

Мультиметры типа 2001 и 2002
Руководство по эксплуатации

KEITHLEY

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

ГАРАНТИЯ

Фирма Keithley Instruments, Inc. гарантирует отсутствие дефектов изготовления и 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
1-888-KEITHLEY (534-8453) • www.keithley.com

Технические данные могут быть изменены без уведомления.

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	8
1	Общие сведения	10
1.1	Введение	10
1.2	Основные характеристики мультиметров	10
1.3	Гарантийная информация	11
1.4	Символы и понятия техники безопасности	11
1.5	Распаковка	11
1.6	Опции и принадлежности	12
2	Ознакомительная информация (мультиметр типа 2001)	15
2.1	Введение	15
2.2	Описание передней и задней панели	15
2.2.1	Передняя панель	15
2.2.2	Задняя панель	15
2.2.3	Дисплей	19
2.3	Обзор измерительного процесса	22
2.3.1	Дежурное состояние	22
2.3.2	Уровень активизации	23
2.3.3	Уровень сканирования	23
2.3.4	Уровень измерения	23
2.4	Начальная конфигурация	24
2.5	Управление прибором с передней панели	24
2.5.1	Пример измерения постоянного напряжения	25
2.5.2	Пример занесения в память результатов измерения постоянного напряжения	28
2.6	Основные сведения о стандартах IEEE-488.2 и SCPI	30
2.6.1	Команды SCPI	30
2.6.2	Совместимость	30
2.6.3	Подключение к шине	31
2.6.4	Первичный адрес	31
2.6.5	Сокращенная сводка общих команд	31
2.6.6	Сокращенная сводка команд SCPI	31
2.6.7	Синтаксические правила	31
2.6.8	Примеры программирования	34
3	Работа с прибором при управлении с передней панели	36
3.1	Введение	36
3.2	Включение прибора	37
3.2.1	Подключение к электросети	37
3.2.2	Замена сетевого предохранителя	37
3.2.3	Самопроверка прибора после включения	37
3.2.4	Меры предосторожности при работе с высоковольтными цепями	39
3.2.5	Конфигурация "по умолчанию" после включения прибора	39
3.2.6	Длительность прогрева	39
3.2.7	Первичный адрес IEEE-488	40
3.3	Дисплей	40
3.3.1	Формат индикации (мультиметр типа 2001)	40
3.3.2	Комплексная индикация	42
3.3.3	Информационные сообщения	45
3.3.4	Статусные сообщения и сообщения об ошибках	45
3.3.5	Структуры меню	48
3.3.6	Клавиша EXIT	49

3.4	Измерительные функции	50
3.4.1	Измерение постоянного и переменного напряжения	51
3.4.2	Измерение постоянного и переменного тока	65
3.4.3	Измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме	72
3.4.4	Измерение частоты	78
3.4.5	Измерение температуры	82
3.5	Предел измерения	91
3.5.1	Разрешающая способность индикации	91
3.5.2	Максимальные показания	91
3.5.3	Ручное переключение пределов измерения	91
3.5.4	Автоматический выбор предела измерения	91
3.6	Операция вычитания константы (REL)	92
3.6.1	Конфигурирование операции вычитания константы	92
3.6.2	Ввод в действие операции вычитания константы	93
3.6.3	Комплексная индикация с вычитаемым значением	93
3.7	Операции запуска	93
3.7.1	Модель запуска	93
3.7.2	Конфигурирование уровня измерений	101
3.7.3	Конфигурирование уровня сканирования	104
3.7.4	Конфигурирование уровня активизации	106
3.7.5	Останов запуска	108
3.7.6	Внешний запуск	108
3.7.7	Система запуска Trigger Link	112
3.8	Буфер памяти	124
3.8.1	Пакетный режим сохранения данных	124
3.8.2	Конфигурирование сохранения данных	127
3.8.3	Сохранение и вызов отсчетов из буфера	130
3.8.4	Комплексная индикация данных в буфере памяти	131
3.9	Фильтры	132
3.9.1	Типы цифровых фильтров	132
3.9.2	Режимы работы цифрового фильтра	132
3.9.3	Время реакции цифрового фильтра	132
3.9.4	Автоматическая цифровая фильтрация	134
3.9.5	Конфигурирование цифрового фильтра	135
3.9.6	Включение и выключение цифрового фильтра	136
3.9.7	Аналоговый фильтр (только у мультиметра типа 2001)	137
3.10	Математические операции	138
3.10.1	Вычисление $mX+b$ и полинома	138
3.10.2	Вычисление процентного значения	138
3.10.3	Вычисление процентного отклонения	139
3.10.4	Выбор и конфигурирование математических операций	139
3.10.5	Ввод в действие математических операций	140
3.10.6	Комплексная индикация результатов вычислений	141
3.11	Сканирование	141
3.11.1	Общие сведения о сканировании	141
3.11.2	Органы управления сканером на передней панели мультиметра	142
3.11.3	Замыкание и размыкание внутренних каналов с помощью клавиши CHAN	142
3.11.4	Конфигурирование каналов через клавиши CONFIG-CHAN	143
3.11.5	Конфигурирование сканирования через клавиши CONFIG-SCAN	145
3.11.6	Конфигурирование параметров сканирования через клавишу SCAN	147
3.11.7	Включение и выключение сканирования	147
3.11.8	Примеры работы со сканером	149

3.12	Главное меню	154
3.12.1	Меню SAVESETUP	156
3.12.2	Меню GPIB	162
3.12.3	Меню CALIBRATION	163
3.12.4	Меню TEST	165
3.12.5	Меню LIMITS	165
3.12.6	Пункт STATUS-MSG	168
3.12.7	Общее (GENERAL) меню	168

Приложения

A	Технические характеристики	177
A.1	Технические характеристики мультиметра типа 2001	177
A.2	Технические характеристики мультиметра типа 2002	203
B	Установки мультиметра типа 2001 "по умолчанию"	225

Сокращения и условные обозначения

ACV	измерение переменного напряжения
BNC	байонетный соединитель для коаксиальных кабелей
CMOS	логика типа КМОП
DB-xx	плоский многоконтактный (xx – количество контактов) соединитель
DCV	измерение постоянного напряжения
DMM	мультиметр
DUT	испытываемое устройство, объект измерений
EEPROM	электрически стираемое программируемое ПЗУ
GPIB	интерфейсная шина общего назначения
HI	высокопотенциальный вход
IEC	Международная электротехническая комиссия (МЭК)
LO	низкопотенциальный вход
LSB	младший двоичный разряд
MSB	старший двоичный разряд
NIST	Национальный институт стандартов и технологий (США)
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
SPRTD	стандартный платиновый термометр сопротивления

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

	стр.
Рис. 1	Передняя панель мультиметра типа 2001 16
Рис. 2	Задняя панель мультиметра типа 2001 18
Рис. 3	Упрощенная модель измерительного процесса 22
Рис. 4	Типовой вариант подключения прибора при измерении постоянного напряжения 25
Рис. 5	Формат индикации у мультиметра типа 2001 40
Рис. 6	Пример индикации в показательной форме 41
Рис. 7	Обычный линейный индикатор с нулем слева 42
Рис. 8	Центрированный относительно нуля линейный индикатор 44
Рис. 9	Индикация максимального и минимального показаний 45
Рис. 10	Подключение мультиметра при измерении постоянного напряжения 51
Рис. 11	Подключение мультиметра при измерении переменного напряжения 52
Рис. 12	Индикация положительных и отрицательных выбросов напряжения 60
Рис. 13	Комплексная индикация при измерении постоянного напряжения 60
Рис. 14	Комплексная индикация при измерении переменного напряжения 62
Рис. 15	Подключение мультиметра при измерении постоянного и переменного тока 65
Рис. 16	Измерение постоянного тока без разрыва цепи 70
Рис. 17	Комплексная индикация при измерении переменного тока 72
Рис. 18	Подключение мультиметра при измерении сопротивления в двухпроводной схеме 73
Рис. 19	Подключение мультиметра при измерении сопротивления в четырехпроводной схеме 74
Рис. 20	Подключение мультиметра при измерении частоты 79
Рис. 21	Четырехпроводная схема подключения термометра сопротивления 83
Рис. 22	Трехпроводная схема подключения термометра сопротивления 84
Рис. 23	Двухпроводная схема подключения термометра сопротивления 84
Рис. 24	Подключение термопарной сканерной платы к мультиметру 85
Рис. 25	Модель запуска при управлении с передней панели 94
Рис. 26	Соединители типа BNC для внешнего запуска 108
Рис. 27	Параметры импульса внешнего запуска и асинхронного входного импульса Trigger Link 109
Рис. 28	Параметры импульса завершения измерения и асинхронного выходного импульса Trigger Link 109
Рис. 29	Пример измерительной системы 110
Рис. 30	Соединение для внешнего запуска 110
Рис. 31	Соединители Trigger Link 112
Рис. 32	Пример измерительной системы 113
Рис. 33	Соединение кабелем Trigger Link (пример № 1 применения в асинхронном режиме) 113
Рис. 34	Функциональная модель для примера № 1 применения Trigger Link в асинхронном режиме 115
Рис. 35	Соединение через адаптер Trigger Link 116
Рис. 36	Измерительная система (пример № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме) 116
Рис. 37	Соединения Trigger Link (пример № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме) 117
Рис. 38	Функциональная модель для примера № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме 119
Рис. 39	Параметры импульсов запуска Trigger Link в полусинхронном режиме 120
Рис. 40	Пример типичного соединения в полусинхронном режиме Trigger Link 120
Рис. 41	Соединение кабелем Trigger Link (пример применения в полусинхронном режиме) 121
Рис. 42	Функциональная модель для примера применения Trigger Link в полусинхронном режиме 123
Рис. 43	Принцип действия усредняющего и динамического фильтров 133
Рис. 44	Фильтры с текущим и повторным усреднением 134
Рис. 45	Упрощенная блок-схема мультиметра типа 2001 (вход DCV) 137
Рис. 46	Частотная характеристика аналогового фильтра 137
Рис. 47	Структура меню клавиши SCAN для измерения отношения и разности 147
Рис. 48	Общая структура меню клавиши SCAN 148
Рис. 49	Пример индикации пределов с линейным индикатором 166
Рис. 50	Пример применения контроля предельных значений для сортировки резисторов 100 Ω 168
Рис. 51	Порт цифрового входа-выхода 169
Рис. 52	Упрощенная схема порта цифрового входа-выхода 170
Рис. 53	Схема подключения реле с внешним питанием 171
Рис. 54	Временная диаграмма процесса синхронизации от сети 174

СПИСОК ТАБЛИЦ

стр.

Таблица 1	Варианты комплексной индикации для функции измерения постоянного напряжения (DCV)	20
Таблица 2	Общие указания по работе с меню	21
Таблица 3	Структура меню CONFIGURE DCV	26
Таблица 4	Варианты комплексной индикации для вызванных из памяти отсчетов	29
Таблица 5	Возможности использования пакетного режима	29
Таблица 6	Сокращенная сводка общих команд	31
Таблица 7	Сокращенная сводка команд SCPI	32
Таблица 8	Сводка данных, контролируемых при самопроверке после включения прибора	38
Таблица 9	Сообщения об ошибках при самопроверке после включения прибора	38
Таблица 10	Варианты комплексной индикации для разных измерительных функций	43
Таблица 11	Статусные сообщения и сообщения об ошибках	46
Таблица 12	Действия клавиши EXIT	49
Таблица 13	Структура меню CONFIGURE DCV	53
Таблица 14	Структура меню CONFIGURE ACV	54
Таблица 15	Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функций DCV и ACV	55
Таблица 16	Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций DCV и ACV	56
Таблица 17	Автоматические установки количества разрядов индикации для функций DCV и ACV	57
Таблица 18	Структура меню CONFIGURE DCI	67
Таблица 19	Структура меню CONFIGURE ACI	68
Таблица 20	Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функций DCI и ACI	68
Таблица 21	Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций DCI и ACI	69
Таблица 22	Автоматические установки количества разрядов индикации для функций DCI и ACI	69
Таблица 23	Структура меню CONFIGURE OHMS-2W	75
Таблица 24	Структура меню CONFIGURE OHMS-4W	75
Таблица 25	Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функций $\Omega 2$ и $\Omega 4$	76
Таблица 26	Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций $\Omega 2$ и $\Omega 4$	76
Таблица 27	Автоматические установки количества разрядов индикации для функций $\Omega 2$ и $\Omega 4$	76
Таблица 28	Возможности установки уровня запуска счетчика при измерении частоты	79
Таблица 29	Структура меню CONFIGURE FREQUENCY	80
Таблица 30	Структура меню CONFIGURE TEMPERATURE	86
Таблица 31	Преобразование коэффициентов SPRTD в приборные значения мультиметров	88
Таблица 32	Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функции измерения температуры	89
Таблица 33	Автоматические установки разрешающей способности индикации для функции измерения температуры	90
Таблица 34	Допустимые пределы вычитаемых значений	92
Таблица 35	Структура меню CONFIGURE TRIGGER	95
Таблица 36	Возможности сохранения отсчетов в памяти	124
Таблица 37	Структура меню CONFIG DATA STORE	125
Таблица 38	Доступные для использования в пакетном режиме измерительные функции	125
Таблица 39	Последовательность операций в пакетном режиме	127
Таблица 40	Последовательность операций в режиме FILL-AND-STOP	130
Таблица 41	Последовательность операций в режиме PRETRIGGER	130
Таблица 42	Последовательность операций в режиме непрерывного сохранения данных	131
Таблица 43	Установки автоматической фильтрации	134
Таблица 44	Структура меню CONFIG-FILTER	135
Таблица 45	Структура меню CONFIGURE MATH	139
Таблица 46	Структура меню CHANNEL SELECTION	142
Таблица 47	Структура меню CONFIGURE CHANNELS	143
Таблица 48	Структура меню SCAN OPERATION	145
Таблица 49	Структура главного меню	154
Таблица 50	Заводские установки параметров "по умолчанию"	157
Таблица 51	Предельные значения и действия	168

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 соответствующим обученным сервисным персоналом.

Изделия фирмы Keithley Instruments рассчитаны на использование с электрическими цепями, которые относятся к оборудованию категорий I и II согласно классификации стандарта IEC 60664 Международной электротехнической комиссии (IEC). Большинство цепей, предназначенных для измерения, управления, ввода и вывода данных, относятся к оборудованию категории I; не допускается их непосредственное подключение к электросети и другим источникам напряжения, у которых могут действовать высоковольтные выбросы напряжения. Соединения категории II требуют защиты от высоковольтных выбросов напряжения, которые обычно связаны с коммутационными процессами в местной электросети. Если в тексте настоящего Руководства не оговорено иное, то предполагается, что все присоединения для измеряемых сигналов, сигналов управления и ввода-вывода данных рассчитаны на подключение к источникам категории I.

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, исключающие 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.**

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 переключки на предмет выявления возможного износа, трещин и поломок.

При установке оборудования в местах с ограниченным доступом к сетевому кабелю, например, при монтаже в стойку, следует установить отдельный сетевой размыкатель в непосредственной близости от оборудования и в пределах досягаемости для оператора.

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 типоминала 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 \equiv 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 типоминала, 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 2001 и 2002. Для облегчения пользования этим Руководством используются специальные приемы оформления:

- Часть информации является общей для всех этих приборов. Эта информация оформлена обычным текстом без каких-либо специальных выделений. В неочевидных случаях (например, в отсутствие заголовка с указанием типа) используются следующие приемы оформления:
- Информация, относящаяся **только** к приборам типа 2001, выделяется надстрочным индексом ⁽⁰¹⁾, а при наличии фрагментов текста, относящихся только к этим приборам – тонкой вертикальной линией на правом поле соответствующего фрагмента, как показано справа.
- Информация, относящаяся **только** к приборам типа 2002, выделяется надстрочным индексом ⁽⁰²⁾, а при наличии фрагментов текста, относящихся только к этим приборам – жирной вертикальной линией на правом поле соответствующего фрагмента, как показано справа.

1.1 Введение

Эта глава содержит общие сведения о мультиметрах типа 2001 и 2002.

Краткое содержание главы 1:

- 1.2 Основные характеристики мультиметров
- 1.3 Гарантийная информация
- 1.4 Символы и понятия техники безопасности
- 1.5 Распаковка приборов
- 1.6 Опции и принадлежности

1.2 Основные характеристики мультиметров

Мультиметры типа 2001 и 2002 характеризуются следующими особенностями:

- **Полный набор функций:**
Наряду с другими функциями эти мультиметры могут производить измерение постоянного напряжения (обычные измерения и измерения выбросов напряжения), переменного напряжения (среднеквадратическое, среднее и пиковое значение), постоянного тока (обычные измерения и измерения без разрыва цепи), переменного тока (среднеквадратическое и среднее значение), измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме (обычные измерения и измерения с компенсацией смещения), измерение частоты, а также измерение температуры (с термометрами сопротивления или термопарами).
- **Двухстрочный дисплей:**
Показания прибора и различные сообщения отображаются на буквенно-цифровом дисплее, в верхней строке которого индицируется до 20 символов, а в нижней – до 32 символов.
- **Многофункциональные измерения и индикация:**
С передней панели можно сконфигурировать мультиметр на последовательное измерение с одновременной индикацией нескольких измеряемых величин.
- **Память для результатов измерений и установок параметров:**
Результаты измерений (отсчеты) и установки параметров прибора могут заноситься в память и вызываться из памяти как с передней панели, так и через шину IEEE-488. Например, можно запрограммировать буфер памяти на хранение до 850 отсчетов при разрешающей способности 4,5 разряда или до 250 отсчетов с метками времени при разрешающей способности 6,5 разрядов. Мультиметры типа 2001 и 2002 можно сконфигурировать с опциями памяти, которые расширяют размер памяти до 30 000 отсчетов и 10 наборов установок параметров.

- Быстродействующие измерения:
Мультиметры способны производить 2000 измерений в секунду при разрешающей способности 4,5 разряда или 215 измерений в секунду при разрешающей способности 6,5 разрядов.
- Режим вывода данных:
С передней панели можно установить прибор на вывод результатов измерений на принтер IEEE-488 или принтер Centronics (с дополнительным адаптером).
- Цифровая калибровка:
Приборы допускают возможность цифровой калибровки как с передней панели, так и через шину.
- Стандартный интерфейс IEEE-488:
Работа с шиной соответствует стандартам IEEE-488.2 и SCPI.
- Trigger Link:
Это новый принцип запуска, обеспечивающий универсальный и точный внешний запуск. Это является дополнением к стандартному способу внешнего запуска с сигналами Trigger In/Measurement Complete BNC.
- Опция внутреннего сканера с возможностью установки на месте эксплуатации:
Это плата десятиканального сканера, которая содержит восемь каналов двухполюсной релейной коммутации и два канала двухполюсного полупроводникового коммутатора. Все каналы можно сконфигурировать на четырехполюсную коммутацию.

Полные технические характеристики мультиметров типа 2001 и 2002 приведены в Приложении А.

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 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.

1.5 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:

- мультиметр с сетевым шнуром (и опцией памяти MEM1 или MEM2 согласно заказу);
- высококачественные модульные измерительные провода типа 8605;
- Руководство по эксплуатации и Руководство по калибровке;
- принадлежности в соответствии с заказом;
- полные калибровочные данные (согласно стандарту MIL-STD 45662A).

При необходимости Вы можете заказать у нас следующие комплекты технической документации:

	<u>номер для заказа:</u>
• Руководство по эксплуатации (Operator's Manual)	2001-900-00 (мультиметр типа 2001) 2002-900-00 (мультиметр типа 2002)
• Руководство по калибровке (Calibration Manual)	2001-905-00 (мультиметр типа 2001) 2002-905-00 (мультиметр типа 2002)
• Руководство по ремонту (Repair Manual)	2001-902-00 (мультиметр типа 2001) 2002-902-00 (мультиметр типа 2002)
• Ознакомительное руководство (Getting Started Manual)	2002-903-00 (мультиметр типа 2002)

Каждый комплект включает в себя соответствующее Руководство с возможными дополнениями.

1.6 Опции и принадлежности

Для применения с мультиметрами типа 2001 и 2002 выпускаются следующие опции и принадлежности:

Окантованный кейс типа 1050:

Кейс для переноски приборов типа 2001, 2002 или 7001 с ручками и наплечным ремнем.

2001/MEM1 и 2001/MEM2

2002/MEM1 и 2002/MEM2

Эти дополнительные конфигурации мультиметров расширяют размер памяти приборов. Опция MEM1 содержит 32 килобайта памяти для долговременного хранения пяти наборов параметров и 7000 отсчетов в компактном формате или 1400 отсчетов в полном формате. Опция MEM2 содержит 128 килобайт памяти для долговременного хранения десяти наборов параметров и 30 000 отсчетов в компактном формате или 6000 отсчетов в полном формате.

Десятиканальная сканерная плата типа 2001-SCAN:

Эта плата устанавливается в мультиметр типа 2001 или 2002. Она содержит восемь каналов двухполюсной релейной коммутации и два канала двухполюсного полупроводникового коммутатора. Все каналы можно сконфигурировать на четырехполюсную коммутацию. Прилагается 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 типа 2002. Эта плата имеет девять аналоговых входных каналов, которые можно использовать для скоростного сканирования с высокой точностью. Встроенный температурный репер обеспечивает многоканальные измерения температуры с помощью термопар при компенсации температуры холодного стыка.

Комплект типа 4288-1 для одиночного монтажа в стойку:

Предназначен для монтажа одиночного мультиметра типа 2001 или 2002 в стандартную 19-дюймовую стойку.

Комплект типа 4288-2 для спаренного монтажа в стойку:

Предназначен для монтажа двух приборов (типа 182, 428, 486, 487, 2001, 7001) бок-о-бок в стандартную 19-дюймовую стойку.

Комплект типа 4288-3 для спаренного монтажа в стойку:

Предназначен для монтажа приборов типа 2001 (или 2002) и 199 бок-о-бок 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 2001 (или 2002) и 5,25-дюймового прибора (типа 195A, 196, 220, 224, 230, 263, 595, 614, 617, 705, 740, 775 и т.п.).

Экранированные кабели IEEE-488 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 разъем Trigger Link мультиметра к приборам, которые используют стандартные соединители запускающих сигналов типа BNC (вход и выход).

Переходной кабель типа 8530 с IEEE-488 на принтер Centronics:

Кабель для соединения разъема IEEE-488 с принтером Centronics, позволяющий подключить к мультиметру стандартный параллельный принтер Centronics в режиме вывода данных (TALK ONLY).

Высококачественные модульные измерительные провода типа 8605:

Два высоковольтных (1000 V) пробника и провода. На концах проводов смонтированы однополюсные вилки со съемным футляром. (К каждому мультиметру типа 2001 или 2002 прилагается один комплект этих измерительных проводов).

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 для этого комплекта (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 съемным футляром на другом конце.

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 съемным футляром на каждом конце. Эти провода сводят к минимуму термоэлектрический эффект, которые может возникнуть 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 съемным футляром на другом конце. Эти провода сводят к минимуму термоэлектрический эффект, который может возникнуть у измерительных проводов.

Адаптер типа 8680 для термометров сопротивления:

Позволяет подключать термометры сопротивления (RTD) с нагруженными и ненагруженными кабелями к приборам с однополюсными гнездами для измерения сопротивления в четырехпроводной схеме. Содержит четырехконтактный тройниковый соединитель и четырехконтактный клеммник.

Миниатюрный поверхностный датчик температуры типа 8681 с термометром сопротивления:

Недорогой платиновый четырехпроводной термометр сопротивления с ненагруженными проводами. Предназначен для измерения температуры на плоской поверхности или в свободном пространстве.

Погружной датчик температуры типа 8693 с термометром сопротивления:

Датчик содержит платиновый термометр сопротивления. Предназначен для общего применения, в том числе для работы с погружением в жидкость.

Поверхностный датчик температуры типа 8695 с термометром сопротивления:

Датчик содержит платиновый термометр сопротивления. Предназначен для измерения температуры плоской поверхности твердых тел.

Датчик температуры газовой среды типа 8696 с термометром сопротивления:

Датчик содержит платиновый термометр сопротивления. Предназначен для измерения температуры воздушной или газовой среды. Содержит открытый чувствительный элемент в защитном кожухе.

2 Ознакомительная информация

Примечание: Содержание этой главы относится к мультиметру типа 2001.

2.1 Введение

Эта глава содержит вводную информацию по работе с мультиметром типа 2001. Более подробное описание управления мультиметром с передней панели и через шину IEEE-488 содержится в главе 3.

Краткое содержание главы 2:

2.2 Описание передней и задней панели

Описаны органы управления, элементы индикации и соединители на передней и задней панели.

2.3 Измерительный процесс

Краткое описание измерительного процесса.

2.4 Начальная конфигурация

Информация о начальной конфигурации, которую необходимо принять во внимание перед работой с прибором.

2.5 Управление прибором с передней панели

На простых примерах продемонстрированы основные операции управления прибором с передней панели.

2.6 Основные сведения о дистанционном управлении

Приведены основные сведения о дистанционном управлении прибором через шину IEEE-488 с использованием команд SCPI. Приведены также примеры программирования.

Примечание: Шина IEEE-488 называется также интерфейсной шиной общего назначения (GPIB). В тексте данного Руководства используются оба эти термина.

2.2 Описание передней и задней панели

2.2.1 Передняя панель

На рис. 1 показаны органы управления, элементы индикации и соединители на передней панели мультиметра типа 2001. Перед тем, как приступить к работе с прибором, следует ознакомиться с этим рисунком и соответствующими пояснениями. Обратите внимание на то, что некоторые клавиши выполнены в виде перекидных переключателей: REL/TRIG, STORE/RECALL, FILTER/MATH, ◀/▶, INFO/LOCAL, CHAN/SCAN, CONFIG/MENU и EXIT/ENTER.

2.2.2 Задняя панель

Задняя панель мультиметра типа 2001 показана на рис. 2. Перед тем, как приступить к работе с прибором, следует ознакомиться с этим рисунком и соответствующими пояснениями.

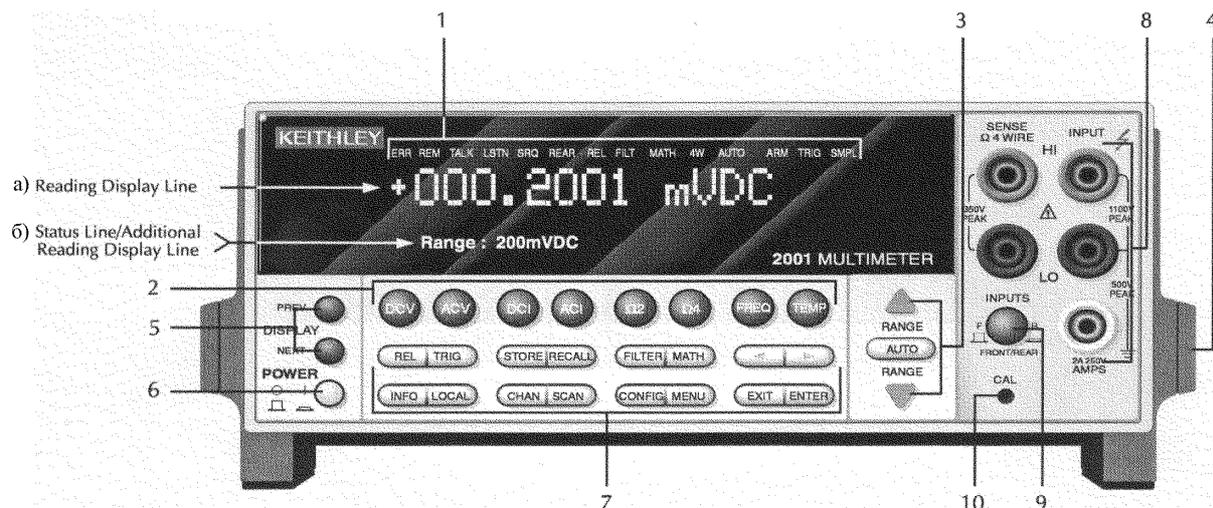


Рис. 1 Передняя панель мультиметра типа 2001

- а) строка индикации основных показаний
 б) строка индикации дополнительных показаний и индикации состояния

1 Вспомогательные индикаторы

ERR	Сомнительное показание.
REM	Прибор находится в режиме дистанционного (remote) управления.
TALK	Прибор адресован на передачу данных.
LSTN	Прибор адресован на прием.
SRQ	Сервисный запрос.
REAR	Индцируется показание со входов на задней панели.
REL	Индцируется относительное показание (с вычитанием константы).
FILT	Задействован цифровой фильтр.
MATH	Задействованы математические вычисления.
4W	Индцируется результат измерения сопротивления в четырехпроводной (4-wire) схеме.
AUTO	Задействован автоматический выбор предела измерений.
ARM	Активизирован запуск; прибор не находится в дежурном состоянии.
*	Звездочка индицирует процесс занесения отсчетов в память.

2 Функциональные клавиши

DCV	Выбор функции измерения постоянного напряжения.
ACV	Выбор функции измерения переменного напряжения.
DCI	Выбор функции измерения постоянного тока.
ACI	Выбор функции измерения переменного тока.
Ω2	Выбор функции измерения сопротивления в двухпроводной схеме.
Ω4	Выбор функции измерения сопротивления в четырехпроводной схеме.
FREQ	Выбор функции измерения частоты.
TEMP	Выбор функции измерения температуры.

3 Клавиши переключения пределов измерения

▲	Переключение на старший предел измерения; увеличение численного значения.
▼	Переключение на младший предел измерения; уменьшение численного значения.
AUTO	Включение и выключение автоматического выбора предела измерений.

4 Ручка (на рисунке не видно)

Вытянуть и повернуть в нужное положение.

5 Клавиши управления дисплеем

PREV	Переход к предыдущему варианту комплексной индикации функции.
NEXT	Переход к следующему варианту комплексной индикации функции.

6 Сетевой выключатель

O = ВЫКЛ.
I = ВКЛ.

7 Рабочие клавиши

REL	Включение и выключение относительных показаний (функция вычитания константы).
TRIG	Запуск прибора.
STORE	Ввод в действие занесения данных в память.
RECALL	Вызов данных из памяти (отсчет, номер, время). Для максимума пользуйтесь клавишами PREV/NEXT DISPLAY.
FILTER	Включение и выключение цифрового фильтра; отображение статуса фильтра для текущей функции.
MATH	Включение и выключение функции вычислений; отображение результата вычислений.
◀ и ▶	Перемещение курсора по цифровым позициям, пунктам меню и информационным показаниям.
INFO	Отображение контекстной информации по текущей индикации.
LOCAL	Выход из режима дистанционного управления по шине IEEE-488.
CHAN	Выбор для измерения канала (1 ? 10) внутреннего сканера.
SCAN	Выполнение сканирования каналов внутреннего или внешнего сканера, а также измерение отношения и разности сигналов в каналах.
CONFIG	Конфигурирование функций и операций.
MENU	Занесение в память и восстановление наборов параметров прибора; установка параметров GPIB; выполнение калибровки и самопроверки; задание предельных значений, параметров буфера, цифрового входа-выхода и автокоррекции нуля.
EXIT	Отмена выбора, возврат назад в структуре меню.
ENTER	Фиксация показаний, ввод вариантов выбора, перемещение вниз в структуре меню.

8 Входные гнезда

INPUT HI и LO	Используются для измерения постоянного и переменного напряжения, а также для измерения сопротивления в двухпроводной схеме.
AMPS	В сочетании с низкопотенциальным входом (INPUT LO) используется для измерения постоянного и переменного тока. Содержит входной токовый предохранитель (2 А, 250 В, быстродействующий (fast blow), 5 x 20 мм).
SENSE Ω4 WIRE HI и LO	В сочетании с входными гнездами INPUT HI и LO используются для измерения сопротивления в четырехпроводной схеме.

9 Переключатель INPUTS

Кнопка переключения входов на передней или задней панели.

10 Кнопка CAL

Ввод в действие функций калибровки.

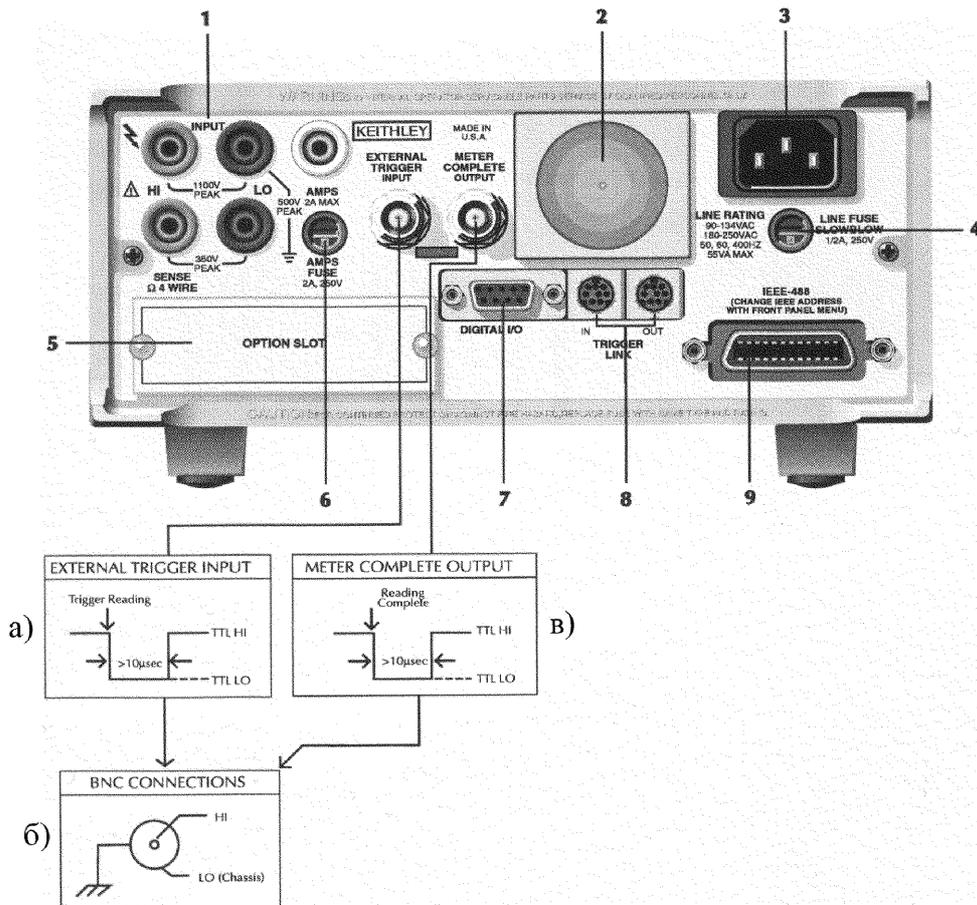


Рис. 2 Задняя панель мультиметра типа 2001

а) вход внешнего запуска; б) соединители BNC; в) выход сигнала завершения измерения

1 Входные гнезда

INPUT HI и LO Используются при измерении 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.

SENSE Ω 4 WIRE HI и LO Вместе с гнездами INPUT HI и LO используются для измерения сопротивления в четырехпроводной схеме.

2 Вентилятор – Поддерживайте фильтр в чистоте для обеспечения надлежащего охлаждения прибора.

3 Сетевой разъем – Сетевое напряжение 90 ? 134 V и 180 ? 250 V (универсальное питание), частота 50, 60 или 400 Hz (определяется автоматически).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Подключайте трехпроводной сетевой шнур к заземленной сетевой розетке.

4 Сетевой предохранитель – Обеспечивает защиту по цепи питания. Для замены следует использовать только инерционный (slow blow) предохранитель на 0,5 A, 250 V, 5 x 20 мм.

5 Сканер – В это гнездо устанавливают сканерную плату типа 2001-SCAN.

6 Держатель предохранителя – Предохранитель токового входа (2 A, 250 V, быстродействующий, 5 x 20 мм).

7 Цифровой вход-выход – Соединитель DB-9 (один вход, четыре выхода, сигналы в стандарте TTL).

8 TRIGGER LINK IN и OUT – Два восьмиконтактных соединителя типа micro-DIN для приема и передачи импульсов запуска при работе с другими приборами (см. раздел 3.7.7).

9 Соединитель IEEE-488 – Разъем для подключения прибора к шине IEEE-488 (GPIB) через экранированный кабель.

2.2.3 Дисплей

Режим нормальной индикации

В режиме нормальной индикации на дисплее мультиметра типа 2001 отображается следующая информация:

- Верхняя строка:
Показания (результаты измерений), единицы измерения, номер канала при сканировании, а также тип измерения, если это необходимо для ясности.
- Нижняя строка:
Предел измерения (фиксированный), связь по переменному току (ACV и ACI), характер связи и входные гнезда при измерении частоты; датчик температуры.

Большинство показаний прибора имеет формат от 3,5 до 7,5 разрядов индикации. Например, при измерении среднеквадратического значения (RMS) переменного напряжения при 5,5 разрядах индикации на пределе измерения 200 V индикация выглядит следующим образом:

```
+000.000 VAC RMS
Range: 200 VAC   Coupling: AC
```

Когда задействована функция вычислений (процентное значение или $mX+b$), то показание может индцироваться в показательной форме записи, например:

```
+5.0000e+03 VAC %
Range: 200 VAC   Coupling: AC
```

Режим комплексной индикации

Для перехода от режима нормальной индикации в режим комплексной индикации следует нажать клавишу NEXT или PREV DISPLAY. Каждая измерительная функция имеет свой собственный набор вариантов комплексной индикации. В этом режиме мультиметр может отображать результаты максимум трех отдельных измерений. Например, для функции измерения постоянного напряжения здесь индицируются результаты измерения постоянного напряжения, а также напряжения и частоты пульсаций:

```
+00.00000 VDC
+00.0000 VAC   +000.00 Hz
```

В режиме комплексной индикации может также отображаться линейный индикатор, например:

```
+12.00000 VDC
0|=====|=====|==   |           |+20V
```

Варианты комплексной индикации подробно рассмотрены в главе 3. Набор вариантов комплексной индикации для функции измерения постоянного напряжения приведен в таблице 1.

Информационные сообщения на дисплее

Для большинства операций на передней панели существуют контекстно-зависимые информационные сообщения. Эти пояснительные сообщения включаются и выключаются с помощью клавиши INFO. Например, информационное сообщение для одного из вариантов комплексной индикации при измерении постоянного напряжения выглядит следующим образом:

```
INFO: VDC, VAC, Hz
Shows DC value, AC ripple and ►
◀ the ripple frequency.           Индицируется постоянное напряжение, напряжение пульсаций
                                   и частота пульсаций.
```

Здесь мигающие символы ◀ и ► указывают на то, что для просмотра всей нижней строки следует воспользоваться клавишами ◀ и ►.

Таблица 1 Варианты комплексной индикации для функции измерения постоянного напряжения (DCV)

Индикация	Описание
+00.00000 VDC Range: 20 VDC NEXT ↓ ↑ PREV	Нормальная индикация. (При автоматическом выборе предела измерения он не индицируется).
+00.00000 VDC +00.0000 VAC +000.00 Hz NEXT ↓ ↑ PREV	Напряжение и частота пульсаций переменного тока.
+00.00000 VDC Pos-Pk=+00.00 V Highest=+00.00 V NEXT ↓ ↑ PREV	Положительные выбросы напряжения и максимальное значение.
+00.00000 VDC Neg-Pk=+00.00 V Lowest=+00.00 V NEXT ↓ ↑ PREV	Отрицательные выбросы напряжения и минимальное значение.
+00.00000 VDC Pos-Pk=+00.00 V Neg-Pk=+00.00 V NEXT ↓ ↑ PREV	Положительные и отрицательные выбросы напряжения.
+10.00000 VDC 0 ===== ===== +20V NEXT ↓ ↑ PREV	Линейный индикатор до + или - полной шкалы.
+10.00000 VDC -50% ===== ===== +50% NEXT ↓ ↑ PREV	Линейный индикатор с нулем в центре и с регулируемыми пределами.
+00.00000 VDC Max=+00.00000 Min=+00.00000 NEXT ↓ ↑ PREV	Максимальное и минимальное значения.
+00.00000 VDC Actual=+00.00000 (without REL) NEXT ↓ ↑ PREV	Значение с вычитанием константы (REL). Действительное значение (без вычитания).
+00.00000 VDC Reading=+00.00000 NEXT ↓ ↑ PREV	Результат математической операции. Показание до применения математической операции.
+00.00000 VDC PASS LIM1 ===== LIM1 NEXT ↓ ↑ PREV	Линейный индикатор HI/LO/PASS с регулируемыми пределами.
+00.00000 VDC CH02 CH01=+00.0000 V CH03=+00.0000 V NEXT ↓ ↑ PREV	Показания соседних внутренних каналов (с опцией типа 2001-SCAN).

Примечание: Для циклической прокрутки вариантов комплексной индикации нажимайте клавиши NEXT и PREV DISPLAY.

Отображение пунктов меню конфигурации

Конфигурацию каждой измерительной функции устанавливают индивидуально при нажатии клавиши CONFIG с последующим нажатием функциональной клавиши. Кроме того, операции, которые влияют на все измерительные функции (например, запуск, сохранение данных и предельные значения), также конфигурируют путем нажатия клавиши CONFIG с последующим нажатием рабочей клавиши.

К верхнему уровню меню конфигурации для измерения постоянного напряжения обращаются путем нажатия клавиши CONFIG, затем клавиши DCV. На дисплее появляется следующее:

```
CONFIGURE DCV
SPEED FILTER RESOLUTION
```

В некоторых случаях меню разветвляется для дальнейшего определения пунктов, например, как показано ниже для пункта SPEED:

```
DCV MEASUREMENT SPEED
NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY ►
◀ SET-SPEED-EXACTLY SET-BY-RSLN
```

Общие указания по работе с меню приведены в таблице 2.

Таблица 2 Общие указания по работе с меню

Действие	Описание
CONFIG-DCV	Чтобы обратиться к верхнему уровню меню конфигурации DCV, следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу DCV. Аналогичным образом обращаются к конфигурации других функций и операций, например, CONFIG-ACV или CONFIG-TRIG.
MENU	Чтобы обратиться к верхнему уровню главного меню, следует нажать клавишу MENU. В главное меню входят операции, не имеющие соответствующей клавиши.
◀ или ▶	Этими клавишами пользуются для перемещения подсвеченного курсора по пунктам меню или цифровым разрядам значений параметров, а также для переключения каналов у сканера.
RANGE ▲ RANGE ▼	С помощью этих клавиш увеличивают или уменьшают численные значения параметров.
ENTER	При нажатии этой клавиши подтверждается выбор в меню или пункт данных.
EXIT	При нажатии этой клавиши отменяется изменение выбора в меню и происходит возврат на предыдущий уровень меню.
INFO	Эта клавиша используется для отображения на дисплее контекстно-зависимой информации о текущем уровне меню. При каждом нажатии этой клавиши поочередно включается и выключается информационное сообщение.

Вывод на индикацию данных из буфера памяти

Занесенные в память отсчеты (показания прибора) можно вывести на индикацию путем нажатия клавиши RECALL. При этом вызывается первый отсчет в буфере памяти, например:

```
+00.00000 VDC
Rdg#+00000 @Time=+000.000000 sec
```

Здесь в верхней строке индицируется сам отсчет, а в нижней строке – номер отсчета и метка времени. Для прокрутки отсчетов пользуются клавишами RANGE ▲ и ▼, а для изменения прокручиваемого разряда – клавишами ◀ и ▶. Для прокрутки статистических данных занесенных в буфер отсчетов пользуются клавишами NEXT и PREV DISPLAY. Это обеспечивает также возможность распечатки данных.

Примечание: Занесенные в буфер данные сохраняются при выключении электропитания, если в прибор установлены опции памяти.

Отображение сообщений

На дисплей мультиметра могут выводиться разнообразные статусные сообщения и сообщения об ошибках, которые информируют пользователя о конфликтах установок, неполадках с запуском и т.д. Полная сводка этих сообщений содержится в разделе 3.3.4.

2.3 Обзор измерительного процесса

Этот обзор предназначен для ознакомления пользователя с основами измерительного процесса без излишней детализации. Этих кратких сведений достаточно для понимания и выполнения примеров работы с прибором, описанных в разделе 2.5 (управление с передней панели) и 2.6 (управление через шину IEEE-488). Подробное описание всех аспектов измерительного процесса содержится в разделе 3.7.

Упрощенная модель измерительного процесса (функциональная схема) показана на рис. 3. Как видно из этого рисунка, функциональная схема содержит три уровня – уровень активизации (arm layer), уровень сканирования (scan layer) и уровень измерений (measure layer).

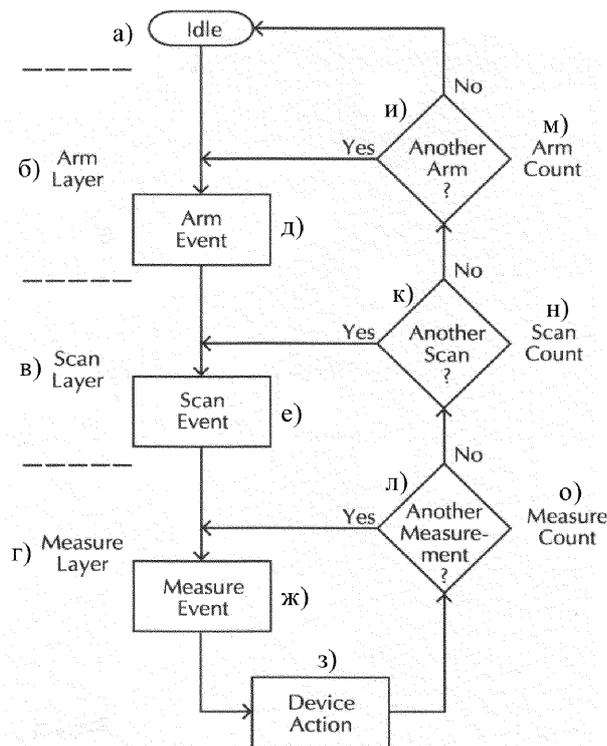


Рис. 3 Упрощенная модель измерительного процесса

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| а) дежурное состояние | з) действие прибора |
| б) уровень активизации | и) еще один сигнал активизации? |
| в) уровень сканирования | к) еще один цикл сканирования? |
| г) уровень измерений | л) еще одно измерение? |
| д) событие активизации | м) число сигналов активизации |
| е) событие управления сканированием | н) число циклов сканирования |
| ж) событие управления измерением | о) число измерений |

2.3.1 Дежурное состояние

Считается, что прибор находится в дежурном состоянии все время, пока он не работает ни на одном из уровней функциональной схемы. Когда прибор находится в дежурном состоянии, погашен вспомогательный индикатор "ARM" на дисплее.

Когда мультиметр выводится из дежурного состояния нажатием клавиши TRIG (или посылкой команды :INIT либо INIT:CONT ON по шине IEEE-488), загорается вспомогательный индикатор "ARM" и функционирование переводится на уровень активизации.

2.3.2 Уровень активизации

В принципе прибору необходимо событие активизации, чтобы перейти на уровень сканирования. При установке непосредственного (Immediate) источника активизации (это заводская установка "по умолчанию") функционирование немедленно переходит на следующий уровень, как только прибор будет выведен из дежурного состояния. Когда выбран любой другой источник активизации, прибор ждет появления соответствующего события, как описано ниже:

- External (внешний) – прибор ожидает поступления входного сигнала запуска (через соединитель EXTERNAL TRIGGER на задней панели).
- Manual (ручной) – прибор ожидает нажатия клавиши TRIG на передней панели.
- GPIB – прибор ожидает поступления сигнала запуска по шине (GET или *TRG).
- Trigger Link – прибор ожидает поступления входного сигнала запуска (через соединитель TRIGGER LINK).
- Hold – прибор ожидает на уровне активизации, пока не произойдет изменение источника активизации. (Примечание: Команды сигнального и непосредственного уровня :ARM:LAY1:SIGN и :ARM:LAY1:IMM соответствуют логике обнаружения событий).

Примечание: Когда выбран непосредственный (Immediate) источник запуска, то в случае подачи на мультиметр внешнего сигнала запуска или нажатия клавиши TRIG появляется сообщение "trigger ignored" ("запуск игнорируется"). Внешний и ручной запуск не используется (игнорируется).

По завершении всех операций сканирования и измерения прибор можно вернуть на уровень активизации путем программирования дополнительных сигналов активизации. Число сигналов активизации (arm count) можно установить конечным (1 ? 99999) или бесконечным (infinity). Заводской установкой "по умолчанию" является 1.

После того, как прибор покинет уровень активизации, функционирование переходит на уровень сканирования.

2.3.3 Уровень сканирования

В принципе прибору необходимо событие сканирования, чтобы перейти на уровень измерений. При установке непосредственного (Immediate) источника сканирования (это заводская установка "по умолчанию") функционирование немедленно переходит на следующий уровень. Когда выбран любой другой источник сканирования (External, Manual, GPIB, Trigger Link, Timer или Hold), прибор ждет появления соответствующего события.

Когда в качестве источника сканирования выбран таймер (Timer), первый проход через уровень сканирования производится немедленно. Если прибор запрограммирован на несколько циклов сканирования, то он ожидает в интервале от 1 msec до 999 999 999 секунд.

Число циклов сканирования (scan count) можно задать конечным (1 ? 99999) или бесконечным (infinity). Заводской установкой "по умолчанию" является бесконечность.

Примечание: Когда выбран непосредственный (Immediate) источник запуска, то в случае подачи на мультиметр внешнего сигнала запуска или нажатия клавиши TRIG появляется сообщение "trigger ignored" ("запуск игнорируется"). Внешний и ручной запуск не используется (игнорируется).

После того, как прибор покинет уровень сканирования, функционирование переходит на уровень измерения.

2.3.4 Уровень измерения

В принципе измерительные события управляют быстродействием измерений. При установке непосредственного (Immediate) источника измерения (это заводская установка "по умолчанию") действие прибора (Device Action) возникает немедленно. Действие прибора заключается в снятии показания (отсчета). Если выбрано сканирование, то действие прибора заключается в снятии показания, размыкании канала, конфигурировании для следующей функции в списке сканирования и замыкании канала.

Когда выбран любой другой источник измерения (External, Manual, GPIB, Trigger Link, Timer или Hold), прибор ждет появления соответствующего события прежде чем снять показание и (необязательно) сканировать канал.

Когда в качестве источника сканирования выбран таймер (Timer), первый отсчет производится немедленно, а каждый следующий отсчет – по истечении таймерного интервала задержки.

Примечание: Когда выбран непосредственный (Immediate) источник запуска, то в случае подачи на мультиметр внешнего сигнала запуска или нажатия клавиши TRIG появляется сообщение "trigger ignored" ("запуск игнорируется"). Внешний и ручной запуск не используется (игнорируется).

Число измерений (отсчетов) можно задать конечным (1 ? 99999) или бесконечным (infinity). Заводской установкой "по умолчанию" является бесконечность. В состоянии заводской установки "по умолчанию" уровни активизации и сканирования "прозрачны" для измерительных операций.

2.4 Начальная конфигурация

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Прежде чем включать питание мультиметра, проследите за тем, чтобы он был подключен к заземленной сетевой розетке через прилагаемый сетевой шнур. Отсутствие надлежащего заземления прибора создает угрозу поражения электрическим током с последствиями в виде тяжелых травм или смертельного исхода.

Мультиметр типа 2001 может хранить в памяти от одного до десяти пользовательских наборов параметров (установок) в зависимости от установленной опции памяти. Одну из этих установок Вы можете выбрать в качестве установки параметров, которая вводится в действие "по умолчанию" после включения прибора. Можно также использовать для этого одну из двух заводских установок, оптимизированных для местного ("Bench") или дистанционного ("GPIB") управления прибором. Поскольку приведенные в разделе 2.5 примеры предполагают установку "Bench", то следует восстановить этот набор параметров, как описано ниже.

1. Нажмите клавишу MENU, чтобы вывести на дисплей пункты главного меню:

```
MAIN MENU
SAVESETUP GPIB CALIBRATION ►
◀ TEST LIMITS STATUS-MSG GENERAL
```

Когда содержание нижней строки не помещается в одной строке, то она заканчивается символом ►. Чтобы вывести на дисплей вторую половину нижней строки, нажимайте клавишу ►. Чтобы вернуться к первой половине строки, нажмите клавишу ◀.

Примечание: Для большинства операций на передней панели имеется дополнительная информация. Чтобы вывести ее на дисплей, нажмите клавишу INFO. Чтобы полностью увидеть нижнюю строку, пользуйтесь клавишами ◀ и ►. Повторное нажатие клавиши INFO убирает с дисплея эту дополнительную информацию.

2. Если пункт SAVESETUP не мигает, нажимайте клавишу ◀, пока он не замигает, затем нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на дисплей меню наборов параметров:

```
SETUP MENU
SAVE RESTORE POWERON RESET
```

3. Нажимайте клавишу ►, пока не начнет мигать пункт RESET этого меню, затем нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на дисплей меню RESET:

```
RESET ORIGINAL DFLTS
Bench GPIB
```

4. Выберите пункт Bench (чтобы он мигал) и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
RESETTING INSTRUMENT      (Восстановление заводской установки параметров прибора)
ENTER to confirm; EXIT to abort  (Для подтверждения нажать ENTER; для отмены нажать EXIT)
```

5. Для подтверждения нажмите клавишу ENTER. Теперь восстановлена заводская установка набора параметров, доступ к которым обеспечивается с передней панели прибора. Прибор работает в режиме измерения постоянного напряжения с автоматическим выбором предела измерений. Для функции измерения постоянного напряжения (DCV) действуют следующие установки "по умолчанию":

- Быстродействие измерений (время интегрирования) – стандартное, один период сетевого напряжения.
- Цифровой фильтр – динамический, 10 отсчетов, шумовой допуск 1%, текущее усреднение, задействован.
- Количество разрядов индикации – 6,5 разрядов.

2.5 Управление прибором с передней панели

Основные операции на передней панели продемонстрированы ниже на примере измерения постоянного напряжения. Первый пример – это измерения при установке параметров "по умолчанию" и измерения с высокой точностью. Второй пример демонстрирует занесение в память отсчетов при высокой скорости измерений. Эти примеры предназначены только для обучения пользователя основным приемам работы с прибором.

Подробные сведения об использовании всех возможностей мультиметра типа 2001 при управлении с передней панели приведены в главе 3 данного Руководства. Примеры замыкания и размыкания каналов с применением списка сканирования приведены в инструкции к сканерной плате типа 2001-SCAN.

Примечание: Приведенные ниже примеры предполагают, что выполнена начальная установка параметров мультиметра согласно описанию в разделе 2.4.

2.5.1 Пример измерения постоянного напряжения

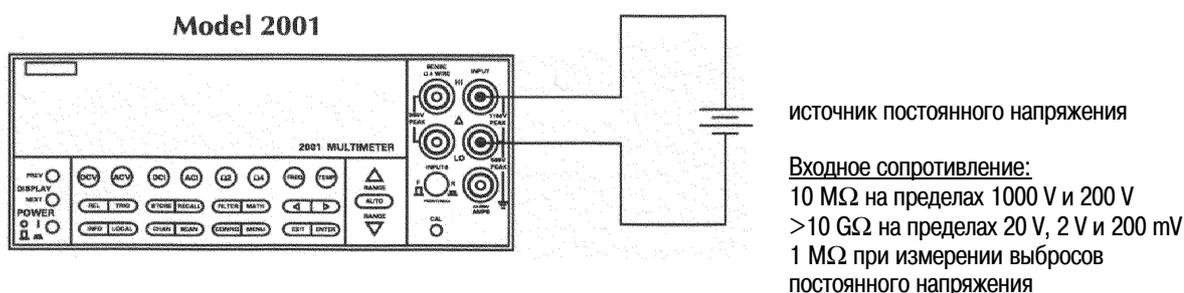
Перед тем, как приступить к этому примеру, убедитесь в том, что на дисплее отображается режим измерения постоянного напряжения. В случае необходимости восстановите заводскую установку параметров "Bench", как описано в разделе 2.4. Далее действуйте поэтапно, как описано ниже.

Этап 1: Подключение источника постоянного напряжения

Мультиметр типа 2001 можно использовать для измерения постоянного напряжения в диапазоне от ± 10 nV до ± 1100 V. При количестве разрядов индикации 5,5 и более необходимо использовать методику измерения малых уровней сигналов (см. раздел 3.4.1).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Максимально допустимое пиковое входное напряжение между гнездами INPUT HI и INPUT LO составляет 1100 V. Максимально допустимое пиковое синфазное напряжение (между гнездом INPUT LO и шасси) составляет 500 V. Превышение этих значений создает угрозу поражения электрическим током.

1. С помощью кнопки переключения входов INPUTS выберите входные гнезда на передней панели. Это соответствует выступающему положению кнопки. Когда кнопка утоплена, задействованы входные гнезда на задней панели.
2. С помощью набора прилагаемых к мультиметру измерительных проводов присоедините мультиметр к источнику постоянного напряжения (например, к батарее), как показано на рис. 4.



Предостережение: Максимально допустимое входное напряжение = 1100 V (пиковое значение)

Рис. 4 Типовой вариант подключения прибора при измерении постоянного напряжения

Этап 2: Выбор предела измерения и индикация результата измерения

С помощью клавиш RANGE можно установить автоматический выбор предела измерения или выбрать предел измерения вручную:

1. Когда действует заводская установка параметров "Bench", светится вспомогательный индикатор "AUTO", указывающий на то, что задействован автоматический выбор пределов измерений. При каждом нажатии клавиши AUTO поочередно включается и выключается автоматический выбор пределов.
2. С помощью клавиш ▲ RANGE и ▼ RANGE Вы можете выбрать другой предел измерения. При этом необходимо следить за тем, чтобы предел измерения превышал уровень сигнала. Если появится сообщение о перегрузке "Overflow", переключайтесь на старший предел измерения, пока не получите нормальное показание. Для достижения наилучшей точности и разрешающей способности пользуйтесь как можно более низким пределом измерения.
3. На пределе измерения 200 mV закоротите между собой измерительные концы и подождите, пока не установится показание. Чтобы обнулить возможное смещение, нажмите клавишу REL. Снова присоедините измерительные концы к источнику напряжения и сохраните действие функции REL (вычитание константы) при проведении измерений.

Примечание: Чтобы зафиксировать показание на дисплее, можно нажать клавишу ENTER. Эта индикация сохраняется, пока Вы не нажмете клавишу EXIT, чтобы вернуться в обычный режим индикации. Если вместо этого снова нажать клавишу ENTER, то на дисплее будет зафиксировано следующее показание.

Этап 3: Вывод на индикацию установок параметров "по умолчанию"

Для функции измерения постоянного напряжения (DCV) действуют следующие установки параметров "по умолчанию":

- Быстродействие измерений (время интегрирования) – стандартное, один период сетевого напряжения.
- Цифровой фильтр – динамический, 10 отсчетов, шумовой допуск 1%, текущее усреднение, задействован.
- Количество разрядов индикации – 6,5 разрядов.

Если Вас не устраивают эти установки, Вы можете изменить их через меню конфигурации DCV:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу DCV или ENTER. На дисплее появляется следующее меню:

```
CONFIGURE DCV
SPEED FILTER RESOLUTION
```

Примечание:

При нажатии клавиши CONFIG с последующим нажатием клавиши ENTER на дисплей выводится верхний уровень меню конфигурации для текущей функции.

2. Чтобы просмотреть текущие установки всех пунктов меню CONFIGURE DCV, нажимайте клавиши ◀ и ▶, чтобы переместиться на нужный пункт, затем нажмите клавишу ENTER. Текущий выбор отображается мигающей индикацией. (Не забывайте о том, что при нажатии клавиши INFO Вы можете получить дополнительную информацию).

Верхний уровень этого меню представлен в таблице 3.

Таблица 3 Структура меню CONFIGURE DCV

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстродействия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 msec при частоте сети 60 Hz или 20 msec при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в единицах PLC (0,01 ? 10). Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение.
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.

Этап 4: Конфигурирование на высокую точность измерений

Для достижения высокой точности измерений измените конфигурацию измерений постоянного напряжения, как описано ниже:

1. Выберите пункт SPEED из меню CONFIGURE и нажмите клавишу ENTER. На дисплее выводится следующее меню:

```
DCV MEASUREMENT SPEED
NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY ▶
◀ SET-SPEED-EXACTLY SET-BY-RSLN
```

2. С помощью клавиш управления курсором выберите пункт HIACCURACY (время интегрирования в 10 периодов сетевого напряжения) и нажмите клавишу ENTER.

3. Выберите пункт FILTER из меню CONFIGURE DCV и нажмите клавишу ENTER. На дисплей выводится следующее меню:

```
DCV DIGITAL FILTER
AUTO AVERAGING ADVANCED ►
◀ AVERAGING-MODE
```

4. С помощью клавиш управления курсором выберите пункт AVERAGING и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующая индикация:

```
AVG: 010 RDGS (1-100)
Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT or INFO
```

5. Это простой фильтр с текущим усреднением десяти отсчетов, который рекомендуется в качестве минимальной опции для измерения постоянного напряжения с высокой точностью. Если этого достаточно, то нажмите клавишу ENTER или EXIT. Если Вы хотите реализовать усреднение большего числа отсчетов, то с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ измените число подлежащих усреднению отсчетов (вплоть до 100 отсчетов). Чтобы подтвердить изменение установки, нажмите клавишу ENTER.

Примечание:

Этого еще недостаточно, чтобы задействовать цифровой фильтр. Для этого следует выйти из структуры меню и нажать клавишу FILTER.

6. Выберите пункт RESOLUTION из меню CONFIGURE DCV. На дисплей выводится следующее меню:

```
SET DCV RESOLUTION
AUTO 3.5d 4.5d 5.5d 6.5d 7.5d
```

7. С помощью клавиш управления курсором выберите 7,5 разрядов индикации и нажмите клавишу ENTER.
8. Нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации. Вы заметите, как изменилось быстродействие измерений и разрешающая способность индикации. (Эти изменения влияют только на функцию измерения постоянного напряжения).

Этап 5: Ввод в действие цифрового фильтра

Если фильтр не включен, нажмите клавишу FILTER, чтобы ввести его в действие. При этом кратковременно индицируется тип фильтра и число усредняемых отсчетов, например:

```
Filter Enabled
Digital = AVG(10)
```

Теперь показания прибора будут более стабильными за счет снижения шумов и соответственно – случайной погрешности измерений. Цифровой фильтр можно отключить повторным нажатием клавиши FILTER.

Этап 6: Вызов комплексной индикации

Каждая измерительная функция имеет свой набор вариантов комплексной индикации. Для вывода на дисплей этих вариантов пользуются клавишами NEXT DISPLAY и PREV DISPLAY.

1. При нормальной индикации в режиме измерения постоянного напряжения нажмите клавишу NEXT DISPLAY, чтобы дополнительно вывести на дисплей индикацию напряжения и частоты пульсаций переменного тока:

```
+000.0000 mVDC
+000.000 mVAC +000.00 Hz
```

2. Вы можете нажать клавишу PREV DISPLAY, чтобы вернуться в режим нормальной индикации, либо нажимать клавишу NEXT DISPLAY, чтобы просмотреть другие варианты комплексной индикации, которые переключаются циклически с возвратом в режим нормальной индикации (см. таблицу 1).

Примечание: Нажатие и удержание любой из клавиш NEXT DISPLAY или PREV DISPLAY возвращает прибор в режим нормальной индикации.

2.5.2 Пример занесения в память результатов измерения постоянного напряжения

В данном примере предполагается, что выполнена начальная установка параметров мультиметра "по умолчанию" ("Bench") согласно описанию в разделе 2.4. Предполагается также, что на вход прибора подается постоянное напряжение и индицируются показания без перегрузки.

Этап 1: Конфигурирование на высокую скорость измерений

Для установки высокой скорости измерений следует изменить конфигурацию измерений постоянного напряжения, как описано ниже:

1. Нажмите клавиши CONFIG-DCV, чтобы вызвать меню конфигурации DCV:
CONFIGURE DCV
SPEED FILTER RESOLUTION
2. Выберите из этого меню пункт SPEED и нажмите клавишу ENTER. На дисплее появляется следующее меню:
DCV MEASUREMENT SPEED
NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY ►
◀ SET-SPEED-EXACTLY SET-BY-RSLN
3. С помощью клавиш управления курсором выберите пункт FAST и нажмите клавишу ENTER. Поскольку разрешающая способность индикации установлена на AUTO, где "по умолчанию" производится адаптация к быстродействию измерений, то автоматически устанавливается 4,5 разряда индикации.
4. Нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 2: Занесение отсчетов в память

Чтобы занести показания прибора в буфер хранения данных, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу STORE. Отображается следующее сообщение:
STORE 00100 READINGS
Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT or INFO
2. В заводской установке "по умолчанию" в память заносится 100 отсчетов. Чтобы изменить это значение, пользуйтесь клавишами управления курсором и клавишами RANGE. Максимально возможное число заносимых в память отсчетов зависит от следующих факторов:
 - а) от выбранной для сохранения группы данных (полные или компактные данные); это выбирают под меню CONFIG DATA STORE;
 - б) от опции памяти (STD, MEM1 или MEM2).
3. Чтобы инициировать процесс занесения данных в память, нажмите клавишу ENTER. Во время этой процедуры светится вспомогательный индикатор " * ". Нижняя строка дисплея индицирует счет пунктов сохранения данных.

Этап 3: Вызов отсчетов из памяти

Чтобы вызвать из буфера памяти хранящиеся в нем отсчеты, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу RECALL, чтобы вывести на дисплей отсчеты. Появляется следующее сообщение с курсором на младшем разряде номера отсчета:
+00.00000 VDC
Rdg#+0000 @Time=+000.000000 sec
2. Пользуйтесь клавишами RANGE ▲ и ▼ для увеличения и уменьшения номера отсчета с прокруткой содержания буфера памяти.
3. Для получения доступа к дополнительным данным при вызове отсчетов из памяти можно воспользоваться клавишами NEXT и PREV DISPLAY (см. таблицу 4).

Таблица 4 Варианты комплексной индикации для вызванных из памяти отсчетов

Индикация	Описание
+00.00000 VDC Rdg#+0000 @Time=+000.000000 sec 0 NEXT ↓ ↑ PREV	Нормальная индикация занесенного в память отсчета. Номер отсчета и метка времени.
+00.00000 VDC MAX=+0.000000e+00 at RDG# +0000 NEXT ↓ ↑ PREV	Максимальное значение занесенных в память отсчетов.
+00.00000 VDC MIN=+0.000000e+00 at RDG# +0000 NEXT ↓ ↑ PREV	Минимальное значение занесенных в память отсчетов.
+00.00000 VDC AVG=+0.0000e+00 SDEV=+0.0000e+00 NEXT ↓ ↑ PREV	Среднее значение и стандартное отклонение.
PRINT BUFFER DATA Press ENTER to start printing NEXT ↓ ↑ PREV	Приглашение вывести данные на принтер.

Примечание: Для циклической прокрутки вариантов комплексной индикации нажимайте клавиши NEXT и PREV DISPLAY.

Этап 4: Конфигурирование пакетного режима сбора данных

Здесь имеется два режима сбора данных – обычный и пакетный (burst). В пакетном режиме данные заносятся в память со скоростью 2000 отсчетов в секунду. С учетом дальнейшей обработки первичных отсчетов на каждый отсчет приходится примерно 2 ms. Для достижения такого быстродействия приходится считаться с определенными ограничениями (см. таблицу 5).

Таблица 5 Возможности использования пакетного режима

Функция или операция	Установка
Постоянное напряжение	Стандартная (без выбросов напряжения)
Переменное напряжение	Стандартная (среднеквадратическое или среднее значение)
Постоянный ток	Стандартная (без режима in-circuit)
Переменный ток	Среднеквадратическое или среднее значение
Сопротивление в 2-проводной схеме	Стандартная (без компенсации смещения)
Сопротивление в 4-проводной схеме	Эта функция недоступна.
Частота	Эта функция недоступна.
Температура	Эта функция недоступна.
Предел измерения	Фиксированный
Автокоррекция нуля	Отключена
Время интегрирования	FAST (0,01 PLC)
Фильтр	Повторно действует аналогично текущему усреднению
Количество разрядов индикации	4,5 разряда
Комплексная индикация	Не действует.
Группирование данных	Компактное (отсчет и номер отсчета)
Задержка	В соответствии с установкой

Примечания:

1. В пакетном режиме индикация результатов измерений не обновляется.
2. Длительность последующей обработки первичных отсчетов увеличивается, если задействована математическая функция.

1. Для продолжения выполнения примера занесения отсчетов в память с использованием пакетного режима нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу STORE, чтобы вызвать на дисплее меню CONFIG DATA STORE:

```
CONFIG DATA STORE
BURST-MODE DATA-GROUP CONTROL ►
◀ CLEAR-ALL COUNT FEED
```

2. Выберите пункт BURST-MODE и нажмите клавишу ENTER. После кратковременного сообщения об очистке буфера на дисплее появляется следующее:

```
BURST MODE
OFF ON
```

3. Выберите пункт ON и нажмите клавишу ENTER. (Некоторые параметры прибора заносятся в память при включении пакетного режима и восстанавливаются при его выключении – см. раздел 3.8.1).
4. Следующее сообщение указывает число отсчетов, подлежащих занесению в память в пакетном режиме:

```
BURST: 00100 READINGS
Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT or INFO
```

5. Измените размер буфера с помощью клавиш управления курсором и клавиш RANGE. Для подтверждения нажмите клавишу ENTER:

```
00100 READING BURST
Use TRIG to start; EXIT to abort
```

Этап 5: Сбор данных в пакетном режиме

Для запуска пакетного режима нажмите клавишу TRIG.

Во время сбора первичных (необработанных) отсчетов светится вспомогательный индикатор "ARM". Во время дальнейшей обработки данных светится вспомогательный индикатор в виде звездочки " * ". Оба индикатора гаснут по завершении дальнейшей обработки данных.

Этап 6: Вызов данных, накопленных в пакетном режиме

1. Для вызова содержания буфера памяти нажмите клавишу RECALL:

```
00.000 VDC
Rdg#+0000
```

2. Нажмите клавишу EXIT один раз, чтобы выйти из режима индикации содержания буфера памяти. Нажмите эту клавишу второй раз, чтобы отменить пакетный режим.

2.6 Основные сведения о стандартах IEEE-488.2 и SCPI

Ниже изложены основные сведения, относящиеся к управлению прибором через шину IEEE-488.

2.6.1 Команды SCPI

Стандарт IEEE-488.2 определяет синтаксис и протокол пересылки данных с прибора на прибор. Он определяет также набор общих команд, которые используются для выполнения таких основных операций, как считывание данных регистров состояния, обеспечение запуска и восстановление установок "по умолчанию".

Стандарт SCPI определяет набор стандартных команд для программируемых приборов (и формат) для управления всеми аспектами функционирования приборов. Стандарты IEEE-488.2 и SCPI совместно формируют структуру команд для всех программируемых приборов.

2.6.2 Совместимость

К прибору, использующему стандарты IEEE-488.2 и SCPI, не предъявляется никаких особых аппаратных требований. Интерфейс IEEE-488, который Вы использовали со старым стандартом (IEEE-488.1), работает и с новым стандартом. Просто подключите мультиметр к компьютеру, оборудованному интерфейсом IEEE-488.

Примечание: В тексте настоящего Руководства и в меню прибора используется термин GPIB (интерфейсная шина общего назначения), который является синонимом шины IEEE-488.

2.6.3 Подключение к шине

Чтобы можно было управлять прибором через шину, следует сначала соединить разъем IEEE-488 на задней панели мультиметра с разъемом IEEE-488 Вашего контроллера. Для соединения пользуйтесь кабелем Keithley типа 7007 или аналогичным кабелем IEEE-488.

2.6.4 Первичный адрес

Первичный адрес мультиметра должен соответствовать первичному адресу, который Вы намерены указать на языке программирования контроллера. Заводской установкой первичного адреса является 16, поэтому Вам не нужно менять его, если Вы намерены использовать именно этот адрес. Однако в качестве первичного адреса можно установить любое значение от 0 до 30 с помощью меню установки параметров GPIB (пункт ADDRESSABLE), к которому обращаются через клавишу MENU.

2.6.5 Сокращенная сводка общих команд

В таблице 6 представлен сокращенный список общих команд, регламентированных стандартом IEEE-488.2. Это общие команды, которые наиболее часто используются при управлении прибором через шину. Обратите внимание на то, что все общие команды начинаются со звездочки (*).

Таблица 6 Сокращенная сводка общих команд

Запись	Имя	Описание
*CLS	Clear status	Очищает очередь ошибок, регистры событий и строку сервисных запросов (SRQ) шины IEEE-488.
*RCL <n>	Recall	Возвращает прибор к установке занесенного в память набора параметров (n = 0 для STD, n = 0 ? 4 для MEM1 или n = 0 ? 9 для MEM2).
*RST	Reset	Возвращает мультиметр к установке параметров "по умолчанию" *RST (см. Приложение B).
*SAV <n>	Save	Заносит текущий набор параметров в память (n = 0 для STD, n = 0 ? 4 для MEM1 или n = 0 ? 9 для MEM2).
*TRG	Trigger	Выводит шинный запуск (то же самое, что и команда запуска группового исполнения; GET).

2.6.6 Сокращенная сводка команд SCPI

Команды SCPI управляют большинством операций прибора. В таблице 7 представлен сокращенный список команд SCPI, необходимых для выполнения некоторых основных операций. В таблице не представлены родственные команды запроса для подсистемы команд :ARM и :TRIGGER (:COUNT?, :DELay?, SOURce? и TIMer?). Например, команда :TRIGger:SOURce? используется для запроса выбранного в данный момент источника управления. После того, как будет послана команда запроса и мультиметр будет адресован на вывод данных, на компьютер передается сообщение, идентифицирующее выбранный источник управления.

2.6.7 Синтаксические правила

Ниже описаны некоторые особенности синтаксиса команд программирования мультиметра типа 2001.

Общая форма записи команд

Общая форма записи команд SCPI показана в таблице 7. Обратите внимание на то, что последовательности команд имеют определенную иерархию и начинаются с корневой команды. Например, чтобы установить автоматический выбор предела измерения для функции измерения постоянного напряжения, следует послать следующую команду:

```
:VOLT:DC:RANG:AUTO ON
```

В этом примере корневой командой является команда [:SENSe[1]]. Это необязательное командное слово (как обозначено квадратными скобками в таблице), которое можно не использовать. Обратите внимание на наличие пробела между командным словом и параметром. В приведенном выше примере имеется пробел между командным словом :AUTO и параметром ON.

Таблица 7 Сокращенная сводка команд SCPI

Команда	Описание
:SYSTem :PRESet	Путь к командам подсистемы. Установка прибора на конфигурацию "по умолчанию" (см. Приложение В).
[[:SENSe[1]] :VOLTage[:DC] :APERture <n> :AVERage :COUNT <n> :STATe ON OFF :NPLCycles <n> :RANGe [:UPPer] <n> :AUTO :REFerence <n> RESolution <n>	Путь к командам подсистемы. Путь к конфигурированию измерения постоянного напряжения. Задание времени интегрирования в секундах ($n = 166,67e-6 ? 200e-3$). Путь к управлению усредняющим фильтром: Задание числа подлежащих усреднению отсчетов ($n = 1 ? 100$). Включение и отключение усредняющего фильтра. Задание времени интегрирования в периодах сетевого напряжения ($n = 0,01 ? 10$). Путь к конфигурированию предела измерения: Выбор предела измерения ($n = -1100 ? +1100$). Включение (1 или ON) или отключение (0 или OFF) автоматического выбора предела измерения. Задание вычитаемого (REL) значения ($n = -1100 ? +1100$). Задание количества разрядов индикации ($n = 4 ? 8$).
:INITiate :ABORt :ARM :LAYer2 :COUNt <n> INF :DELay <num> :SOURce HOLD IMMEDIATE TIMER MANual BUS TLINK EXTERNAL :TIMer <num>	Инициализация одного цикла запуска измерений. Сброс системы запуска и переход в дежурное состояние. Путь к командам подсистемы для конфигурирования сканирования: Путь к программированию уровня сканирования: Программирование количества циклов сканирования (1 ? 99999 или INF). Программирование задержки (0 ? 999999,999 секунд). Выбор событий для управления запуском сканирования. Установка таймерного интервала (0,001 ? 999999,999 секунд).
:TRIGger :COUNt <n> INF :DELay <num> :SOURce HOLD IMMEDIATE MANual BUS TLINK EXTERNAL TIMER :TIMer <num>	Путь к командам подсистемы для программирования уровня измерений: Программирование количества измерений (1 ? 99999 или INFinite). Программирование задержки (0 ? 999999,999 секунд). Выбор событий для управления запуском измерений. Установка таймерного интервала (0,001 ? 999999,999 секунд).
:ROUte :CLOSe <list> :STATe? :OPEN <list> ALL :SCAN <list> :EXTernal <list>	Путь к командам подсистемы для сканирования. Путь и команда для замыкания канала. Запрос замкнутого состояния списка каналов. Размыкание заданных каналов. Путь и команда для определения списка внутреннего сканирования. Команда для определения списка внешнего сканирования.

Примечания:

- Сокращенная форма записи команд обозначается прописными буквами.
Например, вместо ":arm:layer2:source immediate" можно послать командную последовательность ":arm:lay2:sour imm".
- В квадратных скобках приведены необязательные имена, которые можно опустить. Например, последовательность команд [:SENSe[1]]:VOLTage:DC:RANGe:[UPPer] 5 тождественна последовательности :VOLTage:DC:RANGe 5.

Для общих команд и командных слов SCPI безразлично, какими буквами они записываются — прописными или строчными. В таблице 7 используется сочетание прописных и строчных букв. Прописные буквы идентифицируют сокращенную форму записи команд. Приведенный ниже пример иллюстрирует возможные действительные формы записи одной и той же командной посылки:

```
:ARM:LAYER2:SOURCE MANUAL
:ARM:LAY2:SOURCE MAN
:ARM:LAY2:SOUR MAN
:arm:layer2:source manual
:arm:lay2:sour man
:Arm:Lay2:Sour Man
:ArM:LaY2:SouR MaN
```

Параметры

Как указано выше, параметр отделяется от командного слова символом пробела. Параметр может включать в себя данные одного или нескольких типов, например, целое число, действительное число, логическую переменную, строку, имя или список. Рассмотрим несколько примеров:

1. :voltage:dc:resolution 4
2. :trigger:delay 0,5
3. :display>window2:text:state on
4. :display>window2:text:data 'Model 2001'
5. :voltage:dc:average:tcontrol moving
6. :route:scan:internal (@1:3,5)

1. Параметр 4 — этот целочисленный параметр устанавливает индикацию 3,5 разрядов при измерении постоянного напряжения.
2. Параметр 0,5 — этот параметр (действительное число) устанавливает длительность задержки запуска в секундах.
3. Параметр ON — эта логическая переменная разрешает отображение на дисплее заданного пользователем текстового сообщения (в данном случае — нижняя строка дисплея). Вместо "ON" можно использовать "1". Параметр "OFF" или "0" отменяет эту функцию.
4. Model 2001 — эта строка определяет заданное пользователем текстовое сообщение, которое заключается в двойные или одинарные кавычки. Обратите внимание на то, что для разрешения отображения этого сообщения следует послать предыдущую команду.
5. MOVing — этот параметр представляет собой имя, определяющее режим усреднения цифрового фильтра.
6. (@1:3,5) — этот параметр определяет список внутреннего сканирования платы типа 2001-SCAN. Список каналов заключается в скобки. Перед номером первого канала в списке должен стоять символ @. Двоеточие служит разделителем при указании диапазона номеров каналов (каналы 1 ? 3). Номера отдельных каналов или диапазона каналов в этом списке должны отделяться запятой.

Несколько команд в одной посылке

В одном сообщении можно посылать несколько команд, отделяя их друг от друга точкой с запятой (;). Например, вместо команд

```
:system:error?
:system:preset
```

можно послать сообщение

```
:system:error?;preset
```

При посылке этого сообщения первое командное слово идентифицируется в качестве корневой команды. Когда программный анализатор обнаружит двоеточие после точки с запятой, он возвращает путевой указатель к корневому пункту, прежде чем обрабатывать следующую команду.

Правильное применение путевого указателя позволяет обслуживать команды одного уровня без повторного ввода полного командного пути. Например, команда :ARM:LAYer2:SOURce MANual перемещает путевой указатель вниз на последний уровень команд в пути. Благодаря этому в то же самое программное сообщение можно включить команды :count, :delay и :timer и родственные им команды запроса без повторения всего пути. Рассмотрим это на примерах.

Вместо посылки сообщения :arm:lay2:sour man;;arm:lay2:sour?

можно послать сообщение :arm:lay2:sour man;sour?

Вместо отправки сообщения :trig:coun 1;:trig:del 1;:trig:tim 1
можно послать сообщение :trig:coun 1;del 1;tim 1

Обратите внимание на то, что перед дополнительными командами отсутствует двоеточие. Помните о том, что двоеточие без предшествующей ему точки с запятой (;) перемещает путевой указатель вниз к следующему командному уровню. Рассмотрим это на примере.

```
:trig:del 1;tcon:prot asyn
```

При отправке этого сообщения путевой указатель перемещается вниз на один командный уровень для команд DELAY и TCONFIGURE. Двоеточие после команды TCONFIGURE затем перемещает указатель вниз на следующий командный уровень и вводит в действие PROTOCOL.

Отметим ряд важных моментов:

1. Путевой указатель может перемещаться только вниз. Его невозможно переместить на уровень вверх. Однако его можно вернуть в корневой режим начальным двоеточием, например, :ARM:LAY2:SOUR MAN;:TRIGSOUR MAN.
2. Каждое новое сообщение (строка) должно начинаться с корневой команды.
3. Двоеточие в начале программного сообщения является необязательным.
4. Конец программного сообщения возвращает путевой указатель обратно в корневой пункт; то же самое делает начальное двоеточие.
5. Всякий раз, когда в программное сообщение вводится одна или несколько команд запроса, мультиметр должен быть адресован на вывод данных, чтобы послать на компьютер ответное сообщение.

2.6.8 Примеры программирования

Следующие примеры программирования написаны на языке программирования Hewlett-Packard BASIC 4.0. Предполагается, что мультиметр установлен на первичный адрес 16.

Пример № 1: Измерение постоянного напряжения с установкой "по умолчанию"

Следующий фрагмент восстанавливает конфигурацию мультиметра "по умолчанию" и получает результат измерения постоянного напряжения.

```
100 OUTPUT 716;":syst:pres"
110 OUTPUT 716;":fetch?"
120 ENTER 716;A$
130 PRINT A$
```

Строка 100 Восстановление конфигурации мультиметра "по умолчанию" :SYSTem:PRESet (измерение постоянного напряжения, автоматический выбор предела измерения, 1 PLC, задействован фильтр, 6,5 разрядов индикации).

Строка 110 Запрос нового показания (отсчета).

Строка 120 Адресация на вывод данных.

Строка 130 Индикация показания, состояния, единицы измерения, временной метки, номера отсчета и канала.

Пример № 2: Измерение постоянного напряжения с высокой точностью

Следующий фрагмент устанавливает конфигурацию мультиметра на измерение постоянного напряжения с высокой точностью и получает результат измерения.

```
100 OUTPUT 716;":syst:pres"
110 OUTPUT 716;":volt;dc:nplc 10"
120 OUTPUT 716;":fetch?"
130 ENTER 716;A$
140 PRINT A$
```

Строка 100 Восстановление конфигурации мультиметра "по умолчанию".

Строка 110 Переключение времени интегрирования на 10 PLC (и индикации на 7,5 разрядов).

Строка 120 Запрос нового результата измерения.

Строка 130 Адресация на вывод данных.

Строка 140 Индикация показания, состояния, единицы измерения, временной метки, номера отсчета и канала.

Пример № 3: Быстродействующие измерения постоянного напряжения

Следующий фрагмент устанавливает конфигурацию мультиметра на быстродействующие измерения постоянного напряжения, заносит в память 100 отсчетов и посылает отсчеты по шине.

```
100 OUTPUT 716;":syst:pres"
110 OUTPUT 716;":volt:dc:nplc 0.01"
120 OUTPUT 716;":trac:clear"
130 OUTPUT 716;":trac:feed calc"
140 OUTPUT 716;":trac:egr full"
150 OUTPUT 716;":trac:poin 100"
160 OUTPUT 716;":trac:feed:cont next"
170 OUTPUT 716;":trac:data?"
180 ENTER 716;A$
190 PRINT A$
```

Строка 100 Восстановление конфигурации мультиметра "по умолчанию".
 Строка 110 Переключение времени интегрирования на 0,01 PLC.
 Строка 120 Очистка буфера памяти.
 Строка 130 Выполнение математических операций перед занесением отсчетов в память.
 Строка 140 Занесение в память полной группы данных (отсчет, номер отсчета, единица измерения, временная метка, состояние и номер канала).
 Строка 150 Установка числа заносимых в буфер отсчетов на 100.
 Строка 160 Запуск занесения данных в память, остановка по завершении.
 Строка 170 Запрос отсчетов (по умолчанию только отсчетов, формат ASCII).
 Строка 180 Адресация на вывод данных.
 Строка 190 Индикация показаний, состояния, единиц измерения, временных меток, номеров отсчетов и номеров каналов.

Пример № 4: Измерения постоянного напряжения в пакетном режиме

Следующий фрагмент устанавливает конфигурацию мультиметра на быстродействующие измерения постоянного напряжения в пакетном режиме, заносит в память 100 отсчетов и посылает отсчеты по шине.

