункта ADDRess на цифровой ввод и обратно пользуйтесь клавишами ◀ и ▶. Обратите внимание на мигающую индикацию значений.
4. С помощью клавиш ▲ и ▼ измените численное значение, чтобы получить нужный адрес.
5. Нажмите клавишу ENTER.

## Длительность прогрева прибора

Мультиметр готов к работе сразу же по завершении процедуры самопроверки после включения. Однако для достижения паспортной точности измерений дайте прибору прогреться в течение одного часа \* (двух часов \*\*). Если прибор испытал воздействие резкого перепада температуры, то длительность прогрева следует увеличить для достижения теплового равновесия в приборе.

## 2.5 Дисплей

Дисплей мультиметра в первую очередь служит для индикации результатов измерений, а также единиц измерений и типа измерений. Справа, слева, выше и ниже от индикатора показаний и сообщений об ошибках расположены вспомогательные индикаторы, которые служат для индикации различных рабочих состояний. Полный список вспомогательных индикаторов приведен в разделе 2.2.

## Статусные сообщения и сообщения об ошибках

Эти сообщения выводятся на дисплей моментально. При работе с мультиметром и при программировании Вы встретите целый ряд сообщений на дисплее. Типичные сообщения об ошибках и статусные сообщения перечислены в Приложении В.

## 2.6 Измерение напряжения

Эти мультиметры позволяют измерять постоянное напряжение в диапазоне от 0,1  $\mu\text{V}$  \* (10 nV \*\*) до 1000 V и переменное напряжение (среднеквадратическое значение) от 0,1  $\mu\text{V}$  до 750 V, пиковое значение до 1000 V.

## Подключение прибора

Здесь предполагается наличие заводской установки параметров. Основная процедура измерения состоит в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход). Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Чтобы выбрать измерительную функцию, нажмите клавишу DCV (постоянное напряжение) или ACV (переменное напряжение).
3. Каждое нажатие клавиши AUTO включает или выключает автоматический выбор предела измерений. Обратите внимание на вспомогательный индикатор AUTO, который светится в режиме автоматического выбора предела измерений. Если Вы хотите переключать пределы вручную, то с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому напряжению.
4. Подключите измерительные провода к источнику напряжения, как показано на рис. 6 или 7.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Не подавайте на вход мультиметра напряжение с пиковым значением свыше 1000 V, поскольку это может привести к повреждению прибора. Произведение напряжения на частоту не должно превышать  $8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$ .

5. Посмотрите на дисплей. Если там отображается сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка"), переключайтесь на старший предел измерений, пока не появится нормальная индикация (или нажмите клавишу AUTO для перехода в режим автоматического выбора предела измерений). Для достижения максимальной разрешающей способности индикации пользуйтесь настолько возможно более низким пределом измерения.
6. Считывайте показания с дисплея.

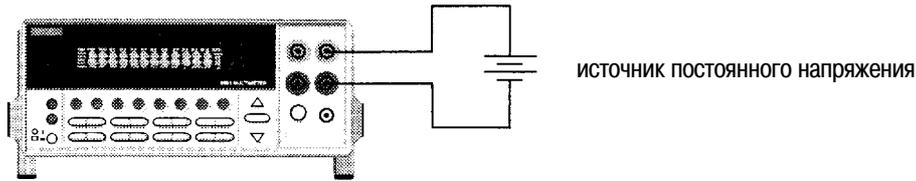


Рис. 6 Измерение постоянного напряжения

Входное сопротивление =  $10\text{ M}\Omega$  на пределах  $1000\text{ V}$  и  $100\text{ V}$   
 $> 10\text{ G}\Omega$  на пределах  $10\text{ V}$ ,  $1\text{ V}$  и  $100\text{ mV}$

**Предостережение:** Максимальное пиковое значение входного напряжения =  $1010\text{ V}$ .

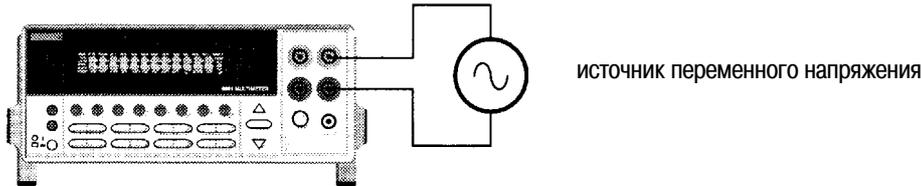


Рис. 7 Измерение переменного напряжения

Входной импеданс =  $1\text{ M}\Omega \parallel 100\text{ pF}$

**Предостережение:** Максимальное среднеквадратическое значение входного напряжения =  $750\text{ V}$ ,  
 пиковое значение =  $1000\text{ V}$ ;  $8 \times 10^7\text{ V} \cdot \text{Hz}$

### Коэффициент формы переменного напряжения

Погрешность измерения переменного напряжения и тока зависит от коэффициента формы, т.е. от отношения пикового значения к среднеквадратическому значению. В таблице 3 перечислены значения частоты основной гармоники сигналов, для которых следует принимать в расчет коэффициент формы для расчета погрешности.

Таблица 3 Ограничения коэффициента формы

Коэффициент формы	Частота основной гармоники
2	50 kHz
3	3 kHz
4 ? 5	1 kHz

### Специфика низковольтных измерений

Погрешность измерения малых уровней напряжения определяется рядом внешних по отношению к мультиметру факторов. На микровольтовом уровне сигналов проявляются эффекты, которые не заметны на более высоких уровнях напряжения. Мультиметр всего лишь регистрирует поступающий на его вход сигнал; при этом важно, чтобы этот сигнал правильно передавался от источника на вход прибора. Ниже рассмотрены факторы, ухудшающие точность измерений, в том числе электромагнитные наводки и тепловые эффекты.

### Экранирование

Источником дополнительной погрешности измерений могут быть наводки от сигналов переменного напряжения, значительно превышающих уровень измеряемого постоянного напряжения. Для сведения к минимуму такого рода наводок цепь должна быть заэкранирована, а ее экран должен быть соединен с низкочастотным входом (INPUT LO) мультиметра (особенно при измерении малых уровней напряжения). Неправильное экранирование может служить причиной следующих проблем:

- неожиданное смещение напряжения
- несовпадение показаний мультиметра на разных пределах измерения
- внезапное изменение показаний.

Чтобы минимизировать воздействие наводок, следует производить измерения вдали от источников сильных электромагнитных полей. Напряжение магнитной наводки пропорционально площади петли, образуемой входными проводами мультиметра. Поэтому следует сводить к минимуму всякие петли на входе мультиметра и подключаться к источнику сигнала в одной физической точке.

## Термоэлектрические эффекты

При наличии разности температур между стыками разнородных металлов генерируется термоэлектродвижущая сила (термо-э.д.с. или термоэлектрический потенциал). Это паразитное напряжение может превышать уровень сигнала, который способен измерять мультиметр. Термоэлектрические эффекты могут служить причиной следующих проблем:

- Нестабильность нуля или значительное смещение нуля.
- Изменение показаний прибора при изменении температуры. Этот эффект может проявляться, когда измеряемую цепь трогают руками или помещают вблизи нее источник тепла. Кроме того, этот эффект может проявляться квазирегулярно, например, при изменении яркости солнечного света за окном или при включении и выключении системы кондиционирования воздуха либо системы отопления.

Чтобы минимизировать дрейф, вызываемый действием термо-э.д.с., для подключения измеряемой цепи к мультиметру пользуйтесь медными проводами. Однополюсная вилка генерирует термо-э.д.с. в несколько микровольт. Идеальным решением для этих целей является применение проводов из чистой меди, например, медной шины #10. Измерительные провода могут быть экранированными или неэкранированными в зависимости от обстоятельств (см. подраздел "Экранирование" на предыдущей странице).

Причиной возникновения термо-э.д.с. может быть значительный температурный градиент в пределах измеряемой цепи. Поэтому для минимизации этого эффекта следует поддерживать постоянную температуру. Кроме того, для минимизации влияния потоков воздуха целесообразно закрыть измеряемую цепь экранированным кожухом.

Для обнуления постоянного напряжения смещения можно воспользоваться клавишей REL.

**Примечание:** Дополнительные сканерные платы также могут служить источником паразитных термо-э.д.с.

## Смещение при измерении переменного напряжения

В режиме измерения переменного напряжения с 5 1/2-разрядной индикацией при закороченном входе индицируется показание 100 единиц. Это обусловлено смещением в преобразователе истинного среднеквадратического значения. Это смещение не влияет на точность показаний, и его не следует обнулять с помощью клавиши REL. Ниже приведена формула, показывающая, как это смещение ( $V_{\text{OFFSET}}$ ) квадратурно суммируется с сигналом на входе ( $V_{\text{IN}}$ ).

$$\text{Результат измерения} = [(V_{\text{IN}})^2 + (V_{\text{OFFSET}})^2]^{1/2}$$

Пример:            Предел измерения переменного напряжения = 1 V  
                          Смещение = 100 ед. (1,0 mV)  
                          Входной сигнал = 100 mV RMS (среднеквадратическое значение)  
                          Результат измерения =  $[(100 \text{ mV})^2 + (1,0 \text{ mV})^2]^{1/2} = [0,01 \text{ V}^2 + 1 \times 10^{-6} \text{ V}^2]^{1/2}$   
                          Результат измерения = 0,100005

Таким образом, это смещение проявляется в последнем разряде, который здесь не индицируется, поэтому им можно пренебречь. Если же для обнуления смещения использовать клавишу REL, то 100 единиц будут вычитаться из входного сигнала  $V_{\text{IN}}$ , что даст погрешность индикации в 100 единиц.

За более подробной информацией обращайтесь к главе 3, в которой рассмотрены варианты конфигурации для измерения постоянного и переменного напряжения.

## 2.7\*\* Измерение отношения (только у мультиметров типа 2010)

Мультиметр типа 2010 позволяет вычислять процентное значение отношения напряжения на измерительном входе (числитель) к напряжению на опорном (SENSE) входе (знаменатель). Эта функция реализуется только для постоянного напряжения. Она может быть полезна при сравнении ряда значений напряжения с определенным напряжением в части оборудования. Вход SENSE здесь используется в качестве опорного входа. При этом гнезда SENSE можно использовать для измерения постоянного напряжения на пределах 100 mV, 1 V и 10 V.

### \*\* Подключение прибора

Здесь предполагается наличие заводской установки параметров. Основная процедура измерения состоит в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход). Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Присоедините измерительные провода к гнездам SENSE HI и LO. Используйте такие же входные гнезда (на передней либо на задней панели), что и в пункте 1.
3. Нажмите клавишу DCV (постоянное напряжение).

4. Соедините между собой гнезда SENSE LO и LO. Разность напряжений между SENSE LO и LO не может превышать 5% от любого выбранного самого чувствительного предела измерения.
5. Нажмите клавишу AUTO, чтобы переключиться в режим автоматического выбора предела измерений. Обратите внимание на вспомогательный индикатор AUTO, который светится в режиме автоматического выбора предела измерений. Если Вы хотите переключать пределы вручную, то с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому напряжению.
6. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу RATIO. С помощью клавиш ▲, ▼, ◀ и ▶ переключите параметр RATIO на ON, а параметр SENSEIN – на OFF. На дисплее индицируется "RA", т.е. RATIO (отношение).

**Примечание:** Если переключить на ON оба параметра RATIO и SENSE IN, то приоритет сохраняется за параметром RATIO, а справа на дисплее индицируется "RS". Если переключить на ON только параметр SENSE IN, то мультиметр типа 2010 индицирует только напряжение на гнездах SENSE.

7. Присоедините измерительные провода от гнезд INPUT HI и LO к источнику подлежащего измерению напряжения.
8. Присоедините измерительные провода от гнезд SENSE HI и LO к источнику опорного напряжения.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Не подавайте на гнезда INPUT напряжение с пиковым значением свыше 1000 V, а на гнезда SENSE – напряжение с пиковым значением свыше 350 V, иначе можно вывести прибор из строя.

9. Посмотрите на дисплей. Если там отображается сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка"), переключайтесь на старший предел измерений, пока не появится нормальная индикация (или нажмите клавишу AUTO для перехода в режим автоматического выбора предела измерений). Для достижения максимальной разрешающей способности индикации пользуйтесь насколько возможно более низким пределом измерения.
10. Считывайте показания с дисплея.

**Примечание:** При использовании автоматического выбора предела измерений с функцией измерения отношения имейте в виду следующее. Когда на ON установлены оба параметра RATIO и SENSE IN (на дисплее индицируется "RS"), то клавиша AUTO относится к гнездам SENSE. Когда параметр RATIO установлен на ON, а параметр SENSE IN – на OFF (на дисплее индицируется "RA"), то клавиша AUTO относится к гнездам INPUT. Чтобы задействовать режим автоматического выбора предела измерений для обеих этих функций, следует сначала войти в каждую функцию и выбрать вариант AUTO до того, как параметр RATIO будет установлен на ON.

## \*\* Измерение напряжения на гнездах SENSE

Гнезда SENSE можно использовать для измерения постоянного напряжения на пределах 100 mV, 1 V и 10 V. Процедура измерения (в предположении заводской установки параметров) заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам SENSE HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход). Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Соедините между собой гнезда SENSE LO и LO. Разность напряжений между SENSE LO и LO не может превышать 5% от любого выбранного самого чувствительного предела измерения.
3. Нажмите клавишу DCV (измерение постоянного напряжения).
4. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу RATIO. С помощью клавиш ▲, ▼, ◀ и ▶ переключите параметр RATIO на OFF, а параметр SENSEIN – на ON. На дисплее индицируется "VS", т.е. напряжение на гнездах SENSE.
5. Нажмите клавишу AUTO, чтобы переключиться в режим автоматического выбора предела измерений. Обратите внимание на вспомогательный индикатор AUTO, который светится в режиме автоматического выбора предела измерений. Если Вы хотите переключать пределы вручную, то с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому напряжению.

**Примечание:** Как при ручном, так и при автоматическом выборе предела измерений здесь доступны только пределы 100 mV, 1 V и 10 V.

6. Присоедините измерительные провода к источнику напряжения.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Не подавайте на гнезда SENSE напряжение с пиковым значением свыше 350 V, иначе можно вывести прибор из строя.

7. Посмотрите на дисплей. Если там отображается сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка"), переключайтесь на старший предел измерений, пока не появится нормальная индикация (или нажмите клавишу AUTO для перехода в режим автоматического выбора предела измерений). Для достижения максимальной разрешающей способности индикации пользуйтесь насколько возможно более низким пределом измерения.
8. Считывайте показания с дисплея.

## \*\* Измерение отношения с применением функции вычитания константы

Функция вычитания константы (REL) обычно применяется для обнуления смещения или для вычитания отсчета базовой линии из текущего и будущих результатов измерений (см. описание в разделе 3.2). При использовании этой функции в режиме измерения отношения прибор вычисляет результат измерения отношения, как описано ниже.

Отношение = (измерительный вход / опорный вход) - константа на измерительном входе

Например: измерительный вход = 5 V; опорный (SENSE) вход = 2 V; константа = 1 V. Отношение = (5/2) - 1 = 1,5.

## 2.8 Измерение тока

Мультиметры типа 2000 и 2010 позволяют измерять постоянный ток от 10 nA до 3 A и среднеквадратическое значение переменного тока от 1 μA до 3 A.

**Примечание:** См. подраздел "Коэффициент формы" в разделе 2.6.

### Подключение прибора

Процедура измерения (в предположении заводской установки параметров) заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам AMPS и INPUT LO. Здесь должны использоваться гнезда на передней панели; установите переключатель INPUTS в положение FRONT (передняя панель).
2. Выберите измерительную функцию нажатием клавиши DCI (постоянный ток) или ACI (переменный ток).
3. Нажмите клавишу AUTO, чтобы переключиться в режим автоматического выбора предела измерений. Обратите внимание на вспомогательный индикатор AUTO, который светится в режиме автоматического выбора предела измерений. Если Вы хотите переключать пределы вручную, то с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому току.
4. Присоедините измерительные провода к источнику тока, как показано на рис. 8.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Не подавайте на вход AMPS ток более 3 A, 250 V. В противном случае срабатывает входной предохранитель, размыкающий цепь.

5. Посмотрите на дисплей. Если там отображается сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка"), переключайтесь на старший предел измерений, пока не появится нормальная индикация (или нажмите клавишу AUTO для перехода в режим автоматического выбора предела измерений). Для достижения максимальной разрешающей способности индикации пользуйтесь насколько возможно более низким пределом измерения.
6. Считывайте показания с дисплея.

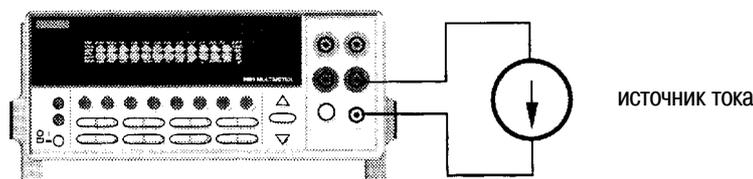


Рис. 8 Измерение постоянного и переменного тока

**Предостережение:** Максимальное значение входного тока = 3 A (постоянный ток или с.к.з. переменного тока)

### Замена предохранителя на входе AMPS

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:** Перед заменой предохранителя на входе AMPS обязательно отсоедините мультиметр от сети и другого оборудования.

1. Выключите питание мультиметра и отсоедините его от сети и измерительных проводов.
2. Осторожно нажмите большим пальцем на гнездо AMPS и поверните держатель предохранителя на четверть оборота против часовой стрелки. Отпустите палец; при этом пружина вытолкнет гнездо.
3. Выньте предохранитель и замените его новым такого же типоминнала (3 A, 250 V, быстродействующий, 5 x 20 мм, номер для заказа FU-99-1).

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Во избежание повреждения прибора не устанавливайте предохранитель с более высоким током срабатывания. Если в приборе повторно перегорают предохранители, то следует выявить и устранить причину неполадки. По поводу устранения неполадок обращайтесь к отдельному Руководству по ремонту мультиметров типа 2000 или к Руководству по техническому сервису для приборов типа 2010.

4. Установите новый предохранитель, следуя вышеописанной процедуре в обратной последовательности.

Обращайтесь к главе 3, в которой описаны варианты конфигурации для измерения постоянного и переменного тока.

## 2.9 Измерение сопротивления

Мультиметр типа 2000 позволяет измерять сопротивление в двух- и четырехпроводной схеме в диапазоне от  $100 \mu\Omega$  до  $120 \text{ M}\Omega$ . Мультиметр типа 2010 позволяет измерять сопротивление в двух- и четырехпроводной схеме в диапазоне от  $1 \mu\Omega$  до  $120 \text{ M}\Omega$ .

### Подключение прибора

Процедура измерения (в предположении заводской установки параметров) заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к мультиметру следующим образом:
  - А. Для измерения сопротивления в двухпроводной схеме присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO.
  - Б. Для измерения сопротивления в четырехпроводной схеме присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO, а также к гнездам SENSE  $\Omega 4$  WIRE HI и LO. Рекомендуется применять пробники Кельвина типа 5805 и 5806. Здесь можно использовать гнезда либо на передней, либо на задней панели; установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Выберите измерительную функцию путем нажатия клавиши  $\Omega 2$  или  $\Omega 4$ .
3. Нажмите клавишу AUTO, чтобы переключиться в режим автоматического выбора предела измерений. Обратите внимание на вспомогательный индикатор AUTO, который светится в режиме автоматического выбора предела измерений. Если Вы хотите переключать пределы вручную, то с помощью клавиш RANGE  $\blacktriangle$  и  $\blacktriangledown$  выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому сопротивлению.
4. Присоедините измерительные провода, как показано на рис. 9.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Не подавайте на входные гнезда INPUT HI и LO напряжение с пиковым значением свыше  $1000 \text{ V}$ , поскольку это может привести к повреждению прибора.

5. Посмотрите на дисплей. Если там отображается сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка"), переключайтесь на старший предел измерений, пока не появится нормальная индикация. Для достижения максимальной разрешающей способности индикации пользуйтесь насколько возможно более низким пределом измерения.
6. Считывайте показания с дисплея.

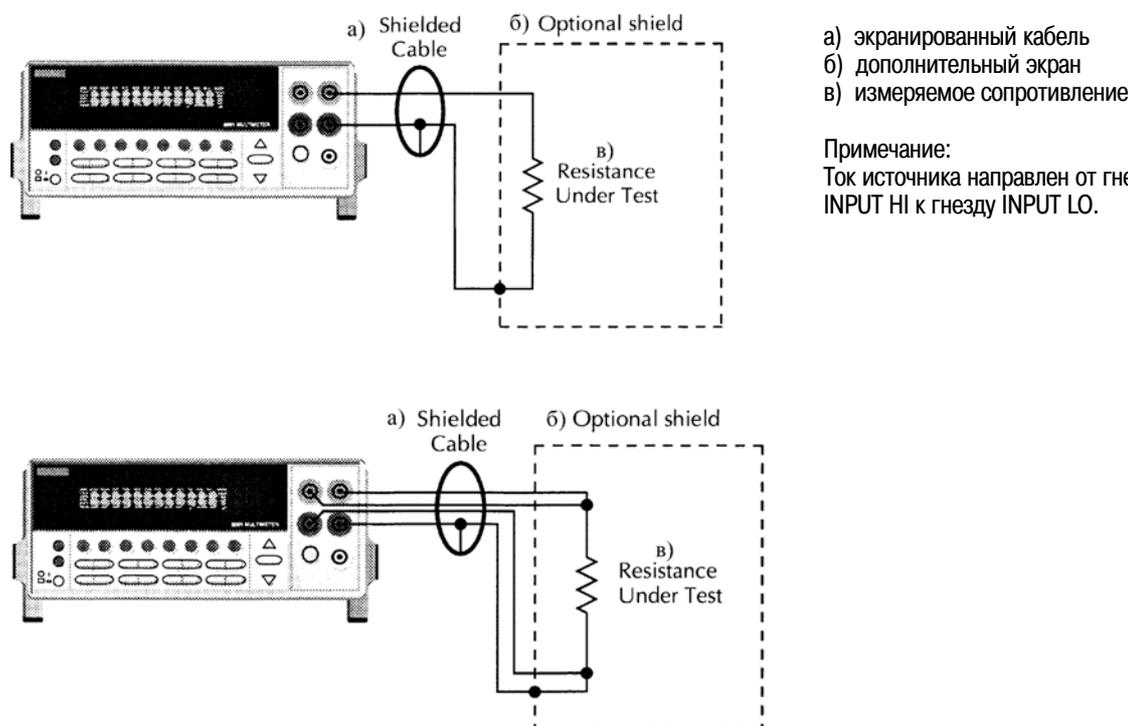


Рис. 9 Измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме

## Экранирование

Для получения стабильных показаний рекомендуется экранировать сопротивления свыше 100 кΩ. Поместите резистор в экранированный кожух и соедините экран с гнездом INPUT LO. Обращайтесь к главе 3, в которой описаны варианты конфигурации для измерения сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме.

### \*\* Низкоомные измерения

Прибор типа 2010 можно использовать для низкоомных измерений, которые обычно выполняются с помощью микроомметра. Ниже рассмотрено применение мультиметра типа 2010 для измерения сопротивления в милливольтном режиме, а также для измерения сопротивления с компенсацией смещения.

