

**НАНОВОЛЬТМЕТР ЦИФРОВОЙ  
2182**

*Руководство по эксплуатации  
К 2182-2003 РЭ*

**KEITHLEY**

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

## ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Keithley Instruments, Inc. гарантирует отсутствие дефектов в материалах данного прибора и работоспособности в течение 3 лет со дня покупки.

Keithley Instruments, Inc. дает гарантию на 90 дней со дня приобретения на следующие предметы: пробники, кабели, перезаряжаемые батареи, дискеты и документация.

В течение гарантийного периода мы обязуемся, по нашему выбору, отремонтировать или заменить любое изделие, в котором обнаружатся дефекты.

Чтобы получить эту гарантию, напишите или позвоните вашему местному представителю Keithley или свяжитесь с головным офисом Keithley в Кливленде, Огайо. Вы быстро получите помощь и инструкции. Пошлите прибор с предоплатой за транспортировку в указанное место сервисного обслуживания. Ремонт будет выполнен, и прибор вернут с транспортной предоплатой. Отремонтированные или замененные приборы гарантируются в счет первоначального гарантийного периода или, по меньшей мере, 90 дней.

### ОГРАНИЧЕНИЕ ГАРАНТИИ

Данная гарантия не распространяется на дефекты, полученные в результате модификации прибора без письменного согласия Keithley, или от неправильного использования прибора или любой его части. Гарантия не применима также к плавким предохранителям, программным продуктам, непerezаряжаемым батареям, ущербу от утечки батареи, или проблемам, возникшим от нормального износа или поломкам из-за несоблюдения инструкций.

ДАННАЯ ГАРАНТИЯ ДЕЙСТВУЕТ ВМЕСТО ВСЕХ ДРУГИХ ГАРАНТИЙ, ЗАЯВЛЕННЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, ВКЛЮЧАЯ ЛЮБУЮ ТОРГОВУЮ ГАРАНТИЮ ИЛИ ПРИГОДНУЮ ДЛЯ СПЕЦИФИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. МЕРЫ, ОБЕЩАННЫЕ ПРИ ЭТОМ, ЯВЛЯЮТСЯ ДЕЛОМ ПОКУПАТЕЛЯ ИЛИ ЭКСКЛЮЗИВНЫМИ МЕРАМИ.

НИ KEITHLEY INSTRUMENTS, INC., НИ ЛЮБОЙ ИЗ ЕЕ СЛУЖАЩИХ НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ЛЮБЫЕ ПРЯМЫЕ, КОСВЕННЫЕ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ, СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ ЛОГИЧЕСКИ ВЫТЕКАЮЩИЕ УБЫТКИ, ВОЗНИКШИЕ НЕ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ ИНСТРУМЕНТОВ И ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА, ДАЖЕ ЕСЛИ KEITHLEY INSTRUMENTS INC. ЗАРАНЕЕ СООБЩАЛА О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА. ЭТИ УБЫТКИ ВКЛЮЧАЮТ В СЕБЯ, НО НЕ ОГРАНИЧИВАЯСЬ ТОЛЬКО ЭТИМ: РАСХОДЫ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ И УСТАНОВКЕ, УБЫТКИ, СВЯЗАННЫЕ С НАНЕСЕНИЕМ ВРЕДА КАКОМУ-ЛИБО ЛИЦУ, ИЛИ УЩЕРБА ИМУЩЕСТВУ.

# Руководство по эксплуатации нановольтметра модели 2182

1998, Keithley Instrument, Inc.  
Все права сохранены.  
Кливленд, Огайо, США  
Третье издание, ноябрь 1998  
Номер документа 2182-900-01 Ревизия С

### Список изданий руководства по эксплуатации

Историческая печатная справка, приведенная ниже, перечисляет даты издания всех ревизий и дополнений, созданных для этого руководства. Буквенное обозначение ревизии (пересмотра) растет в алфавитном порядке по мере последующих модернизаций руководства. Дополнения, которые реализуются между ревизиями, содержат значительные изменения информации, которые пользователь должен немедленно включить в руководство. Дополнения нумеруются последовательно. Когда создается новое издание руководства, все дополнения, связанные с предыдущим изданием, включаются в новое издание. Каждое новое издание включает пересмотренную копию данной страницы.