```
100 OUTPUT 716;":syst:pres"
110 OUTPUT 716;":syst:amet burs"
120 OUTPUT 716; "form:elem read, rnum, unit, stat"
130 OUTPUT 716;":trac:clear"
140 OUTPUT 716;":trac:feed calc"
150 OUTPUT 716;":trac:poin 100"
160 OUTPUT 716;":init"
170 WAIT 2
180 OUTPUT 716;":trac:data?"
190 ENTER 716;A$
200 PRINT A$
```

Строка 100 Восстановление конфигурации мультиметра "по умолчанию".
 Строка 110 Переключение сбора данных в пакетный режим; установка прибора в дежурное состояние.
 Строка 120 Определение элементов данных (отсчет, номер отсчета, единица измерений и состояние).
 Строка 130 Очистка буфера памяти.
 Строка 140 Выполнение математических операций перед занесением отсчетов в память.
 Строка 150 Установка числа заносимых в буфер отсчетов на 100.
 Строка 160 Вывод прибора из дежурного состояния; выполнение измерений; возврат в дежурное состояние.
 Строка 170 Ожидание завершения занесения данных в буфер памяти.
 Строка 180 Запрос отсчетов (по умолчанию только отсчетов, формат ASCII).
 Строка 190 Адресация на вывод данных.
 Строка 200 Индикация показаний.

3 Работа с прибором при управлении с передней панели

3.1 Введение

В этой главе изложена подробная информация по работе с мультиметрами типа 2001 и 2002 при управлении с передней панели.

Краткое содержание главы 3:

3.2 Включение прибора

Изложена информация, относящаяся к подключению прибора к сети, прогреву, установке параметров "по умолчанию" и последовательности самопроверки прибора после включения.

3.3 Дисплей

Описан формат индикации, а также перечислены сообщения, которые могут появляться на дисплее при работе с прибором.

3.4 Измерительные функции

Описаны измерительные функции мультиметра (измерение постоянного и переменного напряжения, постоянного и переменного тока, сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме, частоты и температуры). Рассмотрены типовые варианты подключения прибора при измерениях.

3.5 Предел измерения

Описан ручной и автоматический выбор предела измерения.

3.6 Операция вычитания константы (REL)

Рассмотрено применение операции вычитания константы при относительных измерениях для обнуления смещения или вычитания базовой линии из текущего и будущих показаний прибора.

3.7 Операции запуска

Рассмотрены различные режимы запуска и возможные источники сигналов запуска.

3.8 Буфер памяти

Рассмотрено применение буфера памяти для сохранения данных, в том числе программирование размера буфера, вызов данных, метки времени и статистические данные.

3.9 Цифровой фильтр

Рассмотрено применение разных типов цифровых фильтров для снижения случайной погрешности измерений.

3.10 Математические операции

Описаны математические вычисления, применяемые для обработки результатов измерений.

3.11 Сканирование

Описана установка параметров внутреннего и внешнего сканирования наряду с вычислением отношения и разности сигналов в каналах.

3.12 Главное меню

Рассмотрены возможности выбора из главного меню, в том числе занесение в память наборов параметров прибора, конфигурирование шины GPIB (IEEE-488), калибровка, самопроверка, предельные значения и цифровой вход-выход.

3.2 Включение прибора

3.2.1 Подключение к электросети

При подключении мультиметра к электросети и включении прибора следуйте описанной ниже процедуре.

1. Мультиметры типа 2001 и 2002 работают при сетевом напряжении в пределах 90 ? 134 V или 180 ? 250 V при частоте сети 50, 60 или 400 Hz. Проследите за тем, чтобы напряжение местной электросети соответствовало этим данным.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Питание прибора от сети с неподходящим напряжением может привести к его повреждению и аннулированию гарантии.

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

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Прилагаемый к мультиметру сетевой шнур содержит отдельный провод защитного заземления в расчете на подключение к заземленной розетке. При правильном подключении корпус прибора соединяется через этот провод с цепью заземления. Применение незаземленной розетки может привести к поражению персонала электротоком с последствиями в виде травм или смертельного исхода.

3.2.2 Замена сетевого предохранителя

Сетевой предохранитель, расположенный на задней панели под сетевым разъемом, обеспечивает защиту прибора по цепи сетевого питания. В случае необходимости замены предохранителя действуйте, как описано ниже.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Перед тем, как приступать к замене предохранителя, обязательно отсоедините мультиметр от сети и другого оборудования.

1. При отключенном электропитании вставьте плоский конец отвертки в держатель предохранителя LINE FUSE на задней панели. Слегка нажмите и поверните патрон предохранителя на четверть оборота против часовой стрелки. Когда Вы отпустите отвертку, внутренняя пружина вытолкнет патрон предохранителя из держателя.
2. Выньте неисправный предохранитель и замените его однотипным новым – 0,5 A, 250 V, инерционный (slow blow), 5 x 20 мм. Номер для заказа фирменного предохранителя: FU-71.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Во избежание повреждения прибора не применяйте предохранители с более высоким значением тока срабатывания. Если в приборе повторно перегорают предохранители, то следует выявить и устранить причину неполадки. По поводу устранения неполадок обращайтесь к отдельным Руководствам по ремонту мультиметров типа 2001 или 2002.

3. Вставьте патрон с новым предохранителем в держатель, следуя описанной выше процедуре в обратной последовательности.

3.2.3 Самопроверка прибора после включения

Чтобы включить прибор, просто нажмите кнопку сетевого выключателя POWER на передней панели. Прибор включен, когда эта кнопка утоплена (положение "I"). Чтобы выключить прибор, снова нажмите эту кнопку; при этом она возвращается в выступающее положение.

После включения прибора производится самопроверка запоминающих устройств EPROM и RAM, а также проверка контрольных сумм данных, занесенных в энергонезависимую память (см. таблицу 8). В случае обнаружения неполадки на дисплее сразу же появляется сообщение об ошибке и загорается вспомогательный индикатор "ERR". Сообщения об ошибках перечислены в таблице 9.

Примечание: Если неполадки возникают в течение гарантийного периода, верните прибор изготовителю для ремонта (см. раздел 1.4).

В случае успешного исхода самопроверки на дисплее появляется индикация версии встроенной программы, опции памяти (если она установлена в прибор) и выбранного в настоящее время первичного адреса шины IEEE-488. Ниже показан пример этой индикации:

Model 2001
Rev. A01 A01 MEM1 IEEE Addr=16

В нижней строке (слева направо) индицируется версия встроенной программы главного микроконтроллера и встроенной программы микроконтроллера дисплея. У Вашего прибора эти номера могут различаться. Если в прибор не установлена опция памяти MEM1 или MEM2, то в этом поле нижней строки дисплея имеется пробел. Адрес IEEE-488 по умолчанию установлен на 16.

Далее, если прибор сконфигурирован на индикацию даты следующей калибровки после включения питания, то на дисплее появляется следующая индикация:

Model 2001
Calibration due: mmm/dd/yy

Здесь сокращение "mmm" означает месяц, "dd" – число и "yy" – год предстоящей калибровки. Если дата калибровки не установлена, то на дисплее вместо даты будет индицироваться "now", т.е. сейчас. По поводу установки даты предстоящей калибровки обращайтесь к Руководству по калибровке мультиметра. См. также раздел 3.12.3 настоящего Руководства.

По завершении процедуры самопроверки прибор переходит в режим нормальной индикации, например:

000.0000 mVDC

Таблица 8 Сводка данных, контролируемых при самопроверке после включения прибора

Данные	Тип памяти	Опция памяти
Адрес IEEE-488	электрически стираемое ППЗУ	STD, MEM1, MEM2
Установка "по умолчанию" после включения прибора	электрически стираемое ППЗУ	STD, MEM1, MEM2
Калибровочные константы	электрически стираемое ППЗУ	STD, MEM1, MEM2
Даты калибровки	электрически стираемое ППЗУ	STD, MEM1, MEM2
Наборы параметров прибора	1 в электрически стираемом ППЗУ еще 4 в энергонезависимом ОЗУ еще 9 в энергонезависимом ОЗУ	STD, MEM1, MEM2 MEM1 MEM2
Буфер памяти	(энергозависимое ОЗУ) энергонезависимое ОЗУ	STD MEM1, MEM2

Примечание: STD – стандартная память, MEM1 – опция памяти № 1, MEM2 – опция памяти № 2.

Таблица 9 Сообщения об ошибках при самопроверке после включения прибора

Сообщение	Действие
Error +515 Потеря дат калибровки	Даты калибровки установлены на заводские значения "по умолчанию", но не занесены в EEPROM. Для этого следует выполнить полную калибровку.
Error +514 Потеря данных калибровки DC	Калибровочные константы DC установлены на заводские значения "по умолчанию", но не занесены в EEPROM. Для этого следует выполнить полную калибровку.
Error +513 Потеря данных калибровки AC	Калибровочные константы AC установлены на заводские значения "по умолчанию", но не занесены в EEPROM. Для этого следует выполнить полную калибровку.
Error +512 Потеря состояния после включения	Вместо установок параметров, которые должны действовать после включения прибора, восстановлены и занесены в EEPROM заводские установки ("Bench").
Error +511 Потеря адреса GPIB	Восстановлена и занесена в EEPROM заводская установка (16) адреса GPIB.
Error +510 Потеря данных буфера памяти	Восстановлены, но не занесены в энергонезависимое ОЗУ заводские установки параметров управления буфером. Для этого следует занести отсчеты в буфер.
Error -314 Потеря сохранения/вызова памяти	Восстановлен и занесен в EEPROM заводской набор параметров "по умолчанию" ("Bench").

Примечания:

1. Любое из этих состояний ошибки может возникать при первом включении прибора или после замены встроенной программы.
2. Error +510 – относится к приборам с дополнительной памятью.
3. Error +512 – эта ошибка может возникать при первом включении прибора после замены опции памяти MEM2 на MEM1.

Сообщения об ошибках при самопроверке

В таблице 9 приведена сводка сообщений об ошибках, которые могут появляться при самопроверке после включения прибора. Эти сообщения появляются в случае неудачного исхода проверки одной из контрольных сумм (см. таблицу 8).

3.2.4 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 автоматического выключателя.
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.

3.2.5 Конфигурация "по умолчанию" после включения прибора

После включения прибора устанавливается начальная конфигурация (набор параметров) "по умолчанию". Вы можете изменить конфигурацию, которая устанавливается после включения прибора (за исключением первичного адреса) с помощью функции сохранения наборов параметров, доступ к которой обеспечивается через клавишу MENU, как описано в разделе 3.12.1. В зависимости от установленной опции памяти можно сохранить в памяти один, пять или десять заданных пользователем наборов параметров, любой из которых можно выбрать в качестве начальной конфигурации, которая устанавливается "по умолчанию" после включения прибора.

В разделе 3.12.1 приведена таблица параметров "по умолчанию", которые установлены на заводе для обеспечения оптимальных условий при управлении мультиметром с передней панели ("Bench") и при управлении через шину GPIB (IEEE-488).

3.2.6 Длительность прогрева

Мультиметрами типа 2001 и 2002 можно пользоваться уже через минуту после включения. Однако для достижения номинальной точности измерений прибор типа 2001 требует прогрева в течение как минимум часа, а прибор типа 2002 – в течение как минимум четырех часов с момента включения.

3.2.7 Первичный адрес IEEE-488

Первичный адрес IEEE-488 прибора должен совпадать с первичным адресом, который Вы задаете на языке программирования контроллера. По умолчанию первичный адрес прибора установлен на 16, однако Вы можете установить любое значение от 0 до 30 через клавишу MENU. Подробная инструкция по установке первичного адреса изложена в разделе 3.12.2.

3.3 Дисплей

Дисплей мультиметра в первую очередь служит для индикации результатов измерений наряду с единицами измерений и типами измерений. На дисплее отображаются также информационные сообщения, заголовки и пункты меню. Линейка вспомогательных индикаторов в верхней части дисплея предназначена для индикации различных рабочих состояний прибора. (Описание дисплея мультиметра типа 2002 содержится в его Ознакомительном руководстве).

3.3.1 Формат индикации (мультиметр типа 2001)

Как показано на рис. 5, дисплей содержит две строки для отображения информации.

- В верхней строке индицируются результаты измерений (до $7 \frac{1}{2}$ разрядов индикации) и единицы измерений. Здесь индицируется также тип измерений (например, RMS), фиксация показаний ("hold"), тип математической операции, номер канала и результат контроля предельных значений (pass/fail). Верхняя строка дисплея используется также для отображения заголовков меню, значений занесенных в память показаний и различных сообщений.
- В нижней строке индицируется предел измерения и другие измерительные параметры (например, характер связи на входе или отношение сигналов), элементы комплексной индикации, пункты меню, параметры занесенных в память показаний, а также различные сообщения. Длинные текстовые строки отображаются в двух секциях нижней строки дисплея, на что указывают символы ◀ и ▶ с левой или правой стороны нижней строки. Для просмотра каждой секции следует нажимать клавишу ◀ или ▶.

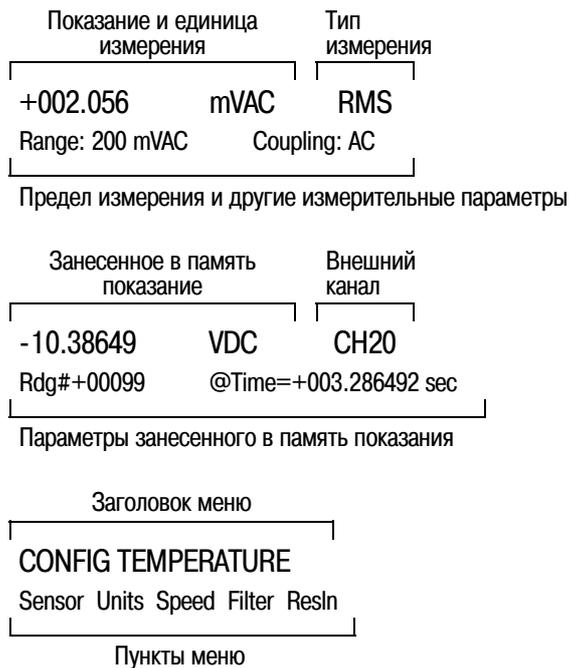


Рис. 5 Формат индикации у мультиметра типа 2001

Индикация в показательной форме записи

При использовании операции вычитания константы (REL) или математических операций (MATH) может оказаться невозможной индикация результата в обычной форме. В этих случаях результат индицируется в показательной форме записи с использованием $7\frac{1}{2}$ разрядов. Если единица измерений имеет префикс типа milli-, micro- и т.п., это отображается в показателе степени. Для достижения желаемой точности индикации при этом могут быть опущены такие метки в правой части дисплея, как номер канала. Имейте в виду, что результат измерения отношения всегда индицируется в показательной форме с $7\frac{1}{2}$ разрядами без префикса и номера канала.

Действительное значение измеряемой величины, полученное до применения операции REL или математической операции, можно видеть в нижней строке в соответствующем варианте комплексной индикации (см. рис. 6). Для индикации в нижней строке подразумевается та же единица измерений и ее префикс, что и в верхней строке.

Показание после вычисления
+2.0582673 e + 08mVAC
Reading = 002.058673
Показание до вычисления

Рис. 6 Пример индикации в показательной форме

Вспомогательные индикаторы

Вспомогательные индикаторы в верхней части дисплея служат для индикации следующих состояний:

- ERR** Сомнительный результат измерения.
- REM** Мультиметр находится в режиме дистанционного управления через шину IEEE-488. Мультиметр типа 2001 можно перевести на дистанционное управление путем адресации на прием (listen) с действительной линией шины REN.
- TALK** Мультиметр находится в режиме передачи данных по шине IEEE-488. Прибор можно перевести в состояние активной передачи данных посылкой соответствующей команды (talk), которая происходит из первичного адреса.
- LSTN** Мультиметр находится в режиме приема данных по шине IEEE-488. Прибор можно перевести в режим активного приема данных путем адресации на прием (listen).
- SRQ** Прибор находится в состоянии сервисного запроса через шину IEEE-488. Команда SCPI STATUS позволяет определить условия, генерирующие сервисный запрос.
- REAR** Этот вспомогательный индикатор светится, когда для измерения используются входы на задней панели.
- REL** Вспомогательный индикатор текущего состояния функции относительных показаний (с вычитанием константы).
- FILT** Этот вспомогательный индикатор светится, когда нажата клавиша FILTER, если для определенной измерительной функции выбрана фильтрация. Для функций с автоматической фильтрацией он светится, когда выбран вариант AUTO.
- MATH** Этот вспомогательный индикатор светится, когда нажата клавиша MATH, если из меню CONFIGURE MATH выбрана математическая операция (вычисление процентного значения, $mX+b$ или pole).
- 4W** Светится в случае выбора функции измерения сопротивления в четырехпроводной схеме, постоянного тока без разрыва цепи или температуры с четырехпроводным термометром сопротивления.
- AUTO** Светится, когда задействован автоматический выбор предела измерений при измерении напряжения, сопротивления и тока (за исключением измерения тока без разрыва цепи, когда предел измерения зафиксирован на 12 A).
- ARM** Светится, когда мультиметр выведен из дежурного состояния (с помощью клавиши TRIG или команды :INIT либо :INIT:CONT). Измерения могут производиться только тогда, когда мультиметр выведен из дежурного состояния.
- * Вспомогательный индикатор "звездочка" светится в процессе занесения нормальных отсчетов в память.

3.3.2 Комплексная индикация

Каждая измерительная функция имеет свой набор вариантов комплексной индикации, которые отображаются в нижней строке дисплея. Для прокрутки этих вариантов пользуются клавишами PREVIOUS и NEXT DISPLAY. Некоторые варианты комплексной индикации предназначены для нескольких измерительных функций, реализуемых последовательно в одной измерительной цепи. Показания индицируются одновременно, например, следующим образом:

- В верхней строке индицируется результат измерения постоянного напряжения; в нижней строке индицируются результаты измерения положительных и отрицательных выбросов напряжения.
- В верхней строке индицируется результат измерения среднеквадратического (RMS) значения переменного напряжения; в нижней строке индицируется частота переменного напряжения и результат вычисления коэффициента формы.

Таким образом, комплексная индикация позволяет индицировать результаты измерений в различной форме, а также отображать дополнительную информацию, например:

- В верхней строке индицируется результат измерения; в нижней строке отображается центрированный относительно нуля линейный индикатор с регулируемыми пределами.
- В верхней строке индицируется результат измерения частоты; в нижней строке отображается регулируемый уровень запуска.

Для просмотра всех вариантов комплексной индикации, существующих для каждой измерительной функции, следует несколько раз нажимать клавишу NEXT DISPLAY. Для прокрутки в обратном направлении аналогичным образом пользуются клавишей PREV DISPLAY. Чтобы вернуться в режим индикации "по умолчанию", следует просто нажать и удерживать любую из этих клавиш.

Далее в данной главе рассмотрены варианты комплексной индикации, специфичные для определенных функций и операций, например, индикация пиковых значений выбросов напряжения или индикация результатов математических вычислений. Ссылки на соответствующие разделы приведены в таблице 10. Здесь же рассматриваются варианты индикации, общие для большинства измерительных функций.

Линейный индикатор

Для графического отображения показания прибора относительно предела измерения используется "обычный" линейный индикатор с нулем на левом конце. Вертикальные линии обозначают 0%, 25%, 50%, 75% и 100% от всей шкалы. Каждый сегмент линейного индикатора соответствует примерно 4% от всей шкалы.

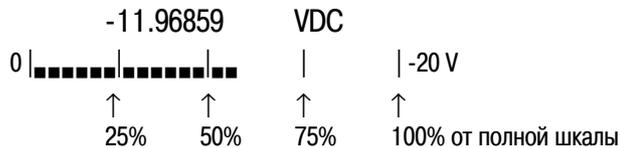


Рис. 7 Обычный линейный индикатор с нулем слева

Для измерительных функций с пределом измерения (напряжение, ток и сопротивление) крайняя правая точка линейного индикатора соответствует пределу измерения как для показаний со знаком "плюс", так и для показаний со знаком "минус". Когда линия 100% превращается в стрелку, это означает превышение предела измерения. Отметим, что обычный линейный индикатор недоступен в тех случаях, когда результат измерения переменного напряжения выражается в dB или dBm.

Для измерительных функций без предела измерения (частота и температура) крайняя правая точка линейного индикатора программируется пользователем при нажатии клавиш CONFIG-NEXT DISPLAY или CONFIG-PREV DISPLAY. Имейте в виду что эти меню конфигурации контекстно-зависимы. Если задействована любая другая измерительная функция, кроме измерения частоты и температуры, то нажатие клавиш CONFIG-NEXT DISPLAY приводит к конфигурированию линейного индикатора с нулем слева.

Чтобы посмотреть или изменить предел линейного индикатора, действуйте следующим образом:

1. Из функции измерения частоты или температуры нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу NEXT или PREV DISPLAY. Отображается следующее меню:

```
BARGRAPH TYPE
ZERO-AT-LEFT ZERO-CENTERED
```

2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт ZERO-AT-LEFT (ноль слева) и нажмите клавишу ENTER. Появляется одно из следующих меню:

Для частоты:

```
FREQ BARGRAPH RANGE
2Hz 20Hz 200Hz 2kHz 20kHz ▶
◀ 200kHz 2MHz 15MHz
```

Для температуры:

```
BARGRAPH:0 to 0040°C
```

3. Измените предел индикации частоты путем выделения одного из вариантов выбора и нажмите клавишу ENTER. Чтобы ввести предел индикации температуры (0 ? 9999°C), воспользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. В заключение нажмите клавишу ENTER.

Таблица 10 Варианты комплексной индикации для разных измерительных функций

Функция	Следующая индикация	Раздел
Все	Линейный индикатор	3.3.2
	Центрированный относительно нуля линейный индикатор	3.3.2
	Максимальное и минимальное значения	3.3.2
	Относительное и действительное значения	3.6
	Расчетное и действительное значения (см. Примечание 1)	3.10
	Линейный индикатор предельных значений (см. Примечание 1) Индикация соседних каналов (см. Примечание 2)	3.12.5 3.11
Измерение постоянного напряжения	Постоянное напряжение, напряжение и частота пульсаций	3.4.1
	Пиковое значение положительных выбросов и макс. значение	
	Пиковое значение отрицательных выбросов и мин. значение	
	Пиковые значения положительных и отрицательных выбросов	
Измерение переменного напряжения	С.к.з. переменного напряжения, частота и коэффициент формы	3.4.1
	С.к.з., среднее и пиковое значение переменного напряжения	
Измерение постоянного тока	(специфические варианты отсутствуют)	3.4.2
Измерение переменного тока	Среднеквадратическое (или среднее) значение тока и частота Среднеквадратическое и среднее значение тока	3.4.2
Измерение сопротивления в двухпроводной схеме	Ток источника	3.4.3
	Падение напряжения на измеряемом сопротивлении	
Измерение сопротивления в четырехпроводной схеме	Ток источника	3.4.3
	Падение напряжения на измеряемом сопротивлении	
	Сопротивление проводов	
Измерение частоты	Результат вычисления периода	3.4.4
	Уровень запуска	
Измерение температуры	Градусы Цельсия, Фаренгейта и Кельвина	3.4.5
	Сопротивление RTD (или напряжение термопары)	
	Реперный стык (только для термопар)	
Буфер хранения данных	Максимальное и минимальное значения	3.8
	Среднее значение и стандартное отклонение	

Примечания:

1. Для функции измерения частоты отсутствуют варианты комплексной индикации для расчетных значений и линейный индикатор предельных значений.
2. Для функций измерения постоянного и переменного тока отсутствуют варианты комплексной индикации для индикации соседних каналов.

Центрированный относительно нуля линейный индикатор

Центрированный относительно нуля линейный индикатор служит для графического отображения показаний, которые могут принимать как положительное, так и отрицательное значение (см. рис. 8). Пределы индикации выражаются в выбираемых пользователем процентных значениях от предела измерения напряжения, тока или сопротивления, либо в задаваемых пользователем значениях при измерении частоты и температуры.

Вертикальные линии у линейного индикатора обозначают предельные значения для положительных и отрицательных показаний, нуль и половину шкалы в каждую сторону. Между нулевой и конечной отметкой укладывается десять сегментов линейного индикатора, т.е. один сегмент отображает 10% от предельного значения. Когда показание превышает запрограммированный предел, конечная линия превращается в стрелку.

Положительное и отрицательное значения программируемых пределов относятся к функциям измерения напряжения, тока и сопротивления. Вследствие округления значения, превышающие 99,5%, индицируются как 100%, а значения, превышающие 1% (например, 1,67%), округляются до целых процентов.

Имейте в виду, что центрированный относительно нуля линейный индикатор недоступен в тех случаях, когда результат измерения переменного напряжения выражается в dB или dBm.

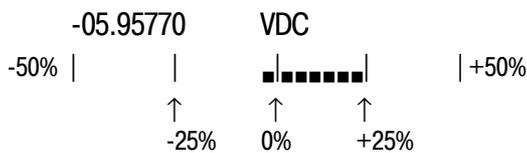


Рис. 8 Центрированный относительно нуля линейный индикатор

Чтобы посмотреть или изменить положительное и отрицательные процентные значения пределов, действуйте следующим образом:

1. Из функции измерения напряжения, тока или сопротивления нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу NEXT или PREV DISPLAY. На дисплее появляется следующее:

```
ZERO-BARGRAPH±50.00%
```

2. Чтобы изменить процентное значение, воспользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼ для ввода численного значения (0,01 ? 99,99%). По завершении нажмите клавишу ENTER. Это процентное значение используется при измерении напряжения, тока и сопротивления.

Чтобы посмотреть или изменить положительное и отрицательные предельные значения в абсолютных единицах измерения, действуйте следующим образом:

1. Из функции измерения частоты или температуры нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу NEXT или PREV DISPLAY. Отображается следующее меню:

```
BARGRAPH TYPE
ZERO-AT-LEFT ZERO-CENTERED
```

2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт ZERO-CENTERED (ноль посередине) и нажмите клавишу ENTER. Появляется одно из следующих меню:

Для частоты:

```
FREQ ZEROBARGRAPH(±)
1Hz 10Hz 100Hz 1kHz 10kHz ▶
◀ 100kHz 1MHz 10MHz 15MHz
```

Для температуры:

```
ZERO-BARGRAPH±0002°C
```

3. Измените пределы индикации частоты путем выделения одного из вариантов выбора и нажмите клавишу ENTER. Чтобы ввести численное значение для температуры (0 ? 9999°C), воспользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. В заключение нажмите клавишу ENTER.

Максимум и минимум

Комплексная индикация максимума и минимума отображает максимальное и минимальное показания с момента ввода этой индикации (см. рис. 9). Чтобы сбросить максимальное и минимальное значения, следует:

- нажать текущую функциональную клавишу,
- выйти из режима индикации путем изменения функции или вызова меню.

В нижней строке дисплея сохраняются те же параметры режима индикации, что и в верхней строке (количество разрядов индикации, единица измерений и ее префикс). При необходимости нижняя строка автоматически переключается на показательную форму индикации с округлением до 4,5 разрядов.

-15.82867	VDC
Max = -05.74602	Min = -15.82867
↑	↑
макс. значение	минимальное значение

Рис. 9 Индикация максимального и минимального показаний

3.3.3 Информационные сообщения

Нажатием клавиши INFO на дисплей выводится контекстно-зависимая информация. Стрелки (◀ и ▶) в нижней строке указывают на наличие дополнительной информации. Чтобы просмотреть всю строку, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶. Чтобы выйти из режима индикации информационных сообщений, следует нажать клавишу INFO, ENTER, EXIT или функциональную клавишу.

3.3.4 Статусные сообщения и сообщения об ошибках

При работе с мультиметром Вы можете встретить целый ряд сообщений на дисплее. Статусные сообщения и сообщения об ошибках перечислены в таблице 11.

Мультиметр типа 2001:

Для программных версий A02 и выше можно мгновенно вывести на индикацию самые последние статусные сообщения или сообщения об ошибках. Для этого следует войти в меню конфигурации или главное меню, затем нажать клавишу AUTO. (Если нет очереди сообщений, дисплей останется пустым).

Мультиметр типа 2002:

Здесь можно мгновенно вывести на индикацию самые последние статусные сообщения или сообщения об ошибках. Для этого следует войти в меню конфигурации или главное меню, затем нажать клавишу PREV. (Если нет очереди сообщений, дисплей останется пустым).

Таблица 11 Статусные сообщения и сообщения об ошибках

Номер сообщения и его описание	Событие	
+900	Внутренняя системная ошибка	EE
+611	Сомнительная температура	SE
+610	Сомнительная калибровка	SE
+519	Чрезмерный температурный дрейф во время калибровки ⁽⁰²⁾	EE
+518	Потеря данных калибровки при малом уровне ⁽⁰²⁾	EE
+517	Потеря данных калибровки предварительного усилителя ⁽⁰²⁾	EE
+516	Потеря идентификационного номера установленной опции ⁽⁰²⁾	EE
+515	Потеря дат калибровки	EE
+514	Потеря данных калибровки на постоянном токе	EE
+513	Потеря данных калибровки на переменном токе	EE
+512	Потеря состояния, действующего после включения прибора	EE
+511	Потеря адреса GPIB	EE
+510	Потеря данных буфера памяти	EE
+444 ? +350	Ошибки калибровки (см. Руководство по калибровке)	
+312	Поступил сигнал предварительного запуска буфера	SE
+310	Буфер заполнен	SE
+309	Буфер заполнен наполовину	SE
+308	Буфер доступен	SE
+306	Имеется показание	SE
+305	Событие "верхний предел 2"	SE
+304	Событие "нижний предел 2"	SE
+303	Событие "верхний предел 1"	SE
+302	Событие "нижний предел 1"	SE
+301	Переполнение показаний (перегрузка)	SE
+174	Повторный вход на уровень дежурного состояния	SE
+173	Ожидание на уровне активизации 2	SE
+172	Ожидание на уровне активизации 1	SE
+171	Ожидание на уровне запуска	SE
+161	Выполняется программа	SE
+126	Прибор в состоянии вычислений	SE
+125	Прибор в состоянии измерений	SE
+124	Прибор в состоянии развертки	SE
+123	Прибор в состоянии выбора предела измерения	SE
+122	Прибор в состоянии переходного процесса	SE
+122	Прибор в состоянии калибровки	SE
+101	Операция завершена	SE
+000	Нет ошибок	
-100	Командная ошибка	EE
-101	Недействительный символ	EE
-102	Синтаксическая ошибка	EE
-103	Недействительный разделительный символ	EE
-104	Ошибочный тип данных	EE
-105	Команда GET не допускается	EE
-108	Недопустимый параметр	EE
-109	Отсутствующий параметр	EE
-110	Ошибка заголовка команды	EE
-111	Ошибка разделительного символа заголовка команды	EE
-112	Слишком длинная мнемоника команды	EE
-113	Неопределенный заголовок	EE
-114	Суффикс заголовка вне диапазона	EE

Таблица 11 Статусные сообщения и сообщения об ошибках (продолжение)

Номер сообщения и его описание	Событие	
-120	Ошибка численных данных	EE
-121	Недействительный символ в номере	EE
-123	Слишком большой показатель степени	EE
-124	Слишком много цифр в номере	EE
-128	Не допускаются численные данные	EE
-140	Ошибка символьных данных	EE
-141	Недействительные символьные данные	EE
-144	Слишком длинные символьные данные	EE
-148	Не допускаются символьные данные	EE
-150	Ошибка строковых данных	EE
-151	Недействительные строковые данные	EE
-154	Слишком длинная строка	EE
-158	Не допускаются строковые данные	EE
-160	Ошибка блочных данных	EE
-161	Недействительные блочные данные	EE
-168	Не допускаются блочные данные	EE
-170	Ошибка выражения	EE
-171	Недействительное выражение	EE
-178	Не допускаются данные в выражении	EE
-200	Ошибка исполнения	EE
-201	Недействительно в режиме местного управления	EE
-202	Потеря установок вследствие RTL (возврата к местному управлению)	EE
-210	Ошибка запуска	EE
-211	Запуск игнорируется	EE
-212	Активизация игнорируется	EE
-213	Инициализация игнорируется	EE
-214	Зависание запуска	EE
-215	Зависание активизации	EE
-220	Ошибка параметра	EE
-221	Конфликт установок	EE
-222	Данные параметра вне диапазона	EE
-223	Слишком много данных	EE
-224	Недопустимое значение параметра	EE
-230	Испорченные или устаревшие данные	EE
-241	Отсутствует аппаратное обеспечение	EE
-260	Ошибка выражения	EE
-281	Невозможно составить программу ⁽⁰²⁾	EE
-282	Недопустимое имя программы ⁽⁰²⁾	EE
-314	Потеря сохранения/вызова памяти	EE
-315	Потеря памяти конфигурации ⁽⁰²⁾	EE
-330	Неудачный исход самопроверки	EE
-350	Переполнение очереди	EE
-410	Прерывание запроса	EE
-420	Незавершенный запрос	EE
-430	Зависание запроса	EE
-440	Запрос не завершен после неопределенного ответа	EE

SE = статусное событие

EE = событие ошибки

3.3.5 Структуры меню

С помощью меню Вы можете сконфигурировать измерения с передней панели мультиметра типа 2001. Меню делятся на три группы:

- Измерительные функции: постоянное напряжение, переменное напряжение, постоянный ток, переменный ток, сопротивление в двухпроводной схеме, сопротивление в четырехпроводной схеме, частота и температура.
- Измерительные операции: комплексная индикация, относительные показания, запуск, занесение показаний в память, цифровой фильтр, математические операции, каналы и сканирование.
- Прочие операции: занесение в память наборов параметров, установка параметров шины IEEE-488 (GPIB), калибровка, контроль предельных значений, статусные сообщения и общие операции.

Первые две группы имеют специальные клавиши на передней панели. Третья группа таких клавиш не имеет. Нужное меню вызывается путем нажатия соответствующей клавиши или последовательности клавиш:

- CONFIG, затем DCV (или ACV, DCI, ACI, $\Omega 2$, $\Omega 4$, FREQ, TEMP) – вызывается меню конфигурации для каждой измерительной функции.
- CONFIG, затем NEXT DISPLAY (или PREV DISPLAY, REL, TRIG, STORE, FILTER, MATH, CHAN, SCAN) – вызывается меню конфигурации для комплексной индикации и каждой измерительной операции.
- MENU – главное меню обеспечивает доступ к пунктам, для которых отсутствуют специальные клавиши.

Работа с меню мультиметра типа 2001

1. Из нормального состояния индикации показаний Вы можете:
 - просматривать меню конфигурации путем нажатия клавиши CONFIG, затем клавиши нужной функции (DCV, TRIG и т.д.);
 - просматривать верхний уровень главного меню путем нажатия клавиши MENU.
2. Прибор возвращается в состояние нормальной индикации:
 - при нажатии клавиши EXIT или MENU с верхнего уровня главного меню,
 - при нажатии клавиши EXIT из верхнего уровня меню конфигурации,
 - при нажатии клавиши измерительной функции, находясь в меню.
3. Нажатие клавиши ENTER выбирает пункт меню и приводит к перемещению вниз в структуре меню, если требуется дальнейшее определение. Нажатие клавиши EXIT приводит к обратному перемещению в структуре меню.
4. Положение курсора обозначается миганием пункта меню или параметра. Для перемещения курсора от одного пункта к другому служат клавиши ◀ и ▶. Чтобы выбрать пункт, следует выделить его курсором, затем нажать клавишу ENTER.
5. Стрелки (◀ и ▶) в нижней строке дисплея указывают на наличие дополнительной информации или дополнительных пунктов меню. Когда индицируется стрелка ▶, то для вывода на дисплей дополнительной информации воспользуйтесь клавишей ▶, а когда индицируется стрелка ◀ – воспользуйтесь клавишей ◀. Клавиши управления курсором ◀ и ▶ могут работать в режиме автоповтора.
6. Для ввода численного значения параметра следует поместить курсор на подлежащую изменению цифру и изменить численное значение с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼.
7. Изменение вводится в действие только при нажатии клавиши ENTER. Ввод недействительного параметра приводит к появлению сообщения об ошибке и игнорированию ввода. Изменения также игнорируются при нажатии клавиши EXIT.
8. В любом месте меню можно воспользоваться клавишей INFO для вывода на дисплей вспомогательных справочных сообщений. Чтобы погасить информационное сообщение и остаться в меню, следует вторично нажать клавишу INFO либо клавишу EXIT или ENTER. Нажатие функциональной клавиши отменяет как информационное сообщение, так и меню, и приводит к возврату прибора в режим нормальной индикации показаний.

Работа с меню мультиметра типа 2002

Здесь в принципе имеется два типа структур меню – главное меню и группа меню конфигурации. Главное меню обеспечивает доступ к пунктам, не имеющим присвоенных клавиш, а меню конфигурации используются для установки конфигурации измерительных функций и других приборных операций.

При работе с меню мультиметра типа 2002 придерживайтесь следующих правил:

1. Доступ к верхнему уровню главного меню обеспечивается при нажатии клавиши MENU. Для обращения к меню конфигурации следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу нужной функции (DCV, ACV и т.д.) или операции (TRIG, STORE и т.д.).
2. Чтобы выбрать пункт меню, следует поместить на него курсор и нажать клавишу ENTER. Положение курсора обозначается миганием пункта меню или параметра. Для перемещения курсора от одного пункта к другому служат клавиши ◀ и ▶.
3. Стрелки (◀ и ▶) в нижней строке дисплея указывают на наличие дополнительных пунктов меню. Чтобы вывести их на индикацию, пользуйтесь соответствующей клавишей.
4. Для ввода численного значения параметра следует поместить курсор на подлежащую изменению цифру и изменить численное значение с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼.
5. Изменение вводится в действие только при нажатии клавиши ENTER. Ввод недействительного параметра приводит к появлению сообщения об ошибке и игнорированию ввода.
6. Клавиша EXIT используется для выхода из структуры меню. Изменения, не подтвержденные нажатием клавиши ENTER, отменяются при нажатии клавиши EXIT. Клавиша EXIT имеет дополнительные действия, которые перечислены в таблице 12.

3.3.6 Клавиша EXIT

Клавиша EXIT выполняет больше действий, чем упомянуто в разделе 3.3.5. В таблице 12 перечислены действия для отдельных состояний. Когда имеет место несколько состояний из числа перечисленных в таблице 12, то для действий, выполняемых при каждом нажатии клавиши EXIT, действует следующая иерархия:

1. Гашение всяких временных сообщений и сообщений об ошибках.
2. Гашение сообщения INFO и возврат в режим нормальной индикации.
3. Отмена режима фиксации показаний и возврат в режим нормальной индикации.
4. Отмена сканирования и возврат в обычный режим. Прерывание занесения данных в память, если оно задействовано.
5. Прерывание занесения данных в память и возврат в обычный режим.

Таблица 12 Действия клавиши EXIT

Состояние	Действие клавиши EXIT
Индикация временного сообщения (например, TRIGGERS HALTED)	Гашение индикации временного сообщения.
Индикация сообщения INFO	Гашение сообщения INFO и возврат в меню или в режим нормальной индикации.
Фиксация показаний	Отмена режима фиксации показаний и возврат в режим нормальной индикации.
Сканирование	Отмена сканирования. Прерывание занесения данных в память, если оно задействовано.
Занесение данных в память	Остановка занесения данных в память. Индикация временного сообщения "STORAGE INTERRUPTED".

Ниже приведены примеры действия клавиши EXIT при отмене нескольких состояний.

Пример 1:

После нажатия клавиши ENTER для фиксации показаний нажмите клавишу INFO, чтобы вывести на дисплей информационное сообщение. Первое нажатие клавиши EXIT возвращает Вас к зафиксированному показанию, второе нажатие клавиши EXIT отменяет фиксацию показания.

Пример 2:

Сконфигурируйте список сканирования и запустите сканирование. Нажмите клавишу ENTER, чтобы зафиксировать индикацию, затем нажмите клавишу INFO, чтобы вывести на дисплей информационное сообщение. Первое нажатие клавиши EXIT возвращает Вас к зафиксированному показанию, второе нажатие клавиши EXIT возвращает прибор в режим нормальной индикации. Третье нажатие клавиши EXIT останавливает сканирование и возвращает прибор в обычный режим.

Пример 3:

Сконфигурируйте список сканирования и запустите занесение результатов сканирования в буфер памяти. Нажмите клавишу EXIT. Прекращается сканирование и занесение данных в память; возобновляется обычное функционирование прибора. Имейте в виду, что модель запуска восстанавливается в той конфигурации, которая была до сканирования.

Пример 4:

Сконфигурируйте список сканирования и запустите занесение результатов сканирования в буфер памяти. Нажмите клавишу ENTER, чтобы зафиксировать показание. Нажмите клавишу INFO, чтобы вывести на дисплей информационное сообщение. Первое нажатие клавиши EXIT возвращает Вас к зафиксированному показанию, второе нажатие клавиши EXIT отменяет фиксацию показаний и индицирует обычное сохранение данных. Третье нажатие клавиши EXIT останавливает сканирование и сохранение данных. Возобновляется функционирование в обычном режиме.

3.4 Измерительные функции

Мультиметр типа 2001 предоставляет множество возможностей при конфигурировании измерительных функций. Этими возможностями следует пользоваться разумно, чтобы сбалансировать различные установки для конкретного применения. Например, Вы можете сконфигурировать измерение постоянного напряжения (DCV) со временем интегрирования 0,01 PLC при 7,5 разрядах индикации и без фильтра. Однако в этом случае Вы получите очень нестабильные показания вследствие высокой случайной погрешности измерений. В другом примере можно сконфигурировать измерение выбросов постоянного напряжения на индикацию 7,5 разрядов, однако эти измерения рассчитаны на 3,5 разряда индикации. При наличии сомнений пользуйтесь установками "по умолчанию" и автоматическим выбором параметров, пока не освоитесь с действием других вариантов установки параметров.

Прибор можно сконфигурировать на индикацию результатов измерений для нескольких функций, когда производится последовательное измерение разных величин в одной измерительной цепи. Это называется комплексной индикацией; результаты этих измерений индицируются в нижней строке дисплея. Комплексная индикация рассматривается в следующих разделах.

Примечание: Результаты измерений при комплексной индикации соответствуют техническим характеристикам. Однако для обеспечения единства измерений рекомендуется пользоваться первичной индикацией.

Для минимизации необходимости перепрограммирования прибора при каждом переходе от одной измерительной функции к другой здесь реализовано запоминание конфигурации для каждой измерительной функции. Запоминаются следующие параметры конфигурации:

- предел измерения
- режим вычитания константы (REL)
- время интегрирования
- фильтрация
- количество разрядов индикации
- комплексная индикация.

Чтобы обратиться к меню конфигурации для измерительных функций, нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу измерительной функции (DCV, ACV, DCI, ACI, $\Omega 2$, $\Omega 4$, FREQ, TEMP). Правила работы с меню изложены в разделе 3.3.5.

3.4.1 Измерение постоянного и переменного напряжения

Мультиметр типа 2002:

Основные процедуры измерения постоянного и переменного напряжения описаны в отдельном Ознакомительном руководстве (Getting Started Manual).

Измерение постоянного напряжения

Мультиметр типа 2001 может измерять постоянное напряжение от 10 nV до 1100 V.

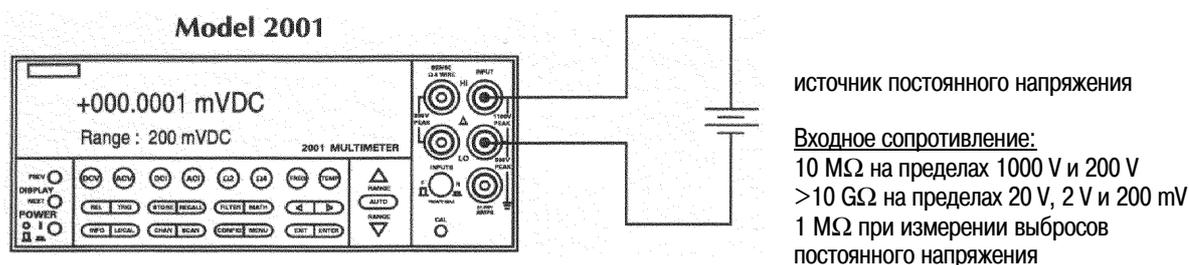
Мультиметр типа 2002 может измерять постоянное напряжение от 1 nV до 1100 V.

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench") основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход) мультиметра типа 2001. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Чтобы выбрать функцию измерения постоянного напряжения, нажмите клавишу DCV.
3. Выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому значению измеряемого напряжения. Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO (при этом загорается вспомогательный индикатор "AUTO").
4. Подключите измерительные провода к источнику напряжения, как показано на рис. 10.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход мультиметра напряжение с пиковым значением свыше 1100 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.



Предостережение: Максимально допустимое входное напряжение = 1100 V (пиковое значение)

Рис. 10 Подключение мультиметра при измерении постоянного напряжения

Установка нуля

Термин "надлежащая установка нуля" означает, что для получения правильных результатов измерений необходимо сначала выполнить установку базовой линии, от которой будут отсчитываться дальнейшие показания прибора на данном пределе измерения. Особенно это относится к пределу измерения 200 mV. Процедуру установки нуля следует выполнять всякий раз при изменении температуры окружающей среды. Действуйте следующим образом:

1. Если в данный момент задействована функция относительных показаний (функция вычитания константы), нажмите клавишу REL, чтобы отключить ее. Гаснет вспомогательный индикатор "REL".
2. Выберите предел измерения 200 mV.
3. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO мультиметра и замкните их между собой. Подождите некоторое время для завершения переходного процесса.
4. Нажмите клавишу REL. Индикация обнуляется.
5. Разъедините измерительные концы и присоедините их к источнику измеряемого напряжения.

Для минимизации погрешности от воздействия наводок и термо-э.д.с. на пределе 200 mV применяйте экранированные и термокомпенсированные соединения. Экран следует соединить с отрицательным выводом источника сигнала.

Измерение переменного напряжения

Мультиметр типа 2001 может измерять истинное среднеквадратическое значение переменного напряжения от 100 μ V до 775 V.

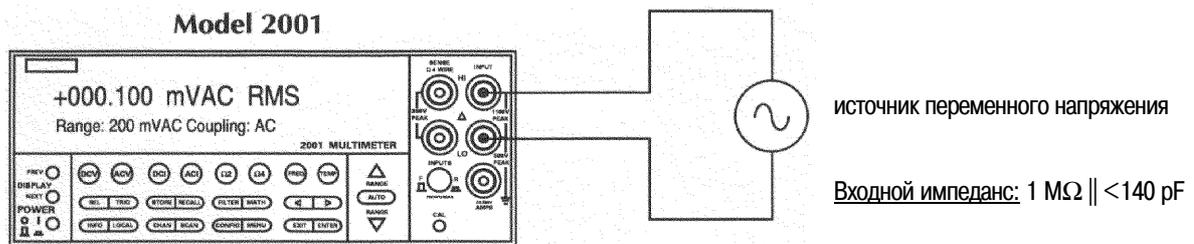
Мультиметр типа 2002 может измерять переменное напряжение от 10 μ V до 775 V.

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench") основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход) мультиметра типа 2001.
2. Чтобы выбрать функцию измерения переменного напряжения, нажмите клавишу ACV.
3. Выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому значению измеряемого напряжения. Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO (при этом загорается вспомогательный индикатор "AUTO").
4. Подключите измерительные провода к источнику напряжения, как показано на рис. 11.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход мультиметра напряжение с пиковым значением свыше 1100 V, поскольку это может привести к повреждению прибора. Произведение напряжения на частоту сигнала не должно превышать $2 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$.

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



Предостережение: Максимально допустимое входное напряжение = 1100 V (пиковое значение), $2 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$

Рис. 11 Подключение мультиметра при измерении переменного напряжения

Конфигурирование измерений напряжения

Ниже описаны процедуры изменения заводских установок параметров "по умолчанию" ("Bench") при конфигурировании измерений постоянного и переменного напряжения. Сводные данные о меню конфигурации представлены в таблицах 13 и 14. Для обращения к этим меню следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу DCV или ACV. Имейте в виду, что для конфигурирования функции ее не нужно выбирать. Когда выбирается какая-либо функция, она принимает запрограммированное состояние.

SPEED

Параметр SPEED задает время интегрирования аналого-цифрового преобразователя, т.е. длительность измерения входного сигнала (это еще называется апертурным временем). Время интегрирования влияет на достижимую разрешающую способность индикации, случайную погрешность измерений, а также на быстродействие измерений. Пока прибор обрабатывает результат измерения, игнорируются возможные сигналы запуска. При управлении с передней панели время интегрирования задается в единицах, основанных на количестве периодов сетевого напряжения (NPLC), где 1 PLC (один период сетевого напряжения) равен 16,67 msec при частоте сети 60 Hz или 20 msec при частоте сети 50 Hz и 400 Hz.

Таблица 13 Структура меню CONFIGURE DCV

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстрого действия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 msec при частоте сети 60 Hz или 20 msec при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в единицах PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ . Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
ANALOG-FILTER ⁽⁰¹⁾	Включение (ON) и отключение (OFF) аналогового фильтра.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение.
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.

Выбор оптимального времени интегрирования зависит от конкретной измерительной задачи. Если решающее значение имеет быстродействие измерений, то следует выбирать вариант FAST (0,01 PLC), однако при этом увеличивается случайная погрешность и ухудшается разрешающая способность индикации. Для достижения максимального подавления помех нормального вида и синфазных помех следует выбрать вариант HIACCURACY (10 PLC). Варианты NORMAL (1 PLC) и MEDIUM (0,1 PLC) обеспечивают приемлемый в большинстве случаев компромисс между быстродействием и случайной погрешностью. Далее рассмотрены и дополнительные варианты установки времени интегрирования (SET-SPEED-EXACTLY и SET-BY-RSLN).

Время интегрирования можно запрограммировать следующим образом:

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавишу CONFIG, затем соответствующую функциональную клавишу, чтобы обратиться к верхнему уровню меню конфигурации соответствующей функции. Например, для функции измерения постоянного напряжения отображается меню CONFIGURE DCV:

```
CONFIGURE DCV
SPEED FILTER RESOLUTION
```

2. С помощью клавиш управления курсором (◀ и ▶) выделите пункт SPEED и нажмите клавишу ENTER. Отображается следующее типовое меню:

```
DCV MEASUREMENT SPEED
NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY ▶
◀ SET-SPEED-EXACTLY SET-BY-RSLN
```

3. Выделите нужный пункт установки времени интегрирования и нажмите клавишу ENTER. Для всех функций (за исключением частоты) эти параметры имеют следующие значения:

```
NORMAL = 1 PLC
FAST = 0,01 PLC
MEDIUM = 0,1 PLC
HIACCURACY = 10 PLC
```

Далее речь идет о двух дополнительных параметрах – SET-SPEED-EXACTLY и SET-BY-RSLN.

Таблица 14 Структура меню CONFIGURE ACV

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстродействия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 msec при частоте сети 60 Hz или 20 msec при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в единицах PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ . Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение.
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.
UNITS VOLTS dB dBm	Меню единиц измерения: Выбор единицы измерения вольт. Выбор единицы измерения dB (децибел) и установка опорного напряжения. Выбор единицы измерения dBm (децибел от милливатта) и установка стандартного импеданса.
COUPLING AC AC+DC	Меню вида связи на входе: Связь по переменному току. Связь по постоянному току.
AC-TYPE RMS AVERAGE PEAK LOW-FREQ-RMS POSITIVE-PEAK NEGATIVE-PEAK	Меню типа измерения переменного напряжения: Истинное среднеквадратическое значение переменного напряжения. Среднее значение переменного напряжения. Пиковое значение переменного напряжения. Истинное с.к.з. переменного напряжения на низких частотах (< 50 Hz). Измерение положительных выбросов постоянного напряжения. Измерение отрицательных выбросов постоянного напряжения.

Если выбран параметр SET-SPEED-EXACTLY, на дисплей выводится следующее сообщение:

NPLC=01.00 (.01-10)

С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ Вы можете ввести значение времени интегрирования, выраженное в количестве периодов сетевого напряжения. Имейте в виду, что целочисленные значения PLC обеспечивают максимальное подавление сетевых помех.

Параметр SET-BY-RSLN оптимизирует время интегрирования для данной установки количества разрядов индикации. Установки времени интегрирования "по умолчанию" для функций DCV и ACV приведены в таблице 15, а для других измерительных функций – в разделах 3.4.2, 3.4.3 и 3.4.5.

У мультиметра типа 2002 параметры SPEED имеют следующее значение:

FAST: Устанавливает время интегрирования на 0,01 PLC. Пользуйтесь этим вариантом выбора, когда нужно реализовать максимальное быстродействие измерений за счет увеличения случайной погрешности и ухудшения разрешающей способности индикации.

MEDIUM: Устанавливает время интегрирования на 0,1 PLC. Пользуйтесь этим вариантом выбора в качестве компромисса между случайной погрешностью и быстродействием измерений.

NORMAL: Устанавливает время интегрирования на 1 PLC. Как и MEDIUM, этот вариант также является компромиссным, однако здесь достигается уменьшение случайной погрешности за счет быстродействия.

HIACCURACY: Устанавливает время интегрирования на 10 PLC. Этим вариантом выбора следует пользоваться тогда, когда необходимо максимальное подавление помех нормального вида и синфазных помех.

SET-SPEED-EXACTLY: При выборе этого параметра индицируется текущее значение PLC. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ здесь можно ввести любое значение PLC от 0,01 до 50. Не забудьте нажать клавишу ENTER после ввода нового значения. Имейте в виду, что целочисленные значения PLC обеспечивают максимальное подавление сетевых помех.

SET-BY-RSLN: Этот параметр оптимизирует время интегрирования для данной установки количества разрядов индикации. Установки времени интегрирования "по умолчанию" для функций DCV и ACV приведены в таблице 15, а для других измерительных функций – в разделах 3.4.2, 3.4.3 и 3.4.5.

Таблица 15 Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функций DCV и ACV

Измерительная функция и тип измерений	Индикация	Время интегрирования
Измерение постоянного напряжения (DCV)	3.5d, 4.5d	0,01 PLC
	5.5d	0,02 PLC
	6.5d	0,20 PLC ⁽⁰¹⁾ или 0,10 PLC ⁽⁰²⁾
	7.5d	2,00 PLC ⁽⁰¹⁾ или 1,00 PLC ⁽⁰²⁾
	8,5d ⁽⁰²⁾	10,00 PLC
Выбросы постоянного напряжения	3.5d (до 7.5d)	не используется
С.к.з. и среднее значение переменного напряжения	3.5d, 4.5d	0,01 PLC
	5.5d	0,02 PLC
	6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	10,00 PLC
С.к.з. переменного напряжения на низких частотах	3.d ? 7.5d (8.5d) ⁽⁰²⁾	не используется
Пиковое значение переменного напряжения	4d (до 8d)	не используется

Примечания:

1. Если при измерении постоянного напряжения установить время интегрирования на SET-BY-RSLN и выбрать разрешающую способность индикации AUTO, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 6,5⁽⁰¹⁾ (7,5)⁽⁰²⁾ разрядов индикации.
2. Если при измерении среднеквадратического и среднего значения переменного напряжения установить время интегрирования на SET-BY-RSLN и выбрать разрешающую способность индикации AUTO, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 5,5 разрядов индикации.
3. Установка времени интегрирования игнорируется при измерении выбросов постоянного напряжения, среднеквадратического значения переменного напряжения на низких частотах и пикового значения переменного напряжения.
4. При измерении выбросов постоянного напряжения может быть от 3,5 до 7,5 разрядов индикации, однако погрешность нормирована при индикации 3,5 разрядов. При измерении пикового значения переменного напряжения может быть от 4 до 8 разрядов индикации, однако погрешность нормирована при индикации четырех разрядов.

ANALOG FILTER

Пункт меню ANALOG-FILTER используется для проверки и/или изменения состояния аналогового фильтра для функции измерения постоянного напряжения у мультиметра типа 2001 (см. раздел 3.9). После выбора этого пункта меню положение курсора указывает текущее состояние (ON или OFF) аналогового фильтра. Чтобы изменить это состояние, с помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на нужный вариант выбора и нажмите клавишу ENTER.

FILTER

Параметр FILTER позволяет установить характеристику цифрового фильтра, а также включить или отключить его (см. раздел 3.9). К меню фильтра можно обратиться из меню конфигурации измерительной функции (например, CONFIGURE DCV) или путем нажатия клавиш CONFIGURE FILTER. Здесь рассматривается лишь специфика применения цифрового фильтра при измерении постоянного и переменного напряжения.

Параметр AUTO для цифрового фильтра оптимизирует его применение для текущей измерительной функции. Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций DCV и ACV перечислены в таблице 16.

Таблица 16 Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций DCV и ACV

Измерительная функция и тип измерений	Единица измер.	Состояние	Тип фильтра	Кратность усреднения	Шумовой допуск	Режим усреднения
Постоянное напряжение (DCV)	–	ON	Advanced (динамический)	10	1,0%	текущее (moving)
Выбросы пост. напряжения	–	ON	Advanced	10	5,0%	текущее
С.к.з., среднее значение и с.к.з. переменного напряжения на НЧ	любая	OFF	Advanced	10	5,0%	текущее
Пиковое значение переменного напряжения	вольт	ON	Advanced	10	5,0%	текущее
	dB, dBm	ON	Averaging (усредняющий)	10	–	текущее

RESOLUTION

За исключением измерения частоты, температуры и некоторых особых случаев измерения переменного напряжения мультиметры типа 2001 и 2002 могут обеспечивать от $3 \frac{1}{2}$ до $7 \frac{1}{2}^{(01)}$ или $8 \frac{1}{2}^{(02)}$ разрядов индикации. Возможна также автоматическая установка количества разрядов (разрешающей способности) индикации для выбранного времени интегрирования.

У мультиметра типа 2001 можно запрограммировать этот параметр следующим образом:

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавишу CONFIG, затем соответствующую функциональную клавишу, чтобы обратиться к верхнему уровню меню конфигурации соответствующей функции. Например, для функции измерения постоянного напряжения отображается меню CONFIGURE DCV:

```
CONFIGURE DCV
SPEED FILTER RESOLUTION
```

2. С помощью клавиш управления курсором (◀ и ▶) выделите пункт RESOLUTION и нажмите клавишу ENTER. Отображается следующее типовое меню:

```
SET DCV RESOLUTION
AUTO 3.5d 4.5d 5.5d 6.5d 7.5d
```

Выделите нужный пункт установки количества разрядов индикации и нажмите клавишу ENTER.

Выбор пункта AUTO оптимизирует количество разрядов индикации для текущей установки времени интегрирования. Автоматические установки количества разрядов индикации для функций DCV и ACV перечислены в таблице 17, а для других измерительных функций – в разделах 3.4.2, 3.4.3 и 3.4.5.

Таблица 17 Автоматические установки количества разрядов индикации для функций DCV и ACV

Измерительная функция и тип измерений	Время интегрирования	Кол-во разрядов индикации
Измерение постоянного напряжения (DCV)	0,01 ? < 0,02 PLC	4.5d
	0,02 ? < (0,20 ⁽⁰¹⁾ или 0,10 ⁽⁰²⁾) PLC	5.5d
	0,20 ? < (2,00 ⁽⁰¹⁾ или 1,00 ⁽⁰²⁾) PLC	6.5d
	2,00 ? 10,00 PLC ⁽⁰¹⁾ 1,00 ? < 10,00 PLC ⁽⁰²⁾	7.5d
	10,00 ? 50 PLC ⁽⁰²⁾	8.5d ⁽⁰²⁾
Выбросы постоянного напряжения	не используется	3.5d
С.к.з. и среднее значение переменного напряжения	0,01 ? < 0,02 PLC	4.5d
	0,02 ? < 10,00 PLC	5.5d
	10,00 PLC ⁽⁰¹⁾ 10,00 ? 50 PLC ⁽⁰²⁾	6.5d
С.к.з. переменного напряжения на низких частотах	не используется	5.5d
Пиковое значение переменного напряжения	не используется	4d

Примечания:

1. Если при измерении постоянного напряжения выбрать разрешающую способность индикации AUTO и установить время интегрирования на SET-BY-RSLN, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 6,5⁽⁰¹⁾ (7,5)⁽⁰²⁾ разрядов индикации.
2. Установка времени интегрирования игнорируется при измерении выбросов постоянного напряжения, среднеквадратического значения переменного напряжения на низких частотах и пикового значения переменного напряжения.
3. Если при измерении среднеквадратического и среднего значения переменного напряжения выбрать разрешающую способность индикации AUTO и установить время интегрирования на SET-BY-RSLN, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 5,5 разрядов индикации.

UNITS

Этот параметр определяет индицируемую единицу измерения переменного напряжения. У мультиметра типа 2001 можно запрограммировать этот параметр следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE ACV выберите пункт UNITS и нажмите клавишу ENTER. На дисплее появляется следующее меню:

```
SET ACV DISP UNITS
VOLTS dB dBm
```

2. Выделите нужную единицу измерения и нажмите клавишу ENTER.

VOLTS: Результат измерения переменного напряжения выражается в вольтах.

dB: Представление переменного напряжения в децибелах сжимает динамический диапазон измерений. Соотношение между напряжением и его относительным уровнем в децибелах описывается следующим выражением:

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

где V_{IN} – переменное напряжение входного сигнала
 V_{REF} – заданный уровень опорного напряжения.

Когда на вход подается напряжение, равное опорному, мультиметр показывает 0 dB. Измерения в децибелах возможны для всех типов измерения переменного напряжения, за исключением положительных и отрицательных выбросов напряжения, поскольку логарифмы отрицательных чисел не существуют. Имейте в виду, что характеристики измерений в децибелах нормируются только в режиме измерения среднеквадратического значения на низких частотах.

Если в момент выбора dB задействована функция вычитания константы (REL), то значение преобразуется в dB, затем к dB применяется функция REL. Если вычитаемое значение заносится в память после выбора dB, то оно выражается в децибелах.

Для установки уровня опорного напряжения у мультиметра типа 2001 действуйте следующим образом:

1. Выберите пункт dB из меню SET ACV DISP UNITS. Появляется следующее типичное сообщение:
dB REF LEV:001.000V
2. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ Вы можете ввести нужное значение уровня опорного напряжения в диапазоне от 0,001 V до 1000 V.
3. Для подтверждения ввода нажмите клавишу ENTER. Если выбрано измерение положительных или отрицательных выбросов, то изменение не допускается.

У мультиметра типа 2002 после выбора dB индицируется текущее значение уровня опорного напряжения. Чтобы изменить это значение, пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. После изменения уровня опорного напряжения нажмите клавишу ENTER.

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 нагрузке, 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_{IN} – входное переменное напряжение
 Z_{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 вычитаемое значение преобразуется в dBm. Если вычитаемое значение заносится в память после выбора dBm, то оно выражается в dBm.

Для установки значения стандартного импеданса у мультиметра типа 2001 действуйте следующим образом:

1. Выберите пункт dBm из меню SET ACV DISP UNITS. Появляется следующее меню:
SET dBm REFERENCE
50Ω 75Ω 93Ω 132Ω 300Ω 600Ω
2. Выделите нужное значение стандартного импеданса и нажмите клавишу ENTER. Если выбрано измерение положительных или отрицательных выбросов, то изменение не допускается.

У мультиметра типа 2002 после выбора dBm индицируется текущее значение стандартного импеданса (1 ? 9999 Ω). Чтобы изменить это значение, пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. После изменения значения стандартного импеданса нажмите клавишу ENTER.

Примечания:

1. Единицы dB и dBm не допускаются при измерении положительных и отрицательных выбросов напряжения.
2. Единицы dB и dBm не допускаются при использовании динамического (advanced) фильтра.
3. В случае выбора единиц dB или dBm отсутствует центрированный относительно нуля линейный индикатор в режиме комплексной индикации.
4. При изменении единицы измерения с вольт на dB или dBm все отрицательные значения обнуляются. Это относится, в частности, к вычитаемым значениям (REL) и занесенным в память показаниям. Это устраняет неопределенность при логарифмировании отрицательных чисел.

COUPLING

Это параметр определяет характер связи на входе для функции измерения переменного напряжения.

AC: При выборе связи AC последовательно с входной цепью мультиметра включается разделительный конденсатор, препятствующий прохождению постоянной составляющей при измерении среднеквадратического, среднего или пикового значения переменного напряжения.

AC+DC: При выборе связи AC+DC разделительный конденсатор на входе отсутствует, поэтому дальнейшие измерения среднеквадратического, среднего или пикового значения переменного напряжения производятся с учетом постоянной составляющей сигнала.

Текущая установка характера связи на входе индицируется в нижней строке дисплея (или является элементом комплексной индикации). Имейте в виду, что эта установка производится отдельно для функций ACV и ACI. Другими словами, установка характера связи для измерения переменного напряжения не влияет на характер связи при измерении переменного тока.

У мультиметра типа 2001 можно установить характер связи на входе следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE ACV выберите пункт COUPLING и нажмите клавишу ENTER. Отображается следующее меню:
SET AC COUPLING
AC AC+DC
2. Выберите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

AC-TYPE

Этот параметр определяет тип измерений для функции ACV. Мультиметры типа 2001 и 2002 непосредственно измеряют среднеквадратическое (RMS), среднее (average) и пиковое (peak) значение переменного напряжения. Например, при измерении синусоидального напряжения с размахом 330 V (стандартное сетевое напряжение в США) получаются следующие показания:

- RMS = 117 V
- Average = 105 V (результат двухполупериодного выпрямления)
- Peak AC = 165 V

Для измерения положительных и отрицательных выбросов, наложенных на постоянное напряжение, здесь используется пиковый детектор. Конфигурацию этих измерений также устанавливают из меню AC-TYPE.

У мультиметра типа 2001 можно запрограммировать тип измерений следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE ACV выберите пункт AC-TYPE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:
SET ACV MEASUREMENT
RMS AVERAGE PEAK LOW-FREQ-RMS ►
◀ POSITIVE-PEAK NEGATIVE-PEAK
2. Выделите нужный тип измерения и нажмите клавишу ENTER.

RMS и LOW-FREQ-RMS: Выбор между этими вариантами зависит от требуемой точности и быстродействия измерений. Вариант LOW-FREQ-RMS (измерение среднеквадратического значения на низких частотах) обеспечивает более высокую точность при меньшем быстродействии.

Технические характеристики для обоих этих вариантов нормированы в диапазоне частот 20 Hz ? 2 MHz, однако для варианта LOW-FREQ-RMS они дополнительно нормированы для частот вплоть до 1 Hz. При выборе того или иного варианта примите во внимание следующие рекомендации:

- На частотах ниже 50 Hz выбирайте вариант LOW-FREQ-RMS, как обеспечивающий более высокую точность.
- На частотах 50 ? 100 Hz можно выбрать любой из этих вариантов.
- На частотах свыше 100 Hz пользуйтесь обычным режимом RMS ввиду более высокого быстродействия.

AVERAGE: При выборе этого пункта сигнал переменного напряжения подается не на преобразователь истинного с.к.з, а на двухполупериодный выпрямитель, поэтому здесь измеряется отфильтрованный от пульсаций результат двухполупериодного выпрямления.

PEAK: При измерении пикового значения переменного напряжения индицируется наибольшее (положительное или отрицательное) пиковое значение входного сигнала. Измерительное окно зафиксировано на 100 msec. Имейте в виду, что из меню SET ACV RESOLUTION Вы можете изменить количество разрядов индикации от четырех (3.5d) до восьми (7.5d) у мультиметра типа 2001 или до девяти (8.5d) у мультиметра типа 2002, однако погрешность измерений нормируется при четырех разрядах индикации. Кроме того, при измерении пикового значения переменного напряжения с частотой ниже 200 Hz точность нормируется при условии выбора характера связи на входе AC+DC.

POSITIVE-PEAK и NEGATIVE-PEAK: Результаты измерения выбросов напряжения отображаются на первичном индикаторе ACV (в верхней строке дисплея), однако они индицируются также в режиме комплексной индикации в нижней строке дисплея при измерении постоянного напряжения (DCV). Пункты меню POSITIVE-PEAK и NEGATIVE-PEAK выводят результаты измерений на первичном индикаторе (см. рис. 12).

После выбора измерения положительных или отрицательных выбросов напряжения из меню SET ACV MEASUREMENT Вы получите запрос на ввод значения измерительного окна:

PEAK WINDOW = 0,1 s

Это задает время выборки сигнала до появления индикации. Это время может составлять от 0,1 sec до 9,9 sec.

Для первичного индикатора можно установить количество разрядов индикации от 3.5d до 7.5d⁽⁰¹⁾ или 8.5d⁽⁰²⁾, однако погрешность нормирована для 3.5d (при комплексной индикации зафиксировано значение 3.5d).

Имейте в виду, что при измерении выбросов напряжения не допускается применение таких единиц измерения, как dB и dBm. Положительные выбросы напряжения на отрицательном уровне постоянного напряжения могут восприниматься в виде отрицательных значений, а логарифмы отрицательных чисел не существуют.

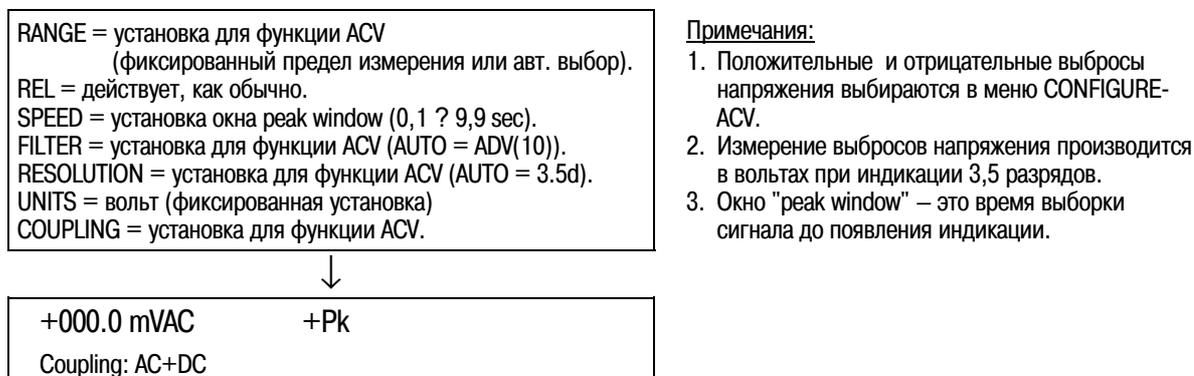


Рис. 12 Индикация положительных и отрицательных выбросов напряжения

Комплексная индикация

Варианты комплексной индикации при измерении постоянного и переменного напряжения показаны на рис. 13 и 14. Далее описана комплексная индикация для коэффициента формы, который вычисляется по результатам измерения пикового и среднеквадратического значения.

А. Функции измерения постоянного напряжения, переменного напряжения и частоты



Рис. 13 Комплексная индикация при измерении постоянного напряжения

Б. Функции измерения постоянного напряжения и положительных выбросов напряжения

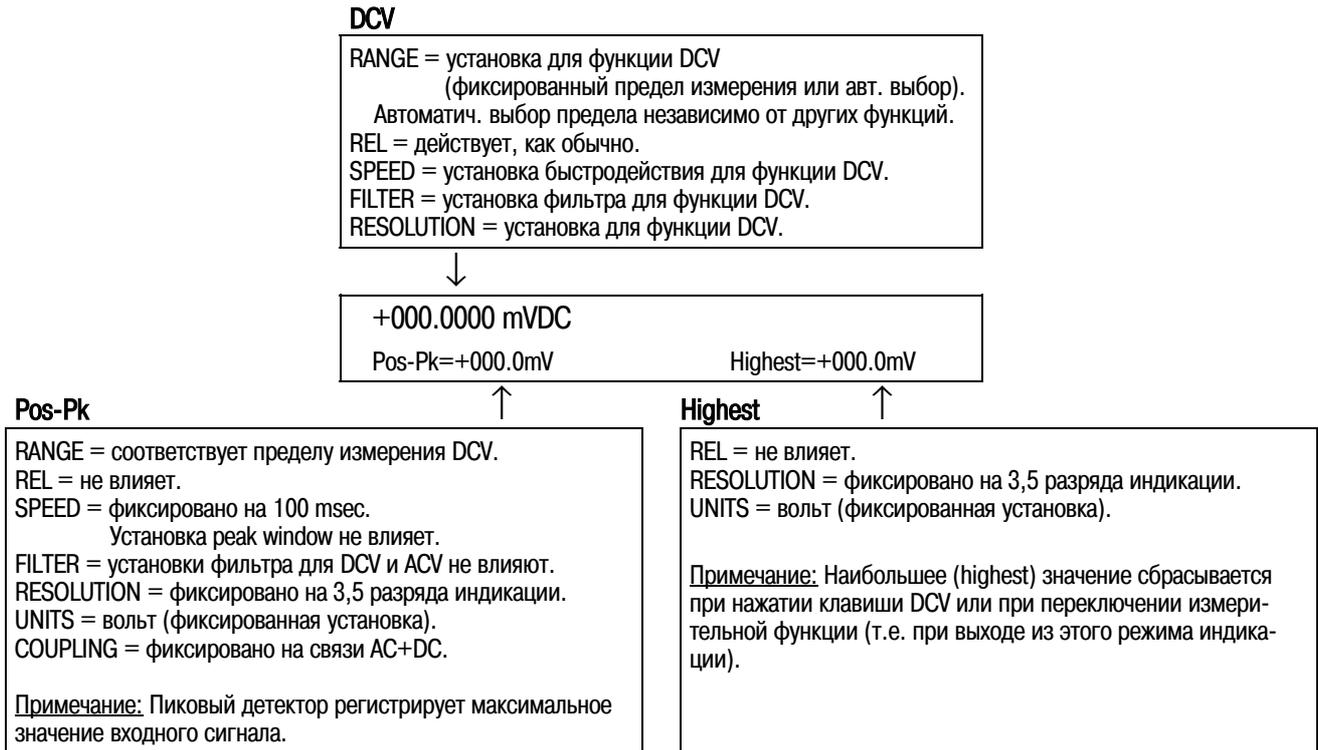


Рис. 13 Комплексная индикация при измерении постоянного напряжения (продолжение)

В. Функции измерения постоянного напряжения и отрицательных выбросов напряжения

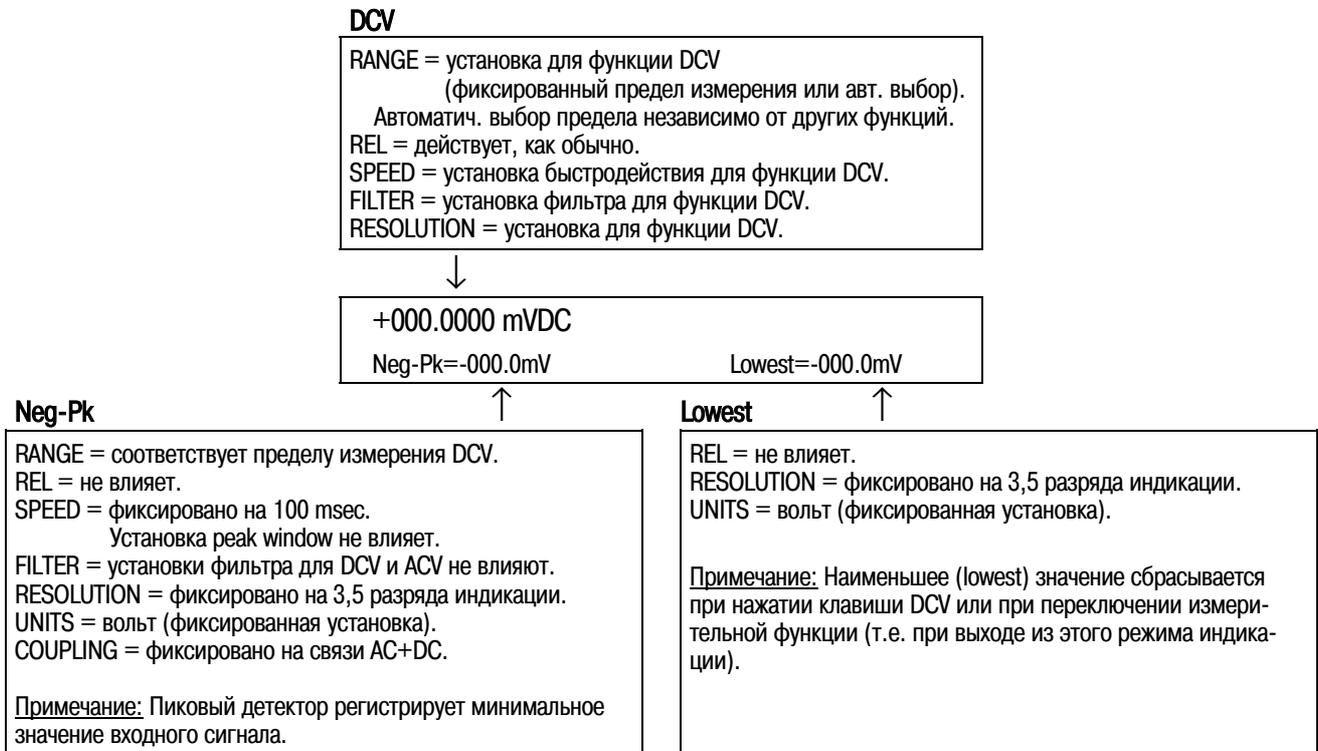


Рис. 13 Комплексная индикация при измерении постоянного напряжения (продолжение)

Г. Функции измерения постоянного напряжения, положительных и отрицательных выбросов напряжения

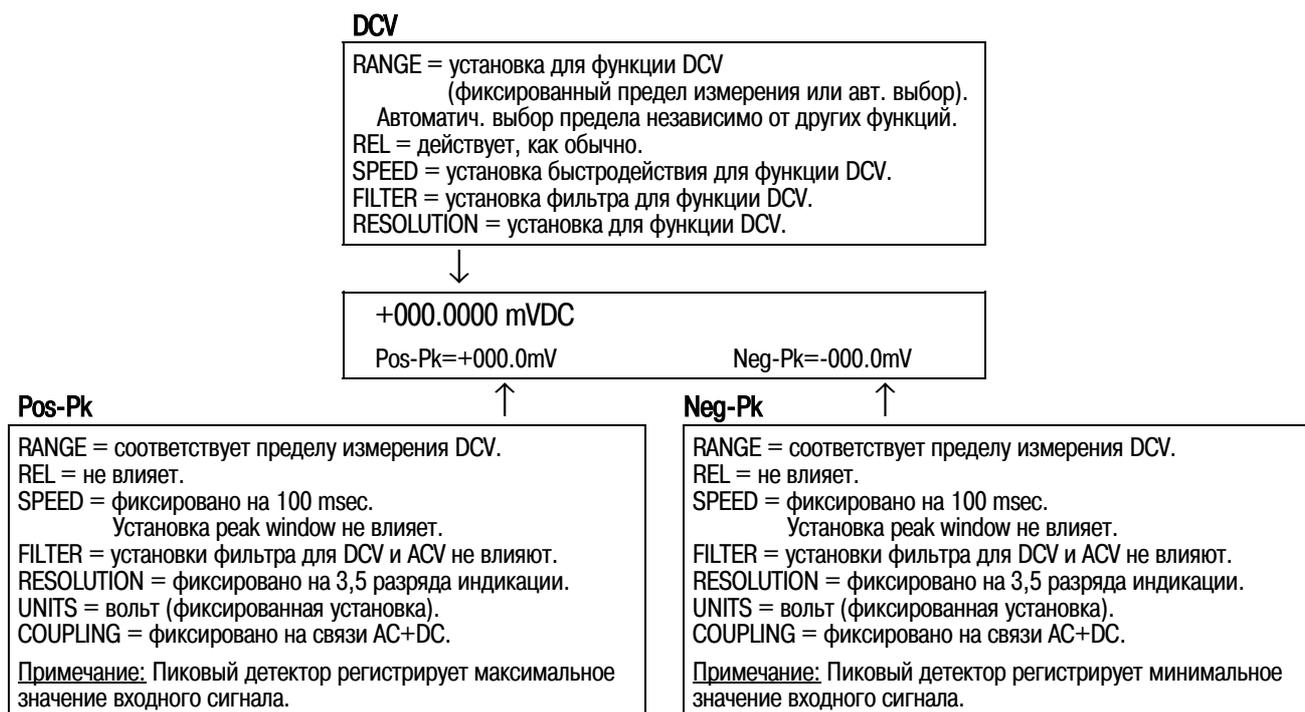


Рис. 13 Комплексная индикация при измерении постоянного напряжения (продолжение)

А. Функции измерения с.к.з. переменного напряжения, частоты и коэффициента формы

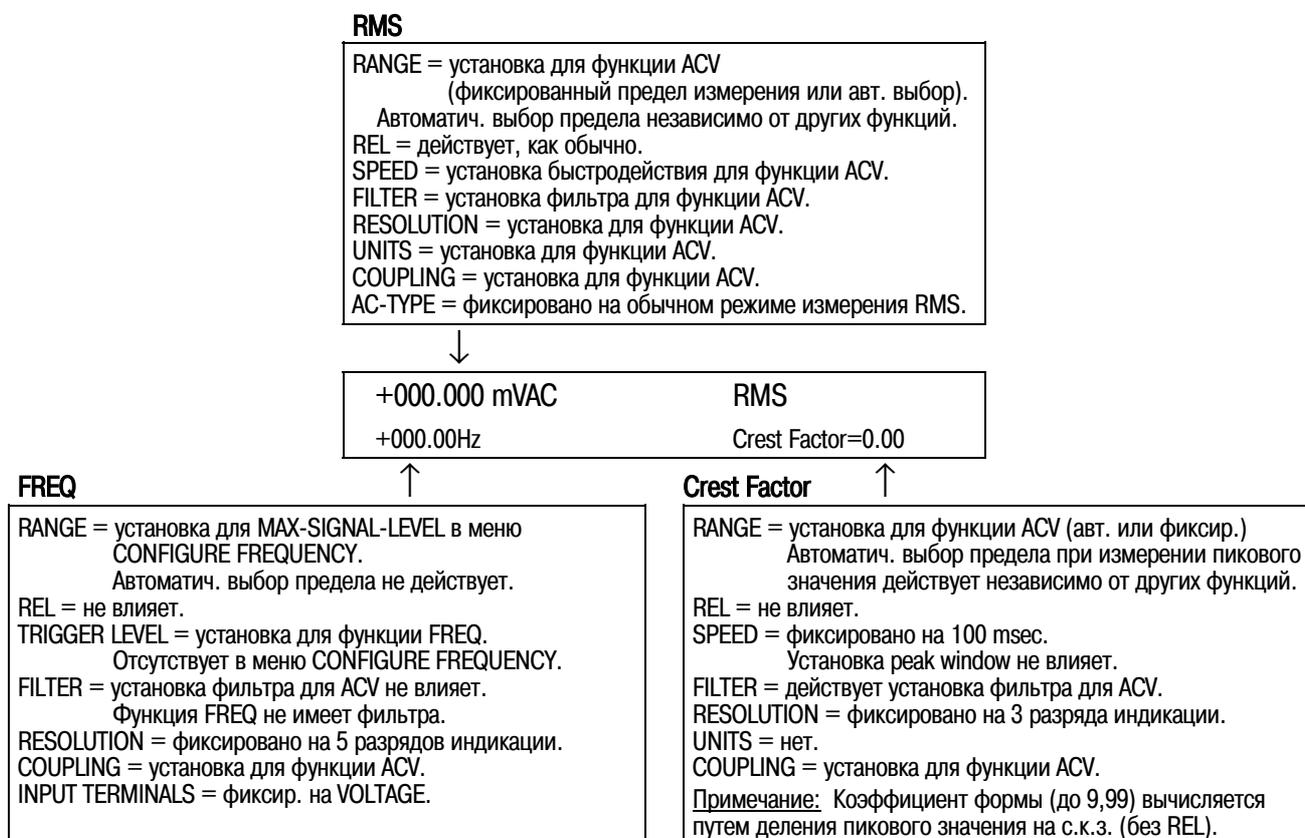


Рис. 14 Комплексная индикация при измерении переменного напряжения

Б. Функции измерения среднеквадратического, среднего и пикового значения переменного напряжения



Рис. 14 Комплексная индикация при измерении переменного напряжения (продолжение)

Коэффициент формы

Коэффициент формы (crest factor) периодического сигнала представляет собой отношение пикового значения к среднеквадратическому значению. Таким образом, коэффициент формы характеризует динамический диапазон прибора, измеряющего истинное среднеквадратическое значение. У сигнала синусоидальной формы коэффициент формы равен 1,414. У симметричной последовательности прямоугольных импульсов (меандр) коэффициент формы равен единице. Коэффициент формы у последовательности прямоугольных импульсов зависит от коэффициента заполнения; он увеличивается по мере уменьшения коэффициента заполнения.

Дополнительная погрешность, возникающая у мультиметров типа 2001 и 2002 при высоком коэффициенте формы, нормирована до значения коэффициента формы 5. Максимальное индицируемое значение коэффициента формы равно 9,99; при превышении этого значения индицируется "over".

Имейте в виду, что коэффициент формы не вычисляется, если в качестве единиц измерения выбраны dB и dBm.

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 низкопотенциальным 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").

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: Источником паразитных термо-э.д.с. может также служить дополнительная сканерная плата (например, типа 2001-SCAN).

Смещение при измерении переменного напряжения

В режиме измерения переменного напряжения с $5\frac{1}{2}$ -разрядной индикацией при закороченном входе обычно индицируется показание 150 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_{OFFSET}) квадратурно суммируется с сигналом на входе (V_{IN}).

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

Пример: Предел измерения переменного напряжения = 2 V
 Смещение = 150 ед. (1,5 mV)
 Входной сигнал = 200 mV RMS (среднеквадратическое значение)

$$\text{Результат измерения} = [(200 \text{ mV})^2 + (1,5 \text{ mV})^2]^{1/2} = [0,04 \text{ V}^2 + 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ V}^2]^{1/2} = 0,200005 \text{ V}$$

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 150 единиц смещения будут вычитаться из входного сигнала V_{IN} , что даст погрешность индикации в 150 единиц.

3.4.2 Измерение постоянного и переменного тока

Мультиметр типа 2002:

Основные процедуры измерения постоянного и переменного тока описаны в отдельном Ознакомительном руководстве (Getting Started Manual).

Измерение постоянного тока

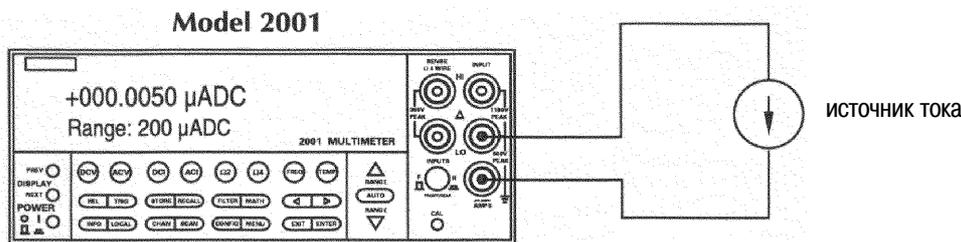
Мультиметры типа 2001 и 2002 могут производить обычные измерения постоянного тока от 10 pA до 2,1 A.

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench" – см. раздел 3.12.1) основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам AMPS и INPUT LO (низкопотенциальный вход) мультиметра типа 2001. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Чтобы выбрать функцию измерения постоянного тока, нажмите клавишу DCI.
3. Выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому значению измеряемого тока. Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO (при этом зажигается вспомогательный индикатор "AUTO").
4. Подключите измерительные провода к источнику тока, как показано на рис. 15.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход AMPS ток свыше 2,1 A, 250 V, поскольку это может привести к перегоранию токового предохранителя.

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.



Предостережение: Максимально допустимый входной ток = 2,1 A.

Рис. 15 Подключение мультиметра при измерении постоянного и переменного тока

Измерение переменного тока

Мультиметры типа 2001 и 2002 могут измерять переменный ток от 100 pA до 2,1 A.

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench" – см. раздел 3.12.1) основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам AMPS и INPUT LO (низкопотенциальный вход) мультиметра типа 2001. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Чтобы выбрать функцию измерения переменного тока, нажмите клавишу ACI.
3. Выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому значению измеряемого тока. Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO (при этом зажигается вспомогательный индикатор "AUTO").
4. Подключите измерительные провода к источнику тока, как показано на рис. 15.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход AMPS ток свыше 2,1 A, 250 V, поскольку это может привести к перегоранию токового предохранителя.

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.

Замена предохранителя на входе AMPS

У мультиметров типа 2001 и 2002 имеется два защитных предохранителя на токовых входах — один на передней, другой на задней панели.

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. Далее действуйте следующим образом:
 - а) Для замены предохранителя на передней панели осторожно нажмите большим пальцем на гнездо AMPS и поверните держатель предохранителя на четверть оборота против часовой стрелки. Отпустите палец; при этом пружина вытолкнет патрон из гнезда.
 - б) Для замены предохранителя на задней панели вставьте плоский конец отвертки в держатель предохранителя AMPS на задней панели. Осторожно нажмите и поверните держатель предохранителя на четверть оборота против часовой стрелки. Отпустите отвертку; при этом пружина вытолкнет патрон предохранителя из держателя.
3. Выньте предохранитель и замените его новым такого же типонаминала: 2 А, 250 В, быстродействующий (fast blow), 5 x 20 мм, номер для заказа FU-48.

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 2001 или 2002.

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

Конфигурирование измерений тока

Ниже описаны процедуры изменения заводских установок параметров "по умолчанию" ("Bench") при конфигурировании измерений постоянного и переменного тока. Сводные данные о меню конфигурации представлены в таблицах 18 и 19. Для обращения к этим меню следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу DCI или ACI. Имейте в виду, что для конфигурирования функции ее не нужно выбирать. Когда выбирается какая-либо функция, она принимает запрограммированное состояние.

Таблица 18 Структура меню CONFIGURE DCI

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстрого действия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 msec при частоте сети 60 Hz или 20 msec при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в единицах PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ . Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение.
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.
MEASUREMENT-MODE NORMAL IN-CIRCUIT	Меню режима измерений: Обычное измерение тока (с помощью гнезд AMPS). Измерение тока без разрыва цепи (с помощью гнезд INPUT и SENSE).

SPEED

Параметр SPEED задает время интегрирования аналого-цифрового преобразователя, т.е. длительность измерения входного сигнала (это еще называется апертурным временем). Смысл этого параметра при измерении напряжения рассмотрен в разделе 3.4.1. Здесь же отмечаются лишь его особенности при измерении постоянного и переменного тока.

Параметр SET-BY-RSLN оптимизирует время интегрирования для данной установки количества разрядов индикации. Установки времени интегрирования "по умолчанию" для функций DCI и ACI приведены в таблице 20.

FILTER

Параметр FILTER позволяет установить характеристику цифрового фильтра, а также включить или отключить его (см. раздел 3.9). Здесь рассматривается лишь специфика применения цифрового фильтра при измерении постоянного и переменного тока.

Параметр AUTO для цифрового фильтра оптимизирует его применение для текущей измерительной функции. Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций DCI и ACI перечислены в таблице 21.

Таблица 19 Структура меню CONFIGURE ACI

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстрого действия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 мсек при частоте сети 60 Hz или 20 мсек при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в единицах PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ . Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение.
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.
COUPLING AC AC+DC	Меню выбора характера связи на входе: Связь по переменному току. Связь по постоянному току.
AC-TYPE RMS AVERAGE	Меню выбора типа измерений: Истинное среднеквадратическое значение переменного тока. Среднее значение переменного тока.

Таблица 20 Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функций DCI и ACI

Измерительная функция и тип измерений	Индикация	Время интегрирования
Измерение постоянного тока (DCI)	3.5d, 4.5d	0,01 PLC
	5.5d	0,02 PLC
	6.5d	0,20 PLC
	7.5d, 8.5d ⁽⁰²⁾	2,00 PLC
Измерение постоянного тока без разрыва цепи	3.5d ? 7.5d	не используется
С.к.з. и среднее значение переменного тока	3.5d, 4.5d	0,01 PLC
	5.5d	0,02 PLC
	6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	10,00 PLC

Примечания:

1. Если при обычном измерении постоянного тока установить время интегрирования на SET-BY-RSLN и выбрать разрешающую способность индикации AUTO, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 6,5 разрядов индикации.
2. При измерении постоянного тока без разрыва цепи установка времени интегрирования игнорируется.
3. Если при измерении переменного тока установить время интегрирования на SET-BY-RSLN и выбрать разрешающую способность индикации AUTO, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 5,5 разрядов индикации.

Таблица 21 Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций DCI и ACI

Измерительная функция и тип измерений	Состояние	Тип фильтра	Кратность усреднения	Шумовой допуск	Режим усреднения
Постоянный ток (DCI)	ON	Advanced (динамический)	10	1,0%	текущее (moving)
Измерение постоянного тока без разрыва цепи (in-circuit)	ON	Advanced	10	1,0%	текущее
Переменный ток (ACI)	OFF	Advanced	10	5,0%	текущее

RESOLUTION

Параметр RESOLUTION задает количество разрядов (т.е. разрешающую способность) индикации. Установки этого параметра при измерении постоянного и переменного напряжения рассмотрены в разделе 3.4.1. Здесь же речь идет только об особенностях, связанных с измерением постоянного и переменного тока. Для всех функций и типов измерения тока возможна индикация от 3,5 до 7,5 разрядов. Выбор пункта AUTO оптимизирует количество разрядов индикации при заданном времени интегрирования. Автоматические установки количества разрядов индикации для функций DCI и ACI перечислены в таблице 22.

Таблица 22 Автоматические установки количества разрядов индикации для функций DCI и ACI

Измерительная функция и тип измерений	Время интегрирования	Кол-во разрядов индикации
Измерение постоянного тока (DCI)	0,01 ? < 0,02 PLC	4.5d
	0,02 ? < 0,20 PLC	5.5d
	0,20 ? < 2,00 PLC	6.5d
	2,00 ? 10,00 PLC ⁽⁰¹⁾ 2,00 ? 50 PLC ⁽⁰²⁾	7.5d
Измерение постоянного тока без разрыва цепи	не используется	5.5d
С.к.з. и среднее значение переменного тока	0,01 ? < 0,02 PLC	4.5d
	0,02 ? < 10,00 PLC	5.5d
	10,00 PLC ⁽⁰¹⁾ 10,00 ? 50 PLC ⁽⁰²⁾	6.5d

Примечания:

1. Если при обычном измерении постоянного тока выбрать разрешающую способность индикации AUTO и установить время интегрирования на SET-BY-RSLN, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 6,5 разрядов индикации.
2. При измерении постоянного тока без разрыва цепи установка времени интегрирования игнорируется.
3. Если при измерении переменного тока выбрать разрешающую способность индикации AUTO и установить время интегрирования на SET-BY-RSLN, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 5,5 разрядов индикации.

MEASUREMENT-MODE

Здесь задается режим измерения постоянного тока, а именно – обычный (normal) режим или режим измерения тока без разрыва цепи (in-circuit).

Для программирования этого параметра действуйте следующим образом:

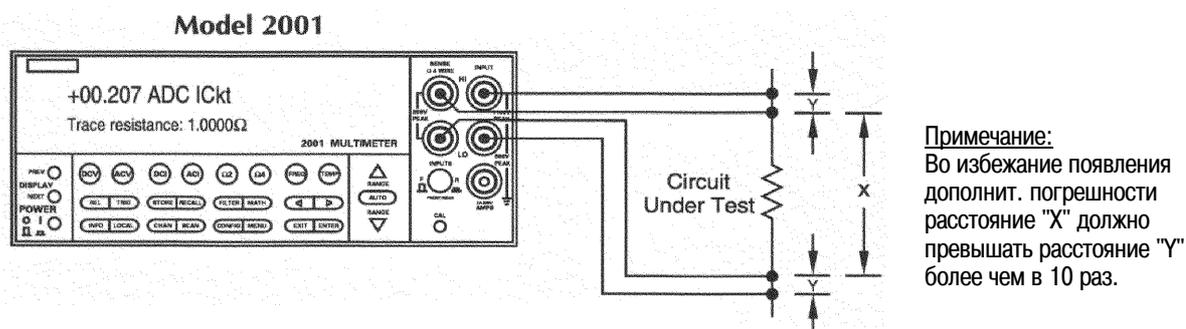
1. Из меню CONFIGURE DCI выберите пункт MEASUREMENT-MODE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
DCI MEASUREMENT MODE
NORMAL      IN-CIRCUIT
```

2. Выделите нужный режим измерения и нажмите клавишу ENTER.