### \*\* Измерение сопротивления в милливольтном режиме

Многие низкоомные измерения выполняются на контактных устройствах типа переключателей или контактов реле. Целью этих измерений является выявление наличия окисной пленки на контактах, которая увеличивает переходное сопротивление контактов. При этом важно, чтобы измерения производились при как можно более низком напряжении на контактах, поскольку при достаточно высоком напряжении происходит пробой окисной пленки и измерение теряет смысл.

При измерении сопротивления в милливольтном режиме напряжение на испытываемом устройстве ограничивается до 20 mV и ниже.

**Примечание:** Эту функцию можно реализовать только при измерении сопротивления в четырехпроводной схеме.

### \*\* Компенсация смещения

Функция компенсации смещения используется для компенсации паразитных потенциалов типа термо-э.д.с. на измеряемом сопротивлении. В режиме компенсации смещения полный ток источника подается в измеряемое сопротивление лишь в течение части измерительного цикла (см. рис. 10). В течение первой половины измерительного цикла подается пониженный ток источника и измеряется суммарное падение напряжения на измеряемом сопротивлении  $R_S$ , обусловленное протеканием пониженного тока, а также действием термо-э.д.с. ( $V_{EMF}$ ):

$$V_{M2} = V_{EMF} + I_{SR} R_S$$

В течение второй половины измерительного цикла подается полный ток источника и снова измеряется суммарное падение напряжения на измеряемом сопротивлении:

$$V_{M1} = V_{EMF} + I_{SFS} R_S$$

Компенсация смещения в принципе доступна до 100 MΩ, однако реально применяется лишь на пределах измерения 10 кΩ и ниже. Когда включена компенсация смещения на пределах измерения 100 кΩ и выше, на дисплее мигает индикация '0', указывающая на то, что компенсация смещения не оказывает влияния на результат измерения.

Поскольку измерение термо-э.д.с. производится в течение первой и второй половины измерительного цикла, то ее значение можно вычесть из результата измерения напряжения в первой половине цикла. В результате получается измерение напряжения с компенсацией смещения:

$$V_{M1} - V_{M2} = V_M = (V_{EMF} + I_{SFS} R_S) - (V_{EMF} + I_{SR} R_S)$$

$$V_M = R_S (I_{SFS} - I_{SR})$$

Отсюда  $R_S = V_M / (I_{SFS} - I_{SR})$ .

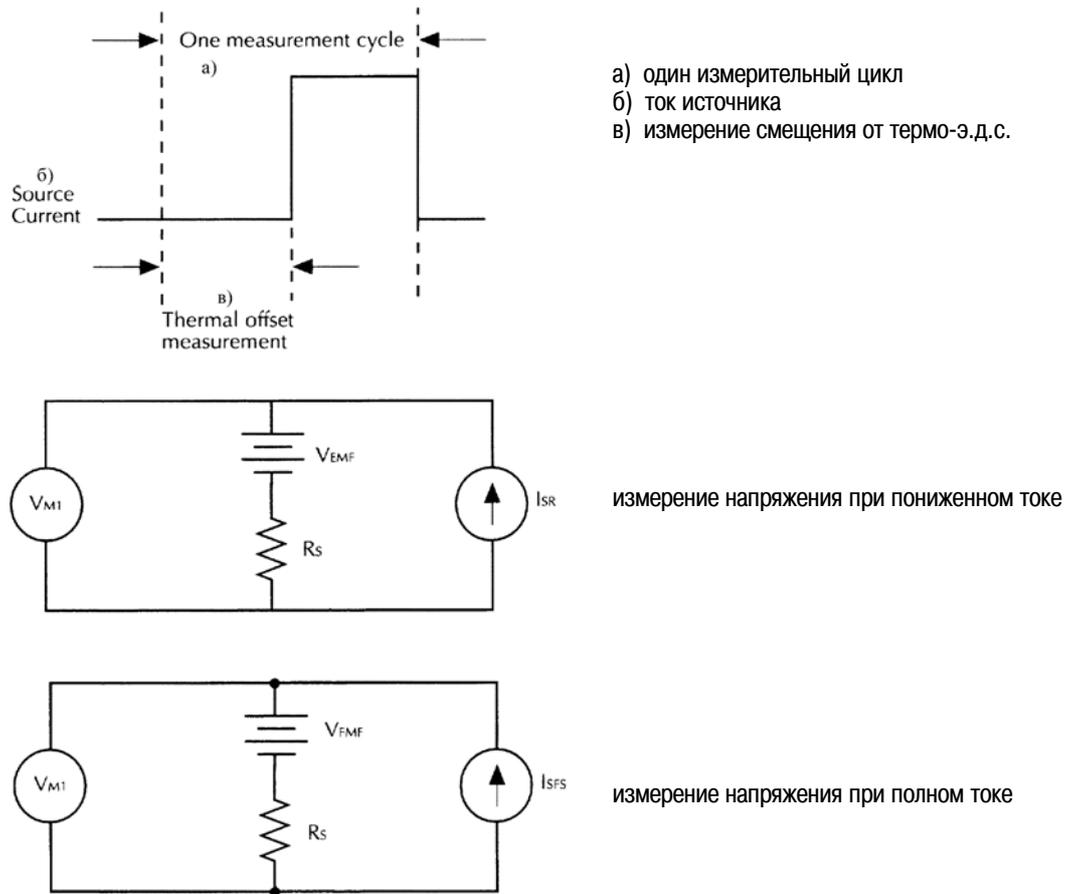


Рис. 10 Измерение сопротивления с компенсацией смещения

## 2.10 Измерение частоты и периода

Мультиметры типа 2000 и 2010 позволяют измерять частоту в диапазоне  $3 \text{ Hz} \dots 500 \text{ kHz}$  на пределах напряжения  $100 \text{ mV}$ ,  $1 \text{ V}$ ,  $10 \text{ V}$ ,  $100 \text{ V}$  и  $750 \text{ V}$ . На тех же пределах напряжения возможно также измерение периода в диапазоне от  $2 \mu\text{s}$  до  $333 \text{ ms}$ . Для измерения частоты используются входные гнезда для напряжения. Для переключения предела переменного напряжения можно воспользоваться клавишами RANGE ▲ и ▼. Напряжение сигнала должно превышать 10% от предела измерения напряжения.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Произведение напряжения на частоту не должно превышать  $8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$ .

### Уровень запуска

При измерении частоты и периода используется метод запуска по пересечению нулевой линии, т.е. подлежащие счету импульсы формируются в момент пересечения сигналом нулевой линии. Мультиметры типа 2000 и 2010 при измерении частоты и периода используют метод реверсивного счета, обеспечивающий постоянную разрешающую способность для любой частоты входного сигнала. Секция измерения переменного напряжения при этом осуществляет формирование входного сигнала.

### Длительность строб-импульса

Длительность строб-импульса – это длительность интервала времени, в течение которого прибор осуществляет измерение частоты или периода (так называемые временные ворота). Все установки клавиши RATE (FAST, MEDIUM, SLOW) дают длительность строб-импульса в одну секунду.

Мультиметр завершает отсчет при появлении первого пересечения нулевой линии по истечении длительности строб-импульса. Другими словами, отсчет завершается спустя полпериода после окончания строб-импульса. Например, при измерении частоты  $3 \text{ Hz}$  с длительностью строб-импульса в одну секунду результат измерения может появиться на дисплее с задержкой до трех секунд.

### Подключение прибора

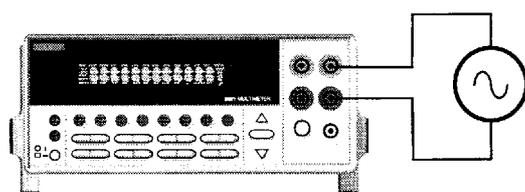
Процедура измерения (в предположении заводской установки параметров) заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход). Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Выберите функцию FREQ или PERIOD.
3. Присоедините измерительные провода к источнику сигнала, как показано на рис. 11.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:** Во избежание повреждения прибора пиковое напряжение между гнездами INPUT HI и INPUT LO не должно превышать  $1000 \text{ V}$ .

4. Считывайте показания с дисплея.

Обращайтесь к главе 3, в которой описаны варианты конфигурации для измерения частоты и периода.



источник переменного напряжения

Входной импеданс =  $1 \text{ M}\Omega \parallel < 100 \text{ pF}$

**Предостережение:**

Максимальное пиковое входное напряжение  $1000 \text{ V}$ ,  $8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$

Рис. 11 Измерение частоты и периода

## 2.11 Измерение температуры

### Мультиметр типа 2000:

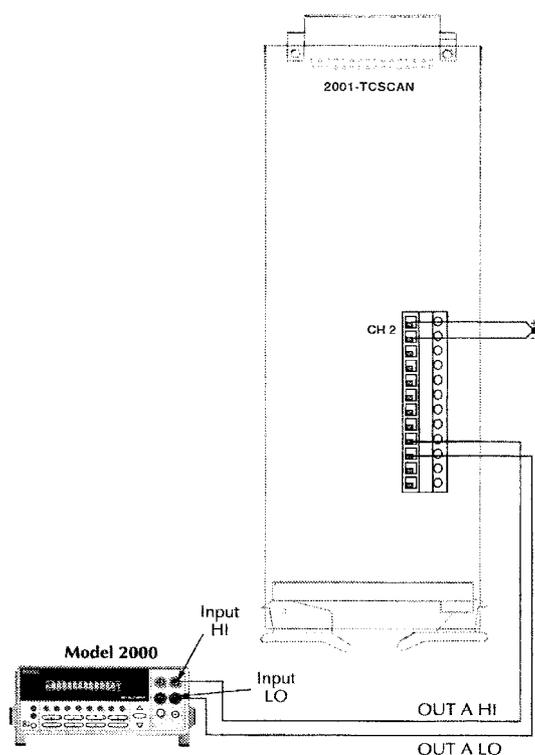
Прибор измеряет температуру с помощью термопар. Пределы измерения температуры зависят от выбранного типа термопары. Термопары можно подключать к плате типа 2001-TCSCAN, которую вставляют в установочное гнездо (слот) мультиметра, или к внешней термопарной плате типа 7057A, 7402 или 7014, установленной в коммутационной системе типа 7001 или 7002.

### Мультиметр типа 2010:

Прибор может измерять температуру с помощью термопары или четырехпроводного термометра сопротивления. Пределы измерения температуры зависят от выбранного типа термопары или термометра сопротивления. Термометры сопротивления можно подключать к гнездам на передней или задней панели. Термопары можно подключать к плате типа 2001-TCSCAN, которую вставляют в установочное гнездо (слот) мультиметра, или к внешней термопарной плате типа 7057A, 7402 или 7014, установленной в коммутационной системе типа 7001 или 7002.

Если не используется плата типа 2001-TCSCAN, то следует произвести оценку температуры панели (обычно на 2°C выше комнатной температуры). Подключите термопарную плату непосредственно к гнездам на передней панели INPUT HI и LO, как показано на рис. 12. Чтобы ввести оценку температуры панели, выберите опцию конфигурации TCOUPLE, затем пункт JUNC. Выберите опцию SIM и введите оценку.

### Подключение



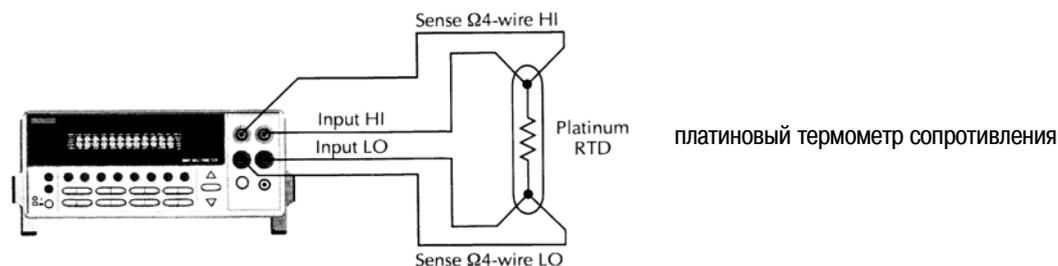
#### Примечание:

Эту термопарную плату следует вставить в установочное гнездо (слот) мультиметра.

#### Примечание:

Здесь можно использовать входные гнезда на передней или задней панели.

Рис. 12 Подключение термопары к мультиметрам типа 2000 и 2010



платиновый термометр сопротивления

Рис. 13 Подключение четырехпроводного термометра сопротивления к мультиметру типа 2010

## Установка конфигурации

Здесь приведено описание различных вариантов конфигурации для измерений температуры.

### \* *Мультиметр типа 2000:*

Чтобы выбрать и установить конфигурацию для измерений с термопарой, действуйте следующим образом:

Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу TCOUPL. С помощью клавиш ▲ и ▼ обеспечивается доступ к трем параметрам:

- UNITS – С, К, F (градусы Цельсия, Кельвина, Фаренгейта). Здесь выбирают единицу измерения температуры для индикации на дисплее.
- TYPE – SIM, CH1 (имитированный или реперный стык в канале 1). Термопарная плата обычно использует один реперный стык. Прибор типа 2000 может имитировать температуру реперного стыка или использовать реперный стык на коммутационной плате. Типичные значения температуры реперного стыка равны 0°C и 23°C.

Имитированное значение реперной температуры – это температура стыка, где регистрируется развиваемое термопарой напряжение. Это комнатная температура, если на конце провода от термопары расположена однополюсная вилка, подключенная непосредственно к мультиметру. Точность измерения температуры зависит от точности определения температуры реперного стыка.

### \*\* *Мультиметр типа 2010:*

Чтобы выбрать и установить конфигурацию для измерений с термопарой или с четырехпроводным термометром сопротивления, действуйте следующим образом:

Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу SENSOR. С помощью клавиш ▲ и ▼ обеспечивается доступ к трем параметрам:

- UNITS – С, К, F (градусы Цельсия, Кельвина, Фаренгейта). Здесь выбирают единицу измерения температуры для индикации на дисплее.
- SENSOR – TCOUPLE (термопара), 4W-RTD (четырёхпроводный термометр сопротивления). Здесь выбирают тип применяемого датчика температуры.
- TYPE – J, N, T, K (тип термопары) или PT100, USER, PT3916, PT385, F100, D100 (термометр сопротивления). Имейте в виду, что при выборе варианта USER Вы должны установить значения Alpha, Beta, Delta и RZero через шину GPIB или интерфейс RS-232 (см. ниже "Ввод пользовательских данных термометра сопротивления").
- TYPE – SIM, CH1 (имитированный или реперный стык в канале 1). Термопарная плата обычно использует один реперный стык. Прибор типа 2010 может имитировать температуру реперного стыка или использовать реперный стык на термопарной коммутационной плате. Типичные значения температуры реперного стыка равны 0°C и 23°C. Для поддержания точности расчета реперного значения необходимо периодически опрашивать канал 1.

Чтобы задать значение параметра, пользуйтесь клавишами ▲ и ▼, чтобы добраться до нужного параметра. Нажмите клавишу ► и с помощью клавиш ▲ и ▼ выберите нужное значение. Нажмите клавишу ENTER, чтобы подтвердить выбор и занести установку в память.

### \*\* *Ввод пользовательских данных термометра сопротивления*

С передней панели невозможно установить значения Alpha, Beta, Delta и RZero для пользовательского (USER) термометра сопротивления. Эти значения можно установить лишь дистанционно через шину GPIB или интерфейс RS-232. После выбора пункта USER установите коэффициенты термометра сопротивления (RTD) с помощью следующих команд:

```
[ :SENSe[1]]:TEMPerature:FRTD:ALPHa <NRf>      задать значение "альфа" (0 ? 0,01)
[ :SENSe[1]]:TEMPerature:FRTD:BETA <NRf>      задать значение "бета" (0 ? 1,00)
[ :SENSe[1]]:TEMPerature:FRTD:DELTA <NRf>     задать значение "дельта" (0 ? 5,00)
[ :SENSe[1]]:TEMPerature:FRTD:RZERo <NRf>     задать сопротивление при 0°C (0 ? 10000)
```

## 2.12 Математическая функция (Math)

Математические операции у мультиметров типа 2000 и 2010 делятся на четыре категории:

- $mX+b$  и процентное значение
- вычисление  $dV_m$  и  $dV$
- статистика занесенных в буфер отсчетов
- контроль предельных значений.

Первые две категории операций рассмотрены ниже, последние две описаны в главе 3.

Процедура выбора и конфигурирования математической операции заключается в следующем:

1. Нажать клавишу SHIFT, затем клавишу соответствующей операции.
2. Сконфигурировать параметры для этой математической операции. В завершение этой процедуры нажать клавишу ENTER. (Нажать клавишу SHIFT, затем клавишу соответствующей математической функции, чтобы завершить вычисление).

**Примечания:** Будучи однажды задействованы для некоторой функции, вычисления  $mX+b$  и процентного значения сохраняют свое действие в процессе изменения функции.  
Для математических вычислений в мультиметрах типа 2000 и 2010 используется формат представления чисел с плавающей запятой согласно IEEE-754.

### Операция $mX+b$

Эта математическая операция позволяет Вам обрабатывать обычные показания дисплея ( $X$ ) по формуле:

$$Y = mX + b,$$

где  $X$  – обычное показание дисплея  
 $m$  и  $b$  – введенные пользователем константы (масштабный коэффициент и аддитивная константа)  
 $Y$  – отображаемый на дисплее результат.

### Конфигурирование

Чтобы сконфигурировать вычисление  $mX+b$ , действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу  $MX+B$ , чтобы вывести на индикацию текущий масштабный коэффициент:  
M: +1.000000 ^
2. Введите значение и префикс единиц. Пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора позиции (разряда) и клавишами ▲ и ▼ для увеличения или уменьшения цифр.
3. Нажмите клавишу ENTER, чтобы подтвердить значение M и вывести на дисплей значение B:  
B: +00.00000 m
4. Введите значение и префикс единиц.
5. Нажмите клавишу ENTER, чтобы подтвердить значение B и вывести на дисплей обозначение единиц (UNITS):  
 $MXB * (MX **)$
6. Пройдите по буквам, чтобы внести изменения, и в завершение нажмите клавишу ENTER.

Теперь мультиметр индицирует результат вычисления.

### Процентное значение

Этот пункт выбирает вычисление процентного значения и позволяет Вам задать опорное значение. Показание на дисплее будет индицироваться в виде процентного отклонения от опорного значения. Вычисление процентного значения производится следующим образом:

$$\text{процентное значение} = 100\% \times (\text{входное значение} - \text{опорное значение}) / \text{опорное значение},$$

где входное значение – это обычное показание на дисплее  
опорное значение – это константа, которая вводится пользователем  
процентное значение – это индицируемый результат вычисления.

## Конфигурирование

Чтобы сконфигурировать вычисление процентного значения, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу %, чтобы вывести на индикацию текущее значение:  
REF: +1.000000^
2. Введите знак, опорное значение и префикс единиц. Пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора позиции (разряда) и клавишами ▲ и ▼ для увеличения или уменьшения цифр.
3. В заключение нажмите клавишу ENTER.

Теперь мультиметр индицирует результат вычисления. Результат положителен, когда входное значение больше опорного и отрицателен, когда входное значение меньше опорного. Для индикации значений в диапазоне от 1 нано- до 1000 гига-(единиц) используются технические единицы измерения. За пределами этого диапазона используется степенная форма записи.

## Вычисление dBm

Обозначение dBm означает децибелы от милливатта (здесь опорным уровнем является 1 mW). Мультиметр индицирует уровень 0 dBm, когда на его вход подается напряжение, при котором выделяется мощность 1 mW в нагрузку, стандартное значение импеданса которой программируется пользователем. Соотношение между уровнем dBm, стандартным импедансом и напряжением выражается формулой:

$$\text{dBm} = 10 \log [(V_{\text{IN}}^2 / Z_{\text{REF}}) / 1 \text{ mW}],$$

где  $V_{\text{IN}}$  – входное постоянное или переменное напряжение  
 $Z_{\text{REF}}$  – заданное значение стандартного импеданса.

**Примечание:** Не спутайте стандартный импеданс с входным импедансом. Входной импеданс прибора не изменяется параметром dBm.

Если в момент выбора dBm задействована функция вычитания константы (REL), то значение преобразуется в dBm, затем к dBm применяется функция REL. Если функция REL вводится в действие после выбора dBm, то эта функция применяется к операции вычисления dBm.

## Конфигурирование

Чтобы установить значение стандартного импеданса, действуйте следующим образом:

1. После выбора dBm индицируется текущее значение импеданса (1 ? 9999 Ω):  
REF: 0000 \* (REF: 0075 \*\*)
2. Чтобы изменить значение стандартного импеданса, выберите позицию (разряд) с помощью клавиш ◀ и ▶, затем с помощью клавиш ▲ и ▼ выберите нужное значение. По завершении изменения стандартного импеданса нажмите клавишу ENTER.

**Примечания:** Операция вычисления dBm действительна для положительных и отрицательных значений постоянного напряжения.  
Операции вычисления mX+b и процентного значения применяются после операций вычисления dBm или dB. Например, если выбрана операция вычисления mX+b с константами m = 10 и b = 0, то на дисплее будет индицироваться показание 10.000 MXB \* (10.000 MX \*\*) для сигнала постоянного напряжения 1 V. Если выбрана операция вычисления dBm с  $Z_{\text{REF}} = 50 \Omega$ , то будет индицироваться показание 130MXB \* (130MX \*\*).

## Вычисление dB

Представление уровней постоянного и переменного напряжения в децибелах (dB) позволяет сжать динамический диапазон измерений. Соотношение между напряжением и его относительным уровнем в децибелах описывается следующим выражением:

$$\text{dB} = 20 \log (|V_{\text{IN}}| / |V_{\text{REF}}|),$$

где  $V_{\text{IN}}$  – напряжение входного сигнала (постоянное или переменное)  
 $V_{\text{REF}}$  – заданный уровень опорного напряжения.

Когда на вход подается напряжение, равное опорному, мультиметр показывает 0 dB.

Если в момент выбора dB задействована функция вычитания константы (REL), то значение преобразуется в dB, затем к dB применяется функция REL. Если функция REL вводится в действие после выбора dB, то эта функция применяется к операции вычисления dB.

## Конфигурирование

Чтобы установить опорное напряжение, действуйте следующим образом:

### Мультиметр типа 2000:

1. После выбора dB индицируется текущее значение уровня опорного напряжения:  
REF: +0,000000
2. Чтобы изменить опорный уровень, выберите позицию (разряд) с помощью клавиш ◀ и ▶, затем с помощью клавиш ▲ и ▼ выберите нужное значение. По завершении изменения опорного напряжения нажмите клавишу ENTER.

### Мультиметр типа 2010:

1. После выбора dB регистрируется напряжение между входами HI и LO, которое представляется в качестве опорного напряжения. Затем этот уровень можно скорректировать.  
REF: +1,000000^
2. Чтобы изменить опорный уровень, выберите позицию (разряд) с помощью клавиш ◀ и ▶, затем с помощью клавиш ▲ и ▼ выберите нужное значение. Поместите курсор в крайнее правое положение (^) и воспользуйтесь клавишами ▲ и ▼ для перемещения десятичной точки. По завершении изменения опорного напряжения нажмите клавишу ENTER.