Ревизия А .....	Февраль 1998
Ревизия В .....	Июнь 1998
Ревизия С .....	Ноябрь 1998

Названия всех изделий Keithley являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками компании Keithley Instruments, Inc.

Названия других фабричных изделий являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками их соответствующих держателей.

## KEITHLEY      Меры Безопасности

Следующие меры безопасности должны быть соблюдены перед использованием данного изделия и связанных с ним инструментов. Хотя некоторые инструменты и принадлежности обычно должны использоваться с не опасным для жизни электрическим напряжением, имеют место ситуации, когда присутствуют условия опасности.

Данное изделие предназначено для использования квалифицированным персоналом, который понимает опасность поражения и знаком с мерами безопасности, необходимыми для избежания возможного ущерба здоровью. Прочитать и тщательно соблюдать всю установочную, оперативную и обслуживающую информацию перед использованием изделия. Обращаться к инструкциям для ознакомления с полной спецификацией изделия.

Если изделие используется не в соответствии с Руководством, защита, обеспечиваемая изделием, может быть ухудшена.

Пользователями изделия являются:

**Ответственное лицо** – это индивидуальный или групповой ответственный за использование и обслуживание оборудования, за то, чтобы оборудование работало в своих операционных и спецификационных границах, за адекватное обучение операторов.

**Операторы** используют изделие по его функциональному назначению. Они должны быть обучены правилам электробезопасности и надлежащему использованию прибора. Они должны быть защищены от поражения электротоком и от контактов с опасными для жизни цепями.

**Эксплуатационный персонал** исполняет рутинные процедуры с прибором, чтобы поддерживать его в работоспособном состоянии, например, установку напряжения питания или замену расходуемых материалов. Эксплуатационные процедуры описаны в Руководстве. Процедуры четко установлены, если оператор может выполнять их. Иначе они должны будут выполняться только сервисным персоналом.

**Сервисный персонал** обучается работать с опасными для жизни электроцепями и осуществляет безопасную установку и ремонт приборов. Только правильно обученный сервисный персонал может выполнять операции по установке и сервисному обслуживанию. Изделия Keithley предназначены для использования с электрическими сигналами, что классифицируется как Установка Категории 1 и Установка Категории 11 в соответствии со Стандартом Международной Электротехнической Комиссии МЭК 60664. Большинство измеряемых, контрольных и сигналов входных/выходных данных являются установками Категории I и не должны быть непосредственно соединены с сетевым напряжением или с напряжением источников с высоким переходным перенапряжением. Электрические соединения Установок Категорий II требуют защиты от высоких переходных перенапряжений, часто связанных с локальными сетевыми соединениями. Считаем, что все измерительные, контрольные и соединения входных/выходных данных являются соединениями по I Категории источников, если иное не отмечено или описано в Руководстве.

Соблюдать исключительную предосторожность, когда имеется опасность поражения током. Смертельное напряжение может присутствовать на гнездах кабельных соединений или испытательных зажимах. Американский Национальный Институт Стандартов установил, что опасность поражения существует, когда имеются в наличии уровни напряжения большие чем 30 В эфф., 42,4 В амплитудных, или 60 В постоянного тока. Хорошая практика безопасности – ожидать присутствия опасных напряжений в любой неизвестной цепи перед измерениями.

Операторы данного изделия должны быть защищены от электрического поражения в любое время. Ответственное лицо должно обеспечить, чтобы операторы были защищены от доступа и/или изолированы от каждой точки электрического соединения. В некоторых случаях соединения должны быть оголены для возможных контактов человека. Операто

ры изделия в этих обстоятельствах должны быть обучены защищать себя сами от риска электрического поражения. Если цепь работает при напряжении, равном или выше 1000 В, никакая проводящая часть цепи не должна быть доступна.

Не соединять переключаемые модули напрямую с не ограниченными по мощности цепями. Они предназначены для использования с источниками с ограниченным импедансом. НИКОГДА не соединять переключаемые модули или платы напрямую с сетевым питанием. При соединении источников питания с переключаемыми модулями устанавливать защитные устройства, чтобы ограничить ток и падение напряжения на модуле (плате).