NORMAL: Это обычный режим измерения тока, когда мультиметр включается в разрыв цепи и измеряется напряжение на внутреннем шунтирующем резисторе. У мультиметра типа 2001 при токе свыше 0,5 А появляется дополнительная погрешность $50 \cdot 10^{-6}$ вследствие саморазогрева шунтирующего резистора.

IN-CIRCUIT: В этом режиме производится вычисление тока, протекающего через участок цепи, без его разрыва, на основании измерений напряжения и сопротивления в четырехпроводной схеме. Этот метод аналогичен измерению сопротивления с компенсацией смещения. Здесь реализуется измерение тока, протекающего через низкоомный участок цепи (например, проводник печатной платы), без разрыва этого участка цепи. Для этого подключают мультиметр к участку цепи с помощью пары пробников Кельвина, как показано на рис. 16.



Предостережение: Максимальный входной сигнал = $+200 \text{ mV}$ при $(I_{\text{IN-CKT}} + I_{\text{SOURCE}}) \cdot R_{\text{TRACE}}$, где $I_{\text{SOURCE}} = 10 \text{ mA}$.

Рис. 16 Измерение постоянного тока без разрыва цепи

Этот метод реализуется следующим образом:

1. С помощью одного комплекта наконечников пробника Кельвина мультиметр подает в участок цепи известный ток (I_{SOURCE}) и с помощью другого комплекта наконечников пробника Кельвина одновременно измеряет падение напряжения (V_{MEAS1}) на этом участке цепи:

$$V_{\text{MEAS1}} = (I_{\text{IN-CKT}} + I_{\text{SOURCE}}) R_{\text{TRACE}}$$

где $I_{\text{IN-CKT}}$ – подлежащий измерению ток, протекающий по участку цепи с сопротивлением R_{TRACE} .

Отсюда: $R_{\text{TRACE}} = V_{\text{MEAS1}} / (I_{\text{IN-CKT}} + I_{\text{SOURCE}})$

2. Далее прибор измеряет падение напряжения на этом участке цепи (V_{MEAS2}) без подачи дополнительного тока:

$$V_{\text{MEAS2}} = I_{\text{IN-CKT}} \cdot R_{\text{TRACE}}$$

Отсюда: $R_{\text{TRACE}} = V_{\text{MEAS2}} / I_{\text{IN-CKT}}$

3. Затем из этой системы уравнений вычисляется искомое значение $I_{\text{IN-CKT}}$:

$$V_{\text{MEAS1}} / (I_{\text{IN-CKT}} + I_{\text{SOURCE}}) = V_{\text{MEAS2}} / I_{\text{IN-CKT}}$$

$$V_{\text{MEAS1}} \cdot I_{\text{IN-CKT}} - V_{\text{MEAS2}} \cdot I_{\text{IN-CKT}} = V_{\text{MEAS2}} \cdot I_{\text{SOURCE}}$$

$$I_{\text{IN-CKT}} (V_{\text{MEAS1}} - V_{\text{MEAS2}}) = V_{\text{MEAS2}} \cdot I_{\text{SOURCE}}$$

$$I_{\text{IN-CKT}} = V_{\text{MEAS2}} \cdot I_{\text{SOURCE}} / (V_{\text{MEAS1}} - V_{\text{MEAS2}})$$

Для обеспечения приемлемой погрешности измерений применение этого метода ограничено измерением в участках цепи с сопротивлением от $1 \text{ m}\Omega$ до 10Ω . При выходе сопротивления за эти пределы становится невозможным вычисление тока в цепи. Значение сопротивления участка цепи индицируется в нижней строке дисплея.

Процедура измерений заключается в следующем:

1. Из меню CONFIGURE DCI выберите пункт IN-CIRCUIT и установите прибор на функцию DCI. Обратите внимание на то, что при этом светится вспомогательный индикатор измерений в четырехпроводной схеме "4W".
2. Присоедините к гнездам мультиметра INPUT HI и LO, SENSE HI и LO по комплекту пробников Кельвина, например, типа 5805 или 5806.
3. При $R_{\text{TRACE}} < 50 \text{ m}\Omega$ или в тех случаях, когда контролируемый участок цепи имеет повышенную температуру, следует до измерения тока обнулить (с помощью функции REL) смещение за счет термо-э.д.с. Выключите питание контролируемой цепи, поместите пробники на нужный участок цепи и обнулите смещение из функции DCI.
4. Включите питание контролируемой цепи. На дисплее индицируется расчетное значение тока в цепи. Быстродействие измерений составляет 4 показания в секунду при 1 PLC. Предел измерения тока в этом режиме зафиксирован на 12 A. По умолчанию здесь задействован цифровой фильтр с текущим (moving) усреднением десяти отсчетов. При низком уровне напряжения может потребоваться дополнительная фильтрация.

COUPLING

Это параметр определяет характер связи на входе для функции измерения переменного тока.

AC: При выборе связи AC последовательно с входной цепью мультиметра включается разделительный конденсатор, препятствующий прохождению постоянной составляющей при измерении среднеквадратического или среднего значения переменного тока. Имейте, однако, в виду, токовые шунты подключены к токовым входам непосредственно.

AC+DC: При выборе связи AC+DC разделительный конденсатор на входе отсутствует, поэтому дальнейшие измерения среднеквадратического или среднего значения переменного тока производятся с учетом постоянной составляющей сигнала.

У мультиметра типа 2001 можно установить характер связи на входе следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE ACI выберите пункт COUPLING и нажмите клавишу ENTER. Отображается следующее меню:

```
SET AC COUPLING
AC  AC+DC
```

2. Выберите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

Имейте в виду, что установка характера связи на входе производится отдельно для функций ACV и ACI. Другими словами, установка характера связи для измерения переменного напряжения не влияет на характер связи при измерении переменного тока.

AC-TYPE

Этот параметр определяет тип измерений для функции ACI. Мультиметры типа 2001 и 2002 непосредственно измеряют среднеквадратическое (RMS) и среднее (average) значение переменного тока.

У мультиметра типа 2001 можно запрограммировать тип измерений следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE ACI выберите пункт AC-TYPE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET ACI MEASUREMENT
RMS  AVERAGE
```

2. Выделите нужный тип измерения и нажмите клавишу ENTER.

RMS: При выборе этого пункта производится измерение среднеквадратического значения переменного тока.

AVERAGE: При выборе этого пункта сигнал подается не на преобразователь истинного с.к.з, а на двухполупериодный выпрямитель, поэтому здесь измеряется отфильтрованный от пульсаций результат двухполупериодного выпрямления.

Комплексная индикация

Варианты комплексной индикации при измерении переменного тока показаны на рис. 17. При измерении постоянного тока комплексная индикация отсутствует.

А. Функции измерения среднеквадратического (или среднего) значения переменного тока и частоты

RMS (или AVG)

RANGE = установка для функции ACI (фиксированный предел измерения или авт. выбор).
Автоматич. выбор предела независимо от других функций.
REL = действует, как обычно.
SPEED = установка быстродействия для функции ACI.
FILTER = установка фильтра для функции ACI.
RESOLUTION = установка для функции ACI.
COUPLING = установка для функции ACI.
AC-TYPE = установка типа измерений для функции ACI.



+000.000 μ AAC RMS (или AVG)
+0.0000Hz

FREQ ↑

RANGE = установка для MAX-SIGNAL-LEVEL в меню CONFIGURE FREQUENCY.
Автоматич. выбор предела не действует.
REL = не влияет.
TRIGGER LEVEL = установка для функции FREQ.
Отсутствует в меню CONFIGURE FREQUENCY.
FILTER = установка фильтра для ACI не влияет.
Функция FREQ не имеет фильтра.
RESOLUTION = фиксировано на 5 разрядов индикации.
COUPLING = установка для функции ACI.
INPUT TERMINALS = фиксир. на CURRENT.

Б. Функции измерения среднеквадратического и среднего значения переменного тока

RMS

RANGE = установка для функции ACI (фиксированный предел измерения или авт. выбор).
Автоматич. выбор предела независимо от других функций.
REL = действует, как обычно.
SPEED = установка быстродействия для функции ACI.
FILTER = установка фильтра для функции ACI.
RESOLUTION = установка для функции ACI.
COUPLING = установка для функции ACI.



+000.000 μ AAC RMS
AVG=000.000 μ AAC

AVG ↑

RANGE = установка для функции ACI (фиксированный предел измерения или авт. выбор).
Автоматич. выбор предела независимо от других функций.
REL = не влияет.
SPEED = установка быстродействия для функции ACI.
FILTER = установка фильтра для функции ACI не влияет.
RESOLUTION = фиксировано на 5,5 разрядов индикации.
COUPLING = установка для функции ACI.

Рис. 17 Комплексная индикация при измерении переменного тока

3.4.3 Измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме

Мультиметр типа 2002:

Основные процедуры измерения сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме описаны в отдельном Ознакомительном руководстве (Getting Started Manual).

Измерение сопротивления в двухпроводной схеме

Мультиметр типа 2001 может измерять в двухпроводной схеме сопротивление от 1 $\mu\Omega$ до 1,05 G Ω .

Мультиметр типа 2002 может измерять в двухпроводной схеме сопротивление от 100 n Ω до 1,05 G Ω .

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench" – см. раздел 3.12.1) основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI (высокопотенциальный вход) и LO (низкопотенциальный вход) мультиметра типа 2001. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Чтобы выбрать функцию измерения сопротивления в двухпроводной схеме, нажмите клавишу Ω 2.
3. Выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому значению измеряемого сопротивления. Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO (при этом загорается вспомогательный индикатор "AUTO").
4. Включите компенсацию смещения (эта процедура описана ниже).

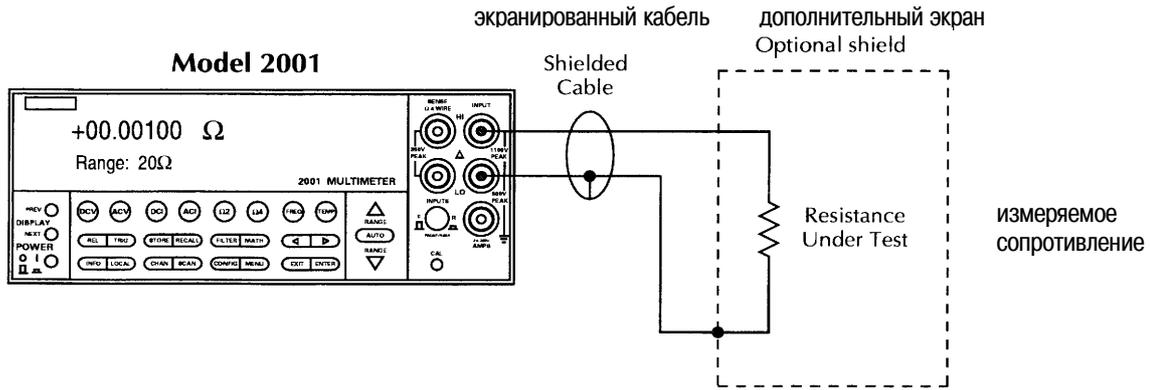
Примечание:

Независимо от того, применяете ли Вы компенсацию смещения, измерения на пределах 20 Ω , 200 Ω , 2 k Ω , 20 k Ω и 200 k Ω требуют коррекции нуля для достижения хорошей точности измерений. Процедура коррекции нуля описана далее в этом подразделе.

5. Подключите измерительные провода к измеряемому сопротивлению, как показано на рис. 18.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход мультиметра (между гнездами INPUT HI и LO) напряжение с пиковым значением свыше 1100 V, поскольку это может привести к повреждению прибора.

6. 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.
7. Считывайте показания с дисплея.



Примечание: Ток источника направлен от гнезда INPUT HI к гнезду INPUT LO

Рис. 18 Подключение мультиметра при измерении сопротивления в двухпроводной схеме

Измерение сопротивления в четырехпроводной схеме

Мультиметр типа 2001 может измерять в четырехпроводной схеме сопротивление от 1 $\mu\Omega$ до 210 k Ω .

Мультиметр типа 2002 может измерять в четырехпроводной схеме сопротивление от 100 n Ω до 2,1 M Ω .

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench" – см. раздел 3.12.1) основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO, а также к гнездам SENSE Ω 4 WIRE HI и LO мультиметра типа 2001. Рекомендуется применять пробники Кельвина типа 5805 и 5806. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.
2. Чтобы выбрать функцию измерения сопротивления в четырехпроводной схеме, нажмите клавишу Ω 4.
3. Выберите предел измерения, соответствующий ожидаемому значению измеряемого сопротивления. Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO (при этом зажигается вспомогательный индикатор "AUTO").
4. Если нужно, включите компенсацию смещения (эта процедура описана ниже).

Примечание:

Если Вы не применяете Вы компенсацию смещения, измерения на пределах 20 Ω и 200 Ω требуют коррекции нуля для достижения хорошей точности измерений. Процедура коррекции нуля описана далее в этом подразделе.

5. Подключите измерительные провода к измеряемому сопротивлению, как показано на рис. 19.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход мультиметра (между гнездами INPUT HI и LO) напряжение с пиковым значением свыше 1100 V, поскольку это может привести к повреждению прибора.

6. 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.
7. Считывайте показания с дисплея.

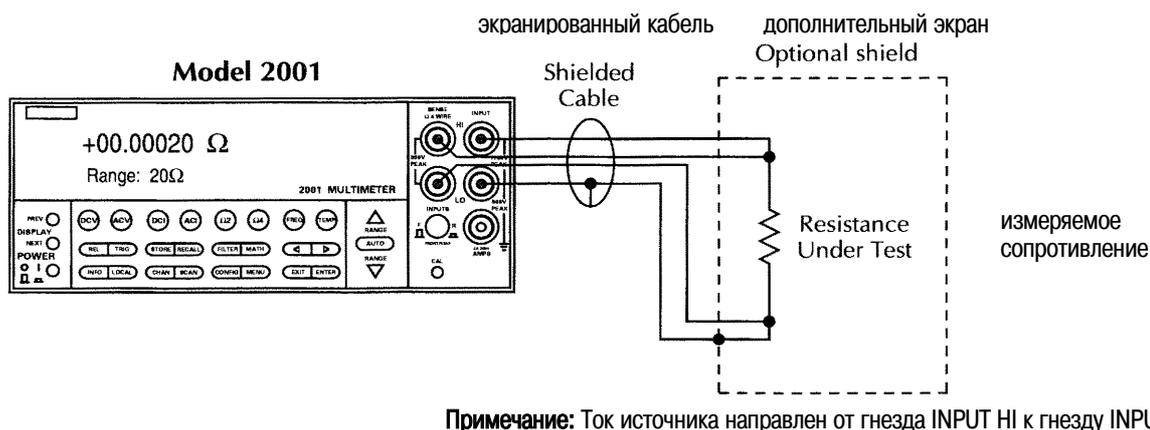


Рис. 19 Подключение мультиметра при измерении сопротивления в четырехпроводной схеме

Установка нуля

Термин "надлежащая установка нуля" означает, что для получения правильных результатов измерений необходимо сначала выполнить установку базовой линии, от которой будут отсчитываться дальнейшие показания прибора на данном пределе измерения. При измерении сопротивления на пределах 20 Ω и 200 Ω необходима коррекция нуля для компенсации паразитных термоэлектрических потенциалов. Процедуру установки нуля следует выполнять всякий раз при изменении температуры окружающей среды. Действуйте следующим образом:

1. Если в данный момент задействована функция относительных показаний (функция вычитания константы), нажмите клавишу REL, чтобы отключить ее. Гаснет вспомогательный индикатор "REL".
2. Выберите нужную измерительную функцию (Ω2 или Ω4) и предел измерения.
3. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO (а также к гнездам SENSE Ω4 WIRE, если выбрана функция Ω4) мультиметра и замкните их между собой. Подождите некоторое время для завершения переходного процесса.
4. Нажмите клавишу REL. Индикация обнуляется.
5. Разъедините измерительные концы и присоедините их к измеряемому сопротивлению.

Экранирование

При измерении сопротивлений свыше 100 кΩ для получения стабильных показаний целесообразно использовать экранирование. Поместите измеряемое сопротивление в закрытый экранирующий кожух и соедините его (экран) с гнездом INPUT LO мультиметра.

Конфигурирование измерений сопротивления

Ниже описаны процедуры изменения заводских установок параметров "по умолчанию" ("Bench") при конфигурировании измерений сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме. Сводные данные о меню конфигурации представлены в таблицах 23 и 24. Для обращения к этим меню следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу DCV или ACV. Имейте в виду, что для конфигурирования функции ее не нужно выбирать. Когда выбирается какая-либо функция, она принимает запрограммированное состояние.

Таблица 23 Структура меню CONFIGURE OHMS-2W

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстродействия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 мсес при частоте сети 60 Hz или 20 мсес при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в ед. PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ . Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) или повторное (repeating).
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.
OFFSETCOMP	Включение и выключение компенсации смещения (пределы 20 Ω ? 20 kΩ).
MAXAUTORANGE 1GΩ, 200MΩ, 20MΩ, 2MΩ, 200kΩ, 20 kΩ	Установка верхнего предела для автоматич. выбора предела измерений. Установка определенного предела измерения.

Таблица 24 Структура меню CONFIGURE OHMS-4W

Пункт меню	Описание
SPEED NORMAL FAST MEDIUM HIACCURACY SET-SPEED-EXACTLY SET-DY-RSLN	Меню быстродействия измерений (время интегрирования): 1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 мсес при частоте сети 60 Hz или 20 мсес при частоте сети 50 Hz и 400 Hz. 0,01 PLC 0,1 PLC 10 PLC Установка времени интегрирования в ед. PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ . Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER AUTO AVERAGING ADVANCED AVERAGING-MODE	Меню цифрового фильтра: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100). Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения). Режим усреднения – текущее (moving) или повторное (repeating).
RESOLUTION AUTO 3.5d, 4.5d, 5.5d, 6.5d, 7.5d, (8.5d) ⁽⁰²⁾	Меню разрешающей способности индикации: Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования. Выбор количества разрядов индикации.
OFFSETCOMP	Включение и выключение компенсации смещения (пределы 20 Ω ? 20 kΩ).
MAXAUTORANGE 200kΩ, 20 kΩ, 2 kΩ 2MΩ, 200kΩ, 20kΩ, 2kΩ, 200Ω, 20Ω	Установка верхнего предела для автоматич. выбора предела измерений. Установка определенного предела измерения (мультиметр типа 2001). Установка определенного предела измерения (мультиметр типа 2002).

SPEED

Параметр SPEED задает время интегрирования аналого-цифрового преобразователя, т.е. длительность измерения входного сигнала (это еще называется апертурным временем). Смысл этого параметра при измерении напряжения рассмотрен в разделе 3.4.1. Здесь же отмечаются лишь его особенности при измерении сопротивления.

Параметр SET-BY-RSLN оптимизирует время интегрирования для данной установки количества разрядов индикации. Установки времени интегрирования "по умолчанию" для функций Ω2 и Ω4 приведены в таблице 25.

Таблица 25 Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функций Ω2 и Ω4

Количество разрядов индикации	Время интегрирования	
	Мультиметр типа 2001	Мультиметр типа 2002
3.5d, 4,5d	0,01 PLC	0,01 PLC
5.5d	0,02 PLC	0,02 PLC
6.5d	0,20 PLC	0,10 PLC
7.5d	2,00 PLC	1,00 PLC
8.5d	—	10,00 PLC

Примечание: Если установить время интегрирования на SET-BY-RSLN и выбрать разрешающую способность индикации AUTO, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и 6,5 разрядов индикации.

FILTER

Параметр FILTER позволяет установить характеристику цифрового фильтра, а также включить или отключить его (см. раздел 3.9). Здесь рассматривается лишь специфика применения цифрового фильтра при измерении сопротивления.

Параметр AUTO для цифрового фильтра оптимизирует его применение для текущей измерительной функции. Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций Ω2 и Ω4 перечислены в таблице 26.

Таблица 26 Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функций Ω2 и Ω4

Измерительная функция и тип измерений	Состояние	Тип фильтра	Кратность усреднения	Шумовой допуск	Режим усреднения
Измерение сопротивления в двухпроводной схеме	ON	Advanced (динамический)	10	1,0%	текущее (moving)
Измерение сопротивления в четырехпроводной схеме	ON	Advanced	10	1,0%	текущее

RESOLUTION

Параметр RESOLUTION задает количество разрядов (т.е. разрешающую способность) индикации. Установки этого параметра при измерении постоянного и переменного напряжения рассмотрены в разделе 3.4.1. Здесь же речь идет только об особенностях, связанных с измерением сопротивления. Для всех функций и типов измерения сопротивления возможна индикация от 3,5 до 7,5 разрядов. Для отображения результатов измерения в показательной форме у мультиметра типа 2002 используются $7\frac{1}{2}$ разрядов индикации. При этом для достижения соответствующей разрешающей способности индикации могут быть опущены метки в крайней правой части дисплея (например, номер канала). Автоматические установки количества разрядов индикации для функций Ω2 и Ω4 перечислены в таблице 27.

Таблица 27 Автоматические установки количества разрядов индикации для функций Ω2 и Ω4

Время интегрирования		Количество разрядов индикации
Мультиметр типа 2001	Мультиметр типа 2002	
0,01 ? < 0,02 PLC	0,01 ? < 0,02 PLC	4.5d
0,02 ? < 0,20 PLC	0,02 ? < 0,10 PLC	5.5d
0,20 ? < 2,00 PLC	0,10 ? < 1,00 PLC	6.5d
2,00 ? 10,00 PLC	1,00 ? 10,00 PLC	7.5d
—	10,00 ? 50 PLC	8.5d

Примечание: Если выбрать разрешающую способность индикации AUTO и установить время интегрирования на SET-BY-RSLN, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и $6,5^{(01)}$ или $7,5^{(02)}$ разрядов индикации.

OFFSETCOMP

Компенсация смещения (offset compensation) используется, например, для компенсации паразитных термоэлектрических потенциалов, возникающих в измерительной цепи. Это позволяет также устранить погрешность от наличия низковольтного внешнего источника напряжения, включенного последовательно с измеряемым резистором. Здесь возможна компенсация смещения до $\pm 0,2$ V на пределах измерения 20Ω и 200Ω , и от $-0,2$ V до $+2$ V на пределах измерения $2 \text{ k}\Omega$ и $20 \text{ k}\Omega$. Компенсацию смещения можно задействовать при измерении сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме.

В процессе измерения сопротивления с компенсацией смещения мультиметр выполняет следующие операции для каждого цикла аналого-цифрового преобразования:

1. Измерение сопротивления объекта обычным способом. В объект измерений подается ток и измеряется возникающее на нем напряжение.
2. Измерение напряжения на объекте при выключенном внутреннем источнике тока. Это и есть напряжение, вызванное внешними факторами.
3. Вычисление и индикация скорректированного результата измерения сопротивления.

Компенсация смещения реализуется не только в отношении паразитного напряжения в измерительной цепи, но и в отношении термоэлектрических потенциалов, возникающих внутри самого мультиметра. В обычном режиме измерения сопротивления эти термоэлектрические потенциалы учитываются при калибровке.

Вы можете задействовать или отключить компенсацию смещения следующим образом:

1. Выберите пункт OFFSETCOMP из меню CONFIGURE OHMS-2W или CONFIGURE OHMS-4W, затем нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET OFFSET COMP
ON OFF
```

2. Выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

Показания результатов измерения с компенсацией смещения сопровождаются вспомогательной индикацией "OСmp" с правой стороны дисплея. Имейте в виду, что установка компенсации смещения производится индивидуально для функций $\Omega 2$ и $\Omega 4$. Поэтому включение компенсации смещения при измерении сопротивления в двухпроводной схеме никак не отражается на функции измерения сопротивления в четырехпроводной схеме.

MAXAUTORANGE

Благодаря установке верхнего предела для автоматического выбора предела измерения устраняется возможность переключения на пределы измерения, которые Вы не хотите использовать. Это позволяет повысить быстродействие измерений при использовании автоматического выбора предела.

У мультиметра типа 2001 Вы можете запрограммировать параметр MAXAUTORANGE, как описано ниже:

1. Выберите пункт MAXAUTORANGE из меню CONFIGURE OHMS-2W или CONFIGURE OHMS-4W, затем нажмите клавишу ENTER. Появляется одно из следующих меню:

```
SET  $\Omega 2$  MAX AUTORANGE
1 G $\Omega$  200 M $\Omega$  20 M $\Omega$  200 k $\Omega$  20 k $\Omega$ 
```

или

```
SET  $\Omega 4$  MAX AUTORANGE
200 k $\Omega$  20 k $\Omega$  2 k $\Omega$ 
```

Примечание:

У мультиметра типа 2002 имеются следующие варианты выбора: $2 \text{ M}\Omega$, $200 \text{ k}\Omega$, $20 \text{ k}\Omega$, $2 \text{ k}\Omega$, 200Ω , 20Ω .

2. Выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

Комплексная индикация

Для функций измерения сопротивления возможны три варианта комплексной индикации:

- Source current (ток источника)
- Voltage Drop (напряжение на измеряемом сопротивлении)
- Lead resistance (сопротивление проводов) – только в четырехпроводной схеме.

Source current: Это значение измерительного тока, подаваемого мультиметром в измеряемое сопротивление на данном пределе измерения. Это значение базируется на калибровочных константах и индицируется следующим образом:

$$\text{Source Current} = 0.0000 \text{ mA}$$

Voltage Drop: Здесь индицируется падение напряжения на измеряемом сопротивлении:

$$\text{Voltage Drop} = 0.0000 \text{ mV}$$

Это падение напряжения вычисляется путем умножения генерируемого источником тока на сопротивление и не включает в себя вклад напряжения от возможного протекания других токов через измеряемое сопротивление.

Lead Resistance: Здесь индицируется сопротивление проводов, которое компенсируется в четырехпроводной схеме. Эту информацию Вы можете использовать для решения вопроса о необходимости применения четырехпроводной схемы. Эта индикация выглядит следующим образом:

$$\text{Lead Resistance} = 0.0000 \ \Omega$$

Если сопротивление проводов превышает 1 к Ω , то индикация выглядит следующим образом:

$$\text{Lead Resistance} > 1000 \ \Omega \quad (\text{мультиметр типа 2001})$$

или 2-WIRE OHMS measurement overflow (мультиметр типа 2002)

3.4.4 Измерение частоты

Мультиметр типа 2002:

Основные процедуры измерения частоты описаны в отдельном Ознакомительном руководстве (Getting Started Manual).

Мультиметры типа 2001 и 2002 могут измерять частоту в диапазоне 1 Hz ? 15 MHz при подаче сигнала на гнезда INPUT HI и INPUT LO и в диапазоне 1 Hz ? 1 MHz при подаче сигнала на гнезда AMPS и INPUT LO.

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench" – см. раздел 3.12.1) основная измерительная процедура заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO мультиметра типа 2001. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение.

Примечание:

В установке "по умолчанию" ("Bench") для измерения частоты задействованы гнезда INPUT HI и LO.

2. Чтобы выбрать функцию измерения частоты, нажмите клавишу FREQ.
3. Присоедините измерительные провода к источнику сигнала, как показано на рис. 20А.

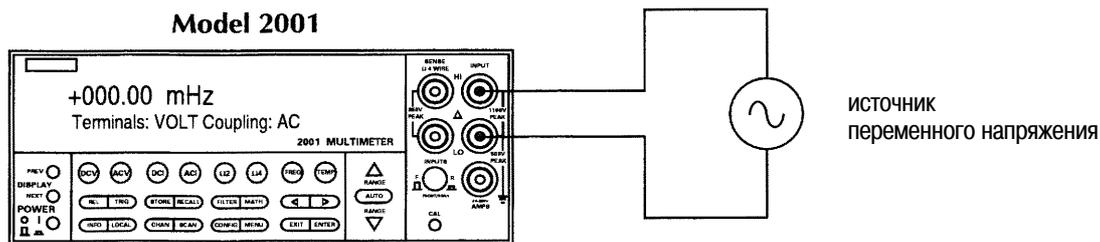
ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход мультиметра (между гнездами INPUT HI и LO) напряжение с пиковым значением свыше 1100 V, поскольку это может привести к повреждению прибора.

4. Считывайте показания с дисплея.

Аналогичная процедура используется при измерении частоты с подачей входного сигнала на гнезда AMPS и INPUT LO (схема подключения показана на рис. 20Б). При этом функция измерения частоты должна быть сконфигурирована на использование токового входа мультиметра.

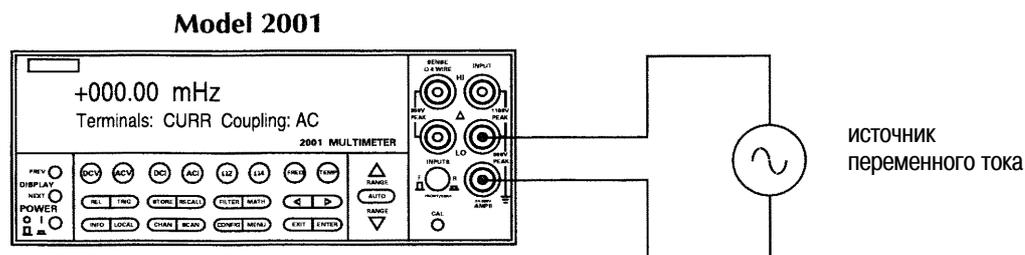
ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Не подавайте на вход AMPS ток свыше 2,1 A, 250 V, поскольку это может привести к перегоранию токового предохранителя. Процедура замены токового предохранителя описана в разделе 3.4.2.

А. Входной сигнал переменного напряжения



Предостережение: Максимально допустимое входное напряжение = 1100 V (пиковое значение), 2×10^7 V · Hz

Б. Входной сигнал переменного тока



Предостережение: Максимально допустимое пиковое значение входного тока = 1 A

Рис. 20 Подключение мультиметра при измерении частоты

Уровень запуска счетчика

Измерение частоты производится при определенном (регулируемом) уровне запуска счетчика циклов входного сигнала. Прибор производит счет только сигналов, амплитуда которых превышает уровень запуска счетчика. Например, если уровень запуска счетчика установлен на 5 V, то сигналы с амплитудой менее 5 V не регистрируются.

При использовании связи на входе типа AC+DC имейте в виду, что уровень запуска учитывает постоянную составляющую сигнала. Например, если входной сигнал с размахом 1 V наложен на постоянную составляющую 5 V, то подходящим уровнем запуска будет 5,5 V.

Когда на дисплее индицируется измерение частоты, то для изменения уровня запуска счетчика можно воспользоваться клавишами RANGE ▲ и ▼. При каждом нажатии клавиш RANGE ▲ или ▼ уровень запуска изменяется на 0,5% от выбранного в данный момент максимального уровня сигнала до 60% от предела. При нажатии клавиши AUTO RANGE уровень запуска устанавливается на 0 V или 0 mA. После нажатия одной из клавиш ▲, ▼ кратковременно индицируется текущее значение уровня запуска. В режиме комплексной индикации также отображается значение уровня запуска. Возможности установки уровня запуска показаны в таблице 28.

Таблица 28 Возможности установки уровня запуска счетчика при измерении частоты

Максимальный уровень сигнала	Уровень запуска счетчика	
	Диапазон	Приращение
1 V	-0,600 ? +0,600 V	0,005 V
10 V	-6,00 ? +6,00 V	0,05 V
100 V	-60,0 ? +60,0 V	0,5 V
1000 V	-600 ? +600 V	5 V
1 mA	-0,600 mA ? +0,600 mA	0,005 mA
10 mA	-6,00 mA ? +6,00 mA	0,05 mA
100 mA	-60,0 mA ? +60,0 mA	0,5 mA
1 A	-600 mA ? +600 mA	5 mA

Примечание: Уровень запуска для TTL "по умолчанию" составляет +0,80 V.

Конфигурирование измерений частоты

Ниже описаны процедуры изменения заводских установок параметров "по умолчанию" ("Bench") при конфигурировании измерений частоты. Сводные данные о меню конфигурации измерений частоты представлены в таблице 29. Для обращения к этому меню следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу FREQ. Имейте в виду, что для конфигурирования функции ее не нужно выбирать. Когда выбирается какая-либо функция, она принимает запрограммированное состояние.

Таблица 29 Структура меню CONFIGURE FREQUENCY

Пункт меню	Описание
MAX-SIGNAL-LEVEL 1 V, 10 V, 100 V, 1000 V, TTL 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A	Меню максимального уровня сигнала: Максимальный уровень сигнала по напряжению. Максимальный уровень сигнала по току.
RESOLUTION 4-DIGITS, 5-DIGITS	Меню количества разрядов индикации: Выбор количества разрядов индикации.
INPUT-TERMINALS VOLTAGE CURRENT	Входные гнезда для измерения частоты: Входные гнезда INPUT HI и INPUT LO. Входные гнезда AMPS и INPUT LO.
COUPLING AC AC+DC	Меню характера связи на входе: Связь по переменному току. Связь по постоянному току.

Примечание: Меню максимального уровня сигнала связано с меню входных гнезд для измерения частоты, т.е. при выборе пункта VOLTAGE отображаются уровни напряжения.

MAX-SIGNAL-LEVEL

Меню максимального уровня сигнала используется для задания максимального ожидаемого пикового уровня сигнала напряжения или тока при измерении частоты.

Для установки максимального уровня сигнала действуйте следующим образом:

- Из меню CONFIGURE FREQUENCY выберите пункт MAX-SIGNAL-LEVEL и нажмите клавишу ENTER. В зависимости от текущего выбора входных гнезд (VOLTAGE или CURRENT) появляется одно из следующих меню:

```

MAXIMUM SIGNAL LEVEL      или      MAXIMUM SIGNAL LEVEL
1 V 10 V 100 V 1000 V TTL      1 mA 10 mA 100 mA 1 A

```

- Выделите нужную установку максимального уровня сигнала и нажмите клавишу ENTER. При выборе варианта TTL максимальный уровень сигнала устанавливается на 10 V, а уровень запуска счетчика на +0,80 V.

Установка максимального уровня сигнала критична в отношении погрешности измерения частоты. Если установить слишком высокий уровень, то счетчик не будет запускаться, и на индикаторе будет нулевое показание. Чтобы определить надлежащий уровень, следует задействовать функцию ACV или ACI для измерения среднеквадратического значения входного сигнала. Например, если среднеквадратическое значение составляет 2 V, то приемлема установка максимального уровня 10 V. Имейте в виду, что измерение с.к.з. должно производиться с той же установкой характера связи на входе, что и измерение частоты.

RESOLUTION

Здесь возможен выбор четырех или пяти разрядов индикации. При измерении частоты отсутствует возможность автоматического выбора количества разрядов индикации.

Для установки количества разрядов индикации при измерении частоты действуйте следующим образом:

- Из меню CONFIGURE FREQUENCY выберите пункт RESOLUTION и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```

SET FREQ RESOLUTION
4-DIGITS 5-DIGITS

```

- Выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

INPUT-TERMINALS

При измерении частоты можно использовать как входные гнезда для измерения напряжения, так и входные гнезда для измерения тока, в зависимости от характера входного сигнала. Верхний предел измерения частоты в первом случае составляет 15 MHz, во втором – 1 MHz. Произведение напряжения на частоту не должно превышать 2×10^7 V · Hz.

Чтобы выбрать входные гнезда для измерения частоты у мультиметра типа 2001, действуйте следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE FREQUENCY выберите пункт INPUT-TERMINALS и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:
 FREQ INPUT SOURCE
 VOLTAGE CURRENT
2. Выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

COUPLING

Здесь задается характер связи на входе при измерении частоты.

AC: При выборе связи AC последовательно с входной цепью мультиметра включается разделительный конденсатор, препятствующий прохождению постоянной составляющей сигнала.

AC+DC: При выборе связи AC+DC разделительный конденсатор на входе отсутствует, поэтому дальнейшие измерения частоты производятся с учетом постоянной составляющей сигнала.

У мультиметра типа 2001 можно установить характер связи на входе следующим образом:

1. Из меню CONFIGURE FREQUENCY выберите пункт COUPLING и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:
 SET FREQ COUPLING
 AC AC+DC
2. Выберите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

Комплексная индикация

При измерении частоты имеется всего два варианта комплексной индикации:

- Period calculation (расчетное значение периода)
- Trigger level (уровень запуска счетчика)

Индицируемое значение периода вычисляется из результата измерения частоты (если частота не равна 0 Hz). Индикация периода отсутствует, если задействована математическая функция (MATH).

Индикация уровня запуска счетчика совпадает с той, которая появляется на короткое время при изменении уровня запуска, однако эта индикация является постоянной.

3.4.5 Измерение температуры

Мультиметры типа 2001 и 2002 при измерении температуры могут работать с двумя типами датчиков – с термопарами и с термометрами сопротивления (RTD). Диапазон измерения температуры с термометрами сопротивления составляет от -200°C до $+630^{\circ}\text{C}$. Термометры сопротивления можно подключать к входным гнездам мультиметра или к дополнительной сканерной плате типа 2001-SCAN.

При использовании термопар диапазон измерения температуры зависит от типа термопары (см. технические характеристики в Приложении А). Термопары можно подключать к вставной плате типа 2001-SCAN или к внешней термопарной плате типа 7057А или 7402 в коммутационной системе типа 7001 или 7002.

Процедура измерения температуры

Мультиметр типа 2001:

В предположении установки набора параметров "по умолчанию" ("Bench" – см. раздел 3.12.1) основная процедура измерения температуры с четырехпроводным термометром сопротивления типа PT385 (датчик "по умолчанию") заключается в следующем:

1. Присоедините измерительные провода к гнездам INPUT HI и LO мультиметра типа 2001, как показано на рис. 21. Можно пользоваться гнездами на передней либо задней панели. С гнездами на передней панели можно использовать дополнительный адаптер RTD типа 8680. Установите переключатель INPUTS в соответствующее положение. Термометры сопротивления можно также подключать к дополнительной сканерной плате типа 2001-SCAN (см. инструкцию по эксплуатации платы типа 2001-SCAN).
2. Чтобы выбрать функцию измерения температуры, нажмите клавишу TEMP.
ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Во избежание повреждения прибора пиковое напряжение между гнездами INPUT HI и LO не должно превышать 1100 V, а между гнездами SENSE Ω 4 WIRE HI и LO – 350 V.
3. Посмотрите на дисплей. Если там индицируется сообщение "Overflow", это может означать, что неправильно подключен датчик.
4. Считывайте показания с дисплея.

Аналогичная процедура используется при измерении температуры с термометрами сопротивления в трех- и двухпроводной схеме (схемы подключения показаны на рис. 22 и 23). При этом следует соответствующим образом сконфигурировать функцию измерения температуры. Для трехпроводной схемы следует использовать вариант выбора 4-WIRE-RTD.

Для измерения температуры с термопарами следует присоединить термопары к внешней сканерной плате, например, типа Keithley 7057А или 7402. Эти платы должны быть установлены в сканер типа 705 или 706 либо в коммутационную систему типа 7001, как показано на рис. 24. Эти термопарные платы используют канал 1 в качестве реперного стыка; они должны быть сконфигурированы на мультиметре по опорному напряжению и смещению.

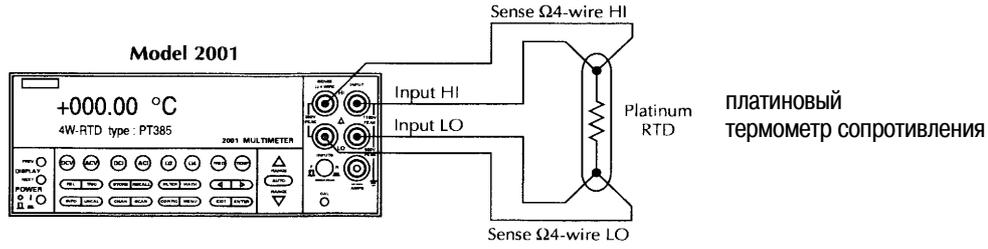
Мультиметр типа 2002:

Основная процедура измерения температуры с четырехпроводным термометром сопротивления описана в Ознакомительном руководстве (Getting Started Manual). Аналогичная процедура используется при измерении температуры с термометрами сопротивления в трех- и двухпроводной схеме (схемы подключения показаны на рис. 22 и 23). При этом следует соответствующим образом сконфигурировать функцию измерения температуры. Для трехпроводной схемы следует использовать вариант выбора 4-WIRE-RTD.

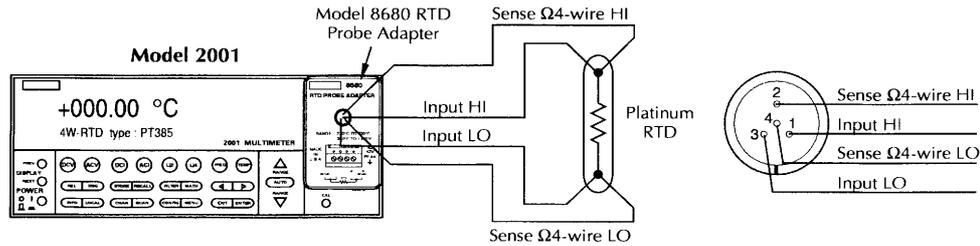
При использовании сканерной платы типа 2001-TCSCAN для измерения температуры с термопарами обращайтесь к инструкции по эксплуатации этой платы, где содержится информация по присоединению и измерительной процедуре. При использовании плат типа 7057А или 7402 присоедините выход термопарной платы к гнездам INPUT HI и LO мультиметра и действуйте согласно инструкции.

Платы типа 7057А и 7402 используют канал 1 в качестве реперного стыка; они должны быть сконфигурированы на мультиметре по опорному напряжению и смещению.

А. Подключение термометра сопротивления к однополюсным гнездам



Б. Подключение термометра сопротивления к круглому разъему



Предостережение: Во избежание поражения электротоком и возможного повреждения прибора не применяйте адаптер RTD типа 8680 для измерения напряжения свыше 30 V с.к.з. (42,4 V пик.).

В. Подключение термометра сопротивления к клеммному блоку

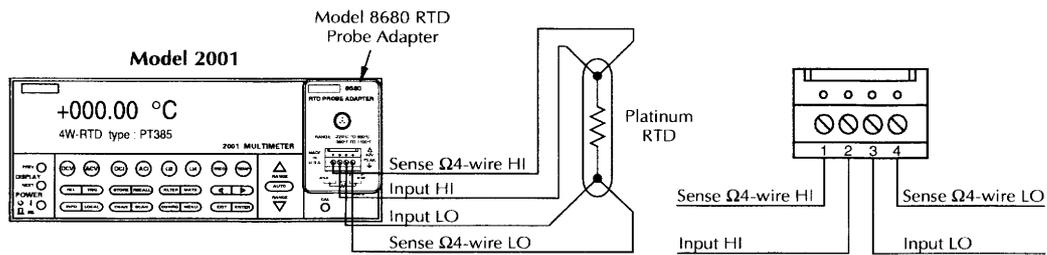
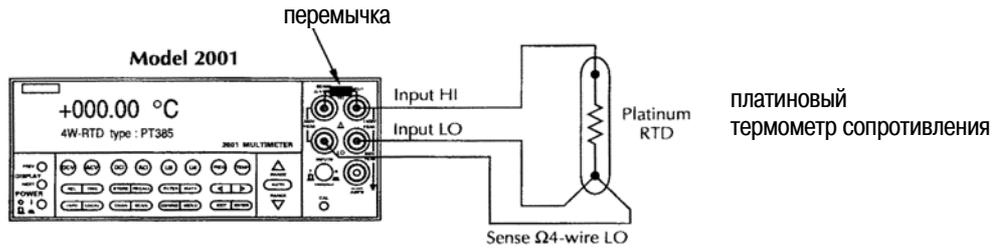
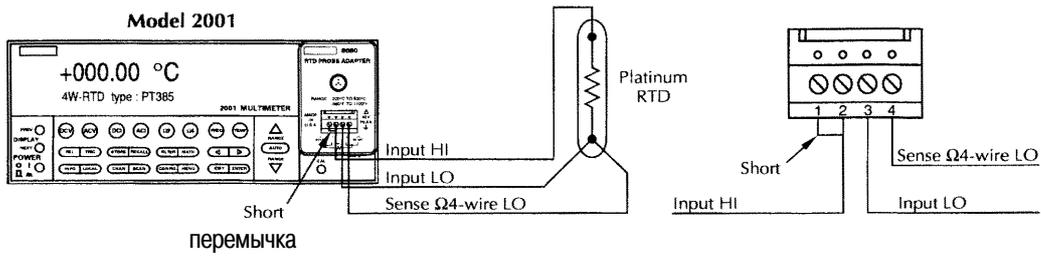


Рис. 21 Четырехпроводная схема подключения термометра сопротивления

А. Подключение термометра сопротивления к однополюсным гнездам



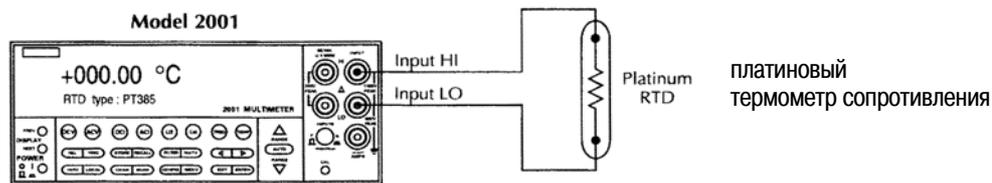
Б. Подключение термометра сопротивления к клеммному блоку



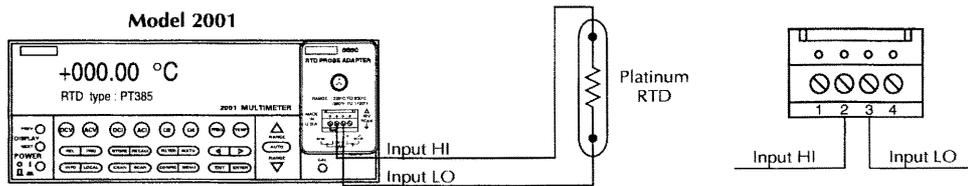
Предостережение: Во избежание поражения электротоком и возможного повреждения прибора не применяйте адаптер RTD типа 8680 для измерения напряжения свыше 30 В с.к.з. (42,4 В пик.).

Рис. 22 Трехпроводная схема подключения термометра сопротивления

А. Подключение термометра сопротивления к однополюсным гнездам



Б. Подключение термометра сопротивления к клеммному блоку



Предостережение: Во избежание поражения электротоком и возможного повреждения прибора не применяйте адаптер RTD типа 8680 для измерения напряжения свыше 30 В с.к.з. (42,4 В пик.).

Рис. 23 Двухпроводная схема подключения термометра сопротивления

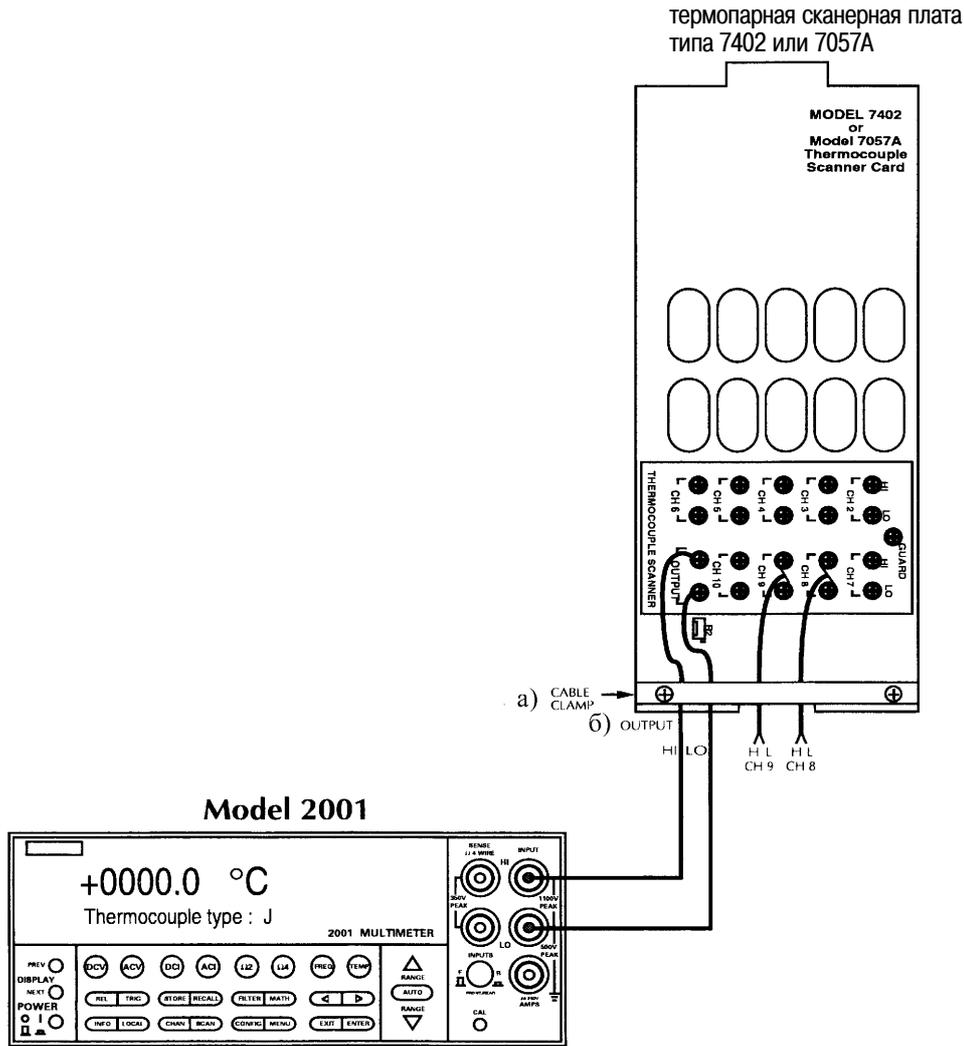


Рис. 24 Подключение термопарной сканерной платы к мультиметру
а) – кабельный зажим; б) – выход

Примечание: Термопарная сканерная плата должна быть установлена в сканер Keithley типа 705 или 706 либо в коммутационную систему типа 7001.

Конфигурирование измерений температуры

Ниже описаны процедуры изменения заводских установок параметров "по умолчанию" ("Bench") при конфигурировании измерений температуры. Сводные данные о меню конфигурации измерений температуры представлены в таблице 30. Для обращения к этому меню следует нажать клавишу CONFIG, затем клавишу TEMP. Имейте в виду, что для конфигурирования функции ее не нужно выбирать. Когда выбирается какая-либо функция, она принимает запрограммированное состояние.

Таблица 30 Структура меню CONFIGURE TEMPERATURE

Пункт меню	Описание
SENSOR	Меню выбора типа датчиков температуры:
4-WIRE-RTD	Меню выбора типа четырехпроводных термометров сопротивления:
PT100	Термометр сопротивления типа PT100.
D100	Термометр сопротивления типа D100.
F100	Термометр сопротивления типа F100.
PT385	Термометр сопротивления типа PT385.
PT3916	Термометр сопротивления типа PT3916.
USER-RTD	Установка нужных значений R-zero, alpha, beta и delta.
SPRTD	Термометр сопротивления типа SPRTD.
RTD	Меню выбора типа двухпроводных термометров сопротивления:
PT100	Термометр сопротивления типа PT100.
D100	Термометр сопротивления типа D100.
F100	Термометр сопротивления типа F100.
PT385	Термометр сопротивления типа PT385.
PT3916	Термометр сопротивления типа PT3916.
USER-RTD	Установка нужных значений R-zero, alpha, beta и delta.
SPRTD	Термометр сопротивления типа SPRTD.
THERMOCOUPLE	Меню установки параметров термопары:
THERMOCOUPLE-TYPE	Выбор типа термопары (J, K, T, E, R, S, B, N).
REF-JUNCTIONS	Меню конфигурирования реперного стыка (JCN1 ? JCN5):
CONFIGURE	Конфигурирование имитированного или реального стыка.
ACQUIRE-REF-TEMP	Регистрация реперной температуры.
INTERNAL-TEMP	Выбор внутреннего датчика температуры (только у мультиметра типа 2002).
UNITS	Меню выбора единицы измерения температуры:
DEG-C, DEG-F, K	Выбор нужной единицы измерения температуры.
SPEED	Меню быстродействия измерений (время интегрирования):
NORMAL	1 PLC (период сетевого напряжения); 16,67 msec при частоте сети 60 Hz или 20 msec при частоте сети 50 Hz и 400 Hz.
FAST	0,01 PLC
MEDIUM	0,1 PLC
HIACCURACY	10 PLC
SET-SPEED-EXACTLY	Установка времени интегрирования в единицах PLC (0,01 ? 10) ⁽⁰¹⁾ или (0,01 ? 50) ⁽⁰²⁾ .
SET-BY-RSLN	Установка "по умолчанию" в соответствии с разрешающей способностью.
FILTER	Меню цифрового фильтра:
AUTO	Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования.
AVERAGING	Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100).
AVERAGING-MODE	Режим усреднения – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение.
RESLN	Меню разрешающей способности индикации:
AUTO	Установка "по умолчанию" в соответствии с временем интегрирования.
1°, 0,1°, 0,01°, 0,001°	Выбор разрешающей способности индикации.

Примечание:

Если в мультиметре типа 2002 установлен и задействован нановольтовый предусилитель типа 1801, то пункт меню SENSOR используется для конфигурирования дифференциальной термопары.

SENSOR

Этот параметр используется для выбора датчика температуры. При использовании четырех- или трехпроводного термометра сопротивления следует выбрать пункт 4-WIRE-RTD. При использовании двухпроводного термометра сопротивления следует выбрать пункт RTD. При использовании внешней термодаточной сканерной платы (типа 7057A или 7402) следует выбрать пункт THERMOCOUPLE.

Вы можете выбрать датчик температуры следующим образом:

1. Из меню CONFIG TEMPERATURE выделите пункт SENSOR и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
TEMP SENSOR TYPE
4-WIRE-RTD RTD THERMOCOUPLE
```

2. С помощью клавиш управления курсором выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER. Для параметров 4-WIRE-RTD и RTD появляется следующее меню:

```
SET RTD TYPE
PT385 PT3916 USER-RTD SPRTD
```

Для параметра THERMOCOUPLE появляется следующее меню:

```
THERMOCOUPLE SETUP
THERMOCOUPLE-TYPE REF-JUNCTIONS
```

Тип RTD: Это меню содержит шесть вариантов выбора для стандартов RTD. Пять из них сконфигурированы для обычных термометров сопротивления, а шестой позволяет Вам ввести собственные коэффициенты:

- PT100, D100, F100, PT385 и PT3916 – для этих стандартных термометров сопротивления действуют установки параметров "по умолчанию", приведенные ниже в таблице.
- USER-RTD – здесь параметры термометра сопротивления задаются пользователем.

Тип	Стандарт	Alpha	Beta	Delta	Сопротивление RZero при 0°C
PT100	ITS-90	0,003850	0,10863	1,49990	100,00000 Ω
D100	ITS-90	0,003920	0,10630	1,49710	100,00000 Ω
F100	ITS-90	0,003900	0,11000	1,49589	100,00000 Ω
PT385	IPTS-68	0,003850	0,11100	1,50700	100,00000 Ω
PT3916	IPTS-68	0,003916	0,11600	1,50594	100,00000 Ω

Если Вы хотите изменить один или несколько из этих коэффициентов, выберите вариант USER-RTD и введите нужные значения. Ниже приведены температурные уравнения, в которых используются эти коэффициенты.

$$\text{При } T < 0^\circ\text{C:} \quad R_T = R_0 [1 + AT + BT^2 + CT^3 (T - 100)]$$

$$\text{При } 0^\circ\text{C} < T < 630^\circ\text{C:} \quad R_T = R_0 (1 + AT + BT^2)$$

$$\text{Здесь: } A = \alpha (1 + \delta/100)$$

$$B = -\alpha\delta \cdot 10^{-4}$$

$$C = -\alpha\beta \cdot 10^{-8}$$

При температуре выше 0°C решение уравнения находится быстро:

$$T = 1/2B \cdot \{-A + [A^2 - 4B(1 - R_T/R_0)]^{1/2}\}$$

При температуре ниже 0°C уравнение решается методом итерации, что занимает больше времени.

SPRTD: Выбор типа SPRTD приводит Вас к меню SPRTD COEFFICIENTS, которое позволяет Вам запрограммировать следующие параметры:

R-ZERO – сопротивление термометра сопротивления при 0°C

A4 – установка коэффициента A4

B4 – установка коэффициента B4

A7 – установка коэффициента A7

B7 – установка коэффициента B7

C7 – установка коэффициента C7

Стандарт ITS-90 предоставляет два эталонных уравнения для стандартных платиновых термометров сопротивления (SPRTD = Standard Platinum Resistance Thermometer Device), перекрывающих температурный диапазон от 18,8033 К до 1234,93 К. Однако невозможно использовать один термометр сопротивления для перекрытия всего этого диапазона. Поэтому весь температурный диапазон делится на несколько поддиапазонов, которые зависят от калибровочных точек температурной шкалы и базируются на точках плавления или тройных точках различных чистых веществ. Полный перечень необходимых элементов и подробности калибровки термометров сопротивления содержатся в Техническом бюллетене NIST № 1265 "Указания по реализации Международной температурной шкалы 1990 г.". В каждом поддиапазоне указаны калибровочные константы, необходимые для этого диапазона.

Стандартные платиновые термометры сопротивления поставляются с сертификатами калибровки, в которых указаны калибровочные константы и рабочий температурный диапазон. Для их применения с мультиметрами типа 2001 и 2002 необходимо преобразование этих паспортных коэффициентов в приборные значения во всех случаях, за исключением поддиапазонов № 4 и № 7. В большинстве случаев это преобразование производится путем ввода, к примеру, указанного в сертификате значения A в позицию приборного значения A4 (температура ниже 0°C) или A7 (температура выше 0°C). Такая же процедура используется для преобразования константы B и, если нужно, константы C.

Данные по преобразованию коэффициентов стандартных платиновых термометров сопротивления в приборные коэффициенты мультиметров типа 2001 и 2002 приведены в таблице 31. Эти мультиметры поддерживают измерение температуры с SPRTD в диапазоне от 83,805 К до 933,473 К. Для любого из перечисленных в таблице поддиапазонов обеспечивается измерение температуры только в пределах от 83,805 К до 933,47 К.

Таблица 31 Преобразование коэффициентов SPRTD в приборные значения мультиметров типа 2001 и 2002

Поддиапазоны	Замена коэффициентов RTD на приборные значения
Поддиапазон № 1: 13,8033 К ? 273,16 К	Не применяется
Поддиапазон № 2: 24,5561 К ? 273,16 К	A2 на A4, B2 на B4
Поддиапазон № 3: 54,3584 К ? 273,16 К	A3 на A4, B3 на B4
Поддиапазон № 4: 83,8058 К ? 273,16 К	Замена не требуется
Поддиапазон № 5: 234,3156 К ? 302,9146 К	A5 на A4, A5 на A7, B5 на B4 B5 на B7, установить C7 = 0. Значение A5 вводится для A4 и A7; значение B5 вводится для B4 и B7.
Поддиапазон № 6: 273,15 К ? 1234,93 К	Не применяется
Поддиапазон № 7: 273,15 К ? 933,473 К	Замена не требуется
Поддиапазон № 8: 273,15 К ? 692,677 К	A8 на A7, B8 на B7, установить C7 = 0
Поддиапазон № 9: 273,15 К ? 505,078 К	A9 на A7, B9 на B7, установить C7 = 0
Поддиапазон № 10: 273,15 К ? 429,7485 К	A10 на A7, B10 на B7, установить C7 = 0
Поддиапазон № 11: 273,15 К ? 302,9146 К	A11 на A7, установить B7 = 0 и C7 = 0.

Пример:

Предположим, Вы применяете стандартный платиновый термометр сопротивления, калиброванный для указанного выше поддиапазона № 2, т.е. от 24,5561 К до 273,16 К. Мультиметр, однако, поддерживает измерения только от температуры 83,805 К, поэтому при более низкой температуре появляется сообщение о выходе за пределы диапазона (overflow), хотя сам датчик способен измерять более низкую температуру. В сертификате калибровки указаны калибровочные коэффициенты A2, B2, C1, C2 и C3.

Вы можете установить мультиметр на измерение температуры, как описано ниже.

1. Из меню CONFIG/TEMP/SENSOR/TYPE установить тип датчика температуры на FRTD (четырёхпроводная схема).
2. С помощью меню CONFIG/TEMP/SENSOR/TYPE/FRTD/SPRTD выбрать тип термометра сопротивления SPRTD.
3. Из меню SPRTD COEFFICIENTS установить значение сопротивления RTD при 0°C и следующие коэффициенты:
 - установить коэффициент A4 мультиметра на паспортное значение A2 из сертификата RTD,
 - установить коэффициент B4 мультиметра на паспортное значение B2 из сертификата RTD.
 Обратите внимание на то, что для этого датчика не используются коэффициенты A7, B7 и C7.
4. Переключиться на функцию измерения температуры и снимать показания.

THERMOCOUPLE-TYPE: Эта опция меню установки параметров термопары выводит меню выбора типа термопары:

```
THERMOCOUPLE TYPE
J K T E R S B N
```

Чтобы выбрать тип термопары, выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

REF-JUNCTIONS: Этот пункт меню установки параметров термопары позволяет выбрать один из пяти реперных стыков для дальнейшего конфигурирования. Обычно каждая термопарная плата использует один реперный стык. Меню отображается в следующем виде:

```
CONFIGURE REFJCN5
JCN1 JCN2 JCN3 JCN4 JCN5
```

После выбора реперного стыка Вы можете сконфигурировать его далее или зарегистрировать реперную температуру (для обновления занесенного в память значения реперной температуры) с помощью следующего меню:

```
REFERENCE JUNCTION#1
CONFIGURE ACQUIRE-REF-TEMP
```

Выбор пункта ACQUIRE-REF-TEMP обновляет занесенное в память значение реперной температуры, применяемое при измерении температуры с помощью термопар. В случае применения имитированного реперного стыка используется заданное значение температуры имитированного стыка. Если реперный стык является реальным, Вы должны вручную замкнуть этот канал из сканера, прежде чем зарегистрировать температуру.

Выбор пункта CONFIGURE выводит на дисплей меню конфигурации для определенного реперного стыка (#1 ? #5):

```
CONFIGURE REFJCN#1
SIMULATED-TEMP REAL-JUNCTION
```

Пункт SIMULATED-TEMP позволяет ввести значение температуры "по умолчанию". Типичными значениями температуры реперного стыка являются 0°C и 23°C. (Имейте в виду, что температура реперного стыка индицируется в единице измерения, выбранной в меню SET TEMP UNITS).

Пункт REAL-JUNCTION позволяет ввести значения температурного коэффициента (в mV/°C) для выбранного реперного стыка и напряжения смещения (в mV при 0°C). Чтобы правильно установить эти данные, обращайтесь к инструкции по эксплуатации термопарной сканерной платы (типа 7057A или 7402).

INTERNAL-TEMP: Этот пункт меню используется для выбора внутреннего датчика температуры. Когда выбран этот пункт, то при выборе функции TEMP индицируется разность внутренней температуры и температуры калибровки мультиметра типа 2002.