**Примечания:** Вычисление dB производится с абсолютными значениями (модулями) напряжений  $V_{IN}$  и  $V_{REF}$ . Наибольшее отрицательное значение dB составляет -160 dB. Это соответствует отношению напряжений  $V_{IN} = 10 \mu V$  и  $V_{REF} = 1000 V$ .

## 2.13 "Прозвонка" цепей

Для "прозвонки" цепей в мультиметре используется предел измерения 1 кΩ. После выбора этой функции (CONTINUITY) Вы получаете предложение ввести пороговое значение сопротивления (1 Ω ? 1000 Ω). Если показание прибора окажется ниже этого уровня, подается предупредительный звуковой сигнал.

Для перехода в режим "прозвонки" цепей нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу CONT, установите пороговое значение сопротивления и подключитесь к контролируемой цепи.

**Примечание:** В режиме "прозвонки" цепей скорость обновления показаний зафиксирована значением FAST (0,1 PLC) и не регулируется.

### Подключение

Подключите подлежащую проверке цепь к гнездам INPUT HI и LO мультиметра (см. рис. 14). Направление протекания измерительного тока – от гнезда INPUT HI к гнезду INPUT LO.

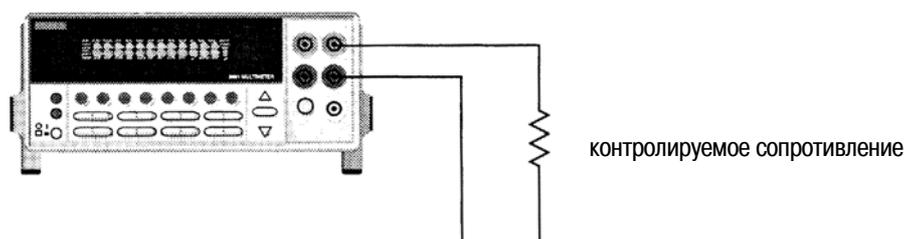


Рис. 14 "Прозвонка" цепи

### Пороговое значение сопротивления

Вы можете задать пороговое значение сопротивления в диапазоне от 1 Ω до 1000 Ω. Заводской установкой является 10 Ω. Чтобы задать пороговое значение сопротивления, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу CONT.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите цифровую позицию и изменяйте значение с помощью клавиш ▲ и ▼. Введите значение от 1 до 1000.
3. Для подтверждения установки нажмите клавишу ENTER.

## 2.14 Проверка диодов

С помощью мультиметра Вы можете измерять прямое падение напряжения у диодов общего применения и зенеровское напряжение у стабилитронов. Для проверки диодов нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу  $\rightarrow|$ , установите предел измерительного тока, подключите диод и смотрите на дисплей.

**Примечание:** Скорость обновления показаний в режиме проверки диодов зафиксирована значением MEDium (1 PLC).

### Подключение

Подключите выводы диода к гнездам INPUT HI и INPUT LO мультиметра (см. рис. 15). Направление измерительного тока – от гнезда INPUT HI к гнезду INPUT LO.

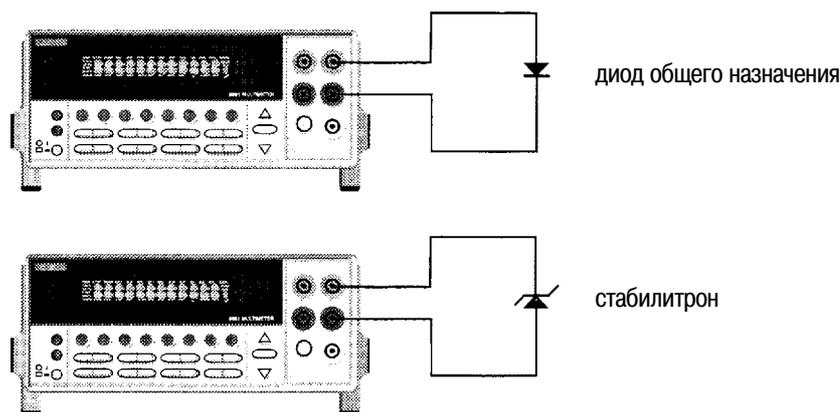


Рис. 15 Проверка диодов

### Предел тока

Вы можете установить предел измерительного тока с передней панели. Возможны следующие варианты: 1 mA, 100  $\mu$ A и 10  $\mu$ A. Действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу  $\rightarrow|$ .
2. Воспользуйтесь клавишами  $\blacktriangle$  и  $\blacktriangledown$  для выбора одного из трех вариантов.

#### **Мультиметр типа 2000:**

В режиме проверки диодов измеряется напряжение на пределе 3 V для измерительного тока 1 mA и на пределе 10 V для измерительного тока 100  $\mu$ A и 10  $\mu$ A. Если показание превышает 10 V, на дисплее появляется сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка").

#### **Мультиметр типа 2010:**

В режиме проверки диодов измеряется напряжение до 10 V для измерительного тока 1 mA, 5 V для 100  $\mu$ A и 10 V для 10  $\mu$ A. Если показание превышает 10 V, на дисплее появляется сообщение "OVERFLOW" ("перегрузка").

## 3 Дополнительные измерительные операции

### 3.1 Введение

В данной главе приведено описание дополнительных операций, выполняемых с передней панели мультиметра. Здесь не рассматриваются операции, выполняемые через дистанционный интерфейс. Эта глава разбита на следующие разделы:

- **Конфигурирование измерений** – выбор предела измерений, фильтрация, относительные показания, разрешающая способность индикации и скорость обновления показаний.
- **Операции запуска** – описаны режимы запуска и источники запускающих сигналов.
- **Операции с буфером памяти** – рассмотрен буфер хранения результатов измерений и статистика буфера.
- **Операции с предельными значениями** – описана установка предельных значений для показаний прибора.
- **Операции сканирования** – рассмотрены возможности внутреннего и внешнего сканирования.
- **Системные операции** – приведены подробности сохранения и восстановления наборов параметров, выбора дистанционного интерфейса и доступа к калибровке.

### 3.2 Конфигурирование измерений

В этом разделе описано конфигурирование мультиметра для выполнения измерений. Сведения об оптимизации точности показаний и скорости их обновления приведены в конце Приложения А.

#### Пределы измерений

Выбор предела измерения оказывает влияние на количество значащих цифр индикации и точность измерений, а также на максимальный сигнал, который может быть измерен. Установка предела измерения (фиксированная или автоматическая) для каждой измерительной функции заносится в память при смене функций.

#### Максимальные показания

Максимальное показание на каждом пределе измерения превышает это предел на 20%, за исключением пределов измерения постоянного напряжения 1000 V, переменного напряжения 750 V, постоянного и переменного тока 3 A, сопротивления 1 M $\Omega$  \*\* (в двух- и четырехпроводной схеме), а также пределов при проверке диодов. Входные значения, превышающие максимальные показания, индицируются сообщением "OVERFLOW" ("перегрузка") на дисплее.

#### Ручной выбор предела измерения

Чтобы выбрать предел измерения, нажимайте клавишу RANGE  $\blacktriangle$  или  $\blacktriangledown$ . При каждом нажатии одной из этих клавиш происходит переключение на соседний предел измерения. Выбранный предел измерения индицируется на дисплее в течение секунды. Если на каком-то пределе измерения индицируется перегрузка ("OVERFLOW"), переключайтесь на более высокий предел, пока не появится нормальная индикация. Для достижения наилучшей точности и разрешающей способности пользуйтесь наиболее чувствительным пределом измерения, на котором еще не возникает перегрузка.

Имейте в виду, что в режимах измерения температуры и "прозвонки" цепей существует лишь один предел измерения.

#### Автоматический выбор предела измерений

Чтобы ввести в действие функцию автоматического выбора предела измерений, нажмите клавишу AUTO. В этом режиме светится вспомогательный индикатор "AUTO". Прибор автоматически выбирает оптимальный предел измерения в соответствии с уровнем входного сигнала. Применение автоматического выбора предела не рекомендуется, если требуется максимальная скорость обновления показаний.

Имейте в виду, что переключение на старший предел происходит при уровне сигнала 120%, а на младший предел – при уровне сигнала 10% от номинального предела.

Чтобы отменить автоматический выбор предела, нажмите клавишу AUTO или RANGE  $\blacktriangle$   $\blacktriangledown$ . При нажатии клавиши AUTO сохраняется действующий предел измерения.

Клавиша AUTO не действует в режимах измерения температуры, "прозвонки" цепей и проверки диодов.

## Цифровая фильтрация

Для стабилизации показаний прибора при наличии шумов Вы можете использовать цифровую фильтрацию и установить характеристику фильтра. Мультиметры типа 2000 и 2010 используют цифровой фильтр, основанный на усреднении результатов измерений. Индицируемый, заносимый в память или передаваемый на внешние устройства отсчет (показание) представляет собой среднее значение ряда результатов измерений (от 1 до 100).

### Мультиметр типа 2000:

Чтобы выбрать фильтр:

1. Если не светится вспомогательный индикатор "FILT", нажмите клавишу FILTER один раз. Если светится вспомогательный индикатор "FILT", нажмите клавишу FILTER дважды.
2. Введите число подлежащих усреднению отсчетов.
3. Выберите нужный тип фильтра (текущее либо повторное усреднение), затем нажмите клавишу ENTER.

### Мультиметр типа 2010:

Чтобы выбрать фильтр:

1. Чтобы ввести в действие фильтр, нажмите кнопку FILTER. Когда задействован фильтр, светится вспомогательный индикатор "FILT".
2. Нажмите клавишу SHIFT, затем клавишу TYPE.
3. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите число подлежащих усреднению отсчетов, затем нажмите клавишу ENTER.
4. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите нужный тип фильтра (текущее усреднение либо повторное усреднение), затем нажмите клавишу ENTER.

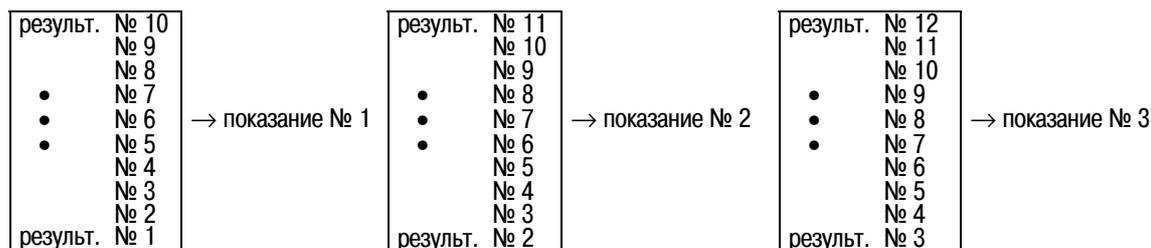
Зажигается вспомогательный индикатор "FILT". Когда задействован фильтр, действует выбранная конфигурация фильтра для данной измерительной функции. Чтобы отключить фильтр, нажмите клавишу FILTER.

**Примечание:** Фильтр можно задействовать для любой измерительной функции, за исключением измерения частоты и периода, "прозвонки" цепей и проверки диодов.

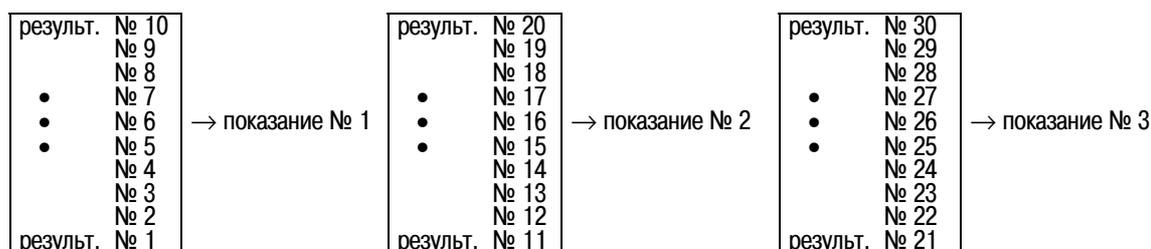
## Типы фильтров

Фильтр с текущим усреднением (moving average) использует стековый регистр типа "first-in, first-out" ("первым вошел – первым вышел"). Когда регистр заполнится, производится усреднение измерительных результатов и формируется показание. При занесении в регистр каждого следующего измерительного результата из него вытесняется самый ранний результат, производится очередное усреднение и формируется очередное показание.

У фильтра с повторным (repeating) усреднением заполняется стековый регистр, затем производится усреднение измерительных результатов и формируется показание. После этого регистр очищается и эта процедура повторяется заново. Этот тип фильтра следует использовать при сканировании, чтобы измерительные результаты с других каналов не усреднялись с текущим каналом.



А. Фильтр с текущим усреднением, число усредняемых отсчетов = 10



Б. Фильтр с повторным усреднением, число усредняемых отсчетов = 10

Рис. 16 Фильтры с текущим и повторным усреднением

## Время реакции

Параметры фильтра критичны с точки зрения времени, необходимого для вывода результатов на индикацию, для занесения в память или для вывода на внешние устройства. Здесь необходим компромисс в выборе числа усредняемых отсчетов с учетом требований к точности и скорости реакции на изменения входного сигнала.

## Функция вычитания константы (REL)

Функцию REL можно использовать для обнуления смещения или для вычитания уровня базовой линии из текущего и будущих показаний прибора. Когда включается эта функция, прибор использует текущее показание в качестве вычитаемого значения. Следующие показания представляют собой разность между действительным значением входного сигнала и вычитаемым значением REL.

Вы можете задать значение REL для любой измерительной функции. Заданное значение REL сохраняется на всех пределах измерения. Например, если установить значение  $REL = 50\text{ V}$  на пределе измерения  $100\text{ V}$ , то это значение сохраняется равным  $50\text{ V}$  и на пределах  $1000\text{ V}$ ,  $10\text{ V}$ ,  $1\text{ V}$  и  $100\text{ mV}$ .

**Примечание:\*\*** Если значение REL превышает выбранный предел измерения, то индикация форматируется на максимальное разрешение и теряется информация о пределе измерения.

Таким образом, когда Вы производите коррекцию нуля для измерения постоянного напряжения и сопротивления путем ввода в действие функции REL, то отображаемое на дисплее смещение становится вычитаемым значением. Вычитание смещения из действительного входного сигнала формирует индикацию следующим образом:

индикация = действительное значение входного сигнала – вычитаемое значение.

Значение REL может быть выбрано вплоть до максимального предела измерений.

Выбор предела измерения, который не вмещает в себя значение REL, не приводит к состоянию перегрузки, но и не увеличивает максимально допустимый для этого предела входной сигнал. Например, на пределе измерения  $10\text{ V}$  прибор по-прежнему перегружается при входном сигнале свыше  $12\text{ V}$ . Чтобы установить значение REL, нажмите клавишу REL, когда на дисплее индицируется значение, которое Вы хотите выбрать в качестве вычитаемого. Загорается вспомогательный индикатор "REL". Повторное нажатие клавиши REL отменяет эту функцию.

Вы можете ввести вычитаемое значение REL вручную, используя функцию  $mX+b$ . Установите M на 1, а B – на любое желаемое значение. Нажатием клавиши REL это значение принимается в качестве вычитаемого. Подробные сведения о функции  $mX+b$  приведены в разделе 2.12.

## Количество разрядов индикации

Разрешение индикации у мультиметра зависит от установки параметра DIGITS. Это не влияет на формат дистанционной передачи данных. Количество индицируемых цифр не влияет ни на точность, ни на скорость обновления показаний (эти параметры контролируются установкой RATE).

Чтобы выбрать количество разрядов индикации для некоторой измерительной функции, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу вызова соответствующей функции.
2. Нажимайте клавишу DIGITS, пока не получите нужное количество разрядов индикации (от  $3\frac{1}{2}$  до  $6\frac{1}{2}$  у мультиметра типа 2000 или от  $3\frac{1}{2}$  до  $7\frac{1}{2}$  у мультиметра типа 2010).

**Примечание:** Измерение частоты и периода может производиться с индикацией от 4 до 7 разрядов. Измерения переменного напряжения и тока, а также измерение сопротивления в милливольтном режиме ограничены  $6\frac{1}{2}$ -разрядной индикацией.

## Скорость обновления показаний (RATE)

Операция RATE устанавливает время интегрирования аналого-цифрового преобразователя, т.е. период времени измерения входного сигнала (так называемое апертурное время). Время интегрирования влияет на количество значащих цифр индикации, случайную составляющую погрешности измерений, а также на предельную скорость обновления показаний. Время интегрирования задается в параметрах, основанных на количестве периодов сетевого напряжения (NPLC), где  $1\text{ PLC} = 16,67\text{ msec}$  при частоте сети  $60\text{ Hz}$  или  $1\text{ PLC} = 20\text{ msec}$  при частоте сети  $50\text{ Hz}$  и  $400\text{ Hz}$ .

Вообще говоря, установка минимального (FAST) времени интегрирования ( $0,1\text{ PLC}$  с передней панели или  $0,01\text{ PLC}$  через шину) приводит к увеличению случайной погрешности (шумовой составляющей) и к уменьшению количества значащих цифр, в то время как установка максимального (SLOW) времени интегрирования ( $10\text{ PLC}$  для мультиметра типа 2000 или  $5\text{ PLC}$  с передней панели и  $10\text{ PLC}$  через шину для мультиметра типа 2010) обеспечивает наилучшее подавление помех нормального вида и синфазных помех. Промежуточные установки являются компромиссом между скоростью обновления показаний и подавлением помех.

Пояснения к параметрам RATE:

- Установка FAST соответствует времени интегрирования 0,1 PLC. Это вариант установки используют, чтобы реализовать максимальную скорость обновления показаний за счет увеличения случайной погрешности и снижения количества значащих цифр.
- Установка MEDium соответствует времени интегрирования 1 PLC. Этот вариант установки обеспечивает приемлемый компромисс между скоростью обновления показаний и случайной погрешностью.
- Установка SLOW соответствует времени интегрирования 10 PLC \* (5 PLC \*\*). Этот вариант установки обеспечивает минимальную случайную погрешность за счет снижения скорости обновления показаний.

**Примечания:** Эти параметры можно устанавливать для любой измерительной функции, за исключением измерения частоты (SLOW\*\*) и периода (SLOW\*\*), "прозвонки" цепей (FAST) и проверки диодов (MEDium). При измерении частоты и периода это значение соответствует апертурному времени. Для функций измерения переменного напряжения и тока установки MEDium и SLOW не влияют на количество периодов сетевого напряжения (см. дальнейшие пояснения под заголовком "Ширина полосы частот").

### Ширина полосы частот

Установка скорости обновления показаний для измерения переменного напряжения и тока определяет установку полосы пропускания:

- SLOW: 3 Hz ? 300 kHz
- MEDium: 30 Hz ? 300 kHz
- FAST: 300 Hz ? 300 kHz

Здесь понятие "ширина полосы частот" используется для обозначения нижней границы полосы частот. При выборе варианта SLOW (3 Hz ? 300 kHz) сигнал пропускается через аналоговый преобразователь истинного среднеквадратического значения, выходной сигнал которого подается на быстродействующий (1 kHz) стробирующий аналого-цифровой преобразователь. Среднеквадратическое значение (с.к.з.) вычисляется путем обработки 1200 оцифрованных выборок (1,2 s).

При выборе варианта MEDium (30 Hz ? 300 kHz) используется та же схема, однако в этом случае для точного вычисления требуется лишь 120 выборок (120 ms), поскольку здесь ниже уровень пульсаций на выходе преобразователя истинного с.к.з.

При выборе варианта FAST (300 Hz ? 300 kHz) выходной сигнал преобразователя истинного с.к.з. представляет собой постоянное напряжение (практически свободное от пульсаций на этих частотах), которое измеряется непосредственно за один период сетевого напряжения (20 ms при частоте сети 50 Hz).

В таблице 4 перечислены установки скорости обновления показаний для различных измерительных функций. Вспомогательные индикаторы "FAST", "MED" и "SLOW" светятся только тогда, когда выполняются указанные в таблице условия. В остальных случаях они погашены.

Таблица 4 Установки скорости обновления показаний (RATE) для различных измерительных функций

Функция	Скорость обновления показаний (RATE)		
	FAST	MEDium	SLOW
DCV, DCI	NPLC = 0,1	NPLC = 1	NPLC = 10 * (5 **)
ACV, ACI	NPLC = 1, BW = 300	NPLC = X, BW = 30	NPLC = X, BW = 3
$\Omega 2W$ , $\Omega 4W$	NPLC = 0,1	NPLC = 1	NPLC = 10 * (5 **)
FREQ, PERIOD	APER = 1 s	APER = 1 s	APER = 1 s
dB, dBm (ACV)	NPLC = 1, BW = 300	NPLC = X, BW = 30	NPLC = X, BW = 3
dB, dBm (DCV)	NPLC = 0,1	NPLC = 1	NPLC = 10 * (5 **)
"Прозвонка" цепей	NPLC = 0,1	—	—
Проверка диодов	—	NPLC = 1	—

### Сокращенные обозначения:

- DCV измерение постоянного напряжения
- DCI измерение постоянного тока
- ACV измерение переменного напряжения
- ACI измерение переменного тока
- NPLC количество периодов сетевого напряжения
- BW нижняя граница полосы частот (в герцах)
- APER апертурное время
- X установка игнорируется

### 3.3 Операции запуска

В этом разделе описаны запуск с передней панели, программируемая задержка запуска, функция фиксации показаний и внешний запуск.

#### Модель запуска

Функциональная схема на рис. 17 иллюстрирует процедуру запуска, как она выглядит с передней панели. Это называется моделью запуска, поскольку запуск моделируется после команд SCPI, применяемых для управления запуском. Отметим, что для ручного переключения каналов и сканирования модель запуска содержит дополнительные блоки управления, описанные далее в разделе "Операции сканирования".

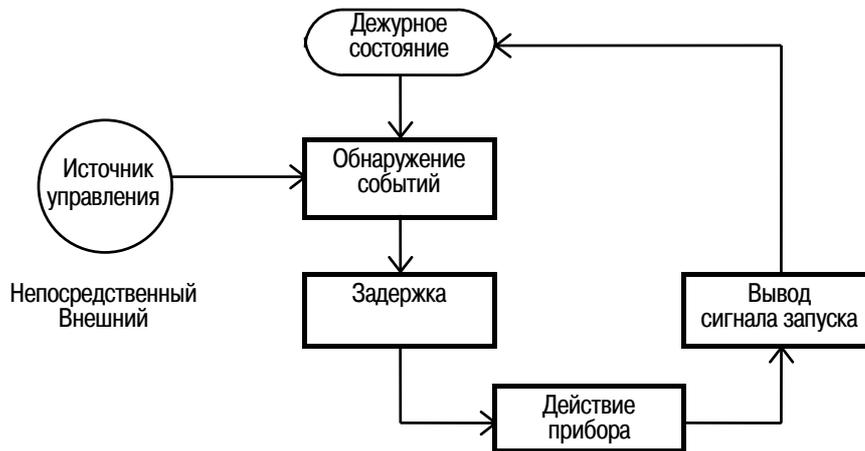


Рис. 17 Запуск с передней панели без ручного переключения каналов и сканирования

#### Дежурное состояние

Считается, что прибор находится в дежурном состоянии (в режиме ожидания) все время, пока не выполняются никакие функции измерения или сканирования. Со стороны передней панели считается, что прибор находится в дежурном состоянии в конце операции ручного переключения каналов или сканирования, когда индицируется показание для последнего канала. Чтобы возобновить запуск, воспользуйтесь клавишами SHIFT-HALT. Как только прибор будет выведен из дежурного состояния, он действует согласно приведенной выше функциональной схеме.