Перед эксплуатацией прибора убедитесь, чтобы сетевой шнур был правильно подсоединен к заземленной сетевой розетке. Проверьте соединительные кабели, измерительные провода и перемычки на предмет возможного износа, трещин, переломов перед каждым использованием прибора.

При установке оборудования, когда доступ к шнуру питания ограничен, например, при монтаже в стойке, должен быть обеспечен резервный выключатель сети в непосредственной близости оборудования и в пределах легкой досягаемости оператора.

Для обеспечения максимальной безопасности не прикасайтесь к прибору, к испытательным кабелям и любым другим инструментам, когда подана мощность на испытываемую цепь. ВСЕГДА снимайте питание со всей испытательной системы и разряжайте все конденсаторы перед: соединением и разъединением кабелей или перемычек, установкой или удалением переключаемых плат, или производством внутренних изменений, таких как установка или удаление перемычек.

Не прикасаться к любому объекту, который может обеспечить путь для тока с общей точкой испытательной цепи или земляного конца цепи питания. Всегда проводите измерения сухими руками, находясь на сухой изолированной поверхности, способной выдерживать измеряемые напряжения.

Прибор и принадлежности должны использоваться в соответствии с их техническими характеристиками и инструкциями по эксплуатации, иначе безопасность оборудования может быть нарушена.

Не превышать максимальных уровней сигнала приборов и принадлежностей, определенных в спецификациях и инструкциях по эксплуатации, и как указано на панелях приборов или переключаемых плат.

Если в приборе используются плавкие предохранители, заменять их тем же типом и номиналом для постоянной защиты от пожароопасности.

Соединения с шасси должны использоваться только как экранирующие соединения для измерительных цепей, НО НЕ как защитные заземления.

При использовании испытательных зажимов защитные крышки держать закрытыми во время подачи мощности на испытываемый прибор. Меры безопасности требуют использования блокировки крышек.

Если присутствует болт заземления, подсоединять его к защитному заземлению, используя провод, рекомендованный документацией пользователя.

Символ указывает, что пользователь должен обращаться к инструкциям по эксплуатации, приведенным в Руководстве.



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.



Под заголовком WARNING в Руководстве объясняются опасности, которые могут привести к телесным повреждениям или смерти людей. Всегда очень внимательно читайте соответствующую информацию перед проведением указанной процедуры.

Под заголовком CAUTION в Руководстве объясняются опасности, которые могут привести к повреждению прибора. Такое повреждение может сделать гарантию недействительной.

Не допускается подсоединение контрольно-измерительной аппаратуры и принадлежностей к человеку.

Перед проведением технического обслуживания отсоединить сетевой шнур и все испытательные кабели.

Чтобы обеспечить защиту от электрического удара и пожара, сменные компоненты в сетевых цепях, включая силовой трансформатор, испытательные провода и входные гнезда, должны приобретаться в Keithley Instruments. Можно использовать стандартные плавкие предохранители с приложенными национальными сертификатами безопасности, если они тех же типов и номиналов. Другие компоненты, не связанные с безопасностью, можно приобретать у других поставщиков, если они являются равноценными заменителями оригинальных компонентов. (Следует отметить, чтобы обеспечить точность и работоспособность изделия, основные запчасти необходимо приобретать только в Keithley Instruments). Если Вы сомневаетесь в пригодности сменного компонента, обратитесь за информацией в офис Keithley Instruments.

Для чистки прибора используйте мягкую ткань или слабый очиститель на основе воды. Чистить только внешнюю поверхность прибора. Не допускайте попадания или пролития очистителя на прибор. Изделия, содержащие печатные платы без кожухов или шасси (например, плата сбора данных для установки в компьютер), никогда не требуют чистки, если они эксплуатируются в соответствии с инструкциями. В случае загрязнения платы, влияющего на ее работу, плату необходимо вернуть на завод для надлежащей чистки/обслуживания.