UNITS

Этот параметр задает единицу измерения температуры. Выбор единицы измерения производится следующим образом:

1. Из меню CONFIG TEMPERATURE выберите пункт UNITS и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET TEMP UNITS
DEG-C DEG-F K
```

2. Выберите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

SPEED

Параметр SPEED задает время интегрирования аналого-цифрового преобразователя, т.е. длительность измерения входного сигнала (это еще называется апертурным временем). Смысл этого параметра при измерении напряжения рассмотрен в разделе 3.4.1. Здесь же отмечаются лишь его особенности при измерении температуры.

Параметр SET-BY-RSLN оптимизирует время интегрирования для данной установки количества разрядов индикации. Установки времени интегрирования "по умолчанию" для функции измерения температуры приведены в таблице 32.

Таблица 32 Установки SET-BY-RSLN времени интегрирования для функции измерения температуры

Разрешение в градусах	Кол-во разрядов индикации	Время интегрирования
1°	3.5d	1,0 PLC
0,1°	4.5d	1,0 PLC
0,01°	5.5d	1,0 PLC
0,001°	6.5d	1,0 PLC

Примечание: Если установить время интегрирования на SET-BY-RSLN и выбрать разрешающую способность индикации AUTO, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC и разрешение, определяемое датчиком.

FILTER

Параметр FILTER позволяет установить характеристику цифрового фильтра, а также включить или отключить его (см. раздел 3.9). Здесь рассматривается лишь специфика применения цифрового фильтра при измерении температуры. Применение динамического (advanced) фильтра в данном случае невозможно.

Параметр AUTO для цифрового фильтра оптимизирует его применение для текущей измерительной функции. Автоматические установки характеристик цифрового фильтра для функции измерения температуры перечислены в следующей таблице.

Состояние	Тип фильтра	Кратность усреднения	Режим усреднения
ON	Усредняющий (averaging)	10	Текущее (moving) усреднение

RESLN

Параметр RESLN задает количество разрядов (т.е. разрешающую способность) индикации. Установки этого параметра при измерении постоянного и переменного напряжения рассмотрены в разделе 3.4.1. Здесь же речь идет только об особенностях, связанных с измерением температуры. Разрешающая способность при измерении температуры выражается не в количестве разрядов индикации, а в градусах (от 0,001° до 1°). Погрешность измерений температуры с термометрами сопротивления и с термопарами нормирована при различной разрешающей способности (см. Приложение А).

При выборе варианта AUTO разрешающая способность индикации определяется типом датчика температуры. Автоматические установки разрешающей способности индикации для функции измерения температуры перечислены в таблице 33.

Таблица 33 Автоматические установки разрешающей способности индикации для функции измерения температуры

Датчики	Разрешение индикации	
	Градусы	Количество разрядов
Двух-, трех- и четырехпроводные термометры сопротивления	0,01°	5.5d
Термопары типа J, K, T, E	0,1°	4.5d
Термопары типа R, S, B, N	1°	3.5d

Примечание: Если выбрать разрешающую способность индикации AUTO и установить время интегрирования на SET-BY-RSLN, то будет установлено время интегрирования 1,0 PLC.

Комплексная индикация

Доступные при измерении температуры варианты комплексной индикации зависят от применяемого датчика температуры, за исключением комплексной индикации температуры в трех различных единицах измерения:

+0000.0 °C
+0000.0 °F +0000.0 K

При использовании термометра сопротивления дополнительно индицируется его сопротивление:

RTD Resistance = +0.0000 Ω

При использовании термопар дополнительно индицируется развиваемое термопарой напряжение и температура реперного стыка, например:

Thermocouple Voltage = 0.0000mV
Reference junction = 00.0 °C

Имейте в виду, что температура реперного стыка индицируется в единице измерения, выбранной в меню SET TEMP UNITS. Мигающая индикация двух вопросительных знаков справа от индикации температуры реперного стыка указывает на выход результата измерения температуры реперного стыка за пределы диапазона. Измерения с термопарами обычно производятся с использованием существующего значения реперной температуры.

3.5 Предел измерения

Выбор предела измерения оказывает влияние на достижимую точность измерений, разрешающую способность индикации, а также на максимальное значение сигнала, которое может быть измерено. Установка предела измерения (фиксированная или автоматическая) для каждой измерительной функции сохраняется в памяти при переключении функции.

3.5.1 Разрешающая способность индикации

Разрешающая способность индикации мультиметра зависит от выбранного предела измерения и от установки разрешающей способности (количества разрядов индикации). Значения разрешающей способности "по умолчанию" и максимально возможной на каждом пределе измерения разрешающей способности для каждой измерительной функции приведены в Приложении А. Вы можете установить разрешающую способность индикации, как описано в разделе 3.4.

3.5.2 Максимальные показания

Максимальные показания на каждом пределе измерения для каждой измерительной функции указаны в Приложении А. При превышении входным сигналом этих значений индицируется сообщение о перегрузке "Overflow".

3.5.3 Ручное переключение пределов измерения

Чтобы выбрать предел измерения вручную, просто нажимайте клавиши RANGE ▲ или ▼. При каждом нажатии клавиш предел измерения переключается на одну ступень в ту или иную сторону. Выбранный предел измерения индицируется в нижней строке дисплея, например:

+000.0094 mVDC
Range: 200 mVDC

Когда Вы дойдете до максимального или минимального предела измерения, дальнейшее нажатие соответствующей клавиши приводит к кратковременной индикации информационного сообщения типа:

Range at maximum: 1000 VDC

Если на каком-то пределе измерения индицируется сообщение о перегрузке "Overflow", выбирайте более высокий предел измерения, пока не появится нормальная индикация. Для достижения наилучшей точности и разрешающей способности пользуйтесь минимально возможным пределом измерения. Имейте в виду, что при измерении частоты и температуры возможен лишь один предел измерения. При измерении частоты клавиши RANGE ▲ и ▼ увеличивают или уменьшают на 0,5% уровень запуска счетчика. При измерении температуры эти клавиши не действуют.

3.5.4 Автоматический выбор предела измерения

Чтобы задействовать автоматический выбор предела измерения, нажмите клавишу AUTO. Когда задействован автоматический выбор предела, светится вспомогательный индикатор "AUTO". При этом прибор автоматически выбирает предел измерения для оптимального измерения входного сигнала.

Примечание: Не следует пользоваться автоматическим выбором предела измерения, если для Вас важно быстрое действие измерений. Данные о быстродействии при автоматическом выборе предела приведены в Приложении А.

Имейте в виду, что автоматическое переключение предела вверх происходит при показании в 105%, а автоматическое переключение предела вниз – при показании в 10% от текущего предела измерения. Чтобы отменить автоматический выбор предела, нажмите клавишу AUTO или одну из клавиш RANGE ▲ ▼. При нажатии клавиши AUTO сохраняется текущий выбор предела измерения.

Нажатие клавиши RANGE ▼ в то время, когда автоматически был выбран минимальный предел измерения, приводит к кратковременной индикации сообщения, аналогичного показанному ниже. При этом прибор продолжает оставаться в режиме автоматического выбора предела.

Range at minimum: 200 mVDC

Аналогичным образом прибор реагирует на нажатие клавиши RANGE ▲ в то время, когда автоматически был выбран максимальный предел измерения.

Нажатие клавиши AUTO при измерении частоты сбрасывает уровень запуска счетчика на 0,0 V. При измерении температуры клавиша AUTO не действует.

3.6 Операция вычитания константы (REL)

Операция вычитания константы REL (relative) вычитает из действительных результатов измерений некоторое постоянное значение. Когда вводится в действие эта операция нажатием клавиши REL, прибор использует текущее показание в качестве вычитаемого значения. Следующие показания представляют собой разность между входным значением сигнала и вычитаемым значением (REL). Вычитаемое значение можно также ввести в прибор из меню CONFIG-REL.

Вычитаемое значение можно задать для каждой измерительной функции. Например, при измерении постоянного тока можно установить вычитаемое значение 10 μA , а при измерении сопротивления в двухпроводной схеме – вычитаемое значение 100 Ω . При переключении измерительной функции сохраняется установка состояния операции REL и вычитаемого значения.

Заданное вычитаемое значение для измерительной функции сохраняется на всех пределах измерения. Например, если установить вычитаемое значение 100 μA на пределе измерения 200 μA , то оно сохраняется тем же самым и на пределах измерения 2 mA, 20 mA, 200 mA и 2 A. Аналогичным образом, если установить вычитаемое значение 150 V на пределе измерения 200 V, то оно сохраняется тем же самым и на пределе измерения 1000 V, 20 V, 2 V и 200 mV.

Вычитаемое значение может достигать максимального предела измерения для данной измерительной функции. В таблице 34 приведен список допустимых пределов вычитаемого значения для всех измерительных функций.

Выбор предела измерения, который не может вместить в себя вычитаемое значение, не приводит к состоянию перегрузки, но и не увеличивает максимально допустимый для этого предела входной сигнал. Например, на пределе измерения 2 mA мультиметр по-прежнему будет испытывать перегрузку при входном сигнале свыше 2,1 mA.

Таблица 34 Допустимые пределы вычитаемых значений

Функция	Пределы вычитаемых значений	
Измерение постоянного напряжения	-1.1e3 ? +1.1e3	($\pm 1100\text{ V}$)
Измерение переменного напряжения	-7.75e2 ? +7.75e2	($\pm 775\text{ V}$)
Измерение постоянного тока	-1.2e1 ? +1.2e1	($\pm 12\text{ A}$)
Измерение переменного тока	-2.1e0 ? +2.1e0	($\pm 2,1\text{ A}$)
Измерение сопротивления в 2-проводной схеме	0 ? +1.05e9	(0 ? 1,05 G Ω)
Измерение сопротивления в 4-проводной схеме	0 ? +2.1e5	(0 ? 210 k Ω)
Измерение частоты	0 ? +1.5e7	(0 ? 15 MHz)
Измерение температуры	-3.28e2 ? +3.31e3	(-328 ? +3310 $^{\circ}$)

3.6.1 Конфигурирование операции вычитания константы

Из дисплея CONFIG-REL можно просматривать и изменять вычитаемое значение для текущей измерительной функции. Чтобы вывести на индикацию или изменить вычитаемое значение для другой измерительной функции, необходимо сначала выбрать ее нажатием соответствующей функциональной клавиши.

Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу REL, чтобы обратиться к следующей индикации:

RELVAL=+0.000000e+00

С помощью клавиш \blacktriangleleft , \blacktriangleright , \blacktriangle и \blacktriangledown Вы можете перемещаться по разрядам индикации и изменять численное значение. Если это значение окажется слишком большим для текущей измерительной функции, то при нажатии клавиши ENTER появится сообщение типа:

MAXIMUM ALLOWED VAL:
1.100000e+3

и операция вычитания константы не будет введена в действие. Если введенное Вами значение окажется в пределах, указанных в таблице 34, то прибор возвращается в режим нормальной индикации с уже действующим вычитаемым значением. При изменении единицы измерения температуры или переменного напряжения занесенное в память вычитаемое значение преобразуется соответствующим образом. Например, вычитаемое значение 100, занесенное в память с единицей измерения DEG-C, преобразуется в 212, если изменить единицу измерения температуры на DEG-F. Имейте в виду, что восстановление установок "по умолчанию" ("Bench" или GPIB) обнуляет все занесенные в память вычитаемые значения и отменяет операцию вычитания константы для всех измерительных функций.

3.6.2 Ввод в действие операции вычитания константы

В режиме нормальной индикации каждое нажатие клавиши REL поочередно включает и выключает операцию вычитания константы. Ее текущее состояние отображается вспомогательным индикатором "REL". При каждом включении этой операции нажатием клавиши REL текущее показание мультиметра воспринимается в качестве нового вычитаемого значения. Показание с перегрузкой (overflow) не воспринимается в качестве вычитаемого значения.

Чтобы произвести новый отсчет вычитаемого значения, следует сначала отключить операцию вычитания константы, затем включить ее снова. Отключение этой операции не сказывается на занесенном в память вычитаемом значении.

Текущее вычитаемое значение для каждой измерительной функции можно вывести на индикацию, как описано выше в разделе 3.6.1.

Когда задействована операция вычитания константы, результирующее показание мультиметра представляет собой алгебраическую разность между действительным значением входного сигнала и вычитаемым значением:

$$\text{относительное показание} = \text{действительное значение} - \text{вычитаемое значение}$$

Когда задействовано вычисление процентного значения или $mX+b$, относительное показание действует в соответствии с математической операцией:

$$\text{индицируемое показание} = \text{математическая операция (относительное показание)}$$

Вычитаемое значение, выраженное в dB или dBm, применяется после того, как показание будет отнесено к опорному уровню.

3.6.3 Комплексная индикация с вычитаемым значением

Один из вариантов комплексной индикации позволяет отображать одновременно действительное показание значения входного сигнала (в нижней строке дисплея) и относительное показание в верхней строке дисплея. Для обращения к этой индикации следует повторно нажимать клавишу NEXT или PREV DISPLAY, чтобы прокручивать варианты комплексной индикации для данной измерительной функции. Ниже показан пример типичной индикации:

```
+000.012 mVAC RMS
Actual=+001.012 (without REL)
```

3.7 Операции запуска

В данном разделе описаны операции запуска мультиметра с передней панели, конфигурирование запуска и внешний запуск. Приведены также примеры установки параметров запуска.

Установка параметров запуска мультиметра производится в меню CONFIGURE TRIGGER. Структура этого меню приведена в таблице 35. Некоторые общие правила работы с меню изложены в разделе 3.3.

3.7.1 Модель запуска

Ниже обсуждаются особенности запуска мультиметра с передней панели, которые поясняются представленной на рис. 25 функциональной схемой, которая называется моделью запуска, поскольку она моделируется после передачи команд SCPI по шине IEEE-488 для управления запуском.

Пояснения к рис. 25:

- | | |
|---|--|
| а) дежурное состояние | н) еще один цикл сканирования? |
| б) приостановка запуска, разрешение сканирования или пакетного режима сохранения данных | о) число циклов сканирования |
| в) уровень активизации (уровень 1 активизации) | п) обнаружение событий запуска сканирования |
| г) управление запуском активизации = Source (разрешен обход источника управления)* | р) задержка сканирования |
| д) еще одно событие запуска активизации? | с) задержка |
| е) число событий активизации | т) разрешен обход источника управления? |
| ж) источник управления | у) уровень измерений (уровень запуска) |
| з) обнаружение событий запуска активизации | ф) управление запуском измерений = Source (разрешен обход источника управления)* |
| и) вывод сигнала запуска | х) еще одно измерение? |
| к) разрешен обход источника управления? | ц) число измерений |
| л) уровень сканирования (уровень 2 активизации) | ч) обнаружение событий запуска измерений |
| м) управление запуском сканирования = Source (разрешен обход источника управления)* | ш) задержка измерения |
| | щ) действие прибора |

* При первом заходе на уровень действует обходной путь.

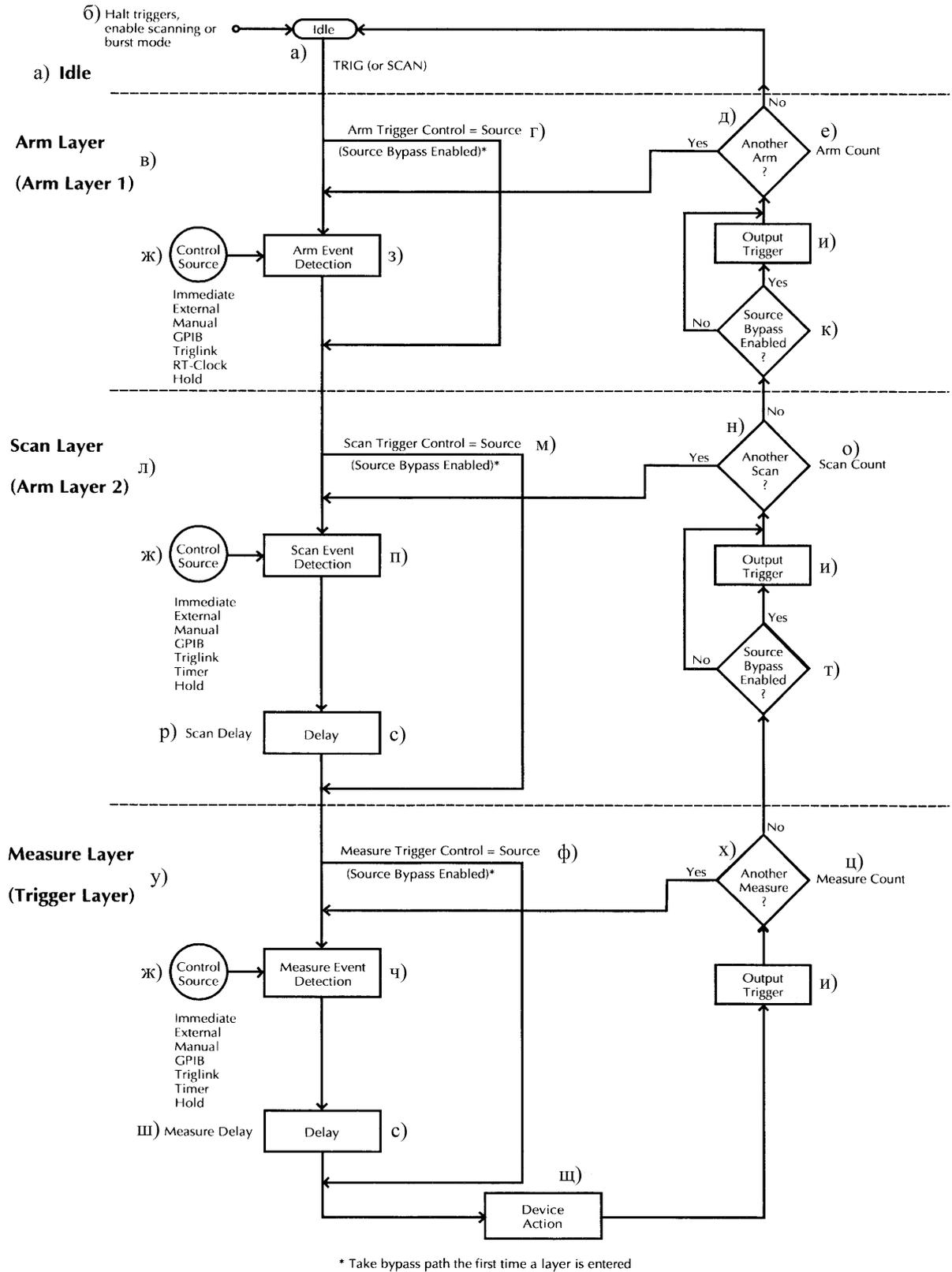


Рис. 25 Модель запуска при управлении с передней панели (см. пояснения на предыдущей странице)

Примечание: У мультиметра типа 2001 источник управления на уровне активизации (Arm Layer) не имеет варианта выбора RT-Clock.

Таблица 35 Структура меню CONFIGURE TRIGGER

Пункт меню	Описание
MEASURE SOURCE IMMEDIATE EXTERNAL MANUAL GPIB TRIGLINK TIMER HOLD DELAY COUNT INFINITE ENTER-CHAN-COUNT CONTROL SOURCE ACCEPTOR	<p>Меню уровня измерений:</p> <p>Выбор источника управления измерениями:</p> <p>Немедленное выполнение измерений.</p> <p>Внешний запуск для управления измерениями.</p> <p>Ручной запуск измерений (через клавишу TRIG).</p> <p>Запуск измерений через шину.</p> <p>Управление измерениями по каналу запуска Trigger Link. Ввод режима и номера канала запуска Trigger Link.</p> <p>Управление измерениями по таймеру. Ввод интервала между сигналами запуска (0,001 ? 999999,999 sec).</p> <p>Приостановка измерений на уровне измерений.</p> <p>Ввод задержки измерений на уровне измерений (0,001 ? 999999,999 sec).</p> <p>Задание количества подлежащих выполнению измерений:</p> <p>Периодическое повторение измерений.</p> <p>Count = заданное пользователем значение (1 ? 99999).</p> <p>Выбор режима управления запуском:</p> <p>Разрешение обхода источника управления.</p> <p>Отмена обхода источника управления.</p>
SCAN SOURCE IMMEDIATE EXTERNAL MANUAL GPIB TRIGLINK TIMER HOLD DELAY COUNT INFINITE ENTER-SCAN-COUNT CONTROL SOURCE ACCEPTOR	<p>Меню уровня сканирования:</p> <p>Выбор источника управления сканированием:</p> <p>Операция обхода непосредственно на уровень измерений.</p> <p>Внешний запуск для управления сканированием.</p> <p>Ручное управление сканированием (через клавишу TRIG).</p> <p>Управление сканированием через шину.</p> <p>Управление сканированием по каналу запуска Trigger Link. Ввод номера канала запуска Trigger Link.</p> <p>Управление сканированием по таймеру. Ввод интервала между циклами сканирования (0,001 ? 999999,999 sec).</p> <p>Приостановка измерений на уровне сканирования.</p> <p>Задержка сканирования на уровне сканирования (0,001 ? 999999,999 sec).</p> <p>Задание количества подлежащих выполнению циклов сканирования:</p> <p>Периодическое повторение сканирования.</p> <p>Count = заданное пользователем значение (1 ? 99999).</p> <p>Выбор режима управления запуском:</p> <p>Разрешение обхода источника управления.</p> <p>Отмена обхода источника управления.</p>
ARM SOURCE IMMEDIATE EXTERNAL MANUAL GPIB TRIGLINK HOLD COUNT INFINITE ENTER-ARM-COUNT CONTROL SOURCE ACCEPTOR	<p>Меню уровня активизации:</p> <p>Выбор источника активизации:</p> <p>Непосредственная активизация измерителя и переход на уровень сканирования.</p> <p>Внешний запуск для активизации измерителя.</p> <p>Ручной запуск для активизации измерителя (через клавишу TRIG).</p> <p>Запуск через шину для активизации измерителя.</p> <p>Запуск по каналу Trigger Link для активизации измерителя. Ввод номера канала запуска Trigger Link.</p> <p>Приостановка измерений на уровне активизации.</p> <p>Задание количества циклов активизации измерителя:</p> <p>Непрерывное возобновление активизации измерителя.</p> <p>Заданное пользователем значение (1 ? 99999).</p> <p>Выбор режима управления запуском:</p> <p>Разрешение обхода источника управления.</p> <p>Отмена обхода источника управления.</p>
HALT	Приостановка запуска. Для возобновления запуска следует нажать клавишу TRIG.

Модель запуска мультиметра типа 2001

Дежурное состояние (Idle)

Считается, что прибор находится в дежурном состоянии, если он не функционирует ни на одном из трех уровней модели запуска. При этом погашен вспомогательный индикатор "ARM". Находясь в дежурном состоянии, прибор не может выполнять операции измерений или сканирования.

При управлении с передней панели возможны четыре способа установки прибора в дежурное состояние:

- Выбрать пункт RESET GPIB из опции SAVESETUP главного меню. Нажать клавишу TRIG, чтобы снять показание. После каждого показания прибор возвращается в дежурное состояние.
- Выбрать пункт HALT из меню CONFIGURE TRIGGER. Для возобновления запуска нажать клавишу TRIG.
- Задействовать пакетный режим (BURST-MODE) сохранения данных из меню CONFIGURE DATA STORE. Это переводит прибор в дежурное состояние до момента нажатия клавиши TRIG. После регистрации каждого пакета данных прибор возвращается в дежурное состояние.
- Сконфигурировать внутреннее или внешнее сканирование с помощью клавиши SCAN. Отмена сканирования возобновляет запуск.

Как только прибор будет выведен из дежурного состояния, он переходит на уровень активизации (arm layer 1) модели запуска.

Уровень активизации (Arm layer)

Примечание: При управлении через шину этот уровень называется первым уровнем активизации (arm layer 1).

В принципе прибор требует события запуска активизации для перехода функционирования на следующий уровень (уровень сканирования). С непосредственным (Immediate) источником активизации функционирование переходит на следующий уровень, когда прибор будет выведен из дежурного состояния. Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню также устанавливает непосредственный источник активизации. При выборе одного из прочих источников управления прибор ожидает возникновения соответствующего события:

- Когда выбран внешний (External) источник управления, прибор ожидает поступления входного сигнала запуска через разъем EXTERNAL TRIGGER на задней панели.
- Когда выбран источник ручного (Manual) управления, прибор ожидает нажатия клавиши TRIG на передней панели.
- Когда выбран источник управления GPIB, прибор ожидает поступления команды шинного запуска (GET или *TRIG).
- Когда выбран источник управления Trigger Link, прибор ожидает поступления входного сигнала запуска через разъем TRIGGER LINK на задней панели.
- Когда выбран источник управления HOLD, прибор не реагирует на любые источники событий.

Примечание: Когда выбран непосредственный (Immediate) источник запуска, то при подаче сигнала внешнего запуска или при нажатии клавиши TRIG появляется сообщение "trigger ignored" ("запуск игнорируется"). При этом игнорируется как внешний, так и ручной запуск.

Как видно из функциональной схемы, здесь имеется путь, позволяющий обходить источник управления. Когда разрешен обход источника управления (Source Bypass), т.е. управление запуском активизации установлено на Source, а источником событий является внешний (External) запуск или Trigger Link, то источник управления обходится при первоначальном прохождении через уровень активизации. Если запрограммировано несколько событий активизации (arm count > 1), то обходной путь не действует, даже если он все еще разрешен. Если прибор переходит в дежурное состояние, то возможность обхода источника управления восстанавливается.

Разрешение обхода источника управления разрешает также вывод сигнала запуска. Когда функционирование возвращается с уровня сканирования на уровень активизации, выводится сигнал запуска. Если источником событий является Trigger Link, то импульс запуска выводится на запрограммированный выходной канал разъема TRIGGER LINK. Для всех остальных источников событий импульс запуска выводится через разъем METER COMPLETE (сигнал завершения измерения). Вывод сигнала запуска на этом уровне отменяется, когда отменяется обход источника управления (управление запуском активизации установлено на ACCEPTOR).

По завершении всех остальных приборных операций можно вернуть прибор на уровень активизации путем программирования дополнительных событий активизации. Опция ARM COUNT используется для задания конечного числа ($n = 1 \dots 99999$) или бесконечного числа (INFINITE) событий активизации. Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню устанавливает число событий активизации на 1.

После того, как прибор покинет уровень активизации, он переходит на уровень сканирования (arm layer 2).

Уровень сканирования

Примечание: При управлении через шину этот уровень называется вторым уровнем активизации (arm layer 2).

В принципе прибор требует события запуска сканирования для перехода на следующий уровень (уровень измерений). С непосредственным (Immediate) источником управления сканированием функционирование немедленно переходит на следующий уровень. Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню также устанавливает непосредственный источник управления. При выборе одного из прочих источников управления прибор ожидает возникновения соответствующего события:

- Когда выбран внешний (External) источник управления, прибор ожидает поступления входного сигнала запуска через разъем EXTERNAL TRIGGER на задней панели.
- Когда выбран источник ручного (Manual) управления, прибор ожидает нажатия клавиши TRIG на передней панели.
- Когда выбран источник управления GPIB, прибор ожидает поступления команды шинного запуска (GET или *TRIG).
- Когда выбран источник управления Trigger Link, прибор ожидает поступления входного сигнала запуска через разъем TRIGGER LINK на задней панели.
- Когда выбран источник управления Timer, то после первоначального прохода через уровень сканирования функционирование немедленно переходит на уровень измерений. Каждый дополнительный цикл сканирования не производится до истечения запрограммированного таймерного интервала времени. Этот интервал можно задать в пределах от 1 msec до 999999,999 sec.
- Когда выбран источник управления HOLD, прибор не реагирует на любые источники событий.

Примечание: Когда выбран непосредственный (Immediate) источник запуска, то при подаче сигнала внешнего запуска или при нажатии клавиши TRIG появляется сообщение "trigger ignored" ("запуск игнорируется"). При этом игнорируется как внешний, так и ручной запуск.

После того, как будет обнаружено запрограммированное событие запуска сканирования, прибор ожидает в течение запрограммированного времени задержки (Delay). Задержку на уровне сканирования можно задать в пределах от 0 до 999999,999 sec. Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню устанавливает задержку в нуль.

Как видно из функциональной схемы, здесь имеется путь, позволяющий обходить источник управления. Когда разрешен обход источника управления (Source Bypass), т.е. управление запуском сканирования установлено на Source, а источником событий является внешний (External) запуск или Trigger Link, то источник управления обходится при первоначальном прохождении через уровень сканирования. Если запрограммировано несколько циклов сканирования (scan count > 1), то обходной путь не действует, даже если он все еще разрешен. Если прибор возвращается на уровень активизации, то возможность обхода источника управления восстанавливается.

Разрешение обхода источника управления разрешает также вывод сигнала запуска. Когда функционирование возвращается с уровня измерений на уровень сканирования, выводится сигнал запуска. Если источником событий является Trigger Link, то импульс запуска выводится на запрограммированный выходной канал разъема TRIGGER LINK. Для всех остальных источников событий импульс запуска выводится через разъем METER COMPLETE (сигнал завершения измерения). Вывод сигнала запуска на этом уровне отменяется, когда отменяется обход источника (управление запуском сканирования установлено на ACCEPTOR).

По завершении всех остальных операций на следующем уровне можно вернуть прибор на уровень сканирования путем программирования дополнительных циклов сканирования. Опция SCAN COUNT используется для задания конечного числа ($n = 1 ? 99999$) или бесконечного числа (INFINITE) циклов сканирования. Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню устанавливает число циклов сканирования на 1.

После того, как прибор покинет уровень сканирования, функционирование переходит на уровень измерений (уровень запуска).

Уровень измерений

Примечание: При управлении через шину этот уровень называется уровнем запуска (trigger layer).

В принципе события запуска измерений управляют скоростью измерений (или сканирования). С непосредственным (Immediate) источником событий запуска измерений функционирование непосредственно переходит к функциональному блоку задержки (Delay). Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню также устанавливает непосредственный источник управления. При выборе одного из прочих источников прибор ожидает возникновения соответствующего события:

- Когда выбран внешний (External) источник управления, прибор ожидает поступления входного сигнала запуска через разъем EXTERNAL TRIGGER на задней панели.
- Когда выбран источник ручного (Manual) управления, прибор ожидает нажатия клавиши TRIG на передней панели.
- Когда выбран источник управления GPIB, прибор ожидает поступления команды шинного запуска (GET или *TRIG).
- Когда выбран источник управления Trigger Link, прибор ожидает поступления входного сигнала запуска через разъем TRIGGER LINK на задней панели.
- Когда выбран источник управления Timer, то первое измерение производится немедленно. Каждое дополнительное измерение производится с периодичностью, определяемой запрограммированным таймерным интервалом времени (от 1 msec до 999999,999 sec).
- Когда выбран источник управления HOLD, прибор не реагирует на любые источники событий. Для регистрации показания необходимо выбрать другой источник.

Примечание: Когда выбран непосредственный (Immediate) источник запуска, то при подаче сигнала внешнего запуска или при нажатии клавиши TRIG появляется сообщение "trigger ignored" ("запуск игнорируется"). При этом игнорируется как внешний, так и ручной запуск.

После того, как будет обнаружено запрограммированное событие запуска измерения, прибор ожидает в течение запрограммированного времени задержки (Delay). Задержку на уровне измерений можно задать в пределах от 0 до 999999,999 sec. Выбор вариантов BENCH или GPIB RESET из опции SAVESETUP главного меню устанавливает задержку в нуль.

Как видно из функциональной схемы, здесь имеется путь, позволяющий обходить источник управления. Когда разрешен обход источника управления (Source Bypass), т.е. управление запуском измерений установлено на Source, а источником событий является внешний (External) запуск или Trigger Link, то источник управления обходится при первоначальном прохождении через уровень измерений. Если запрограммировано несколько измерений (measure count > 1), то обходной путь не действует, даже если он все еще разрешен. Если прибор возвращается на уровень сканирования, то возможность обхода источника управления восстанавливается.

Измерение выполняется в функциональном блоке "действие прибора" (Device Action). Отметим, что помимо прочего этот функциональный блок может включать в себя переключение предела измерения или сканирование (если задействован сканер). Прежде чем будет выполнено измерение, замыкается канал. При сканировании каналов сначала размыкается предыдущий канал, затем замыкается следующий канал. В этом случае блок "действие прибора" включает в себя задержку для установления переходного процесса при переключении реле.

После действия прибора выводится сигнал запуска. Если источник управления установлен на Immediate, External, Manual, GPIB или Timer, то выводится импульс запуска через разъем METER COMPLETE. Если выбран источник управления Trigger Link, то вывод сигнала запуска производится следующим образом:

- Если выбран асинхронный режим Trigger Link, то выводится импульс запуска на запрограммированный выходной канал разъема TRIGGER LINK.
- Если выбран полусинхронный режим Trigger Link и не задействован обход источника управления (управление запуском измерений установлено на Acceptor), то выходной канал Trigger Link устанавливается в состояние лог. 1.
- Если выбран полусинхронный режим Trigger Link и задействован обход источника управления (управление запуском измерений установлено на Source), то выходной канал Trigger Link устанавливается в состояние лог. 0.

Примечание: Применение запуска Trig Link описано в разделе 3.7.7.

После действия прибора и вывода сигнала запуска прибор возвращается (если он запрограммирован на это) в начало уровня измерений для выполнения следующего измерения. Опция MEASURE COUNT используется для установки конечного ($n = 1 ? 99999$) или бесконечного числа измерений. Выбор варианта BENCH RESET из опции SAVESETUP главного меню устанавливает число измерений на бесконечность, а выбор варианта GPIB RESET – на 1.

Модель запуска мультиметра типа 2002

Дежурное состояние (Idle)

Считается, что прибор находится в дежурном состоянии, если он не функционирует ни на одном из трех уровней модели запуска. При этом погашен вспомогательный индикатор "ARM". Находясь в дежурном состоянии, прибор не может выполнять операции измерений или сканирования.

При управлении с передней панели возможны четыре способа установки прибора в дежурное состояние:

- Выбрать пункт RESET GPIB из опции SAVESETUP главного меню. Нажать клавишу TRIG, чтобы снять показание. После каждого показания прибор возвращается в дежурное состояние.
- Выбрать пункт HALT из меню CONFIGURE TRIGGER. Для возобновления запуска нажать клавишу TRIG.
- Задействовать пакетный режим (BURST-MODE) сохранения данных из меню CONFIGURE DATA STORE. Это переводит прибор в дежурное состояние до момента нажатия клавиши TRIG. После регистрации каждого пакета данных прибор возвращается в дежурное состояние.
- Сконфигурировать внутреннее или внешнее сканирование с помощью клавиши SCAN. Отмена сканирования возобновляет запуск.

Уровни модели запуска

Как видно из рис. 25, модель запуска содержит три уровня – уровень активизации (Arm Layer), уровень сканирования (Scan Layer) и уровень измерений (Measure Layer). При управлении через шину IEEE-488 эти уровни называются несколько иначе: первый уровень активизации (Arm Layer 1), второй уровень активизации (Arm Layer 2) и уровень запуска (Trigger Layer).

Как только прибор будет выведен из дежурного состояния, функционирование проходит через эти уровни модели запуска до функционального блока "действие прибора" (Device Action), где и производится измерение.

Источники управления

В принципе каждый уровень модели запуска содержит источник управления, который приостанавливает функционирование до появления запрограммированного события. Здесь используются следующие источники управления:

- Immediate (непосредственный)
Обнаружение события реализуется немедленно, что разрешает продолжение функционирования.
- Manual (ручное управление)
Обнаружение события реализуется при нажатии клавиши TRIG. Чтобы мультиметр мог реагировать на нажатие клавиши TRIG, он должен быть выведен из дистанционного управления. Чтобы вывести прибор из режима дистанционного управления, следует нажать клавишу LOCAL или послать через шину команду LOCAL 716.
- GPIB
Обнаружение события реализуется при поступлении на мультиметр команды шинного запуска (GET или *TRIG).
- RT-Clock (часы реального времени)
Обнаружение события на уровне активизации реализуется при достижении запрограммированного времени и даты. Источник управления "Real-Time Clock" отсутствует на уровнях сканирования и измерений.
- Timer (таймер)
При первоначальном прохождении через функциональную схему обнаружение события реализуется немедленно. Каждое последующее обнаружение события реализуется по истечении запрограммированной длительности таймерного интервала (0 ? 999999,999 sec). Таймер сбрасывается в исходное состояние, когда функционирование возвращается на более высокий уровень (или в дежурное состояние). Отметим, что таймер в качестве источника управления отсутствует на уровне активизации.
- External (внешнее управление)
Обнаружение события реализуется, когда на мультиметр поступает сигнал внешнего запуска через разъем EXTERNAL TRIGGER.
- Triglink
Обнаружение события реализуется, когда на мультиметр поступает сигнал запуска через разъем TRIGGER LINK.
- Hold
В этом случае обнаружение событий не реализуется ни для каких из упомянутых выше источников управления. Функционирование приостанавливается.

Обход источника управления

Как видно из функциональной схемы, на каждом уровне существует обходной путь мимо источника управления. Когда разрешен обход источника управления и выбран источник управления External или Triglink, то при первоначальном прохождении уровня обходится источник управления. Если запрограммировано дополнительное обнаружение событий на данном уровне, то обход не вводится в действие, даже если он все еще разрешен. Возможность обхода источника управления восстанавливается, если функционирование возвращается на более высокий уровень (или в дежурное состояние).

Разрешение обхода источника управления на уровне активизации или уровне сканирования разрешает также вывод соответствующего сигнала запуска. На уровне запуска вывод сигнала запуска разрешен всегда и производится после каждого действия прибора.

Задержка

На уровнях сканирования и измерения имеются функциональные блоки программируемой задержки (0 ? 999999,999 секунд), которые вводятся в действие после обнаружения события.

Действие прибора

Первичным действием прибора является измерение. Однако помимо прочего этот функциональный блок может включать в себя переключение предела измерения или сканирование (если задействован сканер). Прежде чем будет выполнено измерение, замыкается канал. При сканировании каналов сначала размыкается предыдущий канал, затем замыкается следующий канал. В этом случае блок "действие прибора" включает в себя задержку для установления переходного процесса при переключении реле.

Вывод сигналов запуска

На уровнях активизации и сканирования вывод сигналов запуска разрешается только в том случае, когда разрешен обход соответствующих источников управления. Если в качестве источника управления выбран Triglink, то импульс запуска выводится по выбранному каналу разъема TRIGGER LINK. Для остальных источников управления импульс запуска выводится через разъем METER COMPLETE (сигнал завершения измерения).

На уровне измерений вывод сигналов запуска разрешен всегда и производится после каждого действия прибора. Если источник управления установлен на Immediate, External, Manual, GPIB или Timer, то выводится импульс запуска через разъем METER COMPLETE. Если выбран источник управления Trigger Link, то вывод сигнала запуска производится следующим образом:

- Если выбран асинхронный режим Trigger Link, то выводится импульс запуска на запрограммированный выходной канал разъема TRIGGER LINK.
- Если выбран полусинхронный режим Trigger Link и не задействован обход источника управления, то выходной канал Trigger Link устанавливается в состояние лог. 1.
- Если выбран полусинхронный режим Trigger Link и задействован обход источника управления, то выходной канал Trigger Link устанавливается в состояние лог. 0.

Счетчики

На всех трех уровнях функциональной схемы используются программируемые счетчики, которые позволяют вернуть функционирование на более высокий уровень или сохранить его на соответствующем уровне. Например, программирование счетчика уровня измерений на бесконечность поддерживает функционирование на уровне измерений. После каждого действия прибора и последующего вывода сигнала запуска функционирование возвращается к источнику управления уровня запуска. Счетчик сбрасывается, когда функционирование возвращается на более высокий уровень (или в дежурное состояние).

3.7.2 Конфигурирование уровня измерений

Уровень измерений используется для следующих операций:

- для выбора события запуска измерений (SOURCE)
- для задержки функционирования на уровне измерений
- для назначения числа (COUNT) подлежащих выполнению измерений
- для ввода в действие или отмены обхода источника управления.

Чтобы вывести на дисплей меню уровня измерений, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу TRIG, чтобы вызвать меню CONFIGURE TRIGGER.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт MEASURE и нажмите клавишу ENTER, чтобы обратиться к следующему меню:

```
SETUP MEASURE LAYER
SOURCE DELAY COUNT CONTROL
```

SOURCE

Этот пункт меню выбирает событие, которое управляет источником запуска измерений. Чтобы выбрать это событие, поместите курсор на пункт SOURCE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SELECT MEASURE SRC
IMMEDIATE EXTERNAL MANUAL ▶
◀ GPIB TRIGLINK TIMER HOLD
```

IMMEDIATE: При выборе этого варианта измерительный интервал не управляется такими событиями, как запуск по таймеру или внешний запуск. Как только мультиметр начнет измерения, он будет производить отсчеты с максимальной возможной для данной измерительной конфигурации скоростью. Чтобы выбрать непосредственный запуск измерений из этого меню, поместите курсор на пункт IMMEDIATE и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP MEASURE LAYER.

EXTERNAL: При выборе этого варианта используются внешние сигналы запуска. Каждый подаваемый на мультиметр входной сигнал запуска инициирует действие прибора, заданное моделью запуска. Помимо измерения, действие прибора может включать в себя переключение предела измерения, фильтрацию, вычисления, занесение данных в память, сканирование и другие операции.

Сигнал внешнего запуска подается на расположенный на задней панели соединитель BNC "EXTERNAL TRIGGER". Подробности внешнего запуска рассмотрены в разделе 3.7.6. Чтобы выбрать внешний запуск из меню SELECT MEASURE SRC, поместите курсор на пункт EXTERNAL и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP MEASURE LAYER.

Примечание: При выборе внешнего (EXTERNAL) запуска действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши инициирует действие прибора.

MANUAL: При выборе этого варианта источник запуска измерений управляется через клавишу TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши инициирует действие прибора. Чтобы выбрать ручной запуск (через клавишу TRIG) из меню SELECT MEASURE SRC, поместите курсор на пункт MANUAL и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP MEASURE LAYER.

Примечание: Клавиша TRIG действует в случае выбора вариантов EXTERNAL, GPIB, TRIGLINK и TIMER.

GPIB: При выборе этого варианта источник запуска измерений управляется по шине. При подаче на мультиметр команды шинного запуска (GET или *TRG) выполняется действие прибора, заданное моделью запуска. Помимо измерения, действие прибора может включать в себя переключение предела измерения, фильтрацию, вычисления, занесение данных в память, сканирование и другие операции.

Чтобы выбрать шинный запуск из меню SELECT MEASURE SRC, поместите курсор на пункт GPIB и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP MEASURE LAYER.

Примечание: При выборе шинного запуска действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши инициирует действие прибора.

TRIGLINK: При выборе этого варианта для управления источником запуска измерений используется система Trigger Link, которая представляет собой усовершенствованную систему запуска, которая использует до шести каналов для передачи запускающих импульсов на другие приборы и приема запускающих импульсов от других приборов.

При подаче на мультиметр запускающего импульса Trigger Link выполняется действие прибора, заданное моделью запуска. Помимо измерения, действие прибора может включать в себя переключение предела измерения, фильтрацию, вычисления, занесение данных в память, сканирование и другие операции. Применение системы Trigger Link описано в разделе 3.7.7.

Примечание: При выборе запуска Trigger Link действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши инициирует действие прибора.

Чтобы выбрать запуск Trigger Link из меню SELECT MEASURE SRC, поместите курсор на пункт TRIGLINK и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню установки режима Trigger Link:

```
SET TRIGGERLINK MODE
ASYNCHRONOUS SEMI-SYNCHRONOUS
```

Asynchronous: Асинхронный режим Trigger Link используется в тех случаях, когда требуется передача входных и выходных сигналов запуска по отдельным каналам (линиям) связи. Чтобы выбрать асинхронный режим и задать входные и выходные каналы запуска для мультиметра, действуйте следующим образом:

1. В меню SET TRIGGERLINK MODE поместите курсор на пункт ASYNCHRONOUS и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
SELECT INPUT LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера входного канала запуска.

2. Чтобы выбрать номер входного канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
SELECT OUTPUT LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера выходного канала запуска.

3. Чтобы выбрать номер выходного канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT MEASURE SRC. Имейте в виду, что здесь нельзя использовать один и тот же номер канала одновременно для входа и выхода сигналов запуска.

Semi-Synchronous: В полусинхронном режиме для ввода и вывода сигналов запуска используется один и тот же канал. Чтобы выбрать полусинхронный режим и назначить номер канала запуска, действуйте следующим образом:

1. В меню SET TRIGGERLINK MODE поместите курсор на пункт SEMI-SYNCHRONOUS и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
SELECT SEMI-SYNC LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера канала запуска.

2. Чтобы выбрать номер канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT MEASURE SRC.

TIMER: Здесь используется таймер для управления временным интервалом между измерениями. Таймерный интервал можно установить в пределах от 0,001 sec (1 msec) до 999999,999 sec с дискретностью 1 msec.

После запуска измерений следующее измерение начинается по истечении запрограммированного таймерного интервала времени. Если же таймерный интервал окажется короче времени, необходимого для завершения отдельного измерения, то следующее измерение не начинается, пока не завершится предыдущее.

Примечание: При выборе варианта TIMER действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие клавиши TRIG по завершении измерения приводит к запуску следующего измерения (если мультиметр запрограммирован на несколько измерений – см. ниже "COUNT").

Чтобы задействовать таймер, следуйте описанной ниже процедуре:

1. В меню SELECT MEASURE SRC поместите курсор на пункт TIMER и нажмите клавишу ENTER. Появляется сообщение, индицирующее текущую установку таймерного интервала (в секундах):

```
INTRVL = 000001.000
```

2. Чтобы сохранить это значение таймерного интервала, нажмите клавишу EXIT или ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT MEASURE SRC.

3. Чтобы установить другое значение таймерного интервала, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда, а клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения. По завершении нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT MEASURE SRC.

HOLD: При выборе этого пункта блокируется источник запуска измерений. Измерение останавливается и не возобновляется до отмены выбора HOLD путем выбора другого варианта источника запуска измерений. Чтобы выбрать этот пункт из меню SELECT MEASURE SRC, поместите курсор на HOLD и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP MEASURE LAYER.

DELAY

Эта задержка используется для приостановки функционирования на уровне измерений. После появления события запуска измерений прибор ждет до истечения заданного интервала задержки (0 ? 999999,999 sec), прежде чем перейти к функциональному блоку "действие прибора".

COUNT

Здесь задается число измерений в цикле сканирования. Пользователь может задать число измерений равным количеству каналов в списке сканирования, а также меньшим или большим количества каналов. Например, список сканирования составлен из четырех каналов, а пользователь задает число измерений 12. Тогда цикл сканирования повторяется три раза. Преимущество повторения каналов (вместо циклов сканирования) заключается в том, что устраняются задержки на уровне сканирования функциональной схемы. Здесь действует одинаковая задержка измерений между всеми 12 каналами.

Чтобы выбрать этот пункт из меню SETUP MEASURE LAYER, поместите курсор на пункт COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
MEASURE COUNT
INFINITE ENTER-CHAN-COUNT
```

INFINITE: Пользуйтесь этим вариантом выбора, чтобы обеспечить непрерывное повторение измерений с закольцовкой на уровне измерений функциональной схемы. В меню MEASURE COUNT поместите курсор на пункт INFINITE и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP MEASURE LAYER.

ENTER-CHAN-COUNT: При выборе этого варианта пользователь задает число отсчетов в цикле сканирования. Можно запрограммировать мультиметр на повторение измерений до 99999 раз. Чтобы ввести число измерений, действуйте следующим образом:

1. В меню MEASURE COUNT поместите курсор на пункт ENTER-CHAN-COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется сообщение, указывающее текущую установку числа измерений:

```
MEASURE COUNT = 00001
```

В данном случае число измерений установлено на единицу.

2. Чтобы запрограммировать другое число измерений, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда, а клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения.
3. По завершении установки нужного числа измерений нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP MEASURE LAYER.

CONTROL

Этот пункт меню можно использовать для разрешения или отмены обхода источника управления. Обход источника управления используется для обхода события запуска измерений при первоначальном прохождении через уровень измерений. Чтобы выбрать этот пункт из меню SETUP MEASURE LAYER, поместите курсор на CONTROL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
TRIGGER CONTROL
SOURCE ACCEPTOR
```

SOURCE: При выборе этого варианта разрешается обход источника управления. При первоначальном прохождении через уровень сканирования обходится событие запуска измерений. Это позволяет перейти к функциональным блокам "задержка" и "действие прибора", не дожидаясь появления запрограммированного события.

ACCEPTOR: При выборе этого варианта отменяется обход источника управления.

3.7.3 Конфигурирование уровня сканирования

Уровень сканирования используется для следующих операций:

- для выбора события запуска сканирования (SOURCE)
- для задержки функционирования на уровне сканирования
- для назначения числа (COUNT) подлежащих выполнению циклов сканирования
- для ввода в действие или отмены обхода источника управления.

Чтобы вывести на дисплей меню уровня сканирования, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу TRIG, чтобы вызвать меню CONFIGURE TRIGGER.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт SCAN и нажмите клавишу ENTER, чтобы обратиться к следующему меню:

```
SETUP SCAN LAYER
SOURCE DELAY COUNT CONTROL
```

SOURCE

Этот пункт меню выбирает событие, которое управляет источником запуска сканирования. Чтобы выбрать это событие, поместите курсор на пункт SOURCE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SELECT SCAN SOURCE
IMMEDIATE EXTERNAL MANUAL ▶
◀ GPIB TRIGLINK TIMER HOLD
```

IMMEDIATE: При выборе этого варианта функционирование переходит непосредственно на уровень измерений. Чтобы выбрать непосредственный запуск сканирования из этого меню, поместите курсор на пункт IMMEDIATE и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP SCAN LAYER.

EXTERNAL: При выборе этого варианта используются внешние сигналы запуска для управления источником запуска сканирования. Подаваемый на мультиметр входной сигнал запуска переводит функционирование на уровень измерений. Сигнал внешнего запуска подается на расположенный на задней панели соединитель BNC "EXTERNAL TRIGGER". Подробности внешнего запуска рассмотрены в разделе 3.7.6. Чтобы выбрать внешний запуск из меню SELECT SCAN SOURCE, поместите курсор на пункт EXTERNAL и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP SCAN LAYER.

Примечание: При выборе внешнего (EXTERNAL) запуска действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши переводит функционирование на уровень измерений.

MANUAL: При выборе этого варианта источник запуска сканирования управляется через клавишу TRIG на передней панели. При нажатии этой клавиши функционирование переходит на уровень измерений. Чтобы выбрать ручной запуск (через клавишу TRIG) из меню SELECT SCAN SOURCE, поместите курсор на пункт MANUAL и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP SCAN LAYER.

Примечание: Клавиша TRIG действует в случае выбора вариантов EXTERNAL, GPIB, TRIGLINK и TIMER.

GPIB: При выборе этого варианта источник запуска сканирования управляется по шине. При подаче на мультиметр команды шинного запуска (GET или *TRG) функционирование переходит непосредственно на уровень измерений. Чтобы выбрать шинный запуск из меню SELECT SCAN SOURCE, поместите курсор на пункт GPIB и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP SCAN LAYER.

Примечание: При выборе шинного запуска действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши переводит функционирование на уровень измерений.

TRIGLINK: При выборе этого варианта для управления источником запуска сканирования используется система Trigger Link, которая представляет собой усовершенствованную систему запуска, которая использует до шести каналов для передачи запускающих импульсов на другие приборы и приема запускающих импульсов от других приборов (см. раздел 3.7.7). При поступлении на мультиметр сигнала запуска по каналу Trigger Link функционирование переходит на уровень измерений.

Примечание: При выборе запуска Trigger Link действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши переводит функционирование на уровень измерений.

Чтобы выбрать запуск Trigger Link из меню SELECT SCAN SOURCE, поместите курсор на пункт TRIGLINK и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SELECT INPUT LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера входного канала запуска.

Чтобы выбрать номер входного канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
SELECT OUTPUT LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера выходного канала запуска.

Чтобы выбрать номер выходного канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT SCAN SOURCE. Имейте в виду, что здесь нельзя использовать один и тот же номер канала одновременно для входа и выхода сигналов запуска.

TIMER: Здесь используется таймер для управления временным интервалом между циклами сканирования. Таймерный интервал можно установить в пределах от 0,001 sec (1 msec) до 999999,999 sec с дискретностью 1 msec.

После запуска сканирования следующий цикл сканирования начинается по истечении запрограммированного таймерного интервала времени. Если же таймерный интервал окажется короче времени, необходимого для завершения отдельного цикла сканирования, то следующий цикл сканирования не начинается, пока не завершится предыдущий.

Примечание: При выборе варианта TIMER действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие клавиши TRIG по завершении цикла сканирования приводит к запуску следующего цикла сканирования (если мультиметр запрограммирован на несколько циклов сканирования – см. ниже "COUNT").

Чтобы задействовать таймер, следуйте описанной ниже процедуре:

1. В меню SELECT SCAN SOURCE поместите курсор на пункт TIMER и нажмите клавишу ENTER. Появляется сообщение, индицирующее текущую установку таймерного интервала (в секундах):

```
INTRVL = 000001.000
```

2. Чтобы сохранить это значение таймерного интервала, нажмите клавишу EXIT или ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT SCAN SOURCE.
3. Чтобы установить другое значение таймерного интервала, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда, а клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения. По завершении нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT SCAN SOURCE.

HOLD: При выборе этого пункта блокируется источник запуска сканирования. В результате этого функционирование не переходит на уровень измерений до отмены выбора HOLD путем выбора другого варианта источника запуска сканирования. Чтобы выбрать этот пункт из меню SELECT SCAN SOURCE, поместите курсор на HOLD и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP SCAN LAYER.

DELAY

Эта задержка используется для приостановки функционирования на уровне сканирования. После появления события запуска сканирования прибор ждет до истечения заданного интервала задержки (0 ? 999999,999 sec), прежде чем перейти на уровень измерений.

COUNT

Этот пункт меню определяет число возвратов функционирования на уровень сканирования. Чтобы выбрать этот пункт из меню SETUP SCAN LAYER, поместите курсор на пункт COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
NUMBER OF SCANS
INFINITE ENTER-SCAN-COUNT
```

INFINITE: Пользуйтесь этим вариантом выбора, чтобы обеспечить непрерывное возвращение функционирования на уровень сканирования. В меню SCAN COUNT поместите курсор на пункт INFINITE и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP SCAN LAYER.

ENTER-SCAN-COUNT: При выборе этого варианта пользователь задает число возвратов функционирования на уровень сканирования. Можно запрограммировать мультиметр на повторение циклов сканирования до 99999 раз. Чтобы ввести число циклов сканирования, действуйте следующим образом:

1. В меню SCAN COUNT поместите курсор на пункт ENTER-SCAN-COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется сообщение, указывающее текущую установку числа циклов сканирования:

SCAN COUNT = 00001

В данном случае число циклов сканирования установлено на единицу.

2. Чтобы запрограммировать другое число, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда, а клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения.
3. По завершении установки нужного числа циклов сканирования нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP SCAN LAYER.

CONTROL

Этот пункт меню можно использовать для разрешения или отмены обхода источника управления. Обход источника управления используется для обхода события запуска сканирования при первоначальном прохождении через уровень сканирования. Чтобы выбрать этот пункт из меню SETUP SCAN LAYER, поместите курсор на CONTROL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

TRIGGER CONTROL
SOURCE ACCEPTOR

SOURCE: При выборе этого варианта разрешается обход источника управления. При первоначальном прохождении через уровень сканирования обходится событие запуска сканирования. Это позволяет перейти на уровень измерений, не дожидаясь появления запрограммированного события.

ACCEPTOR: При выборе этого варианта отменяется обход источника управления.

3.7.4 Конфигурирование уровня активизации

Уровень активизации используется для следующих операций:

- для выбора события активизации (SOURCE)
- для назначения числа (COUNT) подлежащих выполнению циклов активизации
- для ввода в действие или отмены обхода источника управления.

Чтобы вывести на дисплей меню уровня активизации, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу TRIG, чтобы вызвать меню CONFIGURE TRIGGER.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт ARM и нажмите клавишу ENTER, чтобы обратиться к следующему меню:

SETUP ARM LAYER
SOURCE COUNT CONTROL

SOURCE

Этот пункт меню выбирает событие, которое управляет источником активизации. Чтобы выбрать это событие, поместите курсор на пункт SOURCE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

SELECT ARM SOURCE
IMMEDIATE EXTERNAL MANUAL ▶
◀ GPIB TRIGLINK HOLD

IMMEDIATE: При выборе этого варианта функционирование переходит непосредственно на уровень сканирования. Чтобы выбрать непосредственный запуск из этого меню, поместите курсор на пункт IMMEDIATE и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP ARM LAYER.

EXTERNAL: При выборе этого варианта используются внешние сигналы запуска для управления источником активизации. Подаваемый на мультиметр входной сигнал запуска переводит функционирование на уровень сканирования. Сигнал внешнего запуска подается на расположенный на задней панели соединитель BNC "EXTERNAL TRIGGER". Подробности внешнего запуска рассмотрены в разделе 3.7.6. Чтобы выбрать внешний запуск из меню SELECT ARM SOURCE, поместите курсор на пункт EXTERNAL и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP ARM LAYER.

Примечание: При выборе внешнего (EXTERNAL) запуска действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши переводит функционирование на уровень сканирования.

MANUAL: При выборе этого варианта источник активизации управляется через клавишу TRIG на передней панели. При нажатии этой клавиши функционирование переходит на уровень сканирования. Чтобы выбрать ручной запуск (через клавишу TRIG) из меню SELECT ARM SOURCE, поместите курсор на пункт MANUAL и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP ARM LAYER.

Примечание: Клавиша TRIG действует в случае выбора вариантов EXTERNAL, GPIB и TRIGLINK.

GPIB: При выборе этого варианта источник активизации управляется по шине. При подаче на мультиметр команды шинного запуска (GET или *TRG) функционирование переходит непосредственно на уровень сканирования. Чтобы выбрать шинный запуск из меню SELECT ARM SOURCE, поместите курсор на пункт GPIB и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается на уровень меню SETUP ARM LAYER.

Примечание: При выборе шинного запуска действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши переводит функционирование на уровень сканирования.

TRIGLINK: При выборе этого варианта для управления источником запуска сканирования используется система Trigger Link, которая представляет собой усовершенствованную систему запуска, которая использует до шести каналов для передачи запускающих импульсов на другие приборы и приема запускающих импульсов от других приборов (см. раздел 3.7.7). При поступлении на мультиметр сигнала запуска по каналу Trigger Link функционирование переходит на уровень сканирования.

Примечание: При выборе запуска Trigger Link действует клавиша TRIG на передней панели. Нажатие этой клавиши переводит функционирование на уровень сканирования.

Чтобы выбрать запуск Trigger Link из меню SELECT ARM SOURCE, поместите курсор на пункт TRIGLINK и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SELECT INPUT LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера входного канала запуска.

Чтобы выбрать номер входного канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
SELECT OUTPUT LINE
#1 #2 #3 #4 #5 #6
```

Положение курсора указывает текущую установку номера выходного канала запуска.

Чтобы выбрать номер выходного канала запуска у мультиметра, поместите курсор на нужный номер и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT ARM SOURCE. Имейте в виду, что здесь нельзя использовать один и тот же номер канала одновременно для входа и выхода сигналов запуска.

HOLD: При выборе этого пункта блокируется источник запуска сканирования. В результате этого функционирование не переходит на уровень измерений до отмены выбора HOLD путем выбора другого варианта источника запуска сканирования. Чтобы выбрать этот пункт из меню SELECT ARM SOURCE, поместите курсор на HOLD и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP ARM LAYER.

COUNT

Этот пункт меню определяет число возвратов функционирования на уровень активизации. Чтобы выбрать этот пункт из меню SETUP ARM LAYER, поместите курсор на пункт COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
ARM COUNT
INFINITE ENTER-ARM-COUNT
```

INFINITE: Пользуйтесь этим вариантом выбора, чтобы обеспечить непрерывное возвращение функционирования на уровень активизации. В меню ARM COUNT поместите курсор на пункт INFINITE и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP ARM LAYER.

ENTER-ARM-COUNT: При выборе этого варианта пользователь задает число возвратов функционирования на уровень активизации. Можно запрограммировать мультиметр на повторение циклов активизации до 99999 раз.

Чтобы ввести число циклов активизации, действуйте следующим образом:

1. В меню ARM COUNT поместите курсор на пункт ENTER-ARM-COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется сообщение, указывающее текущую установку числа циклов активизации:

ARM COUNT = 00001

В данном случае число циклов активизации установлено на единицу.

2. Чтобы запрограммировать другое число, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда, а клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения.
3. По завершении установки нужного числа циклов активизации нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SETUP ARM LAYER.

CONTROL

Этот пункт меню можно использовать для разрешения или отмены обхода источника управления. Обход источника управления используется для обхода события активизации при первоначальном прохождении через уровень активизации. Чтобы выбрать этот пункт из меню SETUP ARM LAYER, поместите курсор на CONTROL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

TRIGGER CONTROL
SOURCE ACCEPTOR

SOURCE: При выборе этого варианта разрешается обход источника управления. При первоначальном прохождении через уровень активизации обходится событие активизации. Это позволяет перейти на уровень сканирования, не дожидаясь появления запрограммированного события.

ACCEPTOR: При выборе этого варианта отменяется обход источника управления.

3.7.5 Останов запуска

Для отмены активизации прибора и его перевода в дежурное состояние используется пункт HALT меню CONFIGURE TRIGGER. Чтобы возобновить запуск прибора, следует нажать клавишу TRIG.

Чтобы остановить запуск прибора, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу TRIG, чтобы вызвать меню CONFIGURE TRIGGER.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт HALT и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее временное сообщение:

TRIGGERS HALTED
Press TRIG key to resume.

3.7.6 Внешний запуск

На задней панели мультиметров типа 2001 и 2002 расположены соединители типа BNC для внешнего запуска (см. рис. 26). Входное гнездо EXTERNAL TRIGGER INPUT предназначено для запуска мультиметра от других приборов. Выходное гнездо METER COMPLETE OUTPUT предназначено для вывода импульсов запуска с мультиметра на другие приборы.

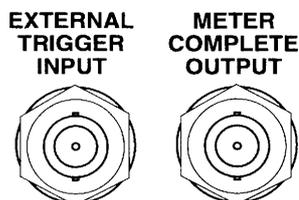


Рис. 26 Соединители типа BNC для внешнего запуска

Сигнал внешнего запуска

На вход EXTERNAL TRIGGER INPUT должен подаваться запускающий импульс в стандарте TTL с отрицательным передним фронтом, параметры которого указаны на рис. 27. Для того, чтобы мультиметр реагировал на эти сигналы, следует соответствующим образом сконфигурировать модель запуска (см. разделы 3.7.2 ? 3.7.4).

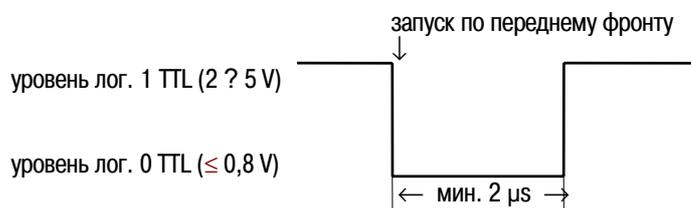


Рис. 27 Параметры импульса внешнего запуска и асинхронного входного импульса Trigger Link

Сигнал завершения измерения

На выходе METER COMPLETE OUTPUT формируется импульс в стандарте TTL, который можно использовать для запуска других приборов. Параметры этого импульса указаны на рис. 28.

Мультиметр обычно выводит этот запускающий импульс по завершении переходного процесса каждого измерения. (Время установления переходного процесса охватывает внутреннюю установку длительности переходного процесса при измерении и запрограммированную пользователем длительность задержки). Выходной импульс завершения измерения подается после каждого измерения, если выбран источник запуска измерений EXTERNAL, TIMER, MANUAL или IMMEDIATE. (Программирование уровня измерений описано в разделе 3.7.2).

Мультиметр может также выводить этот импульс на уровнях сканирования и/или активизации (см. рис. 25). Если разрешен обход источника управления на уровне сканирования (Control = Source) и выбран внешний (External) источник запуска сканирования, то сигнал запуска выводится при каждом обратном проходе через уровень сканирования. Если разрешен обход источника управления на уровне активизации (Control = Source) и выбран внешний (External) источник активизации, то сигнал запуска выводится при каждом обратном проходе через уровень активизации. (Программирование уровней сканирования и активизации описано в разделах 3.7.3 и 3.7.4).

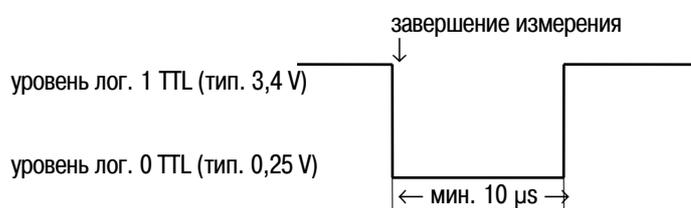


Рис. 28 Параметры импульса завершения измерения и асинхронного выходного импульса Trigger Link

Пример № 1 организации внешнего запуска

В типичной измерительной системе Вам может понадобиться замкнуть канал, затем измерить мультиметром сигнал испытываемого устройства, подключенного к этому каналу. На рис. 29 показана такая измерительная система, где мультиметр типа 2002 используется для измерения сигналов десяти испытываемых устройств (DUT), коммутируемых платой мультиплексора типа 7011 в коммутационной системе типа 7001 или 7002.

Соединение для внешнего запуска в этой измерительной системе показано на рис. 30. Выход "готовность канала" (Channel Ready) коммутационной системы типа 7001 или 7002 соединен со входом внешнего запуска (External Trigger Input) мультиметра типа 2002. Выход сигнала завершения измерения (Meter Complete Output) мультиметра соединен со входом внешнего запуска (External Trigger) коммутационной системы.

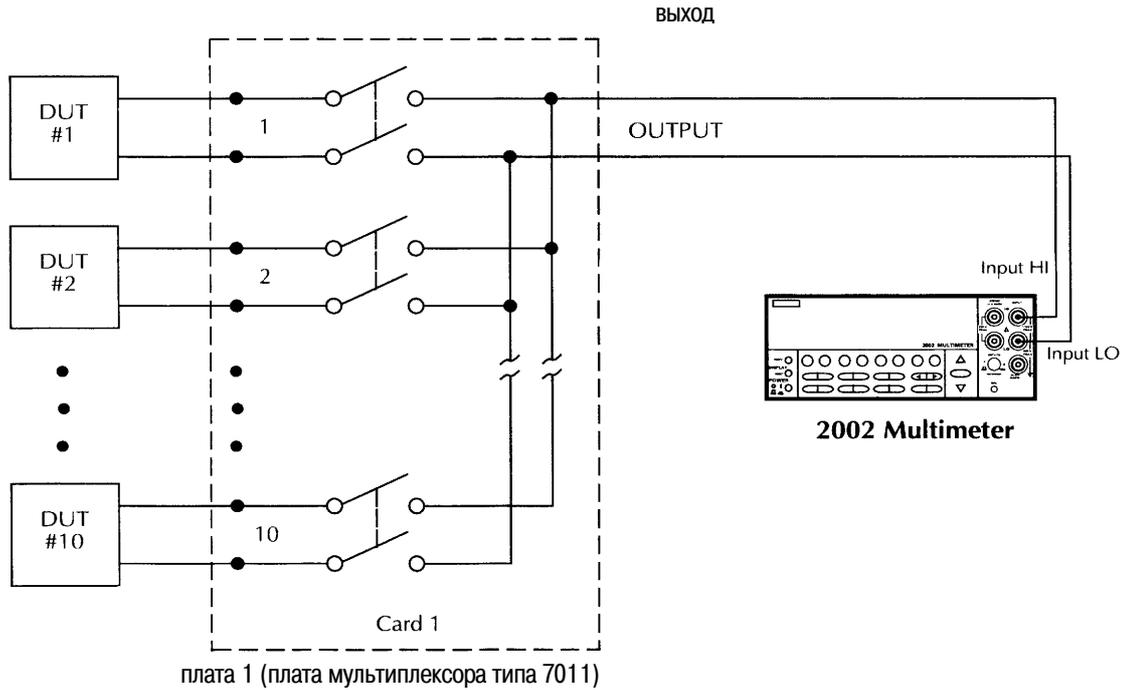


Рис. 29 Пример измерительной системы

коммутационная система типа 7001 или 7002

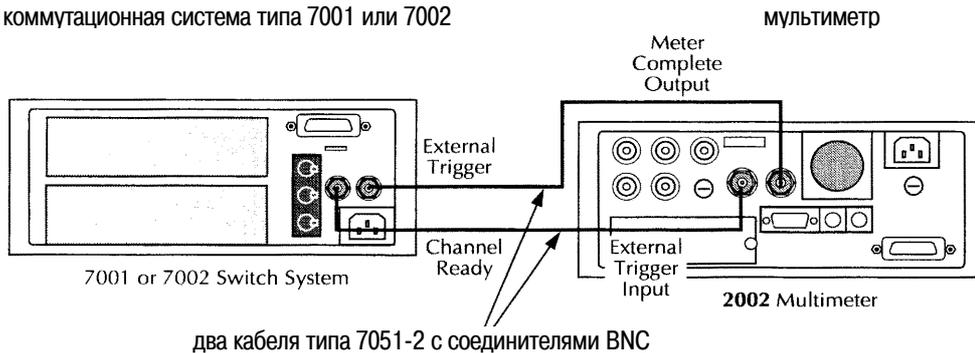


Рис. 30 Соединение для внешнего запуска

В данном примере мультиметр (типа 2001 или 2002) и коммутационная система типа 7001 или 7002 сконфигурированы следующим образом:

Мультиметр:

Дежурное состояние: Bench reset = :INIT:CONT ON*

Уровень активизации: Arm source = Immediate*
Arm count = 1*
Arm trigger control = Acceptor*

Уровень сканирования: Scan source = Immediate*
Scan count = Infinite*
Scan trigger control = Acceptor*

Уровень измерений: Measure source = External
Measure count = Infinite*
Measure trigger control = Acceptor*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Коммутационная система типа 7001 или 7002:

Дежурное состояние:	Reset = :INIT:CONT OFF*
Список сканирования:	1!1-1!10
Уровень активизации:	Arm spacing = Immediate* Arm count = 1* Arm trigger control = Acceptor*
Уровень сканирования:	Scan spacing = Immediate* Number of scans = 1 Scan trigger control = Acceptor*
Уровень каналов:	Channel spacing = External Number of channels = Use scanlist length* Channel trigger control = Source*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Обратите внимание на то, что у мультиметра восстановлена установка параметров "по умолчанию" BENCH. При этом условия мультиметр сохраняет активизацию. Поскольку источник активизации и источник запуска сканирования установлены на Immediate, то мультиметр ожидает сигнала запуска на уровне измерений.

При установке Channel Trigger Control = Source у коммутационной системы типа 7001 операция сканирования первоначально не требует внешнего запуска для замыкания первого канала. Поскольку здесь действуют установки Arm spacing = Immediate и Scan spacing = Immediate, то сканирование начинается сразу же при выводе сканера из дежурного состояния нажатием клавиши STEP.

При нажатии клавиши STEP на передней панели:

- Сканер активизируется и замыкает первый канал.
- По завершении переходного процесса в канале 1!1 с выхода Channel Ready коммутационной системы типа 7001 подается запускающий импульс на вход мультиметра External Trigger Input для запуска измерения сигнала от испытываемого устройства DUT #1.
- После того, как мультиметр завершит измерение, он выводит сигнал запуска через разъем Meter Complete Output на вход внешнего запуска (External Trigger) системы типа 7001, который замыкает следующий канал.
- По завершении переходного процесса в канале 1!2 на мультиметр подается запускающий импульс для запуска измерения сигнала от испытываемого устройства DUT #2.

Этот процесс продолжается, пока не будут выполнены измерения во всех десяти каналах.

Здесь можно использовать возможность занесения результатов измерений в память по мере их появления. Нажмите клавишу STORE, чтобы установить число подлежащих занесению в память отсчетов, затем нажмите клавишу ENTER. Мультиметр ожидает сигнала запуска от системы типа 7001 (при этом светится вспомогательный индикатор "**"), прежде чем выполнить измерение, занести результат измерения в память и послать запускающий импульс.

Пример № 2 организации внешнего запуска

Внешний запуск может быть также использован в измерительной системе, состоящей из мультиметра (типа 2001 или типа 2002) и сканера типа 706. При этом используется соединение для внешнего запуска, аналогичное изображенному на рис. 30. Выход "готовность канала" (Channel Ready) сканера типа 706 соединяется со входом внешнего запуска (External Trigger Input) мультиметра. Выход сигнала завершения измерения (Meter Complete Output) мультиметра соединяется со входом внешнего запуска (External Trigger) сканера типа 706.

3.7.7 Система запуска Trigger Link

Мультиметры типа 2001 и 2002 оборудованы усовершенствованной системой внешнего запуска Trigger Link. Эта система содержит шесть каналов, что позволяет управлять шестью приборами через эту шину запуска. Для ввода и вывода сигналов запуска используются восьмиконтактные соединители типа micro-DIN, (см. рис. 31), расположенные на задней панели мультиметра.

Примечание: Оба эти разъема в действительности запараллелены. Поэтому не имеет значения, каким из них Вы будете пользоваться для соединения с другим прибором.

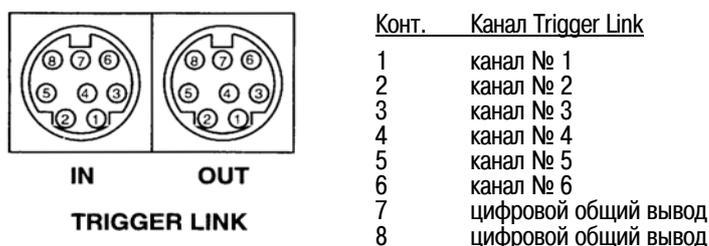


Рис. 31 Соединители Trigger Link

Подаваемые на мультиметр входные сигналы запуска Trigger Link в общем используются для управления измерительными операциями. Чтобы мультиметр реагировал на совместимые с Trigger Link сигналы запуска, должны быть надлежащим образом запрограммированы соответствующие уровни модели запуска. Например, если Вы хотите, чтобы измерительный процесс управлялся сигналами запуска Trigger Link, Вы должны запрограммировать источник запуска измерений на события запуска TRIGLINK. Выходной сигнал запуска Trigger Link с мультиметра обычно используется для запуска сканера на замыкание следующего канала.

Существует два режима работы системы Trigger Link – асинхронный и полусинхронный. В асинхронном режиме для передачи входных и выходных сигналов запуска применяются отдельные каналы (линии связи). В полусинхронном режиме для передачи входных и выходных сигналов запуска используется один и тот же канал.

Асинхронный режим работы Trigger Link

В асинхронном режиме система Trigger Link в основном функционирует так же, как и при внешнем (External) запуске (см. раздел 3.7.6). Как и при внешнем запуске, здесь используются отдельные каналы для передачи входных и выходных сигналов запуска. Кроме того, в асинхронном режиме используются такие же импульсы в стандарте TTL, что и при внешнем запуске. Параметры входных и выходных запускающих импульсов в асинхронном режиме показаны на рис. 27 и 28.

В типовом применении асинхронного режима Trigger Link используется конфигурация уровня измерений с установкой источника запуска измерений на TRIGLINK и установкой режима Triggerlink на ASYNCHRONOUS. Вы можете также выбрать входные и выходные каналы запуска для уровня измерений. Для этого можно использовать любые из шести каналов, но нельзя использовать один и тот же канал для входа и выхода. Например, если Вы выбрали для входа запуска канал #1, то для выхода следует использовать один из остальных пяти каналов (#2 ? #6).

При функционировании прибора на уровне измерений каждый входной импульс запуска Trigger Link приводит к запуску измерения. По истечении времени запрограммированной пользователем задержки (DELAY) и времени установления переходного процесса при измерении мультиметр выводит сигнал завершения Trigger Link (обычно он подается на сканер для замыкания следующего канала). Для конфигурирования уровня измерений используется меню CONFIG-TRIG (см. раздел 3.7.2).

Уровни сканирования и/или активизации также можно запрограммировать на применение Trigger Link. При этом на TRIGLINK устанавливаются источник управления сканированием и источник активизации. При использовании системы Trigger Link на этих уровнях Вы должны выбрать соответствующие входные и выходные каналы запуска, как и при конфигурировании уровня измерений. Имейте в виду, что на уровнях сканирования и активизации Вы можете использовать те же самые каналы, которые Вы выбрали на уровне измерений.

Пример № 1 применения Trigger Link в асинхронном режиме

В типичной измерительной системе Вам может понадобиться замкнуть канал, затем измерить мультиметром сигнал испытываемого устройства, подключенного к этому каналу. На рис. 32 показана такая измерительная система, где мультиметр типа 2002 используется для измерения сигналов десяти испытываемых устройств (DUT), коммутируемых платой мультиплексора типа 7011 в коммутационной системе типа 7001 или 7002.

Соединение кабелем Trigger Link в этой измерительной системе показано на рис. 33. Разъем Trigger Link мультиметра соединяется с разъемом Trigger Link коммутационной системы типа 7001/7002 единственным кабелем.

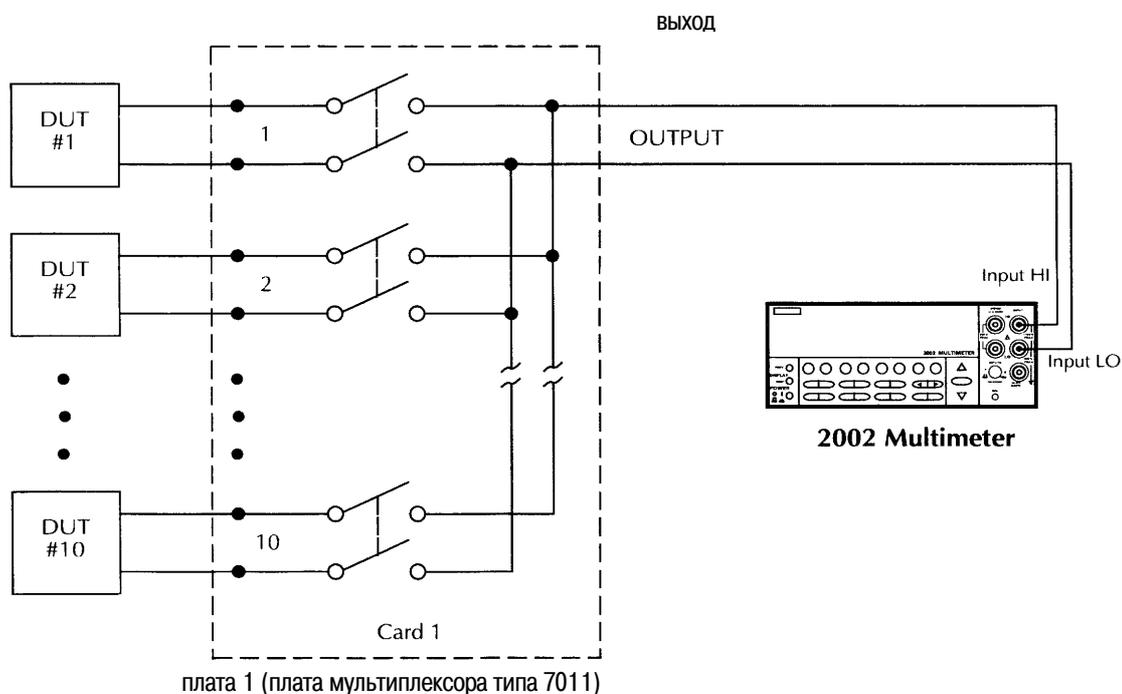


Рис. 32 Пример измерительной системы

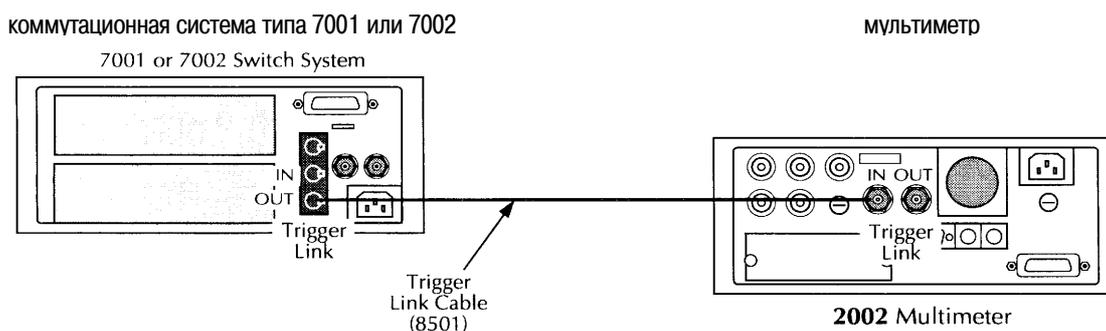


Рис. 33 Соединение кабелем Trigger Link (пример № 1 применения в асинхронном режиме)

В данном примере мультиметр (типа 2001 или 2002) и коммутационная система типа 7001 или 7002 сконфигурированы следующим образом:

Мультиметр:

Дежурное состояние: Bench reset = :INIT:CONT ON*
 Уровень активизации: Arm source = Immediate*
 Arm count = 1*
 Arm trigger control = Acceptor*
 Уровень сканирования: Scan source = Immediate*
 Scan count = Infinite*
 Scan trigger control = Acceptor*
 Уровень измерений: Measure source = TrigLink
 Trigger Link mode = Asynchronous*
 Input line = #2
 Output line = #1*
 Measure count = 10
 Measure trigger control = Acceptor*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Коммутационная система типа 7001 или 7002:

Дежурное состояние: Reset = :INIT:CONT OFF*
 Список сканирования: 1!1-1!10
 Уровень активизации: Arm spacing = Immediate*
 Arm count = 1*
 Arm trigger control = Acceptor*
 Уровень сканирования: Scan spacing = Immediate*
 Number of scans = 1
 Scan trigger control = Acceptor*
 Уровень каналов: Channel spacing = TrigLink
 Trigger link mode = Asynchronous*
 Input line = #1*
 Output line = #2*
 Number of channels = Use scanlist length*
 Channel trigger control = Source*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Обратите внимание на то, что у мультиметра восстановлена установка параметров "по умолчанию" BENCH. При этом условии мультиметр сохраняет активизацию. Поскольку источник активизации и источник запуска сканирования установлены на Immediate, то мультиметр ожидает сигнала запуска на уровне измерений.

При установке Channel Trigger Control = Source у коммутационной системы типа 7001 операция сканирования первоначально не требует внешнего запуска для замыкания первого канала. Поскольку здесь действуют установки Arm spacing = Immediate и Scan spacing = Immediate, то сканирование начинается сразу же при выводе сканера из дежурного состояния нажатием клавиши STEP.

Чтобы выполнить измерения с занесением их результатов в память мультиметра, нажмите клавишу STORE на передней панели мультиметра, введите нужное число отсчетов (10) и нажмите клавишу ENTER. Мультиметр ожидает сигнала запуска Trigger Link от коммутационной системы типа 7001/7002 (при этом светится вспомогательный индикатор "звездочка" ("*").

Нажмите клавишу STEP на коммутационной системе типа 7001/7002, чтобы начать сканирование. Выходной импульс сканера запускает мультиметр, который выполняет измерение, заносит его результат в память и выводит импульс запуска. Для дальнейшего объяснения хода процесса используется функциональная модель, приведенная на рис. 34.

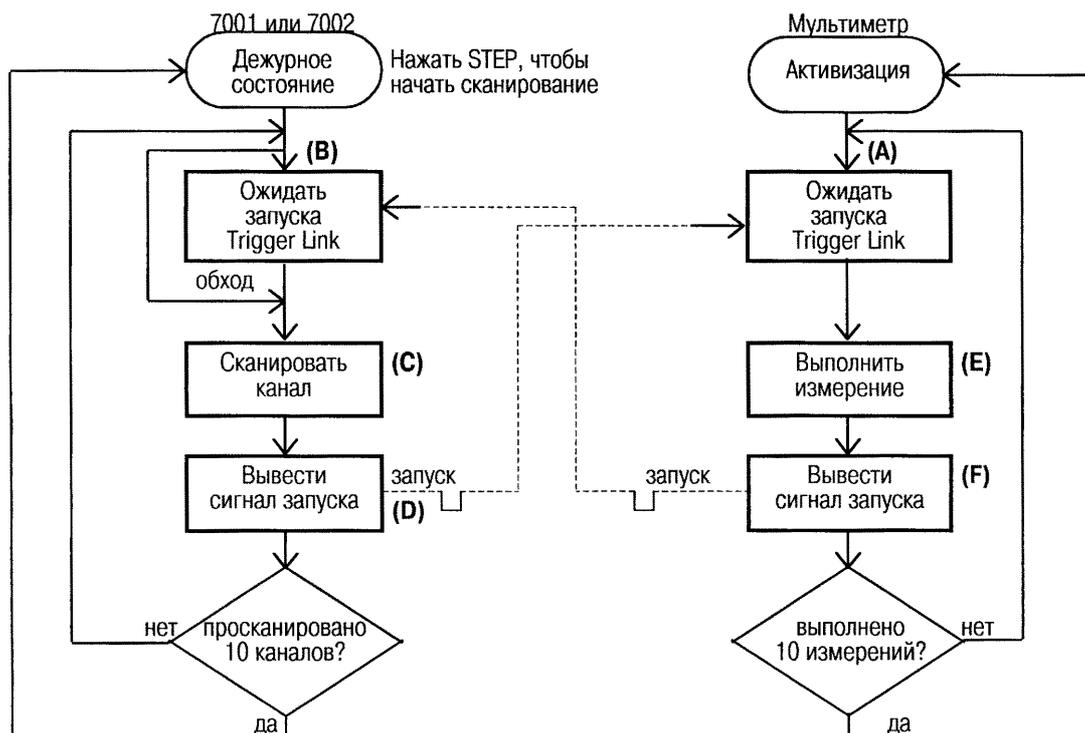


Рис. 34 Функциональная модель для примера № 1 применения Trigger Link в асинхронном режиме

- (A) Состояние BENCH RESET активизирует мультиметр и помещает его в точку (A) функциональной модели, где он ждет сигнала запуска Trigger Link. Отметим, что функционирование немедленно переходит на уровень измерений в точку (A), поскольку уровни активизации и сканирования запрограммированы на непосредственный (Immediate) источник управления.
- (B) Нажатие клавиши STEP выводит коммутационную систему 7001/7002 из дежурного состояния и помещает систему в точку (B) функциональной модели. Функционирование немедленно переходит на уровень каналов в точку (B), поскольку на уровнях активизации и сканирования запрограммировано Arm spacing = Immediate и Scan spacing = Immediate.
- (C) Поскольку здесь запрограммировано Channel trigger control = Source, то сканер не ждет сигнала запуска в точке (B). Вместо этого он обходит блок "Ожидать запуска Trigger Link" и замыкает первый канал (точка (C)). Имейте в виду, что этот обходной путь действует только при первом прохождении функциональной модели.
- (D) По завершении переходного процесса переключения реле коммутационная система выводит импульсный сигнал готовности канала (Channel Ready) – точка (D). Поскольку прибор запрограммирован на сканирование десяти каналов, то происходит возврат в точку (B), где он ждет входного сигнала запуска. Обратите внимание на то, что обходной путь теперь не действует.
- (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 списке сканирования. Это запускает мультиметр на измерение сигнала от следующего испытываемого устройства. Этот процесс продолжается, пока не будет завершение сканирование и измерение всех каналов.

Внешний запуск и Trigger Link

Как уже упоминалось выше, запускающие импульсы в асинхронном режиме Trigger Link идентичны запускающим импульсам, которые используются при внешнем (External) запуске. Единственным фактором, препятствующим их совместному использованию в измерительной системе, является несовместимость соединителей. Система Trigger Link использует восьмиконтактные соединители micro-DIN, а для внешнего (External) запуска используются коаксиальные соединители типа BNC.

Проблему несовместимости разъемов можно решить путем применения адаптера Trigger Link типа 8502. Этот адаптер имеет два восьмиконтактных соединителя micro-DIN с одной стороны и шесть соединителей BNC с другой стороны. Соединители micro-DIN непосредственно стыкуются с соединителем Trigger Link на задней панели мультиметра с помощью кабеля Trigger Link. Соединители BNC непосредственно стыкуются с соединителями BNC внешнего запуска на других приборах с помощью стандартных кабелей.

На рис. 35 показан пример подключения сканера Keithley типа 706 к разъему Trigger Link мультиметра типа 2002 через адаптер. С этим адаптером можно использовать сканер типа 706 вместо коммутационной системы типа 7001 или 7002 в предыдущем примере. При установке сканера типа 706 на внешний запуск (External Triggering) измерительный процесс начинается, когда будет выбран и инициирован режим однократного сканирования (single scan).

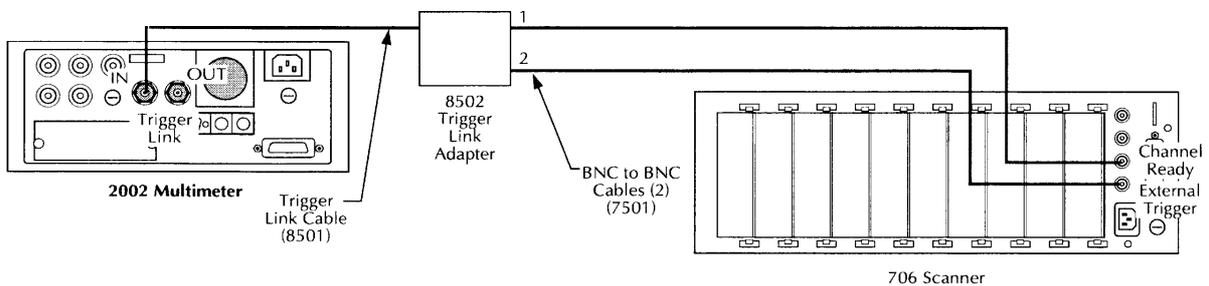


Рис. 35 Соединение через адаптер Trigger Link

Пример № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме

В этом примере (рис. 36) измерительная система содержит мультиметр типа 2002, который должен измерять сигналы от каждого испытываемого устройства (DUT) при двух различных уровнях питающего напряжения, которое подается на испытываемые устройства от источника напряжения типа 230. При установке источника на первый уровень напряжения производится сканирование и измерение десяти каналов. После этого устанавливается второй уровень напряжения и снова производится сканирование и измерение десяти каналов.

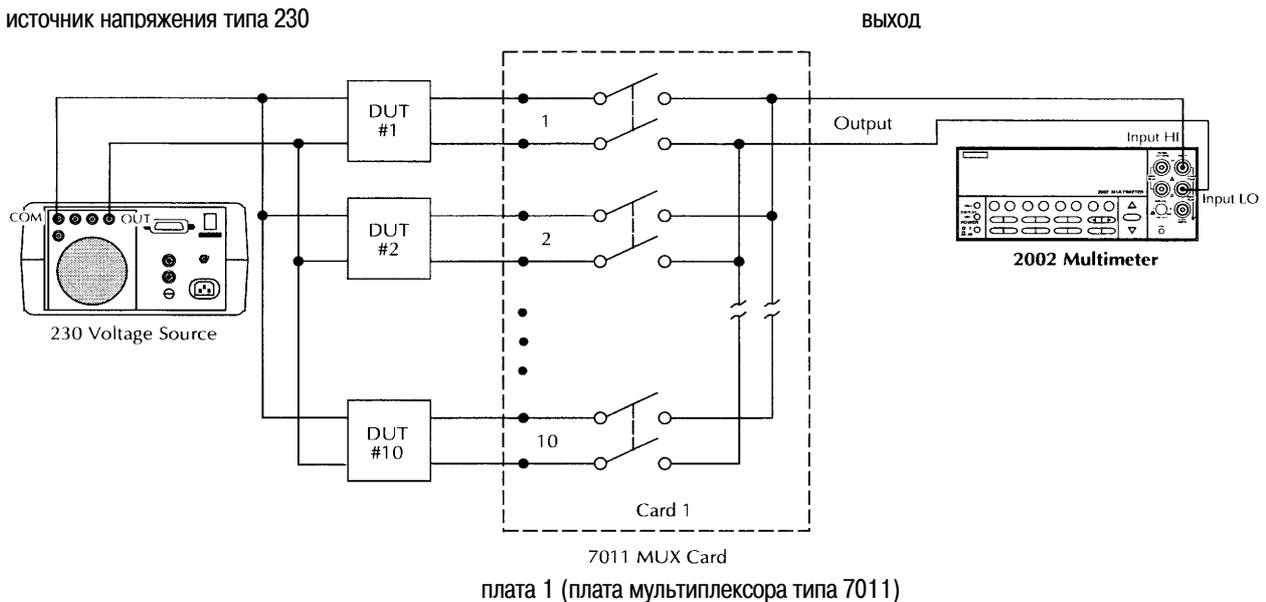


Рис. 36 Измерительная система (пример № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме)

В этом примере используется прибор, не оборудованный соединителем Trigger Link (источник напряжения типа 230), поэтому здесь используется адаптер Trigger Link типа 8502. Схема соединений показана на рис. 37.

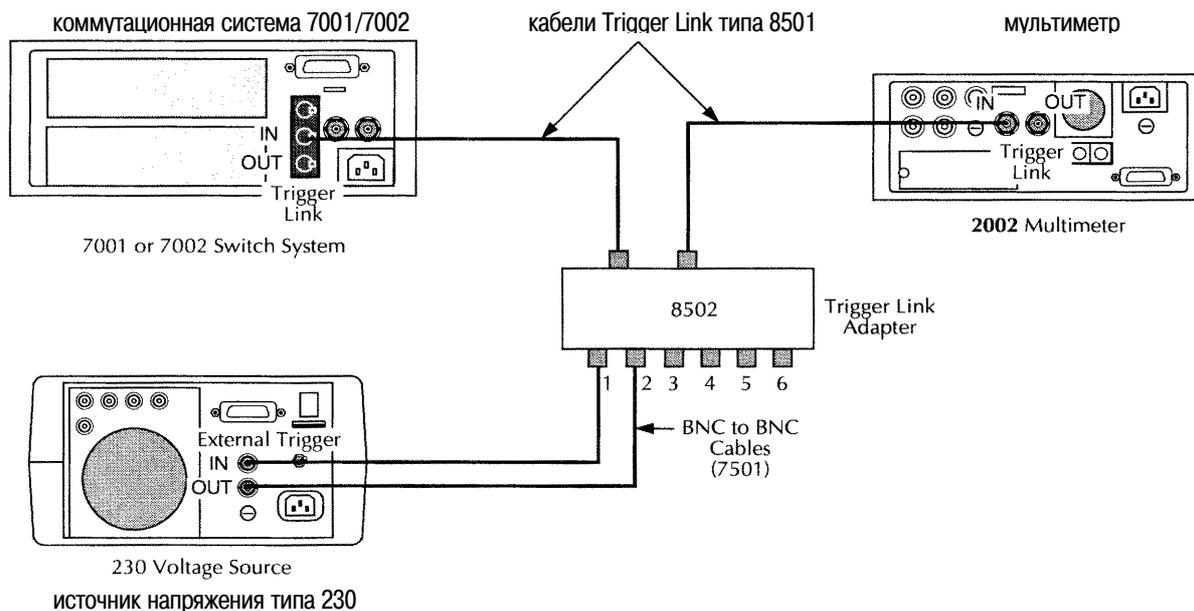


Рис. 37 Соединения Trigger Link (пример № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме)

В данном примере источник напряжения типа 230 запрограммирован на внешний запуск (External Triggering) и установлен на первый уровень выходного напряжения. Мультиметр (типа 2001 или 2002) и коммутационная система (типа 7001 или 7002) сконфигурированы следующим образом:

Мультиметр:

Дежурное состояние:	Bench reset = :INIT:CONT ON*
Уровень активизации:	Arm source = Immediate*
	Arm count = 1*
	Arm trigger control = Acceptor*
Уровень сканирования:	Scan source = Immediate*
	Scan count = Infinite*
	Scan trigger control = Acceptor*
Уровень измерений:	Measure source = TrigLink
	Trigger Link mode = Asynchronous
	Input line = #3
	Output line = #4
	Measure count = 20
	Measure trigger control = Acceptor*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Коммутационная система типа 7001 или 7002:

Дежурное состояние:	Reset = :INIT:CONT OFF*
Список сканирования:	1!1-1!10
Уровень активизации:	Arm spacing = Immediate* Arm count = 1* Arm trigger control = Acceptor*
Уровень сканирования:	Scan spacing = TrigLink Trigger link mode = Asynchronous Input line = #2 Output line = #1 Number of scans = 2 Scan trigger control = Source
Уровень каналов:	Channel spacing = TrigLink Trigger link mode = Asynchronous Input line = #4 Output line = #3 Number of channels = 20 Channel trigger control = Source*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Обратите внимание на то, что у мультиметра восстановлена установка параметров "по умолчанию" BENCH. При этом условии мультиметр сохраняет активизацию. Поскольку источник активизации и источник запуска сканирования установлены на Immediate, то мультиметр ожидает сигнала запуска на уровне измерений.