#### Источник управления и обнаружение событий

Источник управления приостанавливает функционирование, пока не появится и не будет обнаружено запрограммированное событие. Источники управления описываются следующим образом:

- Непосредственный – с этим источником управления обнаружение событий выполняется немедленно, что обеспечивает продолжение операций.
- Внешний – обнаружение событий выполняется для любого из трех состояний:
  - Принимается запускающий сигнал через канал запуска Trigger Link (EXT TRIG).
  - Принимается команда запуска по шине (GET или \*TRG).
  - Нажимается клавиша TRIG на передней панели. (Чтобы мультиметр мог реагировать на клавишу TRIG, его следует вывести из режима дистанционного управления. Для этого следует нажать клавишу LOCAL или передать по шине команду LOCAL 716).

#### Задержка

После обнаружения события может быть введена программируемая задержка. Ее можно задать вручную либо воспользоваться автоматическим выбором задержки. В режиме автоматического выбора задержки мультиметр выбирает ее в зависимости от функции и предела измерения. Значения задержки в режиме автоматического выбора перечислены в таблице 5. Для обращения к функции задержки следует нажать клавиши SHIFT-DELAY. Индицируется текущая установка задержки – AUTO (автоматическая) или MAN (ручная). Выберите тип задержки с помощью клавиш ▲ и ▼. При выборе варианта MANual введите значение длительности задержки. Максимально возможное значение:

99H:99M:99,999S (99 часов, 99 минут, 99,999 секунд)

Нажмите клавишу ENTER, чтобы подтвердить ввод, или клавишу EXIT, чтобы выйти без изменения.

Установка задержки на MANual для одной функции приводит к аналогичной установке для всех функций.

Таблица 5 Автоматические установки задержки у мультиметров типа 2000\* и 2010\*\*

Функция	Предел измерения и задержка							
	100 mV 1 ms	1 V 1 ms	10 V 1 ms	100 V 5 ms	1000 V 5 ms			
DCV (пост. напряжение)	100 mV 1 ms	1 V 1 ms	10 V 1 ms	100 V 5 ms	1000 V 5 ms			
ACV (перем. напряжение)	100 mV 400 ms	1 V 400 ms	10 V 400 ms	100 V 400 ms	750 V 400 ms			
FREQ (частота)	100 mV 1 ms	1 V 1 ms	10 V 1 ms	100 V 1 ms	750 V 1 ms			
DCI (постоянный ток)	10 mA 2 ms	100 mA 2 ms	1 A 2 ms	3 A 2 ms				
ACI (переменный ток)			1 A 400 ms	3 A 400 ms				
$\Omega 2W, \Omega 4W$ (сопротивление в 2- и 4-проводной схеме)	100 $\Omega$ * 3 ms	1 k $\Omega$ * 3 ms	10 k $\Omega$ * 13 ms *	100 k $\Omega$ * 25 ms *	1 M $\Omega$ * 100 ms *	10 M $\Omega$ * 150 ms *	100 M $\Omega$ * 250 ms *	
	10 $\Omega$ ** 3 ms	100 $\Omega$ ** 3 ms	1 k $\Omega$ ** 3 ms **	10 k $\Omega$ ** 13 ms **	100 k $\Omega$ ** 25 ms **	1 M $\Omega$ ** 100 ms **	10 M $\Omega$ ** 150 ms **	100 M $\Omega$ ** 250 ms **
Сопротивление ** в милливольтном режиме	10 $\Omega$ ** 3 ms **	100 $\Omega$ ** 13 ms **						
"Прозвонка" цепей		1 k $\Omega$ 3 ms						
Проверка диодов		1 mA 1 ms	100 $\mu$ A 1 ms	10 $\mu$ A 1 ms				

### Действия прибора

Первичным действием прибора является измерение. Однако функциональный блок "действие прибора" может включать в себя следующие дополнительные действия:

- **Фильтрация** – Если задействован фильтр с повторным усреднением, то прибор накапливает заданное количество отсчетов для вывода одного отфильтрованного результата измерения. Одиночный результат измерения выводится, если фильтр отключен, или после накопления заданного количества отсчетов для фильтра с текущим усреднением. Выход фильтра подается на фиксацию.
- **Фиксация** – Когда задействована фиксация (hold), то первый обработанный отсчет становится "затравочным" и операция закольцовывается внутри блока "действие прибора". После обработки следующего отсчета проверяется, попал ли он в выбранное окно (0,01%; 0,1%; 1% или 10%) относительно "затравочного" отсчета. Если отсчет попадает в окно, операция снова закольцовывается внутри блока "действие прибора". Эта закольцовка продолжается, пока в окно не попадет заданное количество (2 ? 100) последовательных отсчетов. Если один из отсчетов не попадет в окно, то прибор воспринимает новый "затравочный" отсчет и возобновляется процесс фиксации.
- **Замыкание канала** – При ручном переключении каналов или сканировании последнее действие прибора заключается в размыкании предыдущего канала (если он замкнут) и в замыкании следующего канала. Применение функции фиксации поддерживает автоматическую установку длительности переходных процессов для реле сканера. Каждое переключение реле перезапускает процесс фиксации; при этом отсчет для каждого канала не производится до завершения переходного процесса при переключении реле.

### Сигнал запуска

После действия прибора возникает выходной сигнал запуска, который можно снять с разъема TRIGGER LINK на задней панели мультиметра. Этот сигнал можно использовать для запуска некоторой операции у другого прибора (например, для выбора следующего канала при внешнем сканировании).

### Счетчики

Модель запуска для ручного переключения каналов и сканирования содержит дополнительные функциональные блоки для счета выборок (числа подлежащих сканированию каналов) и счета сигналов запуска. Эти счетчики рассмотрены далее в разделе 3.6.

## Фиксация показаний

Когда будет зарегистрирован отсчет для фиксации, как описано выше в подразделе "Действия прибора", подается звуковой сигнал (если он задействован) и этот отсчет (показание) считается "истинным результатом измерения". Это показание фиксируется на дисплее до тех пор, пока не возникнет состояние "вне окна" для перезапуска процесса фиксации.

При дистанционном управлении или сканировании функция фиксации ищет новую "затравку" после того, как она зарегистрирована, и разрешает индикацию. При управлении с передней панели функция фиксации не ищет новую "затравку", пока не будет снято состояние фиксации.

## Пример фиксации

1. Введите в действие функцию фиксации (HOLD), выберите процентное значение окна и введите число отсчетов.
2. Подключите измерительные концы к источнику сигнала. Как только сигнал установится так, чтобы выполнялось условие фиксации, появится индикация результата измерения и прозвучит звуковой сигнал (если он задействован).
3. Отсоедините измерительные концы, чтобы снять состояние фиксации. Теперь функция фиксации ищет новую "затравку".

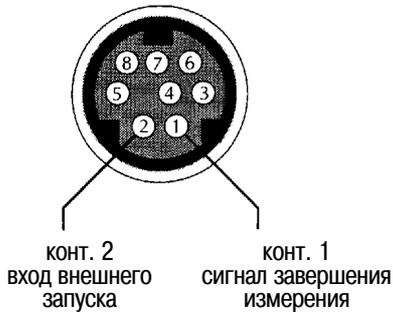
## Внешний запуск

Клавиша EXT TRIG выбирает запуск от двух внешних источников, какими являются канал запуска Trigger Link и клавиша TRIG. При нажатии клавиши EXT TRIG загорается вспомогательный индикатор "TRIG" и индицируются черточки, означающие, что прибор ждет внешнего запуска. Вы можете нажать клавишу TRIG на передней панели, чтобы произвести запуск одного показания. Повторное нажатие клавиши EXT TRIG возвращает прибор в режим непрерывного запуска.

В мультиметрах типа 2000 и 2010 используются два канала на контактах разъема TRIGGER LINK на задней панели: "вход внешнего запуска" (EXT TRIG) и "сигнал завершения измерения" – Voltmeter Complete (VMC). Канал EXT TRIG обеспечивает возможность запуска мультиметра от других приборов. Канал VMC обеспечивает возможность запуска других приборов от этого мультиметра.

В заводской установке конфигурации назначением контакта 1 разъема TRIGGER LINK является VMC, а назначением контакта 2 – EXT TRIG. (Изменение этой конфигурации описано в Руководстве по ремонту мультиметра типа 2000 и в Руководстве по техническому сервису мультиметра типа 2010). Расположение контактов разъема показано на рис. 18.

разъем на задней панели



Контакт	Назначение
1	сигнал завершения измерения (VMC)
2	вход внешнего запуска
3	не подключен <sup>1)</sup>
4	не подключен <sup>1)</sup>
5	не подключен <sup>1)</sup>
6	не подключен <sup>1)</sup>
7	сигнальный общий
8	сигнальный общий

<sup>1)</sup> Примечание:

Вместо конт. 1 в качестве выхода можно запрограммировать конт. 3 или 5.

Вместо конт. 2 в качестве входа можно запрограммировать конт. 4 или 6. (См. Руководство по ремонту мультиметра типа 2000 или Руководство по техническому сервису мультиметра типа 2010).

Рис. 18 Расположение контактов разъема TRIGGER LINK на задней панели

### Сигнал внешнего запуска

На вход EXT TRIG должен подаваться запускающий импульс в стандарте TTL с отрицательным передним фронтом, параметры которого указаны на рис. 19. Сигналы внешнего запуска в принципе могут быть использованы для управления измерительными операциями, однако для того, чтобы мультиметр реагировал на эти сигналы, следует соответствующим образом сконфигурировать модель запуска.

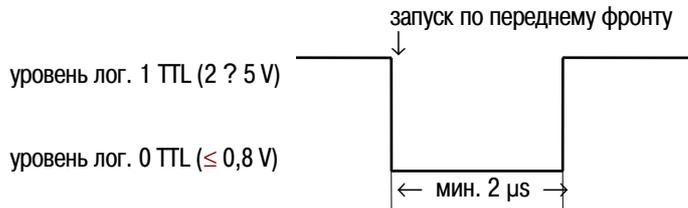


Рис. 19 Параметры импульса внешнего запуска (EXT TRIG) на входе разъема TRIGGER LINK

### Сигнал завершения измерения

На выходе VMC формируется импульс в стандарте TTL, который можно использовать для запуска других приборов. Параметры этого импульса указаны на рис. 20. Мультиметр обычно выводит этот запускающий импульс по завершении переходного процесса каждого измерения.

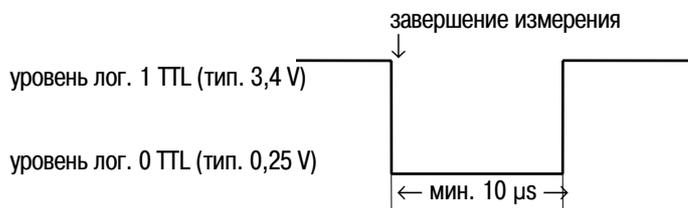


Рис. 20 Параметры запускающего импульса (VMC) на выходе разъема TRIGGER LINK

### Пример организации внешнего запуска

В типичной измерительной системе Вам может понадобиться замкнуть канал, затем измерить мультиметром сигнал испытываемого устройства, подключенного к этому каналу. На рис. 21 показана такая измерительная система, где мультиметр используется для измерения сигналов десяти испытываемых устройств (DUT), коммутируемых платой мультиплексора типа 7011 в коммутационной системе типа 7001/7002.

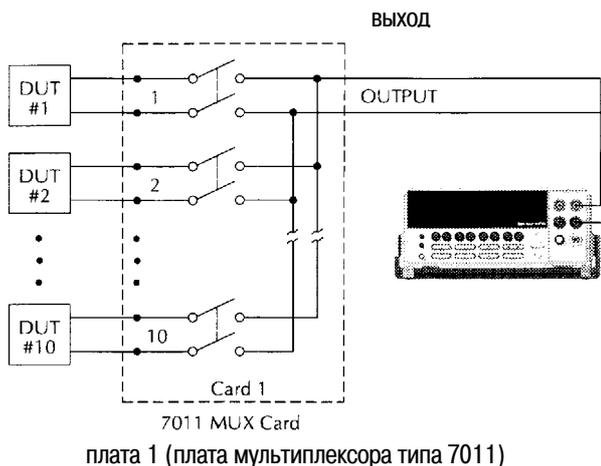


Рис. 21 Пример измерительной системы

Соединение для запуска в этой измерительной системе показано на рис. 22. Разъем Trigger Link мультиметра соединяется кабелем с разъемом Trigger Link (либо вход, либо выход) коммутационной системы типа 7001/7002. У коммутационной системы типа 7001/7002 "по умолчанию" действуют следующие установки запуска: канал запуска № 1 – вход, а канал запуска № 2 – выход. Это обеспечивает стыковку с мультиметром.

коммутационная система типа 7001 или 7002

мультиметр типа 2000 или 2010

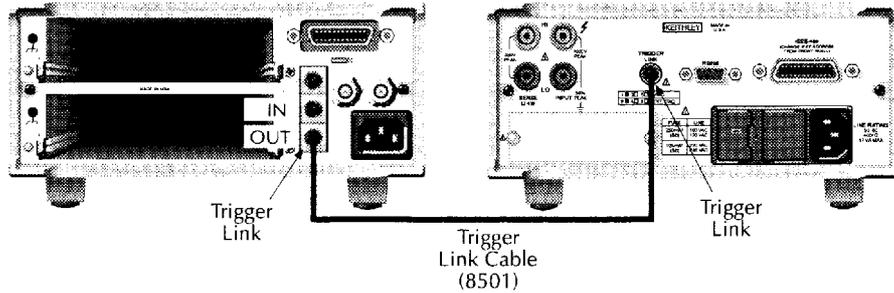


Рис. 22 Соединение для запуска

В данном примере мультиметр (типа 2000 или 2010) и коммутационная система типа 7001 или 7002 сконфигурированы следующим образом:

**Мультиметр:**

- Восстановлена заводская установка параметров "по умолчанию" (через клавиши SHIFT-SETUP).
- Внешнее сканирование, каналы 1 ? 10, без таймера, 10 отсчетов (установка через клавиши SHIFT-CONFIG).
- Внешний запуск (установка через клавишу EXT TRIG).

**Коммутационная система типа 7001 или 7002:**

- Восстановлена заводская установка параметров "по умолчанию".
- Список сканирования = 1!1-1!10.
- Количество прогонов сканирования = 1.
- Разделение каналов = TrigLink.

Чтобы выполнить измерения и занести результаты измерений в память мультиметра при его установке на внешний запуск, нажмите клавишу STEP или SCAN. Мультиметр ожидает сигнал внешнего запуска от коммутационной системы (светится вспомогательный индикатор "звездочка").

Нажмите клавишу STEP у коммутационной системы 7001/7002, чтобы вывести ее из дежурного состояния и начать сканирование. Выходной сигнал сканера запускает мультиметр, который должен произвести отсчет, занести результат в память и послать запускающий импульс. Дальнейшее рассмотрение действия измерительной системы базируется на ее функциональной модели, изображенной на рис. 23.

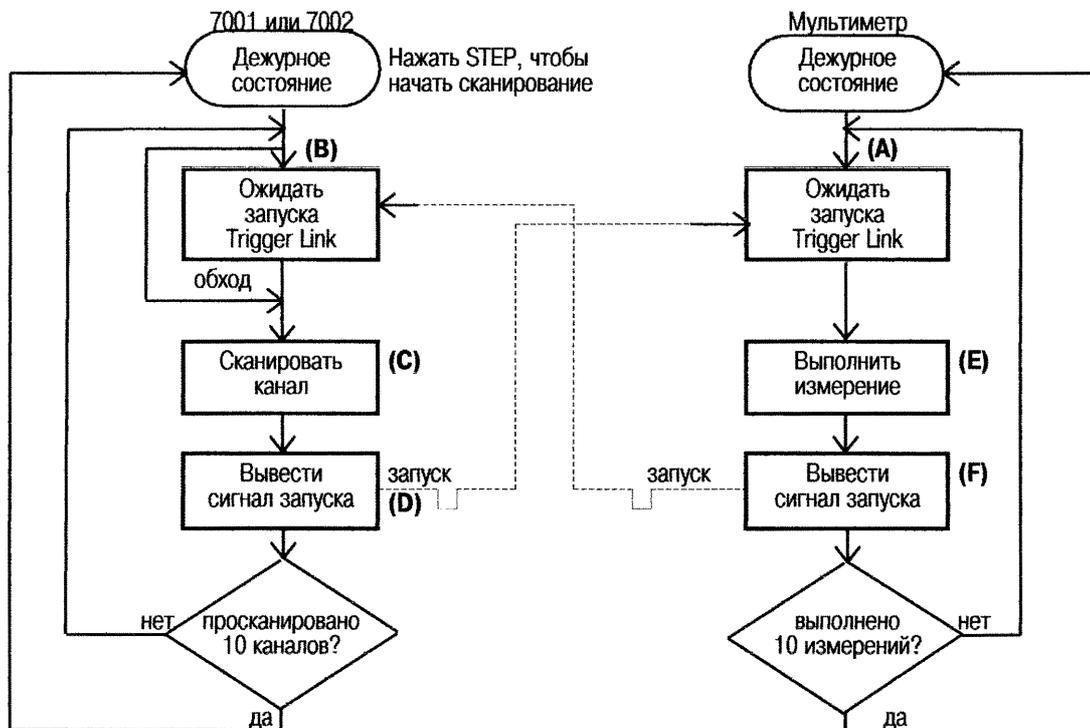


Рис. 23 Функциональная модель для примера организации запуска

- (A) Нажатие клавиши EXT TRIG, затем клавиши STEP или SCAN на мультиметре помещает его в точку (A) функциональной модели, где он ждет сигнала внешнего запуска.
- (B) Нажатие клавиши STEP выводит коммутационную систему 7001/7002 из дежурного состояния и помещает систему в точку (B) функциональной модели.
- (C) При первом проходе через эту функциональную схему сканер не ждет сигнала запуска в точке (B). Вместо этого он замыкает первый канал.
- (D) По завершении переходного процесса переключения реле коммутационная система выводит импульсный сигнал готовности канала (Channel Ready). Поскольку прибор запрограммирован на сканирование десяти каналов, то происходит возврат в точку (B), где он ждет входного сигнала запуска.
- (E), (F) Напомним, что мультиметр ждет сигнала запуска в точке (A). Импульсный сигнал готовности канала от системы 7001/7002 запускает мультиметр на измерение сигнала с испытываемого устройства (DUT) № 1 (точка (E)). По завершении измерения мультиметр выводит импульсный сигнал завершения измерения (точка (F)) и возвращается в точку (A), где снова ждет очередного сигнала запуска.

Сигнал завершения измерения, подаваемый на коммутационную систему 7001/7002 от мультиметра, замыкает следующий канал в цепи сканирования. Это запускает мультиметр на измерение сигнала от следующего испытываемого устройства. Этот процесс продолжается, пока не будет завершено сканирование и измерение всех каналов.

### Внешний запуск с разъемами BNC

Для соединения разъема TRIGGER LINK типа micro-DIN у мультиметра с приборами, оборудованными разъемами BNC на входе запуска, выпускается специальный адаптерный кабель. Кабель запуска типа 8503 с соединителями DIN - BNC оборудован соединителем micro-DIN на одном конце и двумя соединителями BNC на другом конце. Кабели BNC имеют маркировку VMC (канал запуска 1) и EXT TRIG (канал запуска 2).

На рис. 24 показан пример подключения сканера Keithley типа 706 к разъему TRIGGER LINK мультиметра типа 2000 или 2010 с помощью адаптерного кабеля. С этим адаптером вместо коммутационной системы типа 7001/7002 (как в предыдущем примере) можно использовать сканер типа 706. При установке сканера типа 706 на внешний запуск измерение начинается, когда будет выбран и инициализирован режим однократного прогона сканирования.

Если конфигурация каналов запуска у мультиметра отличается от заводской установки в результате внесенных изменений, то в качестве переходника для соединения с приборами, оборудованными соединителями BNC, следует использовать адаптер Trigger Link типа 8502, который содержит два соединителя micro-DIN и шесть соединителей BNC, по одному для каждого канала запуска.

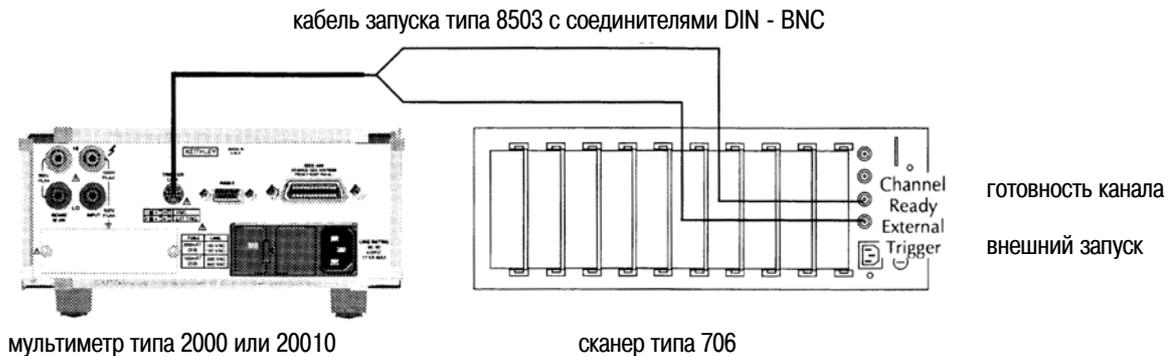


Рис. 24 Применение кабеля запуска с соединителями DIN - BNC

### 3.4 Операции с буфером памяти

Мультиметр содержит буфер для хранения от двух до 1024 результатов измерения и единиц измерения. Он запоминает также номер канала для результатов измерений при сканировании и результатов с перегрузкой. Помимо прочего, из буфера памяти можно вызвать такие данные статистики, как минимальное значение, максимальное значение, среднее значение и стандартное отклонение.

**Примечание:** Статистические расчеты не выполняются, если в буфере содержится результат измерения с перегрузкой.

Буфер заполняется требуемым количеством отсчетов (результатов измерений). Отсчеты помещаются в буфер после выполнения любых математических операций. Содержащиеся в буфере данные перезаписываются при каждой операции занесения в память. При выключении питания эти данные не сохраняются.

Ниже рассмотрены операции, связанные с занесением данных в буфер и с вызовом данных из буфера.

#### Занесение результатов измерений в буфер памяти

Для занесения результатов измерений в буфер памяти пользуйтесь следующей процедурой:

1. Установите нужную конфигурацию прибора.
2. Нажмите клавишу STORE.
3. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите нужное количество результатов измерений (отсчетов).
4. Нажмите клавишу ENTER. Процесс занесения в память индицируется вспомогательным индикатором " \* ", который гаснет по завершении этого процесса.