# Содержание

<b>1 Подготовка к работе</b>	стр.
Общая информация.....	18
Информация о гарантии.....	18
Контактная информация.....	18
Символы и термины мер безопасности.....	18
Осмотр.....	18.
Опции и Аксессуары.....	19
Технические возможности нановольтметра.....	22
Ознакомление с лицевой и задней панелями.....	23
Краткое описание лицевой панели.....	23
Краткое описание задней панели.....	27
Чистка входных коннекторов.....	28
Включение питания.....	28
Подсоединение сетевого питания.....	28
Установка сетевого напряжения и замена плавкого предохранителя.....	31
Последовательность включения питания.....	32
Частота сетевого питания.....	32.
Дисплей.....	32
Сообщения о состоянии прибора и ошибках.....	33
Стандартные настройки.....	33
<b>2 Измерения напряжения и температуры</b>	
Общее представление об измерении.....	38
Измерения напряжений .....	38
Измерения температуры.....	38
Рассмотрение рабочих характеристик .....	40
Прогрев .....	40
ACAL (калибровка).....	40
Автоматическая установка нуля.....	41
LSYNC (синхронизация по колебаниям сетевого питания) .....	42
Ток утечки (режим инъекции малого заряда).....	43
SCPI – программирование – ACAL, Автоматическая установка нуля, LSYNC и ..	
Инъекция малого заряда.....	44
Соединения.....	45
Методы соединений.....	45
Соединения только при измерении напряжения .....	47
Соединения только для измерения температуры.....	48
Соединения для измерений напряжения и температуры.....	49
Чистка коннекторов испытательной цепи.....	50
Конфигурирование температурных измерений.....	50
Измерение напряжения и температуры.....	51
SCPI – программирование – Измерения напряжения и температуры.....	53
Рассмотрения низкоуровневого режима измерений.....	53

Термоэдс.....	54
Помехи.....	54
Прикладные задачи .....	55
Измерения малых сопротивлений.....	55
Сличения нормальных элементов.....	57
Сличения термостатированной меры напряжения на стабилитронах Зенера и Цепочки джозефсоновских переходов.....	58
<b>3 Диапазоны, Разряды, Скорости измерений и фильтры</b>	
Диапазоны.....	62
Максимальные показания.....	62
Ручная установка диапазонов.....	62
Автоматическая установка диапазонов.....	62
SCPI – программирование – Диапазоны.....	63
Разряды.....	63
SCPI – программирование – Разряды.....	64
Скорость измерения.....	64
SCPI – программирование – Скорость измерения.....	66
Фильтры	
Аналоговый фильтр.....	66
Цифровой фильтр.....	67
SCPI – программирование — Фильтры.....	71
<b>4 Относительные измерения, математические операции mX+b и Процент (%)</b>	
Режим относительных измерений.....	75
Клавиша REL.....	75
SCPI – программирование — Режим относительных измерений.....	76
mX+b и Процент (%).....	77
mx+b .....	77
Проценты (%).....	79
SCPI – программирование — mX+b и Проценты (%).....	80
<b>5 Измерения отношения и дельта - измерения</b>	
Режим измерения отношений.....	83
Базовая процедура.....	83
Рассмотрения фильтров, относительных измерений и диапазонов.....	85
Дельта – измерения.....	87
Выбор дельта режима.....	89
Процедура дельта-измерений с использования Источника/Измерителя.....	90
Рассмотрение фильтров.....	95
SCPI – программирование — режим измерения отношений и дельта-измерения...	96

Прикладные задачи.....	96
Испытания сверхпроводящих материалов.....	98
<b>6 Буфер</b>	
Операции с буферной памятью.....	108
Запоминание.....	108
Вызов из памяти.....	108
Буферная статистика.....	109
SCPI – программирование — Буфер .....	110
<b>7 Система запуска</b>	
Модель запуска.....	114
Режим ожидания .....	114
Источник управления и регистрация событий.....	114
Задержка.....	116
Рабочие операции.....	117
Выходной сигнал запуска.....	118
Удержание показаний (авторегулировка).....	118
Пример режима удержания.....	118
Внешний запуск.....	119
Внешний запускающий сигнал.....	120
Выход вольтметра.....	121
Пример внешнего запуска.....	121
Внешний запуск с коннекторами типа BNC.....	124
SCPI – программирование — Запуск.....	125
Модель запуска (Дистанционная операция).....	125
Рабочие операции Модели запуска.....	127
Команды запуска.....	128
<b>8 Предельные операции</b>	
Предельные Операции .....	134
Установка предельных величин.....	135
Включение пределов.....	135
SCPI – программирование — Пределы.....	136
Прикладные задачи.....	137
Сортировка резисторов.....	137