Чтобы выполнить измерения с занесением их результатов в память мультиметра, нажмите клавишу STORE на передней панели мультиметра, введите нужное число отсчетов (20) и нажмите клавишу ENTER. Мультиметр ожидает сигнала запуска Trigger Link от коммутационной системы типа 7001/7002 (при этом светится вспомогательный индикатор "звездочка" ("*").

Нажмите клавишу STEP на коммутационной системе типа 7001/7002, чтобы начать сканирование. Для дальнейшего объяснения хода процесса используется функциональная модель, приведенная на рис. 38.

- (A) Нажатие клавиши STEP на коммутационной системе типа 7001/7002 выводит ее из дежурного состояния и помещает функционирование в точку (A) функциональной модели. Поскольку для уровня активизации запрограммировано Arm spacing = Immediate, то функционирование переходит на уровень сканирования в точку (A).
- (B) Поскольку у коммутационной системы типа 7001/7002 действует установка Scan trigger control = Source, то она не задерживается в точке (A) для ожидания сигнала запуска. Вместо этого она обходит функциональный блок "Ожидать запуска Trigger Link" и переходит в точку (B). Имейте в виду, что этот обходной путь действует только при первом прохождении через функциональную модель.
- (C) Поскольку у коммутационной системы типа 7001/7002 действует установка Channel trigger control = Source, то она не задерживается в точке (B) для ожидания сигнала запуска. Вместо этого она обходит функциональный блок "Ожидать запуска Trigger Link" и замыкает первый канал – точка (C). Имейте в виду, что этот обходной путь действует только при первом прохождении через функциональную модель.
- (D) По завершении переходного процесса переключения реле коммутационная система выводит импульс запуска Trigger Link – точка (D). Поскольку прибор запрограммирован на сканирование десяти каналов, то происходит возврат в точку (B), где он ждет входного сигнала запуска. Обратите внимание на то, что обходной путь теперь не действует.
- (E) Импульс запуска от системы типа 7001/7002 запускает мультиметр на измерение сигнала от испытываемого устройства DUT #1. По завершении измерения мультиметр выводит импульс запуска Trigger Link – точка (E). Сигнал запуска, подаваемый на коммутационную систему 7001/7002 от мультиметра, замыкает следующий канал в списке сканирования. Это запускает мультиметр на измерение сигнала от следующего испытываемого устройства. Этот процесс продолжается, пока не будет завершено сканирование и измерение всех десяти каналов.

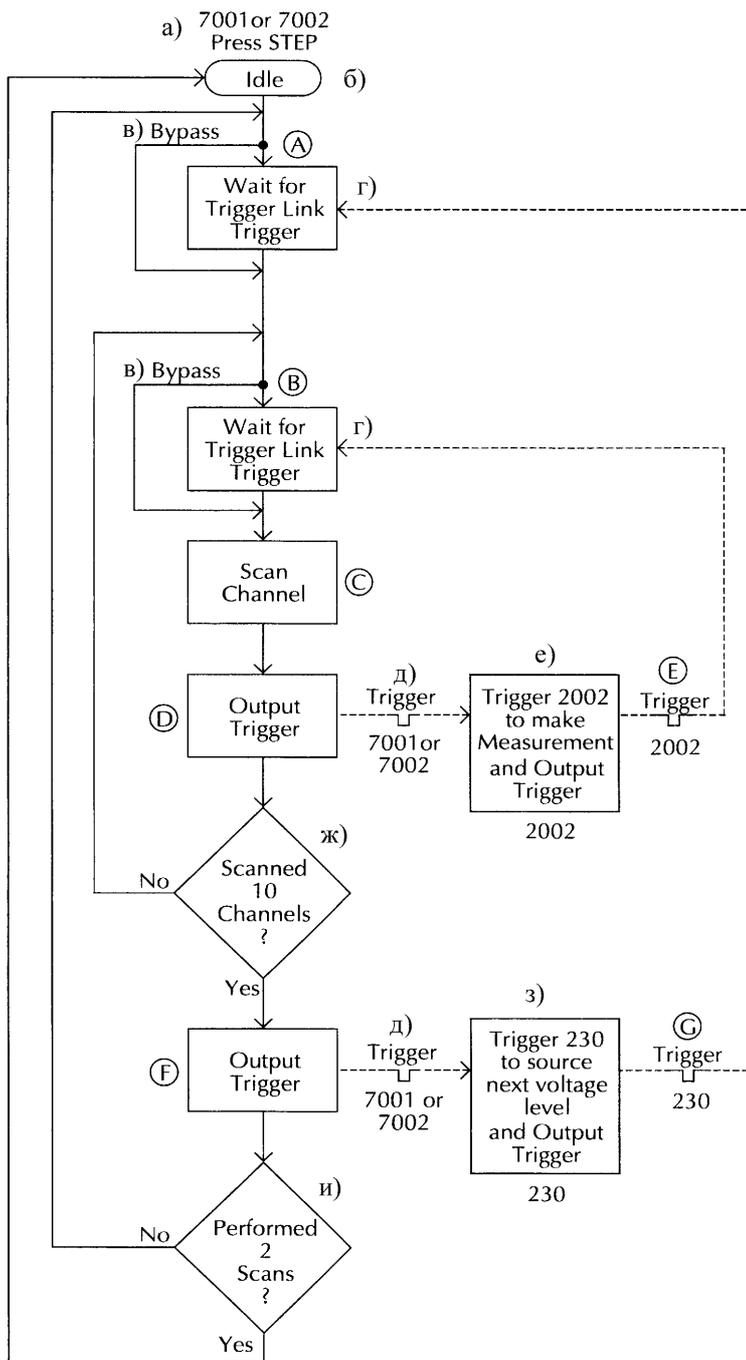


Рис. 38 Функциональная модель для примера № 2 применения Trigger Link в асинхронном режиме

- | | |
|---|--|
| <p>а) нажать клавишу STEP
 б) дежурное состояние
 в) обход
 г) ожидать запуска Trigger Link
 д) запуск 7001 или 7002
 е) запустить мультиметр на выполнение измерения и вывод сигнала запуска</p> | <p>ж) просканировано 10 каналов?
 з) запустить источник напряжения типа 230 на подачу следующего уровня напряжения и вывод сигнала запуска
 и) выполнено 2 цикла сканирования?
 (С) сканировать канал
 (Д), (F) вывести сигнал запуска</p> |
|---|--|

- (F) По завершении сканирования и измерения последнего канала функционирование переходит в точку (F), где система типа 7001/7002 выводит импульс запуска. Поскольку коммутационная система запрограммирована на выполнение двух циклов сканирования, то функционирование возвращается в точку (A), где система ожидает сигнала запуска. Отметим, что обходной путь больше не действует.
- (G) Импульс запуска от коммутационной системы типа 7001/7002 запускает источник напряжения типа 230 на подачу следующего запрограммированного уровня напряжения. По завершении переходного процесса установления напряжения источник типа 230 выводит импульс запуска – точка (G).

Этот импульс запуска подается на коммутационную систему типа 7001/7002 и переводит функционирование в точку (B). Теперь снова действует обходной путь, поскольку начинается новый цикл сканирования. Поэтому функционирование переходит в точку (C), где снова производится замыкание первого канала и измерение его сигнала. Далее производится сканирование и измерение остальных каналов, как описано выше.

По завершении замыкания последнего канала во втором цикле сканирования и измерения его сигнала коммутационная система типа 7001/7002 возвращается в дежурное состояние.

Полусинхронный режим работы Trigger Link

В полусинхронном режиме работы системы Trigger Link все сигналы запуска (входные и выходные) передаются по одному каналу. При переходе с уровня лог. 1 (+5 V) на уровень лог. 0 (0 V) запуск осуществляется по отрицательному перепаду напряжения. При переходе с уровня лог. 0 на уровень лог. 1 запуск осуществляется по положительному перепаду напряжения (см. рис. 39). Преимущество этого одноканального запуска заключается в том, что сигналы запуска блокируются, пока один из приборов в системе удерживает канал в состоянии логического нуля. Другими словами, сигнал запуска не возникает, пока не будут готовы все приборы в системе.



Рис. 39 Параметры импульсов запуска Trigger Link в полусинхронном режиме

Предположим, к примеру, что мультиметр типа 2002 подключен к двум коммутационным системам типа 7001 или 7002 для работы в полусинхронном режиме Trigger Link, как показано на рис. 40. Все три прибора запрограммированы на применение канала запуска #1. Длительность переходного процесса при переключении реле у этих двух коммутационных систем типа 7001/7002 составляет 10 мсек и 50 мсек, соответственно. Мультиметр назначен в качестве источника управления запуском, а обе коммутационные системы являются приемниками сигналов запуска.

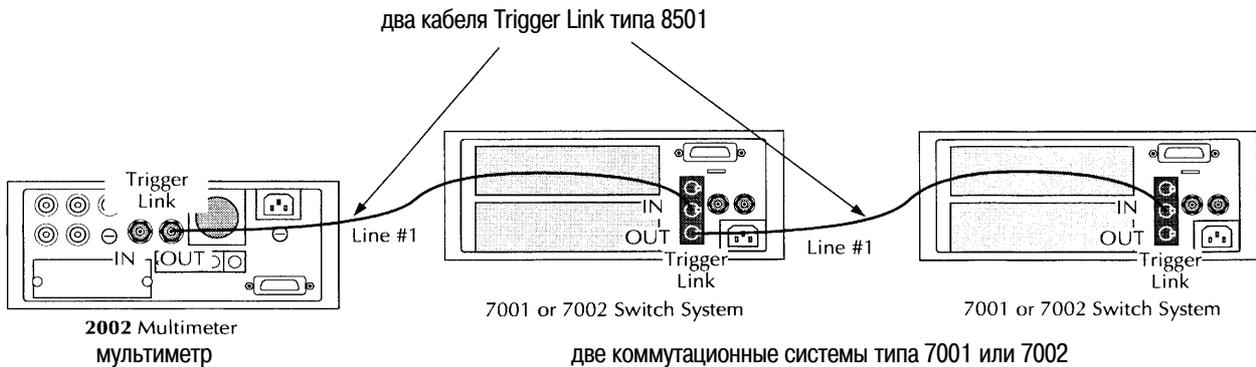


Рис. 40 Пример типичного соединения в полусинхронном режиме Trigger Link

Допустим, мультиметр первоначально выполняет измерение. По завершении измерения мультиметр переключает канал запуска в состояние лог. 0. Отрицательный перепад запускающего сигнала запускает обе коммутационные системы на замыкание канала. Пока идет процесс замыкания канала, коммутационные системы удерживают канал запуска в состоянии лог. 0. Спустя 10 мс после переключения первая система типа 7001/7002 освобождает канал запуска, однако он удерживается в состоянии лог. 0 второй коммутационной системой, у которой еще не завершился переходной процесс коммутации. Спустя 50 мс после переключения вторая система типа 7001/7002 также освобождает канал запуска. Положительный фронт запускающего сигнала запускает мультиметр на измерение, после чего мультиметр снова переключает канал запуска в состояние лог. 0, что вызывает замыкание следующего канала. Этот процесс продолжается до завершения сканирования и измерения всех каналов.

Пример применения *Trigger Link* в полусинхронном режиме

В этом примере используется такая же измерительная система (рис. 32), как и в примере № 1 применения *Trigger Link* в асинхронном режиме, однако здесь производится запуск в полусинхронном режиме. Соединение кабелем *Trigger Link* показано на рис. 41.

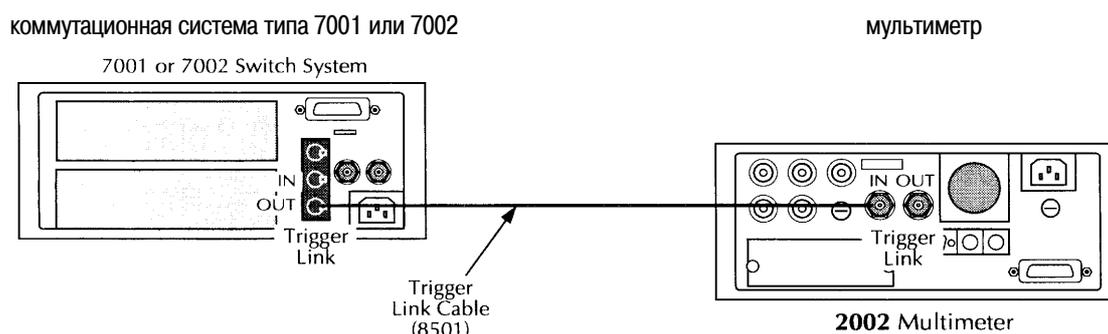


Рис. 41 Соединение кабелем *Trigger Link* (пример применения в полусинхронном режиме)

Мультиметр (типа 2001 или 2002) и коммутационная система (типа 7001 или 7002) сконфигурированы следующим образом:

Мультиметр:

Дежурное состояние: Bench reset = :INIT:CONT ON*

Уровень активизации: Arm source = Immediate*
Arm count = 1*
Arm trigger control = Acceptor*

Уровень сканирования: Scan source = Immediate*
Scan count = Infinite*
Scan trigger control = Acceptor*

Уровень измерений: Measure source = TrigLink
Trigger Link mode = Semi-synchronous
Semi-sync line = #1*
Measure count = 10
Measure trigger control = Acceptor*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Коммутационная система типа 7001 или 7002:

Дежурное состояние:	Reset = :INIT:CONT OFF*
Список сканирования:	1!1-1!10
Уровень активизации:	Arm spacing = Immediate* Arm count = 1* Arm trigger control = Acceptor*
Уровень сканирования:	Scan spacing = Immediate* Number of scans = 1 Scan trigger control = Acceptor*
Уровень каналов:	Channel spacing = TrigLink Trigger link mode = Semi-synchronous Semi-sync line = #1 Number of channels = Use Scanlist length* Channel trigger control = Source*

* Установка параметров BENCH RESET (и заводская установка "по умолчанию").

Чтобы выполнить измерения с занесением их результатов в память мультиметра, нажмите клавишу STORE на передней панели мультиметра, введите нужное число отсчетов (10) и нажмите клавишу ENTER. Мультиметр ожидает сигнала запуска Trigger Link от коммутационной системы типа 7001/7002 (при этом светится вспомогательный индикатор "звездочка" ("*")).

Нажмите клавишу STEP на коммутационной системе типа 7001/7002, чтобы начать сканирование. Для дальнейшего объяснения хода процесса используется функциональная модель, приведенная на рис. 42.

- (A) Состояние BENCH RESET активизирует мультиметр и помещает его в точку (A) функциональной модели, где он ждет сигнала запуска Trigger Link. Отметим, что функционирование немедленно переходит на уровень измерений в точку (A), поскольку уровни активизации и сканирования запрограммированы на непосредственный (Immediate) источник управления.
- (B) Нажатие клавиши STEP выводит коммутационную систему 7001/7002 из дежурного состояния и помещает систему в точку (B) функциональной модели. Функционирование немедленно переходит на уровень каналов в точку (B), поскольку на уровнях активизации и сканирования запрограммировано Arm spacing = Immediate и Scan spacing = Immediate.
- (C) Поскольку здесь запрограммировано Channel trigger control = Source, то сканер не ждет сигнала запуска в точке (B). Вместо этого он обходит блок "Ожидать запуска Trigger Link" и замыкает первый канал (точка (C)). Имейте в виду, что этот обходной путь действует только при первом прохождении функциональной модели.
- (D) По завершении переходного процесса переключения реле коммутационная система переключает канал запуска Trigger Link в состояние лог. 0 – точка (D). Поскольку прибор запрограммирован на сканирование десяти каналов, то происходит возврат в точку (B), где он ждет входного сигнала запуска. Обратите внимание на то, что обходной путь теперь не действует.
- (E),(F) Напомним, что мультиметр ждет сигнала запуска в точке (A). Отрицательный перепад уровня в канале запуска от системы 7001/7002 запускает мультиметр на измерение сигнала с испытываемого устройства (DUT) № 1 (точка (E)). Отметим, что мультиметр удерживает канал запуска в состоянии лог. 0. По завершении измерения мультиметр освобождает канал запуска (при этом он переключается на уровень лог. 1 – точка (F)). Далее мультиметр возвращается в точку (A), где снова ждет очередного сигнала запуска.

Положительный перепад уровня, подаваемый на коммутационную систему 7001/7002 от мультиметра, замыкает следующий канал в списке сканирования. При этом канал запуска переключается на уровень лог. 0. Этот отрицательный перепад уровня запускает мультиметр на измерение сигнала от следующего испытываемого устройства. Этот процесс продолжается, пока не будет завершено сканирование и измерение всех каналов.

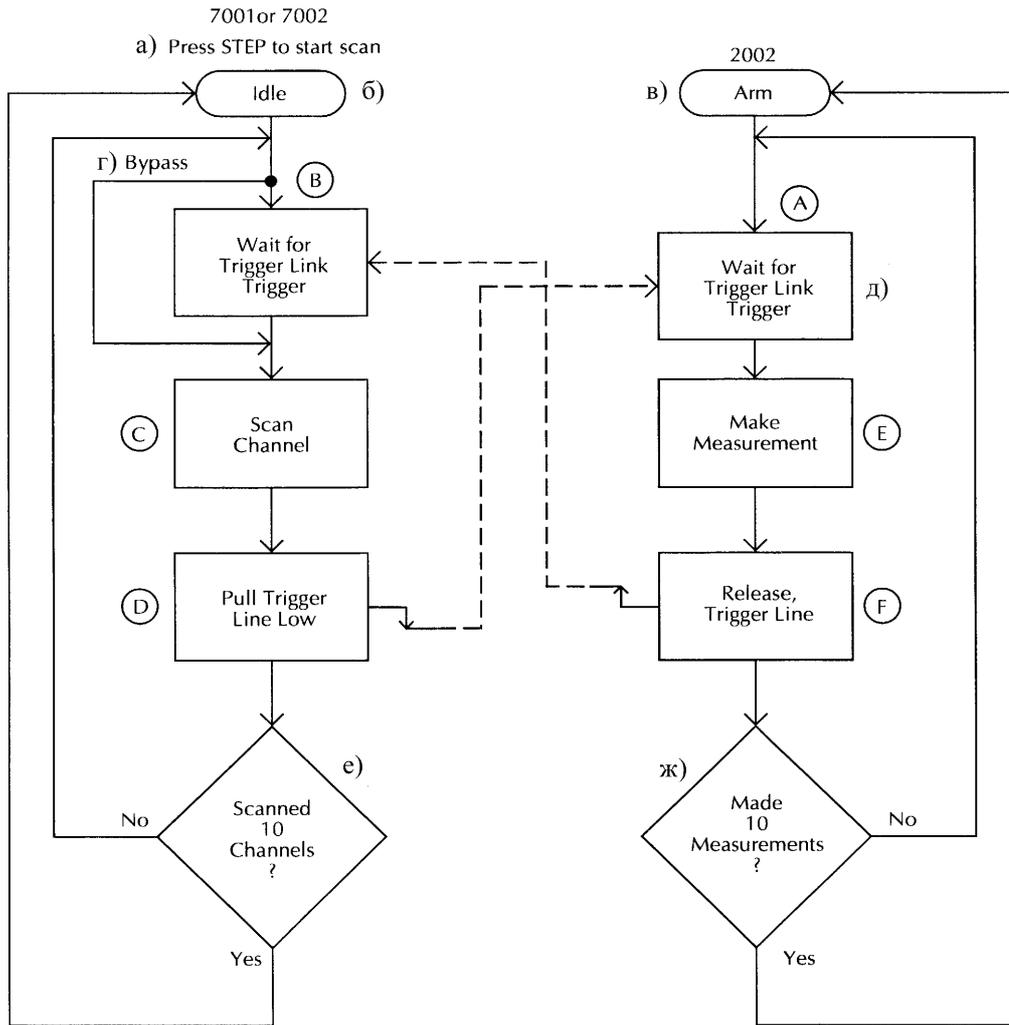


Рис. 42 Функциональная модель для примера применения Trigger Link в полусинхронном режиме

- | | |
|---|---------------------------------------|
| а) нажать клавишу STEP, чтобы начать сканирование | ж) выполнено 10 измерений? |
| б) дежурное состояние | з) освободить канал запуска |
| в) активизация | и) выполнить измерение |
| г) обход | к) сканировать канал |
| д) ожидать запуска Trigger Link | л) переключить канал запуска в лог. 0 |
| е) просканировано 10 каналов? | м) Wait for Trigger Link Trigger |

3.8 Буфер памяти

Мультиметры типа 2001 и 2002 содержат буфер памяти, предназначенный для хранения результатов измерений. Здесь возможно занесение данных в буфер в двух режимах – с обычной скоростью и в пакетном (burst) режиме. Максимально возможное число заносимых в память отсчетов зависит от установленной в прибор опции памяти и от программируемого пользователем формата групп данных (см. таблицу 36).

Таблица 36 Возможности сохранения отсчетов в памяти

Память	Мультиметр типа 2001		Мультиметр типа 2002		Тип памяти
	Группа данных		Группа данных		
	Полная	Компактная	Полная	Компактная	
Стандартная	250	850	404	2027	Энергозависимая
Опция MEM1	1400	7000	1381	6909	Энергонезависимая
Опция MEM2	6000	30000	5980	29908	Энергонезависимая

Полная группа данных включает в себя результаты измерений (отсчеты), единицы измерения, номера каналов, номера отсчетов, метки времени и состояние (overflow = перегрузка). Компактная группа данных не содержит информацию о номерах канала и метках времени. При вызове данных из памяти дополнительно к этим данным выводится статистическая информация – максимальное, минимальное и среднее значение, а также стандартное отклонение.

В следующих подразделах обсуждается конфигурирование скорости занесения данных в буфер, группирование данных, управление буфером, а также вызов данных из буфера памяти. Структура меню CONFIG DATA STORE представлена в таблице 37.

3.8.1 Пакетный режим сохранения данных

В пакетном режиме достигается максимальное быстродействие измерений у мультиметра. Функционирование в пакетном режиме протекает в два этапа:

- Сбор первичных отсчетов (результатов аналого-цифрового преобразования).
- Последующая обработка первичных отсчетов с применением калибровочных констант и занесение результирующих отсчетов в буфер памяти.

В пакетном режиме мультиметр регистрирует 4,5-разрядные отсчеты со скоростью 2000 отсчетов в секунду. Последующая обработка занимает примерно 2 мсек на каждый отсчет. Если задействован фильтр или математические операции, то продолжительность последующей обработки возрастает. Для достижения этой скорости регистрации отсчетов приходится идти на определенные компромиссы в отношении функционирования прибора, как описано ниже.

Конфигурирование пакетного режима

Прежде чем задействовать пакетный режим, необходимо ввести следующие измерения в текущую конфигурацию прибора:

- Выбрать действительную для пакетного режима измерительную функцию (см. таблицу 38).
- Выбрать фиксированный предел измерения для ожидаемого сигнала или установить автоматический выбор предела, чтобы прибор выбрал фиксированный предел измерения при запуске пакетного режима.
- Установить источник событий запуска на уровне измерений на Immediate, External, Trigger Link или Timer.
- Отменить всякую комплексную индикацию.
- Отменить сканирование.

Если не ввести эти изменения, то при попытке включения пакетного режима появится сообщение "Settings conflict" ("конфликт установок") или другое сообщение об ошибке.

Таблица 37 Структура меню CONFIG DATA STORE

Пункт меню	Описание
Burst-mode	Пакетный режим. Сбор 4,5-разрядных отсчетов со скоростью 2000 отсчетов в секунду и занесение их в буфер памяти.
Data-group	Выбор типа данных для занесения в буфер.
Full	Сохранение отсчетов, единиц измерений, номеров каналов, номеров отсчетов, меток времени и состояния (overflow).
Compact	Сохранение отсчетов, единиц измерений, номеров отсчетов и состояния (overflow).
Control	Выбор типа управления буфером:
Fill-and-stop	Заполнение буфера данными и останов.
Pretrigger	Ожидание события предзапуска; сохранение отсчетов до и после запуска.
Percentage	Ввод процентного значения отсчетов, подлежащих занесению в буфер до запуска.
Reading-count	Ввод числа отсчетов, подлежащих занесению в буфер до запуска.
Event	Выбор источника события предзапуска.
Continuous	Непрерывное занесение отсчетов в память.
Never	Отсчеты не заносятся в память.
Timestamp	Конфигурирование меток времени:
Type	Выбор или изменение типа меток времени:
Relative-Time	Привязка временных меток к относительному времени.
Real-Time	Привязка временных меток к реальному времени.
Format	Выбор формата меток времени:
Absolute	Привязка каждой временной метки к первому отсчету в буфере (относительное время) или к времени и дате (реальное время).
Delta	Привязка каждой временной метки к предыдущему отсчету в буфере.
Clear-all	Очистка всех занесенных в буфер данных, включая статистические данные.
Count	Выбор размера буфера.
Enter-count	Ввод числа подлежащих занесению в память отсчетов.
Use-trigger-model	Использование (конечного) числа измерений из модели запуска.
Feed	Выбор типа подлежащих занесению в память отсчетов.
After-calc	Занесение в память после вычисления процентного значения или $mX+b$.
Before-calc	Занесение в память до вычисления процентного значения или $mX+b$.
None	Отсчеты не заносятся в буфер.

Таблица 38 Доступные для использования в пакетном режиме измерительные функции

Измерительная функция	Тип измерений
Измерение постоянного напряжения	Обычные измерения
Измерение переменного напряжения	Среднеквадратическое (RMS) и среднее значение
Измерение постоянного тока	Обычные измерения
Измерение переменного тока	Среднеквадратическое (RMS) и среднее значение
Измерение сопротивления в двухпроводной схеме	Обычные измерения

Когда выбирают пакетный режим, мультиметр автоматически конфигурируется на высокую скорость измерений. (При выходе из пакетного режима восстанавливаются предыдущие установки параметров прибора). Выбор пакетного режима вносит следующие временные измерения:

- Сигналы запуска не действуют между пакетами.
- Отменяется автоматический выбор предела измерения.
- Отменяется автокоррекция нуля.
- Время интегрирования устанавливается на 0,01 PLC (167 μ s).
- Разрешающая способность индикации фиксируется на 4,5 разрядах.
- Устанавливается компактный формат группирования данных для занесения в буфер памяти.
- Управление буфером устанавливается на fill-and-stop.

Примечание: Скорость регистрации данных в 2000 отсчетов в секунду может уменьшаться при наличии некоторых допустимых в пакетном режиме установок, например, при выборе таймера в качестве источника событий запуска на уровне измерений.

Ввод в действие пакетного режима

Как только будет задействован пакетный режим, прибор подчиняется этому назначению. Пока действует пакетный режим, Вы не сможете изменить никакие параметры конфигурации, кроме размера буфера. Пакетный режим вводится в действие через меню CONFIG DATA STORE, как описано ниже:

1. Установите измерительную функцию, предел измерения и запуск, совместимые с пакетным режимом.
2. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу STORE, чтобы вызвать меню CONFIG DATA STORE. Появляется следующее меню:

```
CONFIG DATA STORE
BURST-MODE DATA-GROUP CONTROL ►
◀ CLEAR-ALL COUNT FEED
```

3. С помощью клавиш ◀ и ► выделите пункт BURST-MODE и нажмите клавишу ENTER. После сообщения о том, что ввод действие пакетного режима приводит к очистке буфера появляется следующее меню:

```
BURST MODE
OFF ON
```

4. Выберите пункт ON и нажмите клавишу ENTER. Если конфигурация прибора совместима с пакетным режимом, то это действие переводит прибор в состояние ожидания и выводит его из режима автоматического выбора предела измерения. Появляется следующее типичное сообщение:

```
BRST:00100 READINGS
```

Примечание:

Появление сообщения об ошибке "Settings conflict" означает несовместимость конфигурации прибора с пакетным режимом и необходимость ее изменения.

5. Выберите размер буфера с помощью клавиш ◀, ►, RANGE ▲ и ▼. По завершении нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее типичное сообщение:

```
00100 READING BRST
Use TRIG to start; EXIT to abort
```

Работа прибора в пакетном режиме

В таблице 39 представлена последовательность операций при работе прибора в пакетном режиме. Здесь предполагается обработка лишь одного пакета данных, однако здесь можно инициировать несколько пакетов с последовательной перезаписью предыдущих данных в буфере.

Как видно из таблицы, регистрация пакета данных запускается с передней панели. Мультиметр циклически функционирует на уровне измерений модели запуска, пока не будет накоплено заданное число отсчетов. Для достижения максимального быстродействия показания на дисплее не обновляются, пока не будут обработаны первичные отсчеты.

Во время фазы сбора данных выводятся импульсы завершения измерения (Meter Complete) с частотой 2 kHz. Последний из этих импульсов посылается лишь по завершении обработки первичных отсчетов. По завершении фазы сбора данных прибор возвращается в дежурное состояние и начинает обработку первичных отсчетов, которая заключается в преобразовании первичных отсчетов в результаты измерений с применением калибровочных констант. Во время фазы обработки данных светится вспомогательный индикатор "звездочка" (*).

Для выхода из фазы регистрации (сбора данных) можно нажать клавишу EXIT. После этого мультиметр начинает обработку этой части данных. Поскольку пакетный режим отключает автокоррекцию нуля, то необходимо обновлять автокоррекцию нуля с периодичностью 24 часа (путем изменения измерительной функции, количества разрядов индикации или путем подачи шинной команды автокоррекции нуля).

Таблица 39 Последовательность операций в пакетном режиме

Действие	Результат	Вспомогательные индикаторы
BURST MODE ON		"ARM" и "AUTO" погашены
ENTER	BURST:00100 READINGS Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT or INFO	
ENTER	00100 READING BURST Use TRIG to start; EXIT to abort	
TRIG	(идет сбор данных в пакетном режиме) (обработка первичных отсчетов) BURST:00100 READINGS Processing rdg #xx of 1000 BURST:00100 READINGS Storage complete; press RECALL BURST:00100 READINGS Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT or INFO	светится "ARM" светится "*" "ARM" и "*" погашены
RECALL	Rdg#+00000 ... Rdg#+00099	
EXIT	BURST:00100 READINGS Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT or INFO (нажать ENTER, чтобы вернуться в начало)	
EXIT	BURST MODE ABORTED Use CONFIG → STORE to resume (нормальная индикация)	светятся "ARM" и "AUTO"

Примечания:

1. В этой таблице предполагается, что до ввода в действие пакетного режима был установлен автоматический выбор предела измерения.
2. При вызове пакетных данных из памяти возможна комплексная индикация занесенных в буфер отсчетов (см. раздел 3.8.4).

3.8.2 Конфигурирование сохранения данных

Меню конфигурации сохранения данных используется для следующих операций:

- для скоростной регистрации пакета отсчетов
- для выбора типа заносимых в буфер данных
- для выбора типа управления буфером
- для очистки буфера от отсчетов и статистических данных
- для задания числа подлежащих сохранению отсчетов
- для определения источника подлежащих сохранению отсчетов.

Для вызова меню CONFIG DATA STORE действуйте следующим образом:

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу STORE. Появляется следующее меню:

```
CONFIG DATA STORE
BURST-MODE DATA-GROUP CONTROL ▶
◀ CLEAR-ALL COUNT FEED
```

2. С помощью клавиш ◀ и ▶ выделите нужный пункт и нажмите клавишу ENTER.

BURST-MODE

Пакетный режим (burst mode) рассмотрен выше в разделе 3.8.1.

DATA-GROUP

В этом пункте меню выбирают элементы данных для занесения в буфер памяти. Выделите этот пункт с помощью клавиш ◀ и ▶ и нажмите клавишу ENTER. После сообщения о том, что изменение группы данных приводит к очистке буфера, появляется следующее меню:

```

BUFFER DATA GROUPING
FULL  COMPACT
  
```

FULL: Полная группа данных. При выборе этого варианта для каждого отсчета заносятся в память также следующие данные: единица измерения, номер канала (если нужно), номер отсчета, метка времени и состояние (overflow). Первый заносимый в буфер отсчет имеет метку времени "нуль секунд", метки времени следующих отсчетов отсчитываются от этой нулевой метки.

Полную группу данных следует использовать при разрешающей способности индикации в 6,5 разрядов и выше. Это позволит Вам также изменять измерительную функцию, предел измерения или канал в процессе сохранения данных.

COMPACT: Компактная группа данных. При выборе этого варианта в память заносятся отсчеты, единицы измерения, номера отсчетов и состояние (overflow). Это позволяет увеличить число заносимых в память отсчетов по сравнению с вариантом "FULL".

В этом варианте обеспечивается точность и разрешающая способность лишь до 5,5 разрядов индикации. Здесь нет возможности изменения измерительной функции, предела измерения или канала в процессе сохранения данных.

CONTROL

Этот пункт меню контролирует тип сохранения данных. Выделите этот пункт с помощью клавиш ◀ и ▶ и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```

BUFFER CONTROL
FILL-AND-STOP  PRETRIGGER ▶
◀ CONTINUOUS  NEVER
  
```

FILL-AND-STOP: Буфер заполняется заданным числом отсчетов, после чего процесс занесения данных в буфер останавливается. Теперь Вы можете вызывать данные из буфера.

PRETRIGGER: Буфер непрерывно заполняется данными до момента возникновения запрограммированного пользователем события запуска. После этого в буфер заносятся данные, полученные после события запуска. Например, при размере буфера в 100 отсчетов в него будет занесено 50 отсчетов до события запуска и 50 отсчетов после события запуска.

Первый отсчет после запуска имеет нулевой номер. Отсчеты, занесенные в буфер до события запуска, имеют номера и метки времени со знаком минус. Отсчеты, занесенные в буфер после события запуска, имеют номера и метки времени со знаком плюс.

Здесь возможен выбор дополнительных вариантов конфигурации. Выбор пункта PRETRIGGER приводит к появлению следующего меню:

```

CONFIGURE PRETRIGGER
PERCENTAGE  READING-COUNT  EVENT
  
```

Пункты PERCENTAGE и READING-COUNT определяют число отсчетов, подлежащих занесению в буфер до события запуска либо в виде процентного значения от общего числа отсчетов, либо в виде абсолютного числа отсчетов до события запуска.

Пункт EVENT выбирает источник запуска или событие "точки отсчета". Это может быть Manual, GPIB, Trigger Link или внешний (External) запуск.

CONTINUOUS: Непрерывное занесение данных в буфер. Старые данные циклически перезаписываются новыми до тех пор, пока этот процесс не будет остановлен нажатием клавиши EXIT.

NEVER: Этот пункт появляется, если был прерван процесс сохранения данных. Нажатие клавиши STORE изменяет NEVER на FILL-AND-STOP.

CLEAR-ALL (очистка буфера)

Это действие можно выполнить в любое время для очистки буфера от всех хранящихся в нем отсчетов и статистических данных. Поскольку опции памяти MEM1 и MEM2 представляют собой энергонезависимую память (т.е. память, сохраняющую данные при выключении электропитания), то это единственный доступный для оператора способ очистки буфера памяти.

TIMESTAMP (метки времени)

При использовании полного (FULL) формата группирования данных (см. DATA-GROUP) каждый заносимый в буфер отсчет сопровождается меткой времени. Этот пункт меню используется для проверки и/или изменения типа и формата меток времени.

TYPE: Этот пункт меню используется для проверки и/или изменения типа временной метки. Имейте в виду, что изменения типа метки времени приводит к очистке буфера.

- **RELATIVE-TIME** – В этом варианте временные метки ориентированы на таймер, причем первый отсчет в буфере снабжается меткой времени в 0,000000 секунд. Каждая следующая метка времени базируется на текущем выборе формата (см. FORMAT). Если выбран абсолютный (ABSOLUTE) формат, то временная метка каждого отсчета привязывается (в секундах) к первому отсчету в буфере. Если выбран разностный (DELTA) формат, то каждая временная метка привязывается (в секундах) к предыдущей временной метке.
- **REAL-TIME** – В этом варианте временные метки ориентированы на часы реального времени и основаны на текущем выборе формата (см. FORMAT). Если выбран абсолютный (ABSOLUTE) формат, то каждый отсчет просто снабжается временной меткой с текущим временем и датой. Время может быть выражено в 12-часовом формате (AM = до полудня, PM = после полудня) или в 24-часовом формате (см. раздел 3.12.7). Если выбран разностный (DELTA) формат, то первый отсчет в буфере имеет временную метку 00000d 00h 00m 00.00s (нулевое число, нуль часов, минут и секунд). Каждая следующая временная метка отсчитывается от предыдущей (в сутках, часах, минутах и секундах).

Тип временных меток для отсчетов в буфере связан с типом временных меток для шинных отсчетов. Таким образом, если Вы измените тип временных меток из этой структуры меню, это приведет также к изменению в структуре главного меню (см. раздел 3.12.7).

FORMAT: Этот пункт меню используется для проверки и/или изменения формата временных меток. Имейте в виду, что если формат изменяется после занесения отсчетов в буфер, то временные метки изменятся в соответствии с альтернативным форматом.

- **ABSOLUTE** – Каждая временная метка отображает время и дату получения данного отсчета (см. тип временных меток REAL-TIME) или интервал времени в секундах между моментом получения первого отсчета в буфере и моментом получения данного отсчета (см. тип временных меток RELATIVE-TIME).
- **DELTA** – Каждая временная метка привязывается к временной метке предыдущего отсчета. Это отображает интервал времени между отсчетами в буфере. Временные метки отображаются в сутках, часах, минутах и секундах (см. тип временных меток REAL-TIME) или в секундах (см. тип временных меток RELATIVE-TIME).

COUNT

В этом пункте меню задается число подлежащих сохранению отсчетов. Выделите этот пункт и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET BUFFER SIZE
ENTER-COUNT USE-TRIGGER-MODEL
```

ENTER-COUNT: Здесь Вы можете задать размер буфера в числе отсчетов.

USE-TRIGGER-MODEL: Здесь принимается "по умолчанию" установка числа измерений в текущей конфигурации запуска, если число измерений является конечным.

FEED

Здесь Вы можете выбрать источник отсчетов, подлежащих занесению в буфер с помощью следующего субменю:

CHOOSE BUFFER FEED
AFTER-CALC BEFORE CALC NONE

AFTER-CALC: Отсчеты заносятся в буфер после выполнения любых задействованных математических операций (вычисление процентного значения или $mX+b$).

BEFORE-CALC: Отсчеты заносятся в буфер до выполнения каких-либо математических операций (вычисление процентного значения или $mX+b$).

NONE: При сохранении данных отсчеты не заносятся в буфер. Нажатие клавиши STORE изменяет NONE на AFTER-CALC.

3.8.3 Сохранение и вызов отсчетов из буфера

В таблицах 40 ? 42 представлена последовательность операций в различных режимах управления буфером. Предполагается, что буфер сконфигурирован, как описано выше в разделе 3.8.2. Имейте в виду, что во время сохранения данных номер отсчета в нижней строке дисплея на единицу опережает номер отсчета в верхней строке.

При вызове отсчетов из буфера возможна комплексная индикация (см. раздел 3.8.4).

Таблица 40 Последовательность операций в режиме FILL-AND-STOP

Действие	Результат	Вспомогательные индикаторы
STORE	STORE 00100 READINGS	
ENTER	Storing reading #xx of 100 Storage complete; press RECALL	(* светится) (* погашен)
RECALL	Rdg#+00000 @Time=+000.000000 sec ... Rdg#+00099 @Time=+002.700473 sec	
EXIT	(нормальная индикация)	

Таблица 41 Последовательность операций в режиме PRETRIGGER

Действие	Результат	Вспомогательные индикаторы
STORE	STORE 00100 READINGS	
ENTER	Waiting for pretrigger event (ожидание события запуска)	(* светится)
TRIG	Storing reading #xx of 50 Storage complete; press RECALL	(* погашен)
RECALL	Rdg#-00050 @Time=-004.999990 sec ... Rdg#+00000 @Time=+000.000000 sec ... Rdg#+00049 @Time=+004.899996 sec	
EXIT	(нормальная индикация)	

Примечание: Здесь в качестве примера используется ручной запуск. Возможны другие события запуска: GPIB, Trigger Link и External.

Таблица 42 Последовательность операций в режиме непрерывного сохранения данных

Действие	Результат	Вспомогательные индикаторы
STORE	STORE 00100 READINGS	
ENTER	Storing reading #xx of 100 100 rdgs stored; continuous ON	(* светится)
RECALL	Rdg#+00000 @Time=+003.903546 sec ...	
EXIT	100 rdgs stored; continuous ON	
RECALL	Rdg#+00000 @Time=+0.67.709331 sec ...	
EXIT	100 rdgs stored; continuous ON	
EXIT	STORAGE INTERRUPTED Acquired 100 of 100 readings (зарегистрировано 100 из 100 отсчетов)	(* погашен)
	(нормальная индикация)	

3.8.4 Комплексная индикация данных в буфере памяти

При вызове отсчетов из буфера памяти можно также вызвать результаты математических операций, выполненных с занесенными в буфер отсчетами. Чтобы вывести в нижнюю строку дисплея результат выполнения математической операции, нажмите клавишу NEXT DISPLAY. Вызов дополнительных данных производится в следующем порядке:

1. MAX – максимальный отсчет в буфере, например:

MAX=+1.635968e+00 at RDG# +00090

Примечания:

- а) вывод на индикацию может замедляться при вычислении большого объема статистических данных.
- б) показатели степени относятся к первичным единицам измерений для функции в верхней строке (например, вольт, но не милливольт).

2. MIN – минимальный отсчет в буфере, например:

MIN=+1.627611e+00 at RDG# 00012

3. AVG – среднее значение занесенных в буфер отсчетов, например:

AVG=+1.63445e+00

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 .

Примечание: Если $n = 0$, то результатом будет NAN (not a number).

4. SDEV – это стандартное отклонение занесенных в буфер отсчетов, например:

SDEV=1.4944e-03

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: Если $n \leq 1$, то результатом будет NAN (not a number).

Примечания: Эти статистические данные недействительны, если во время сохранения данных переключается измерительная функция (например, при сканировании разных функций). Мультиметры типа 2001 и 2002 при математических вычислениях используют формат IEEE-754 с плавающей запятой.

3.9 Фильтры

Фильтры служат для стабилизации показаний при наличии шумов и помех. В мультиметре типа 2001 используется цифровой фильтр и аналоговый фильтр. В мультиметре типа 2002 используется только цифровой фильтр.

Действие цифрового фильтра заключается в усреднении промежуточных результатов. Индицируемый, заносимый в память или передаваемый на внешние устройства отсчет (показание) представляет собой среднее значение ряда промежуточных результатов. Когда задействован цифровой фильтр, то действует его конфигурация, выбранная для данной измерительной функции. Цифровая фильтрация производится только для первичной индикации показаний и не распространяется на варианты комплексной индикации. Конфигурирование и применение цифрового фильтра описано в разделах 3.9.1 ? 3.9.6.

Аналоговый фильтр представляет собой просто RC-цепочку для использования при измерении постоянного напряжения, которая подавляет высокочастотные ($> 10 \text{ kHz}$) шумы, действующие на входе прибора. Применение аналогового фильтра описано далее в разделе 3.9.7.

3.9.1 Типы цифровых фильтров

В мультиметрах типа 2001 и 2002 используются цифровые фильтры двух типов: усредняющий (averaging) и динамический (advanced). Фильтры обоих типов обеспечивают простое усреднение от одного до 100 промежуточных результатов. Разница между ними состоит в том, что динамический фильтр использует программируемое пользователем шумовое "окно".

Шумовое окно, ширина которого выражается в процентах от предела измерения, обеспечивает более быструю реакцию фильтра на перепады сигнала (например, при сканировании). Промежуточный результат, выходящий за пределы шумового окна, сразу же заполняет стековый регистр фильтра.

Если шумовая составляющая не выходит за пределы выбранного окна, то отсчет базируется на усреднении промежуточных результатов. В этом случае динамический фильтр работает точно так же, как и усредняющий фильтр. Если шумовая составляющая превысит пределы окна, то на выходе динамического фильтра появляется промежуточный результат, и с этого момента начинается новая процедура усреднения. Принцип действия усредняющего и динамического фильтров поясняется диаграммой на рис. 43.

3.9.2 Режимы работы цифрового фильтра

Дополнительным параметром цифрового фильтра является режим его работы – текущее (moving) усреднение или повторное (repeating) усреднение. Фильтр с текущим усреднением использует стековый регистр типа "first-in, first-out" ("первым вошел – первым вышел"). При занесении в регистр каждого следующего промежуточного результата из него вытесняется самый ранний промежуточный результат. Показание формируется в результате усреднения содержащихся в регистре промежуточных результатов. Таким образом, после заполнения регистра заданным числом промежуточных результатов фильтр с текущим усреднением выводит показание при поступлении в него каждого нового промежуточного результата.

У фильтра с повторным (repeating) усреднением заполняется стековый регистр, затем производится усреднение промежуточных результатов и формируется показание. После этого регистр очищается и эта процедура повторяется заново. Этот тип фильтра следует использовать при сканировании.

Если задействован пакетный режим сохранения данных с фильтрацией, то увеличивается время обработки данных. В пакетном режиме игнорируется установка повторного усреднения.

Принцип действия фильтров с текущим и повторным усреднением проиллюстрирован на рис. 44.

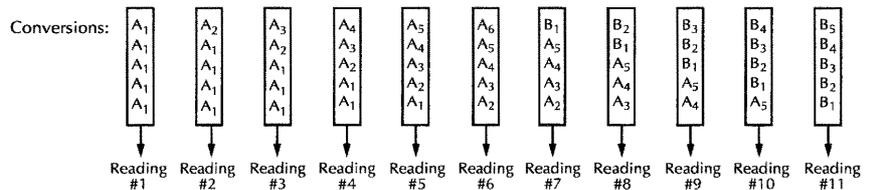
3.9.3 Время реакции цифрового фильтра

Время, необходимое для индикации, занесения в память или вывода отфильтрованных показаний, зависит от следующих параметров цифрового фильтра:

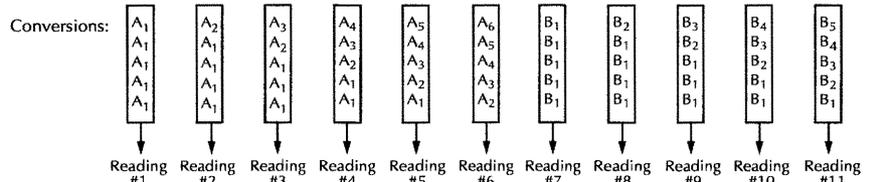
- Тип фильтра. Время, необходимое для получения первого показания, одинаково для обоих типов фильтра, однако после этого фильтр с повторным усреднением действует более медленно. Динамический фильтр обеспечивает более быструю реакцию на изменение входного сигнала, чем усредняющий.
- Число подлежащих усреднению промежуточных результатов. Чем выше точность, тем хуже быстродействие.
- Шумовое окно. У динамического фильтра это компромиссное решение в отношении быстродействия, точности и реакции на изменения входного сигнала.



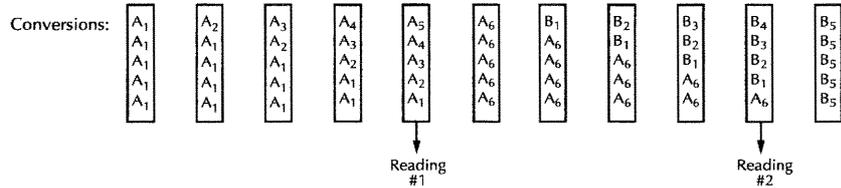
Усредняющий (averaging) фильтр
 Кратность усреднения = 5
 Режим = текущее усреднение



Динамический (advanced) фильтр
 Кратность усреднения = 5
 Режим = текущее усреднение
 Шумовое окно = 1% от предела



Усредняющий (averaging) фильтр
 Кратность усреднения = 5
 Режим = повторное усреднение



Динамический (advanced) фильтр
 Кратность усреднения = 5
 Режим = повторное усреднение
 Шумовое окно = 1% от предела

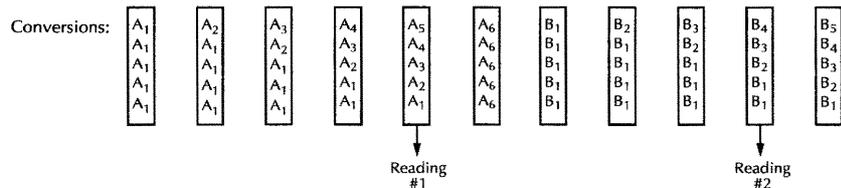


Рис. 43 Принцип действия усредняющего и динамического фильтров

Conversions = промежуточные результаты
 Reading #XX = показание № XX

А. Фильтр с текущим усреднением, кратность усреднения = 10



Б. Фильтр с повторным усреднением, кратность усреднения = 10



Рис. 44 Фильтры с текущим и повторным усреднением

3.9.4 Автоматическая цифровая фильтрация

Автоматическая фильтрация является одним из возможных вариантов выбора для измерительных функций, допускающих применение фильтра. В зависимости от измерительной функции и типа измерений выбор AUTO может исключить фильтрацию (см. таблицу 43).

Таблица 43 Установки автоматической фильтрации

Измерение		Фильтр				
Функция	Тип измерений	Состояние	Тип	Кратность усреднения	Режим усреднения	Шумовой допуск
Постоянное напряжение	—	ON	Advanced (динамич.)	10	Moving (текущее)	1%
Переменное напряжение	С.к.з. (RMS), среднее значение, с.к.з. на НЧ	OFF	Advanced для вольт,	10	Moving	5%
	Пиковое значение, положительные и отриц. выбросы напряжения	ON	Average (усредняющ.) для dB и dBm	10	Moving	5%
Постоянный ток	Обычный	ON	Advanced	10	Moving	1%
	Без разрыва цепи	ON	Advanced	10	Moving	1%
Переменный ток	Среднеквадратическое (RMS) и среднее значение	OFF	Advanced	10	Moving	5%
Сопротивление в 2-проводной схеме	—	ON	Advanced	10	Moving	1%
Сопротивление в 4-проводной схеме	—	ON	Advanced	10	Moving	1%
Частота	—	*				
Температура	—	ON	Average	10	Moving	—

* При измерении частоты применение фильтра невозможно.

3.9.5 Конфигурирование цифрового фильтра

Каждая измерительная функция, за исключением частоты, имеет собственную конфигурацию для цифрового фильтра. Меню конфигурации цифрового фильтра представлено в таблице 44.

Таблица 44 Структура меню CONFIG-FILTER

Пункт меню	Описание
AUTO	Установка "по умолчанию" оптимального фильтра для измерительной функции и типа измерений.
AVERAGING	Простой усредняющий фильтр (кратность усреднения 1 ? 100).
ADVANCED	Простой усредняющий динамический фильтр (кратность усреднения 1 ? 100) с окном шумового допуска (0 ? 100% от предела измерения).
AVERAGING-MODE	Режим усреднения – текущее (moving) или повторное (repeating) усреднение.

При выборе параметров фильтра для каждой измерительной функции используется одинаковая процедура. Чтобы запрограммировать цифровой фильтр, действуйте следующим образом:

1. Существует три способа вызова меню конфигурации фильтра:
 - Чтобы сконфигурировать фильтр для текущей измерительной функции, нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу FILTER.
 - Чтобы сконфигурировать фильтр для другой измерительной функции, не выходя из текущей функции, нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу соответствующей измерительной функции, затем выберите из меню пункт FILTER.
 - Чтобы сконфигурировать фильтр для другой измерительной функции и переключиться на эту функцию, нажмите клавишу соответствующей измерительной функции, затем клавишу CONFIG, затем клавишу FILTER.
2. Рассмотрим в качестве примера меню цифрового фильтра DCV. Чтобы вызвать меню CONFIGURE DCV, нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу DCV.
3. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт FILTER и нажмите клавишу ENTER, чтобы вызвать следующее меню:

```
DCV DIGITAL FILTER
AUTO AVERAGING ADVANCED ▶
◀ AVERAGING MODE
```

AUTO

Этот пункт меню выбирает автоматическую фильтрацию с параметрами, перечисленными в таблице 43 для текущей измерительной функции. Имейте в виду, что при выборе пункта AUTO немедленно вводится фильтр для данной функции, если для нее в таблице 43 указано состояние ON. В этом случае, если Вы конфигурируете фильтр для текущей измерительной функции, зажигается вспомогательный индикатор "FILT".

AVERAGING

Этот вариант используется для выбора усредняющего фильтра без окна. Здесь индицируется сообщение, указывающее текущую установку кратности усреднения (размер стекового регистра):

```
AVG:010 RDGS (1-100)
```

1. Чтобы оставить эту кратность усреднения, нажмите клавишу ENTER или EXIT.
2. Чтобы изменить кратность усреднения (число подлежащих усреднению промежуточных результатов), пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда и клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения. По завершении нажмите клавишу ENTER.

Имейте в виду, что кратность усреднения для усредняющего (averaging) фильтра связана с кратностью усреднения для динамического (advanced) фильтра.

ADVANCED

Этот вариант (динамический фильтр) используется для выбора усредняющего фильтра с шумовым окном. Этот фильтр недоступен при измерении dB и dBm, при измерении отношения, разности, температуры и частоты. Здесь индицируется сообщение, указывающее текущую установку кратности усреднения (размер стекового регистра):

ADV:010 RDGS (1-100)

1. Чтобы оставить эту кратность усреднения, нажмите клавишу ENTER. Чтобы изменить кратность усреднения (число подлежащих усреднению промежуточных результатов), пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда и клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения. По завершении нажмите клавишу ENTER.

Имейте в виду, что кратность усреднения для усредняющего (averaging) фильтра связана с кратностью усреднения для динамического (advanced) фильтра.

2. Появляется следующее сообщение, указывающее ширину шумового окна в процентах от предела измерения:

LEVEL = 00.000000% RNG

Это процентное (\pm) значение ширины шумового окна относительно первого промежуточного результата в стековом регистре. Чтобы изменить это значение, пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. По завершении нажмите клавишу ENTER.

AVERAGING-MODE

Здесь задается режим работы цифрового фильтра для измерительной функции – текущее (moving) или повторное (repeating) усреднение. Меню AVERAGING MODE выглядит следующим образом (выделяется текущий выбор):

```
AVERAGING MODE
MOVING REPEAT
```

MOVING: Фильтр с текущим усреднением, у которого при занесении в стековый регистр нового промежуточного результата вытесняется самый ранний промежуточный результат ("первым вошел – первым вышел"). При заполнении стекового регистра выводится показание (результат усреднения).

REPEAT: Фильтр с повторным усреднением, у которого выводится результат усреднения заданного числа промежуточных результатов, после чего регистр очищается и начинается его заполнение новыми данными.

3.9.6 Включение и выключение цифрового фильтра

Фильтр для текущей измерительной функции поочередно включается и выключается при каждом нажатии клавиши FILTER. Когда светится вспомогательный индикатор "FILT", действие фильтра зависит от выбора, сделанного в меню FILTER для текущей измерительной функции. Когда вспомогательный индикатор "FILT" погашен, это означает, что фильтр выключен для данной функции.

Состояние и конфигурация цифрового фильтра для каждой измерительной функции сохраняется в памяти при переключении функции.

При нажатии клавиши FILTER для включения цифрового фильтра на дисплее кратковременно отображается одно из следующих типичных сообщений:

```
Filter Enabled      или      Filter Enabled      или      Filter Enabled
Digital = AVG(10)   Digital = ADV(10)   Digital = AUTO
```

Здесь: AVG – усредняющий фильтр;
 ADV – динамический фильтр;
 AUTO – тип, указанный в таблице 43;
 (10) – кратность усреднения (число усредняемых промежуточных результатов).

3.9.7 Аналоговый фильтр (только у мультиметра типа 2001)

Мультиметр типа 2001 содержит аналоговый фильтр, предназначенный для использования с функцией измерения постоянного напряжения. Этот фильтр снижает вероятность ложной перегрузки, вызываемой шумовой составляющей входного сигнала. Аналоговый фильтр наиболее эффективен при измерении напряжения свыше 2 В для подавления сигналов с частотой от 10 кГц до 1 МГц.

Включение и выключение аналогового фильтра

Действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу DCV, чтобы вызвать меню конфигурации DCV.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт ANALOG-FILTER и нажмите клавишу ENTER, чтобы вызвать варианты выбора (ON или OFF). Позиция курсора указывает текущее состояние аналогового фильтра.
3. Чтобы изменить состояние фильтра, переместите курсор в другую позицию и нажмите клавишу ENTER.
4. Чтобы выйти из структуры меню, нажмите клавишу EXIT.

Примечание: Вспомогательный индикатор "FILT" на дисплее указывает состояние лишь цифрового фильтра. Он не имеет отношения к аналоговому фильтру.

Выбор первого (NEXT) варианта комплексной индикации для DCV отключает аналоговый фильтр. При выходе из комплексной индикации восстанавливается прежнее состояние аналогового фильтра.

Характеристики аналогового фильтра

На рис. 45 показана упрощенная блок-схема цифрового мультиметра типа 2001, из которой видно расположение аналогового фильтра в структуре прибора. Включенный аналоговый фильтр очищает от помех сигнал, подаваемый на предусилитель. Это снижает разброс показаний. Аналоговый фильтр не влияет на технические характеристики прибора, за исключением тех, которые указаны специально для случая применения фильтра.



Рис. 45 Упрощенная блок-схема мультиметра типа 2001 (вход DCV)

Аналоговый фильтр представляет собой простой однозвенный RC-фильтр нижних частот первого порядка с наклоном частотной характеристики 20 dB на декаду за частотой среза 10 кГц. Этот аналоговый фильтр имеет нуль на частоте 600 кГц. Частотная характеристика аналогового фильтра приведена на рис. 46. Аналоговый фильтр наиболее эффективен на пределах измерения 2 В и 20 В при включенной синхронизации прибора от сети. На пределе измерения 200 мВ зашумленные входные сигналы могут вызывать перегрузку даже при включенном аналоговом фильтре.

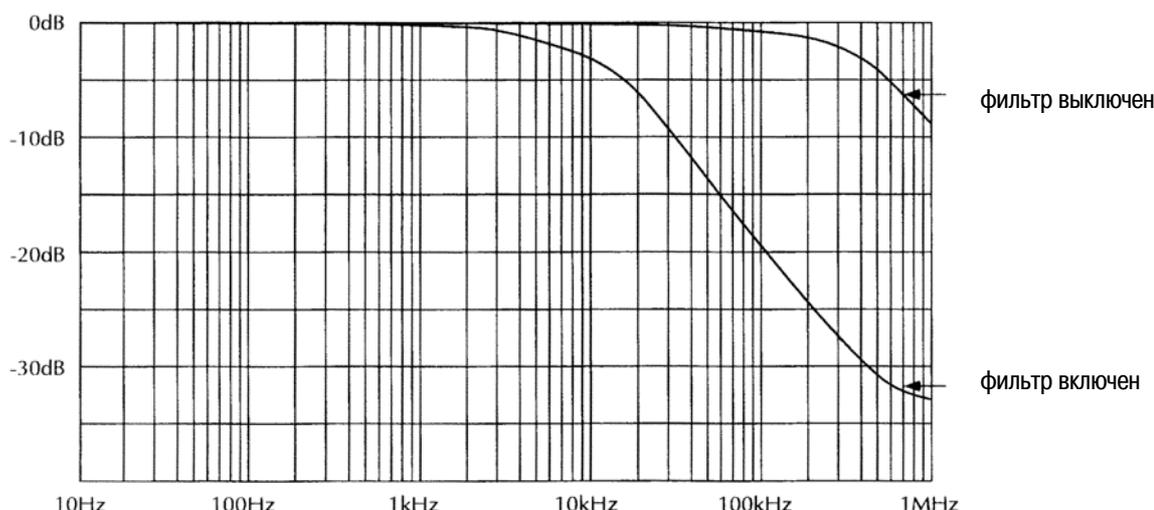


Рис. 46 Частотная характеристика аналогового фильтра

3.10 Математические операции

Математические операции у мультиметров типа 2001 и 2002 делятся на четыре категории:

- операции, выполняемые с отдельными отсчетами (вычисление $mX+b$ ⁽⁰¹⁾, полинома⁽⁰²⁾, процентного значения и процентного отклонения);
- операции, выполняемые с занесенными в буфер отсчетами (максимальное и минимальное значения, среднее значение и стандартное отклонение);
- операции, выполняемые с отдельными отсчетами в рамках процедуры контроля предельных значений;
- операции, выполняемые на результатах сканирования (вычисления отношения и разности).

Операции первой категории конфигурируют из меню CONFIG-MATH, как описано в данном разделе. Математические операции с занесенными в буфер отсчетами производятся в режиме комплексной индикации, как описано в разделе 3.8. Контроль предельных значений описан в разделе 3.12 наряду с другими операциями главного меню. Вычисление отношения и разности сигналов в каналах при сканировании программируется через меню CONFIG-SCAN, как описано в разделе 3.11.

Будучи однажды задействованы для некоторой функции, операции вычисления $mX+b$, процентного значения и процентного отклонения сохраняют свое действие в процессе изменения функции.

Примечание: Для математических вычислений в мультиметрах типа 2001 и 2002 используется формат представления чисел с плавающей запятой согласно IEEE-754.

3.10.1 Вычисление $mX+b$ и полинома

Вычисление $mX+B$ (мультиметр типа 2001)

Эта математическая операция позволяет автоматически умножать нормальные показания (X) на масштабный коэффициент (m) и прибавлять аддитивную константу (b). Результат этой операции (Y) индицируется в верхней строке дисплея согласно формуле:

$$Y = mX + B$$

Эта математическая операция полезна, когда для серии измерений требуется вычисление наклона некоторой характеристики. Значения констант " m " и " b " можно изменять через меню CONFIG-MATH. Показания до и после математических операций можно вызывать на дисплей в режиме комплексной индикации, как описано в разделе 3.10.5. В случае необходимости результат вычисления Y отображается в показательной форме.

Вычисление полинома (мультиметр типа 2002)

Эта математическая операция позволяет обрабатывать нормальные показания (X) по формуле полинома:

$$Y = (a2) X^2 + (a1) X + (a0)$$

Здесь: X – нормальное показание прибора;
 $a2$, $a1$ и $a0$ – константы, вводимые пользователем;
 Y – индицируемый результат вычисления.

Значения констант " $a2$ ", " $a1$ " и " $a0$ " можно изменить через меню CONFIG MATH (см. раздел 3.10.4). Показания до и после математических операций можно вызывать на дисплей в режиме комплексной индикации, как описано в разделе 3.10.5. В случае необходимости результат вычисления Y отображается в показательной форме.

Операцию вычисления полинома можно использовать вместо более известной операции вычисления $mX+b$, если подставить $a2 = 0$, $a1 = m$ и $a0 = b$. При управлении через шину вычисление $mX+b$ все еще существует и связано с вычислением полинома. Таким образом, изменение $a1$ и/или $a0$ приводит к изменению m и/или b , соответственно.

3.10.2 Вычисление процентного значения

Эта операция позволяет задать контрольное значение отсчета. Индицируется результат вычисления, выраженный в процентах от контрольного значения (зачастую в показательной форме). Вычисление процентного значения производится по формуле:

$$\text{процентное значение} = 100 \times (\text{исходное значение} / \text{контрольное значение})$$

В качестве примера рассмотрим контрольное значение, принятое "по умолчанию" для вычисления процентного значения, где:

$$100\% = +1.000000e+00$$

Таким образом, входной сигнал 100 μ A на пределе измерения 200 μ A составляет 0,01% от контрольного значения "по умолчанию", а типичное показание выглядит следующим образом:

+1.0000e+04 μ ААС%
Range: 200 μ ААС Coupling: AC

Обратите внимание на то, что здесь индицируется значение не 10000% а 10000 μ %, т.е. 0,01%. При выборе комплексной индикации вычисления, как описано в разделе 3.10.5, получим следующую индикацию:

+1.0000e+04 μ ААС%
Reading = +100.000

Здесь в нижней строке индицируется первичный отсчет (в единице измерения и с префиксом верхней строки), полученный до выполнения вычисления процентного значения.

3.10.3 Вычисление процентного отклонения

Следующая математическая операция обеспечивает вычисление процентного отклонения нормального показания от занесенного в память вычитаемого значения (REL) для выбранной функции:

$$PD = 100\% \times [(X - Y) / Y]$$

Здесь: X – нормальное показание прибора;
Y – вычитаемое значение (REL) для выбранной функции;
PD – индицируемый результат вычисления процентного отклонения.

Вычисление процентного отклонения вводится в действие через меню CONFIGURE MATH, как описано в разделе 3.10.4. Имейте в виду, что значение процентного отклонения не масштабируется к множителю предела измерения m, k и M. Например, процентное отклонение 10% на пределе измерения 20 к Ω индицируется как 10.00000. Если число окажется слишком большим для допустимого количества ведущих нулей (например, 10 на пределе 2 к Ω), то индикация переключается на показательную форму с 7 $\frac{1}{2}$ разрядами индикации.

3.10.4 Выбор и конфигурирование математических операций

Эти математические операции выбирают и конфигурируют в меню CONFIGURE MATH, структура которого представлена в таблице 45.

Мультиметр типа 2001:

Чтобы запрограммировать параметры математических операций из состояния нормальной индикации, нажмите клавишу CONFIG, затем клавишу MATH. Появляется следующее меню:

CONFIGURE MATH
NONE mX+b PERCENT

Мультиметр типа 2002:

Выбранный вариант математической операции вводится в действие при нажатии клавиши MATH. После этого мультиметр индицирует результат вычисления (если необходимо – в показательной форме). Повторное нажатие клавиши MATH отменяет вычисление.

Таблица 45 Структура меню CONFIGURE MATH

Пункт меню	Описание
None	При нажатии клавиши MATH вычисление не производится.
mX+b (мультиметр типа 2001)	Выбор вычисления mX+b и ввод констант.
Polynomial (мультиметр типа 2002)	Выбор вычисления полинома и ввод констант.
Percent	Выбор вычисления процентного значения и ввод контрольного значения.
Percent deviation	Выбор вычисления процентного отклонения.

NONE

При выборе этого пункта меню математическая операция не вводится в действие при нажатии клавиши MATH. Светится вспомогательный индикатор "MATH", однако в нижней строке дисплея индицируется NONE.

mX+b

Этот пункт меню позволяет запрограммировать константы формулы $mX+b$, где m – это масштабный коэффициент, а b – аддитивная константа (смещение). Выделите пункт $mX+b$ и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующая индикация:

$$m = +1.000000e+00$$

С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ перемещайтесь по разрядам и установите нужное значение m . В завершение этой процедуры нажмите клавишу ENTER. Появляется следующая индикация:

$$b = +0.000000e+00$$

С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ установите нужное значение b . При нажатии клавиши ENTER происходит возврат в меню CONFIGURE MATH.

POLYNOMIAL

Этот пункт меню выбирает вычисление полинома и позволяет запрограммировать его константы. Сначала индицируется константа "a2". Вы можете сохранить индицируемое значение или ввести новое значение. Далее нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на индикацию константу "a1". Вы можете сохранить индицируемое значение или ввести новое значение. Далее нажмите клавишу ENTER, чтобы вывести на индикацию константу "a0". Если Вы измените константу "a0", не забудьте снова нажать клавишу ENTER.

PERCENT

Здесь Вы можете задать контрольное значение для вычисления процентного значения. На дисплее появляется сообщение, индицирующее установку контрольного значения "по умолчанию":

$$100\% = +1.000000e+00$$

1. Чтобы оставить неизменным индицируемое контрольное значение, нажмите клавишу ENTER или EXIT.
2. Чтобы установить другое контрольное значение, пользуйтесь клавишами ◀ и ▶ для выбора разряда и клавишами RANGE ▲ и ▼ – для увеличения или уменьшения численного значения. По завершении этой процедуры нажмите клавишу ENTER.

PERCENT DEVIATION

Этот пункт меню служит для выбора вычисления процентного отклонения и возвращает дисплей в состояние нормальной индикации.

3.10.5 Ввод в действие математических операций

При каждом нажатии клавиши MATH из состояния нормальной индикации поочередно включается и выключается выбранная математическая операция. Как только будет задействована какая-либо математическая операция, она сохраняет свое действие при изменении измерительной функции. Это индицируется вспомогательным индикатором "MATH" и индикацией выбранного типа математической операции (NONE, $mX+b$ или %) справа от верхней строки дисплея.

При нажатии клавиши MATH для ввода в действие математической операции на дисплее кратковременно отображается одно из следующих типовых сообщений:

Math Enabled	или	Math Enabled	или	Math Enabled
Display = NONE (показание)		Display = $mX+b$ (показание)		Display = % (показание)

После этого в верхней строке индицируется результат вычисления (если необходимо – в показательной форме).

3.10.6 Комплексная индикация результатов вычислений

Один из вариантов комплексной индикации позволяет отображать показание в верхней строке и результат вычисления в нижней строке дисплея. Для вызова этого варианта следует повторно нажимать клавиши NEXT или PREV DISPLAY для прокрутки возможных для данной функции вариантов комплексной индикации. Типичное сообщение для вычисления процентного значения выглядит следующим образом:

```
-7.0431e+01 VDC %  
Reading = -0.704311
```

Количество разрядов индикации в нижней строке соответствует выбору количества разрядов индикации в верхней строке. Если в верхней строке используется показательная форма записи, то используется 4,5 разряда. Значение в нижней строке индицируется с той же единицей измерения и ее префиксом, что и в верхней строке. Например, если в верхней строке индицируется значение в микроамперах (μA), то значение в нижней строке также индицируется в микроамперах.

Имейте в виду, что эта комплексная индикация невозможна при измерении частоты.

3.11 Сканирование

Мультиметр типа 2001 можно использовать с внутренней сканерной платой (типа 2001-SCAN) или с внешними сканерными платами, установленными в коммутационную систему типа 706 или 7001.

Мультиметр типа 2002 можно использовать с внутренней сканерной платой (типа 2001-SCAN или 2001-TCSCAN) или с внешними сканерными платами, установленными в коммутационную систему типа 706, 7001 или 7002.

Ниже рассмотрены различные аспекты применения мультиметров для сканирования.

3.11.1 Общие сведения о сканировании

Сканер позволяет реализовать переключение ряда сигнала на вход мультиметра. Возможности сканирования и управления каналами зависят от применяемой сканерной платы (внешняя и внутренняя), а также от возможностей самой сканерной платы. По поводу подключения сканерной платы обращайтесь к прилагаемой к ней технической документации.

Применение внутренней сканерной платы

Дополнительная сканерная плата типа 2001-SCAN позволяет коммутировать или сканировать до десяти двухполюсных каналов или пять четырехполюсных каналов. Два из этих каналов используют полупроводниковые коммутаторы для быстрого действия мультиплексирования, измерения отношения или разности.

Дополнительная термоданная сканерная плата типа 2001-TCSCAN позволяет мультиплексировать на вход мультиметра один из девяти двухполюсных либо один из четырех четырехполюсных источников аналоговых сигналов, и/или любую комбинацию двух- и четырехполюсных источников аналоговых сигналов. Подробная информация на этот счет содержится в инструкции по эксплуатации платы типа 2001-TCSCAN.

При использовании этих сканерных плат мультиметры могут:

- замыкать и размыкать отдельные каналы;
- осуществлять сканирование каналов с использованием (если нужно) индивидуальной измерительной функции для каждого канала;
- выполнять измерения отношения и разности сигналов в двух задаваемых пользователем каналах.

Применение внешних сканерных плат

При использовании внешнего сканирования Вы можете задать отдельные измерительные функции для 80 каналов (максимум). Однако имейте в виду, что с помощью органов управления мультиметра невозможно замыкать и размыкать внешние каналы. Для этого используются органы управления коммутационной системы.

Для синхронизации измерений с замыканием внешних каналов следует соединить разъемы входа внешнего запуска или Trigger Link мультиметра с соответствующими разъемами внешней коммутационной системы (см. разделы 3.7.6 и 3.7.7).

3.11.2 Органы управления сканером на передней панели мультиметра

Для управления сканерными платами используются следующие клавиши:

- CHAN: Замыкание и размыкание каналов внутренней сканерной платы.
- CONFIG-CHAN: Определение измерительной функции для каждого канала внутренней и внешней сканерной платы; выбор количества внешних каналов; определение каналов, назначаемых для внутреннего списка сканирования; сохранение и восстановление альтернативной измерительной функции.
- CONFIG-SCAN: Выбор внутреннего или внешнего сканирования и управление операциями измерения отношения и разности при использовании внутреннего сканера.
- SCAN: Пуск и остановка сканирования с использованием выбранного списка сканирования. Конфигурирование числа циклов сканирования, интервала сканирования; ввод в действие занесения данных в буфер и вызов данных, если выбран внутренний или внешний список.
- EXIT: Отмена сканирования и возврат в обычный режим функционирования. (Восстанавливается модель запуска в той конфигурации, которая действовала до сканирования).
- ◀ и ▶: Ручное сканирование каналов.
- PREV/NEXT DISPLAY: Вывод на индикацию двух соседних каналов (только при ручном сканировании).

3.11.3 Замыкание и размыкание внутренних каналов с помощью клавиши CHAN

Действие клавиши CHAN

Клавиша CHAN управляет только каналами внутренней сканерной платы. Эта клавиша позволяет непосредственно:

- замыкать определенный канал (или пару каналов для четырехпроводных измерительных функций);
- немедленно размыкать любой замкнутый внутренний канал (или пару каналов для четырехпроводных измерительных функций).

Меню выбора канала

Структура меню выбора канала с кратким описанием каждого пункта представлена в таблице 46. Далее приведено подробное описание пунктов этого меню. Общие правила работы с меню описаны в разделе 3.3.

При нажатии клавиши CHAN появляется следующее меню:

```
CHANNEL SELECTION
CLOSE-CHANNEL OPEN-ALL-CHANNELS
```

Таблица 46 Структура меню CHANNEL SELECTION

Пункт меню	Описание
CLOSE-CHANNEL	Меню замыкания канала:
ENTER CHAN#01 (1-10)	Ввести номер канала с помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲, ▼ и ENTER.
OPEN-ALL-CHANNELS	Нажать клавишу ENTER для размыкания замкнутого канала (каналов).

Примечание: Это меню доступно только при наличии в мультиметре установленной сканерной платы.

CLOSE-CHANNEL: При выборе этого пункта появляется сообщение с предложением выбрать номер подлежащего замыканию канала:

```
ENTER CHAN#01 (1-10)
```

Поле ввода после "ENTER CHAN" указывает номер подлежащего замыканию канала. Чтобы замкнуть канал, выберите номер канала с помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲ и ▼, затем нажмите клавишу ENTER. Номер замкнутого канала индицируется на дисплее наряду с обычными показаниями.

Выбор иного номера канала, отличного от того, что замкнут в данный момент, приводит к размыканию замкнутого канала, затем (по истечении переходного процесса) к замыканию выбранного канала.

Реле каналов замыкаются в соответствии с текущей измерительной функцией. В случае двухпроводной функции замыкается только реле одного выбранного канала. В случае четырехпроводной функции замыкается как реле выбранного канала, так и реле спаренного канала. Например, при замыкании канала 2 замыкаются также реле канала 7.

Ниже перечислены фиксированные четырехполюсные пары реле:

- 1 и 6 (это невозможно у сканерной платы типа 2001-TCSCAN)
- 2 и 7
- 3 и 8
- 4 и 9
- 5 и 10.

OPEN-ALL-CHANNELS: Выбор этого пункта приводит к немедленному размыканию любых замкнутых каналов или пары каналов (для четырехпроводных функций) сканерной платы.

3.11.4 Конфигурирование каналов через клавиши CONFIG-CHAN

Действие клавиш CONFIG-CHAN

Клавиши CONFIG-CHAN позволяют:

- выбрать измерительные функции для внутренней сканерной платы и задать каналы, подлежащие замыканию при сканировании;
- выбрать измерительные функции и номера каналов у внешнего сканера;
- определить, сохранить и восстановить альтернативную измерительную функцию, которая может быть затем назначена определенным каналам.

Меню CONFIGURE CHANNELS

Структура меню CONFIGURE CHANNELS представлена в таблице 47. Далее приведено подробное описание пунктов этого меню. Общие правила работы с меню описаны в разделе 3.3.

Таблица 47 Структура меню CONFIGURE CHANNELS

Пункт меню	Описание
INTERNAL-CHANS SET INTERNAL CHANS 1=DCV 2=DCV 3=DCV 4=DCV 5=DCV	Определение внутренних функций: Выбор каналов и функции с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼.
EXTERNAL INPUTS #EXTERNAL INPUTS=80 DEFAULT CHOOSE-FUNCTIONS SELECT CHAN=01 CHANNEL #01 FUNCTION	Установка количества внешних каналов и функций: Номера внешних каналов (1 ? 80). Выбор функции "по умолчанию" для всех внешних каналов. Выбор функций для каналов. Выбор номера канала с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼. Выбор функции с помощью клавиш ◀ и ▶.
SAVE-ALT-FCN RESTORE-ALT-FUNCTION	Сохранение текущей функции в качестве альтернативной. Восстановление занесенной в память альтернативной функции.

При нажатии клавиши CONFIG, затем клавиши CHAN появляется следующее меню:

```
CONFIGURE CHANNELS
INTERNAL-CHANS  EXTERNAL INPUTS ▶
◀ SAVE-ALT-FCN  RESTORE-ALT-FCN
```

INTERNAL-CHANS

Здесь можно установить измерительную функцию для каждого канала внутренней сканерной платы. При выборе этого пункта появляется следующее субменю:

```
SET INTERNAL CHANS
1=DCV 2=DCV 3=DCV 4=DCV 5=DCV ▶
◀ 6=DCV 7=DCV 8=DCV 9=DCV 10=DCV
```

В этом меню с помощью клавиш ◀ и ▶ выбирают канал, а с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выбирают измерительную функцию для этого канала:

DCV: измерение постоянного напряжения
 ACV: измерение переменного напряжения
 Ω2W: измерение сопротивления в двухпроводной схеме
 Ω4W: измерение сопротивления в четырехпроводной схеме
 FRQ: измерение частоты
 TMP: измерение температуры
 ALT: альтернативная функция (см. ниже)
 JN1...JN5: тип реперного стыка
 ---: без функции

Функция Ω4W: Эта функция действительна только для каналов 1 ? 5 (при использовании сканерной платы типа 2001-SCAN) или для каналов 2 ? 5 (при использовании сканерной платы типа 2001-TCSCAN)⁽⁰²⁾. Если перемещаться по спаренным каналам 6 ? 10 (плата 2001-SCAN) или 7 ? 10 (плата 2001-TCSCAN)⁽⁰²⁾ с помощью клавиш ◀ и ▶ (не нажимая клавиши ENTER), то на них индицируется надпись "PRD" (paired). Если для действительных каналов выбрана функция Ω4W, то изменение назначения на другую функцию приводит к отмене назначения парных каналов и переключению функции на "---" (без функции).

Функция TMP: Функция TMP действительна для тех же каналов, что и функция Ω4W, если в качестве датчика температуры используется четырехпроводной термометр сопротивления. Если используется двухпроводной термометр сопротивления, то каналам 6 ? 10 можно назначить функцию измерения температуры, однако если впоследствии изменить тип датчика на четырехпроводной термометр сопротивления, то каналы 6 ? 10 будут установлены на "---" (без функции). Измерение температуры с термопарами при использовании платы типа 2001-TCSCAN можно назначить каналам 2 ? 10.

Функции JN: Здесь имеется пять функций реперной температуры (JN1 ? JN5). Тип реперного стыка задается через меню CONFIGURE TEMPERATURE. При использовании сканерной платы типа 2001-TCSCAN реперный стык должен быть назначен каналу 1.

Примечание: Функции JN в меню INTERNAL предназначены для использования с термопарной сканерной платой типа 2001-TCSCAN. Плата типа 2001-SCAN не рассчитана на использование с термопарами.

Без функции (---): Выбор этого варианта просто удаляет данный канал из списка сканирования. Канал, для которого не задана определенная функция, пропускается при сканировании.

EXTERNAL-INPUTS

Этот пункт меню позволяет выбрать измерительную функцию для внешних сканерных плат, применяемых с мультиметром. При выборе этого пункта появляется приглашение ввести количество используемых каналов:

EXTERNAL INPUTS=80

С помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲ и ▼ выберите количество каналов (1 ? 80) и нажмите клавишу ENTER. Как только будет выбрано количество входов, появляется меню выбора функций для каналов:

SET CHAN FUNCTIONS
 DEFAULT CHOOSE-FUNCTIONS

Эти пункты меню позволяют выбрать следующее:

Default: Этот выбор назначает текущую измерительную функцию всем внешним каналам.

Choose-Function: Этот вариант позволяет задать функцию для каждого внешнего канала через следующее приглашение для ввода:

SELECT CHAN=01 (DCV)

С помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲ и ▼ выберите подлежащий программированию канал и нажмите клавишу ENTER. Появляется список возможных функций:

CHANNEL#01 FUNCTION
 DCV ACV DCI ACI Ω2W Ω4W FRQ TMP ▶
 ◀ALT JN1 JN2 JN3 JN4 JN5 ---

С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите нужную функцию и нажмите клавишу ENTER. Повторите эту процедуру для каждого подлежащего определению внешнего канала.

SAVE-ALT-FCN и RESTORE-ALT-FCN

Альтернативной (ALT) считается такая функция, которую невозможно непосредственно вызвать с помощью какой-либо из восьми функциональных клавиш. Предположим, к примеру, что Вы выбрали функцию измерения пикового значения переменного напряжения с помощью клавиш CONFIG-ACV. Теперь Вы можете через SAVE-ALT назначить измерение пикового значения ACV в качестве альтернативной функции. Теперь каждый раз, когда в списке сканирования встретится функция ALT, прибор будет переключаться на измерение пикового значения переменного напряжения для этого канала, даже если он выполняет измерение другого типа (например, измерение среднеквадратического значения).

Функцию ALT можно также использовать для сохранения существующей главной функции, но с другим набором рабочих параметров. Например, Вы можете установить определенный основной набор рабочих параметров для функции DCV и другой набор параметров DCV в качестве функции ALT. Это позволяет задавать изменения практически в любых измерительных параметрах от канала к каналу даже при неизменной измерительной функции.

Примечание: Некоторые функции могут быть несовместимы с определенными сканерными платами. Например, функции DCI и ACI не следует использовать со сканерными платами типа 2001-SCAN и 2001-TCSCAN.

SAVE-ALT-FCN: Занесение в память выбранной в данный момент функции и всех ее установок в качестве альтернативной (ALT) функции.

RESTORE-ALT-FCN: Восстановление функции, занесенной ранее в память в качестве альтернативной, со всеми ее установками, как если бы имело место обычное изменение функции.

3.11.5 Конфигурирование сканирования через клавиши CONFIG-SCAN

Действие клавиш CONFIG-SCAN

Клавиши CONFIG-SCAN позволяют:

- выбрать для сканирования список внутренних или внешних каналов;
- задействовать измерение отношения или разности сигналов в каналах.

Меню SCAN OPERATION

Структура меню SCAN OPERATION представлена в таблице 48. Далее приведено подробное описание пунктов этого меню. Общие правила работы с меню описаны в разделе 3.3.

Таблица 48 Структура меню SCAN OPERATION

Пункт меню	Описание
INTERNAL	Включение внутреннего сканирования.
EXTERNAL	Включение внешнего сканирования.
RATIO	Включение режима измерения отношения сигналов во внутренних каналах.
MEASURE	Выбор измерительного канала.
REFERENCE	Выбор опорного канала.
FUNCTION	Выбор функции измерения отношения.
DELTA	Включение режима измерения разности сигналов во внутренних каналах.
MEASURE	Выбор измерительного канала.
REFERENCE	Выбор опорного канала.
FUNCTION	Выбор функции измерения разности.