#### Вызов данных из буфера памяти

Чтобы вызвать из буфера памяти накопленные результаты измерений и статистику буфера, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу RECALL. Факт отображения данных из буфера памяти индицируется вспомогательным индикатором "BUFFER". Вспомогательный индикатор "↔" указывает на наличие данных, которые не помещаются на дисплее. Эти данные можно просматривать с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼.
2. Пользуйтесь этими клавишами, как показано на рис. 25, для перемещения по номерам отсчетов, измерительным данным и статистическим данным. Для всех статистических данных (максимальное, минимальное и среднее значение, а также стандартное отклонение) светится вспомогательный индикатор "STAT".
3. Чтобы вернуться к нормальной индикации, нажмите клавишу EXIT.

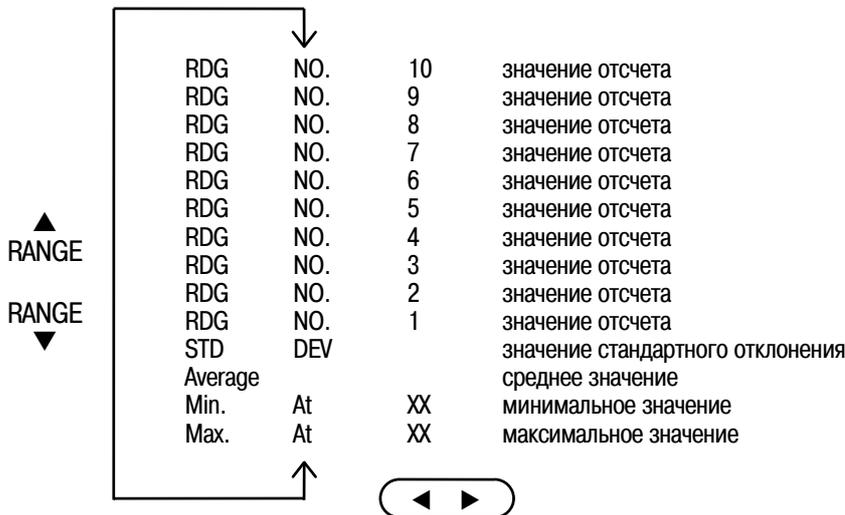


Рис. 25 Содержание буфера памяти

## Статистика буфера

Здесь MAX AT и MIN AT – это максимальное и минимальное значения данных в буфере, а AVERAGE – это среднее значение занесенных в буфер отсчетов. Для вычисления среднего значения используется следующая формула:

$$y = (\sum X_i) / n,$$

где  $x_i$  – занесенный в буфер отсчет  
 $n$  – количество занесенных в буфер отсчетов  
 сумма берется по  $i = 1$  до  $n$ .

STD DEV – это стандартное отклонение занесенных в буфер отсчетов. Для вычисления стандартного отклонения используется следующая формула:

$$y = \{[\sum X_i^2 - n^{-1} (\sum X_i)^2] / (n - 1)\}^{1/2},$$

где  $x_i$  – занесенный в буфер отсчет  
 $n$  – количество занесенных в буфер отсчетов  
 суммы берутся по  $i = 1$  до  $n$ .

**Примечание:** В мультиметре для математических вычислений используется формат представления чисел с плавающей запятой согласно IEEE-754.

## 3.5 Операции с предельными значениями

Эти операции устанавливают и контролируют значения, определяющие статус HI / IN / LO последующих измерений (HI = выше верхнего предела, IN = в пределах; LO = ниже нижнего предела). Пределы можно применять для всех измерительных функций, за исключением "прозвонки" цепей. Проверка пределов производится после математических операций вычисления  $mX+B$  и процентного значения. Префиксы единиц измерения задаются до проверки пределов, например:

- Нижний предел (LO) = -1,0; верхний предел (HI) = 1,0  
Показание 150 mV соответствует 0,15 V (IN).
- Нижний предел = -1,0; верхний предел = 1,0  
Показание 0,6 kΩ соответствует 600 Ω (HI).

Вы можете сконфигурировать вольтметр на подачу звукового сигнала в тех случаях, когда показания находятся в пределах или вне пределов.

### \* Установка предельных значений у мультиметра типа 2000

Для установки верхнего и нижнего предельных значений действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавиши SHIFT-LIMITS, чтобы вывести на индикацию текущее значение верхнего предела:  
 HI:+1.000000 ^  
 Это значение представляет собой абсолютное значение для данной функции.
2. Введите нужное значение с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼. Поместите курсор в крайнюю правую позицию и используйте клавиши ▲ и ▼ для перемещения десятичной точки.
3. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на индикацию текущее значение нижнего предела:  
 LO:-1.000000 ^  
 Это значение представляет собой абсолютное значение для данной функции.
4. Введите нужное значение нижнего предела. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к нормальной индикации.

### \*\* Установка предельных значений у мультиметра типа 2010

Для установки верхних и нижних предельных значений действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавиши SHIFT-LIMITS, чтобы вывести на индикацию текущее значение первого верхнего предела HI1:  
 HI1:+1.000000 ^  
 Это значение представляет собой абсолютное значение для данной функции.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ переместите курсор на цифровое поле. Введите нужное значение с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼. Поместите курсор в крайнюю правую позицию (^) и используйте клавиши ▲ и ▼ для перемещения десятичной точки.

3. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на индикацию текущее значение первого нижнего предела LO1:  
LO1:-1.000000 ^  
Это значение представляет собой абсолютное значение для данной функции.
4. Введите нужное значение этого нижнего предела.
5. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на индикацию текущее значение второго верхнего предела HI2:  
HI2:+2.000000 ^  
Это значение представляет собой абсолютное значение для данной функции.
6. Введите нужное значение для этого верхнего предела.
7. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на индикацию текущее значение второго нижнего предела LO2:  
LO2:-2.000000 ^  
Это значение представляет собой абсолютное значение для данной функции.
8. Введите нужное значение этого нижнего предела. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к нормальной индикации.

### Ввод в действие операций с пределами

Чтобы задействовать операции с пределами, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавиши SHIFT-ON/OFF, чтобы вывести на индикацию текущий статус звуковой сигнализации:  
BEEP: NEVER (звуковой сигнал не подается ни при каких условиях)
2. С помощью клавиш ▲ и ▼ Вы можете изменить статус звуковой сигнализации (NEVER – нет, OUTSIDE – за пределами, INSIDE – в пределах). В заключение нажмите клавишу ENTER.

Когда мультиметр вернется к нормальной индикации, то наряду с показаниями будет индицироваться статус HI/IN/LO. Чтобы отменить контроль пределов, снова нажмите клавиши SHIFT-ON/OFF. Пример использования контроля пределов для сортировки резисторов показан на рис. 26.

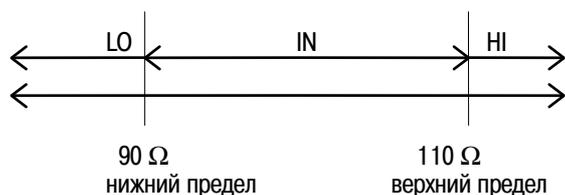


Рис. 26 Применение контроля пределов для сортировки резисторов 100 Ω, 10%

### \*\* Мультиметр типа 2010:

Подсистема CALC3:LiMit2 имеет в своем распоряжении такие же команды, как и подсистема CALC3:LiMit[1]. При управлении с передней панели используется одно и то же меню для контроля состояния звуковой сигнализации и состояний (вне пределов, в пределах) для обоих наборов пределов. Поскольку здесь применяется один и тот же звуковой сигнализатор, то для этих двух наборов пределов используются два различных тональных сигнала, однако первый набор пределов является приоритетным.

#### Пример:

Включите прибор с установкой пределов "по умолчанию" (HLIM1 = +1; LLIM1 = -1; HLIM2 = +2; LLIM2 = -2). Установите подачу звукового сигнала для состояния "в пределах". Подайте на вход прибора напряжение 0,9 V. Звучит высокий тональный сигнал. Если поднять напряжение свыше 1 V, то входной сигнал выйдет за пределы первого набора пределов, но останется в пределах второго набора. При этом тональность звукового сигнала понизится, указывая на то, что входной сигнал все еще находится в пределах второго набора пределов.

Примечание: Набор пределов Limit 1 пользуется приоритетом перед набором пределов Limit 2, когда звуковая сигнализация установлена на состояние "OUTSIDE". Тональность звукового сигнала не меняется.

### 3.6 Операции сканирования

Мультиметры типа 2000 и 2010 можно использовать со встроенной сканерной платой (типа 2000 SCAN или 2001-TC-SCAN) или с внешними сканерными платами, установленными в коммутационных блоках типа 707, 7001 или 7002. Ниже обсуждаются различные аспекты применения сканирования у мультиметров типа 2000 и 2010.

#### Общие сведения о сканировании

Сканер дает Вам возможность подключать к мультиметру ряд источников сигнала для измерений. Возможности управления каналами и сканирования зависят от применяемой сканерной платы (встроенная или внешняя), а также от возможностей самой сканерной платы. Конкретная информация о подключении содержится в документации, прилагаемой к сканерным платам.

#### Применение встроенных сканерных плат

Дополнительная сканерная плата типа 2000-SCAN обеспечивает возможность ручного переключения или сканирования до десяти двухполюсных каналов или пяти четырехполюсных каналов.

Дополнительная термодпарная сканерная плата общего назначения типа 2001-TCSCAN обеспечивает возможность мультиплексирования одного из девяти двухполюсных или одного из четырех четырехполюсных аналоговых сигналов (а также любой комбинации двух- или четырехполюсных аналоговых сигналов) на вход мультиметра.

#### Применение внешних сканерных плат

При использовании внешних каналов коммутационный блок управляет размыканием и замыканием отдельных каналов. Для синхронизации измерений мультиметра с замыканием внешних каналов используют соответствующие кабели запускающих сигналов Trigger Link между мультиметром и коммутационным прибором. Подробные сведения о применении внешнего запуска с соответствующим примером приведены в разделе 3.3.

#### Органы управления сканером на передней панели

Помимо рассмотренных ранее клавиш управления запуском, на передней панели имеются следующие клавиши, позволяющие управлять сканером:

- Клавиши ◀ и ▶ – обеспечивают возможность ручного переключения последовательных каналов встроенной сканерной платы.
- Клавиши OPEN и CLOSE – обеспечивают возможность выборочного размыкания и замыкания каналов встроенной платы.
- Клавиши SHIFT-CONFIG – выбор внутреннего или внешнего сканирования, список сканирования, интервал времени между прогонами сканирования и число отсчетов.
- Клавиша STEP – запуск операции ручного переключения последовательных каналов, когда после каждого замыкания канала передается выходной сигнал запуска.
- Клавиша SCAN – запуск операции сканирования последовательных каналов, когда выходной сигнал запуска передается в конце списка сканирования.
- Клавиши SHIFT-HALT – остановка ручного переключения или сканирования и возврат модели запуска к несканирующему режиму.

#### Применение клавиш ◀ и ▶

Клавиши ◀ и ▶ можно использовать для ручного последовательного переключения каналов на внутренней сканерной плате. При наличии в мультиметре установленной в гнездо для опций сканерной платы клавишу ▶ нажимают для увеличения номера канала, а клавишу ◀ – для уменьшения номера канала. Светится вспомогательный индикатор замкнутого канала. Для непрерывного сканирования каналов следует нажать и удерживать одну из этих клавиш. Чтобы разомкнуть все каналы, нажимают клавишу OPEN.

#### Применение клавиш OPEN и CLOSE

Клавиши OPEN и CLOSE управляют каналами только на встроенной сканерной плате. Эти клавиши позволяют Вам непосредственно:

- замкнуть определенный канал (или пару каналов при измерении сопротивления в четырехпроводной схеме);
- немедленно разомкнуть любой замкнутый внутренний канал (или пару каналов при измерении сопротивления в четырехпроводной схеме).

При наличии в мультиметре установленной в гнездо для опций сканерной платы нажатие клавиши CLOSE приводит к появлению на дисплее следующего приглашения:

CLOSE CHAN:01 (замкнуть канал 01)

С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите индикацию нужного канала (1 ? 10) и нажмите клавишу ENTER. Наряду с нормальными показаниями на передней панели светится вспомогательный индикатор замкнутого канала. Если при наличии замкнутого канала выбрать другой канал, то текущий канал размыкается, а выбранный канал замыкается по истечении времени, необходимого для завершения переходного процесса.

Реле каналов замыкаются в соответствии с выбранной в данный момент функцией. В случае выбора четырехпроводной функции замыкается как реле выбранного канала, так и реле соответствующей пары. Фиксированными четырехполюсными парами реле являются:

- 1 и 6 (это не относится к сканерной плате типа 2001-TCSCAN)
- 2 и 7
- 3 и 8
- 4 и 9
- 5 и 10

Нажатие клавиши OPEN приводит к немедленному размыканию любого замкнутого канала сканерной платы или пары каналов в случае измерения сопротивления в четырехпроводной схеме.

### Дополнение модели запуска ручным переключением каналов и сканированием

Описанная в разделе 3.3 модель запуска при сканировании и ручном переключении каналов дополняется рядом особенностей, которые перечислены ниже.

- Таймер – С этим источником управления обнаружение события немедленно выполняется на первоначальном прогоне. Каждое следующее обнаружение выполняется по истечении запрограммированного для таймера интервала времени (вплоть до 99H:99M:99,99S = 99 часов, 99 минут, 99,99 секунд).
- Счетчик показаний (отсчетов) – Как для ручного переключения каналов, так и для сканирования можно ввести заданное число отсчетов через SHIFT-CONFIG. (Это называется счетчиком сигналов запуска по шине). Счетчик показаний может действовать в обход дежурного состояния. Режим ожидания сохраняется до тех пор, пока не возникнет событие, запрограммированное источником управления.
- Счетчик каналов – При сканировании используется длина списка сканирования (максимальный номер канала минус минимальный номер канала) для обхода источника управления, чтобы получить определенное число действий прибора. (Этот счетчик называется счетчиком выборов по шине).

Эти дополнительные функциональные блоки показаны на рис. 27 и 28. Применение таймера в качестве источника управления, счетчика показаний и счетчика каналов описано далее на примерах сканирования.



Рис. 27 Запуск с передней панели с ручным переключением каналов

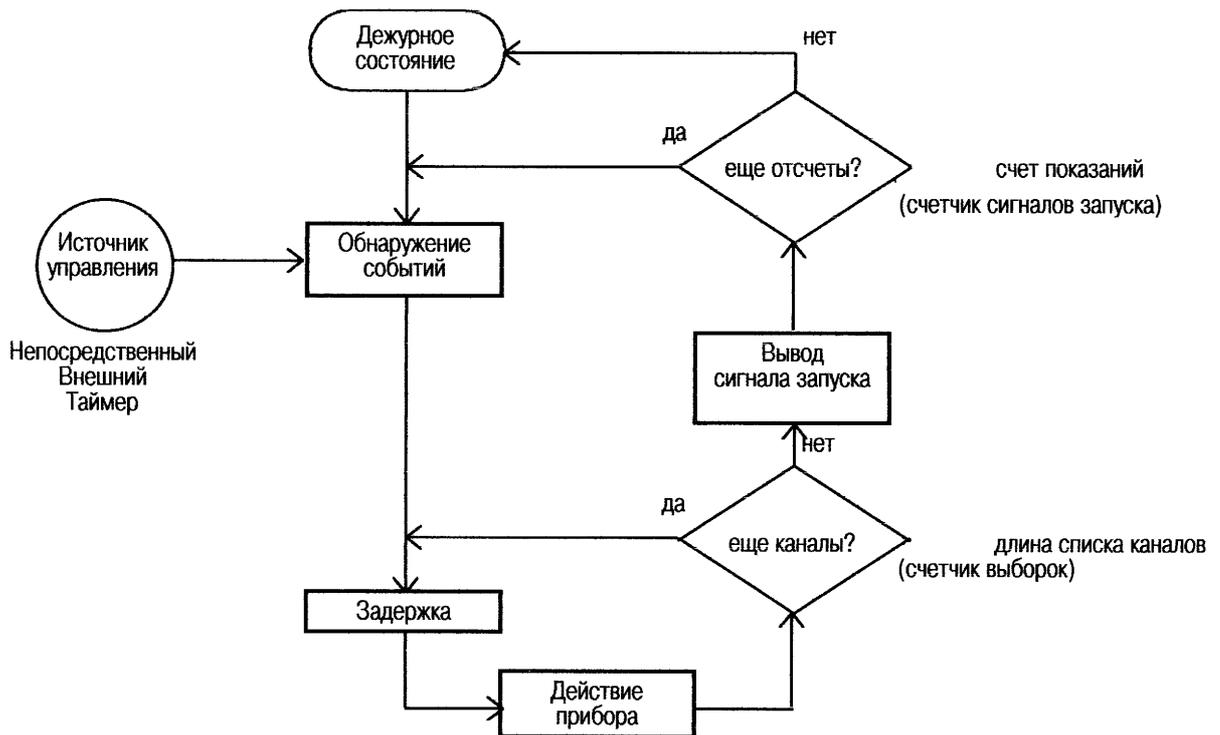


Рис. 28 Запуск с передней панели со сканированием

### Применение клавиш SHIFT-CONFIG для конфигурирования ручного переключения каналов и сканирования

С помощью комбинации клавиш SHIFT-CONFIG Вы можете выбрать внутреннее или внешнее сканирование, минимальный и максимальный номер канала в списке сканирования, интервал времени между прогонами сканирования, а также число показаний.

Чтобы сконфигурировать ручное переключение каналов или сканирование, действуйте следующим образом:

1. Выберите нужную измерительную функцию.
2. Нажмите клавиши SHIFT-CONFIG, чтобы обратиться к конфигурации ручного переключения каналов и сканирования.
3. С помощью клавиш ▲ и ▼ выберите тип сканирования (INTernal – внутреннее или EXTernal – внешнее) и нажмите клавишу ENTER.
4. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите первый канал в списке сканирования (MINimum CHANnel) и нажмите клавишу ENTER.
5. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите последний канал в списке сканирования (MAXimum CHANnel) и нажмите клавишу ENTER для подтверждения выбора.
6. Следующий выбор – это хронированное сканирование. Это таймер в качестве источника управления в модели запуска. Он устанавливает задаваемый пользователем интервал времени для запуска сканирования. Если Вы выбираете хронированное сканирование, то получаете запрос на ввод временного интервала:

00H:00M:00.00S

С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите временной интервал и нажмите клавишу ENTER для подтверждения выбора.

7. Теперь Вы получаете запрос на ввод числа показаний (отсчетов) RDG CNT. Это число может быть меньше или больше длины списка сканирования (до 1024) либо же равным длине списка. Эти показания заносятся в буфер памяти. Роль этих установок описана ниже в примерах сканирования.
8. В заключение нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к нормальной индикации. Имейте в виду, что результаты измерений при сканировании всегда хранятся в буфере памяти, вплоть до установки для RDG CNT.

## Примеры сканирования

Следующие примеры демонстрируют применение числа показаний, хронированного сканирования, задержки и внешнего сканирования.

### Счетчики

Одним из пунктов конфигурации для ручного переключения каналов (STEP) и сканирования (SCAN) является число показаний (отсчетов). Влияние на эти операции различных установок параметра RDG CNT (число отсчетов) проиллюстрировано на рис. 29.

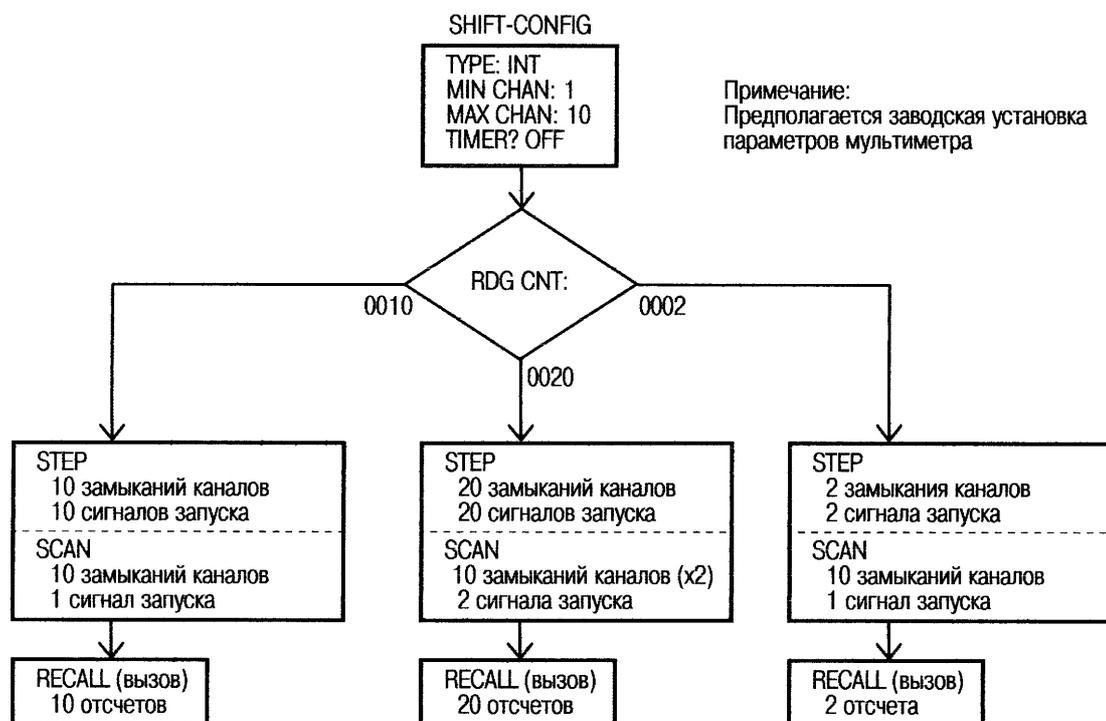


Рис. 29 Пример внутреннего сканирования с использованием счета показаний

- Когда число показаний (0010) равно длине списка сканирования (10), операция STEP последовательно замыкает десять каналов и посылает сигнал запуска после каждого канала. Операция сканирования (SCAN) также последовательно замыкает десять каналов, но посылает сигнал запуска только в конце сканирования.
- Когда число показаний (0020) превышает длину списка сканирования (10), то переключение каналов (STEP) вызывает 20 замыканий каналов и 20 сигналов запуска. Операция сканирования также делает два прогона по списку сканирования, но посылает сигнал запуска только в конце каждого прогона.
- Когда число показаний (0002) меньше длины списка сканирования, то операция переключения каналов вызывает два замыкания каналов и два сигнала запуска. Операция сканирования делает прогон по списку сканирования и посылает сигнал запуска, однако в буфер памяти заносятся только два показания (отсчета).

**Примечание:** Если результат деления числа показаний на длину списка не является целочисленным, он округляется в большую сторону. Например, при числе показаний 15 и длине списка 10 операция сканирования посылает два сигнала запуска.

В таблице 6 представлено различие команд шины для счетчиков при сканировании и ручном переключении каналов.

Таблица 6 Параметры команд шины для счетчиков при сканировании и переключении каналов

Операция	:SAMPle:COUNT	:TRIGger:COUNT
STEP	1	число показаний
SCAN	длина списка сканирования	(число показаний) / (длина списка сканирования)

## Хронирование

Другим пунктом конфигурации для переключения каналов (STEP) и сканирования (SCAN) является хронирование замыкания каналов. Влияние на эти операции различных установок параметров TIMER и DELAY (задержка) проиллюстрировано на рис. 30. Это соответствует источнику управления "таймер" и функциональному блоку "задержка" у моделей запуска, показанных на рис. 27 и 28.