## 9 Ступенчатые и сканирующие операции

Обзор ступенчатых/сканирующих операций.....	143
Внутренние ступенчатые и сканирующие операции (Каналы 1 и 2).....	143
Внешние ступенчатые и сканирующие операции .....	143
Модели запуска с лицевой панели .....	143
Внутренне сканирование.....	144
Другие ступенчатые/сканирующие операции .....	145
Управление ступенчатым/сканирующим процессом .....	147
Конфигурирование ступенчатых и сканирующих операций.....	147
Примеры ступенчатых/сканирующих операций.....	151
Внутреннее сканирование.....	151
Внутренние ступенчатые операции.....	152
Внешнее сканирование .....	152
SCPI – программирование — Ступенчатые и сканирующие операции .....	154
Прикладные задачи – Построение вольтамперных характеристик с использованием внутреннего сканирования.....	155
Сканирование для получения вольтамперных характеристик (измерение напряжения, развертка тока, постоянное магнитное поле или температура).....	155

## 10 Аналоговый выход

Обзор .....	161
Операции.....	163
Соединения аналогового выхода.....	163
Конфигурирование и управление аналоговым выходом.....	163
Относительная мода аналогового выхода.....	163
SCPI – программирование — Аналоговый выход.....	164

## 11.Интерфейсы

Выбор и конфигурирование интерфейса).....	167
Интерфейсы .....	167
Языки.....	167
Выбор интерфейса и процедура конфигурирования.....	168
Интерфейс RS-232.....	168
Работа GPIB и Справка.....	170
Стандарты шины GPIB.....	170
Соединение шины GPIB.....	170
Выбор первичного адреса.....	172
Посылка и прием данных.....	172
Скорость передачи данных, контроль потока и терминатор.....	173
Соединения RS-232.....	173

## А Спецификации (Технические характеристики)..... 177

## В Сообщения о состоянии аппаратуры и ошибках..... 183

## С Рассмотрения измерений

Рассмотрения измерений.....	190
Термоэлектрические потенциалы.....	190
Генерация термоэлектрических напряжений.....	190
Шум сопротивления источника.....	190
Магнитные поля.....	193
Радиочастотные помехи.....	194
Петли контура заземления.....	194
Экранирование .....	195
Нагрузка измерителя.....	196

## Список иллюстраций

### 1 Подготовка к работе

Лицевая панель нановольтметра Модели 2182.....	23
Задняя панель нановольтметра Модели 2182.....	27
Модуль питания.....	30

### 2 Измерения напряжения и температуры

Синхронизация по колебаниям сетевого напряжения.....	42
Входной кабель модели 2107.....	46
ЛЕМО - коннектор–Идентификация терминалов .....	46
Соединения – Одноканальные измерения напряжения.....	47
Соединения – Двухканальные измерения напряжения.....	48
Соединения – Измерение температуры (Внутренний опорный спай).....	48

Соединения – Измерение температуры (Моделированный опорный спай) ....	49
Соединения – Измерение напряжения и температуры (Внутренний опорный пай).49	49
Соединения – Напряжение и Температура (Моделированные опорные спаи)....	50
4-х проводный метод измерения малых сопротивлений.....	55
Измерения сопротивления контактов переключателей.....	56
Измерения сопротивления и температуры контактов переключателей.....	57
Измерения при сличениях нормальных элементов .....	58
Определение характеристик термостатированной меры напряжения.....	59

### 3 Диапазоны, Разряды, Скорости измерений и фильтры

Зависимость скорости измерения от величины шумов.....	65
Фильтры с перемещаемым усреднением и фильтры с повторяющимся усреднением..	69