При нажатии клавиши CONFIG, затем клавиши SCAN появляется следующее меню:

```
SCAN OPERATION
INTERNAL EXTERNAL RATIO DELTA
```

Эти пункты определяют действие прибора при поступлении сигнала запуска.

INTERNAL

Ввод в действие сканирования с внутренней сканерной платой. При выборе этого пункта меню мультиметр переключается на функцию, заданную для первого канала, замыкает канал и выполняет измерение. При поступлении следующего сигнала запуска прибор размыкает текущий канал, переключается на измерительную функцию, заданную для следующего канала, замыкает этот канал и выполняет измерение. Этот процесс продолжается до завершения сканирования всех указанных в списке каналов.

Если при включении питания прибор обнаружит наличие сканерной платы, он "по умолчанию" переключается в состояние "INTERNAL".

EXTERNAL

Ввод в действие сканирования с внешней сканерной платой, установленной в коммутационной системе. В этом варианте прибор функционирует аналогичным образом, за исключением того, что внутренняя сканерная плата не используется. При выборе этого пункта меню мультиметр немедленно переключается на функцию, заданную для первого канала. При поступлении сигнала запуска прибор выполняет измерение и переключается на измерительную функцию, заданную для следующего канала. Этот процесс продолжается до завершения сканирования всех указанных в списке каналов.

Если при включении питания прибор не обнаружит наличие сканерной платы, он "по умолчанию" переключается в состояние "EXTERNAL".

RATIO и DELTA

Каждый из этих вариантов выбора конфигурирует мультиметр на измерение сигналов в двух заданных каналах внутреннего сканера с последующим вычислением отношения (разности) сигналов в каналах. При выборе одного из этих вариантов прибор замыкает опорный канал и ожидает сигнала запуска. При поступлении сигнала запуска прибор выполняет измерение сигнала в опорном канале, переключается на измерительный канал и выполняет второе измерение. По завершении измерения сигнала в измерительном канале прибор вычисляет и выводит на индикацию значение отношения или разности сигналов в каналах, затем снова переключается на опорный канал и ожидает сигнала запуска.

Примечание: Результат вычисления отношения индицируется с $7\frac{1}{2}$ разрядами индикации в показательной форме (номер канала не индицируется).

Выбор каналов для RATIO и DELTA:

Чтобы выбрать каналы для измерения отношения или разности, выберите соответственно RATIO или DELTA.

При выборе пункта RATIO появляется следующее меню, позволяющее установить измерительный и опорный каналы:

```
CONFIGURE RATIO
MEASURE REFERENCE FUNCTION
```

При выборе пункта MEASURE появляется следующее меню:

```
RATIO MEASURE CHAN
CH1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите измерительный канал и нажмите клавишу ENTER.

Аналогичным образом при выборе пункта REFERENCE появляется следующее меню:

```
RATIO REFERENCE CHAN
CH1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите опорный канал для измерения отношения и нажмите клавишу ENTER.

Меню FUNCTION выглядит следующим образом:

```
SET RATIO FUNCTION
DCV Ω2 Ω4
```

С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите нужную функцию и нажмите клавишу ENTER.

Аналогичным образом производится выбор измерительного и опорного каналов, а также функции для измерения разности с той разницей, что под меню SCAN OPERATION следует выбрать пункт DELTA.

Вычисление отношения и разности:

При конфигурировании один канал задается в качестве опорного, а второй канал – в качестве измерительного канала. Вычисление отношения и разности сигналов в этих каналах производится по формулам:

отношение = измерительный канал : опорный канал

разность = измерительный канал - опорный канал

3.11.6 Конфигурирование параметров сканирования через клавишу SCAN

Как только будет задействован список внутреннего или внешнего сканирования, Вы сможете использовать клавишу SCAN для конфигурирования внутреннего или внешнего сканирования (структура меню клавиши SCAN показана на рис. 48). Эта процедура изменяет параметры уровня сканирования в модели запуска. При отмене сканирования нажатием клавиши EXIT восстанавливается конфигурация модели запуска, действующая до сканирования.

3.11.7 Включение и выключение сканирования**Внутреннее и внешнее сканирование**

После того, как будет сконфигурировано внутреннее или внешнее сканирование, нажатие клавиши ENTER из меню SCAN включает сканирование. Нажатие клавиши EXIT приводит к отмене сканирования. Здесь невозможна временная отмена внутреннего или внешнего сканирования.

Измерение отношения и разности

После того, как из меню CONFIG-SCAN будет выбрано измерение отношения или разности сигналов в каналах, для правления сканированием используются клавиши SCAN, TRIG и EXIT. Чтобы начать сканирование, нажмите клавишу SCAN (см. рис. 47).

SCAN	TRIGGERS HALTED Use SCAN key to resume: EXIT to quit
SCAN or TRIG	Ratio or delta measurements
SCAN	TRIGGERS HALTED Use SCAN key to resume: EXIT to quit
EXIT	SCANNING DISABLED Use SCAN key to resume
EXIT	SCANNING DISABLED Use SCAN key to resume

Рис. 47 Структура меню клавиши SCAN для измерения отношения и разности

Ручное сканирование

При использовании внутреннего сканирования можно сканировать каналы вручную с помощью клавиш ◀ и ▶. Чтобы задействовать эту возможность, сначала замкните канал с помощью опции CLOSE-CHANNEL, доступ к которой обеспечивается через клавишу CHAN. Для увеличения номера канала пользуйтесь клавишей ▶, для уменьшения номера канала – клавишей ◀. Для непрерывного сканирования каналов можно удерживать любую из этих клавиш в нажатом состоянии.

Индикация соседних каналов

Режим комплексной индикации позволяет вывести на дисплей два соседних канала только при ручном управлении сканированием. Чтобы использовать эту возможность, сначала замкните нужный канал, затем нажимайте клавишу PREV, чтобы вывести на индикацию другие каналы. Теперь Вы можете воспользоваться клавишами ◀ и ▶ для обычной прокрутки индикации каналов.

Примечание: Режим индикации соседних каналов невозможно использовать при автоматическом сканировании каналов с использованием внутреннего или внешнего списка сканирования.

Предположим, к примеру, что мы замыкаем канал 5 с помощью клавиши CHAN. Когда задействована комплексная индикация, в нижней строке дисплея появляются каналы 4 и 6.

Entry for external list → **SCAN**

```

CONFIG EXT SCANNER
Reset scanner; press ENTR to >
< continue.

ENTER CONFIG EXT SCANNER
Set CHAN COUNT to infinite; >
< Press ENTER to continue.

ENTER SELECT TRIG SOURCE
TRIGLINK EXTERNAL TIMER>
< GPIB MANUAL IMMEDIATE

XXXXX CONFIG EXT SCANNER
Set CHAN SPACING to XXXXX. >
< Press ENTER to continue.

ENTER CONFIG EXT SCANNER
Set SCAN LIST for 80 channels >
< Press ENTER to continue.

ENTER CONFIG EXT SCANNER
STEP scanner to first cahnnel >
< Press ENTER to continue.

ENTER

```

Entry for internal list → **SCAN**

```

SCAN COUNT = 00010
Use <,> ^, v, ENTER, EXIT, or INFO
INFO: SCAN COUNT
Number of scans

ENTER USE SCAN TIMER?
YES NO

YES INTERVL = 000000.000
Use <,> ^, v, ENTER, EXIT, or INFO
INFO: TIMER
For TIMER source, the interval >
< (in seconds) between triggers.

ENTER

NO DATA NO MEMORY?
YES NO

YES XXXXX RDGS TO BUFFER
Press ENTER to continue.
(Use CONFIG-STORE to
change number of readings)

ENTER

NO Press ENTER to begin
XXXX scans of XX channels or >
< press EXIT to abort.

ENTER +000.0000 mVDC CHXX
storing reading #XXX of XXX

SCAN COMPLETE
Storage complete; press RECALL

SCAN COMPLETE
RECALL-DATA SCAN-AGAIN EXIT

RECALL-DATA +000.0000 mVDC
Rdg# +00000
INFO: RECALL BY RDG#
Use <,> ^, v to change reading. >
< Use NEXTDISP to see statistics

EXIT SCAN COMPLETE
RECALL-DATA SCAN-AGAIN EXIT

SCAN-AGAIN Press ENTER to begin
XXXX scans of XX channels or >
< press EXIT to abort.

EXIT DISABLE EXT SCANNER
Set CHAN SPACING to MANUAL >
< Press ENTER to continue.

```

Рис. 48 Общая структура меню клавиши SCAN

3.11.8 Примеры работы со сканером

Ниже приведено поэтапное описание процедур управления сканером в различных режимах работы.

Замыкание и размыкание каналов

Для замыкания и размыкания определенных каналов у внутренней сканерной платы пользуйтесь клавишей CHAN, как описано ниже:

1. В состоянии нормальной индикации нажмите клавишу CHAN. Появляется следующее меню:
CHANNEL SELECTION
CLOSE-CHANNEL OPEN-ALL-CHANNELS
2. Выберите пункт CLOSE-CHANNEL и нажмите клавишу ENTER. Появляется приглашение на ввод номера канала:
ENTER CHANNEL# 01 (1-10)
3. С помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲ и ▼ выберите подлежащий замыканию канал (1 ? 10) и нажмите клавишу ENTER. Размыкается ранее замкнутый канал и замыкается выбранный канал.
4. Чтобы разомкнуть замкнутый канал, выберите в меню CHANNEL SELECTION пункт OPEN-ALL-CHANNELS и нажмите клавишу ENTER.

Ручное сканирование и использование комплексной индикации

Для ручного сканирования каналов у внутренней сканерной платы можно пользоваться клавишами ◀ и ▶. При этом можно также использовать режим комплексной индикации для отображения соседних каналов.

Примечание: Режим индикации соседних каналов невозможно использовать при автоматическом сканировании каналов.

Для выполнения ручного сканирования и индикации альтернативных каналов действуйте следующим образом:

1. Замкните канал вручную путем выбора варианта CLOSE-CHANNEL, доступ к которому обеспечивается через клавишу CHAN.
2. Для увеличения номера канала пользуйтесь клавишей ▶, для уменьшения номера канала – клавишей ◀. Для непрерывного сканирования каналов можно удерживать любую из этих клавиш в нажатом состоянии. Функция автоповтора для этих клавиш отменяется при индикации соседних каналов.
3. В состоянии нормальной индикации нажмите клавишу PREV, чтобы задействовать индикацию соседних каналов. В нижней строке дисплея появляется индикация отсчетов соседних каналов (с разницей номеров на ± 1).
4. Для ручного сканирования каналов пользуйтесь клавишами ◀ и ▶. При этом номера соседних каналов отслеживают изменение номера канала на основном индикаторе.
5. Чтобы отменить режим индикации альтернативных каналов, нажмите клавишу NEXT. По завершении сканирования разомкните каналы с помощью клавиши CHAN.

Сканирование внутренних каналов

Сканирование внутренних каналов осуществляется путем конфигурирования сканируемых каналов и программирования мультиметра на выполнение сканирования. Ниже описаны этапы основных процедур выполнения сканирования с внутренней сканерной платой.

Примечание: В зависимости от выбранных режимов запуска для выполнения сканирования может потребоваться запуск мультиметра (см. раздел 3.7).

Этап 1: Конфигурирование каналов

Чтобы выбрать измерительные функции для каждого из каналов сканера, пользуйтесь клавишами CONFIG-CHAN, как описано ниже:

1. Нажмите клавиши CONFIG-CHAN. Появляется следующее меню:
CONFIGURE CHANNELS
INTERNAL-CHANS EXTERNAL-INPUTS ▶
◀ SAVE-ALT-FCN RESTORE-ALT-FCN

2. Выберите пункт INTERNAL-CHANS и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

SET INTERNAL CHANS

1=DCV 2=DCV 3=DCV 4=DCV 5=DCV ►

◀ 6=DCV 7=DCV 8=DCV 9=DCV 10=DCV

3. С помощью клавиш ◀ и ► выберите нужный канал (для отображения каналов 6 ? 10 нажмите клавишу ►).
4. С помощью клавиш RANGE ▲ и ▼ выберите нужную измерительную функцию: DCV, ACV, $\Omega 2W$, $\Omega 4W$, FRQ, TMP, ALT, JN1, JN2, JN3, JN4, JN5, --- (None).
5. Повторите операции по пунктам 3 и 4 для каждого подлежащего сканированию канала. Чтобы вывести канал из списка сканирования, выберите для него --- (None).
6. Просмотрите все десять каналов на предмет проверки пропущенных и спаренных (PRD) каналов.
7. После выбора всех измерительных функций нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 2: Выбор списка внутреннего сканирования

Чтобы выбрать список внутреннего сканирования, действуйте следующим образом:

1. Нажмите клавиши CONFIG-SCAN. Появляется следующее меню:

SCAN OPERATION

INTERNAL EXTERNAL RATIO DELTA

2. Выберите пункт INTERNAL и нажмите клавишу ENTER.

Этап 3: Пуск сканирования

По завершении конфигурирования каналов и списка сканирования просто нажмите клавишу SCAN, чтобы начать сканирование. Вы получите приглашение на установку количества циклов сканирования (scan count) и таймера (scan timer), а также на ввод в действие сохранения данных. При нажатии клавиши ENTER начинается сканирование выбранных каналов и выполнение измерений в каждом канале с учетом сделанного выбора измерительных функций для каждого канала. По завершении сканирования Вы можете вызвать данные из памяти и/или снова запустить сканирование. Чтобы отменить сканирование, нажмите клавишу EXIT.

Измерение отношения и разности сигналов в каналах

Мультиметр может измерять отношение (RATIO) и разность (DELTA) сигналов в любых двух каналах внутреннего сканера. При первоначальном переключении прибора в режим измерения отношения или разности он замыкает опорный канал сканера и ждет сигнала запуска. При поступлении сигнала запуска прибор выполняет измерение сигнала в опорном канале, переключается на измерительный канал и выполняет второе измерение. По завершении измерения сигнала в измерительном канале прибор вычисляет и выводит на индикацию значение отношения или разности сигналов в каналах, затем снова переключается на опорный канал и ожидает сигнала запуска.

Ниже описаны этапы основной процедуры измерения отношения. При измерении разности используется в принципе такая же процедура с той разницей, что в соответствующем меню вместо RATIO выбирают DELTA.

Этап 1: Подключение входов

Подайте входные сигналы на каналы, которые Вы намерены определить в качестве измерительного и опорного.

Этап 2: Определение измерительного канала

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавиши CONFIG-SCAN. Появляется следующее меню:

SCAN OPERATION

INTERNAL EXTERNAL RATIO DELTA

2. Выберите пункт RATIO и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

CONFIGURE RATIO

MEASURE REFERENCE FUNCTION

3. Выберите пункт MEASURE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

RATIO MEASURE CHAN

CH1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. С помощью клавиш ◀ и ► выберите канал, который Вы хотите назначить в качестве измерительного канала, и нажмите клавишу ENTER.

Этап 3: Определение опорного канала

1. Из меню CONFIGURE RATIO выберите пункт REFERENCE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:
RATIO REFERENCE CHAN
CH1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите канал, который Вы хотите назначить в качестве опорного канала, и нажмите клавишу ENTER.

Этап 4: Выбор измерительной функции

1. Из меню CONFIGURE RATIO выберите пункт REFERENCE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:
SET RATIO FUNCTION
DCV Ω2 Ω4
Обратите внимание на то, что в режимах измерения отношения и разности доступны только функции измерения постоянного напряжения и сопротивления.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ выберите нужную функцию и нажмите клавишу ENTER.
3. Если нужно, нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 5: Индикация результатов измерения отношения

После того, как будут заданы измерительный канал, опорный канал и измерительная функция, нажмите клавишу SCAN, чтобы остановить запуск, затем клавишу TRIG или SCAN, чтобы вывести на индикацию результат измерения отношения. Прибор индицирует значения отношения, полученные вычислением отношения сигналов в измерительном и опорном каналах. Если Вы выбрали режим запуска, требующий отдельного запуска каждого измерения, то Вам придется каждый раз производить запуск прибора для получения нового отсчета (подробные сведения о запуске см. в разделе 3.7).

Этап 6: Вывод из действия и отмена режима измерения отношения

Чтобы вывести из действия режим измерения отношения, можно нажать клавишу EXIT при индикации результата измерения отношения. Чтобы отменить этот режим, нажмите клавиши CONFIG-SCAN и выберите другой пункт из меню SCAN-OPERATION.

Измерение температуры с термометрами сопротивления

Ниже описаны основные процедуры выполнения измерений температуры с термометрами сопротивления при использовании внутреннего сканера. Общие сведения об измерении температуры приведены в разделе 3.4.5.

Этап 1: Подключение термометров сопротивления

Присоедините к сканеру термометры сопротивления (RTD) согласно инструкции, прилагаемой к сканерной плате. Четырехпроводные термометры сопротивления подключаются к следующим парам каналов:

- каналы 1 и 6 – датчик № 1
- каналы 2 и 7 – датчик № 2
- каналы 3 и 8 – датчик № 3
- каналы 4 и 9 – датчик № 4
- каналы 5 и 10 – датчик № 5.

Этап 2: Выбор типа датчика и единицы измерения температуры

Для конфигурирования типа датчика RTD и единицы измерения температура пользуйтесь клавишами CONFIG-TEMP (см. раздел 3.4.5).

Этап 3: Конфигурирование каналов

1. Нажмите клавиши CONFIG-SCAN. Появляется следующее меню:
CONFIGURE CHANNELS
INTERNAL-CHANS EXTERNAL-INPUTS ▶
◀ SAVE-ALT-FCN RESTORE-ALT-FCN

2. Выберите пункт INTERNAL-CHANS. Появляется следующее меню:

```
SET INTERNAL CHANNELS
1=DCV 2=DCV 3=DCV 4=DCV 5=DCV ►
◀ 6=DCV 7=DCV 8=DCV 9=DCV 10=DCV
```

3. С помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲ и ▼ выберите каналы и функции. Для всех каналов, к которым подключены термометры сопротивления, установите тип функции на TMP. Для тех каналов, к которым не подключены датчики температуры, выберите опцию "---" (none).
4. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 4: Конфигурирование сканирования

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавиши CONFIG-SCAN. Появляется следующее меню:

```
SCAN OPERATION
INTERNAL EXTERNAL RATIO DELTA
```

2. Выберите пункт INTERNAL и нажмите клавишу ENTER.

Этап 5: Сканирование

Чтобы начать сканирование, нажмите клавишу SCAN и запрограммируйте количество циклов сканирования (scan count), таймер (scan timer) и сохранение данных. После этого нажмите клавишу ENTER. По завершении сканирования Вы можете вызвать данные из памяти и/или возобновить сканирование. Нажатие клавиши EXIT при сканировании прерывает занесение данных в память и выключает сканирование.

Применение сканера с буфером хранения данных

Буфер хранения данных мультиметра можно использовать для сохранения отсчетов, полученных при работе со сканером. Ниже описаны соответствующие процедуры. Дополнительная информация о применении буфера содержится в разделе 3.8.

Этап 1: Конфигурирование каналов

1. Нажмите клавиши CONFIG-CHAN. Появляется следующее меню:

```
CONFIGURE CHANNELS
INTERNAL-CHANS EXTERNAL-INPUTS ►
◀ SAVE-ALT-FCN RESTORE-ALT-FCN
```

2. Выберите пункт INTERNAL-CHANS. Появляется следующее меню:

```
SET INTERNAL CHANNELS
1=DCV 2=DCV 3=DCV 4=DCV 5=DCV ►
◀ 6=DCV 7=DCV 8=DCV 9=DCV 10=DCV
```

3. С помощью клавиш ◀, ▶, RANGE ▲ и ▼ выберите каналы и функции. После того, как Вы установите все каналы и функции, нажмите клавишу ENTER.
4. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 2: Конфигурирование сканирования

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавиши CONFIG-SCAN. Появляется следующее меню:

```
SCAN OPERATION
INTERNAL EXTERNAL RATIO DELTA
```

2. Выберите пункт INTERNAL и нажмите клавишу ENTER.

Этап 3: Конфигурирование буфера

1. Нажмите клавиши CONFIG-STORE. Появляется следующее меню:

```
CONFIG DATA STORE
BURST-MODE DATA CONTROL ►
◀ CLEAR-ALL COUNT FEED
```

2. Выберите пункт COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET BUFFER SIZE
ENTER-COUNT USE-TRIGGER-MODEL
```

3. Выберите пункт ENTER-COUNT и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
BUFFER SIZE = 00010
```

4. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите число подлежащих сохранению отсчетов. Обычно это число совпадает с количеством сканируемых каналов. Например, если Вы используете все 10 каналов сканера, выберите 10 отсчетов. Имейте в виду, что информация о каналах не сохраняется при компактном группировании данных.
5. По завершении программирования сохранения данных нажмите клавишу ENTER, затем клавишу EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 4: Запуск сканирования

Нажмите клавишу SCAN, чтобы запрограммировать количество циклов сканирования (scan count), таймер (scan timer) и сохранение данных. После этого нажмите клавишу ENTER. Прибор циклически переключает каналы, останавливаясь для измерения и занесения в память отсчета на каждом канале.

Этап 5: Вызов отсчетов из памяти

Из меню SCAN COMPLETE выберите пункт RECALL-DATA, чтобы вызвать на индикацию отсчеты из буфера памяти. Для выбора номера выводимого на индикацию отсчета пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. Обратите внимание на то, что здесь индицируется номер канала для каждого отсчета в дополнение к другой специфической для буфера информации. Нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться к меню SCAN COMPLETE.

Внешнее сканирование

При установке параметров мультиметра для внешнего сканирования действуйте, как описано ниже.

Этап 1: Подключение сканерной платы

Подключите к сканеру сигнальные цепи и кабели запуска согласно описанию в прилагаемой к сканерной плате документации. При необходимости обращайтесь к разделам 3.7.6 и 3.7.7, где описан внешний запуск и Trigger Link.

Этап 2: Конфигурирование параметров запуска

С помощью клавиш CONFIG TRIG выберите необходимые параметры запуска с учетом поставленной задачи. Параметры запуска рассмотрены в разделе 3.7.

Этап 3: Конфигурирование внешних каналов и функций

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавиши CONFIG0CHAN. Появляется следующее меню:

```
CONFIGURE CHANNELS
INTERNAL-CHANS EXTERNAL-INPUTS ▶
◀ SAVE-ALT-FCN RESTORE-ALT-FCN
```

2. Выберите пункт EXTERNAL-CHANS и нажмите клавишу ENTER. Появляется приглашение на ввод количества каналов:

```
# EXTERNAL INPUTS=80
```

3. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ установите нужное количество внешних каналов и нажмите клавишу ENTER. Появляется меню установки функций:

```
SET CHAN FUNCTIONS
DEFAULT CHOOSE-FUNCTIONS
```

4. Если Вы хотите использовать текущую функцию "по умолчанию" для всех каналов, выберите пункт DEFAULT и нажмите клавишу ENTER.

5. Если Вы намерены запрограммировать разные функции для каждого канала, выберите пункт CHOOSE-FUNCTIONS и нажмите клавишу ENTER. Появляется приглашение на ввод номера канала:

```
SELECT CHAN=01 (DCV)
```

6. С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ выберите канал и нажмите клавишу ENTER. Выберите нужную функцию и нажмите клавишу ENTER. Повторите эту процедуру для всех подлежащих определению каналов.

7. При необходимости нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации.

Этап 4: Ввод в действие внешнего сканирования

1. В режиме нормальной индикации нажмите клавиши CONFIG-SCAN. Появляется следующее меню:

```
SCAN OPERATION
INTERNAL EXTERNAL RATIO DELTA
```

2. Выберите пункт EXTERNAL и нажмите клавишу ENTER.

Этап 5: Запуск сканирования

Нажмите клавишу SCAN, чтобы установить внешний сканер, запрограммировать количество циклов сканирования (scan count), таймер (scan timer) и сохранение данных. После этого нажмите клавишу ENTER, чтобы начать сканирование. По завершении сканирования Вы можете вызвать данные из памяти и/или возобновить сканирование. Для прерывания процесса занесения данных в память и отмены сканирования нажмите клавишу EXIT.

3.12 Главное меню

Главное меню обеспечивает доступ к различным операциям, для которых нет специально назначенных клавиш (например, сохранение наборов параметров, набор параметров IEEE-488, калибровка, самопроверка, контроль предельных значений). Структура главного меню представлена в таблице 49.

Обращение к верхнему уровню главного меню производится нажатием клавиши MENU в состоянии нормальной индикации. Опции главного меню отображаются следующим образом:

```
MAIN MENU
SAVESETUP GPIB CALIBRATION ►
◀ TEST LIMITS STATUS-MSG GENERAL
```

Общие правила работы с меню изложены в разделе 3.3.

Таблица 49 Структура главного меню

Пункт меню	Описание
SAVESETUP SAVE RESTORE POWERON BENCH GPIB USER-SET-NUMBER RESET BENCH GPIB	Меню наборов параметров: Сохранение набора параметров в ячейку памяти (до 1, 5 или 10). Восстановление набора параметров, занесенного в ячейку памяти (до 1, 5 или 10). Меню начальных наборов параметров (после включения прибора): Начальный набор параметров "по умолчанию" BENCH. Начальный набор параметров "по умолчанию" GPIB. Начальный набор параметров, занесенный в ячейку памяти (до 1, 5 или 10). Меню восстановления наборов параметров: Восстановление начального набора параметров "по умолчанию" BENCH. Восстановление начального набора параметров "по умолчанию" GPIB.
GPIB ADDRESABLE TALK-ONLY FEED AFTER-CALC BEFORE-CALC NONE INTERFACE IEEE-488 CENTRONICS INTERVAL FORMFEED CONTROL SET-PAGE-SETUP ELEMENTS STATUS	Установка параметров GPIB и принтера. Проверка или изменение шинного адреса IEEE-488 (0 ? 30). Меню параметров GPIB и принтера в режиме передачи: Меню вывода GPIB: Вывод отсчетов после математической операции. Вывод отсчетов до математической операции. Без вывода отсчетов. Выбор интерфейса принтера. Задание принтера IEEE-488. Задание параллельного принтера Centronics. Задание периодичности печати данных (каждый отсчет из 1 ? 9999). Меню формата печати: Разрешение или отмена ограничения числа строк. Установка числа строк между подачей бланков (1 ? 255). Выбор элементов данных GPIB (отсчет, единица измерения, номер отсчета, номер канала, метка времени, состояние). Индикация статусного байта шины IEEE-488.

Таблица 49 Структура главного меню (продолжение)

Пункт меню	Описание
CALIBRATION COMPREHENSIVE AC-ONLY-CAL ⁽⁰¹⁾ POINT-CAL ⁽⁰²⁾ CALIBRATION-DATES	Меню калибровки: Калибровка на постоянном и переменном токе. Калибровка только на переменном токе (при разомкнутых входах). Калибровка для отдельных функций. Проверка или изменение дат калибровки.
TEST BUILT-IN-TEST AUTOMATIC MANUAL DIAGNOSTICS FRONT-PANEL-TESTS KEYS DISPLAY-PATTERNS	Меню самопроверки: Проверка аналоговых и цифровых плат. Автоматическое выполнение всех тестов. Выбор подлежащих выполнению тестов. Заводские диагностические тесты. Проверка платы дисплея. Проверка функционирования клавиш на передней панели. Проверка функционирования дисплея.
LIMITS LIMIT-SET-1 CONTROL LOLIM1 HILIM1 LIMIT-SET-2 CONTROL LOLIM2 HOLIM2 STROBE-CONTROL PASS-PATTERN	Меню контроля предельных значений: Меню набора пределов № 1. Включение и выключение набора пределов № 1. Установка значения нижнего предела № 1. Установка значения верхнего предела № 1. Меню набора пределов № 2. Включение и выключение набора пределов № 2. Установка значения нижнего предела № 2. Установка значения верхнего предела № 2. Включение и выключение вывода строб-сигнала на цифровом выходе № 4 при поступлении сигнала запуска. Задание кода на цифровых выходах для обозначения состояния "в пределах".
STATUS-MSG	Включение и выключение режима статусных сообщений.
GENERAL DIGITAL-I/O OUTPUT-STATE OUTPUT-SENSE INPUT SERIAL# AUTOZERO ⁽⁰¹⁾ LINE-SYNC ⁽⁰¹⁾ DECIMAL ⁽⁰¹⁾ A/D CONTROLS LINE SYNC AUTO-ZERO TIMESTAMP TYPE RELATIVE-TIME REAL-TIME RESET-TIME RESET-RDG# DECIMAL CLOCK TIME DATE FORMAT 12-HOUR 24-HOUR	Общее меню: Меню цифрового входа-выхода. Проверка или измерения состояния цифровых выходов. Проверка или изменение типа логики цифровых выходов. Считывание состояния цифрового входа. Индикация серийного номера, версии SCPI опции памяти и версии микропрограммы. Включение или выключение обычного (после каждого отсчета) или синхронного (через каждые 200 ms) режима автокоррекции нуля. Включение и выключения синхронизации измерений от сети. Выбор индикации точки или запятой в качестве десятичного разделителя. Только у мультиметра типа 2002: Меню аналого-цифрового преобразования: Включение и выключения синхронизации измерений от сети. Индикация частоты сети. Включение и выключение обычного или синхронного режима автокоррекции нуля. Конфигурирование временных меток: Выбор или изменение типа временных меток. Привязка временных меток к относительному времени. Привязка временных меток к реальному времени. Сброс относительной временной метки в нуль. Сброс номера отсчета в нуль. Выбор индикации точки или запятой в качестве десятичного разделителя. Меню часов: Проверка или установка времени. Проверка или установка даты. Выбор формата индикации времени: 12-часовой формат (AM = до полудня, PM = после полудня). 24-часовой формат.

3.12.1 Меню SAVESETUP

Опция SAVESETUP главного меню используется для следующих операций:

- для занесения текущей конфигурации прибора в энергонезависимую память;
- для восстановления конфигурации прибора, ранее занесенной в память;
- для установки начальной (после включения) конфигурации прибора;
- для восстановления заводской конфигурации прибора "по умолчанию".

Чтобы обратиться к меню SAVESETUP с верхнего уровня главного меню, с помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт SAVESETUP и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SETUP MENU
SAVE RESTORE POWERON RESET
```

SAVE

Этот пункт меню используют для занесения текущего набора параметров прибора в определенную ячейку памяти. В зависимости от опции памяти здесь можно занести в энергонезависимую память один (STD), до пяти (MEM1) или до десяти (MEM2) наборов параметров. Установленная в прибор опция памяти индицируется при включении прибора, а также в пункте SERIAL# общего (General) меню (см. раздел 3.12.7).

1. Чтобы выбрать пункт SAVE, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. У мультиметра с опцией памяти MEM1 появляется следующее сообщение:

```
SAVE SETUP #0 (4 max)
```

Имейте в виду, что нумерация ячеек памяти начинается с нуля (SETUP#0).

2. Чтобы занести текущий набор параметров прибора в индицируемую ячейку памяти, нажмите клавишу ENTER. После индикации сообщения "Saving Setup n" прибор возвращается в SETUP MENU.
3. Чтобы занести текущий набор параметров прибора в другую ячейку памяти (у прибора с дополнительной памятью), с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ измените номер ячейки памяти и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в SETUP MENU.

RESTORE

Этот пункт меню позволяет восстановить в приборе набор параметров, занесенный в память ранее. В зависимости от опции памяти, в энергонезависимую память можно занести один (STD), до пяти (MEM1) или до десяти (MEM2) наборов параметров.

1. Чтобы выбрать пункт RESTORE, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. У мультиметра с опцией памяти MEM1 появляется следующее сообщение:

```
RESTORE #0 (4 max)
```

Имейте в виду, что нумерация ячеек памяти начинается с нуля (SETUP#0).

2. Чтобы восстановить в приборе набор параметров, занесенный в индицируемую ячейку памяти, нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается к нормальной индикации.
3. Чтобы восстановить в приборе другой набор параметров (у прибора с дополнительной памятью), с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ измените номер ячейки памяти и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается к нормальной индикации.

POWERON

Этот пункт меню используют для выбора начального набора параметров, который должен вводиться в действие после включения прибора. В качестве начального набора параметров можно выбрать заводской набор параметров "по умолчанию" BENCH, заводской набор параметров GPIB или пользовательский набор параметров, занесенный в определенную ячейку памяти.

Чтобы выбрать пункт POWERON, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET POWER-ON DEFAULT
BENCH GPIB USER-SETUP-NUMBER
```

BENCH: При следующем включении прибора он возвращается в состояние установки "по умолчанию" BENCH (см. таблицу 50). Чтобы выбрать набор параметров BENCH, поместите курсор на это пункт и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в SETUP MENU.

GPIB: При следующем включении прибора он возвращается в состояние установки "по умолчанию" GPIB (см. таблицу 50). Чтобы выбрать набор параметров GPIB, поместите курсор на это пункт и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в SETUP MENU.

USER-SETUP-NUMBER: При включении питания устанавливается пользовательский набор параметров, занесенный в определенную ячейку памяти. Чтобы выбрать пользовательский набор параметров, поместите курсор на пункт USER-SETUP-NUMBER и нажмите клавишу ENTER. У мультиметра с опцией памяти MEM1 появляется следующее сообщение:

PWRON DFLT#0 (4 max)

1. Чтобы задействовать набор параметров, занесенный в индицируемую ячейку памяти, нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в SETUP MENU.
2. Чтобы задействовать набор параметров, занесенный в другую ячейку памяти (у прибора с дополнительной памятью), с помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ измените номер ячейки памяти и нажмите клавишу ENTER.

RESET

Эту опцию меню используют для восстановления в приборе набора параметров "по умолчанию" BENCH или GPIB (см. таблицу 50).

Чтобы выбрать пункт RESET, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

RESET ORIGINAL DFLTS
BENCH GPIB

BENCH: Прибор возвращается в состояние установки "по умолчанию" BENCH (см. таблицу 50). Чтобы выбрать набор параметров BENCH, поместите курсор на это пункт и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается к нормальной индикации после запроса на подтверждение этого выбора нажатием клавиши ENTER.

GPIB: Прибор возвращается в состояние установки "по умолчанию" GPIB (см. таблицу 50). Чтобы выбрать набор параметров GPIB, поместите курсор на это пункт и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается к нормальной индикации после запроса на подтверждение этого выбора нажатием клавиши ENTER. Имейте в виду, что прибор переходит при этом в дежурное состояние.

Таблица 50 Заводские установки параметров "по умолчанию"

Функция или операция		BENCH	GPIB
AC current:	Измерение переменного тока:		
AC-type	Тип измерений	RMS	RMS
Coupling	Характер связи на входе	AC	AC
Filter	Фильтр	OFF	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	OFF	OFF
Readings	Кратность усреднения	10	10
Advanced	Динамический	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Noise tolerance level	Уровень шумового допуска	5%	5%
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Range	Предел измерения	AUTO	AUTO
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (5.5d)	AUTO (5.5d)
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)

Таблица 50 Заводские установки параметров "по умолчанию" (продолжение)

Функция или операция		BENCH	GPIB
AC voltage:	Измерение переменного напряжения:		
AC-type	Тип измерений	RMS	RMS
Peak spikes window	Окно регистрации выбросов напряжения	0.1 sec	0.1 sec
Coupling	Характер связи на входе	AC	AC
Filter	Фильтр	OFF	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	OFF	OFF
Readings	Кратность усреднения	10	10
Advanced	Динамический	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Noise tolerance level	Уровень шумового допуска	5%	5%
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Range	Предел измерения	AUTO	AUTO
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (5.5d)	AUTO (5.5d)
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)
Units	Единица измерения	Volts	Volts
dB reference	Опорное напряжение	1 V	1 V
dBm reference	Стандартный импеданс	75 Ω	75 Ω
Autozero	Автокоррекция нуля	ON (Normal)	ON (Normal)
Buffer:	Буфер памяти:		
Burst mode	Пакетный режим	не влияет	не влияет
Control	Управление	не влияет	не влияет
Count	Число отсчетов	не влияет	не влияет
Data group	Группирование данных	не влияет	не влияет
Feed	Подача	не влияет	не влияет
DC current:	Измерение постоянного тока:		
Filter	Фильтр	ON	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	OFF	OFF
Readings	Кратность усреднения	10	10
Advanced	Динамический	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Noise tolerance level	Уровень шумового допуска	1%	1%
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Measurement mode	Режим измерений	Normal	Normal
Range	Предел измерения	AUTO	AUTO
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (6.5d)	AUTO (6.5d)
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)

Таблица 50 Заводские установки параметров "по умолчанию" (продолжение)

Функция или операция		BENCH	GPiB
DC voltage:	Измерение постоянного напряжения:		
Filter	Фильтр	ON	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	OFF	OFF
Readings	Кратность усреднения	10	10
Advanced	Динамический	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Noise tolerance level	Уровень шумового допуска	1%	1%
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Range	Предел измерения	AUTO	AUTO
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (6.5d)	AUTO (6.5d)
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)
Digital I/O:	Цифровой вход-выход		
Output states	Состояния выходов	не влияет	не влияет
Output sense	Тип логики выходов	не влияет	не влияет
Frequency:	Измерение частоты:		
Coupling	Характер связи на входе	AC	AC
Maximum signal level:	Максимальный уровень сигнала:		
Function	Функция	Voltage	Voltage
Voltage level	Уровень напряжения	10 V	10 V
Current level	Уровень тока	1 mA	1 mA
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (5d)	AUTO (5d)
Terminals	Входные гнезда	Voltage	Voltage
Trigger level	Уровень запуска	0.0	0.0
Function	Функция	DCV	DCV
Limits:	Контроль предельных значений:		
Limit set #1	Набор пределов № 1	OFF	OFF
Low limit #1	Нижний предел № 1	-1.0	-1.0
Low limit #1 action	Действие нижнего предела № 1	0	0
High limit #1	Верхний предел № 1	1.0	1.0
High limit #1 action	Действие верхнего предела № 1	0	0
Limit set #2	Набор пределов № 2	OFF	OFF
Low limit #2	Нижний предел № 2	-1.0	-1.0
Low limit #2 action	Действие нижнего предела № 2	0	0
High limit #2	Верхний предел № 2	1.0	1.0
High limit #2 action	Действие верхнего предела № 2	0	0
Strobe control	Управление строб-сигналом	OFF	OFF
Pass pattern	Код состояния "в пределах"	0	0
Line synchronization	Синхронизация от сети	OFF	OFF
Math	Математические операции	OFF	OFF
Function	Функция	Percent	Percent
Reference for percent	Контрольное значение для процентов	1.0	1.0
Scale factor for mX+b	Масштабный коэффициент для mX+b	1.0	1.0
Offset for mX+b	Аддитивная константа для mX+b	0.0	0.0

Таблица 50 Заводские установки параметров "по умолчанию" (продолжение)

Функция или операция		BENCH	GPIB
Resistance (2-wire):	Измерение сопротивления в 2-проводной схеме:		
Filter	Фильтр	ON	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	OFF	OFF
Readings	Кратность усреднения	10	10
Advanced	Динамический	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Noise tolerance level	Уровень шумового допуска	1%	1%
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Offset compensation	Компенсация смещения	OFF	OFF
Range	Предел измерения	AUTO	AUTO
Maximum autorange	Максимальный предел в режиме авт. выбора	1 GΩ	1 GΩ
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (6.5d) ⁽⁰¹⁾ AUTO (7.5d) ⁽⁰²⁾	AUTO (6.5d) ⁽⁰¹⁾ AUTO (7.5d) ⁽⁰²⁾
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)
Resistance (4-wire):	Измерение сопротивления в 4-проводной схеме:		
Filter	Фильтр	ON	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	OFF	OFF
Readings	Кратность усреднения	10	10
Advanced	Динамический	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Noise tolerance level	Уровень шумового допуска	1%	1%
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Offset compensation	Компенсация смещения	OFF	OFF
Range	Предел измерения	AUTO	AUTO
Maximum autorange	Максимальный предел измерения в режиме автоматического выбора	200 kΩ ⁽⁰¹⁾ 2 MΩ ⁽⁰²⁾	200 kΩ ⁽⁰¹⁾ 2 MΩ ⁽⁰²⁾
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Количество разрядов индикации	AUTO (6.5d) ⁽⁰¹⁾ AUTO (7.5d) ⁽⁰²⁾	AUTO (6.5d) ⁽⁰¹⁾ AUTO (7.5d) ⁽⁰²⁾
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)
Scanning:	Сканирование:		
Channels	Количество каналов	не влияет	не влияет
Scan list:	Список сканирования:		
Internal list	Внутренний список	не задан	не задан
External list	Внешний список	не задан	не задан
Function	Функция	DC voltage	DC voltage
Scan operation	Режим сканирования	None	None
Ratio:	Измерение отношения:		
Reference channel	Опорный канал	5	5
Measure channel	Измерительный канал	10	10
Function	Функция	DC voltage	DC voltage
Delta:	Измерение разности:		
Reference channel	Опорный канал	5	5
Measure channel	Измерительный канал	10	10
Function	Функция	DC voltage	DC voltage

Таблица 50 Заводские установки параметров "по умолчанию" (продолжение)

Функция или операция		BENCH	GPIB
Temperature:	Измерение температуры:		
Filter	Фильтр	ON	OFF
Auto	Автоматич. установка характеристик фильтра	ON	OFF
Averaging	Усредняющий	ON	ON
Readings	Кратность усреднения	10	10
Filter mode	Режим работы фильтра	Moving	Repeat
Relative	Операция вычитания константы	OFF	OFF
Value	Вычитаемое значение	0.0	0.0
Resolution	Разрешающая способность индикации	AUTO (0,01 °C)	AUTO (0,01 °C)
RTD's:	Термометры сопротивления:		
Type	Тип	PT385 ⁽⁰¹⁾ PT100 ⁽⁰²⁾	PT385 ⁽⁰¹⁾ PT100 ⁽⁰²⁾
Resistance at 0°C	Сопротивление при температуре 0°C	100 Ω	100 Ω
Alpha	Коэффициент "альфа"	0.00385	0.00385
Beta	Коэффициент "бета"	0.111 ⁽⁰¹⁾ 0.10863 ⁽⁰²⁾	0.111 ⁽⁰¹⁾ 0.10863 ⁽⁰²⁾
Delta	Коэффициент "дельта"	1.507 ⁽⁰¹⁾ 1.49990 ⁽⁰²⁾	1.507 ⁽⁰¹⁾ 1.49990 ⁽⁰²⁾
Sensor	Датчик	4-wire RTD	4-wire RTD
Speed	Быстродействие измерений	Normal (1 PLC)	Normal (1 PLC)
Thermocouples:	Термопары:		
Type	Тип	J	J
Reference junction	Реперный стык	Simulated	Simulated
Default temperature	Температура "по умолчанию"	23°C	23°C
Real junction temp. coefficient	Температурный коэффициент реального стыка	10 mV/°C	10 mV/°C
Offset	Смещение	0 mV при 0°C	0 mV при 0°C
Units	Единица измерения	°C	°C
Triggers:	Состояние запуска	Armed (активизация)	Idled (дежурн. сост.)
arm layer:	уровень активизации:		
Source	Источник	Immediate	Immediate
Triglink input	Вход сигнала Triglink	Line 2	Line 2
Triglink output	Выход сигнала Triglink	Line 1	Line 1
Count	Число циклов активизации	1	1
Control	Управление	Acceptor	Acceptor
scan layer:	уровень сканирования		
Source	Источник	Immediate	Immediate
Triglink input	Вход сигнала Triglink	Line 2	Line 2
Triglink output	Выход сигнала Triglink	Line 1	Line 1
Delay	Задержка	0	0
Count	Число циклов сканирования	Infinite	1
Control	Управление	Acceptor	Acceptor
measure layer:	уровень измерений:		
Source	Источник	Immediate	Immediate
Triglink mode	Режим работы Triglink	Asynchronous	Asynchronous
Triglink input	Вход сигнала Triglink	Line 2	Line 2
Triglink output	Выход сигнала Triglink	Line 1	Line 1
Timer	Таймер	0.1 sec	0.1 sec
Delay	Задержка	0	0
Count	Число измерений	Infinite	1
Control	Управление	Acceptor	Acceptor

3.12.2 Меню GPIB

Меню GPIB используется для следующих операций:

- для индикации или изменения адреса IEEE-488;
- для выбора режима передачи данных (talk-only) и его параметров;
- для выбора подлежащих передаче элементов данных;
- для вывода на индикацию статусного байта прибора.

Чтобы обратиться к меню GPIB с верхнего уровня главного меню, с помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт GPIB и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
GPIB/PRINTER SETUP
ADDRESSABLE TALK-ONLY ▶
◀ ELEMENTS STATUS
```

Переключение между пунктами ADDRESSABLE и TALK-ONLY приводит к остановке запуска.

ADDRESSABLE

Когда прибор установлен на ADDRESSABLE, он может взаимодействовать с контроллером шины, работая как на прием, так и на передачу данных. Этот пункт меню позволяет проверить и/или изменить шинный адрес IEEE-488 прибора. Заводской установкой этого адреса является 16, однако его можно изменить на любое значение от 0 до 30. Чтобы выбрать пункт ADDRESSABLE, поместите курсор на это пункт и нажмите клавишу ENTER. Если адрес в данный момент установлен на 16, появляется следующее сообщение:

```
ADDRESS = 16 (0-30)
```

1. Чтобы оставить неизменным индицируемый адрес, нажмите клавишу ENTER или EXIT. Прибор возвращается в меню GPIB/PRINTER SETUP.
2. Чтобы изменить адрес, измените численное значение с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼, затем нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню GPIB/PRINTER SETUP.

TALK-ONLY

В режиме TALK-ONLY прибор игнорирует команды с шины и работает только на вывод данных, как этого требует принтер. Когда прибор находится в режиме TALK-ONLY, светится вспомогательный индикатор "TALK".

Чтобы выбрать режим TALK-ONLY, поместите курсор на этот пункт и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
GPIB/PNTR TALK-ONLY
FEED INTERFACE INTERVAL FORMFEED
```

FEED: Этот пункт содержит варианты выбора печати отсчетов: отсчеты после выполнения математической операции (AFTER-MATH), отсчеты до выполнения математической операции (BEFORE-MATH) или "без вывода отсчетов" (NONE).

INTERFACE: При выборе варианта IEEE-488 в этом пункте производится передача элементов данных на принтер шины IEEE-488, который работает только на прием. При выборе варианта CENTRONICS элементы данных передаются на параллельный интерфейс CENTRONICS. Принтер должен быть подключен через адаптерный кабель типа 8530 (переход с IEEE-488 на Centronics).

INTERVAL: Этот пункт определяет периодичность печати данных (выражается как 1 из npp отсчетов).

FORMFEED: Включение и выключение режима передачи на принтер символа "formfeed" (подача бланка) после распечатки задаваемого пользователем количества строк на каждой странице (1 ? 255 строк).

ELEMENTS

Этот пункт меню позволяет выбрать подлежащие передаче элементы данных:

- Reading – численное значение отсчета;
- Units – единица измерения;
- Reading# – номер отсчета;
- Chan# – номер канала, в котором был получен отсчет;
- Time-stamp – время, прошедшее с момента занесения в буфер первого отсчета;
- Status – статус измерительной информации (нормальный отсчет, перегрузка, относительный отсчет).

Чтобы выбрать пункт ELEMENTS, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
GPIB DATA ELEMENTS
READING=y UNITS=y READING#=y ►
◀ CHAN#=y TIMESTAMP=y STATUS=y
```

Здесь "y" означает "yes", т.е. разрешение на передачу элемента данных, а "n" означает "no", т.е. запрет на передачу элемента данных. Чтобы оставить неизменным индицируемый вариант выбора, нажмите клавишу ENTER или EXIT. Прибор возвращается в меню GPIB/PRINTER SETUP.

Чтобы изменить выбор, пользуйтесь клавишами ◀ и ► для выбора элемента данных и клавишами RANGE ▲ и ▼ для выбора между "y" и "n". Чтобы ввести в действие Ваши изменения, нажмите клавишу ENTER. Чтобы выйти из этого меню без внесения изменений, нажмите клавишу EXIT. В любом случае прибор возвращается в меню GPIB/PRINTER.

STATUS

Этот пункт меню используют для вывода на индикацию статусного байта IEEE-488. Чтобы выбрать пункт STATUS, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. Если, к примеру, все биты статусного байта сброшены в нуль, индикация выглядит следующим образом:

```
SHOW STATUS BYTE
MSB=0 EAV=0 QSB=0 MAV=0 ►
◀ ESB=0 MSS=0 OSB=0
```

По завершении просмотра статусного байта нажмите клавишу ENTER или клавишу EXIT. Прибор возвращается в меню GPIB/PRINTER.

Биты статусного байта обновляются при выходе из его меню и повторном входе в него.

3.12.3 Меню CALIBRATION

Меню CALIBRATION используется для следующих операций:

- для выполнения полной (comprehensive) калибровки;
- для выполнения самокалибровки на переменном токе;
- для вывода на индикацию и изменения даты калибровки.

Некоторые пункты этого меню заблокированы во избежание случайного изменения калибровочных констант.

Чтобы вызвать меню CALIBRATION с верхнего уровня главного меню, с помощью клавиш ◀ и ► поместите курсор на пункт CALIBRATION и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
PERFORM CALIBRATION
COMPREHENSIVE AC-ONLY-CAL ►
◀ CALIBRATION-DATES
```

COMPREHENSIVE

Процедура полной калибровки заблокирована; чтобы разблокировать ее, необходимо нажать клавишу CAL. Эта процедура требует применения точного калибровочного оборудования для воспроизведения точных значений постоянного напряжения и сопротивления. Инструкции на этот счет содержатся в Руководстве по калибровке мультиметра.

AC-ONLY-CAL

Этот пункт меню используют для выполнения процедуры самокалибровки мультиметра типа 2001 на переменном токе. Эта процедура не требует применения внешнего оборудования и может быть выполнена пользователем в любое время для поддержания точности измерения переменного напряжения и переменного тока.

Примечание: Получаемые в результате этой процедуры калибровочные константы не заносятся в долговременную память. Они действуют лишь в течение текущего сеанса работы с прибором (до момента его выключения). Чтобы занести эти калибровочные константы в долговременную память, обращайтесь к Руководству по калибровке мультиметра.

Для выполнения калибровки на переменном токе действуйте следующим образом:

1. Включите мультиметр заранее, чтобы длительность его прогрева перед калибровкой составляла не менее часа.
2. Отсоедините все измерительные провода и кабели от входных гнезд INPUT и SENSE на передней и задней панели.

3. В меню PERFORM CALIBRATION поместите курсор на пункт AC-ONLY-CAL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

AC CALIBRATION PHASE

Open-circuit inputs; Press ENTER ►

◀ to calibrate, or EXIT to abort

4. Нажмите клавишу ENTER, чтобы начать калибровку на переменном токе, которая продолжается около шести минут. В процессе калибровки отображается следующее сообщение:

Calibrating AC: Please wait

Примечание: В процессе калибровки заблокированы все клавиши прибора.

5. По завершении калибровки появляется следующее сообщение:

AC CAL COMPLETE

Press ENTER or EXIT to continue

6. Нажмите клавишу ENTER или EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации.

POINT-CALS

Этот пункт меню используют для выполнения калибровки мультиметра типа 2002 для выбранных функций. Калибровка на переменном токе не требует применения внешнего оборудования и может быть выполнена пользователем в любое время для поддержания точности измерения переменного напряжения и переменного тока. Калибровка по постоянному напряжению, постоянному току и сопротивлению требует применения точного калибровочного оборудования и должна производиться только квалифицированным персоналом технического сервиса. Обращайтесь на этот счет к Руководству по калибровке мультиметра.

AC-CAL: Этот пункт меню используют для выполнения процедуры самокалибровки на переменном токе.

Примечание: Получаемые в результате этой процедуры калибровочные константы не заносятся в долговременную память. Они действуют лишь в течение текущего сеанса работы с прибором (до момента его выключения). Чтобы занести эти калибровочные константы в долговременную память, обращайтесь к Руководству по калибровке мультиметра.

Для выполнения калибровки на переменном токе действуйте следующим образом:

1. Включите мультиметр заранее, чтобы длительность его прогрева перед калибровкой составляла не менее часа.
2. Отсоедините все измерительные провода и кабели от входных гнезд INPUT и SENSE на передней и задней панели.
3. В меню PERFORM CALIBRATION выберите пункт POINT-CALS.
4. Нажмите клавишу ENTER, чтобы начать калибровку на переменном токе, которая продолжается около шести минут.

Примечание: В процессе калибровки заблокированы все клавиши прибора.

5. По завершении калибровки появляется сообщение "AC CAL COMPLETE". Вы можете нажать клавишу ENTER или EXIT, чтобы вернуться к нормальной индикации.

DCV, OHMS и DCI: Эти пункты меню используются для калибровки по постоянному напряжению, сопротивлению и постоянному току. Эти калибровочные процедуры заблокированы во избежание случайного изменения калибровочных констант и должны выполняться только квалифицированным персоналом технического сервиса. Обращайтесь на этот счет к Руководству по калибровке мультиметра типа 2002.

CALIBRATION-DATES

Этот пункт меню используют для вывода на индикации или изменения дат калибровки. Чтобы выбрать этот пункт, поместите на него курсор и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

CALIBRATION DATES

VIEW DISPLAY-AT-POWERUP CHANGE

Пользуйтесь опцией VIEW этого меню для вывода на индикации даты последней и даты следующей калибровки. В пункте DISPLAY-AT-POWERUP можно задать, должна ли индицироваться дата следующей калибровки при каждом включении прибора. Пункт CHANGE заблокирован. Чтобы разблокировать его, необходимо нажать клавишу CAL. Здесь Вы можете изменить дату калибровки и дату следующей калибровки. Обращайтесь на этот счет к Руководству по калибровке мультиметра.

3.12.4 Меню TEST

Меню самопроверки используется в качестве средства диагностики неполадок мультиметра. Информация по применению этих тестовых процедур содержится в отдельном Руководстве по ремонту мультиметра.

3.12.5 Меню LIMITS

Меню LIMITS используется для следующих операций:

- для установки и контроля предельных значений, определяющих состояния PASS/FAIL ("в пределах - вне пределов") и HI/LO ("нарушение верхнего предела - нарушение нижнего предела") по результатам последующих измерений;
- для установки цифрового кода на выходах, характеризующего результат контроля предельных значений;
- для включения и выключения строб-сигнала на цифровом выходе № 4, управляющего внешним исполнительным устройством.

Примечание: Поскольку здесь используется программируемый тип логики цифровых выходов (активный уровень логического нуля или логической единицы), то в дальнейших рассуждениях вместо понятий логического нуля и логической единицы используются понятия ДА/НЕТ и ON/OFF.

Здесь можно пользоваться двумя наборами пределов, каждый из которых имеет верхнее и нижнее предельные значения. Вы можете запрограммировать и задействовать один или оба набора. При использовании двух наборов пределов они могут перекрываться; кроме того, один из наборов может находиться внутри другого. Единственным условием является то, что для каждого набора значение верхнего предела должно превышать значение нижнего предела.

Контроль предельных значений производится после выполнения таких математических операций, как вычисление $mX+b$ (или полинома) и вычисление процентного значения. Префиксы единиц измерения задаются до проверки пределов, например:

- Нижний предел = -1,0; верхний предел = 1,0.
Показание 150 mV соответствует 0,15 V (в пределах).
- Нижний предел = -1,0; верхний предел = 1,0.
Показание 0,6 kΩ соответствует 600 Ω (вне пределов).

Набор пределов № 1 может индцироваться в режиме комплексной индикации; при этом отображается линейный индикатор и результат контроля PASS/FAIL. (Примечание: Результат контроля PASS/FAIL не отображается при измерении переменного напряжения и тока, а также при измерении тока без разрыва цепи, поскольку на этом месте индицируется другая информация). Когда отображается линейный индикатор контроля пределов, при нажатии клавиши INFO можно вывести на индикацию запрограммированные значения набора пределов № 1.

Вы можете запрограммировать цифровые выходы на вывод результатов контроля пределов. Первый тест с отрицательным результатом (FAIL) устанавливает программируемый цифровой код на выходах, где порядок выполнения тестов выражается как LOW1, HIGH1, LOW2, HIGH2. В случае положительного результата (PASS) всех тестов устанавливается другой программируемый код (см. раздел 3.12.7).

Чтобы вызвать меню LIMITS с верхнего уровня главного меню, с помощью клавиш ◀ и ▶ установите курсор на пункт LIMITS и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
LIMITS MENU
LIMIT-SET-1 LIMIT-AET-2 ▶
◀ STROBE-CONTROL PASS-PATTERN
```

LIMIT-SET-1 и LIMIT-SET-2

Эти пункты меню идентичны в том отношении, что Вы можете задействовать или отключить один или оба набора пределов. Например, чтобы выбрать набор пределов № 1, поместите курсор на пункт LIMIT-SET-1 и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
LIMIT SET # 1 MENU
CONTROL LOLIM1 HILIM1
```

CONTROL: Этот пункт вводит в действие и отключает управление цифровыми выходами результатами контроля одного или обоих наборов пределов. Например, чтобы задействовать управление цифровыми выходами результатами контроля набора пределов № 1, выделите пункт CONTROL в предыдущем меню и нажмите клавишу ENTER. Затем выделите пункт ENABLE в следующем меню и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается к LIMIT SET # 1 MENU.

LOLIM1, HLIM1, LOLIM2, HLIM2: Эти пункты позволяют установить верхние и нижние предельные значения, а также действие на цифровых выходах, выполняемое при отрицательном результате контроля каждого предела.

Чтобы установить значение верхнего или нижнего предела, поместите курсор на соответствующий пункт и нажмите клавишу ENTER. Например, для LOLIM1 по умолчанию появляется следующее меню:

```
LLIM1=+1.000000e+00
Use ◀, ▶, ▲, ▼, ENTER, EXIT, or INFO
```

Пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼ для перемещения курсора, увеличения или уменьшения численного значения. Имейте в виду, что Вы должны вводить значения в показательной форме записи. Для подтверждения выбора нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
LLIM #1 ACTION
DIGOUT1=OFF 2=OFF 3=OFF 4=OFF
```

В этом меню выбирают действие, выполняемое в том случае, когда нижний предел № 1 является первым пределом, который нарушается. Нужное состояние цифровых выходов (ON или OFF) выбирают с помощью клавиш RANGE ▲ и ▼. Нажатие клавиши ENTER возвращает Вас меню LIMIT SET #1. Теперь установите значение верхнего предела № 1 и его воздействие на цифровые выходы. При необходимости выполните аналогичные процедуры для набора пределов № 2.

Каждая измерительная функция (за исключением измерения частоты) имеет вариант комплексной индикации с линейным индикатором контроля пределов. Здесь индицируется результат контроля (PASS или FAIL), а также графическое отображение результата измерения относительно набора пределов № 1. (Имейте в виду, что индикация PASS/FAIL отсутствует при измерении переменного напряжения, переменного тока и тока без разрыва цепи). Если набор пределов № 1 находится внутри набора пределов № 2, то индикация выглядит примерно так, как показано на рис. 49.

Имейте в виду, что при вводе предельных значений прибор не проверяет их действительность. Если нижний предел № 1 равен верхнему пределу № 1 или превышает его, то в нижней строке комплексной (next) индикации появляется следующее сообщение:

No bar graph: LLIM1>=HLIM1

При нажатии клавиши INFO можно вызвать на индикацию запрограммированные значения для набора пределов № 1.

А. Определенные точки индикации



Б. Пример индикации с пределами ± 1 V

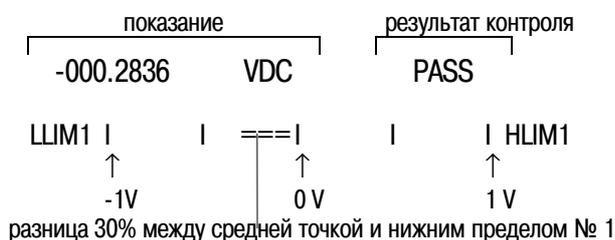


Рис. 49 Пример индикации пределов с линейным индикатором

Примечания:

1. Нажмите клавишу INFO, чтобы вывести на индикацию запрограммированные значения LLIM1 и HLIM1.
2. Комплексная индикация предельных значений не использует префиксы единиц измерения (используются, например, вольты, но не милливольты).

STROBE-CONTROL

Этот пункт меню (строб-управление) включает и отключает применение цифрового выхода № 4 для вывода строб-сигнала управления исполнительным сортировочным устройством. Когда задействовано применение строб-сигнала, то на этом выходе появляется импульс с длительностью уровня ДА более 10 мс после завершения всех операций контроля пределов у нового отсчета. Переход с уровня НЕТ на уровень ДА можно использовать для запуска внешнего исполнительного устройства на проверку цифровых выходов № 1 ? 3 для сортировки деталей по разным контейнерам.

Когда задействована сортировка с передней панели или шинной командой :CALCulate3:BSTRobe:STATe ON, то строб-сигнал сортировки устанавливается на НЕТ. При отключении сортировки строб-сигнал остается неизменным.

Чтобы включить или отключить строб-управление, поместите курсор на пункт STROBE-CONTROL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
LIMIT STROBE CONTROL
DISABLED  ENABLED
```

С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на нужный пункт (DISABLED = отключено; ENABLED = включено) и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню LIMITS MENU.

PASS-PATTERN

Этот пункт позволяет запрограммировать состояния цифровых выходов для положительного результата контроля (PASS) всех предельных значений. Имейте в виду, что выход № 4 нельзя использовать, когда задействовано строб-управление.

Чтобы установить параллельный цифровой код (pass pattern) для состояния PASS, поместите курсор на пункт PASS-PATTERN и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
PASS PATTERN
DIGOUT1=OFF 2=OFF 3=OFF 4=OFF
```

С помощью клавиш ◀, ▶, ▲ и ▼ установите нужные значения (ON или OFF) на цифровых выходах (DIGOUT) и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню LIMITS MENU.

Пример применения контроля предельных значений

В данном примере производится сортировка резисторов с номинальным сопротивлением 100 Ω по пяти контейнерам в соответствии со следующими допусками:

- значения сопротивления менее 90 Ω (вне предела допуска -10%)
- значения сопротивления свыше 110 Ω (вне предела допуска +10%)
- значения в пределах от 90 Ω до 99 Ω (в пределах допуска -10%)
- значения в пределах от 101 Ω до 110 Ω (в пределах допуска +10%)
- значения в пределах от 99 Ω до 101 Ω (в пределах допуска ± 1%).

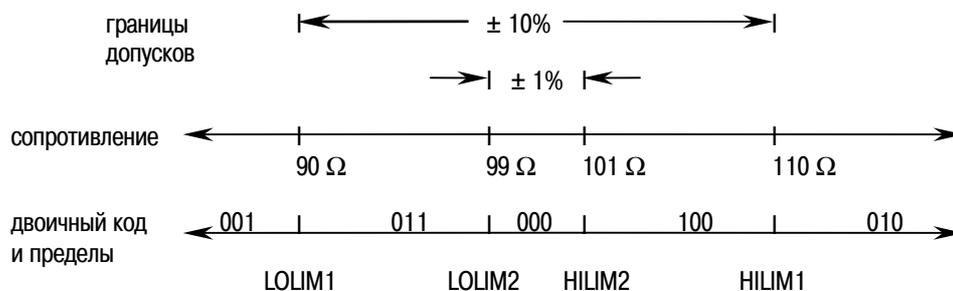
Критерии сортировки иллюстрирует рис. 50. Для программирования контроля предельных значений действуйте следующим образом:

1. Из меню LIMITS установите предельные значения и действия, как показано в таблице 51.
2. Включите строб-управление из пункта STROBE-CONTROL меню LIMITS.
3. Установите цифровой код для состояния PASS из пункта PASS PATTERN меню LIMITS.
4. Задействуйте управление цифровыми выходами наборами пределов № 1 и № 2 из меню LIMIT SET #1 и LIMIT SET #2. Это устанавливает цифровые выходы в состояние "pass pattern" (в данном примере все выходы в состояние OFF). Поскольку задействовано строб-управление, то цифровой выход № 4 также устанавливается в состояние OFF.

Имейте в виду, что действительное состояние (лог. 1 или лог. 0) цифровых выходов зависит от полярности, т.е. от типа логики (ACTIVE-HIGH или ACTIVE-LOW). Это программируется в пункте DIGITAL I/O общего (GENERAL) меню.

Таблица 51 Предельные значения и действия

Предел	Значение	Действие
LOLIM1	90 Ω	DIGOUT1=ON, остальные OFF
HILIM1	110 Ω	DIGOUT2=ON, остальные OFF
LOLIM2	99 Ω	DIGOUT1=ON, DIGOUT2=ON, остальные OFF
HILIM2	101 Ω	DIGOUT3=ON, остальные OFF

Рис. 50 Пример применения контроля предельных значений для сортировки резисторов 100 Ω

3.12.6 Пункт STATUS-MSG

Этот пункт используется для включения или отключения режима статусных сообщений. Когда задействован этот режим, на дисплей выводятся статусные сообщения для идентификации выполняемых операций. Поместите курсор на пункт STATUS-MSG и нажмите клавишу ENTER. На короткое время появляется следующее сообщение:

```
Press EXIT key
to stop status message display(нажмите клавишу EXIT, чтобы прекратить отображение статусного сообщения)
```

Затем появляется следующее меню:

```
STATUS MESSAGES
OFF ON
```

Поместите курсор на нужный пункт (OFF или ON) и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в главное меню.

При отображении статусных сообщений прибор может оказаться настолько занятым, что перестает реагировать на нажатие клавиш. Чтобы выйти из этого режима, может оказаться необходимым очистить индикацию статусного сообщения нажатием клавиши EXIT или посылкой шинной команды (:DISPlay:SMESsage OFF).

3.12.7 Общее (GENERAL) меню

Общее меню используется для следующих операций:

- для управления состоянием и типом логики цифровых выходов, а также для вывода на индикацию состояния цифрового входа;
- для вывода на индикацию серийного номера, опции памяти, версии SCPI и версии встроенной микропрограммы мультиметра;
- для управления частотой автокоррекции нуля;
- для установки режима синхронизации от сети;
- для выбора символа, используемого в качестве десятичного разделителя.

Чтобы вызвать общее меню с верхнего уровня главного меню, с помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт GENERAL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
GENERAL MENU
DIGITAL I/O SERIAL# AUTOZERO ▶
◀ LINE-SYNC DECIMAL
```

Цифровой вход-выход (DIGITAL I/O)

Общие сведения

Порт цифрового входа-выхода представляет собой 9-контактный субминиатюрный разъем типа D, расположенный на задней панели мультиметра. Расположение разъема и назначение его контактов показано на рис. 51.



Рис. 51 Порт цифрового входа-выхода

Порт цифрового входа-выхода можно использовать для управления внешними устройствами. Он содержит четыре выхода и один вход. На выходе используется схема с открытым коллектором, обеспечивающая выходные уровни напряжения +5 V и 0 V (в последнем случае ток может составлять до 100 mA). Состояние ON цифрового выхода соответствует уровню логической единицы TTL. Выходные цепи могут также работать при внешнем питании от +5 V до +30 V.

В меню DIGITAL I/O можно выбрать следующие пункты:

- **OUTPUT-STATE:** Для каждого выхода (1 ? 4) можно выбрать состояние ON или OFF. Этот пункт можно использовать для проверки или изменения состояния цифровых выходов.
- **OUTPUT-SENSE:** Этот пункт можно использовать для проверки или изменения типа логики цифровых выходов (TTL1 ? TTL4). В качестве активного логического уровня можно выбрать высокий уровень (ACTIVE-HIGH) или низкий уровень (ACTIVE-LOW).
- **INPUT:** Этот пункт можно использовать для проверки или изменения состояния цифрового входа (ON или OFF). Тип логики здесь фиксирован на ACTIVE-HIGH, что соответствует состоянию ON = 5 V.

Управление цифровыми схемами

Каждый из четырех цифровых выходов с открытым коллектором (контакты 6 ? 9 разъема J1031) содержит встроенный нагрузочный резистор, подключенный к шине +5 V. Выходной транзистор в открытом состоянии способен развивать ток до 100 mA при напряжении до 30 V. Выходы могут управляться независимым образом или привязываться к результатам контроля предельных значений (два к верхним пределам и два к нижним пределам). Управление цифровыми выходами через меню LIMITS описано в разделе 3.12.5.

В прежних вариантах исполнения мультиметров типа 2001 и 2002 использовался дополнительный резистор 10 k Ω , подключенный между коллектором и внутренней цепью встроенного тестирования. При некоторых сочетаниях состояния выходов этот резистор ограничивает высокий уровень сигнала до 2,5 V. Допустим, к примеру, что выход № 1 находится в состоянии высокого уровня (+5 V). Если установить выходы № 2, № 3 и № 4 в состояние низкого уровня (0 V), то высокий уровень на выходе № 1 ограничивается до 2,5 V.

При использовании цифрового выхода для коммутации тока у внешних устройств при внешнем питании прежние варианты исполнения мультиметров (с дополнительным резистором 10 k Ω) функционируют правильно. В состоянии высокого уровня на выходе (+5 V) транзистор закрыт, ограничивая таким образом ток через внешнее устройство. Однако при использовании цифрового выхода для непосредственного управления логическими схемами уровень +2,5 V может оказаться недостаточным для надежного определения его в качестве высокого уровня. Чтобы устранить эту проблему (если недостаточно 2,5 V), следует припаять дополнительные резисторы смещения 1 k Ω к логическим входам, удалить встроенные вспомогательные резисторы (R734, R737, R739 и R741) или применять внешний источник питания.

Внешнее питание

Каждый выход может работать с внешним питанием (от +5 V до +30 V), которое подается через внешнее устройство, управляемое цифровым выходом. Упрощенная схема цифрового выхода показана на рис. 52. Высокая нагрузочная способность выходного транзистора позволяет использовать цифровой выход для непосредственного управления такими внешними устройствами, как реле, электромагниты и лампочки. Каждый выходной канал содержит демпферный диод для защиты от выбросов напряжения, возникающих при коммутации индуктивной нагрузки (обмотка электромагнита или реле). Чтобы задействовать эти демпферные диоды, следует подать внешнее напряжение на контакт 4 разъема J1031 (порт цифрового входа-выхода). Проследите за тем, чтобы внешнее напряжение находилось в пределах от +5 V до +30 V; при этом потребляемый внешним устройством ток не должен превышать 100 мА.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Максимальный выходной ток не должен превышать 100 мА. Напряжение на контакте 4 разъема J1031 (порт цифрового входа-выхода) не должно превышать +30 V. Превышение этих значений может привести к повреждению прибора.

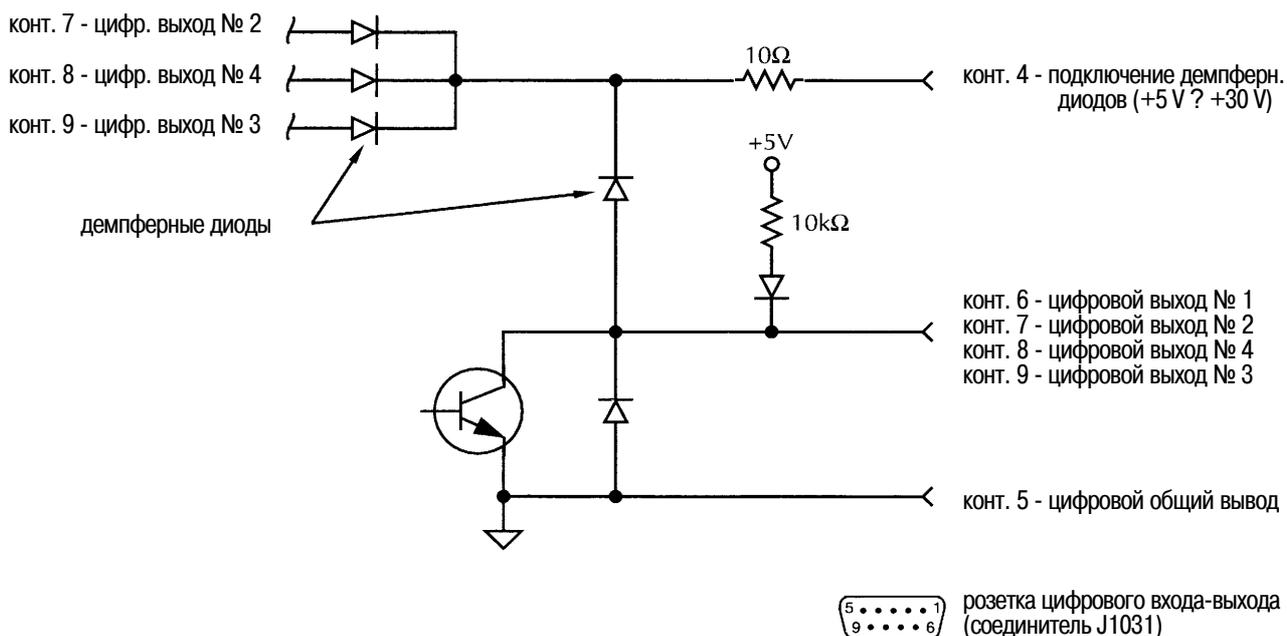
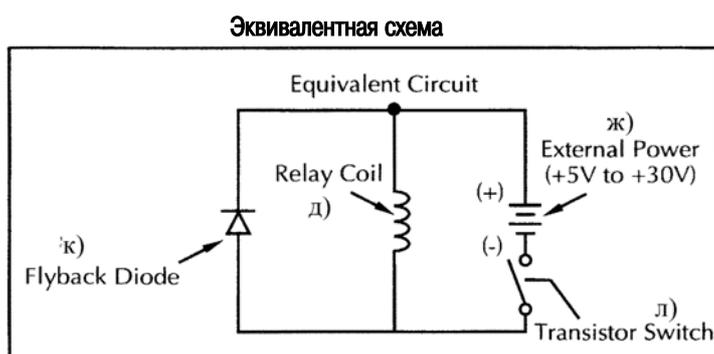
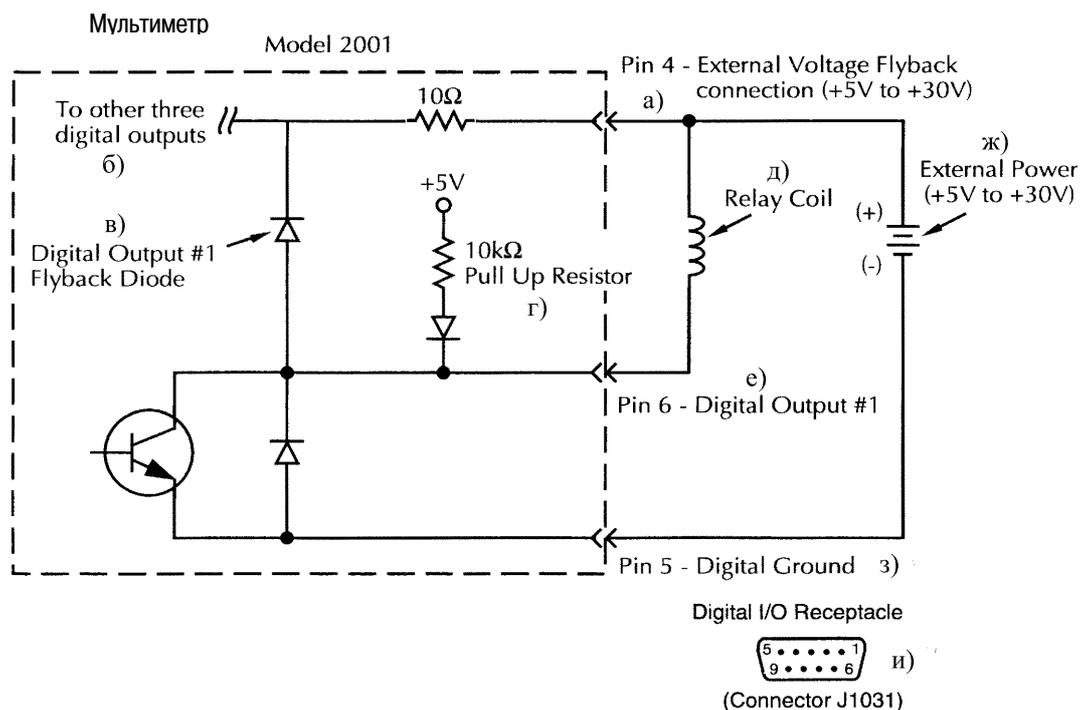


Рис. 52 Упрощенная схема порта цифрового входа-выхода

На рис. 53 приведена схема подключения к цифровому выходу реле с внешним питанием. Вместо реле здесь можно аналогичным образом подключить другие устройства, требующие внешнего питания. При использовании цифрового выхода для возбуждения устройств с внешним питанием следует установить параметры соответствующего цифрового выхода через меню GENERAL/DIGITAL I/O, как показано ниже:

```
OUTPUT-STATE=ON
OUTPUT-SENSE=ACTIVE-LOW
```

В состоянии низкого уровня на выходе (0V) транзистор насыщен и пропускает ток через внешнее устройство. В состоянии высокого уровня на выходе транзистор заперт, поэтому ток через внешнее устройство не протекает. В большинстве случаев здесь используется низкий активный уровень (OUTPUT SENSE = ACTIVE-LOW), т.е. ON = 0 V. Для проверки или изменения типа логики (активного уровня) цифрового выхода пользуйтесь меню OUTPUT-SENSE.



- а) конт. 4 - подключение демпферных диодов (+5V ? +30V)
- б) к трем другим цифровым выходам
- в) демпферный диод цифр. выхода № 1
- г) нагрузочный резистор
- д) обмотка реле
- е) конт. 6 - цифровой выход № 1
- ж) внешний источник питания
- з) конт. 5 - цифровой общий вывод
- и) розетка цифрового входа-выхода (соединитель J1031)
- к) демпферный диод
- л) транзисторный ключ

Рис. 53 Схема подключения реле с внешним питанием

Управление цифровыми схемами

При использовании цифровых выходов для управления логическими схемами TTL или CMOS действуйте следующим образом:

1. Присоедините цифровые выходы мультиметра к логическим входам.
2. Соедините общие ("земляные") выводы.
3. Через меню STATE проверьте установку состояния цифровых выходов мультиметра. Значение STATE у каждого используемого цифрового выхода должно быть ON.
4. С помощью меню LOGIC-SENSE проверьте установку типа логики цифровых выходов (TTL1 ? TTL4). Проследите за правильностью установки значения LOGIC-SENSE для каждого выхода в зависимости от типа входов TTL или CMOS (ACTIVE-HIGH или ACTIVE-LOW).

Примечание: Если задействован контроль предельных значений (LOLIM1 или 2, HILIM1 или 2, High, Low или Pass), то меню OUTPUT-STATE не позволяет проверять и изменять состояние цифровых выходов (см. раздел 3.12.5).

Цифровой вход

На разъеме цифрового входа-выхода имеется единственный цифровой вход (контакт 1 разъема J1031). Для этого входа зафиксирован тип логики с активным высоким уровнем (ON = 5 V). Проверить состояние входа (ON или OFF) можно через меню INPUT.

Меню цифрового входа-выхода

Чтобы обратиться к меню DIGITAL I/O, действуйте следующим образом:

1. Вызовите общее меню (GENERAL MENU).
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ выделите пункт DIGITAL I/O и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
DIGITAL I/O MENU
OUTPUT-STATE OUTPUT-SENSE INPUT
```

OUTPUT-STATE: Этот пункт меню используется для проверки или изменения состояния (ON или OFF) четырех цифровых выходов. Действительный уровень (ON) на цифровом выходе зависит от типа логики, который задается в следующем пункте меню (OUTPUT-SENSE). Чтобы выбрать этот пункт, поместите курсор на OUTPUT-STATE и нажмите клавишу ENTER. Если, к примеру, все цифровые выходы находятся в состоянии OFF, появляется следующее сообщение:

```
DIGITAL OUT LINES
1=OFF 2=OFF 3=OFF 4=OFF
```

1. Чтобы оставить неизменным индицируемое состояние цифровых выходов, нажмите клавишу ENTER или EXIT. Прибор возвращается в меню DIGITAL I/O.
2. Чтобы изменить состояние одного или нескольких цифровых выходов, действуйте следующим образом:
 - а) Поместите курсор на номер выхода, состояние которого Вы хотите изменить.
 - б) Нажмите клавишу RANGE ▲ или ▼. Эти клавиши переключают состояние ON или OFF.
 - в) Повторите операции по пунктам а) и б) для всех выходов, состояние которых Вы хотите изменить.
 - г) В завершение этой процедуры нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню DIGITAL I/O.

OUTPUT-SENSE: Этот пункт меню используется для проверки или изменения типа логики цифровых выходов. Тип логики означает активный логический уровень, который может быть высоким (ON = +5 V) или низким (ON = 0 V). Чтобы выбрать активный логический уровень, поместите курсор на пункт OUTPUT-SENSE и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее сообщение:

```
SELECT OUTPUT LINE
TTL1 TTL2 TTL3 TTL4
```

1. Поместите курсор на соответствующий номер выхода и нажмите клавишу ENTER. Появляется сообщение, указывающее активный логический уровень соответствующего выхода, например:


```
TTL1 LOGIC SENSE
ACTIVE-HIGH ACTIVE-LOW
```

 Положение курсора указывает текущую установку активного логического уровня.
2. Чтобы оставить неизменным текущий выбор активного логического уровня, нажмите клавишу ENTER или EXIT. Прибор возвращается в меню SELECT OUTPUT LINE.
3. Чтобы изменить выбор активного логического уровня, с помощью клавиш ◀ и ▶ переместите курсор на альтернативный пункт и нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню SELECT OUTPUT LINE.
4. В завершение этой процедуры нажмите клавишу ENTER. Прибор возвращается в меню DIGITAL I/O.

INPUT: Этот пункт меню используется для вывода на индикацию состояния (ON или OFF) цифрового входа. Для него зафиксирован тип логики с активным высоким уровнем (ON = 5 V). Чтобы проверить состояние цифрового входа, поместите курсор на пункт INPUT и нажмите клавишу ENTER. Если, к примеру, цифровой вход находится в состоянии ON, то появится следующее сообщение:

```
DIGITAL INPUT LINE
Status = ON
```

Индикация состояния обновляется при выборе пункта INPUT. При этом не отслеживается состояние из предыдущего сообщения. Нажмите клавишу ENTER или EXIT, чтобы вернуться в общее (GENERAL) меню.

SERIAL #

Чтобы вывести на индикацию серийный номер, опцию памяти, версию SCPI или версию микропрограммы, поместите курсор на пункт SERIAL # и нажмите клавишу ENTER. Отображается следующая информация:

```
SERIAL #XXXXXX MEM1
SCPI version 1991.0 ►
◀ software rev AXX/AYY
```

Здесь: #XXXXXX – серийный номер прибора;
MEM1 – установленная опция памяти (может быть также STD или MEM2);
AXX – версия встроенной программы главного микроконтроллера;
AYY – версия встроенной программы микроконтроллера дисплея.

AUTOZERO

Через пункт AUTOZERO общего (GENERAL) меню можно управлять частотой автокоррекции нуля. Здесь имеется два режима автокоррекции нуля – обычный (normal) и синхронный (synchronous). Можно выбрать один из этих режимов либо вообще отключить автокоррекцию нуля. Применение мультиметра с отключенной автокоррекцией нуля характеризуется двумя преимуществами:

- повышенная скорость измерений;
- снижение влияния мультиметра при высокоимпедансных измерениях.

Примечание: При отключенной автокоррекции нуля изменения уровня входного сигнала влияют на внутреннюю калибровку и нуль. При каждом изменении уровня сигнала нажимайте клавишу выбранной функции, чтобы выполнить процедуру автокоррекции нуля во избежание появления заметной погрешности измерений. Кроме того, имеется временной дрейф калибровки и нуля. Поэтому рекомендуется периодически нажимать клавишу выбранной функции для обеспечения оптимальной точности измерений при отключенной автокоррекции нуля. Процедура автокоррекции нуля выполняется также при каждом переключении предела измерения или измерительной функции, а также при поступлении шинной команды автокоррекции нуля.

Между автокоррекцией нуля и быстродействием измерений существует следующая корреляция:

- Максимальное быстродействие достигается при отключенной автокоррекции нуля.
- Синхронная автокоррекция нуля обеспечивает максимальную точность при минимальном быстродействии. Процедура автокоррекции нуля выполняется для каждого отсчета.
- Обычный (normal) режим автокоррекции нуля (установка "по умолчанию") является компромиссным между синхронным режимом и отключением автокоррекции нуля. Процедура автокоррекции нуля выполняется по мере необходимости для достижения номинальной точности.

Автокоррекция нуля отключается в пакетном режиме регистрации данных. Этот тип измерений требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа одним из следующих способов:

- изменить количество разрядов индикации;
- изменить измерительную функцию.

Чтобы вызвать меню автокоррекции нуля, действуйте следующим образом:

1. Вызовите общее (GENERAL) меню, как описано выше.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ выделите пункт AUTOZERO и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
SET AUTOZERO
DISABLE NORMAL SYNCHRONOUS
```

Текущий режим автокоррекции нуля индицируется позицией курсора. Чтобы оставить его неизменным, нажмите клавишу ENTER или EXIT. Индикация возвращается в общее меню.