- Когда таймер включен (ON) и установлен на пять секунд, а задержка установлена на AUTO, каналы переключаются с пятисекундными интервалами, причем после каждого замыкания посылается сигнал запуска. Операция сканирования десяти каналов выполняется немедленно с подачей сигнала запуска в конце прогона сканирования.
- Когда таймер выключен (OFF), а задержка установлена на MANUAL для пяти секунд, то действует одинаковое хронирование при переключении каналов и при сканировании. Разница заключается в количестве сигналов запуска. При переключении каналов сигнал запуска посылается после каждого замыкания канала, а при сканировании — в конце прогона сканирования.

Когда задействованы как таймер, так и задержка, то таймер не запускается до истечения времени задержки. Например, если таймер запрограммирован на две минуты, а задержка — на десять секунд, то таймер не запускается в течение 10 секунд после нажатия клавиши SCAN. Каждый последовательный прогон сканирования производится в 2:10, 4:10 и т.д.

Если суммарная задержка в каждом прогоне сканирования равна установке таймера или превышает ее, то состояние таймера не имеет значения и поэтому игнорируется.

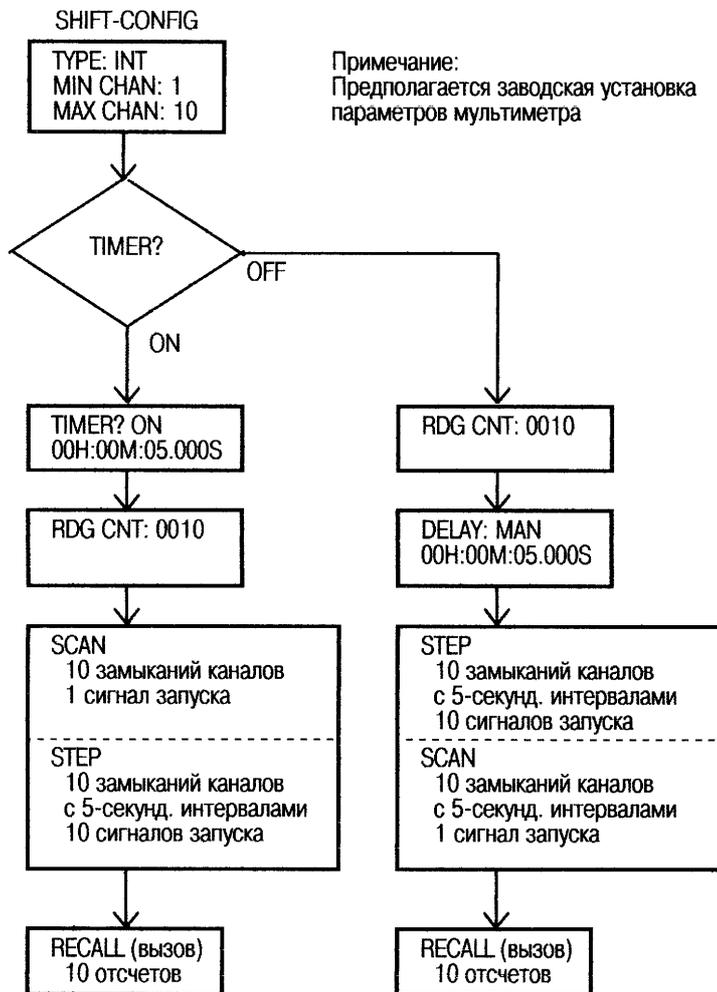


Рис. 30 Пример внутреннего сканирования с использованием таймера и задержки

### Внешнее сканирование

На рис. 31 показан пример операций на передней панели по конфигурированию внешнего сканирования. Подключение сигнальных цепей и цепей запуска описано в разделе 3.3. Предполагается, что у обоих приборов действуют заводские установки параметров. Установите мультиметр на нужную измерительную функцию.

- (1) На коммутационной системе типа 7001 введите список каналов 1 ? 10 на плате 1.
- (2) На коммутационной системе типа 7001 установите конфигурацию на запуск Trigger Link и один прогон сканирования десяти каналов.
- (3) На мультиметре установите конфигурацию внешнего сканирования первых десяти каналов.
- (4) Установите мультиметр на внешний запуск нажатием клавиши EXT TRIG. На дисплее появляются черточки.
- (5) Нажмите у мультиметра клавишу STEP или SCAN. Загораются вспомогательные индикаторы " \* ", "STEP" или "SCAN".
- (6) Нажмите клавишу STEP на коммутационной системе типа 7001, чтобы инициировать замыкание каналов.
- (7) После сканирования Вы можете вызвать десять результатов измерений из буфера памяти мультиметра.

**Примечание:** При использовании внешней термпарной сканерной платы и канала 1 в качестве реперного мультиметр распознает канал 1 только тогда, когда производится сканирование или ручное переключение каналов. При использовании коммутационной системы типа 7001 или 7002 для замыкания канала 1 вручную мультиметр не интерпретирует этот канал в качестве реперного стыка без операции ручного переключения каналов или сканирования.

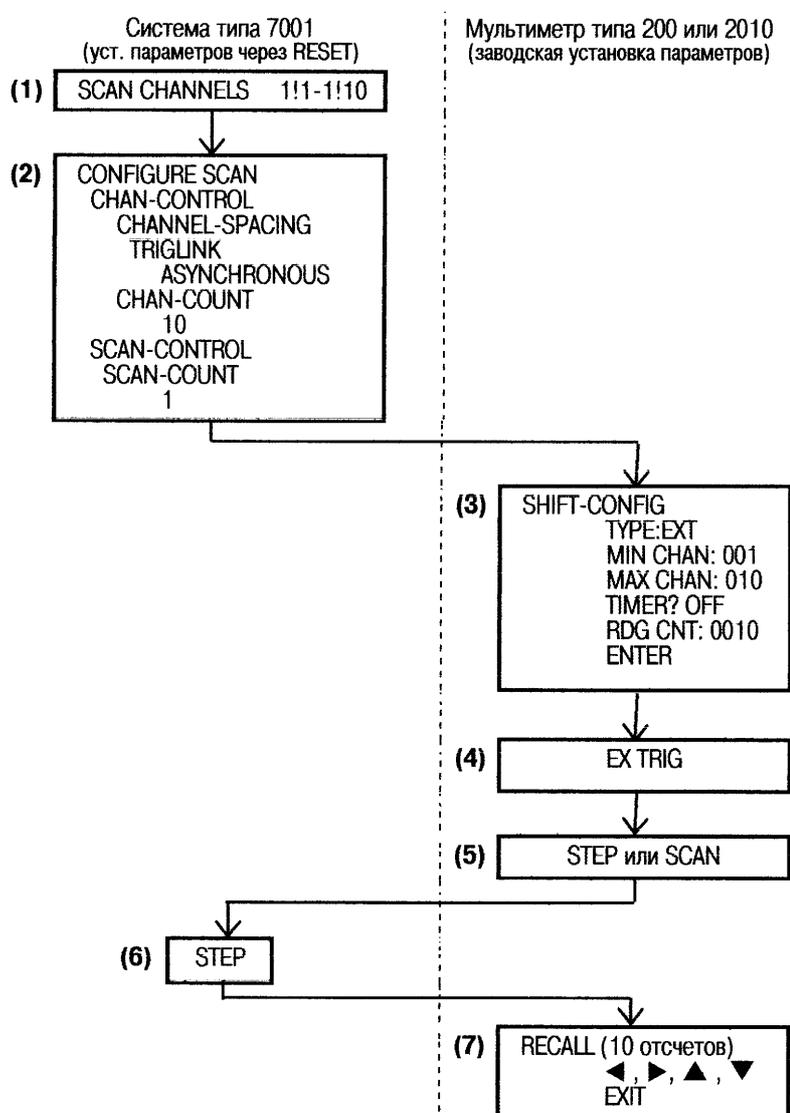


Рис. 31 Пример внешнего сканирования с коммутационной системой типа 7001

## 3.7 Системные операции

### Самопроверка

Варианты выбора через клавишу TEST используются в качестве средств диагностики для устранения проблем, возникающих при работе с мультиметром. Информация о применении этих процедур содержится в дополнительном Руководстве по ремонту мультиметра типа 2000 и Руководстве по техническому сервису мультиметра типа 2010.

### Калибровка

Варианты выбора через клавишу CAL используются для просмотра даты последней и следующей калибровки, для выполнения калибровки, а также для просмотра данных о количестве выполненных калибровок. Некоторые из этих пунктов защищены паролем во избежание несанкционированного изменения калибровочных констант.

Для просмотра дат калибровки нажмите клавиши SHIFT-CAL. У запроса DATES нажмите клавишу ENTER. Первая дата – это дата последней выполненной калибровки. Дата NDUE – это дата следующей калибровки.

Доступ к процедуре калибровки защищен паролем. За подробностями обращайтесь к Руководству по калибровке мультиметра типа 2000 или к Руководству по техническому сервису для мультиметра типа 2010.

Для вывода на дисплей данных о количестве выполненных калибровок нажмите клавишу ENTER у запроса COUNT.

## Приложение А Технические характеристики

### А.1 Технические характеристики мультиметра типа 2000

#### Характеристики при измерениях на постоянном токе

##### Условия:

Средняя (1 PLC)<sup>1</sup> или низкая (10 PLC) скорость обновления показаний, либо средняя (1 PLC) скорость обновления показаний при использовании фильтра с усреднением 10 отсчетов.

##### Погрешность:

Погрешность выражается как  $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})$ ;  $1 \cdot 10^{-6} = 0,0001\%$ .

Функция	Предел измерений Разрешающая способность		Измерительный ток или падение напряжения	Погрешность, ед. $10^{-6}$				Темпер. коэфф. 0 ? 18°C и 28 ? 50°C	
				Входное сопротивление	24 часа <sup>14</sup> 23 ± 1°C	90 суток 23 ± 5°C	1 год 23 ± 5°C		
Напряжение	100,0000	mV	0,1 $\mu$ V		> 10 G $\Omega$	30 + 30	40 + 35	50 + 35	2 + 6
	1,000000	V	1,0 $\mu$ V		> 10 G $\Omega$	15 + 6	25 + 7	30 + 7	2 + 1
	10,00000	V	10 $\mu$ V		> 10 G $\Omega$	15 + 4	20 + 5	30 + 5	2 + 1
	100,0000	V	100 $\mu$ V		10 M $\Omega$ ± 1%	15 + 6	30 + 6	45 + 6	5 + 1
	1000,000	V <sup>9</sup>	1 mV		10 M $\Omega$ ± 1%	20 + 6	35 + 6	45 + 6	5 + 1
Сопротивление <sup>15</sup>	100,0000	$\Omega$	100 $\mu$ $\Omega$	1 mA		30 + 30	80 + 40	100 + 40	8 + 6
	1,000000	k $\Omega$	1 m $\Omega$	1 mA		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	10,00000	k $\Omega$	10 m $\Omega$	100 $\mu$ A		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	100,0000	k $\Omega$	100 m $\Omega$	10 $\mu$ A		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	1,000000	M $\Omega$	1 $\Omega$	10 $\mu$ A		20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	10,00000	M $\Omega$ <sup>11</sup>	10 $\Omega$	700 nA // 10 M $\Omega$		150 + 6	200 + 10	400 + 10	25 + 1
	100,0000	M $\Omega$ <sup>11</sup>	100 $\Omega$	700 nA // 10 M $\Omega$		800 + 30	1500 + 30	1500 + 30	150 + 1
Ток	10,00000	mA	10 nA	< 0,15 V		60 + 15	300 + 40	500 + 40	50 + 5
	100,0000	mA	100 nA	< 0,03 V		100 + 150	300 + 400	500 + 400	50 + 50
	1,000000	A	1 $\mu$ A	< 0,3 V		200 + 15	500 + 40	800 + 40	50 + 5
	3,00000	A	10 $\mu$ A	< 1 V		1000 + 10	1200 + 15	1200 + 15	50 + 5
Прозвонка цепей в 2-проводной схеме	1 k $\Omega$	100 m $\Omega$	1 mA		40 + 100	100 + 100	120 + 100	8 + 1	
Проверка диодов	3,00000	V	10 $\mu$ V	1 mA		20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1
	10,00000	V	10 $\mu$ V	100 $\mu$ A		20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1
	10,00000	V	10 $\mu$ V	1 $\mu$ A		20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1

#### Рабочие характеристики при измерениях на постоянном токе<sup>2</sup>

Функция	Количество разрядов индикации	Скорость обновления показаний, в секунду	Количество периодов сетевого напряжения (PLC) <sup>8</sup>
Постоянное напряжение (все пределы)	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>3,4</sup>	5	10
Постоянный ток (все пределы)	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>3,7</sup>	30	1
и сопротивление (предел < 10 M)	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>3,5</sup>	50	1
	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>3,5</sup>	270	0,1
	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>5</sup>	500	0,1
	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>5</sup>	1000	0,04
	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>5</sup>	2000	0,01

**Характеристики быстродействия системы измерений на постоянном токе<sup>2,6</sup>**

Частота переключения пределов измерения <sup>3</sup>	50 / s
Частота переключения функций <sup>3</sup>	45 / s
Длительность автоматического выбора предела <sup>3, 10</sup>	< 30 ms
Вывод отсчетов в коде ASCII на RS-232 (19,2 кбод)	55 / s
Макс. частота повторения внутренних сигналов запуска	2000 / s
Макс. частота повторения внешних сигналов запуска	500 / s

**Общие характеристики при измерениях на постоянном токе**

Погрешность от нелинейности на пределе 10 VDC	$\pm (2 \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел})$
Защита входа при измерении постоянного напряжения, сопротивления, температуры, при "прозвонке" цепей и проверке диодов	1000 V, все пределы измерения
Максимальное сопротивление проводов в четырехпроводной схеме измерения сопротивления	10% от предела измерения для каждого провода на пределах измерения 100 $\Omega$ и 1 к $\Omega$ ; 1 к $\Omega$ для каждого провода на всех остальных пределах.
Защита токового входа при измерении постоянного тока	предохранитель 3 A, 250 V
Сопротивление токового шунта	0,1 $\Omega$ для пределов 3 A, 1 A и 100 mA 10 $\Omega$ для предела 10 mA
Пороговое значение для "прозвонки" цепей	устанавливается в пределах 1 $\Omega$ ? 1000 $\Omega$
Погрешность при выключении автокоррекции нуля	дополнит. $\pm (2 \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел} + 5 \mu\text{V})$ за время < 10 минут и при изменении температуры $\pm 1^\circ\text{C}$
Перегрузка	120% от предела измерения, за исключением пределов 1000 V, 3 A и функции проверки диодов

**Подавление шумов и помех в зависимости от скорости обновления показаний**

Скорость обновления показаний		Количество разрядов индикации	С.к.з. шумов на пределе 10 V	Подавление помех нормального вида <sup>12</sup>	Подавление синфазных помех <sup>13</sup>
Кол-во периодов сетевого напряжения	Количество показаний в секунду				
10 PLC	5	6 1/2	< 1,5 $\mu\text{V}$	60 dB	140 dB
1 PLC	50	6 1/2	< 4 $\mu\text{V}$	60 dB	140 dB
0,1 PLC	1000	5 1/2	< 22 $\mu\text{V}$	—	80 dB
0,01 PLC	2000	4 1/2	< 150 $\mu\text{V}$	—	80 dB

**Примечания к характеристикам при измерениях на постоянном токе:**

- К характеристикам погрешности, выраженной в ед.  $10^{-6}$  от предела измерения, следует прибавить следующие значения:  
 $2 \cdot 10^{-6}$ , пределы 1 V и 100 V;  $15 \cdot 10^{-6}$ , предел 100 mV;  
 $15 \cdot 10^{-6}$ , предел 100  $\Omega$ ;  $2 \cdot 10^{-6}$ , предел < 1 M $\Omega$ ;  
 $2 \cdot 10^{-6}$ , пределы 10 mA и 1 A;  $20 \cdot 10^{-6}$ , предел 100 mA.
- Данные по быстродействию при частоте сетевого напряжения 60 Hz и при заводской установке параметров (\*RST); автоматический выбор предела измерений выключен; дисплей выключен, задержка запуска = 0.
- Быстродействие указано с учетом измерения и передачи двоичных данных по шине GPIB.
- Автокоррекция нуля выключена.
- Число выборок = 1024, автокоррекция нуля выключена.
- Автокоррекция нуля выключена, количество периодов сетевого напряжения NPLC = 0,01.
- Измерение сопротивления = 24 отсчетов в секунду.
- 1 PLC = 16,67 ms при частоте сети 60 Hz или 20 ms при частоте сети 50 Hz / 400 Hz.  
Частота автоматически определяется при включении питания.
- Для уровней сигнала > 500 V дополнительная погрешность составляет  $0,02 \cdot 10^{-6}$  на каждый вольт свыше 500 V.
- Дополнительно 120 ms при измерении сопротивления.
- Сопротивления проводов на входах HI и LO должны совпадать с погрешностью 10%.
- Для частоты сетевого напряжения с допуском  $\pm 0,1\%$ .
- Для разбаланса 1 к $\Omega$  в проводе LO.
- По отношению к погрешности калибровки.
- Характеристики для измерения сопротивления в 4-проводной схеме или в 2-проводной схеме с функцией REL.

### Характеристики при измерении истинного среднеквадратического значения переменного напряжения и тока

Предел измерения напряжения	Разрешающая способность	Период калибровки	Погрешность <sup>1</sup> : ± (% от показания + % от предела измерения), 23°C ± 5°C				
			3 Hz - 10 Hz	10 Hz - 20 kHz	20 kHz - 50 kHz	50 kHz - 100 kHz	100 kHz - 300 kHz
100,0000 mV	0,1 μV	90 суток	0,35 + 0,03	0,05 + 0,03	0,11 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
1,000000 V	1,0 μV						
10,00000 V	10 μV	1 год	0,35 + 0,03	0,06 + 0,03	0,12 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
100,0000 V	100 μV						
750,000 V	1 mV						
Температурный коэффициент <sup>8</sup>			0,035 + 0,003	0,005 + 0,003	0,006 + 0,005	0,01 + 0,006	0,03 + 0,01

Предел измерения тока	Разрешающая способность	Период калибровки	3 Hz - 10 Hz	10 Hz - 5 kHz
1,000000 A	1 μA	90 суток / 1 год	0,30 + 0,04	0,10 + 0,04
3,00000 A	10 μA	90 суток / 1 год	0,35 + 0,06	0,15 + 0,06
Температурный коэффициент <sup>8</sup>			0,035 + 0,006	0,015 + 0,006

### Дополнительная погрешность от коэффициента формы ± (% от показания) <sup>7</sup>

Коэффициент формы	1 ? 2	2 ? 3	3 ? 4	4 ? 5
Дополнительная погрешность	0,05	0,15	0,30	0,40

### Рабочие характеристики при измерениях на переменном токе <sup>2</sup>

Функция	Кол-во разрядов индикации	Скорость обновления показаний, в секунду	Установка RATE	Полоса частот
Переменное напряжение (все пределы) и переменный ток (все пределы)	6 1/2 <sup>3</sup>	2 s / показание	SLOW	3 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>3</sup>	1,4	MED	30 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>4</sup>	4,8	MED	30 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>3</sup>	2,2	FAST	300 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>4</sup>	35	FAST	300 Hz ? 300 kHz

### Дополнительная погрешность на низких частотах ± (% от показания)

	SLOW	MED	FAST
20 Hz ? 30 Hz	0	0,3	—
30 Hz ? 50 Hz	0	0	—
50 Hz ? 100 Hz	0	0	1,0
100 Hz ? 200 Hz	0	0	0,18
200 Hz ? 300 Hz	0	0	0,10
> 300 Hz	0	0	0

**Характеристики быстродействия системы измерений на переменном токе <sup>2,5</sup>**

Частота переключения функций и пределов измерения <sup>6</sup>	4 / s
Длительность автоматического выбора предела	< 3 s
Вывод отсчетов в коде ASCII на RS-232 (19,2 кбод) <sup>4</sup>	50 / s
Макс. частота повторения внутренних сигналов запуска <sup>4</sup>	300 / s
Макс. частота повторения внешних сигналов запуска <sup>4</sup>	300 / s

**Общие характеристики при измерениях на переменном токе**

Входной импеданс	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 100 \text{ pF}$
Защита входа при измерении переменного напряжения	1000 V (пиковое значение)
Максимально допустимое постоянное напряжение	400 V на любом пределе измерения перемен. напряжения
Защита входа при измерении переменного тока	предохранитель 3 A, 250 V
Падение напряжения при измерении переменного тока	< 0,3 V с.к.з. на пределе измерения 1 A < 1 V с.к.з. на пределе измерения 3 A
Сопротивление токового шунта	0,1 $\Omega$ на всех пределах измерения переменного тока
Подавление синфазного сигнала перемен. напряжения	> 70 dB при сопротивлении провода у входа LO 1 k $\Omega$
Максимально допустимый коэффициент формы	5 на всю шкалу
Произведение напряжения на частоту	$\leq 8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$
Перегрузка	120% от предела измерения, за исключением пределов измерения 750 V и 3 A

**Примечания к характеристикам при измерениях на переменном токе:**

1. Указаны характеристики для установки SLOW (низкая скорость изменения показаний) при синусоидальном входном сигнале > 5% от предела измерения.
2. Данные по быстродействию при частоте сетевого напряжения 60 Hz и при заводской установке параметров (\*RST); автокоррекция нуля выключена, автоматический выбор предела измерений выключен; дисплей выключен, с учетом измерения и передачи двоичных данных по шине GPIB.
3. Погрешность установления показаний 0,01% при ступенчатом перепаде сигнала. Задержка запуска = 400 ms.
4. Задержка запуска = 0.
5. DETector: BANDwidth 300, NPLC = 0,01.
6. Максимально реализуемый предел при задержке запуска = 175 ms.
7. Относится к несинусоидальным сигналам > 5 Hz.
8. Относится к температурному диапазону 0°C ? 18°C и 28°C ? 50°C.

**Характеристики при измерении частоты и периода <sup>1,2</sup>**

Предел измерения переменного напряжения	Предел измерения частоты	Предел измерения периода	Длительность строб-импульса	Разрешающая способность $\pm$ (ед. $10^{-6}$ от показания)	Погрешность за 90 суток / 1 год $\pm$ (% от показания)
100 mV ? 750 V	3 Hz ? 500 kHz	333 ms ? 2 $\mu$ s	1 s (SLOW)	0,3	0,01

**Примечания к характеристикам при измерении частоты:**

1. Указаны характеристики для входных сигналов прямоугольной формы > 10% от предела измерения переменного напряжения, за исключением предела измерения 100 mV. На пределе 100 mV частота должна быть > 10 Hz, если напряжение < 20 mV.
2. Перегрузка 20% на всех пределах измерения, за исключением предела 750 V.