Чтобы изменить режим автокоррекции нуля, с помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на альтернативный пункт и нажмите клавишу ENTER. Любое изменение приостанавливает запуск и переводит прибор в дежурное состояние. Чтобы возобновить запуск, нажмите клавишу TRIG. Прибор возвращается в меню SET AUTOZERO. В заключение нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться в общее (GENERAL) меню.

LINE-SYNC

Синхронизация аналого-цифрового преобразователя от сети повышает коэффициент подавления помех нормального вида и синфазных помех. Когда задействована синхронизация от сети, то измерение начинается при первом (после запуска) пересечении нулевой линии сетевым напряжением в положительном направлении (см. рис. 54).

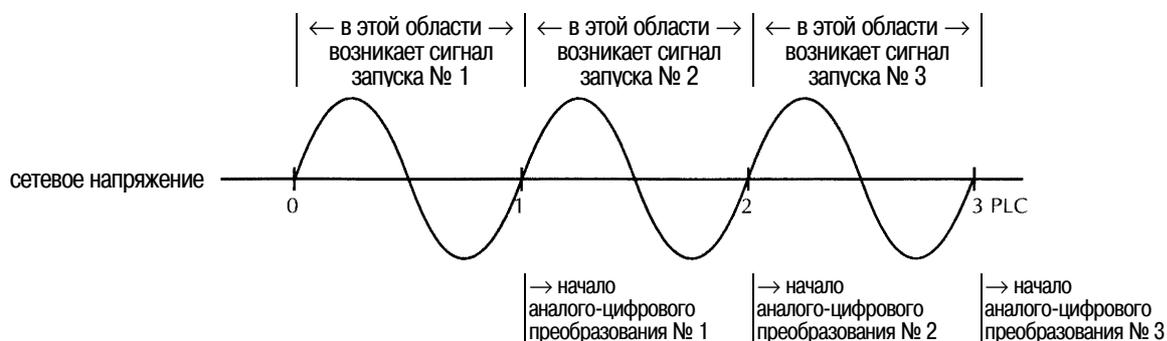


Рис. 54 Временная диаграмма процесса синхронизации от сети

Примечание: Эта временная диаграмма построена в предположении, что время интегрирования не превышает периода сетевого напряжения (≤ 1 PLC).

Чтобы задействовать или отключить синхронизацию от сети, действуйте следующим образом:

1. Вызовите общее (GENERAL) меню, как описано выше.
2. С помощью клавиш ◀ и ▶ поместите курсор на пункт LINE-SYNC и нажмите клавишу ENTER, чтобы обратиться к следующему меню:

```
LINE SYNCHRONIZATION
ENABLED  DISABLED
```

Текущий выбор индицируется позицией курсора. Если Вы хотите сохранить его, нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться в общее меню. Чтобы изменить выбор, переместите курсор в альтернативный пункт и нажмите клавишу ENTER. Имейте в виду, что это действие приостанавливает запуск и переводит прибор в дежурное состояние. Чтобы возобновить запуск, нажмите клавишу TRIG.

DECIMAL

Этот пункт меню позволяет выбрать десятичный разделительный знак индикации (точка или запятая). Чтобы изменить выбор из общего (GENERAL) меню, поместите курсор на пункт DECIMAL и нажмите клавишу ENTER. Появляется следующее меню:

```
CHOOSE DECIMAL CHAR
PERIOD  COMMA
```

Здесь PERIOD это точка, а COMMA – запятая. Выбор одного из этих вариантов возвращает Вас в общее меню. Полностью выйдите из главного меню, чтобы проверить индикацию разделительного знака.

A/D CONTROLS

В этом пункте общего (GENERAL) меню Вы можете управлять автокоррекцией нуля и синхронизацией от сети.

LINE-SYNC: Синхронизация аналого-цифрового преобразователя от сети повышает коэффициент подавления помех нормального вида и синфазных помех. Когда задействована синхронизация от сети, то измерение начинается при первом (после запуска) пересечении нулевой линии сетевым напряжением в положительном направлении (см. рис. 54).

При выборе пункта LINE-SYNC индицируется частота сети и варианты выбора:

- ENABLED – задействована синхронизация от сети.
- DISABLED – отключена синхронизация от сети.

Изменение состояния синхронизации приостанавливает запуск и переводит прибор в дежурное состояние. Чтобы возобновить запуск, нажмите клавишу TRIG.

AUTOZERO: Для поддержания стабильности и точности показаний с течением времени и при изменении температуры мультиметр типа 2002 время от времени производит измерение внутренних напряжений, соответствующих смещению нуля и усилению измерительных усилителей. Этот процесс называется автокоррекцией нуля. Здесь имеется три режима автокоррекции нуля синхронный (synchronous), обычный (normal) и режим отключения автокоррекции нуля. Ниже описаны сравнительные характеристики этих режимов.

- Синхронный режим (установка "по умолчанию") обеспечивает максимальную точность при минимальном быстродействии измерений. В этом режиме каждый сигнал запуска инициирует три такта аналого-цифрового преобразования: первый для входного сигнала, второй для внутреннего нуля и третий – для внутреннего усиления. Этот режим обеспечивает также постоянную скорость обновления отсчетов.
- Обычный режим обеспечивает несколько худшую стабильность по сравнению с синхронным, однако при этом достигается значительно более высокое быстродействие измерений. В этом режиме внутренние измерения производятся достаточно часто, чтобы реализовать номинальную точность. Здесь достигается более высокая, но непостоянная скорость обновления отсчетов.
- При выключенной автокоррекции нуля достигается максимальное быстродействие измерений за счет ухудшения точности.

Изменение режима автокоррекции нуля приостанавливает запуск и переводит прибор в дежурное состояние. Чтобы возобновить запуск, нажмите клавишу TRIG.

Имейте в виду, что автокоррекция нуля отключается в пакетном режиме регистрации данных.

Примечание: При отключенной автокоррекции нуля имеется дрейф калибровки и нуля с течением времени и при изменении температуры. Для обеспечения единства измерений рекомендуется обновлять автокоррекцию нуля через каждые 24 часа. Это можно сделать путем включения-выключения автокоррекции нуля, путем изменения быстродействия измерений или измерительной функции, а также путем подачи шинной команды автокоррекции нуля.

Автокоррекция нуля отключается в пакетном режиме регистрации данных. Этот тип измерений требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа одним из следующих способов:

- изменить количество разрядов индикации;
- изменить измерительную функцию.

Для AUTOZERO имеются следующие варианты выбора:

- DISABLE – отключение автокоррекции нуля;
- NORMAL – обычный режим автокоррекции нуля;
- SYNCHRONOUS – синхронный режим автокоррекции нуля.

Изменение режима автокоррекции нуля приостанавливает запуск и переводит прибор в дежурное состояние. Чтобы возобновить запуск, нажмите клавишу TRIG.

TIMESTAMP

Отсчеты, передаваемые по шине или заносимые в буфер памяти, могут сопровождаться временными метками. Данный пункт общего меню используется для конфигурирования временных меток для отсчетов, передаваемых по шине IEEE-488. При управлении с передней панели отсчеты передаются по шине через выбор GPIB главного меню (см. раздел 3.12.2). Конфигурирование временных меток для отсчетов, заносимых в буфер памяти, описано в разделе 3.8.2.

Данный пункт используется для выполнения следующих операций:

- выбор типа временной метки (с привязкой к относительному и реальному времени);
- установка относительной временной метки в нуль;
- установка номера отсчета в нуль.

Отсчеты только тогда снабжаются номерами и временными метками, когда они выбраны в качестве элементов данных GPIB (см. раздел 3.12.2).

Пункты меню **TIMESTAMP** имеют следующее назначение:

TYPE: Это пункт меню используется для проверки или изменения типа временных меток. Имейте в виду, что изменение типа временной метки приводит к очистке буфера памяти. Два типа временных меток описываются следующим образом:

- **RELATIVE TIME** – Временные метки ориентированы на таймер и привязывают каждый отсчет к некоторому моменту времени. Таймер начинает отсчет времени с нуля секунд при включении прибора или при сбросе относительных временных меток (см. пункт **RESET-TIME**). По истечении 99999,999999 секунд таймер сбрасывается в нуль и начинает отсчет времени заново.
- **REAL-TIME** – Временные метки ориентированы на часы реального времени и обеспечивают показание текущего времени (в 24-часовом формате) и даты для каждого отсчета.

Тип временных меток для отсчетов, передаваемых по шине, связан с типом временных меток для отсчетов, заносимых в буфер памяти. Таким образом, если Вы измените тип временных меток из этой структуры меню, он изменится также и в меню **CONFIGURE DATA STORE** (см. раздел 3.8).

RESET-TIME: Этот пункт используется для сброса относительной временной метки в 0,000000 секунд. Временная метка обнуляется также при включении прибора. Это не влияет на часы реального времени.

RESET-RDG#: Этот пункт используется для обнуления номера отсчета. Номер отсчета обнуляется также при включении прибора.

DECIMAL

Этот пункт меню позволяет выбрать десятичный разделительный знак индикации (точка или запятая). Здесь имеются следующие варианты выбора:

PERIOD: В качестве десятичного разделительного знака используется точка.

COMMA: В качестве десятичного разделительного знака используется запятая.

CLOCK

Мультиметр типа 2002 содержит часы реального времени, которые используются для формирования меток реального времени для отсчетов, передаваемых по шине и заносимых в буфер памяти, а также в качестве источника управления на уровне активизации модели запуска (Arm Layer 1). Пункт **CLOCK** общего меню используется для установки времени, даты и выбора формата представления времени (12-часовой или 24-часовой формат).

TIME: Этот пункт используется для установки времени. Если выбран 12-часовой формат, дополнительно индицируется "AM" (до полудня) или "PM" (после полудня). Отсутствие такого рода дополнительной индикации обозначает 24-часовой формат. Формат можно в любое время изменить через пункт **FORMAT**. Для установки времени (часы:минуты:секунды) пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼.

DATE: Это пункт используется для установки даты. Чтобы установить дату, пользуйтесь клавишами ◀, ▶, ▲ и ▼. Имейте в виду, что перед датой индицируется день недели (Sun, Mon и т.д.), который вычисляется автоматически.

FORMAT: Этот пункт используется для выбора формата отображения времени:

- **12-HOUR** – Временные метки для заносимых в буфер отсчетов отображаются в 12-часовом формате (AM или PM). При этом источник управления "real-time clock" для уровня активизации также должен быть установлен с использованием 12-часового формата.
- **24-HOUR** – Временные метки для заносимых в буфер отсчетов отображаются в 24-часовом формате. При этом источник управления "real-time clock" для уровня активизации также должен быть установлен с использованием 24-часового формата.

Имейте в виду, что метки реального времени для отсчетов, передаваемых по шине, всегда отображаются в 24-часовом формате независимо от выбора в пункте **FORMAT**.

Приложение А ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А.1 Технические характеристики мультиметра типа 2001

Ниже приведены полные технические характеристики мультиметра типа 2001. Мы постарались представить их как можно более полно с указанием технических данных в разнообразных условиях, которые обычно возникают при применении этих приборов на производстве, в технике и в научных исследованиях.

Технические характеристики мультиметра приводятся для интервалов 5 минут, 1 час, 24 часа, 90 суток, 1 год и 2 года. Для интервалов 90 суток, 1 год и 2 года приведены полные технические характеристики. Это дает пользователю возможность реализовать рекомендуемые калибровочные интервалы в 90 суток, 1 год или 2 года в зависимости от требуемой точности измерений. Как правило, рабочие характеристики мультиметров типа 2001 на интервале 2 года превосходят технические требования к $5^{1/2}$ -разрядным мультиметрам для интервалов 90 суток, 180 суток или 1 год. Рабочие характеристики при $6^{1/2}$ и $7^{1/2}$ -разрядной индикации гарантируются при использовании технических характеристик для интервалов 90 суток или 1 год.

Погрешность абсолютных измерений

Имейте в виду, что **все технические характеристики для интервалов 90 суток, 1 год и 2 года относятся к погрешности абсолютных измерений** на основе заводской калибровки с привязкой к Национальному институту стандартов и технологий (NIST). На основе Ваших источников калибровки возможно достижение более высокой точности. Например, калибровка с помощью первичного эталона на 10 V вместо калибратора на 20 V снижает погрешность калибровки, за счет чего можно повысить общую точность мультиметра типа 2001 при измерении величин до 50% от предела измерений. За подробностями обращайтесь к описанию процедуры калибровки мультиметра.

Типовые значения погрешностей

Погрешность можно определить как типовую или как гарантированную. Все приведенные ниже технические характеристики являются гарантированными, если не оговорено иное. Гарантированными являются почти 99% технических характеристик мультиметра типа 2001. В некоторых случаях невозможно получить источники для поддержания привязки характеристик каждого выпускаемого прибора к эталонам для некоторых видов измерений. В частности, отсутствуют источники высоковольтных и высокочастотных сигналов достаточной точности. Поскольку эти значения невозможно проверить в производстве, то они приводятся в качестве типовых.

Номинальные калибровочные интервалы для мультиметра типа 2001

Измерительная функция	24 часа ¹	90 суток ²	1 год ²	2 года ²
Измерение постоянного напряжения	•	•	•	•
Измерение выбросов постоянного напряжения		• ³	•	•
Измерение с.к.з. переменного напряжения		• ³	•	•
Измерение пикового значения переменного напряжения		• ³	•	•
Измерение среднего значения переменного напряжения		• ³	•	•
Измерение коэффициента формы переменного напряжения		• ³	•	•
Измерение сопротивления	•	•	•	•
Измерение постоянного тока	•	•	•	•
Измерение постоянного тока без разрыва цепи		•	•	•
Измерение переменного тока		• ³	•	•
Измерение частоты		•	•	•
Измерение температуры (с термопарами)		•	•	•
Измерение температуры (с термометрами сопротивления)		•	•	•

¹ При $T_{CAL} \pm 1^\circ C$.

² При $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

³ При температуре последней самокалибровки на переменном токе $\pm 2^\circ C$.

Измерение постоянного напряжения

Динамический диапазон и погрешность измерений постоянного напряжения

Погрешность:

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

$1 \cdot 10^{-6}$ от предела измерения = 2 ед. индикации на пределах измерения до 200 V или 1 ед. индикации на пределе измерения 1000 V при $6^{1/2}$ -разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$

за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$.

Предел измерения	Максимальн. показание	Разрешение	Разрешение по умолчанию	Входное сопротивление	Погрешность ¹					Темпер. коэфф.
					5 мин. ¹²	24 часа ²	90 суток ³	1 год ³	2 года ³	
200 mV ⁴	± 210.00000	10 nV	100 nV	> 10 GΩ	3 + 3	10 + 6	25 + 6	37 + 6	50 + 6	3,3+1,5
2 V	± 2.1000000	100 nV	1 μV	> 10 GΩ	2 + 1,5	7 + 2	18 + 2	25 + 2	32 + 2	2,6+0,15
20 V	± 21.000000	1 μV	10 μV	> 10 GΩ	2 + 1,5	7 + 4	18 + 4	24 + 4	32 + 4	2,6 + 0,7
200 V	± 210.00000	10 μV	100 μV	10 MΩ ± 1%	2 + 1,5	13 + 3	27 + 3	38 + 3	52 + 3	4,3 + 1
1000 V	± 1100.0000	100 μV	1 mV	10 MΩ ± 1%	10 + 1,5	17 + 6	31 + 6	41 + 6	55 + 6	4,1 + 1

Быстродействие и погрешность измерений⁵

Интервал 90 суток

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения} + e \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}^{10})$.

Здесь "e" характеризует случайную погрешность (среднеквадратическое отклонение).

Предел измерения	Погрешность			
	1 PLC, DFILT ON, кратность усреднения 10	1 PLC DFILT OFF	0,1 PLC DFILT OFF	0,01 PLC ¹¹ DFILT OFF
200 mV ⁴	25 + 6 + 0	25 + 6 + 0,6	25 + 30 + 10	100 + 200 + 15
2 V	18 + 2 + 0	18 + 2 + 0,2	18 + 25 + 1	130 + 200 + 3
20 V	18 + 4 + 0	18 + 4 + 0,3	18 + 20 + 0,5	130 + 200 + 3
200 V	27 + 3 + 0	27 + 5 + 0,3	27 + 20 + 0,8	130 + 200 + 3
1000 V	31 + 6 + 0	31 + 6 + 0,1	31 + 21 + 0,5	90 + 200 + 2

PLC = период сетевого напряжения; DFILT = цифровой фильтр.

Подавление шумов и помех в зависимости от быстродействия измерений

Быстродействие (кол-во периодов сетевого напряжения)	Подавление синфазных сигналов ⁶ переменного и пост. напряжения		Подавление помех нормального вида		
	с синхронизацией от сети ⁷	внутренний запуск ⁸	с синхр. от сети ⁷ , DFILT ON, кратность усреднения = 25	с синхронизацией от сети ⁷ , DFILT OFF	внутренний запуск ⁸ , DFILT OFF
NPLC = 10	140 dB	120 dB	90 dB	80 dB	60 dB
NPLC = 1	140 dB	120 dB	90 dB	80 dB	60 dB
NPLC < 1	60 dB	50 dB	30 dB	20 dB	0

Коэффициент ослабления помех равен 10 на каждые 20 dB (140 dB означает коэффициент ослабления 10^7).

Паразитные синфазные сигналы переменного и постоянного напряжения действуют между низкопотенциальным входом LO и землей. Помехи нормального вида – это паразитные сигналы переменного напряжения между входами HI и LO.

Характеристики быстродействия при измерении постоянного напряжения^{9, 10}

Пределы измерения 200 mV, 2 V, 200 V

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	7 1/2	6 (5,1)	2 (1,7)	6	2 (1,6)	6 (4,1)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	26	7 1/2	30 (25)	9 (7,6)	28 (23)	9 (7,3)	27 (22)	8 (7,2)
1	16,7 ms (20 ms)	25	6 1/2	58 (48)	44 (34)	54 (45)	41 (32)	49 (41)	37 (30)
0,2	3,34 ms (4 ms)	22	6 1/2	214 (186)	127 (112)	183 (162)	104 (101)	140 (126)	88 (85)
0,1	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	272 (272)	150 (148)	228 (225)	129 (123)	156 (153)	100 (96)
0,02	334 μs (400 μs)	19	5 1/2	284 (287)	156 (155)	230 (230)	136 (134)	158 (156)	104 (103)
0,01	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	417 (417)	157 (157)	317 (317)	137 (134)	198 (198)	105 (103)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Пределы измерения 20 V, 1000 V

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	7 1/2	6 (5,1)	2 (1,7)	6	2 (1,6)	6	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	26	7 1/2	30 (25)	9 (8,2)	28 (23)	9 (7,8)	27 (22)	9 (7,7)
1	16,7 ms (20 ms)	25	6 1/2	57 (48)	42 (38)	54 (45)	43 (35)	48 (41)	39 (32)
0,2	3,34 ms (4 ms)	22	6 1/2	201 (186)	102 (113)	173 (162)	102 (99)	129 (127)	84 (83)
0,1	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	201 (201)	126 (116)	175 (173)	105 (105)	129 (128)	86 (86)
0,02	334 μs (400 μs)	19	5 1/2	227 (227)	129 (129)	178 (178)	114 (114)	138 (138)	90 (90)
0,01	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	422 (422)	130 (130)	333 (333)	117 (117)	199 (199)	95 (95)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Время установления переходного процесса: < 500 μs с точностью до 10⁻⁵ от уровня ступенчатого перепада напряжения. Время установления зависит от импеданса источника сигнала и диэлектрических потерь в кабеле. Дополнительная погрешность первого показания после переключения предела измерения составляет 10⁻⁵ от предела измерения.

Погрешность при изменении полярности изолированного источника сигнала: Эта составляющая погрешности возникает при перемене мест подключения входов HI и LO к изолированному источнику сигнала. Эта погрешность не является дополнительной; она входит в общую погрешность прибора и составляет < 2 ед. индикации при входном напряжении 10 V с индикацией 6 1/2 разрядов, NPLC = 10, с цифровым фильтром при кратности усреднения 10.

Входной ток смещения: < 100 pA при температуре 25°C.

Погрешность от нелинейности: Типовое значение < 10⁻⁶ от предела измерения; максимальное значение < 2 · 10⁻⁶ от предела измерения.

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Стабильность нуля: Типовые вариации нулевого отсчета за 1 час, T_{REF} ± 1°C, при индикации 6 1/2 разрядов "по умолчанию", с цифровым фильтром при кратности усреднения 10:

Предел измерения	Время интегрирования = 1 PLC	Время интегрирования = 10 PLC
2 V ? 100 V	± 3 ед. индикации	± 2 ед. индикации
200 mV	± 5 ед. индикации	± 3 ед. индикации

Примечания к характеристикам измерения постоянного напряжения

1. Технические характеристики указаны для следующих условий: время интегрирования 1 PLC, автокоррекция нуля включена, цифровой фильтр с кратностью усреднения 10, если не указано иное.
2. При $T_{CAL} \pm 1^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 55 минут.
 T_{CAL} — это температура окружающей среды при калибровке (23°C на заводе).
3. При $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 55 минут. Технические характеристики включают в себя заводскую привязку к Национальному институту стандартов и технологий (NIST, США).
4. При надлежщем обнулении с помощью функции REL.
5. При $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$, погрешность на интервале 90 суток. Погрешности на интервале 1 год и 2 года можно найти, если применить к ним такую же зависимость погрешности от быстродействия.
6. Относится к разбалансу 1 к Ω в проводе LO. При частоте сети 400 Hz эти значения на 10 dB ниже.
7. Для помехи, синхронной с частотой сети.
8. Для частоты сети $\pm 0,1\%$.
9. Дополнительные подробности см. далее в разделе "Рабочее быстродействие". При следующих условиях: DELAY = 0, внутренний запуск, цифровой фильтр отключен, дисплей выключен (или в режиме фиксации показаний). Апертурное время обратно пропорционально частоте сети. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz).
10. Типовые значения.
11. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
12. Стабильность передачи размера единицы постоянного напряжения. Типовые применения: сравнение нормальных элементов и относительные измерения. Технические характеристики относятся к следующим условиям: 10 PLC, цифровой фильтр с усреднением 20 отсчетов, включена автокоррекция нуля в синхронном режиме, фиксированный предел измерения после 2-часового прогрева в диапазоне сигнала от 10% до 100% от предела измерения, при $T_{REF} \pm 1^\circ\text{C}$ (T_{REF} — исходная температура окружающей среды). Технические характеристики на пределе измерения 1000 V относятся к измерениям в пределах 5% от исходного значения измеряемой величины с последующим установлением переходного процесса.

Измерение выбросов постоянного напряжения

Погрешность измерения повторяющихся выбросов напряжения¹

Интервал 90 суток, $\pm 2^\circ\text{C}$ относительно температуры последней автокалибровки на переменном токе.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^\circ\text{C}$ за пределами $T_{CAL} \pm 2^\circ\text{C}$.

Предел измерения	Погрешность ¹									Темпер. коэфф.
	0 ? 1 kHz ⁴	1 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 300 kHz	300 kHz ? 500 kHz	500 kHz ? 750 kHz	750 kHz ? 1 MHz	
200 mV	0,08 + 0,7	0,08 + 0,7	0,1 + 0,7	0,15 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,002+0,03
2 V	0,08 + 0,3	0,08 + 0,3	0,1 + 0,3	0,15 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3	2,5 + 0,3	5,5 + 0,3	9 + 0,3	0,002+0,03
20 V	0,09 + 0,7	0,1 + 0,7	0,12 + 0,7	0,17 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,004+0,03
200 V ³	0,09 + 0,3	0,1 + 0,3	0,12 + 0,3	0,17 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3 ²	2,5 + 0,3 ²	5,5 + 0,3 ²	9 + 0,3 ²	0,004+0,03
1000 V ³	0,1 + 0,6	0,13 + 0,6	0,16 + 0,6	0,25 + 0,6 ²	0,5 + 0,6 ²					0,01 + 0,02
Макс. % от предела	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 100\%$	$\pm 75\%$	

Погрешность измерения повторяющихся выбросов напряжения¹

Интервал 1 год или 2 года, $T_{CAL} \pm 5^{\circ}C$

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^{\circ}C$ за пределами $T_{CAL} \pm 5^{\circ}C$.

Предел измерения	Погрешность ¹									Темпер. коэфф.
	0 ? 1 kHz ⁴	1 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 300 kHz	300 kHz ? 500 kHz	500 kHz ? 750 kHz	750 kHz ? 1 MHz	
200 mV	0,08 + 0,7	0,09 + 0,7	0,1 + 0,7	0,15 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,002+0,03
2 V	0,08 + 0,3	0,09 + 0,3	0,1 + 0,3	0,15 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3	2,5 + 0,3	5,5 + 0,3	9 + 0,3	0,002+0,03
20 V	0,1 + 0,7	0,14 + 0,7	0,14 + 0,7	0,19 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,004+0,03
200 V ³	0,1 + 0,3	0,14+ 0,3	0,14 + 0,3	0,19 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3 ²	2,5 + 0,3 ²	5,5 + 0,3 ²	9 + 0,3 ²	0,004+0,03
1000 V ³	0,12 + 0,6	0,2 + 0,6	0,2 + 0,6	0,25 + 0,6 ²	0,5 + 0,6 ²					0,01 + 0,02
Макс. % от предела	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 100\%$	$\pm 75\%$	

Количество разрядов индикации "по умолчанию": $3 \frac{1}{2}$ разряда.

Максимальный входной сигнал: $\pm 1100 V$ (пиковое значение), $2 \cdot 10^7 V \cdot Hz$ (для водных сигналов свыше 20 V).

Неповторяющиеся выбросы напряжения: Типовая скорость нарастания = 10% от предела измерения за микросекунду.

Длительность выбросов напряжения: Технические характеристики относятся к выбросам длительностью 1 μs .

Предел измерения: В режиме комплексной индикации такой же предел измерения, как и предел измерения постоянного напряжения.

Окно для измерения выбросов напряжения: 100 ms на каждый отсчет (значение "по умолчанию"). Устанавливается в пределах 0,1 ? 9,9 s в режиме первичной индикации).

Динамический диапазон: Такой же, как и при измерении переменного напряжения.

Индикация результатов измерения выбросов напряжения: В режиме комплексной индикации при измерении постоянного напряжения. Первый вариант индикации отображает положительные выбросы напряжения и максимальное значение с момента сброса. Второй вариант индикации отображает отрицательные выбросы напряжения и минимальное значение. Результаты измерения максимального и минимального значений выбросов можно сбросить путем нажатия клавиши DCV. Третий вариант индикации отображает максимальное и минимальное значения входного сигнала. Результаты измерения выбросов напряжения могут также отображаться в режиме первичной индикации через клавиши CONFIG-ACV-ACTYPE.

Примечания к характеристикам измерения выбросов постоянного напряжения

1. Технические характеристики указаны для случая применения цифрового фильтра с усреднением 10 отсчетов. При отключенном фильтре типовая дополнительная погрешность составляет 0,25% от предела измерения.
2. Типовые значения.
3. Для входных сигналов свыше 100 V дополнительная погрешность составляет 0,001% от показания $\times (V_{IN} / 100 V)^2$.
4. Технические характеристики указаны для связи на входе AC+DC на частотах ниже 200 Hz. На частотах ниже 20 Hz дополнительная погрешность составляет 0,1% о показания.

Измерение переменного напряжения

Измерение среднеквадратического или среднего значения. Возможны также измерения пикового значения и коэффициента формы.

Динамический диапазон и погрешность измерений переменного напряжения

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

0,015% от предела измерения = 30 ед. индикации на пределах измерения до 200 V или 113 ед. индикации на пределе измерения 750 V при $5^{1/2}$ -разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/°C

за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

Предел измерения с.к.з. (RMS)	Пиковое значение входного сигнала	Максимальное показание RMS	Разрешение	Разрешение по умолчанию	Входной импеданс	Температурный коэффициент ²
200 mV	1 V	210.0000	100 nV	1 μ V	1 M Ω \pm 2% <140 pF	0,004 + 0,001
2 V	8 V	2.100000	1 μ V	10 μ V	1 M Ω \pm 2% <140 pF	0,004 + 0,001
20 V	100 V	21.000000	10 μ V	100 μ V	1 M Ω \pm 2% <140 pF	0,006 + 0,001
200 V	800 V	210.0000	100 μ V	1 mV	1 M Ω \pm 2% <140 pF	0,006 + 0,001
750 V	1100 V	775.000	1 mV	10 mV	1 M Ω \pm 2% <140 pF	0,012 + 0,001

Режим измерения среднеквадратического значения на низких частотах¹

Интервал 90 суток, $\pm 2^\circ C$ относительно температуры последней автокалибровки на переменном токе, для сигналов в диапазоне 1% ? 100% от предела измерения³.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Предел измерения	Погрешность										
	1 Hz ? 10 Hz ⁵	10 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	0,1 kHz ? 2 kHz	2 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
200 mV	0,09+0,015	0,04+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,035+0,015	0,05+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2 + 0,1	5 + 0,2
2 V	0,09+0,015	0,04+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,035+0,015	0,05+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2 + 0,1	5 + 0,2
20 V	0,1+0,015	0,05+0,015	0,04+0,015	0,04+0,015	0,06+0,015	0,08+0,015	0,1+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	4 + 0,2	7 + 0,2 ⁵
200 V ⁴	0,1+0,015	0,05+0,015	0,04+0,015	0,04+0,015	0,06+0,015	0,08+0,015	0,1+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025 ⁵	4 + 0,2 ⁵	
750 V ⁴	0,13+0,015	0,09+0,015	0,08+0,015	0,08+0,015	0,09+0,015	0,12+0,015	0,15+0,015 ⁵	0,5+0,015 ⁵			

Режим измерения среднеквадратического значения на низких частотах¹

Интервал 1 год или 2 года, $T_{CAL} \pm 5^\circ C$, для сигналов в диапазоне 1% ? 100% от предела измерения³.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Предел измерения	Погрешность										
	1 Hz ? 10 Hz ⁵	10 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	0,1 kHz ? 2 kHz	2 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
200 mV	0,11+0,015	0,06+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,06+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2 + 0,1	5 + 0,2
2 V	0,11+0,015	0,06+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,06+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2 + 0,1	5 + 0,2
20 V	0,12+0,015	0,07+0,015	0,06+0,015	0,06+0,015	0,085+0,015	0,12+0,015	0,13+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	4 + 0,2	7 + 0,2 ⁵
200 V ⁴	0,12+0,015	0,07+0,015	0,06+0,015	0,06+0,015	0,086+0,015	0,12+0,015	0,13+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025 ⁵	4 + 0,2 ⁵	
750 V ⁴	0,15+0,015	0,11+0,015	0,1+0,015	0,1+0,015	0,13+0,015	0,18+0,015 ⁵	0,22+0,015 ⁵	0,5+0,015 ⁵			

Обычный режим измерения среднеквадратического значения¹

Интервал 90 суток, $\pm 2^\circ\text{C}$ относительно температуры последней автокалибровки на переменном токе, для сигналов в диапазоне 1% ? 100% от предела измерения³.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Предел измерения	Погрешность									
	20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	0,1 kHz ? 2 kHz	2 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
200 mV	0,25+0,015	0,07+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,035+0,015	0,05+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2+0,1	5+0,2
2 V	0,25+0,015	0,07+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,035+0,015	0,05+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2+0,1	5+0,2
20 V	0,25+0,015	0,07+0,015	0,04+0,015	0,06+0,015	0,08+0,015	0,1+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	4+0,2	7+0,2 ⁵
200 V ⁴	0,25+0,015	0,07+0,015	0,04+0,015	0,06+0,015	0,08+0,015	0,1+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025 ⁵	4+0,2 ⁵	
750 V ⁴	0,25+0,015	0,1+0,015	0,08+0,015	0,09+0,015	0,12+0,015	0,15+0,015 ⁵	0,5+0,015 ⁵			

Обычный режим измерения среднеквадратического значения¹

Интервал 1 год или 2 года, $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$, для сигналов в диапазоне 1% ? 100% от предела измерения³.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Предел измерения	Погрешность									
	20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	0,1 kHz ? 2 kHz	2 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
200 mV	0,25+0,015	0,08+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,06+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2+0,1	5+0,2
2 V	0,25+0,015	0,08+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,06+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	2+0,1	5+0,2
20 V	0,25+0,015	0,08+0,015	0,06+0,015	0,085+0,015	0,12+0,015	0,13+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	4+0,2	7+0,2 ⁵
200 V ⁴	0,25+0,015	0,08+0,015	0,06+0,015	0,085+0,015	0,12+0,015	0,13+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025 ⁵	4+0,2 ⁵	
750 V ⁴	0,25+0,015	0,11+0,015	0,1+0,015	0,1+0,015	0,18+0,015	0,22+0,015 ⁵	0,5+0,015 ⁵			

Погрешность измерения среднеквадратического значения в dB

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$, опорное значение = 1 V, автоматический выбор предела измерения, режим измерения на низких частотах, связь на входе AC+DC.

Входной сигнал	Погрешность, \pm dB					
	1 ? 100 Hz	0,1 ? 30 kHz	30 ? 100 kHz	100 ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
-54 ? -40 dB (2 mV ? 10 mV)	0,230	0,225	0,236	0,355		
-40 ? -34 dB (10 mV ? 20 mV)	0,036	0,031	0,041	0,088		
-34 ? 6 dB (20 mV ? 2 V)	0,023	0,018	0,028	0,066	0,265	0,630
6 ? 26 dB (2 V ? 20 V)	0,024	0,024	0,028	0,066	0,538	0,820 ⁵
26 ? 46 dB (20 V ? 200 V)	0,024	0,024	0,028	0,066 ⁵	0,538 ⁵	
46 ? 57,8 dB (200 V ? 775 V)	0,018	0,021	0,049 ⁵			

Характеристики быстродействия при измерении переменного напряжения^{5, 6}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	6 1/2	6 (5,1)	2 (1,7)	2	2 (1,6)	2	2 (1,5)
2	33,4 ms (40 ms)	26	5 1/2	30 (24)	9 (7,9)	28 (23)	9 (7,6)	27 (22)	9 (7,5)
1	16,7 ms (20 ms)	25	5 1/2	57 (48)	38 (35)	53 (45)	36 (33)	48 (41)	34 (30)
0,1	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	136 (136)	70 (70)	122 (122)	64 (64)	98 (98)	56 (56)
0,01	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	140 (140)	71 (71)	127 (127)	66 (66)	99 (99)	58 (58)
0,01 ⁸	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Связь на входе по переменному току (AC)

Дополнительная погрешность при связи на входе по переменному току:

	Дополнительная погрешность при связи на входе типа AC (% от показания)				
	1 Hz ? 10 Hz	10 Hz ? 20 Hz	20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	100 Hz ? 200 Hz
Обычный режим измерения (с.к.з., среднее значение)	—	—	0,41	0,07	0,015
Режим измерения на НЧ (с.к.з.)	0,1	0,01	0	0	0

В режиме измерения на низких частотах ниже 200 Hz эти данные относятся только к синусоидальным входным сигналам.

Связь на входе по переменному и постоянному току (AC+DC)

При постоянном напряжении свыше 20% от среднеквадратического значения переменного напряжения возникает дополнительная погрешность измерения среднеквадратического и среднего значения переменного напряжения. Приведенные в таблице значения следует умножить на отношение постоянного напряжения к с.к.з. переменного напряжения.

Предел измерения	% от показания	% от предела измерения
200 mV, 20 V	0,05	0,1
2 V, 200 V, 750 V	0,07	0,01

Измерение среднего значения переменного напряжения

Здесь действительны технические характеристики для измерения с.к.з. переменного напряжения в обычном режиме в диапазоне 10% ? 100% от предела измерения на частотах 20 Hz ? 1 MHz.

Дополнительная погрешность в % от предела измерения составляет:

0,025% в диапазоне 50 kHz ? 100 kHz

0,05% в диапазоне 100 kHz ? 200 kHz

0,5% в диапазоне 200 kHz ? 1 MHz.

Измерение коэффициента формы переменного напряжения¹¹

Коэффициент формы = пиковое значение / с.к.з. переменного напряжения.

Количество разрядов индикации при измерении коэффициента формы: 3 разряда.

Погрешность измерения коэффициента формы = погрешность измерения пикового значения + погрешность измерения с.к.з. в обычном режиме.

Время измерения = 100 ms + время измерения с.к.з. переменного напряжения.

Динамический диапазон входных сигналов: как при измерении переменного напряжения.

Частотный диапазон измерений коэффициента формы: 20 Hz ? 1 MHz.

Индикация результатов измерения коэффициента формы: в режиме комплексной индикации при измерении переменного напряжения.

Дополнительная погрешность измерения с.к.з. переменного напряжения при высоком коэффициенте формы:

Коэффициент формы	1 ? 2	2 ? 3	3 ? 4	4 ? 5
Дополнительная погрешность (\pm % от показания)	0	0,1	0,2	0,4

Измерение пикового значения переменного напряжения¹⁰

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{CAL} \pm 5^\circ C$, повторяющиеся пики сигнала.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^\circ C$ за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

Предел измерения	Погрешность									Темпер. коэфф.
	20 Hz ? 1 kHz ⁹	1 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 300 kHz	300 kHz ? 500 kHz	500 kHz ? 750 kHz	750 kHz ? 1 MHz	
200 mV	0,08 + 0,7	0,09 + 0,7	0,1 + 0,7	0,15 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,002+0,03
2 V	0,08 + 0,3	0,09 + 0,3	0,1 + 0,3	0,15 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3	2,5 + 0,3	5,5 + 0,3	9 + 0,3	0,002+0,03
20 V	0,1 + 0,7	0,11 + 0,7	0,14 + 0,7	0,19 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,004+0,03
200 V ⁴	0,1 + 0,3	0,11+ 0,3	0,14 + 0,3	0,19 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3 ⁵	2,5 + 0,3 ⁵	5,5 + 0,3 ⁵	9 + 0,3 ⁵	0,004+0,03
750 V ⁴	0,12 + 0,6	0,16+ 0,6	0,2 + 0,6	0,25 + 0,6 ⁵	0,5 + 0,6 ⁵					0,01 + 0,02
Действит. % от предела ⁷	10 ? 400%	10 ? 400%	10 ? 400%	10 ? 350%	10 ? 350%	10 ? 250%	10 ? 150%	10 ? 100%	7,5 ? 75%	

Количество разрядов индикации "по умолчанию": 4 разряда.

Неповторяющиеся пики напряжения: Для одиночных пиков типовая скорость нарастания = 10% от предела измерения за микросекунду.

Длительность пиков напряжения: Технические характеристики относятся к пиковым сигналам длительностью 1 μs .

Окно для измерения пиков напряжения: 100 ms на каждый отсчет.

Максимальный входной сигнал: $\pm 1100 V$ (пиковое значение); $2 \cdot 10^7 V \cdot Hz$ (для входных сигналов свыше 20 V).

Время установления переходного процесса

Обычный режим измерения с.к.з. и среднего значения:

- < 300 ms с точностью до 1% от перепада уровня
- < 450 ms с точностью до 0,1% от перепада уровня
- < 500 ms с точностью до 0,01% от перепада уровня

Режим измерения с.к.з. на низких частотах: < 5 s с точностью до 0,1% от конечного значения

Подавление синфазных помех: > 60 dB при разбалансе 1 k Ω в любом из проводов, при частоте сети $\pm 0,1\%$.

Максимально допустимое произведение напряжения на частоту: $2 \cdot 10^7 V \cdot Hz$ (при входных сигналах свыше 20 V).

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Примечания к характеристикам измерения переменного напряжения

1. Технические характеристики указаны для следующих условий: синусоидальные входные сигналы, связь на входе AC+DC, время интегрирования 1 PLC, цифровой фильтр выключен, после прогрева в течение 55 минут.
2. Значения температурного коэффициента относятся к результатам измерения с.к.з. и среднего значения. На частотах свыше 100 kHz дополнительная температурная погрешность составляет 0,01%/°C (в % от показания).
3. Дополнительная погрешность в % от показания составляет 0,01% при измерении сигналов в диапазоне 1 ? 5% на пределах измерения ниже 750 V и в диапазоне 1 ? 7% на пределе измерения 750 V. На частотах 200 kHz ? 2 MHz технические характеристики действительны для сигналов, превышающих 10% от предела измерения.
4. Дополнительная погрешность при измерении сигналов свыше 100 V с.к.з. составляет 0,001% от показания $\times (V_{IN}/100 V)^2$.
5. Типовые значения.
6. При следующих условиях: DELAY = 0, цифровой фильтр выключен, дисплей выключен (или в режиме фиксации показаний), внутренний запуск, обычный режим измерения. Дополнительные подробности см. далее в разделе "Рабочее быстродействие". Апертурное время обратно пропорционально частоте сети. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz) и относятся к измерению среднеквадратического и среднего значения. В режиме измерения с.к.з. на низких частотах быстродействие измерений составляет 0,2 отсчета в секунду (типовое значение).
7. Для отсчетов с перегрузкой (200 ? 300% от предела измерения) дополнительная погрешность составляет 0,1% от показания. Для отсчетов с перегрузкой (300 ? 400% от предела измерения) дополнительная погрешность составляет 0,2% от показания.
8. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
9. Технические характеристики для измерений пикового значения предполагают связь на входе AC+DC на частотах ниже 200 Hz.
10. Технические характеристики приведены для случая использования цифрового фильтра с усреднением 10 отсчетов. Если фильтр не применяется, то типовая дополнительная погрешность составляет 0,25% от предела измерения.
11. Зависит от характеристик входного пикового напряжения.

Измерение сопротивления

Измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме¹³

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$
за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$.

Предел измерения	Максимальн. показание	Разрешение	Разрешение по умолчанию	Измерит. ток ¹	Напряжение холостого хода ¹²	Макс. сопротивление проводов ²	Макс. компенсация смещения ³	Темпер. коэфф.
20 Ω	21.000000	1 $\mu\Omega$	10 $\mu\Omega$	9,2 mA	5 V	1,7 Ω	$\pm 0,2 V$	8 + 1,5
200 Ω	210.00000	10 $\mu\Omega$	100 $\mu\Omega$	0,98 mA	5 V	12 Ω	$\pm 0,2 V$	4 + 1,5
2 k Ω	2100.0000	100 $\mu\Omega$	1 m Ω	0,98 mA	5 V	100 Ω	-0,2 V ? +2 V	3,0 + 0,2
20 k Ω	21.000000	1 m Ω	10 m Ω	89 μA	5 V	1,5 k Ω	-0,2 V ? +2 V	4 + 0,2
200 k Ω	210.00000	10 m Ω	100 m Ω	7 μA	5 V	1,5 k Ω		11 + 0,2
2 M Ω ⁴	2.1000000	100 m Ω	1 Ω	770 nA	5 V	1,5 k Ω		25 + 0,2
20 M Ω ⁴	21.000000	1 Ω	10 Ω	70 nA	5 V	1,5 k Ω		250 + 0,2
200 M Ω ⁴	210.00000	10 Ω	100 Ω	4,4 nA	5 V	1,5 k Ω		4000 + 10
1 G Ω ⁴	1.0500000	100 Ω	1 k Ω	4,4 nA	5 V	1,5 k Ω		4000 + 10

Погрешность измерений сопротивления⁵

Погрешность:

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

$1 \cdot 10^{-6}$ от предела измерения = 2 ед. индикации на пределах измерения до 200 МΩ или 1 ед. индикации на пределе измерения 1 ГΩ при 6^{1/2}-разрядной индикации.

Предел измерения	Погрешность ⁵			
	24 часа ⁶	90 суток ⁷	1 год ⁷	2 года ⁷
20 Ω	29 + 7	52 + 7	72 + 7	110 + 7
200 Ω	24 + 7	36 + 7	56 + 7	90 + 7
2 кΩ	22 + 4	33 + 4	50 + 4	80 + 4,5
20 кΩ	19 + 4	32 + 4	50 + 4	80 + 4,5
200 кΩ	20 + 4,5	72 + 4,5	90 + 4,5	130 + 5
2 МΩ ⁴	50 + 4,5	110 + 4,5	160 + 4,5	230 + 5
20 МΩ ⁴	160 + 4,5	560 + 4,5	900 + 4,5	1100 + 5
200 МΩ ⁴	3000 + 100	10000 + 100	20000 + 100	30000 + 100
1 ГΩ ⁴	9000 + 100	20000 + 100	40000 + 100	60000 + 100

Дополнительная погрешность измерений сопротивления в двухпроводной схеме⁷

Дополнительная погрешность выражается как $\pm b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}$.

Предел измерения	Дополнительная погрешность в пределах $T_{CAL} \pm 5^\circ C$	Температурный коэффициент за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ C$
20 Ω	$300 \cdot 10^{-6}$	$70 \cdot 10^{-6}/^\circ C$
200 Ω	$30 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}/^\circ C$
2 кΩ	$3 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}/^\circ C$

Быстродействие и погрешность измерений⁹

Интервал 90 суток

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения} + e \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}^{12})$.

Здесь "e" характеризует случайную погрешность (среднеквадратическое отклонение).

Предел измерения	Погрешность		
	1 PLC DFILT OFF	0,1 PLC ¹¹ DFILT OFF	0,01 PLC ^{8,11} DFILT OFF
20 Ω	52 + 0,7 + 0,6	52 + 30 + 10	110 + 200 + 35
200 Ω	36 + 7 + 0,6	36 + 30 + 10	110 + 200 + 35
2 кΩ	33 + 4 + 0,2	33 + 24 + 1	130 + 230 + 5
20 кΩ	32 + 4 + 0,2	32 + 24 + 2	130 + 230 + 5
200 кΩ	72 + 4,5 + 0,5	72 + 25 + 4	150 + 300 + 10
2 МΩ ⁴	110 + 4,5 + 2	110 + 25 + 15	150 + 300 + 150
20 МΩ ⁴	560 + 4,5 + 5	560 + 30 + 20	560 + 300 + 150
200 МΩ ⁴	10000 + 100 + 40	10000 + 120 + 80	10000 + 700 + 250
1 ГΩ ⁴	20000 + 100 + 40	20000 + 120 + 80	20000 + 700 + 250

PLC = период сетевого напряжения; DFILT = цифровой фильтр

Характеристика установления переходного процесса: Дополнительная погрешность для первого показания после ступенчатого перепада сигнала равна суммарной погрешности для 90-суточного интервала на данном пределе измерения. Запрограммированные значения длительности задержки при установлении рассчитаны для емкости внешней цепи < 200 pF. На пределах измерения 200 МΩ и 1 GΩ дополнительная погрешность для первого показания после ступенчатого перепада сигнала равна суммарной погрешности для одногодичного интервала. Время установления показаний зависит от импеданса источника сигнала и диэлектрических потерь в кабеле.

Метод измерения сопротивления: Постояннотоковый метод.

Компенсация смещения: Возможна на пределах измерения 20 Ω ? 20 kΩ.

Измерение падения напряжения на измеряемом сопротивлении: Возможно в режиме комплексной индикации.

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Характеристики быстродействия при измерении сопротивления в 2-проводной схеме ^{10, 12}

Пределы измерения 20 Ω, 200 Ω, 2 kΩ и 20 kΩ

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	7 1/2	6 (5,1)	2 (1,7)	5 (4)	2 (1,6)	5 (4)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	26	7 1/2	30 (25)	8 (7,1)	28 (23)	8 (6,8)	27 (22)	8 (6,7)
1	16,7 ms (20 ms)	25	6 1/2	58 (48)	40 (34)	53 (45)	37 (32)	49 (41)	35 (31)
0,2 ¹¹	3,34 ms (4 ms)	22	6 1/2	219 (189)	109 (97)	197 (162)	97 (87)	140 (129)	79 (74)
0,1 ¹¹	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	300 (300)	126 (118)	248 (245)	112 (108)	164 (163)	89 (88)
0,02 ¹¹	334 μs (400 μs)	19	5 1/2	300 (300)	130 (130)	249 (249)	114 (114)	165 (165)	91 (91)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	421 (421)	135 (135)	306 (306)	114 (114)	189 (189)	92 (92)
0,01 ^{8,11}	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Характеристики быстродействия при измерении сопротивления в 2-проводной схеме ^{10, 12}

Предел измерения 20 MΩ

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)			
				в память		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	7 1/2	6 (5,1)	1 (0,8)	2 (1,8)	1 (0,8)
2	33,4 ms (40 ms)	26	7 1/2	30 (25)	1 (0,8)	16 (4,5)	1 (0,8)
1	16,7 ms (20 ms)	25	6 1/2	58 (48)	4 (3,8)	25 (22)	4 (3,5)
0,1 ¹¹	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	300 (296)	5 (5)	43 (39)	5 (4,7)
0,02 ¹¹	334 μs (400 μs)	19	5 1/2	300 (300)	5 (5)	43 (43)	5 (5)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	412 (412)	5 (5)	43 (43)	5 (5)

Характеристики быстродействия при измерении сопротивления в 4-проводной схеме^{10, 12}

Все пределы измерения

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду) в память или по шине IEEE-488, в том числе с временными метками; автокоррекция нуля включена (ON)	
				компенсация смещения	
				OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	7 1/2	2 (1,6)	0,6 (0,5)
2	33,4 ms (40 ms)	26	7 1/2	7 (6,1)	2 (1,6)
1	16,7 ms (20 ms)	25	6 1/2	12 (11,6)	3 (3,7)
0,1 ¹¹	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	2 (20)	6 (6)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	21 (21)	7 (7)

Примечания к характеристикам измерения сопротивления

1. Погрешность воспроизведения абсолютного размера единицы измерительного тока составляет $\pm 9\%$.
2. Сумма измеряемого сопротивления и сопротивления проводов не может превышать максимального показания.
3. Сумма максимальной компенсации смещения и произведения измерительного тока на измеряемое сопротивление должна быть меньше произведения измерительного тока на выбранный предел измерения.
4. В двухпроводной схеме измерения сопротивления.
5. Технические характеристики указаны для следующих условий: время интегрирования 1 PLC, автокоррекция нуля включена, цифровой фильтр с кратностью усреднения 10, включена компенсация смещения (на пределах измерения 20Ω ? $20 \text{ k}\Omega$).
6. При $T_{\text{CAL}} = \pm 1^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 55 минут.
 T_{CAL} — это температура окружающей среды при калибровке (23°C на заводе).
7. При $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 55 минут. Технические характеристики включают в себя заводскую привязку к Национальному институту стандартов и технологий (NIST, США).
8. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
9. При $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$, погрешность на интервале 90 суток. Погрешности на интервале 1 год и 2 года можно найти, если применить к ним такую же зависимость погрешности от быстродействия.
10. При следующих условиях: DELAY = 0, цифровой фильтр выключен, внутренний запуск, дисплей выключен. Апертурное время обратно пропорционально частоте сети. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Быстродействие на пределе измерения $200 \text{ k}\Omega$ обычно на 10% ниже, чем на пределе измерения $20 \text{ k}\Omega$. Быстродействие на пределе измерения $2 \text{ M}\Omega$ обычно в 3 раза выше, чем на пределе измерения $20 \text{ M}\Omega$. Быстродействие на пределе измерения $1 \text{ G}\Omega$ обычно составляет 30% ? 50% от быстродействия на пределе измерения $20 \text{ M}\Omega$. Дополнительные подробности см. далее в разделе "Рабочее быстродействие".
11. При измерении сопротивления с временем интегрирования $< 1 \text{ PLC}$ обычно действуют сетевые помехи, для устранения которых необходимо соответствующее экранирование.
12. Типовые значения.
13. При измерении сопротивления индуктивных элементов их индуктивность не должна превышать 10 мН.

Измерение постоянного тока

Динамический диапазон и погрешность измерений постоянного тока⁴

Погрешность:

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})$; $1 \cdot 10^{-6} = 0,0001\%$.
 $10 \cdot 10^{-6}$ от предела измерения = 20 ед. индикации при $6^{1/2}$ -разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$
 за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$.

Предел измерения	Максимальн. показание	Разрешение	Разрешение по умолчанию	Макс. падение напряжения ⁶	Погрешность ¹				Темпер. коэфф.
					24 часа ²	90 суток ³	1 год ³	2 года ³	
200 μA	210.00000	10 μA	100 μA	0,25 V	63 + 25	300 + 25	500 + 25	1350 + 25	58 + 7
2 mA	2.1000000	100 μA	1 nA	0,31 V	64 + 20	300 + 20	400 + 20	750 + 20	58 + 5
20 mA	21.0000000	1 nA	10 nA	0,4 V	64 + 20	300 + 20	400 + 20	750 + 20	58 + 5
200 mA	210.000000	10 nA	100 nA	0,5 V	96 + 20	300 + 20	500 + 20	750 + 20	58 + 5
2 A	2.10000000	100 nA	1 μA	1,5 V	500 + 20	600 + 20	900 + 20	1350 + 20	58 + 5

Характеристики быстродействия при измерении постоянного тока^{5, 9}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	$7^{1/2}$	6 (5,1)	2 (1,7)	6 (4,8)	2 (1,6)	6 (4,8)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	26	$7^{1/2}$	30 (24)	10 (8,2)	28 (23)	9 (7,8)	27 (22)	9 (7,7)
1	16,7 ms (20 ms)	25	$6^{1/2}$	57 (48)	45 (38)	53 (45)	41 (35)	48 (41)	40 (32)
0,2	3,34 ms (4 ms)	22	$6^{1/2}$	217 (195)	122 (111)	186 (168)	109 (98)	135 (125)	88 (85)
0,1	1,67 ms (2 ms)	21	$5^{1/2}$	279 (279)	144 (144)	234 (229)	123 (123)	158 (156)	99 (98)
0,02	334 μs (400 μs)	19	$5^{1/2}$	279 (279)	148 (148)	234 (234)	130 (130)	158 (158)	101 (101)
0,01	167 μs (167 μs)	16	$4^{1/2}$	298 (298)	150 (150)	245 (245)	132 (132)	164 (164)	102 (102)
0,01 ⁷	167 μs (167 μs)	16	$4^{1/2}$	2000 (2000)		2000 (2000)			

Быстродействие и погрешность измерений⁸

Интервал 90 суток

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения} + e \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}^9)$.
 Здесь "e" характеризует случайную погрешность (среднеквадратическое отклонение).

Предел измерения	Погрешность		
	1 PLC DFILT OFF	0,1 PLC DFILT OFF	0,01 PLC ⁷ DFILT OFF
200 μA	300 + 25 + 0,3	300 + 50 + 8	300 + 200 + 80
2 mA	300 + 25 + 0,3	300 + 45 + 8	300 + 200 + 80
20 mA	300 + 20 + 0,3	300 + 45 + 8	300 + 200 + 80
200 mA	300 + 20 + 0,3	300 + 45 + 8	300 + 200 + 80
2 A	600 + 20 + 0,3	600 + 45 + 8	600 + 200 + 80

PLC = период сетевого напряжения; DFILT = цифровой фильтр

Время установления переходного процесса: $< 500 \mu\text{s}$ с точностью до $5 \cdot 10^{-5}$ от уровня ступенчатого перепада тока. Время установления зависит от импеданса источника сигнала и диэлектрических потерь в кабеле. Дополнительная погрешность первого показания после переключения предела измерения составляет $5 \cdot 10^{-5}$ от предела измерения.

Максимально допустимое значение тока: 2,1 А, 250 В.

Защита от перегрузки: Предохранитель 2 А (250 В) на передней и задней панели.

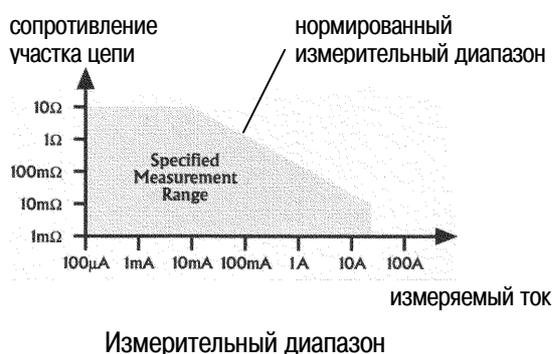
Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Примечания к характеристикам измерения постоянного тока

1. Технические характеристики указаны для следующих условий: время интегрирования 1 PLC, автокоррекция нуля включена, цифровой фильтр с кратностью усреднения 10.
2. При $T_{\text{CAL}} \pm 1^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 55 минут.
3. При $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 55 минут. Технические характеристики включают в себя заводскую привязку к Национальному институту стандартов и технологий (NIST, США).
4. Дополнительная погрешность от саморазогрева при токе свыше 0,5 А составляет $5 \cdot 10^{-5}$ от предела измерения.
5. При следующих условиях: DELAY = 0, внутренний запуск, цифровой фильтр отключен, дисплей выключен. Апертурное время обратно пропорционально частоте сети. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Дополнительные подробности см. далее в разделе "Рабочее быстроедействие".
6. Действительное максимальное падение напряжения = (макс. падение напряжения) \times (измеренное значение тока / максимальное показание).
7. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
8. При $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$, погрешность на интервале 90 суток. Погрешности на интервале 1 год и 2 года можно найти, если применить к ним такую же зависимость погрешности от быстрогодействия.
9. Типовые значения.

Измерение постоянного тока без разрыва цепи

Функция измерения постоянного тока без разрыва цепи (DC in-circuit current) позволяет измерять ток, протекающий по проводу или проводнику печатной платы, без разрыва этой цепи. В этом режиме мультиметр сначала производит измерение сопротивления в четырехпроводной схеме, затем измерение напряжения, затем вычисляет и выводит на индикацию значение тока.



Типовые данные:

Ток: 100 μA ? 12 А

Сопротивление участка цепи: 1 $\text{m}\Omega$? 10 Ω (типичные значения)

Напряжение на участке цепи: макс. $\pm 200 \text{ mV}$

Быстродействие измерений: 4 измерения в секунду при времени интегрирования 1 PLC

Погрешность: $\pm (5\% + 2 \text{ ед. индикации})$. При следующих условиях: время интегрирования 1 PLC, включена автокоррекция нуля, цифровой фильтр с усреднением 10 отсчетов, $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$, после надлежащего обнуления. Интервал 90 суток, 1 год или 2 года.

Измерение переменного тока (среднеквадратическое и среднее значение)

Динамический диапазон измерений переменного тока

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^{\circ}\text{C}$ за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Предел измерения с.к.з.	Пиковое значение тока	Максимальное показание с.к.з.	Разрешение	Разрешение по умолчанию	Максимальное падение напряжения	Температурный коэффициент
200 μA	1 mA	210.0000	100 pA	1 nA	0,25 V	0,01 + 0,001
2 mA	10 mA	2.100000	1 nA	10 nA	0,31 V	0,01 + 0,001
20 mA	100 mA	21.000000	10 nA	100 nA	0,4 V	0,01 + 0,001
200 mA	1 A	210.0000	100 nA	1 μA	0,5 V	0,01 + 0,001
2 A	2 A	2.100000	1 μA	10 μA	1,5 V	0,01 + 0,001

Погрешность измерений переменного тока ^{1, 2}

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{\text{CAL}} \pm 5^{\circ}\text{C}$, для сигналов в диапазоне 5% ? 100% от предела измерения.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).
0,015% от предела измерения = 30 ед. индикации при $5^{1/2}$ -разрядной индикации.

Предел измерения	Погрешность ^{1, 2}						
	20Hz ? 50Hz	50Hz ? 200Hz	200Hz ? 1kHz	1kHz ? 10kHz	10kHz ? 30kHz ³	30kHz ? 50kHz ³	50kHz ? 100kHz ³
200 μA	0,35 + 0,015	0,2 + 0,015	0,4 + 0,015	0,5 + 0,015			
2 mA	0,3 + 0,015	0,15 + 0,015	0,12 + 0,015	0,12 + 0,015	0,25 + 0,015	0,3 + 0,015	0,5 + 0,015
20 mA	0,3 + 0,015	0,15 + 0,015	0,12 + 0,015	0,12 + 0,015	0,25 + 0,015	0,3 + 0,015	0,5 + 0,015
200 mA	0,3 + 0,015	0,15 + 0,015	0,12 + 0,015	0,15 + 0,015	0,5 + 0,015	1 + 0,015	3 + 0,015
2 A	0,35 + 0,015	0,2 + 0,015	0,3 + 0,015	0,45 + 0,015	1,5 + 0,015	4 + 0,015	

Дополнительная погрешность измерений с.к.з. и среднего значения при связи по переменному току (AC):

Дополнительная погрешность (% от показания)		
20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	100 Hz ? 200 Hz
0,55	0,09	0,015

Дополнительная погрешность измерения с.к.з. и среднего значения при связи по переменному и постоянному току (AC+DC):

При наличии постоянной составляющей свыше 20% от среднеквадратического значения возникает дополнительная погрешность измерения среднеквадратического и среднего значения переменного тока. Приведенные в таблице значения следует умножить на отношение постоянного тока к с.к.з. переменного тока.

Составляющие дополнительной погрешности	
% от показания	% от предела измерения
0,05	0,1

Характеристики быстродействия при измерении переменного тока^{3, 4}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	28	6 1/2	6 (5,1)	2 (1,7)	6 (4,9)	2 (1,6)	6 (4,8)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	26	5 1/2	30 (25)	9 (7,9)	28 (23)	9 (7,6)	27 (22)	9 (7,5)
1	16,7 ms (20 ms)	25	5 1/2	57 (48)	38 (35)	53 (45)	37 (33)	49 (41)	34 (30)
0,1	1,67 ms (2 ms)	21	5 1/2	157 (136)	70 (70)	123 (123)	62 (62)	107 (107)	56 (53)
0,01	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	156 (136)	70 (70)	140 (140)	63 (63)	113 (113)	56 (56)
0,01 ⁶	167 μs (167 μs)	16	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Время установления переходного процесса:

- < 300 ms с точностью до 1% от перепада уровня
- < 450 ms с точностью до 0,1% от перепада уровня
- < 500 ms с точностью до 0,01% от перепада уровня

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Дополнительная погрешность измерения с.к.з. переменного тока при высоком коэффициенте формы

Коэффициент формы	1 ? 2	2 ? 3	3 ? 4	4 ? 5
Дополнительная погрешность (± % от показания)	0	0,1	0,2	0,4

Измерение среднего значения переменного тока

В диапазоне 10% ? 100% от предела измерения действительны технические характеристики для измерения средне-квадратического значения.

Примечания к характеристикам измерения переменного тока

- Технические характеристики указаны для следующих условий: синусоидальные входные сигналы, связь на входе AC+DC, время интегрирования 1 PLC, цифровой фильтр выключен, после прогрева в течение 55 минут.
- При токе свыше 0,5 А (с.к.з.) дополнительная погрешность от саморазогрева составляет 0,005% от предела измерения.
- Типовые значения.
- При следующих условиях: DELAY = 0, цифровой фильтр выключен, дисплей выключен, внутренний запуск. Апертурное время обратно пропорционально частоте сети. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz).
- Действительное максимальное падение напряжения = (макс. падение напряжения) x (измеренное значение тока / максимальное показание).
- В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).

Измерение частоты и периода

Динамический диапазон и погрешность измерений частоты и периода

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года

Погрешность выражается как \pm (% от показания)

Входной сигнал	Диапазон измерения частоты ¹	Диапазон измерения периода	Индикация по умолчанию	Минимальный уровень сигнала			Макс. входной сигнал	Уровень запуска	Погрешность
				1Hz ? 1MHz	1 ? 5MHz	5 ? 15MHz			
Переменное напряжение	1Hz ? 15MHz	67ns ? 1s	5 разрядов	60 mV	60 mV	350 mV	1100 V ¹ (пик.)	0 ? 600V	0,03
Переменный ток	1Hz ? 1MHz	1 μ s ? 1s	5 разрядов	150 μ A			1 A (пик.)	0 ? 600mA	0,03

Метод измерений: Уникальный метод счета импульсов и времени при переполнении.

Тактовая частота временного канала: 7,68 MHz \pm 0,01%, 0°C ? 55°C.

Длительность измерения: макс. 420 ms.

Подстройка уровня запуска: Уровень запуска регулируется в реальном масштабе времени с помощью клавиш \blacktriangle и \blacktriangledown в диапазоне \pm 60% от предела измерения с дискретностью 0,5%.

Выбор предела измерения частоты: автоматический от Hz до MHz.

Характер связи на входе: AC+DC или только AC.

Примечания к характеристикам измерения частоты

1. Произведение напряжения на частоту не должно превышать $2 \cdot 10^7$ V · Hz (при входных сигналах свыше 20 V).

Измерение температуры

Измерение температуры с термометрами сопротивления

Измерительный диапазон	Разрешение	Погрешность измерений в четырехпроводной схеме ³			
		1 час ²	90 суток	1 год	2 года
-100°C ? + 100°C	0,001°C	\pm 0,005°C	\pm 0,05°C	\pm 0,08°C	\pm 0,12°C
-200°C ? +630°C	0,001°C	\pm 0,005°C	\pm 0,12°C	\pm 0,14°C	\pm 0,18°C
-212°F ? +180°F	0,001°F	\pm 0,009°F	\pm 0,09°F	\pm 0,15°F	\pm 0,22°F
-360°F ? +1102°F	0,001°F	\pm 0,009°F	\pm 0,15°F	\pm 0,18°F	\pm 0,33°F

Тип термометра сопротивления: Четырехпроводной платиновый 100, DIN 43 760 или IPTS-68, alpha 0,00385, 0,00390, 0,003916 или 0,00392.

Максимальное сопротивление проводов: 12 Ω у каждого провода (для достижения номинальной точности).

Ток через чувствительный элемент: 1 mA (импульсный).

Подавление синфазной помехи: < 0,005°C/V для постоянного напряжения, 50 Hz, 60 Hz или 400 Hz (разбаланс 100 Ω , управление через LO).

Температурный коэффициент: \pm (0,013% + 0,005°C)/°C или \pm (0,013°F + 0,01°F)/°C за пределами T_{CAL} \pm 5°C.

Характеристики быстродействия при измерении температуры с термометрами сопротивления ¹ (двух- или четырехпроводная схема)

NPLC	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду) в память или по шине IEEE-488, в том числе с временными метками	
	Автокоррекция нуля OFF	Автокоррекция нуля ON
10	1 (1)	1 (1)
2	5 (4,3)	4 (3,6)
1	7 (6,5)	6 (5,5)
0,1	12 (10,8)	9 (9)
0,01	12 (12)	10 (10)

Измерение температуры с термопарами

Тип термопары	Измерительный диапазон	Разрешение по умолчанию	Погрешность ⁴
J	-200 °C ? +760 °C	0,1 °C	± 0,5 °C
K	-200 °C ? +1372 °C	0,1 °C	± 0,5 °C
T	-200 °C ? +400 °C	0,1 °C	± 0,5 °C
E	-200 °C ? +1000 °C	0,1 °C	± 0,6 °C
R	0 °C ? 1768 °C	1 °C	± 3 °C
S	0 °C ? 1768 °C	1 °C	± 3 °C
B	+350 °C ? 1820 °C	1 °C	± 5 °C

Характеристики быстродействия при измерении температуры с термопарами ¹

NPLC	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)					
	в память		по шине IEEE-488		по шине IEEE-488 с временными метками	
	автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	6 (5,1)	2 (1,7)	4 (3,4)	2 (1,4)	4 (3,4)	2 (1,4)
2	30 (25)	9 (7,6)	28 (23)	9 (7,3)	27 (22)	8 (7,2)
1	57 (48)	43 (37)	53 (45)	40 (32)	49 (41)	37 (30)
0,1	139 (139)	95 (95)	126 (123)	85 (84)	99 (99)	72 (72)
0,01	177 (177)	98 (98)	156 (156)	87 (87)	119 (119)	73 (73)

Примечания к характеристикам измерения температуры

1. Типовые значения быстродействия при включенной автокоррекции нуля. При следующих условиях: DELAY = 0, цифровой фильтр выключен, дисплей выключен, внутренний запуск. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz).
2. При температуре окружающей среды ± 1 °C, измеряемая температура ± 10 °C, цифровой фильтр с усреднением 10 отсчетов.
3. Без учета погрешности датчика, T_{CAL} ± 5 °C.
4. Относительно внешнего реперного стыка 0 °C, без учета погрешности термопары. Температура стыка может быть внешней. Относится к интервалам 90 суток, 1 год или 2 года, T_{CAL} ± 5 °C.

Рабочее быстродействие

Следующая функциональная схема иллюстрирует факторы, определяющие быстродействие измерений.



Скорость приема и интерпретации команд

	Максимальная	Типовая	Минимальная
Время на каждый символ	0,16 ms	0,28 ms	0,66 ms
Символов в секунду	6250	3751	1515

Типовое быстродействие обработки команд

Команда	Длительность приема и интерпретации	Быстродействие (в секунду)
SENSE1:VOLTAGE:AC: RESOLUTION MAXIMUM	9,4 ms	106
VOLT:AC:RES:MAX	4,1 ms	243
SENSE1:FUNC "VOLT:AC"	6,3 ms	158
RESISTANCE:RANGE:UPPER 1E9	9,0 ms	111
STATUS:QUEUE:CLEAR	5,1 ms	196
STAT:QUE:CLE	3,1 ms	322
*TRG	1,2 ms	833

Быстродействие переключения времени интегрирования^{1, 2}

Типовые значения задержки появления первого отсчета после переключения времени интегрирования:

Измерительная функция	Переключение:		Автокоррекция нуля	
	с ...	на ...	OFF	ON
Измерение постоянного напряжения, постоянного и переменного тока (DCV, DCI, ACI)	любое значение	0,1 PLC	66 ms	44 ms
	любое значение	1 PLC	190 ms	140 ms
	любое значение	10 PLC	1540 ms	1195 ms
Измерение переменного напряжения (ACV)	любое значение	0,1 PLC	120 ms	100 ms
	любое значение	1 PLC	250 ms	197 ms
	любое значение	10 PLC	1600 ms	1250 ms
Измерение сопротивления в 2-пров. схеме	любое значение	0,1 PLC	69 ms	57 ms
	любое значение	1 PLC	195 ms	170 ms
	любое значение	10 PLC	1540 ms	1370 ms
Измерение сопротивления в 4-пров. схеме	любое значение	0,1 PLC	110 ms	46 ms
	любое значение	1 PLC	240 ms	165 ms
	любое значение	10 PLC	1590 ms	1370 ms
Измерение температуры с термопарами	любое значение	0,1 PLC	80 ms	55 ms
	любое значение	1 PLC	195 ms	170 ms
	любое значение	10 PLC	1545 ms	1370 ms

Быстродействие переключения измерительных функций¹

Переключение:		Пределы измерения	Автокоррекция нуля OFF		Автокоррекция нуля ON	
с функции	на функцию		Длительность	Частота (sec ⁻¹)	Длительность	Частота (sec ⁻¹)
Любая функция	DCV	200 mV, 2 V	8,1 ms	120	36 ms	27
		20 V	8,1 ms	120	8,6 ms	110
		200 V	24 ms	40	52 ms	19
		1000 V	11 ms	160	10,2 ms	190
Любая функция	ACV	Любые	563 ms	1,8	563 ms	1,8
Любая, кроме ACI	DCI	200 μ A, 2 mA, 20 mA	4,5 ms	220	5,1 ms	190
		200 mA, 2 A	6,0 ms	160	6,6 ms	150
		Любые	21,1 ms	45	22 ms	45
Любая функция	ACI	Любые	521 ms	1,9	521 ms	1,9
Любая функция	Измерение сопротивления в 2-проводной схеме	20 Ω , 200 Ω , 2 k, 20 k	6,0 ms	165	34 ms	29
		200 k Ω	26 ms	38	61 ms	16
		2 M Ω	95 ms	10,5	425 ms	2,4
		20 M Ω	265 ms	4	690 ms	1,4
		200 M Ω , 1 G Ω	366 ms	3	5,5 ms	180
Любая функция	Измер. сопротивления в 4-проводной схеме	20 Ω , 200 Ω , 2 k, 20 k	12 ms	140	34,1 ms	29
		200 k Ω	26 ms	38	60 ms	16
Любая, кроме ACI и измер. сопротивл. ACI, измер. сопротивл. в 4-пров. схеме Измер. сопротивл. в 2-пров. схеме	Измерение частоты ³	Любые	61 ms	16	60 ms	17
		Любые	79 ms	12	60 ms	17
		Любые	418 ms	2	416 ms	2
Любая функция	Измер. температуры с RTD (2-пров.) с RTD (4-пров.) с термопарами	Любые	6,0 ms	165	33 ms	30
		Любые	11,5 ms	150	37 ms	30
		Любые	8,0 ms	125	35 ms	28

Быстродействие переключения пределов измерения ¹

Функция	Переключение		Автокоррекция нуля OFF		Автокоррекция нуля ON	
	с предела	на предел	Длительность	Частота (sec ⁻¹)	Длительность	Частота (sec ⁻¹)
Измерение пост. напряжения (DCV)	200 mV, 2 V	20 V	4,5 ms	220	3,1 ms	190
	200 V, 1000 V	20 V	8,0 ms	120	8,6 ms	110
	200 mV, 2 V, 20 V	200 mV, 2 V, 20 V	4,5 ms	220	36 ms	27
	200 V, 1000 V	200 mV, 2 V	8,0 ms	120	38 ms	26
	200 mV, 2 V, 20 V	200 V	24 ms	41	52 ms	19
	1000 V	200 V	9 ms	110	37 ms	27
	Любой	1000 V	11 ms	165	10,1 ms	190
Измерение перем. напряжения (ACV)	Любой	Любой	563 ms	1,8	563 ms	1,8
Измерение пост. тока (DCI)	Любой	200 μ A, 2 mA, 20 mA	4,5 ms	220	5,2 ms	190
		200 mA, 2 A	6,0 ms	160	6,6 ms	150
Измерение перем. тока (ACI)	Любой	Любой	525 ms	1,9	525 ms	1,9
Измерение сопротивления в 2-пров. схеме	Любой	20 Ω , 200 Ω , 2 k, 20 k	6,0 ms	160	34 ms	29
	Любой	200 k Ω	26 ms	38	66 ms	15
	Любой	2 M Ω	95 ms	10	420 ms	2,3
	Любой	20 M Ω	265 ms	3,7	690 ms	1,4
	Любой	200 M Ω , 1 G Ω	366 ms	2,7	5,5 ms	180
Измер. сопротивл. в 4-пров. схеме	Любой	20 Ω , 200 Ω , 2 k, 20 k	8 ms	160	34 ms	29
	Любой	200 k Ω	26 ms	38	66 ms	16

Быстродействие запуска (внешний запуск или Trigger Link)

	Автокоррекция нуля ON	Автокоррекция нуля OFF
Задержка запуска	тип. 1,2 ms	2 μ s
Джиттер запуска		\pm 0,5 μ s

Быстродействие преобразования технических единиц измерений

Входит в быстродействие при комплексных измерениях; суммируется с общим временем только для отдельных измерений.

Конфигурация	Время	Скорость (sec ⁻¹)
DCV	2,4 ms	416
DCV, задействован фильтр	2,4 ms	416
DCV, задействована операция вычитания константы	2,5 ms	400
DCV, измерение отношения	3,7 ms	270
ACV	5,3 ms	188
ACV, задействована операция вычитания константы	5,3 ms	188
ACV, задействован фильтр	6,8 ms	147
ACV, dB	9,4 ms	106
ACV, dBm	17,3 ms	57

Быстродействие индикации

Индикация обновляется до 20 раз в секунду. Обновление индикации можно приостановить нажатием клавиши ENTER или установкой Display Enable Off с шины GPIB.

Быстродействие математических вычислений и контроля предельных значений ¹

Вычисление	Номинальная длительность	Номинальная частота (sec ⁻¹)	Максимальная длительность
mX+b	0,35 ms	2850	0,44 ms
Проценты	0,60 ms	1660	0,64 ms
Предельные значения ⁶	0,35 ms	2850	0,37 ms
None	0,07 ms		0,08 ms

Быстродействие передачи форматированных данных по шине GPIB ³

Формат	Только отсчеты		Отсчеты с временными метками	
	Время	Отсчеты/сек.	Время	Отсчеты/сек.
DREAL (реальная двойная точность)	0,30 ms	3330	2,0 ms	500
SREAL (реальная одинарная точность)	0,37 ms	2710	2,1 ms	475
ASCII	3,9 ms	255	8,2 ms	120

**Быстродействие сканирования для отдельных измерительных функций ⁴
(внутренний сканер)**

Тип сканирования	Отношение или разность ⁵ (2 канала)		Быстрое сканирование (полупроводниковая коммутация)		Обычное сканирование	
	Время на канал	Скорость, каналов/сек.	Время на канал	Скорость, каналов/сек.	Время на канал	Скорость, каналов/сек.
Измерительная функция						
DCV (20 V) ⁷	4 ms	250	5,5 ms	181	10,3 ms	97
Измерение сопротивления в 2-проводной схеме (2 кΩ) ⁷	4,4 ms	230	7 ms	140	12,1 ms	80
Измерение сопротивления в 4-проводной схеме (2 кΩ) ⁷	18,5 ms	54			21 ms	47
ACV			520 ms	1,9	532 ms	1,8
Измерение частоты			958 ms	1	974 ms	1
Измерение температуры с термопарами			13,8 ms	72	18 ms	55
Измерение температуры с 2-проводн. терм. сопротивления					95 ms	10

**Быстродействие сканирования для смешанных измерительных функций ¹
(внутренний сканер)**

Конфигурация сканирования (каналы)	Среднее время на канал	Средняя скорость, каналов/сек.
5 каналов DCV, 5 каналов измер. сопротивления в 2-проводной схеме	20 ms	50
3 канала DCV, 3 канала измер. сопротивления в 2-проводной схеме, 4 канала термопары	22 ms	45
5 каналов 2-проводные термометры сопротивления, 5 каналов термопары	60 ms	17
5 каналов измер. сопрот. в 2-пров. схеме, 5 каналов 2-пров. термометры сопротивления	60 ms	17
9 каналов DCV, 1 канал ACV	73 ms	13
2 канала DCV, 1 канал ACV, 2 канала сопр. в 2-пров. схеме, 1 канал сопр. в 4-пров. схеме	122 ms	8
5 каналов DCV, 5 каналов измерения частоты	490 ms	2
3 канала DCV, 3 канала ACV, 2 канала измерения сопротивления в 4-проводной схеме	220 ms	5

Примечания к характеристикам рабочего быстродействия

1. При следующих условиях: дисплей выключен, время интегрирования 1 PLC, автоматический выбор предела измерения отключен, фильтр отключен, запуск приостановлен. Включение дисплея может изменить время на 3% в худшем случае. Во избежание этого следует нажать клавишу ENTER, чтобы заблокировать дисплей (зафиксировать индикацию) с передней панели.
2. При использовании пределов измерения 20 V, 2 kΩ и 200 mA.
3. Автокоррекция нуля выключена, используется компьютер 386SX/16, среднее время для 1000 отсчетов, с перестановкой порядка байтов, отключено управление с передней панели.
4. Типовые значения длительности для следующих условий: время интегрирования 0,01 PLC, автоматический выбор предела измерения отключен, DELAY = 0, занесение результатов измерений в буфер.
5. Функции измерения отношения и разности сигналов в каналах выводят одно значение для каждой пары измерений.
6. Время, необходимое для измерения, оценки предельных значений и установки цифровых выходов, определяется суммированием времени измерения с временем вычисления предельных значений.
7. Автокоррекция нуля выключена.
8. На основе входной частоты 100 kHz.

Параметры задержки и таймера

Временные метки

Разрешение: 1 μs.

Погрешность: ± 0,01% ± 1 μs.

Максимальный интервал: 2 100 000,000000 секунд (24 суток и 7 часов).

Время задержки (от фронта запускающего импульса до инициирования отсчета)

Максимальное значение: 999 999,999 секунд (11 суток и 14 часов).

Разрешение: 1 ms.

Джиттер: ± 1 ms.

Таймер (от инициирования отсчета до инициирования отсчета)

Максимальное значение: 999 999,999 секунд (11 суток и 14 часов).

Разрешение: 1 ms.

Джиттер: ± 1 ms.

Примечание: Чтобы найти быстродействие измерений, обращайтесь к разделу с описанием соответствующей измерительной функции.

Максимальные значения уровня входных сигналов

	Максимальный входной сигнал ¹	Время восстановления после перегрузки
Между HI и LO	± 1100 V (пик.)	< 900 ms
Между HI SENSE и LO	± 350 V (пик.), 250 V с.к.з.	< 900 ms
Между LO SENSE и LO	± 350 V (пик.), 250 V с.к.з.	< 900 ms
Между входом I и LO	2 A, ± 250 V (с предохранителем)	–
Между HI и землей	± 1600 V	< 900 ms
Между LO и землей	± 500 V	

1. Для сигналов между другими входами эти данные суммируются алгебраически.

Реализация шины IEEE-488

Реализация: IEEE-488.2, SCPI-1991.0.

Многострочные команды: DCL, LLO, SDC, GET, GTL, UNT, UNL, SPE, SPD.

Однострочные команды: IFC, REN, EOI, SRQ, ATN.

Команды интерфейса: SH1, AH1, T5, TE0, L4, LE0, SR1, RL1, PP0, DC1, DT1, C0, E1.

Цифровой вход-выход

Тип соединителя: Восемиконтактный субминиатюрный разъем типа D.

Вход: Один контакт, TTL-совместимый.

Выходы: Четыре контакта. Открытый коллектор, максимальное питающее напряжение 30 V, максимальный выходной ток 100 mA, выходной импеданс 10 Ω .

Управление: Прямое управление с выхода или установка через контроль предельных значений в реальном масштабе времени.

Общие технические данные и соответствие стандартам

Электропитание

Напряжение: 90 V ? 134 V и 180 V ? 250 V с автоматическим переключением.

Частота сети: 50 Hz, 60 Hz или 400 Hz с автоматическим определением.

Потребляемая мощность: < 55 VA.

Условия эксплуатации

Рабочая температура: 0°C ? 50°C.

Температура при хранении: -40°C ? 70°C.

Относительная влажность воздуха: 80%, 0°C ? 35°C, согласно MIL-T-28800E¹, пункт 4.5.5.1.2.

Стандартная калибровка

Тип: Программный. Ручная подстройка не требуется.

Источники: Два источника постоянного напряжения (2 V и 20 V) и два сопротивления (19 k Ω и 1 M Ω). Допускаются другие калибровочные значения. Все прочие измерительные функции калибруются от этих источников и короткозамкнутой цепи. Для подстройки не требуется калибратор переменного напряжения.

Массогабаритные характеристики

Размеры корпуса: Высота 90 мм x ширина 214 мм x глубина 369 мм.

Габаритный размер: 381 мм от передней до задней панели, включая сетевой шнур и соединитель IEEE-488.

Масса нетто: < 4,2 кг.

Масса в упаковке: < 9,1 кг.

Стандарты

Электромагнитная совместимость: Соответствует требованиям VDE 0871B (в редакции 1046/1984), IEC 801-2. Соответствует требованиям FCC, Часть 15, класс B, CISPR-22 (EN55022).

Безопасность: Соответствует требованиям IEC348, CAN/CSA-C22.2. № 231, MIL-T-28800E¹. Сконструирован согласно нормативам UL1244.

Надежность: MIL-T-28800E¹.

Ремонтопригодность: MIL-T-28800E¹.

Средняя длительность ремонта: < 90 минут (включая разборку и сборку, без учета перекалибровки).

Расчетная средняя наработка на отказ: > 75000 часов (метод Беллмора).

Средняя длительность калибровки: < 20 минут при стандартной калибровке, < 6 минут при самокалибровке по переменному току.

Процесс: MIL-STD 45662A и BS5750.

Примечание 1: MIL-T-28800E относится к типу III, класс 5, стиль E.

Прилагаемые принадлежности

В комплект поставки прибора входит сетевой шнур, высококачественные модульные измерительные провода, Руководство по эксплуатации, крышка установочного гнезда и полные калибровочные данные. Кроме того, может поставляться бесплатно начальный программный пакет для персонального компьютера.

Опции расширенной и энергонезависимой памяти

Тип	Размер	Хранение данных			Хранение наборов параметров	
		4 1/2 разр.	6 1/2 разр. с временными метками	Тип	Количество	Тип
2001	8 кбайт	2027	404	энергозависимая	1	энергонезависимая
2001/MEM1	32 кбайт	6909	1381	энергонезависимая	5	энергонезависимая
2001/MEM2	128 кбайт	29908	5980	энергонезависимая	10	энергонезависимая

В таблице приведены минимальные ожидаемые значения размера памяти.

Технические характеристики могут быть изменены без уведомления.

A.2 Технические характеристики мультиметра типа 2002

Ниже приведены полные технические характеристики мультиметра типа 2002. Мы постарались представить их как можно более полно с указанием технических данных в разнообразных условиях, которые обычно возникают при применении этих приборов на производстве, в технике и в научных исследованиях.

Для мультиметра типа 2002 приводятся технические характеристики при сличении, для интервалов 24 часа, 90 суток, 1 год и 2 года. Для интервалов 90 суток, 1 год и 2 года приведены полные технические характеристики. Это дает пользователю возможность реализовать рекомендуемые калибровочные интервалы в 90 суток, 1 год или 2 года в зависимости от требуемой точности измерений. Как правило, рабочие характеристики мультиметров типа 2001 на интервале 2 года превосходят технические требования к 6^{1/2}-разрядным мультиметрам для интервалов 90 суток, 180 суток или 1 год.

Погрешность абсолютных измерений

Для всех измерений на постоянном токе указаны погрешности относительных измерений. Чтобы определить погрешность абсолютных измерений, к значению погрешности относительных измерений следует прибавить погрешность воспроизведения размера единицы калибровочным источником. В технические характеристики включены данные о погрешностях калибровочных источников, которые применяются на заводе фирмы Keithley. Калибровочные источники, находящиеся в распоряжении пользователя, могут иметь другую погрешность.

Для всех измерений на переменном токе указаны погрешности абсолютных измерений.

Типовые значения погрешностей

Погрешность можно определить как типовую или как гарантированную. Все приведенные ниже технические характеристики являются гарантированными, если не оговорено иное. Гарантированными являются почти 99% технических характеристик мультиметра типа 2002. В некоторых случаях невозможно получить источники для поддержания привязки характеристик каждого выпускаемого прибора к эталонам для некоторых видов измерений. В частности, отсутствуют источники высоковольтных и высокочастотных сигналов достаточной точности. Эти значения приводятся в качестве типовых.

Номинальные калибровочные интервалы для мультиметра типа 2002

Измерительная функция	24 часа ¹	90 суток ²	1 год ²	2 года ²
Измерение постоянного напряжения	•	•	•	•
Измерение выбросов постоянного напряжения		•	•	•
Измерение с.к.з. переменного напряжения		• ³	• ³	• ³
Измерение пикового значения переменного напряжения		•	•	•
Измерение среднего значения переменного напряжения		• ³	• ³	• ³
Измерение коэффициента формы переменного напряжения		•	•	•
Измерение сопротивления	•	•	•	•
Измерение постоянного тока	•	•	•	•
Измерение постоянного тока без разрыва цепи		•	•	•
Измерение переменного тока		•	•	•
Измерение частоты		•	•	•
Измерение температуры (с термопарами)		•	•	•
Измерение температуры (с термометрами сопротивления)	•	•	•	•

¹ При $T_{CAL} \pm 1^\circ C$.

² При $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

³ При температуре последней самокалибровки на переменном токе $\pm 2^\circ C$.

Измерение постоянного напряжения

Динамический диапазон и погрешность измерений постоянного напряжения

Повышенная точность¹ — 10 PLC, цифровой фильтр с усреднением 10 отсчетов

Предел измерения	Максимальн. показание	Разрешение	Входное сопротивление	Погрешность относительных измерений					Темпер. коэфф.
				сличение ¹²	24 часа ²	90 суток ³	1 год ³	2 года ³	
200 mV ⁴	± 210.000000	1 nV	> 100 GΩ	0,4 + 1,5	3,5 + 3	15 + 8	19 + 9	23 + 10	2 + 1,8
2 V ⁴	± 2.10000000	10 nV	> 100 GΩ	0,2 + 0,15	1,2 + 0,3	6 + 0,8	10 + 0,9	14 + 1	0,2 + 0,18
20 V	± 21.0000000	100 nV	> 100 GΩ	0,1 + 0,05	1,2 + 0,1	6 + 0,15	10 + 0,15	14 + 0,15	0,3 + 0,02
200 V	± 210.000000	1 μV	10 MΩ ± 1%	0,5 + 0,08	5 + 0,4	14 + 2	22 + 2	30 + 2	1,5 + 0,3
1000 V ¹³	± 1100.00000	10 μV	10 MΩ ± 1%	1 + 0,05	5 + 0,08	14 + 0,4	22 + 0,4	30 + 0,4	1,5 + 0,06

Погрешность измерения постоянного напряжения:

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

$1 \cdot 10^{-6}$ от предела измерения = 20 ед. индикации на пределах измерения до 200 V или 10 ед. индикации на пределе измерения 1000 V при $7^{1/2}$ -разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$

за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$.

Стандартная точность¹⁴ — 1 PLC, цифровой фильтр отключен

Предел измерения	Максимальн. показание	Разрешение	Входное сопротивление	Погрешность относительных измерений				Темпер. коэфф.
				24 часа ²	90 суток ³	1 год ³	2 года ³	
200 mV ⁴	± 210.00000	10 nV	> 100 GΩ	3,5 + 6	15 + 11	19 + 12	23 + 13	2 + 1,8
2 V ⁴	± 2.1000000	100 nV	> 100 GΩ	1,2 + 0,6	6 + 1,1	10 + 1,2	14 + 1,3	0,2 + 0,18
20 V	± 21.000000	1 μV	> 100 GΩ	3,2 + 0,35	8 + 0,4	12 + 0,4	16 + 0,4	0,3 + 0,02
200 V	± 210.00000	10 μV	10 MΩ ± 1%	5 + 1,2	14 + 2,8	22 + 2,8	30 + 2,8	1,5 + 0,3
1000 V ¹³	± 1100.0000	100 μV	10 MΩ ± 1%	5 + 0,4	14 + 0,7	22 + 0,7	30 + 0,7	1,5 + 0,06

Быстродействие и погрешность измерений

Интервал 90 суток

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения} + e \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}^{10})$.

Здесь "e" характеризует случайную погрешность (среднеквадратическое отклонение).

Предел измерения	Погрешность ^{1,5}					
	10 PLC, DFILT ON, 10 отсчетов	10 PLC, DFILT OFF	1 PLC, DFILT ON, 10 отсчетов	1 PLC, DFILT OFF	0,1 PLC, DFILT OFF	0,01 PLC ¹¹ , DFILT OFF
200 mV ⁴	15 + 8 + 0	15 + 8 + 0,5	15 + 8 + 0,7	15 + 8 + 1	25 + 10 + 13	100 + 200 + 15
2 V ⁴	6 + 0,8 + 0	6 + 0,8 + 0,05	6 + 0,8 + 0,07	6 + 0,8 + 0,1	7 + 1 + 1,3	130 + 200 + 3
20 V	6 + 0,15 + 0	6 + 0,15 + 0,03	7 + 0,15 + 0,05	8 + 0,15 + 0,08	15 + 0,5 + 0,7	130 + 200 + 3
200 V	14 + 2 + 0	14 + 2 + 0,1	14 + 2 + 0,15	14 + 2 + 0,25	15 + 2 + 1	130 + 200 + 3
1000 V ¹³	14 + 0,4 + 0	14 + 0,4 + 0,05	14 + 0,4 + 0,05	14 + 0,4 + 0,1	15 + 0,5 + 0,5	90 + 200 + 2

PLC = период сетевого напряжения; DFILT = цифровой фильтр.

Подавление шумов и помех в зависимости от быстродействия измерений⁸

Быстродействие (кол-во периодов сетевого напряжения)	Подавление синфазных сигналов ⁶ переменного и пост. напряжения		Подавление помех нормального вида		
	с синхронизацией от сети ⁷	внутренний запуск	с синхр. от сети ⁷ , DFILT ON, кратность усреднения = 25	с синхронизацией от сети ⁷ , DFILT OFF	внутренний запуск, DFILT OFF
PLC \geq 1	140 dB	120 dB	90 dB	80 dB	60 dB
PLC < 1	90 dB	60 dB	60 dB	50 dB	0

Коэффициент ослабления помех равен 10 на каждые 20 dB (140 dB означает коэффициент ослабления 10^7).

Паразитные синфазные сигналы переменного и постоянного напряжения действуют между низкопотенциальным входом LO и землей. Помехи нормального вида – это паразитные сигналы переменного напряжения между входами HI и LO.

Погрешность заводской калибровки

Предел измерения	200 mV	2 V	20 V	200 V	1000 V
Погрешность, ед. 10^{-6} от показания	3,2	3,2	2,6	2,6	2,6

Погрешность заводской калибровки отражает привязку к эталонам NIST. Для определения погрешности абсолютных измерений следует прибавить эту погрешность к соответствующей погрешности относительных измерений. Погрешность заводской калибровки на пределах 200 mV и 2 V соответствует погрешности калибровочного источника напряжения 2 V. Погрешность заводской калибровки на пределах 20 V, 200 V и 1000 V соответствует погрешности калибровочного источника напряжения 20 V.

Характеристики быстродействия при измерении постоянного напряжения^{9, 10}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488 ¹⁵		по шине IEEE-488 ¹⁵ с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	29	8 $\frac{1}{2}$	6 (5)	2 (1,7)	6 (5)	2 (1,6)	6 (5)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	27	7 $\frac{1}{2}$	29 (25)	9 (7,6)	29 (24)	9 (7,4)	27 (22)	9 (7,4)
1	16,7 ms (20 ms)	26	7 $\frac{1}{2}$	56 (48)	47 (40)	55 (45)	46 (38)	50 (41)	42 (34)
0,2	3,34 ms (4 ms)	23	6 $\frac{1}{2}$	235 (209)	154 (137)	225 (200)	146 (130)	152 (135)	18 (105)
0,1	1,67 ms (2 ms)	22	6 $\frac{1}{2}$	318 (305)	173 (166)	308 (295)	168 (161)	181 (174)	121 (116)
0,02	334 μ s (400 μ s)	20	5 $\frac{1}{2}$	325 (325)	179 (179)	308 (308)	173 (173)	182 (182)	124 (124)
0,01	167 μ s (167 μ s)	19	4 $\frac{1}{2}$	390 (390)	186 (186)	365 (365)	182 (182)	201 (201)	125 (125)
0,01 ¹¹	167 μ s (167 μ s)	19	4 $\frac{1}{2}$	2000 (2000)		2000 (2000)			

Погрешность от нелинейности: Типовое значение $< 10^{-7}$ от предела измерения; максимальное значение $< 2 \cdot 10^{-7}$ от предела измерения.

Стабильность нуля: Типовые максимальные вариации за 1 час, $T_{REF} \pm 0,5^\circ\text{C}$, при индикации $7 \frac{1}{2}$ разрядов, с цифровым фильтром при кратности усреднения 10, синхронная автокоррекция нуля:

Предел измерения	Время интегрирования = 1 PLC	Время интегрирования = 10 PLC
200 mV ⁴	± 60 ед. индикации	± 40 ед. индикации
2 V ⁴	± 6 ед. индикации	± 4 ед. индикации
20 V	± 4 ед. индикации	± 1 ед. индикации
200 V	± 5 ед. индикации	± 2 ед. индикации
1000 V	± 2 ед. индикации	± 1 ед. индикации

Погрешность при изменении полярности: Эта составляющая погрешности возникает при перемене мест подключения входов HI и LO к источнику сигнала. Эта погрешность не является дополнительной; она входит в общую погрешность прибора и составляет < 4 ед. индикации при входном напряжении 10 V и индикации $7 \frac{1}{2}$ разрядов, NPLC = 10, при синхронной автокоррекции нуля, при использовании цифрового фильтра с повторным усреднением при кратности усреднения 10.

Входной ток смещения: < 100 pA при температуре 25°C .

Время установления переходного процесса: < 50 μs с точностью до 10^{-5} от уровня ступенчатого перепада напряжения на пределах измерения 200 mV ? 20 V или < 1 ms с точностью до 10^{-5} от уровня ступенчатого перепада напряжения на пределах измерения 200 V и 1000 V. Время установления зависит от импеданса источника сигнала и диэлектрических потерь в кабеле.

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Примечания к характеристикам измерения постоянного напряжения

1. Технические характеристики указаны для следующих условий: время интегрирования 10 PLC, синхронная автокоррекция нуля, цифровой фильтр с повторным усреднением при кратности усреднения 10, автоматический выбор предела отключен, если не указано иное.
2. При $T_{CAL} \pm 1^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 4 часов. T_{CAL} — это температура окружающей среды при калибровке (23°C на заводе). Если прибор выключался в течение этого времени, то дополнительная погрешность составляет $0,5 \cdot 10^{-6}$ от показания.
3. При $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 4 часов.
4. Необходимо принять меры к минимизации термо-э.д.с. от кабелей.
5. При $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$, обычная автокоррекция нуля. Погрешности на интервале 1 год и 2 года можно найти, если применить к ним такую же зависимость погрешности от быстродействия.
6. Относится к разбалансу $1 \text{ k}\Omega$ в проводе LO. При частоте сети 400 Hz эти значения на 10 dB ниже. На пределах измерения 200 V и 1000 V эти значения на 20 dB ниже.
7. Для помехи, синхронной с частотой сети.
8. Для частоты сети $\pm 0,1\%$.
9. При следующих условиях: задержка запуска отсутствует, внутренний запуск, цифровой фильтр отключен, обычная автокоррекция нуля, дисплей выключен, формат SREAL. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Данные для частоты сети 400 Hz соответствуют данным для частоты 50 Hz.
10. Типовые значения. Междупиковое значение (размах) шума в 6 раз превышает его среднеквадратическое значение.
11. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
12. Технические характеристики относятся к следующим условиям: цифровой фильтр с повторным усреднением 20 отсчетов, при $T_{REF} \pm 0,5^\circ\text{C}$ (T_{REF} — исходная температура окружающей среды), при измерениях в пределах 10% от исходного значения измеряемой величины, в пределах 10 минут с момента начала измерений.
13. При входном напряжении свыше 200 V дополнительная погрешность составляет $20 \cdot 10^{-6} \times (V_{IN} / 1000 \text{ V})^2$ (это не относится к погрешности при сличении).
14. Технические характеристики указаны для следующих условий: 1 PLC, обычная автокоррекция нуля, цифровой фильтр отключен, автоматический выбор предела измерения отключен.
15. При использовании внутреннего буфера.

Измерение выбросов постоянного напряжения

Погрешность измерения повторяющихся выбросов напряжения¹

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{CAL} \pm 5^\circ C$

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^\circ C$ за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

Предел измерения	Погрешность ¹									Темпер. коэфф.
	0 ? 1 kHz ⁴	1 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 300 kHz	300 kHz ? 500 kHz	500 kHz ? 750 kHz	750 kHz ? 1 MHz	
200 mV	0,08 + 0,7	0,09 + 0,7	0,1 + 0,7	0,15 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,002+0,03
2 V	0,08 + 0,3	0,09 + 0,3	0,1 + 0,3	0,15 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3	2,5 + 0,3	5,5 + 0,3	9 + 0,3	0,002+0,03
20 V	0,1 + 0,7	0,11 + 0,7	0,14 + 0,7	0,19 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,004+0,03
200 V ³	0,1 + 0,3	0,11+ 0,3	0,14 + 0,3	0,19 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3 ²	2,5 + 0,3 ²	5,5 + 0,3 ²	9 + 0,3 ²	0,004+0,03
1000 V ³	0,12 + 0,6	0,16 + 0,6	0,2 + 0,6	0,25 + 0,6 ²	0,5 + 0,6 ²					0,01 + 0,02
Макс. % от предела	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 125\%$	$\pm 100\%$	$\pm 75\%$	

Количество разрядов индикации "по умолчанию": $3 \frac{1}{2}$ разряда.

Максимальный входной сигнал: $\pm 1100 V$ (пиковое значение), $2 \cdot 10^7 V \cdot Hz$ (для водных сигналов свыше 20 V).

Неповторяющиеся выбросы напряжения: Типовая скорость нарастания = 10% от предела измерения за микросекунду.

Длительность выбросов напряжения: Технические характеристики относятся к выбросам длительностью $\geq 1 \mu s$.

Предел измерения: В режиме комплексной индикации такой же предел измерения, как и предел измерения постоянного напряжения.

Окно для измерения выбросов напряжения: 100 ms на каждый отсчет (значение "по умолчанию"). Устанавливается в пределах 0,1 ? 9,9 s в режиме первичной индикации).

Динамический диапазон: Такой же, как и при измерении переменного напряжения.

Индикация результатов измерения выбросов напряжения: В режиме комплексной индикации при измерении постоянного напряжения. Первый вариант индикации отображает положительные выбросы напряжения и максимальное значение с момента сброса. Второй вариант индикации отображает отрицательные выбросы напряжения и минимальное значение. Результаты измерения максимального и минимального значений выбросов можно сбросить путем нажатия клавиши DCV. Третий вариант индикации отображает максимальное и минимальное значения входного сигнала. Результаты измерения выбросов напряжения могут также отображаться в режиме первичной индикации через клавиши CONFIG-ACV-ACTYPE.

Примечания к характеристикам измерения выбросов постоянного напряжения

1. Технические характеристики указаны для случая применения цифрового фильтра с усреднением 10 отсчетов. При отключенном фильтре типовая дополнительная погрешность составляет 0,25% от предела измерения.
2. Типовые значения.
3. Для входных сигналов свыше 100 V дополнительная погрешность составляет 0,001% от показания $\times (V_{IN} / 100 V)^2$.
4. Технические характеристики указаны для связи на входе AC+DC на частотах ниже 200 Hz. На частотах ниже 20 Hz дополнительная погрешность составляет 0,1% о показания.

Измерение переменного напряжения

Измерение среднеквадратического или среднего значения. Возможны также измерения пикового значения и коэффициента формы.

Динамический диапазон и погрешность измерений переменного напряжения

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

0,015% от предела измерения = 30 ед. индикации на пределах измерения до 200 V или 113 ед. индикации на пределе измерения 750 V при $5^{1/2}$ -разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/°C

за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

Предел измерения с.к.з. (RMS)	Пиковое значение входного сигнала	Максимальное показание RMS	Разрешение	Входной импеданс	Температурный коэффициент ²
200 mV	1 V	210.0000	100 nV	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 140 \text{ pF}$	0,004 + 0,001
2 V	8 V	2.100000	1 μ V	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 140 \text{ pF}$	0,004 + 0,001
20 V	100 V	21.000000	10 μ V	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 140 \text{ pF}$	0,006 + 0,001
200 V	800 V	210.0000	100 μ V	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 140 \text{ pF}$	0,006 + 0,001
750 V	1100 V	775.000	1 mV	$1 \text{ M}\Omega \pm 2\% \parallel < 140 \text{ pF}$	0,012 + 0,001

Режим измерения среднеквадратического значения на низких частотах¹

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $\pm 2^\circ C$ относительно температуры последней автокалибровки на переменном токе, для сигналов в диапазоне 1% ? 100% от предела измерения³.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Предел измер.	Погрешность										
	1 Hz ? 10 Hz ⁵	10 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	0,1 kHz ? 2 kHz	2 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
200 mV	0,09+0,015	0,06+0,015	0,035+0,015	0,03+0,01	0,02+0,01	0,025+0,01	0,05+0,01	0,3+0,015	0,75+0,025	2 + 0,1	5 + 0,2
2 V	0,09+0,015	0,04+0,015	0,025+0,015	0,02+0,01	0,02+0,01	0,025+0,01	0,05+0,01	0,3+0,015	0,75+0,025	2 + 0,1	5 + 0,2
20 V	0,1+0,015	0,06+0,015	0,035+0,015	0,03+0,015	0,04+0,015	0,05+0,015	0,07+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	4 + 0,2	7 + 0,2 ⁵
200 V ⁴	0,1+0,015	0,05+0,015	0,03+0,015	0,03+0,015	0,04+0,015	0,05+0,015	0,07+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025 ⁵	4 + 0,2 ⁵	
750 V ⁴	0,13+0,015	0,09+0,015	0,05+0,015	0,05+0,015	0,06+0,015	0,08+0,015	0,1+0,015 ⁵	0,5+0,015 ⁵			

Обычный режим измерения среднеквадратического значения¹

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $\pm 2^\circ C$ относительно температуры последней автокалибровки на переменном токе, для сигналов в диапазоне 1% ? 100% от предела измерения³.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Предел измерения	Погрешность									
	20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	0,1 kHz ? 2 kHz	2 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
200 mV	0,25+0,015	0,07+0,015	0,02+0,01	0,02+0,01	0,025+0,01	0,05+0,01	0,3+0,015	0,75+0,025	2+0,1	5+0,2
2 V	0,25+0,015	0,07+0,015	0,02+0,01	0,02+0,01	0,025+0,01	0,05+0,01	0,3+0,015	0,75+0,025	2+0,1	5+0,2
20 V	0,25+0,015	0,07+0,015	0,03+0,015	0,04+0,015	0,05+0,015	0,07+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025	4+0,2	7+0,2 ⁵
200 V ⁴	0,25+0,015	0,07+0,015	0,03+0,015	0,04+0,015	0,05+0,015	0,07+0,015	0,3+0,015	0,75+0,025 ⁵	4+0,2 ⁵	
750 V ⁴	0,25+0,015	0,1+0,015	0,05+0,015	0,06+0,015	0,08+0,015	0,1+0,015 ⁵	0,5+0,015 ⁵			

Погрешность измерения среднеквадратического значения в dB

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{\text{CAL}} \pm 5^{\circ}\text{C}$, опорное значение = 1 V, автоматический выбор предела измерения, режим измерения на низких частотах, связь на входе AC+DC.

Входной сигнал	Погрешность, \pm dB					
	1 ? 100 Hz	0,1 ? 30 kHz	30 ? 100 kHz	100 ? 200 kHz	0,2 ? 1 MHz	1 ? 2 MHz
-54 ? -40 dB (2 mV ? 10 mV)	0,230	0,225	0,236	0,355		
-40 ? -34 dB (10 mV ? 20 mV)	0,036	0,031	0,041	0,088		
-34 ? 6 dB (20 mV ? 2 V)	0,023	0,018	0,028	0,066	0,265	0,630
6 ? 26 dB (2 V ? 20 V)	0,024	0,024	0,028	0,066	0,538	0,820 ⁵
26 ? 46 dB (20 V ? 200 V)	0,024	0,024	0,028	0,066 ⁵	0,538 ⁵	
46 ? 57,8 dB (200 V ? 775 V)	0,018	0,021	0,049 ⁵			

Характеристики быстродействия при измерении переменного напряжения^{5, 6}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488 ¹²		по шине IEEE-488 ¹² с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	29	6 1/2	6 (5)	2 (1,7)	6 (5)	2 (1,6)	6 (5)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	27	5 1/2	29 (25)	9 (7,6)	28 (23)	9 (7,4)	26 (21)	9 (7,4)
1	16,7 ms (20 ms)	26	5 1/2	56 (48)	47 (40)	52 (43)	4 (36)	48 (39)	40 (33)
0,2	3,34 ms (4 ms)	23	5 1/2	145 (129)	110 (98)	131 (117)	100 (88)	102 (91)	79 (70)
0,1	1,67 ms (2 ms)	22	5 1/2	150 (144)	112 (108)	132 (127)	101 (97)	102 (98)	80 (77)
0,02	334 μ s (400 μ s)	20	5 1/2	150 (150)	115 (115)	132 (132)	103 (103)	102 (102)	80 (80)
0,01	167 μ s (167 μ s)	19	4 1/2	382 (382)	116 (116)	251 (251)	103 (103)	163 (163)	80 (80)
0,01 ⁸	167 μ s (167 μ s)	19	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Связь на входе по переменному току (AC)

Дополнительная погрешность при связи на входе по переменному току:

	Дополнительная погрешность при связи на входе типа AC (% от показания)				
	1 Hz ? 10 Hz	10 Hz ? 20 Hz	20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	100 Hz ? 200 Hz
Обычный режим измерения (с.к.з., среднее значение)	—	—	0,41	0,07	0,015
Режим измерения на НЧ (с.к.з.)	0,1	0,01	0	0	0

В режиме измерения на низких частотах ниже 200 Hz эти данные относятся только к синусоидальным входным сигналам.

Связь на входе по переменному и постоянному току (AC+DC)

При постоянном напряжении свыше 20% от среднеквадратического значения переменного напряжения возникает дополнительная погрешность измерения среднеквадратического и среднего значения переменного напряжения. Приведенные в таблице значения следует умножить на отношение постоянного напряжения к с.к.з. переменного напряжения.

Предел измерения	% от показания	% от предела измерения
200 mV, 20 V	0,05	0,1
2 V, 200 V, 750 V	0,07	0,01

Измерение среднего значения переменного напряжения

Здесь действительны технические характеристики для измерения с.к.з. переменного напряжения в обычном режиме в диапазоне 10% ? 100% от предела измерения на частотах 20 Hz ? 1 MHz.

Дополнительная погрешность в % от предела измерения составляет:

0,025% в диапазоне 50 kHz ? 100 kHz

0,05% в диапазоне 100 kHz ? 200 kHz

0,5% в диапазоне 200 kHz ? 1 MHz.

Измерение коэффициента формы переменного напряжения¹¹

Коэффициент формы = пиковое значение / с.к.з. переменного напряжения.

Количество разрядов индикации при измерении коэффициента формы: 3 разряда.

Погрешность измерения коэффициента формы = погрешность измерения пикового значения + погрешность измерения с.к.з. в обычном режиме.

Время измерения = 100 ms + время измерения с.к.з. переменного напряжения.

Динамический диапазон входных сигналов: как при измерении переменного напряжения.

Частотный диапазон измерений коэффициента формы: 20 Hz ? 1 MHz.

Индикация результатов измерения коэффициента формы: в режиме комплексной индикации при измерении переменного напряжения.

Дополнительная погрешность измерения с.к.з. переменного напряжения при высоком коэффициенте формы:

Коэффициент формы	1 ? 2	2 ? 3	3 ? 4	4 ? 5
Дополнительная погрешность (\pm % от показания)	0	0,1	0,2	0,4

Измерение пикового значения переменного напряжения¹⁰

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{CAL} \pm 5^\circ C$, повторяющиеся пики сигнала.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^\circ C$

за пределами $T_{CAL} \pm 5^\circ C$.

Предел измерения	Погрешность									Темпер. коэфф.
	20 Hz ? 1 kHz ⁹	1 kHz ? 10 kHz	10 kHz ? 30 kHz	30 kHz ? 50 kHz	50 kHz ? 100 kHz	100 kHz ? 300 kHz	300 kHz ? 500 kHz	500 kHz ? 750 kHz	750 kHz ? 1 MHz	
200 mV	0,08 + 0,7	0,09 + 0,7	0,1 + 0,7	0,15 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,002+0,03
2 V	0,08 + 0,3	0,09 + 0,3	0,1 + 0,3	0,15 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3	2,5 + 0,3	5,5 + 0,3	9 + 0,3	0,002+0,03
20 V	0,1 + 0,7	0,11 + 0,7	0,14 + 0,7	0,19 + 0,7	0,25 + 0,7	1,0 + 0,7	2,5 + 0,7	5,5 + 0,7	9 + 0,7	0,004+0,03
200 V ⁴	0,1 + 0,3	0,11 + 0,3	0,14 + 0,3	0,19 + 0,3	0,25 + 0,3	1,0 + 0,3 ⁵	2,5 + 0,3 ⁵	5,5 + 0,3 ⁵	9 + 0,3 ⁵	0,004+0,03
750 V ⁴	0,12 + 0,6	0,16 + 0,6	0,2 + 0,6	0,25 + 0,6 ⁵	0,5 + 0,6 ⁵					0,01 + 0,02
Действит. % от предела ⁷	10 ? 400%	10 ? 400%	10 ? 400%	10 ? 350%	10 ? 350%	10 ? 250%	10 ? 150%	10 ? 100%	7,5 ? 75%	

Количество разрядов индикации "по умолчанию": 4 разряда.

Неповторяющиеся пики напряжения: Для одиночных пиков типовая скорость нарастания = 10% от предела измерения за микросекунду.

Длительность пиков напряжения: Технические характеристики относятся к пиковым сигналам длительностью ≥ 1 μs .

Окно для измерения пиков напряжения: 100 ms на каждый отсчет.

Максимальный входной сигнал: ± 1100 V (пиковое значение); $2 \cdot 10^7$ V · Hz (для входных сигналов свыше 20 V).

Время установления переходного процесса

Обычный режим измерения с.к.з. и среднего значения:	< 300 ms с точностью до 1% от перепада уровня
	< 450 ms с точностью до 0,1% от перепада уровня
	< 500 ms с точностью до 0,01% от перепада уровня
Режим измерения с.к.з. на низких частотах:	< 5 с с точностью до 0,1% от конечного значения

Подавление синфазных помех: > 60 dB при разбалансе 1 kΩ в любом из проводов, при частоте сети ± 0,1%.

Максимально допустимое произведение напряжения на частоту: $2 \cdot 10^7 \text{ V} \cdot \text{Hz}$ (при входных сигналах выше 20 V).

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Примечания к характеристикам измерения переменного напряжения

- Технические характеристики указаны для следующих условий: синусоидальные входные сигналы, связь на входе AC+DC, время интегрирования 1 PLC, цифровой фильтр выключен, после прогрева в течение 55 минут.
- Значения температурного коэффициента относятся к результатам измерения с.к.з. и среднего значения. На частотах выше 100 kHz дополнительная температурная погрешность составляет 0,01%/°C (в % от показания).
- Дополнительная погрешность в % от показания составляет 0,01% при измерении сигналов в диапазоне 1 ? 5% на пределах измерения ниже 750 V и в диапазоне 1 ? 7% на пределе измерения 750 V. На частотах 200 kHz ? 2 MHz технические характеристики действительны для сигналов, превышающих 10% от предела измерения.
- Дополнительная погрешность при измерении сигналов выше 100 V с.к.з. составляет 0,001% от показания $\times (V_{\text{нв}}/100 \text{ V})^2$.
- Типовые значения.
- При следующих условиях: отсчеты без перегрузки, задержка запуска отсутствует, цифровой фильтр выключен, обычная автокоррекция нуля, дисплей выключен, формат SREAL. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz) и относятся к измерению среднеквадратического и среднего значения. Данные по быстродействию при частоте 400 Hz такие же, как и при частоте 50 Hz. В режиме измерения с.к.з. на низких частотах быстродействие измерений составляет 0,2 отсчета в секунду (типовое значение).
- Для отсчетов с перегрузкой (200 ? 300% от предела измерения) дополнительная погрешность составляет 0,1% от показания. Для отсчетов с перегрузкой (300 ? 400% от предела измерения) дополнительная погрешность составляет 0,2% от показания.
- В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
- Технические характеристики для измерений пикового значения предполагают связь на входе AC+DC на частотах ниже 200 Hz.
- Технические характеристики приведены для случая использования цифрового фильтра с усреднением 10 отсчетов. Если фильтр не применяется, то типовая дополнительная погрешность составляет 0,25% от предела измерения.
- Зависит от характеристик входного пикового напряжения.
- При использовании внутреннего буфера.

Измерение сопротивления**Измерение сопротивления в двух- и четырехпроводной схеме**

Предел измерения	Максимальное показание	Разрешение	Измерительный ток ¹	Напряжение холостого хода ¹²	Максимальное сопротивление провода HI ²	Максимальное сопротивление провода LO ²	Макс. компенсация смещения ³
20 Ω	21.0000000	100 nΩ	7,2 mA	5 V	50 Ω	10 Ω	± 0,2 V
200 Ω	210.000000	1 μΩ	960 μA	5 V	200 Ω	100 Ω	± 0,2 V
2 kΩ	2100.00000	10 μΩ	960 μA	5 V	200 Ω	150 Ω	-0,2 V ? +2 V
20 kΩ	21.0000000	100 μΩ	96 μA	5 V	1,5 kΩ	1,5 kΩ	-0,2 V ? +2 V
200 kΩ	210.000000	1 mΩ	9,6 μA	5 V	1,5 kΩ	1,5 kΩ	
2 MΩ	2.10000000	10 mΩ	1,9 μA	6 V	1,5 kΩ	1,5 kΩ	
20 MΩ ⁴	21.0000000	100 mΩ	1,4 μA ¹³	14 V			
200 MΩ ⁴	210.000000	1 Ω	1,4 μA ¹³	14 V			
1 GΩ ⁴	1.05000000	10 Ω	1,4 μA ¹³	14 V			

Повышенная точность ⁵ — 10 PLC, с компенсацией смещения, цифровой фильтр с усреднением 10 отсчетов

Погрешность:

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

$1 \cdot 10^{-6}$ от предела измерения = 20 ед. индикации на пределах измерения до 200 МΩ или 10 ед. индикации на пределе измерения 1 GΩ при 7¹/₂-разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$ за пределами T_{cal} ± 5°C.

Предел измерения	Погрешность относительных измерений					Темпер. коэффициент
	сличение ¹⁴	24 часа ⁶	90 суток ⁷	1 год ⁷	2 года ⁷	
20 Ω	2,5 + 3	5 + 4,5	15 + 6	17 + 6	20 + 6	2,5 + 0,7
200 Ω	2,5 + 2	5 + 3	15 + 4	17 + 4	20 + 4	2,5 + 0,5
2 кΩ	1,3 + 0,2	2,5 + 0,3	7 + 0,4	9 + 0,4	11 + 0,4	0,8 + 0,05
20 кΩ	1,3 + 0,2	2,5 + 0,3	7 + 0,4	9 + 0,4	11 + 0,4	0,8 + 0,05
200 кΩ	2,5 + 0,4	5,5 + 0,5	29 + 0,8	35 + 0,9	41 + 1	3,5 + 0,18
2 МΩ	5 + 0,2	12 + 0,3	53 + 0,5	65 + 0,5	75 + 0,5	7 + 0,1
20 МΩ ⁴	15 + 0,1	50 + 0,2	175 + 0,6	250 + 0,6	300 + 0,6	20 + 0,1
200 МΩ ⁴	50 + 0,5	150 + 1	500 + 3	550 + 3	600 + 3	80 + 0,5
1 GΩ ⁴	250 + 2,5	750 + 5	2000 + 15	2050 + 15	2100 + 15	400 + 2,5

Погрешность заводской калибровки

Предел измерения	20 Ω	200 Ω	2 кΩ	20 кΩ	200 кΩ	2 МΩ	20 МΩ	200 МΩ	1 GΩ
Погрешность, ед. 10 ⁻⁶ от показания	29,5	7,7	6,4	7,8	7,3	14,9	14,9	14,9	14,9

Погрешность заводской калибровки отражает привязку к эталонам NIST. Для определения погрешности абсолютных измерений следует прибавить эту погрешность к соответствующей погрешности относительных измерений. Погрешности заводской калибровки на пределах 20 Ω ? 2 МΩ равны погрешностям соответствующих калибровочных источников. Погрешность на пределах 20 МΩ, 200 МΩ и 1 GΩ равна погрешности калибровочного источника 2 МΩ.

Быстродействие и погрешность измерений

Интервал 90 суток

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения} + e \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}^{12})$.
Здесь "е" характеризует случайную погрешность (среднеквадратическое отклонение).

Предел измерения	Погрешность ^{9, 15}					
	10 PLC, DFILT ON, 10 отсчетов	10 PLC, DFILT OFF	1 PLC, DFILT ON, 10 отсчетов	1 PLC, DFILT OFF	0,1 PLC ¹¹ , DFILT OFF	0,01 PLC ^{8, 11} , DFILT OFF
20 Ω	15 + 11 + 0	15 + 11 + 0,5	15 + 13 + 0,5	15 + 13 + 1	15 + 16 + 25	110 + 200 + 35
200 Ω	15 + 8 + 0	15 + 8 + 0,5	17 + 8 + 0,5	17 + 8 + 1	17 + 10 + 15	110 + 200 + 35
2 кΩ	7 + 0,8 + 0	7 + 0,8 + 0,05	8 + 0,8 + 0,07	8 + 0,8 + 0,2	8 + 1 + 2	130 + 230 + 5
20 кΩ	7 + 0,8 + 0	7 + 0,8 + 0,1	8 + 0,8 + 0,1	9 + 0,8 + 0,2	40 + 1 + 2	130 + 230 + 5
200 кΩ	29 + 0,8 + 0	29 + 0,8 + 0,1	31 + 0,8 + 0,1	34 + 0,8 + 0,2	250 + 1 + 2	
2 МΩ	53 + 0,5 + 0	55 + 0,5 + 0,1	58 + 0,5 + 0,1	68 + 0,5 + 0,2	750 + 0,7 + 2	
20 МΩ ⁴	175 + 0,6 + 0	175 + 0,6 + 0	175 + 0,6 + 0	200 + 0,6 + 0		
200 МΩ ⁴	500 + 3 + 0	510 + 3 + 0	510 + 3 + 0	550 + 3 + 0		
1 GΩ ⁴	2000 + 15 + 0	2100 + 15 + 0	2100 + 15 + 0	2100 + 15 + 0		

PLC = период сетевого напряжения; DFILT = цифровой фильтр.

Стандартная точность ¹⁵ — 1 PLC, без компенсации смещения, цифровой фильтр отключен

Погрешность:

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

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$ за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$.

Предел измерения	Погрешность относительных измерений				Темпер. коэффициент
	24 часа ⁶	90 суток ⁷	1 год ⁷	2 года ⁷	
20 Ω	5 + 12	15 + 16	17 + 17	20 + 19	2,5 + 2,5
200 Ω	7 + 8	17 + 11	19 + 12	22 + 13	2,5 + 1,8
2 кΩ	3,5 + 1,1	8 + 1,4	10 + 1,5	12 + 1,6	0,8 + 0,18
20 кΩ	4,5 + 1,1	9 + 1,4	11 + 1,5	13 + 1,6	0,8 + 0,18
200 кΩ	11 + 1,1	34 + 1,4	40 + 1,5	45 + 1,6	3,5 + 0,18
2 МΩ	27 + 0,9	68 + 1,1	80 + 1,1	90 + 1,1	7 + 0,1
20 МΩ ⁴	75 + 0,2	200 + 0,6	275 + 0,6	325 + 0,6	20 + 0,1
200 МΩ ⁴	200 + 1	550 + 3	600 + 3	650 + 3	80 + 0,5
1 ГΩ ⁴	1250 + 5	2500 + 15	2550 + 15	2600 + 15	400 + 2,5

Дополнительная погрешность измерений сопротивления в двухпроводной схеме

Дополнительная погрешность выражается как $\pm b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}$.

Предел измерения	Дополнительная погрешность в пределах $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$	Температурный коэффициент за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$
20 Ω	$300 \cdot 10^{-6}$	$70 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$
200 Ω	$30 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$
2 кΩ	$3 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$

Характеристика установления переходного процесса: Запрограммированные значения длительности задержки при установлении рассчитаны для емкости внешней цепи $< 500 \text{ pF}$. Время установления показаний зависит от импеданса источника сигнала и диэлектрических потерь в кабеле.

Измерение падения напряжения на измеряемом сопротивлении: В режиме комплексной индикации.

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Характеристики быстродействия при измерении сопротивления в 2-проводной схеме ^{10, 12}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488 ¹⁶		по шине IEEE-488 ¹⁶ с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	29	8 ^{1/2}	6 (5)	2 (1,7)	6 (5)	2 (1,6)	6 (5)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	27	7 ^{1/2}	29 (25)	9 (7,6)	29 (24)	9 (7,4)	27 (22)	9 (7,4)
1	16,7 ms (20 ms)	26	7 ^{1/2}	56 (48)	47 (40)	55 (45)	46 (38)	50 (41)	42 (34)
0,2 ¹¹	3,34 ms (4 ms)	23	6 ^{1/2}	222 (197)	156 (139)	220 (196)	148 (132)	156 (139)	107 (95)
0,1 ¹¹	1,67 ms (2 ms)	22	6 ^{1/2}	330 (317)	176 (169)	305 (293)	166 (159)	157 (151)	110 (106)
0,02 ¹¹	334 μs (400 μs)	20	5 ^{1/2}	330 (330)	182 (182)	305 (305)	172 (172)	160 (160)	113 (113)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	19	4 ^{1/2}	384 (384)	186 (186)	352 (352)	172 (172)	179 (179)	123 (123)
0,01 ^{8,11}	167 μs (167 μs)	19	4 ^{1/2}	2000 (2000)		2000 (2000)			

Характеристики быстродействия при измерении сопротивления в 4-проводной схеме ^{10, 12}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду) в память или по шине IEEE-488 ¹⁶ , в том числе с временными метками			
				автокоррекция нуля OFF		автокоррекция нуля ON	
				компенсация смещения		компенсация смещения	
				OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	29	8 ¹ / ₂	6 (5)	3 (2,5)	2 (1,6)	1 (0,8)
2	33,4 ms (40 ms)	27	7 ¹ / ₂	27 (22)	13 (10,7)	9 (7,4)	4 (3,5)
1	16,7 ms (20 ms)	26	7 ¹ / ₂	50 (41)	25 (20)	42 (34)	20 (16)
0,2 ¹¹	3,34 ms (4 ms)	23	6 ¹ / ₂	154 (137)	76 (68)	115 (102)	54 (48)
0,1 ¹¹	1,67 ms (2 ms)	22	6 ¹ / ₂	184 (176)	92 (88)	123 (118)	63 (60)
0,02 ¹¹	334 μs (400 μs)	20	5 ¹ / ₂	186 (186)	107 (107)	126 (126)	72 (72)
0,01 ¹¹	167 μs (167 μs)	19	4 ¹ / ₂	211 (211)	107 (107)	133 (133)	72 (72)

Примечания к характеристикам измерения сопротивления

1. Погрешность воспроизведения абсолютного размера единицы измерительного тока составляет $\pm 5\%$.
2. Относится к сопротивлению проводов источника тока. Сопротивление провода SENSE ограничивается лишь воздействием помех. Рекомендуется, чтобы оно не превышало 1,5 кΩ.
3. Сумма максимальной компенсации смещения и произведения измерительного тока на измеряемое сопротивление должна быть меньше произведения измерительного тока на выбранный предел измерения сопротивления.
4. В двухпроводной схеме измерения сопротивления.
5. Технические характеристики указаны для следующих условий: время интегрирования 10 PLC, цифровой фильтр с повторным усреднением 10 отсчетов, синхронная автокоррекция нуля, включена компенсация смещения (на пределах измерения 20 Ω ? 20 кΩ), если не указано иное.
6. При $T_{CAL} = \pm 1^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 4 часов.
 T_{CAL} — это температура окружающей среды при калибровке (23 °C на заводе).
7. При $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$ после прогрева в течение 4 часов.
8. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
9. При $T_{CAL} \pm 5^\circ\text{C}$, обычная автокоррекция нуля. Погрешности на интервале 1 год и 2 года можно найти, если применить к ним такую же зависимость погрешности от быстродействия.
10. При следующих условиях: показания без перегрузки, задержка запуска отсутствует, цифровой фильтр выключен, внутренний запуск, дисплей выключен, формат SREAL. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Данные для частоты сети 400 Hz соответствуют данным для частоты сети 50 Hz.
11. При измерении сопротивления с временем интегрирования < 1 PLC обычно действуют сетевые помехи, для устранения которых необходимо соответствующее экранирование.
12. Типовые значения. Междупиковое значение (размах) шума в 6 раз превышает его среднеквадратическое значение.
13. Источник измерительного тока зашунтирован сопротивлением 10 МΩ.
14. Технические характеристики относятся к следующим условиям: цифровой фильтр с повторным усреднением 20 отсчетов, $T_{REF} \pm 0,5^\circ\text{C}$ (T_{REF} — это первоначальная температура окружающей среды), измерения в пределах 10% от исходного значения измеряемой величины и в пределах 10 минут с момента начала измерений.
15. Технические характеристики относятся к следующим условиям: 1 PLC, обычная автокоррекция нуля, цифровой фильтр отключен, автоматический выбор предела измерения отключен, измерение в четырехпроводной схеме, компенсация смещения выключена, если не указано иное.
16. При использовании внутреннего буфера.

Измерение постоянного тока

Динамический диапазон и погрешность измерений постоянного тока

Погрешность:

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})$; $1 \cdot 10^{-6} = 0,0001\%$.
 $5 \cdot 10^{-6}$ от предела измерения = 10 ед. индикации при $6^{1/2}$ -разрядной индикации.

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как $\pm (c \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + d \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения})/^\circ\text{C}$
за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^\circ\text{C}$.

Предел измерения	Максимальное показание	Разрешение	Макс. падение напряжения ⁶	Погрешность относительных измерений ¹				Температурный коэффициент ¹
				24 часа ²	90 суток ³	1 год ³	2 года ³	
200 μA	210.00000	10 μA	0,25 V	50 + 6	275 + 25	350 + 25	500 + 25	50 + 5
2 mA	2.1000000	100 μA	0,3 V	50 + 5	275 + 20	350 + 20	500 + 20	50 + 5
20 mA	21.0000000	1 nA	0,35 V	50 + 5	275 + 20	350 + 20	500 + 20	50 + 5
200 mA	210.000000	10 nA	0,35 V	75 + 5	300 + 20	375 + 20	525 + 20	50 + 5
2 A	2.10000000	100 nA	1,1 V	350 + 5	600 + 20	750 + 20	1000 + 20	50 + 5

Характеристики быстродействия при измерении постоянного тока^{4, 5}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488 ⁹		по шине IEEE-488 ⁹ с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	29	7 ^{1/2}	6 (5)	2 (1,7)	6 (5)	2 (1,6)	6 (5)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	27	7 ^{1/2}	29 (25)	9 (7,6)	29 (24)	9 (7,4)	27 (22)	9 (7,4)
1	16,7 ms (20 ms)	26	6 ^{1/2}	56 (48)	47 (40)	55 (45)	46 (38)	50 (41)	42 (34)
0,2	3,34 ms (4 ms)	23	6 ^{1/2}	222 (197)	157 (140)	209 (186)	150 (133)	156 (139)	113 (100)
0,1	1,67 ms (2 ms)	22	5 ^{1/2}	334 (321)	178 (171)	310 (298)	168 (161)	186 (178)	124 (119)
0,02	334 μs (400 μs)	20	5 ^{1/2}	334 (334)	184 (184)	310 (310)	174 (174)	187 (187)	127 (127)
0,01	167 μs (167 μs)	19	4 ^{1/2}	387 (387)	186 (186)	355 (355)	176 (176)	202 (202)	128 (128)
0,01 ⁷	167 μs (167 μs)	19	4 ^{1/2}	2000 (2000)		2000 (2000)			

Быстродействие и погрешность измерений

Интервал 90 суток

Погрешность выражается как $\pm (a \cdot 10^{-6} \cdot \text{показание} + b \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения} + e \cdot 10^{-6} \cdot \text{предел измерения}^4)$.
Здесь "e" характеризует случайную погрешность (среднеквадратическое отклонение).

Предел измерения	Погрешность ^{1, 8}			
	1 PLC, DFILT ON 10 отсчетов	1 PLC DFILT OFF	0,1 PLC DFILT OFF	0,01 PLC ⁷ DFILT OFF
200 μA	275 + 25 + 0	275 + 25 + 0,5	300 + 25 + 50	300 + 200 + 80
2 mA	275 + 20 + 0	275 + 20 + 0,5	300 + 20 + 50	300 + 200 + 80
20 mA	275 + 20 + 0	275 + 20 + 0,5	300 + 20 + 50	300 + 200 + 80
200 mA	300 + 20 + 0	300 + 20 + 0,5	325 + 20 + 50	325 + 200 + 80
2 A	600 + 20 + 0	600 + 20 + 0,5	625 + 20 + 50	600 + 200 + 80

PLC = период сетевого напряжения; DFILT = цифровой фильтр.

Погрешность заводской калибровки

Предел измерения	200 μ A	2 mA	20 mA	200 mA	2 A
Погрешность, ед. 10^{-6} от показания	43	40	55	162	129

Погрешность заводской калибровки отражает привязку к эталонам NIST. Для определения погрешности абсолютных измерений следует прибавить эту погрешность к соответствующей погрешности относительных измерений. Погрешности заводской калибровки на разных пределах равны погрешностям соответствующих калибровочных источников.

Время установления переходного процесса: $< 500 \mu$ s с точностью до $5 \cdot 10^{-5}$ от уровня ступенчатого перепада тока. Время установления зависит от импеданса источника сигнала и диэлектрических потерь в кабеле.

Максимально допустимое значение тока: 2,1 A, 250 V.

Защита от перегрузки: Предохранитель 2 A (250 V) на передней и задней панели.

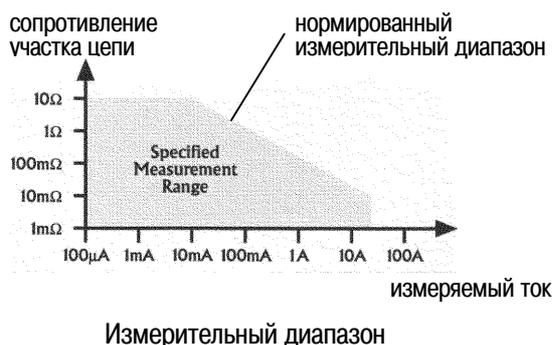
Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Примечания к характеристикам измерения постоянного тока

1. Технические характеристики указаны для следующих условий: время интегрирования 1 PLC, автокоррекция нуля включена, цифровой фильтр с повторным усреднением 10 отсчетов.
2. При $T_{CAL} \pm 1^\circ C$ после прогрева в течение 55 минут. T_{CAL} – это температура окруж. среды при калибровке ($23^\circ C$ на заводе).
3. При $T_{CAL} \pm 5^\circ C$ после прогрева в течение 55 минут.
4. Типовые значения. Междупиковое значение (размах) шума в 6 раз превышает его среднеквадратическое значение.
5. При следующих условиях: отсчеты без перегрузки, задержка запуска отсутствует, внутренний запуск, цифровой фильтр отключен, дисплей выключен, формат SREAL. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Данные для частоты сети 400 Hz соответствуют данным для частоты сети 50 Hz.
6. Действительное максимальное падение напряжения = (макс. падение напряжения) \times (измеренное значение тока / максимальное показание).
7. В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
8. При $T_{CAL} \pm 5^\circ C$, обычная автокоррекция нуля. Погрешности на интервале 1 год и 2 года можно найти, если применить к ним такую же зависимость погрешности от быстродействия.
9. При использовании внутреннего буфера.

Измерение постоянного тока без разрыва цепи

Функция измерения постоянного тока без разрыва цепи (DC in-circuit current) позволяет измерять ток, протекающий по проводу или проводнику печатной платы, без разрыва этой цепи. В этом режиме мультиметр сначала производит измерение сопротивления в четырехпроводной схеме, затем измерение напряжения, затем вычисляет и выводит на индикацию значение тока.



Типовые данные:

Ток:	100 μ A ? 12 A
Сопротивление участка цепи:	1 m Ω ? 10 Ω
Напряжение на участке цепи:	макс. \pm 200 mV
Быстродействие измерений:	4 измерения в секунду при времени интегрирования 1 PLC
Погрешность:	\pm (5% + 500 μ A). При следующих условиях: время интегрирования 1 PLC, включена автокоррекция нуля, цифровой фильтр с усреднением 10 отсчетов, $T_{CAL} \pm 5^\circ C$. Интервал 90 суток, 1 год или 2 года.

Измерение переменного тока (среднеквадратическое и среднее значение)

Динамический диапазон измерений переменного тока

Температурный коэффициент:

Температурный коэффициент выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения)/ $^{\circ}\text{C}$ за пределами $T_{\text{CAL}} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Предел измерения с.к.з.	Пиковое значение тока	Максимальное показание с.к.з.	Разрешение	Максимальное падение напряжения ⁵	Температурный коэффициент
200 μA	1 mA	210.0000	100 pA	0,35 V	0,01 + 0,001
2 mA	10 mA	2.100000	1 nA	0,45 V	0,01 + 0,001
20 mA	100 mA	21.000000	10 nA	0,5 V	0,01 + 0,001
200 mA	1 A	210.0000	100 nA	0,5 V	0,01 + 0,001
2 A	2 A	2.100000	1 μA	1,5 V	0,01 + 0,001

Погрешность измерений переменного тока^{1, 2}

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{\text{CAL}} \pm 5^{\circ}\text{C}$, для сигналов в диапазоне 5% ? 100% от предела измерения.

Погрешность:

Погрешность выражается как \pm (% от показания + % от предела измерения).
0,015% от предела измерения = 30 ед. индикации при $5^{1/2}$ -разрядной индикации.

Предел измерения	Погрешность ^{1, 2}						
	20Hz ? 50Hz	50Hz ? 200Hz	200Hz ? 1kHz	1kHz ? 10kHz	10kHz ? 30kHz ³	30kHz ? 50kHz ³	50kHz ? 100kHz ³
200 μA	0,35 + 0,015	0,2 + 0,015	0,4 + 0,015	0,5 + 0,015			
2 mA	0,3 + 0,015	0,15 + 0,015	0,12 + 0,015	0,12 + 0,015	0,25 + 0,015	0,3 + 0,015	0,5 + 0,015
20 mA	0,3 + 0,015	0,15 + 0,015	0,12 + 0,015	0,12 + 0,015	0,25 + 0,015	0,3 + 0,015	0,5 + 0,015
200 mA	0,3 + 0,015	0,15 + 0,015	0,12 + 0,015	0,15 + 0,015	0,5 + 0,015	1 + 0,015	3 + 0,015
2 A	0,35 + 0,015	0,2 + 0,015	0,3 + 0,015	0,45 + 0,015	1,5 + 0,015	4 + 0,015	

Дополнительная погрешность измерений с.к.з. и среднего значения при связи по переменному току (AC):

Дополнительная погрешность (% от показания)		
20 Hz ? 50 Hz	50 Hz ? 100 Hz	100 Hz ? 200 Hz
0,55	0,09	0,015

Дополнительная погрешность измерения с.к.з. и среднего значения при связи по переменному и постоянному току (AC+DC):

При наличии постоянной составляющей свыше 20% от среднеквадратического значения возникает дополнительная погрешность измерения среднеквадратического и среднего значения переменного тока. Приведенные в таблице значения следует умножить на отношение постоянного тока к с.к.з. переменного тока.

Составляющие дополнительной погрешности	
% от показания	% от предела измерения
0,05	0,1

Характеристики быстродействия при измерении переменного тока ^{3, 4}

NPLC	Апертурное время	Биты	Кол-во разрядов по умолчанию	Скорость передачи данных (отчетов в секунду)					
				в память		по шине IEEE-488 ⁷		по шине IEEE-488 ⁷ с временными метками	
				автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
				OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	167 ms (200 ms)	29	6 1/2	6 (5)	2 (1,7)	6 (5)	2 (1,6)	6 (5)	2 (1,6)
2	33,4 ms (40 ms)	27	5 1/2	29 (25)	9 (7,6)	28 (23)	9 (7,4)	27 (22)	9 (7,4)
1	16,7 ms (20 ms)	26	5 1/2	56 (48)	47 (40)	53 (43)	44 (36)	47 (38)	40 (33)
0,2	3,34 ms (4 ms)	23	5 1/2	163 (145)	102 (91)	139 (124)	100 (89)	95 (84)	74 (66)
0,1	1,67 ms (2 ms)	22	5 1/2	163 (156)	104 (100)	139 (133)	101 (97)	95 (91)	75 (72)
0,02	334 μs (400 μs)	20	5 1/2	163 (163)	107 (107)	139 (139)	103 (103)	95 (95)	76 (76)
0,01	167 μs (167 μs)	19	4 1/2	384 (384)	110 (110)	253 (253)	103 (103)	164 (164)	76 (76)
0,01 ⁶	167 μs (167 μs)	19	4 1/2	2000 (2000)		2000 (2000)			

Время установления переходного процесса:

- < 300 ms с точностью до 1% от перепада уровня
- < 450 ms с точностью до 0,1% от перепада уровня
- < 500 ms с точностью до 0,01% от перепада уровня

Автоматический выбор предела измерения: переключение на старший предел при показании 105%, переключение на младший предел при показании 10% от предела измерения.

Дополнительная погрешность измерения с.к.з. переменного тока при высоком коэффициенте формы

Коэффициент формы	1 ? 2	2 ? 3	3 ? 4	4 ? 5
Дополнительная погрешность (± % от показания)	0	0,1	0,2	0,4

Измерение среднего значения переменного тока

В диапазоне 10% ? 100% от предела измерения действительны технические характеристики для измерения средне-квадратического значения.

Примечания к характеристикам измерения переменного тока

- Технические характеристики указаны для следующих условий: синусоидальные входные сигналы, связь на входе AC+DC, время интегрирования 1 PLC, включена автокоррекция нуля, цифровой фильтр выключен, после прогрева в течение 55 минут.
- При токе свыше 0,5 А (с.к.з.) дополнительная погрешность от саморазогрева составляет 0,005% от предела измерения.
- Типовые значения.
- При следующих условиях: отсчеты без перегрузки, задержка запуска отсутствует, цифровой фильтр выключен, обычная автокоррекция нуля, дисплей выключен, внутренний запуск. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Данные для частоты сети 400 Hz соответствуют данным для частоты сети 50 Hz.
- Действительное максимальное падение напряжения = (макс. падение напряжения) x (измеренное значение тока / максимальное показание).
- В пакетном режиме, дисплей выключен. Пакетный режим требует обновления автокоррекции нуля через каждые 24 часа (путем переключения количества разрядов индикации или измерительной функции).
- При использовании внутреннего буфера.

Измерение частоты и периода

Динамический диапазон и погрешность измерений частоты и периода

Интервал 90 суток, 1 год или 2 года

Погрешность выражается как \pm (% от показания)

Входной сигнал	Диапазон измерения частоты ¹	Диапазон измерения периода	Индикация по умолчанию	Минимальный уровень сигнала ²			Макс. входной сигнал	Уровень запуска	Погрешность
				1Hz ? 1MHz	1 ? 5MHz	5 ? 15MHz			
Переменное напряжение	1Hz ? 15MHz	67ns ? 1s	5 разрядов	60 mV	60 mV	350 mV	1100 V ¹ (пик.)	0 ? 600V	0,03
Переменный ток	1Hz ? 1MHz	1µs ? 1s	5 разрядов	150 µA			1 A (пик.)	0 ? 600mA	0,03

Тактовая частота временного канала: 7,68 MHz \pm 0,01%, 0°C ? 55°C.

Длительность измерения: макс. 420 ms.

Входной импеданс для переменного напряжения: 1 MΩ \pm 2% || < 140 pF.

Подстройка уровня запуска: Уровень запуска регулируется в реальном масштабе времени с помощью клавиш ▲ и ▼ в диапазоне \pm 60% от предела измерения с дискретностью 0,5%.

Выбор предела измерения частоты: автоматический от Hz до MHz.

Характер связи на входе: AC+DC или только AC.

Примечания к характеристикам измерения частоты

1. Произведение напряжения на частоту не должно превышать $2 \cdot 10^7$ V · Hz (при входных сигналах свыше 20 V).
2. Эти данные действительны для младшего предела. Их следует умножать на 10 при каждом переключении на старший предел.

Измерение температуры

Измерение температуры с термометрами сопротивления

Измерительный диапазон	Разрешение	Погрешность измерений в четырехпроводной схеме ⁵			
		24 часа ²	90 суток ³	1 год ³	2 года ³
-100°C ? + 100°C	0,001°C	\pm 0,016°C	\pm 0,020°C	\pm 0,021°C	\pm 0,22°C
-200°C ? +630°C	0,001°C	\pm 0,0061°C	\pm 0,066°C	\pm 0,068°C	\pm 0,070°C
-148°F ? +212°F	0,001°F	\pm 0,029°F	\pm 0,036°F	\pm 0,38°F	\pm 0,040°F
-328°F ? +1166°F	0,001°F	\pm 0,110°F	\pm 0,119°F	\pm 0,122°F	\pm 0,126°F

Тип термометра сопротивления: Четырехпроводной платиновый 100, DIN 43760. ITS-90 (PT100, D100, F100) и IPTS-68 (PT385, PT3916).

Ток через чувствительный элемент: 960 µA (импульсный).

Температурный коэффициент: \pm 0,001%/°C или \pm 0,002°F/°C за пределами T_{CAL} \pm 5°C.

Максимальное сопротивление провода HI источника тока: 200 Ω.

Максимальное сопротивление провода LO источника тока: 100 Ω.

Характеристики быстродействия при измерении температуры с термометрами сопротивления ¹ (двух- или четырехпроводная схема)

NPLC	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду) в память или по шине IEEE-488, в том числе с временными метками			
	Автокоррекция нуля OFF		Автокоррекция нуля ON	
10	3	(2,5)	1	(0,8)
2	12	(10)	4	(3,3)
1	20	(16)	17	(13)
0,1	51	(49)	41	(39)
0,01	58	(58)	46	(46)

Измерение температуры с термопарами

Тип термопары	Измерительный диапазон	Разрешение	Погрешность ⁴
J	-200 °C ? +760 °C	0,001 °C	± 0,5 °C
K	-200 °C ? +1372 °C	0,001 °C	± 0,5 °C
T	-200 °C ? +400 °C	0,001 °C	± 0,5 °C
E	-200 °C ? +1000 °C	0,001 °C	± 0,6 °C
R	0 °C ? +1768 °C	0,001 °C	± 3 °C
S	0 °C ? +1768 °C	0,001 °C	± 3 °C
B	+350 °C ? +1820 °C	0,001 °C	± 5 °C

Характеристики быстродействия при измерении температуры с термопарами ¹

NPLC	Скорость передачи данных (отсчетов в секунду)					
	в память		по шине IEEE-488 ⁶		по шине IEEE-488 ⁶ с временными метками	
	автокоррекция нуля		автокоррекция нуля		автокоррекция нуля	
	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	6 (5)	2 (1,7)	6 (5)	2 (1,6)	6 (5)	2 (1,6)
2	29 (25)	9 (7,6)	29 (24)	9 (7,4)	27 (22)	9 (7,4)
1	57 (48)	43 (40)	56 (46)	46 (38)	50 (41)	42 (34)
0,1	131 (126)	107 (103)	100 (96)	84 (81)	83 (80)	72 (69)
0,01	168 (168)	112 (112)	121 (121)	89 (89)	96 (96)	74 (74)

Примечания к характеристикам измерения температуры

1. При следующих условиях: показания без перегрузки, задержка запуска отсутствует, цифровой фильтр выключен, дисплей выключен, внутренний запуск, формат SREAL. Эти данные приведены для частоты сети 60 Hz (50 Hz). Данные для частоты сети 400 Hz соответствуют данным для частоты сети 50 Hz.
2. При $T_{CAL} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, после прогрева в течение 4 часов.
3. При $T_{CAL} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, после прогрева в течение 4 часов.
4. Относительно внешнего реперного стыка $0 \text{ }^\circ\text{C}$, без учета погрешности термопары. Температура стыка может быть внешней. Относится к интервалам 90 суток, 1 год или 2 года, $T_{CAL} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
5. Технические характеристики приведены для следующих условий: время интегрирования 10 PLC, включена автокоррекция нуля, цифровой фильтр с повторным усреднением 10 отсчетов, четырехпроводная схема. Без учета погрешности термометра сопротивления.
6. При использовании внутреннего буфера.

Рабочее быстродействие

Быстродействие переключения измерительных функций ¹

Типовые значения задержки инициализации измерений после переключения измерительной функции:

Переключение:		Предел измерения	Время
с функции	на функцию		
Любая функция, кроме измерения сопротивления в 4-проводной схеме и измерения температуры Измерение сопротивления в 4-пров. схеме и температуры	DCV	Любой	4,6 ms
		Любой	7,6 ms
Любая функция	ACV	Любой	574 ms
ACV, DCV, измер. сопротивл. 2-пров. схеме, измер. частоты Измерение сопротивления в 4-пров. схеме и температуры ACI	DCI	Любой	7,1 ms
		Любой	10 ms
		Любой	22 ms
Любая функция	ACI	Любой	523 ms
Любая функция, кроме измерения сопротивления в 4-проводной схеме и измерения температуры	Измер. сопротивления в 2-проводной схеме	20 Ω ? 2 kΩ	4,7 ms
		20 kΩ	15 ms
		200 kΩ	27 ms
		2 MΩ	103 ms
		20 MΩ	153 ms
		200 MΩ, 1 GΩ	253 ms
Измерение сопротивления в 4-проводной схеме и измерение температуры	Измер. сопротивления в 2-проводной схеме	20 Ω ? 2 kΩ	7,7 ms
		20 kΩ	18 ms
		200 kΩ	30 ms
		2 MΩ	105 ms
		20 MΩ	157 ms
		200 MΩ, 1 GΩ	256 ms
Любая функция	Измер. сопротивления в 4-проводной схеме	20 Ω ? 2 kΩ	7,7 ms
		20 kΩ	18 ms
		200 kΩ	30 ms
		2 MΩ	105 ms
Любая функция, кроме ACV, ACI ACV, ACI	Измерение частоты ⁵	Любой	60 ms
		Любой	573 ms
Любая функция	Измер. температуры	Любой	7,6 ms

Быстродействие запуска (внешний запуск или Trigger Link)

	Автокоррекция нуля ON	Автокоррекция нуля OFF
Задержка запуска	тип. 1,2 ms	< 2 μs
Джиттер запуска		± 0,5 μs

Быстродействие передачи форматированных данных по шине GPIB ²

Формат	Только отсчеты		Отсчеты с временными метками	
	Время	Отсчеты/сек.	Время	Отсчеты/сек.
DREAL (реальная двойная точность)	0,51 ms	1961	3,1 ms	323
SREAL (реальная одинарная точность)	0,38 ms	2632	3,3 ms	303
ASCII	6,2 ms	161	10,2 ms	98

Быстродействие переключения пределов измерения ¹

Типовые значения задержки инициализации измерений после переключения предела измерения:

Функция	Переключение:		Время
	с предела	на предел	
DCV	Любой	Любой	5,2 ms
ACV	Любой	Любой	559 ms
DCI	Любой	Любой	7,6 ms
ACI	Любой	Любой	503 ms
Измерение сопротивления в 2-проводной схеме	Любой	20 Ω ? 2 kΩ	5,2 ms
	Любой	20 kΩ	15 ms
	Любой	200 kΩ	27 ms
	Любой	2 MΩ	103 ms
	Любой	20 MΩ	153 ms
	Любой	2000 MΩ, 1 GΩ	253 ms
Измерение сопротивления в 4-проводной схеме	Любой	20 Ω ? 2 kΩ	5,2 ms
	Любой	20 kΩ	15 ms
	Любой	200 kΩ	27 ms
	Любой	2 MΩ	103 ms

Быстродействие сканирования для отдельных измерительных функций ³ (внутренний сканер)

Тип сканирования	Отношение или разность ⁴ (2 канала)		Быстрое сканирование (полупроводниковая коммутация)		Обычное сканирование	
	Время на канал	Скорость, каналов/сек.	Время на канал	Скорость, каналов/сек.	Время на канал	Скорость, каналов/сек.
Измерительная функция						
DCV (20 V)	8,2 ms	122	8,2 ms	122	14 ms	71
Измерение сопротивления в 2-проводной схеме (2 kΩ)	8,5 ms	118	6,3 ms	159	11,4 ms	88
Измерение сопротивления в 4-проводной схеме (2 kΩ)	18,8 ms	53			14,4 ms	69
ACV			501 ms	2	506 ms	2
Измерение частоты			559 ms	1,8	564 ms	1,8
Измерение температуры с термопарами			12,8 ms	78	17,2 ms	58
Измерение температуры с 2-проводн. терм. сопротивлением					43 ms	23

Примечания к характеристикам рабочего быстродействия

1. При следующих условиях: дисплей выключен, время интегрирования 0,01 PLC, автоматический выбор предела измерения отключен, цифровой фильтр отключен, автокоррекция нуля включена, компенсация смещения выключена. Включение дисплея может изменить время на 3% в худшем случае. Во избежание этого следует нажать клавишу ENTER, чтобы заблокировать дисплей (зафиксировать индикацию) с передней панели.
2. Используется компьютер 386/33, среднее время для 1000 отсчетов, с перестановкой порядка байтов, дисплей выключен.
3. Для следующих условий: отсчеты без перегрузки, задержка запуска отсутствует, дисплей выключен, время интегрирования 0,01 PLC, автоматический выбор предела измерения отключен, цифровой фильтр отключен, компенсация смещения выключена, автокоррекция нуля выключена.
4. Функции измерения отношения и разности сигналов в каналах выводят одно значение для каждой пары измерений.
5. На основе входной частоты 100 kHz.

Параметры задержки и таймера

Временные метки

Разрешение: 1 μ s.

Погрешность: $\pm 0,01\%$ от интервала времени $\pm 1 \mu$ s.

Максимальный интервал: 2 100 000,000000 секунд (24 суток и 7 часов).

Время задержки (от фронта запускающего импульса до инициирования отсчета)

Максимальное значение: 999 999,999 секунд (11 суток и 14 часов).

Разрешение: 1 ms.

Джиттер: ± 1 ms.

Таймер (от инициирования отсчета до инициирования отсчета)

Максимальное значение: 999 999,999 секунд (11 суток и 14 часов).

Разрешение: 1 ms.

Джиттер: ± 1 ms.

Максимальные значения уровня входных сигналов

	Максимальный входной сигнал ¹	Время восстановления после перегрузки
Между HI и LO	± 1100 V (пик.)	< 900 ms
Между HI SENSE и LO	± 350 V (пик.), 250 V с.к.з.	< 900 ms
Между LO SENSE и LO	± 150 V (пик.), 100 V с.к.з.	< 900 ms
Между входом I и LO	2 A, ± 250 V (с предохранителем)	–
Между HI и землей	± 1600 V	< 900 ms
Между LO и землей	± 500 V	

1. Для сигналов между другими входами эти данные суммируются алгебраически.

Реализация шины IEEE-488

Реализация: IEEE-488.2, SCPI-1991.0.

Многострочные команды: DCL, LLO, SDC, GET, GTL, UNT, UNL, SPE, SPD.

Однострочные команды: IFC, REN, EOI, SRQ, ATN.

Команды интерфейса: SH1, AH1, T5, TE0, L4, LE0, SR1, RL1, PP0, DC1, DT1, C0, E1.

Цифровой вход-выход

Тип соединителя: Восемиконтактный субминиатюрный разъем типа D.

Вход: Один контакт, TTL-совместимый.

Выходы: Четыре контакта. Открытый коллектор, максимальное питающее напряжение 30 V, максимальный выходной ток 100 mA, выходной импеданс 10 Ω .

Управление: Прямое управление с выхода или установка через контроль предельных значений в реальном масштабе времени.

Общие технические данные и соответствие стандартам

Электропитание

Напряжение: 90 В ? 134 В и 180 В ? 250 В с автоматическим переключением.

Частота сети: 50 Hz, 60 Hz или 400 Hz с автоматическим определением.

Потребляемая мощность: < 55 VA.

Условия эксплуатации

Рабочая температура: 0°C ? 50°C.

Температура при хранении: -40°C ? 70°C.

Относительная влажность воздуха: 80%, 0°C ? 35°C, согласно MIL-T-28800E¹, пункт 4.5.5.1.2.

Калибровка

Тип: Программный. Ручная подстройка не требуется.

Источники: Два источника постоянного напряжения, 6 сопротивлений и 5 источников постоянного тока. Все прочие измерительные функции калибруются от этих источников и короткозамкнутой цепи. Для подстройки не требуется калибратор переменного напряжения.

Средняя продолжительность калибровки: 40 минут при полной калибровке, 6 минут при калибровке только по переменному току.

Массогабаритные характеристики

Размеры корпуса: Высота 90 мм x ширина 214 мм x глубина 369 мм.

Габаритный размер: 381 мм от передней до задней панели, включая сетевой шнур и соединитель IEEE-488.

Масса нетто: < 4,2 кг.

Масса в упаковке: < 9,1 кг.

Стандарты

Электромагнитная совместимость: Соответствует требованиям VDE 0871B (в редакции 1046/1984), IEC 801-2. Соответствует требованиям FCC, Часть 15, класс B, CISPR-22 (EN55022).

Безопасность: Соответствует требованиям IEC348, CAN/CSA-C22.2. № 231, MIL-T-28800E¹. Сконструирован согласно нормативам UL1244.

Процесс: MIL-STD 45662A.

Примечание 1: MIL-T-28800E относится к типу III, класс 5, стиль E.

Прилагаемые принадлежности

В комплект поставки прибора входит сетевой шнур, высококачественные модульные измерительные провода, Руководство по эксплуатации, крышка установочного гнезда и полные калибровочные данные.

Опции расширенной и энергонезависимой памяти

Тип	Размер	Хранение данных			Хранение наборов параметров	
		4 1/2 разр.	6 1/2 разр. с временными метками	Тип	Количество	Тип
2001	8 кбайт	2027	404	энергонезависимая	1	энергонезависимая
2001/MEM1	32 кбайт	6909	1381	энергонезависимая	5	энергонезависимая
2001/MEM2	128 кбайт	29908	5980	энергонезависимая	10	энергонезависимая

В таблице приведены минимальные ожидаемые значения размера памяти.

Технические характеристики могут быть изменены без уведомления.

Приложение В Установки мультиметра типа 2001 "по умолчанию"

Примечание: Командой *SAV можно сохранить все команды, на которые оказывают воздействие команды *RST и :SYSTem:PRESet.

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Общие команды IEEE 488.2		
Все команды	[не влияет]	[не влияет]
Сигнально-ориентированные команды SCPI		
:CONFigure	"VOLT:DC"	"VOLT:DC"
Подсистема Calculate 1		
:CALCulate 1		
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:FORMat	PERCent	PERCent
:MMFactor	1.0	1.0
:MBFactor	0.0	0.0
:PERCent	1.0	1.0
Подсистема Calculate 2		
:CALCulate 2		
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:FORMat	NONE	NONE
Подсистема Calculate 3		
:CALCulate 3		
:LIM1		
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:UPPer		
:DATA	1.0	1.0
:SOURce	0	0
:LOWer		
:DATA	-1.0	-1.0
:SOURce	0	0
:CLEar		
:AUTO	1 (ON)	1 (ON)
:LIM2		
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:UPPer		
:DATA	1.0	1.0
:SOURce	0	0
:LOWer		
:DATA	-1.0	-1.0
:SOURce	0	0
:CLEar		
:AUTO	1 (ON)	1 (ON)
:BSTRobe		
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:PASS		
:SOURce	0	0

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Подсистема калибровки		
Все команды	[не влияет]	[не влияет]
Подсистема дисплея		
:DISPlay		
:SMESsage	0 (OFF)	0 (OFF)
:WINDow1		
:TEXT		
:STATe	[не влияет]	[не влияет]
:DATA	[не влияет]	[не влияет]
:WINDow2		
:TEXT		
:STATe	[не влияет]	[не влияет]
:DATA	[не влияет]	[не влияет]
:ENABle	[не влияет]	[не влияет]
Подсистема формата		
:FORMat		
:DATA	ASCII	ASCII
:BORDer	SWAPped	SWAPped
:ELEMents	READing	все
Подсистема вывода		
Все команды	[не влияет]	[не влияет]
Подсистема Route		
:ROUte		
:CLOSe	[не влияет]	[не влияет]
:OPEN	[не влияет]	[не влияет]
:SCAN		
:INTernal	пусто	пусто
:FUNCTion	все "VOLT:DC"	все "VOLT:DC"
:EXTernal	пусто	пусто
:FUNCTion	все "VOLT:DC"	все "VOLT:DC"
:RATio		
:RCHannel	5	5
:MCHannel	10	10
:FUNCTion	"VOLT:DC"	"VOLT:DC"
:DELTA		
:RCHannel	5	5
:MCHannel	10	10
:FUNCTion	"VOLT:DC"	"VOLT:DC"
:LSElect	NONE	NONE
Команды Sense		
:SENSe1		
:FUNCTion	"VOLT:DC"	"VOLT:DC"

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Команды измерения переменного тока		
:SENSe1 :CURRent :AC :APERture :AUTO :NPLCycles :AUTO :COUPling :RANGe :UPPer :AUTO :ULIMit :LLIMit :REFerence :STATe :DIGits :AUTO :AVERage :STATe :AUTO :COUNt :TCONtrol :ADVanced :STATe :NTOLerance :DETector :FUNCTion	1/LineFreq 0 (OFF) 1 0 (OFF) AC 2.1 1 (ON) 2.1 2.0E-4 0.0 0 (OFF) 6 1 (ON) 0 (OFF) 0 (OFF) 10 REPeat 1 (ON) 5 RMS	1/LineFreq 0 (OFF) 1 0 (OFF) AC 2.1 1 (ON) 2.1 2.0E-4 0.0 0 (OFF) 6 1 (ON) 0 (OFF) 1 (ON) 10 MOVing 1 (ON) 5 RMS
Команды измерения постоянного тока		
:SENSe1 :CURRent :DC :APERture :AUTO :NPLCycles :AUTO :RANGe :UPPer :AUTO :ULIMit :LLIMit :REFerence :STATe :DIGits :AUTO	1/LineFreq 0 (OFF) 1 0 (OFF) 2.1 1 (ON) 2.1 2.0E-4 0.0 0 (OFF) 7 1 (ON)	1/LineFreq 0 (OFF) 1 0 (OFF) 2.1 1 (ON) 2.1 2.0E-4 0.0 0 (OFF) 7 1 (ON)

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Команды измерения постоянного тока (продолжение)		
:SENSe1 :CURRent :DC :AVERage :STATe :AUTO :COUNT :TCONtrol :ADVanced :STATe :NTOLerance :METHod	 0 (OFF) 0 (OFF) 10 REPeat 1 (ON) 1 NORMal	 0 (OFF) 1 (ON) 10 MOVing 1 (ON) 1 NORMal
Команды измерения переменного напряжения		
:SENSe1 :VOLTage :AC :APERture :AUTO :NPLCycles :AUTO :COUPling :RANGe :UPPer :AUTO :ULIMit :LLIMit :REFerence :STATe :REFerence? :DIGits :AUTO :AVERage :STATe :AUTO :COUNT :TCONtrol :ADVanced :STATe :NTOLerance :DETEctor :FUNCTion	 1/LineFreq 0 (OFF) 1 0 (OFF) AC 775 1 (ON) 775 .2 0.0 0 (OFF) 6 1 (ON) 0 (OFF) 0 (OFF) 10 REPeat 1 (ON) 5 RMS 0.1	 1/LineFreq 0 (OFF) 1 0 (OFF) AC 775 1 (ON) 775 .2 0.0 0 (OFF) 6 1 (ON) 0 (OFF) 1 (ON) 10 MOVing 1 (ON) 5 RMS 0.1

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Команды измерения постоянного напряжения		
:SENSe1		
:VOLTage		
:DC		
:APERture	1/LineFreq	1/LineFreq
:NPLCycles	1	1
:AUTO	0 (OFF)	0 (OFF)
:RANGe		
:UPPer	1100	1100
:AUTO	1 (ON)	1 (ON)
:ULIMit	1100	1100
:LLIMit	.2	.2
:REFerence	0.0	0.0
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:DIGits	7	7
:AUTO	1 (ON)	1 (ON)
:AVERage		
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:AUTO	0 (OFF)	1 (ON)
:COUNT	10	10
:TCONtrol	REPeat	MOVing
:ADVanced		
:STATe	1 (ON)	1 (ON)
:NTOLerance	1	1
Команды измерения частоты		
:SENSe1		
:FREQUency		
:COUPling	AC	AC
:REFerence	0.0	0.0
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:DIGits	5	5
:THReshold		
:VOLTage		
:LEVel	0	0
:RANGe	10	10
:CURRent		
:LEVel	0	0
:RANGe	1.0E-3	1.0E-3
:SOURce	VOLTage	VOLTage
Команды измерения сопротивления в двухпроводной схеме		
:SENSe1		
:RESistance		
:APERture	1/LineFreq	1/LineFreq
:AUTO	0 (OFF)	0 (OFF)
:NPLCycles	1	1
:AUTO	0 (OFF)	0 (OFF)

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Команды измерения сопротивления в двухпроводной схеме (продолжение)		
<i>:SENSe1</i>		
<i>:RESistance</i>		
<i>:RANGe</i>		
<i>:UPPer</i>	1.1E+9	1.1E+9
<i>:AUTo</i>	1 (ON)	1 (ON)
<i>:ULIMit</i>	1.1E+9	1.1E+9
<i>:LLIMit</i>	20	20
<i>:REFerence</i>	0.0	0.0
<i>:STATe</i>	0 (OFF)	0 (OFF)
<i>:DIGits</i>	7	7
<i>:AUTo</i>	1 (ON)	1 (ON)
<i>:OCOMpensated</i>	0 (OFF)	0 (OFF)
<i>:AVERage</i>		
<i>:STATe</i>	0 (OFF)	1 (ON)
<i>:AUTo</i>	0 (OFF)	1 (ON)
<i>:COUNt</i>	10	10
<i>:TCONtrol</i>	REPeat	MOVing
<i>:ADVanced</i>		
<i>:STATe</i>	1 (ON)	1 (ON)
<i>:NTOLerance</i>	1	1
Команды измерения сопротивления в четырехпроводной схеме		
<i>:SENSe1</i>		
<i>:FRESistance</i>		
<i>:APERture</i>	1/LineFreq	1/LineFreq
<i>:AUTo</i>	0 (OFF)	0 (OFF)
<i>:NPLCycles</i>	1	1
<i>:AUTo</i>	0 (OFF)	0 (OFF)
<i>:RANGe</i>		
<i>:UPPer</i>	2.1E+5	2.1E+5
<i>:AUTo</i>	1 (ON)	1 (ON)
<i>:ULIMit</i>	2.1E+5	2.1E+5
<i>:LLIMit</i>	20	20
<i>:REFerence</i>	0.0	0.0
<i>:STATe</i>	0 (OFF)	0 (OFF)
<i>:DIGits</i>	7	7
<i>:AUTo</i>	1 (ON)	1 (ON)
<i>:OCOMpensated</i>	0 (OFF)	0 (OFF)
<i>:AVERage</i>		
<i>:STATe</i>	0 (OFF)	1 (ON)
<i>:AUTo</i>	0 (OFF)	1 (ON)
<i>:COUNt</i>	10	10
<i>:TCONtrol</i>	REPeat	MOVing
<i>:ADVanced</i>		
<i>:STATe</i>	1 (ON)	1 (ON)
<i>:NTOLerance</i>	1	1

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Команды измерения температуры		
:SENSe1		
:TEMPerature		
:APERture	1/LineFreq	1/LineFreq
:AUTO	0 (OFF)	0 (OFF)
:NPLCycles	1	1
:AUTO	0 (OFF)	0 (OFF)
:REFERence	0.0	0.0
:STATe	0 (OFF)	0 (OFF)
:DIGits	6	6
:AUTO	1 (ON)	1 (ON)
:AVERage		
:STATe	0 (OFF)	1 (ON)
:AUTO	0 (OFF)	1 (ON)
:COUNT	10	10
:TCONtrol	REPeat	MOVing
:RJUNction1		
:RSElect	SIMulated	SIMulated
:SIMulated	23 (°C)	23 (°C)
:REAL		
:TCoefficient	0.01	0.01
:OFFSet	0.01	0.01
:RJUNction2		
:RSElect	SIMulated	SIMulated
:SIMulated	23 (°C)	23 (°C)
:REAL		
:TCoefficient	0.01	0.01
:OFFSet	0.01	0.01
:RJUNction3		
:RSElect	SIMulated	SIMulated
:SIMulated	23 (°C)	23 (°C)
:REAL		
:TCoefficient	0.01	0.01
:OFFSet	0.01	0.01
:RJUNction4		
:RSElect	SIMulated	SIMulated
:SIMulated	23 (°C)	23 (°C)
:REAL		
:TCoefficient	0.01	0.01
:OFFSet	0.01	0.01
:RJUNction5		
:RSElect	SIMulated	SIMulated
:SIMulated	23 (°C)	23 (°C)
:REAL		
:TCoefficient	0.01	0.01
:OFFSet	0.01	0.01

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Команды измерения температуры (продолжение)		
:SENSe1 :TEMPerature :TRANsducer :RTD :TYPE :ALPHA :BETA :DELTA :RZERO :TCouple	FRTD PT385 0.00385 0.111 1.507 100.0 J	FRTD PT385 0.00385 0.111 1.507 100.0 J
Подсистема Source		
Все команды	[не влияет]	[не влияет]
Подсистема System		
:SYSTem :KEY :AZERo :STATe :TYPE :LSYNc :STATe :POSetup :AMETHod :FETCh :FORMat	[не влияет] 1 (ON) NORMal 0 (OFF) [не влияет] NORMal [не влияет]	[не влияет] 1 (ON) NORMal 0 (OFF) [не влияет] NORMal [не влияет]
Подсистема запуска		
:INITiate :CONTInuous :ARM:SEQUence1 :LAYer1 :COUNt :SOURce :TCONfigure :DIRection :ASYNchronous :ILINe :OLINe :LAYer2 :COUNt :DELay :SOURce :TIMer :TCONfigure :DIRection :ASYNchronous :ILINe :OLINe	0 (OFF) 1 IMMEDIATE ACCEptor 2 1 1 0 IMMEDIATE 0.1 ACCEptor 2 1	1 (ON) 1 IMMEDIATE ACCEptor 2 1 INF 0 IMMEDIATE 0.1 ACCEptor 2 1

Команда	*RST	:SYSTem:PRESet
Подсистема запуска (продолжение)		
:TRIGger		
:SEQuence1		
:COUNt	1	INF
:DELay	0	0
:SOURce	IMMEDIATE	IMMEDIATE
:TIMer	0.1	0.1
:TCONfigure		
:PROTcol	ASYNchronous	ASYNchronous
:DIRection	ACCeptor	ACCeptor
:ASYNchronous		
:ILINe	2	2
:OLINe	1	1
:SSYNchronous		
:LINE	1	1
Подсистема Status		
Все команды	[не влияет]	[не влияет]
Подсистема Trace		
Все команды	[не влияет]	[не влияет]
Команды установки единиц измерения		
:UNIT		
:TEMPerature	C	C
:VOLTage		
:AC	V	V
:DB		
:REFerence	1	1
:DBM		
:IMPedance	75	75