## Характеристики при измерении температуры

Термопара <sup>2,3,4</sup>		Разрешающая способность	90 суток / 1 год (23°C ± 5°C) Погрешность <sup>1</sup>	
Тип	Диапазон		относительно реперного стыка	с применением <sup>5</sup> системы 2001-TCSCAN
J	-200 ? +760°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,65°C
K	-200 ? 1372°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,70°C
T	-200 ? +400°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,68°C

### Примечания к характеристикам при измерении температуры:

- Для температуры < -100°C дополнительная погрешность составляет ± 0,1°C ; для температуры > 900°C дополнительная погрешность составляет ± 0,3°C.
- Возможна индикация температуры в градусах Цельсия, Кельвина или Фаренгейта.
- Погрешность основана на Международной температурной шкале ITS-90.
- Без учета погрешности термопары.
- Характеристики относятся к каналам 2 ? 6. После канала 6 дополнительная погрешность составляет 0,06°C / канал.

## Характеристики быстродействия внутреннего сканера

Максимальные значения скорости переключения внутреннего сканера (каналов в секунду)<sup>1</sup>

Задержка запуска = 0

DCV <sup>2</sup>	ACV <sup>2,3</sup>	Измерение сопротивления в 2-проводной схеме <sup>2</sup>	Измерение сопротивления в 4-проводной схеме <sup>2</sup>	Измерение температуры <sup>2</sup>
Все: 110	Все: 100	Все: 105	< 10 MΩ: 42	Все: 60

Задержка запуска = AUTO

DCV <sup>2</sup>	ACV <sup>2,3</sup>	Измерение сопротивления в 2-проводной схеме <sup>2</sup>	Измерение сопротивления в 4-проводной схеме <sup>2</sup>	Измерение температуры <sup>2</sup>
0,1 V: 105 1 V: 105 10 V: 105 100 V: 70 1000 V: 70	Все: 1,8	100 Ω: 85 1 kΩ: 85 10 kΩ: 42 100 kΩ: 28 1 MΩ: 8 10 MΩ: 8 100 MΩ: 3	100 Ω: 42 1 kΩ: 42 10 kΩ: 25 100 kΩ: 21 1 MΩ: 7 10 MΩ: 5 100 MΩ: 3	Все: 60

### Примечания к характеристикам быстродействия внутреннего сканера:

- Значения скорости переключения указаны при частоте сетевого напряжения 60 Hz и при заводской установке параметров (\*RST); автокоррекция нуля выключена, автоматический выбор предела измерений выключен; дисплей выключен, число выборок = 1024.
- NPLC = 0,01.
- DETEctor: BANDwidth 300.

## Запуск и память

Чувствительность функции фиксации показаний 0,01%, 0,1%, 1% или 10% от показания  
 Задержка запуска 0 ? 99 часов (устанавливается с дискретностью 1 ms).  
 Время ожидания внешнего запуска 200 μs + джиттер < 300 μs  
 при выключенной автокоррекции нуля, задержка запуска = 0.  
 Память 1024 отсчета.

## Математические функции

Вычитание константы (Rel), минимальное, максимальное и среднее значение, а также стандартное отклонение занесенных в память отсчетов, dB, dBm, проверка пределов, процентное значение и  $mX+b$  с задаваемыми пользователем единицами измерений.

Ввод стандартного значения сопротивления для расчета dBm: в диапазоне  $1 \Omega \text{ ? } 9999 \Omega$  с дискретностью  $1 \Omega$ .

## Стандартные языки программирования

SCPI (стандартные команды для программируемых приборов)

Keithley 196/199

Fluke 8840A, Fluke 8842A

## Интерфейс дистанционного управления

GPIB (IEEE-488.1, IEEE-488.2) и RS-232C.

## Эксплуатационные характеристики

Электропитание	100 V, 120 V, 220 V, 240 V $\pm$ 10%
Частота сети	45 Hz ? 66 Hz и 360 Hz ? 440 Hz, определяется автоматически при включении прибора.
Потребляемая мощность	22 VA
Рабочая температура окружающей среды	0 °C ? 50 °C; относительная влажность воздуха до 80% при 35 °C
Температура при хранении	-40 °C ? 70 °C
Гарантия	3 года
Безопасность	согласно нормативам UL-1244 и IEC-1010
Электромагнитная совместимость	соответствует оборудованию класса B согласно нормативам VDE 0871, FCC часть 15, CISPR22, EN-55022
Чувствительность к статическому разряду	соответствует нормативу IEC 801-2
Вибрации	MIL-T-28800E, тип III, класс 5
Длительность прогрева	1 час для достижения номинальной точности
Размеры:	
для монтажа в стойку	высота 89 мм x ширина 213 мм x глубина 370 мм
настольная конфигурация (с ручкой и ножками)	высота 104 мм x ширина 238 мм x глубина 370 мм
Масса нетто	2,9 кг
Масса прибора в упаковке	5 кг
Произведение напряжения на частоту	$\leq 8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$

Технические характеристики могут быть изменены без уведомления.

## А.2 Технические характеристики мультиметра типа 2010

### Характеристики при измерениях на постоянном токе

#### Условия:

Средняя (1 PLC)<sup>1</sup> или низкая (5 PLC) скорость обновления показаний.

#### Погрешность:

Погрешность выражается как  $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})$ ;  $1 \cdot 10^{-6} = 0,0001\%$ .

Функция	Предел измерений Разрешающая способность		Измерит. ток или падение напряжения	Входное сопротивление или напряжение на зажимах	Погрешность, ед. $10^{-6}$				Темпер. коэфф. 0 - 18°C и 28 - 50°C
					24 часа <sup>13</sup> 23 ± 1°C	90 суток 23 ± 5°C	1 год 23 ± 5°C	2 года 23 ± 5°C	
Напряжение	100,00000 mV <sup>17</sup>	10 nV		> 10 GΩ	10 + 9	25 + 9	37 + 9	50 + 10	2 + 6
	1,0000000 V	100 nV		> 10 GΩ	7 + 2	18 + 2	25 + 2	32 + 2	2 + 1
	10,000000 V	1 μV		> 10 GΩ	7 + 4	18 + 4	24 + 4	32 + 4	2 + 1
	100,00000 V	10 μV		10 MΩ ± 1%	10 + 4	25 + 5	35 + 5	52 + 5	5 + 1
	1000,0000 V <sup>8</sup>	100 μV		10 MΩ ± 1%	17 + 6	31 + 6	41 + 6	55 + 6	5 + 1
Сопротивление <sup>14</sup>	10,000000 Ω	1 μΩ	10 mA		15 + 9	40 + 9	60 + 9	100 + 10	8 + 6
	100,00000 Ω	10 μΩ	1 mA		15 + 9	36 + 9	52 + 9	90 + 10	8 + 6
	1,0000000 kΩ	100 μΩ	1 mA		15 + 2	33 + 2	50 + 2	80 + 2	8 + 1
	10,000000 kΩ	1 mΩ	100 μA		15 + 2	32 + 2	50 + 2	80 + 2	8 + 1
	100,00000 kΩ	10 mΩ	10 μA		15 + 2	40 + 2	70 + 2	120 + 2	8 + 1
	1,0000000 MΩ	100 mΩ	10 μA		20 + 3	50 + 4	70 + 4	125 + 4	8 + 1
	10,000000 MΩ <sup>10</sup>	1 Ω	640 nA // 10 MΩ		150 + 4	200 + 4	400 + 4	500 + 4	25 + 1
	100,00000 MΩ <sup>10</sup>	10 Ω	640 nA // 10 MΩ		800 + 4	1500 + 4	1500 + 4	1800 + 4	150 + 1
Сопротивление в милливольтном режиме	10,00000 Ω <sup>15</sup>	10 μΩ	1 mA	20 mV	25 + 90	50 + 90	70 + 90	120 + 90	8 + 60
	100,0000 Ω	100 μΩ	100 μA	20 mV	25 + 90	50 + 90	70 + 90	120 + 90	8 + 60
Ток	10,000000 mA	10 nA	< 0,15 V		60 + 15	300 + 40	500 + 40	740 + 40	50 + 5
	100,00000 mA	100 nA	< 0,18 V		100 + 15	300 + 40	500 + 40	740 + 40	50 + 5
	1,0000000 A	1 μA	< 0,35 V		200 + 15	500 + 40	800 + 40	1200+40	50 + 5
	3,0000000 A	10 μA	< 1 V		1000+10	1200+15	1200+15	1800+15	50 + 5
Прозвонка цепей в 2-проводной схеме	1 kΩ	100 mΩ	1 mA		40 + 100	100 + 100	120+100	190+10	8 + 1
Проверка диодов	10,000000 V	1 μV	1 mA		20 + 6	30 + 7	40 + 7	55 + 7	8 + 1
	4,400000 V	1 μV	100 μA		20 + 6	30 + 7	40 + 7	55 + 7	8 + 1
	10,000000 V	1 μV	10 μA		20 + 6	30 + 7	40 + 7	55 + 7	8 + 1
Отношение DCV:DCV <sup>16</sup>	от 100 mV до 1000 V	Погрешность измерения отношения = погрешность измерения на выбранном пределе входа SENSE + погрешность измерения на выбранном пределе входа INPUT							

### Шумовые характеристики при измерении постоянного напряжения

Установка RATE	Индикация	С.к.з. шума, предел измерения 100 mV		С.к.з. шума, предел измерения 10 V		Подавление помех нормального вида <sup>11</sup>	Подавление синфазных помех <sup>12</sup>
		10 секунд	2 минуты	10 секунд	2 минуты		
5 PLC	7 1/2	100 nV	110 nV	1,1 μV	1, 2 μV	60 dB	140 dB
1 PLC	6 1/2	120 nV	125 nV	1,3 μV	1,4 μV	60 dB	140 dB
0,1 PLC	5 1/2	1,5 μV	1,6 μV	11 μV	11,5 μV	—	80 dB
0,01 PLC	4 1/2	3,0 μV	2,9 μV	135 μV	139 μV	—	80 dB

**Рабочие характеристики при измерениях на постоянном токе <sup>3</sup>**

Функция	Количество разрядов индикации	Скорость обновления показаний, в секунду	Количество периодов сетевого напряжения (PLC) <sup>7</sup>
Постоянное напряжение (все пределы)	7 <sup>1/2</sup> <sup>2</sup>	4 (3)	5
Постоянный ток (все пределы)	6 <sup>1/2</sup> <sup>2,6</sup>	30 (27)	1
и сопротивление (предел < 10 М)	6 <sup>1/2</sup> <sup>2,4</sup>	50 (44)	1
	5 <sup>1/2</sup> <sup>2,4</sup>	260 (220)	0,1
	5 <sup>1/2</sup> <sup>4</sup>	490 (440)	0,1
	5 <sup>1/2</sup> <sup>4</sup>	1000 (1000)	0,04
	4 <sup>1/2</sup> <sup>4</sup>	2000 (1800)	0,01

**Характеристики быстродействия системы измерений на постоянном токе <sup>3,5</sup>**

Частота переключения пределов измерения <sup>2</sup>	50 / s (42 / s)
Частота переключения функций <sup>2</sup>	45 / s (38 / s)
Длительность автоматического выбора предела <sup>2,9</sup>	< 30 ms (< 35 ms)
Вывод отсчетов в коде ASCII на RS-232 (19,2 кбод)	55 / s (55 / s)
Макс. частота повторения внутренних сигналов запуска	2000 / s (2000 / s)
Макс. частота повторения внешних сигналов запуска	480 / s (480 / s)
Частота измерений отношения <sup>2,3</sup>	10 / s (8 / s)

**Общие характеристики при измерениях на постоянном токе**

Погрешность от нелинейности на пределе 10 VDC	$\pm (2 \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел})$
Защита входа при измерении постоянного напряжения, сопротивления, температуры, при "прозвонке" цепей и проверке диодов	1000 V, все пределы измерения
Максимальное сопротивление проводов в четырехпроводной схеме измерения сопротивления	5% от предела измерения для каждого провода на пределах измерения 10 $\Omega$ , 100 $\Omega$ и 1 к $\Omega$ ; 1 к $\Omega$ для каждого провода на всех остальных пределах.
Защита токового входа при измерении постоянного тока	предохранитель 3 A, 250 V
Сопротивление токового шунта	0,1 $\Omega$ для пределов 3 A, и 1 A; 1 $\Omega$ для предела 100 mA; 10 $\Omega$ для предела 10 mA
Пороговое значение для "прозвонки" цепей	устанавливается в пределах 1 $\Omega$ ? 1000 $\Omega$
Перегрузка	120% от предела измерения, за исключением пределов 1000 V, 3 A и функции проверки диодов
Компенсация смещения	доступна только для предела 10 к $\Omega$ и младших пределов

**Примечания к характеристикам при измерениях на постоянном токе:**

- К характеристикам погрешности, выраженной в ед.  $10^{-6}$  от предела измерения, следует прибавить следующие значения:  $4 \cdot 10^{-6}$ , пределы 100 mV, 10  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 10 mA, 100 mA и 1 A;  $40 \cdot 10^{-6}$  для измерения сопротивления в милливольтном режиме.
- Быстродействие указано с учетом измерения и передачи двоичных данных по шине GPIB.
- Данные по быстродействию при частоте сетевого напряжения 60 Hz (50 Hz) и при заводской установке параметров (\*RST); автоматический выбор предела измерений выключен; дисплей выключен, задержка запуска = 0.
- Число выборок = 1024, автокоррекция нуля выключена.
- Автокоррекция нуля выключена, количество периодов сетевого напряжения NPLC = 0,01.
- Измерение сопротивления, 17 (15) отсчетов в секунду.
- 1 PLC = 16,67 ms при частоте сети 60 Hz или 20 ms при частоте сети 50 Hz / 400 Hz. Частота автоматически определяется при включении питания.
- Для уровней сигнала > 500 V дополнительная погрешность составляет  $0,02 \cdot 10^{-6}$  на каждый вольт свыше 500 V.
- Дополнительно 120 ms при измерении сопротивления.
- Сопротивления проводов на входах HI и LO должны совпадать с погрешностью 10%.
- Для частоты сетевого напряжения с допуском  $\pm 0,1\%$ .
- Для разбаланса 1 к $\Omega$  в проводе LO.
- По отношению к погрешности калибровки.
- Характеристики для измерения сопротивления в 4-проводной схеме или в 2-проводной схеме с функцией REL. Предел измерения 10  $\Omega$  – только для измерения сопротивления в 4-проводной схеме.
- Включена компенсация смещения.
- Измеряется отношение сигнала на входе SENSE LO к сигналу на входе INPUT LO. Сигнал на входе SENSE HI не должен превышать 125% (относительно INPUT LO) от выбранного предела измерения. Вход SENSE имеет пределы 100 mV, 1 V и 10 V.
- При надлежащем обнулении с помощью функции REL.

### Характеристики при измерении истинного среднеквадратического значения переменного напряжения и тока

Предел измерения напряжения	Разрешающая способность	Период калибровки	Погрешность <sup>1</sup> : ± (% от показания + % от предела измерения), 23°C ± 5°C				
			3 Hz - 10 Hz	10 Hz - 20 kHz	20 kHz - 50 kHz	50 kHz - 100 kHz	100 kHz - 300 kHz
100,0000 mV	0,1 μV	90 суток	0,35 + 0,03	0,05 + 0,03	0,11 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
1,000000 V	1,0 μV						
10,00000 V	10 μV	1 год	0,35 + 0,03	0,06 + 0,03	0,12 + 0,05	0,60 + 0,08	4 + 0,5
100,0000 V	100 μV						
750,000 V	1 mV						
Температурный коэффициент <sup>8</sup>			0,035 + 0,003	0,005 + 0,003	0,006 + 0,005	0,01 + 0,006	0,03 + 0,01

Предел измерения тока	Разрешающая способность	Период калибровки	3 Hz - 10 Hz	10 Hz - 5 kHz
1,000000 A	1 μA	90 суток / 1 год	0,30 + 0,04	0,10 + 0,04
3,00000 A	10 μA	90 суток / 1 год	0,35 + 0,06	0,15 + 0,06
Температурный коэффициент <sup>8</sup>			0,035 + 0,006	0,015 + 0,006

### Дополнительная погрешность от коэффициента формы ± (% от показания) <sup>7</sup>

Коэффициент формы	1 ? 2	2 ? 3	3 ? 4	4 ? 5
Дополнительная погрешность	0,05	0,15	0,30	0,40

### Рабочие характеристики при измерениях на переменном токе <sup>2</sup>

Функция	Кол-во разрядов индикации	Скорость обновления показаний, в секунду	Установка RATE	Полоса частот
Переменное напряжение (все пределы) и переменный ток (все пределы)	6 1/2 <sup>3</sup>	0,5 (0,4)	SLOW	3 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>3</sup>	1,4 (1,5)	MED	30 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>4</sup>	4,0 (4,3)	MED	30 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>3</sup>	2,2 (2,3)	FAST	300 Hz ? 300 kHz
	6 1/2 <sup>4</sup>	35 (30)	FAST	300 Hz ? 300 kHz

### Дополнительная погрешность на низких частотах ± (% от показания)

	SLOW	MED	FAST
20 Hz ? 30 Hz	0	0,3	—
30 Hz ? 50 Hz	0	0	—
50 Hz ? 100 Hz	0	0	1,0
100 Hz ? 200 Hz	0	0	0,18
200 Hz ? 300 Hz	0	0	0,10
> 300 Hz	0	0	0

**Характеристики быстродействия системы измерений на переменном токе <sup>2,5</sup>**

Частота переключения функций и пределов измерения <sup>6</sup>	4 / s
Длительность автоматического выбора предела	< 3 s
Вывод отсчетов в коде ASCII на RS-232 (19,2 кбод) <sup>4</sup>	50 / s
Макс. частота повторения внутренних сигналов запуска <sup>4</sup>	300 / s
Макс. частота повторения внешних сигналов запуска <sup>4</sup>	300 / s

**Общие характеристики при измерениях на переменном токе**

Входной импеданс	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 100 \text{ pF}$
Защита входа при измерении переменного напряжения	1000 V
Максимально допустимое постоянное напряжение	400 V на любом пределе измерения переменного напряжения
Защита входа при измерении переменного тока	предохранитель 3 A, 250 V
Падение напряжения при измерении переменного тока	< 0,3 V с.к.з. на пределе измерения 1 A < 1 V с.к.з. на пределе измерения 3 A
Сопротивление токового шунта	0,1 $\Omega$ на всех пределах измерения переменного тока
Подавление синфазного сигнала перем. напряжения	> 70 dB при сопротивлении провода у входа LO 1 k $\Omega$
Максимально допустимый коэффициент формы	5 на всю шкалу
Произведение напряжения на частоту	$\leq 8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$
Перегрузка	120% от предела измерения, за исключением пределов измерения 750 V и 3 A

**Примечания к характеристикам при измерениях на переменном токе:**

1. Указаны характеристики для установки SLOW (низкая скорость изменения показаний) при синусоидальном входном сигнале > 5% от предела измерения.
2. Данные по быстродействию при частоте сетевого напряжения 60 Hz (50 Hz) и при заводской установке параметров (\*RST); автокоррекция нуля выключена, автоматический выбор предела измерений выключен; дисплей выключен, с учетом измерения и передачи двоичных данных по шине GPIB.
3. Погрешность установления показаний 0,01% при ступенчатом перепаде сигнала. Задержка запуска = 400 ms.
4. Задержка запуска = 0.
5. DETector: BANDwidth 300, NPLC = 0,01.
6. Максимально реализуемый предел при задержке запуска = 175 ms.
7. Относится к несинусоидальным сигналам > 5 Hz.
8. Относится к температурному диапазону 0°C ? 18°C и 28°C ? 50°C.

**Характеристики при измерении частоты и периода <sup>1,2</sup>**

Предел измерения переменного напряжения	Предел измерения частоты	Предел измерения периода	Длительность строб-импульса	Разрешающая способность $\pm$ (ед. $10^{-6}$ от показания)	Погрешность за 90 суток / 1 год $\pm$ (% от показания)
100 mV ? 750 V	3 Hz ? 500 kHz	333 ms ? 2 $\mu$ s	1 s	0,3	0,01

**Примечания к характеристикам при измерении частоты:**

1. Указаны характеристики для синусоидальных входных сигналов > 10% от предела измерения переменного напряжения, за исключением предела измерения 100 mV. На пределе 100 mV частота должна быть > 10 Hz, если напряжение < 20 mV.
2. Перегрузка 20% на всех пределах измерения, за исключением предела 750 V.

## Характеристики при измерении температуры

Термопара <sup>2,3,4</sup>		Разрешающая способность	90 суток / 1 год (23°C ± 5°C) Погрешность <sup>1</sup>	
Тип	Диапазон		относительно имитированного реперного стыка	с применением системы 2001-TCSCAN <sup>5</sup>
J	-200 ? +760°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,65°C
K	-200 ? 1372°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,70°C
N	-200 ? 1300°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,70°C
T	-200 ? +400°C	0,001°C	± 0,5°C	± 0,68°C

4-проводный термометр сопротивления <sup>2,3,7,8</sup>			Погрешность <sup>6</sup>	
	Диапазон	Разрешающая способность	90 суток / 1 год (23°C ± 5°C)	2 года (23°C ± 5°C)
	-100°C ? +100°C	0,001°C	± 0,08°C	± 0,12°C
	-200°C ? +630°C	0,001°C	± 0,14°C	± 0,18°C

### Примечания к характеристикам при измерении температуры:

- Для температуры < -100°C дополнительная погрешность составляет ± 0,1°C ; для температуры > 900°C дополнительная погрешность составляет ± 0,3°C.
- Возможна индикация температуры в градусах Цельсия, Кельвина или Фаренгейта.
- Погрешность основана на Международной температурной шкале ITS-90.
- Без учета погрешности термопары.
- Характеристики относятся к каналам 2 ? 6. После канала 6 дополнительная погрешность составляет 0,06°C / канал.
- Без учета погрешности пробника.
- 100 Ω платиновый, D100, F100, PT-3916 или другого типа.
- Для достижения номинальной погрешности макс. сопротивление каждого измерительного провода не должно превышать 5 Ω.

## Характеристики быстродействия внутреннего сканера

Максимальные значения скорости переключения внутреннего сканера (каналов в секунду)<sup>1</sup>

Задержка запуска = 0

DCV <sup>2</sup>	ACV <sup>2,3</sup>	Сопротивление в 2-проводной схеме <sup>2</sup>	Сопротивление в 4-проводной схеме <sup>2</sup>	Температура, термопара <sup>2</sup>	Температура, терм. сопр. <sup>2</sup>
Все: 105	Все: 96	Все: 102	< 10 MΩ: 55	Все: 70	Все: 2

Задержка запуска = AUTO

DCV <sup>2</sup>	ACV <sup>2,3</sup>	Сопротивление в 2-проводной схеме <sup>2</sup>	Сопротивление в 4-проводной схеме <sup>2</sup>	Температура, термопара <sup>2</sup>	Температура, терм. сопр. <sup>2</sup>
0,1 V: 100	Все: 1,8	100 Ω: 82	100 Ω: 42	Все: 70	Все: 2
1 V: 100		1 kΩ: 85	1 kΩ: 42		
10 V: 100		10 kΩ: 42	10 kΩ: 25		
100 V: 70		100 kΩ: 28	100 kΩ: 21		
1000 V: 70		1 MΩ: 8	1 MΩ: 7		
		10 MΩ: 5	10 MΩ: 5		
		100 MΩ: 3	100 MΩ: 3		

### Примечания к характеристикам быстродействия внутреннего сканера:

- Значения скорости переключения указаны при частоте сети 60 Hz или 50 Hz и при заводской установке параметров (\*RST); автокоррекция нуля выключена, автоматический выбор предела измерений выключен; дисплей выключен, число выборок = 1024.
- NPLC = 0,01.
- DETEctor: BANDwidth 300.

## ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ МУЛЬТИМЕТРА ТИПА 2010

### Эксплуатационные характеристики

Электропитание	100 V, 120 V, 220 V, 240 V $\pm$ 10%
Частота сети	45 Hz ? 66 Hz и 360 Hz ? 440 Hz, определяется автоматически при включении прибора.
Потребляемая мощность	22 VA
Рабочая температура окружающей среды	0°C ? 50°C; относительная влажность воздуха до 80% при 35°C
Температура при хранении	-40°C ? 70°C
Гарантия	3 года
Безопасность	согласно нормативам UL-3111-1 и IEC-1010-1
Электромагнитная совместимость	соответствует требованиям Директивы Европейского союза 89/336/EEC (маркировка CE), FCC часть 15, класс B, CISPR 11, IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4
Вибрации	MIL-T-28800E, тип III, класс 5
Длительность прогрева	2 часа для достижения номинальной точности
Размеры:	для монтажа в стойку
настольная конфигурация (с ручкой и ножками)	высота 89 мм x ширина 213 мм x глубина 370 мм
Масса прибора в упаковке	высота 104 мм x ширина 238 мм x глубина 370 мм
Произведение напряжения на частоту	5 кг $\leq 8 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$

### Запуск и память

Чувствительность функции фиксации показаний	0,01%, 0,1%, 1% или 10% от показания
Задержка запуска	0 ? 99 часов (устанавливается с дискретностью 1 ms).
Задержка внешнего запуска	< 1 ms
Джиттер внешнего запуска	< 500 $\mu\text{s}$
Память	1024 отсчета

### Математические функции

Вычитание константы (Rel), минимальное, максимальное и среднее значение, а также стандартное отклонение занесенных в память отсчетов, dB, dBm, проверка пределов, процентное значение и  $mX+b$  с задаваемыми пользователем единицами измерений.

Ввод стандартного значения сопротивления для расчета dBm: в диапазоне 1  $\Omega$  ? 9999  $\Omega$  с дискретностью 1  $\Omega$ .

### Интерфейс дистанционного управления

Эмуляция Keithley 199/196  
 GPIB (IEEE-488.2) и RS-232C  
 SCPI (стандартные команды для программируемых приборов)

### Прилагаемые принадлежности

Безопасные измерительные провода типа 1751  
 Руководство по эксплуатации  
 Руководство по техническому сервису

### Выпускаемые принадлежности

Модель 1050:	Окантованный кейс для переноски мультиметра с ручкой и наплечным ремнем
Модель 1754:	Универсальный комплект измерительных проводов
Модель 2000-SCAN:	Десятиканальный сканер
Модель 2001-TCSCAN:	Десятиканальный термомпарный сканер (содержит один канал реперного стыка)
Модель 2010-EW:	Вариант прибора с увеличенным на один год сроком действия гарантии
Модель 4288-1:	Комплект для одиночного монтажа в стойку
Модель 4288-2:	Комплект для спаренного монтажа в стойку
Модель 5804:	Набор измерительных проводов с четырьмя выводами
Модель 5805:	Пробники Кельвина
Модель 5806:	Комплект измерительных проводов с зажимами Кельвина
Модель 5807-7:	Измерительные провода с пружинящими наконечниками
Модель 7007-1:	Экранированный кабель GPIB, 1 метр
Модель 7007-2:	Экранированный кабель GPIB, 2 метра
Модель 7009-5:	Экранированный кабель RS-232, 1,5 метра
Модель 8502:	Адаптер Trigger Link с шестью соединителями типа BNC с одной стороны
Модель 8503:	Адаптерный кабель Trigger Link с двумя соединителями типа BNC с одной стороны, 1 метр
Модель 8605:	Высококачественные модульные измерительные провода
Модель 8606:	Высококачественный комплект наконечников

### А.3 Расчет погрешностей

Ниже обсуждается расчет погрешностей измерений как на постоянном, так и на переменном токе.

#### Расчет погрешности измерений на постоянном токе

Погрешность измерений на постоянном токе рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{погрешность} &= \pm (\text{ед. } 10^{-6} \cdot \text{показание} + \text{ед. } 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}) \\ 1 \text{ ед. } 10^{-6} &= 0,0001\% \end{aligned}$$

В качестве примера предположим, что мы измеряем напряжение 5 V на пределе измерения 10 V. Для расчета предельной погрешности воспользуемся данными для погрешности измерения постоянного напряжения, указанными в таблице технических характеристик для интервала в один год:

$$\begin{aligned} \text{Погрешность} &= \pm (30 \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + 5 \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}) = \\ &= \pm (30 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \text{ V} + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ V}) = \\ &= \pm (150 \mu\text{V} + 50 \mu\text{V}) = \pm 200 \mu\text{V} \end{aligned}$$

Таким образом, результат измерения составляет 5 V  $\pm$  200  $\mu$ V, т.е. от 4,9998 V до 5,0002 V.

Точно так же производится расчет погрешностей измерений постоянного тока и сопротивления с использованием соответствующих данных по техническим характеристикам, пределам измерения и значениям входных сигналов.

#### Расчет погрешности измерений на переменном токе

Расчет погрешности измерений на переменном токе производится аналогичным образом с учетом того, что в этом случае погрешность указывается в процентах:

$$\text{погрешность} = \pm (\% \text{ от показания} + \% \text{ от предела измерения})$$

В качестве примера предположим, что мы измеряем напряжение 120 V, 60 Hz на пределе измерения 750 V. Для расчета предельной погрешности воспользуемся данными для погрешности измерения переменного напряжения, указанными в таблице технических характеристик для интервала в один год:

$$\begin{aligned} \text{Погрешность} &= \pm (0,06\% \text{ от показания} + 0,03\% \text{ от предела измерения}) = \\ &= \pm (0,0006 \cdot 120 \text{ V} + 0,0003 \cdot 750 \text{ V}) = \\ &= \pm (0,072 \text{ V} + 0,225 \text{ V}) = \pm 0,297 \text{ V}. \end{aligned}$$

В этом случае результат измерения составляет 120 V  $\pm$  0,297 V, т.е. от 119,703 V до 120,297 V.

Точно так же производится расчет погрешностей измерений переменного тока с использованием соответствующих данных по техническим характеристикам, пределам измерения и значениям входных сигналов.

#### Расчет погрешности измерения относительных значений в dBm

В качестве примера рассмотрим расчет погрешности при показании 13 dBm, при стандартном импедансе 50  $\Omega$  и при сигнале постоянного напряжения 0,998815 V. Воспользуемся выражением:

$$\text{dBm} = 10 \log [(V_{\text{IN}}^2 / R_{\text{REF}}) / 1 \text{ mW}].$$

Действуя аналогично описанному выше, можно показать, что погрешность измерения напряжения 0,998815 V составляет  $\pm$  36,96445  $\mu$ V, т.е. результат измерения находится в пределах от 0,998778 V до 0,998852 V (с учетом данных, указанных в таблице технических характеристик для интервала в один год на пределе измерения постоянного напряжения 1 V).

Выразим значение 0,998778 V в децибелах от милливатта:

$$\text{dBm} = 10 \log [(0,998778 \text{ V})^2 / 50 \Omega] / 1 \text{ mW} = 12,99968 \text{ dBm}.$$

Далее выразим значение 0,998852 V в децибелах от милливатта:

$$\text{dBm} = 10 \log [(0,998852 \text{ V})^2 / 50 \Omega] / 1 \text{ mW} = 13,00032 \text{ dBm}.$$

Таким образом, результат измерения составляет 13 dBm  $\pm$  0,00032 dBm.

Точно так же производится расчет погрешности измерения относительных значений в децибелах от милливатта для других входных сигналов напряжения с использованием соответствующих данных по техническим характеристикам, пределам измерения и значениям стандартного импеданса.

## Расчет погрешности измерения относительных значений в dB

В основе расчетов лежит следующее выражение:

$$\text{dB} = 20 \log ( V_{\text{IN}} / V_{\text{REF}} ).$$

Например, для расчета погрешности измерения относительного значения в децибелах при заданном пользователем значении опорного напряжения  $V_{\text{REF}} = 10 \text{ V}$ , следует выполнить расчет погрешности измерения напряжения и применить ее к указанному выше выражению.

Предположим, что результат измерения относительного значения равен  $-60 \text{ dB}$ , т.е. среднеквадратическое значение напряжения составляет  $10 \text{ mV}$  при  $V_{\text{REF}} = 10 \text{ V}$ . Примем в расчет предел измерения напряжения  $100 \text{ mV}$ , интервал в один год, частотный диапазон  $10 \text{ Hz} \text{ ? } 20 \text{ kHz}$  и установку скорости обновления показания SLOW.

$$\begin{aligned} \text{Погрешность} &= \pm (0,06\% \text{ от показания} + 0,03\% \text{ от предела измерения}) = \\ &= \pm (0,0006 \cdot 10 \text{ mV} + 0,0003 \cdot 100 \text{ mV}) = \\ &= \pm (6 \mu\text{V} + 30 \mu\text{V}) = \pm 36 \mu\text{V}. \end{aligned}$$

Таким образом, значение напряжения составляет  $10 \text{ mV} \pm 36 \mu\text{V}$  или от  $10,036 \text{ mV}$  до  $9,964 \text{ mV}$ . Подставим эти значения в выражение для расчета dB и получим:

$$\begin{aligned} \text{dB} &= 20 \log (10,036 \text{ mV} / 10 \text{ V}) = -59,96879 \text{ dB} \\ \text{dB} &= 20 \log (9,964 \text{ mV} / 10 \text{ V}) = -60,03133 \text{ dB} \end{aligned}$$

Таким образом, результат измерения находится в пределах от  $-60 \text{ dB} + 0,031213 \text{ dB}$  до  $-60 \text{ dB} - 0,031326 \text{ dB}$ .

Точно так же производится расчет погрешности измерения относительных значений в децибелах для других входных сигналов напряжения с использованием соответствующих данных по техническим характеристикам, пределам измерения и значениям опорного напряжения.

## Дополнительные ограничительные факторы

В некоторых случаях при расчете погрешностей необходимо учесть дополнительные ограничительные факторы, например, при измерении постоянного напряжения свыше  $500 \text{ V}$ . Перед тем, как приступить к расчету погрешности, внимательно изучите соответствующие примечания к техническим характеристикам, чтобы принять во внимание случаи, требующие учета ограничительных факторов.

### А.4 Оптимизация точности измерений

Следующие рекомендации основаны на предположении, что мультиметр имеет заводскую установку параметров.

#### Постоянное напряжение, постоянный ток и сопротивление:

- Выберите  $6 \frac{1}{2}$ -разрядную индикацию, 10 PLC, фильтр ON (до 100 отсчетов), фиксированный предел измерения.
- Пользуйтесь функцией REL при измерении постоянного напряжения и сопротивления в двухпроводной схеме.
- Для повышения точности пользуйтесь четырехпроводной схемой измерения сопротивления.

#### Переменное напряжение и переменный ток:

- Выберите  $6 \frac{1}{2}$ -разрядную индикацию, 10 PLC, фильтр ON (до 100 отсчетов), фиксированный предел измерения.

#### Температура:

- Выберите  $6 \frac{1}{2}$ -разрядную индикацию, 10 PLC, фильтр ON (до 100 отсчетов).

### А.5 Оптимизация скорости измерений

Следующие рекомендации основаны на предположении, что мультиметр имеет заводскую установку параметров.

#### Постоянное напряжение, постоянный ток и сопротивление:

- Выберите  $3 \frac{1}{2}$ -разрядную индикацию, 0,01 PLC, фильтр OFF, фиксированный предел измерения.

#### Переменное напряжение и переменный ток:

- Выберите  $3 \frac{1}{2}$ -разрядную индикацию, 0,01 PLC, фильтр OFF, фиксированный предел измерения.

#### Температура:

- Выберите  $3 \frac{1}{2}$ -разрядную индикацию, 0,01 PLC, фильтр OFF.

Для всех функций выключите дисплей, автокоррекцию нуля и установите в нуль задержку запуска.

Пользуйтесь шинными командами :SAMPLE:COUNT и READ?

## Приложение В      Статусные сообщения и сообщения об ошибках

Номер	Описание	Событие
-440	Не завершен запрос после неопределенного ответа	EE
-430	Запрос завис	EE
-420	Запрос не завершен	EE
-410	Запрос прерван	EE
-363	Переполнение входного буфера	SYS
-350	Переполнение очереди	SYS
-330	Неудачный исход самопроверки	EE
-314	Потеря сохранения/вызова памяти	EE
-315	Потеря памяти конфигурации	EE
-285	Синтаксическая ошибка программы	EE
-284	Программа выполняется в текущий момент	EE
-282	Недействительное имя программы	EE
-281	Невозможно исполнить программу	EE
-260	Ошибка выражения (формулы)	EE
-241	Аппаратная неполадка	EE
-230	Испорченные или устаревшие данные	EE
-225	Переполнение памяти	EE
-224	Недействительное значение параметра	EE
-223	Слишком много данных	EE
-222	Данные параметра за пределами диапазона	EE
-221	Конфликт установок параметров	EE
-220	Ошибка параметра	EE
-215	Блокировка активизации	EE
-214	Блокировка запуска	EE
-213	Игнорирование инициализации	EE
-212	Игнорирование активизации	EE
-211	Игнорирование запуска	EE
-210	Сбой запуска	EE
-202	Установки потеряны из-за RTL	EE
-201	Недействительно в режиме местного управления	EE
-200	Ошибка исполнения	EE
-178	Недопустимые данные в выражении	EE
-171	Недействительное выражение	EE
-170	Ошибка выражения	EE
-168	Недопустимые блочные данные	EE
-161	Недействительные блочные данные	EE
-160	Ошибка блочных данных	EE
-158	Недопустимые строчные данные	EE
-154	Слишком длинная строка	EE
-151	Недействительные строчные данные	EE
-150	Ошибка строчных данных	EE
-148	Недопустимые символьные данные	EE
-144	Слишком длинные символьные данные	EE

## Статусные сообщения и сообщения об ошибках (продолжение)

Номер	Описание	Событие
-141	Недействительные символьные данные	EE
-140	Ошибка символьных данных	EE
-128	Недопустимые числовые данные	EE
-124	Слишком много цифр	EE
-123	Слишком большой показатель степени	EE
-121	Недействительный символ в номере	EE
-120	Ошибка числовых данных	EE
-114	Суффикс заголовка за пределами диапазона	EE
-113	Неопределенный заголовок	EE
-112	Слишком длинная мнемоника программы	EE
-111	Ошибка разделителя заголовка	EE
-110	Ошибка заголовка команды	EE
-109	Отсутствующий параметр	EE
-108	Недопустимый параметр	EE
-105	GET не допускается	EE
-104	Ошибка типа данных	EE
-103	Недействительный разделитель	EE
-102	Синтаксическая ошибка	EE
-101	Недействительный символ	EE
-100	Командная ошибка	EE
+000	Нет ошибок	SE
+101	Операция завершена	SE
+121	Прибор в процессе калибровки	SE
+122	Прибор в состоянии переходного процесса	SE
+123	Прибор в состоянии выбора предела	SE
+124	Прибор в состоянии развертки	SE
+125	Прибор в состоянии измерений	SE
+126	Прибор в состоянии вычислений	SE
+161	Исполняется программа	SE
+171	Ожидание на уровне запуска	SE
+174	Повторный ввод уровня дежурного состояния	SE
+301	Переполнение показаний (перегрузка)	SE
+302	Событие "нижний предел 1"	SE
+303	Событие "верхний предел 1"	SE
+304	Событие "нижний предел 2"	SE
+305	Событие "верхний предел 2"	SE
+306	Имеется показание (отсчет)	SE
+307	Сигнал завершения измерения	SE
+308	Буфер доступен	SE
+309	Буфер заполнен наполовину	SE
+310	Буфер заполнен	SE
+311	Переполнение буфера	SE

### Статусные сообщения и сообщения об ошибках (продолжение)

Номер	Описание	Событие
	Калибровочные сообщения:	
+400	Ошибка нуля 10 VDC	EE
+401	Ошибка нуля 100 VDC	EE
+402	Ошибка полной шкалы 10 VDC	EE
+403	Ошибка полной шкалы -10 VDC	EE
+404	Ошибка полной шкалы 100 VDC	EE
+405	Ошибка полной шкалы -100 VDC	EE
+406	Ошибка нуля 1к, 2-проводная схема	EE
+407	Ошибка нуля 10к, 2-проводная схема	EE
+408	Ошибка нуля 100к, 2-проводная схема	EE
+409	Ошибка нуля 1М, 2-проводная схема	EE
+410	Ошибка полной шкалы 10М, 2-проводная схема	EE
+411	Ошибка размыкания цепи 10М, 2-проводная схема	EE
+412	Ошибка нуля 1к, 4-проводная схема	EE
+413	Ошибка нуля 10к, 4-проводная схема	EE
+414	Ошибка нуля 100к, 4-проводная схема	EE
+415	Ошибка нуля SENSE LO, 4-проводная схема	EE
+416	Ошибка полной шкалы 1к, 4-проводная схема	EE
+417	Ошибка полной шкалы 10к, 4-проводная схема	EE
+418	Ошибка полной шкалы 100к, 4-проводная схема	EE
+419	Ошибка полной шкалы 1М, 4-проводная схема	EE
+420	Ошибка полной шкалы 10М, 4-проводная схема	EE
+421	Ошибка нуля 10 mADC	EE
+422	Ошибка нуля 100 mADC	EE
+423	Ошибка полной шкалы 10 mADC	EE
+424	Ошибка полной шкалы 100 mADC	EE
+425	Ошибка полной шкалы 1 ADC	EE
+438	Не установлена дата калибровки	EE
+439	Не установлена дата следующей калибровки	EE
+440**	Ошибка коррекции усиление-апертура **	EE
+450	Ошибка преобразования 100 mVAC	EE
+451	Ошибка преобразования 1 VAC	EE
+452	Ошибка преобразования 10 VAC	EE
+453	Ошибка преобразования 100 VAC	EE
+454	Ошибка нуля 100 mVAC	EE
+455	Ошибка полной шкалы 100 mVAC	EE
+456	Ошибка нуля 1 VAC	EE
+457	Ошибка полной шкалы 1 VAC	EE
+458	Шумовая ошибка 1VAC	EE
+459	Ошибка нуля 10 VAC	EE
+460	Ошибка полной шкалы 10 VAC	EE
+461	Шумовая ошибка 10 VAC	EE
+462	Ошибка нуля 100 VAC	EE
+463	Ошибка полной шкалы 100 VAC	EE

## Статусные сообщения и сообщения об ошибках (продолжение)

Номер	Описание	Событие
+464	Ошибка нуля 750 VAC	EE
+465	Ошибка полной шкалы 750 VAC	EE
+466	Шумовая ошибка 750 VAC	EE
+467	Ошибка смещения выходного фильтра	EE
+468	Ошибка нуля 1 AAC	EE
+469	Ошибка полной шкалы AAC	EE
+470	Ошибка нуля 3 AAC	EE
+471	Ошибка полной шкалы 3 AAC	EE
+472	Ошибка входной постоянной времени	EE
+473	Ошибка частотного усиления	EE
+474**	Ошибка 10 VDC SENSE **	EE
+475**	Ошибка нуля 10, 2-проводная схема **	EE
+476**	Ошибка нуля 10, 4-проводная схема **	EE
+477**	Ошибка полной шкалы 10, 4-проводная схема **	EE
+478**	Ошибка нуля 1ADC **	EE
+479**	Ошибка нуля 10 $\Omega$ в милливольтном режиме **	EE
+480**	Ошибка полной шкалы 10 $\Omega$ в милливольтном режиме **	EE
+481**	Ошибка нуля 100 $\Omega$ в милливольтном режиме **	EE
+482**	Ошибка полной шкалы 100 $\Omega$ в милливольтном режиме **	EE
+483**	Ошибка полной шкалы 10 $\Omega$ при компенсации смещения **	EE
+484**	Ошибка полной шкалы 10 $\Omega$ при компенсации смещения в 4-проводной схеме в милливольтном режиме **	EE
+485**	Ошибка полной шкалы 1 к $\Omega$ при компенсации смещения **	EE
+486**	Ошибка полной шкалы 100 $\Omega$ при компенсации смещения в 4-проводной схеме в милливольтном режиме **	EE
+487**	Ошибка полной шкалы 10 к $\Omega$ при компенсации смещения **	EE
+490**	Неправильное положение переключателя на задней панели **	EE
+500	Недействительные калибровочные данные	EE
+510	Потеря данных буфера отсчетов	EE
+511	Потеря адреса GPIB	EE
+512	Потеря состояния после включения питания	EE
+513	Потеря данных калибровки на переменном токе	EE
+514	Потеря данных калибровки на постоянном токе	EE
+515	Потеря дат калибровки	EE
+522	Потеря языка связи по шине GPIB	EE
+610	Сомнительная калибровка	SE
+611	Сомнительная температура	SE
+800	Обнаружена ошибка кадрирования RS-232	EE
+802	Обнаружена перегрузка RS-232	EE
+803	Обнаружено прерывание RS-232	EE
+805	Недействительная системная связь	EE
+806	Потеря установок параметров RS-232	EE
+807	Переполнение RS-232: потеря символов	EE

**Статусные сообщения и сообщения об ошибках (продолжение)**

Номер	Описание	Событие
+808	ASCII только с RS-232	EE
+900	Внутренняя системная ошибка	EE
	Модель состояния преобразователя цифровых данных (DDC)	
+950	Перегрузка запуска DDC	EE
+951	Переполнение интервала DDC	EE
+952	Большая строка DDC	EE
+953	Отсутствие калибровки DDC	EE
+954	Нет сканера DDC	EE
+955	Максимальный канал DDC равен 4	EE
+956	Максимальный канал DDC равен 8	EE
+957	Заблокирована калибровка DDC	EE
+958	Конфликт DDC	EE
+959	Нет дистанционного управления DDC	EE
+960	Ошибка режима IDDC	EE
+961	Ошибка режима IDDCO	EE
	Байтовые события последовательного опроса Keithley 199:	
+962	Готовность DDC	SE
+963	Сделан отсчет DDC	SE
+964	Буфер DDC заполнен наполовину	SE
+965	Буфер DDC заполнен полностью	SE
+966	Переполнение отсчета DDC	SE
	Байтовые события последовательного опроса Fluke 8842 *:	
+970*	Ошибка Fluke	SE
+971*	Имеются данные	SE
+972*	Перегрузка	SE

EE = событие ошибки

SE = статусное событие

SYS = событие системной ошибки

**Примечание:** Сообщения, подтверждаемые через SCPI, описаны во втором томе Справочника по стандартным командам для программируемых приборов. См. команду :SYSTem:ERRor?