### 5 Измерения отношения и дельта - измерения

Испытательная цепь с использованием источника постоянного тока.....	88
Дельта-измерения с использованием биполярного источника.....	89
Схема соединений для дельта – измерений.....	91
Диаграмма синхронизации запуска .....	95
Калибровка делителя 1:10 .....	97
Испытательная цепь – Фиксированный ток (Меняющееся магнитное поле)....	99
Кривая H-V (Фиксированный ток).....	99
Выходной сигнал Источника/Измерителя – 2-точечная обычная развертка.....	100
Кривая I-V (Фиксированное магнитное поле).....	101
Испытательная цепь — Фиксированное магнитное поле (Меняющийся ток)..	101
Выходной сигнал Источника/Измерителя – Обычная развертка по 30 точкам..	103
Соединения линий связи запуска с использованием двух Моделей 2182.....	105

### 6 Буфер

Ячейки буферной памяти.....	109
-----------------------------	-----

### 7 Система запуска

Модель запуска с лицевой панели (без ступенчатых операций/операции сканирования).....	114
Рабочие операции.....	117
Выходной штыревой разъем задней панели.....	120
Характеристики входного импульса запуска (EXT TRIG).....	121
Характеристики выходного импульса запуска (VMC).....	121
Испытательная система DUT .....	122
Соединения линий запуска.....	122
Операционная модель для примера запуска.....	123
Кабель запуска с переходом от коннектора BNC к коннектору DIN .....	125
Модель запуска (Дистанционные операции).....	126

### 8 Предельны операции

Настройки пределов.....	134
Установка для испытаний 10Ом- резисторов.....	137
Пределы для сортировки 10Ом -резисторов (1%, 5% и >5%).....	138

### 9 Ступенчатые и сканирующие операции

Запуск с лицевой панели (Внутреннее сканирование).....	145
Запуск с лицевой панели (Другие ступенчатые/сканирующие операции)...	146
Пример внешнего сканирования с использованием Модели 7001.....	152
Форма тока, программируемая на Модели 2400.....	156
Схема подсоединения Моделей 2182 и 2400.....	157

## 11. Интерфейсы

Коннектор IEEE-488.....	169
Соединения IEEE-488.....	170
Местоположение коннектора IEEE-488.....	170
Коннектор интерфейса RS-232.....	174

## С Рассмотрения измерений

Генерация термоэдс.....	190
Петли заземления сети питания.....	194
Исключение петли заземления.....	194
Пример экранирования.....	195
Нагрузка измерителя.....	196

## Список таблиц

### 1 Подготовка к работе

Номинальные характеристики предохранителей.....	31
Заводские настройки.....	33

### 2 Измерения напряжения и температуры

Измерительные каналы.....	38
SCPI – команды – ACAL, Автоматическая установка нуля, LSYNC и Инжекция малого заряда.....	44
SCPI – команды – измерения напряжения и температуры.....	53

### 3 Диапазоны, Разряды, Скорости измерений и фильтры

SCPI – команды – Диапазоны.....	63
SCPI – команды – Разряды.....	64
SCPI – команды – Скорость измерения.....	66
SCPI – команды – Фильтр.....	71

### 4 Относительные измерения, математические операции $mX+b$ и Проценты (%)

SCPI – команды — Режим относительных измерений.....	76
SCPI – команды — $mX+b$ и Проценты.....	80

### 5 Измерения отношения и дельта - измерения

SCPI – команды — Режим измерения отношения и Дельта – измерения.....	96
--	----

### 6 Буфер

SCPI – команды — Буфер.....	110
-----------------------------	-----

### Система запуска

Значения автоматической задержки.....	116
SCPI – команды — Запуск.....	129

### Предельные отношения

SCPI – команды — Пределы.....	136
-------------------------------	-----



## **9 Ступенчатые и сканирующие операции**

SCPI – команды — Сканирование и ступенчатые операции..... 153

## **10 Аналоговый выход**

Примеры аналоговых выходных сигналов ..... 161

SCPI – команды — Аналоговый выход..... 163

## **11 Интерфейсы**

Коннектор интерфейса RS-232..... 174

Штыревой коннектор последовательного порта компьютера..... 174

## **В Сообщения о состоянии аппаратуры и ошибках**

Сообщения о состоянии систем и ошибках..... 183

## **С Рассмотрения измерений**

Термоэлектрические потенциалы материалов..... 189

# 1

## Подготовка к работе

- **Общая информация** — Содержит общую информацию, включающую сведения о гарантии, контактную информацию, символы и термины мер безопасности, осмотр, имеющиеся опции и аксессуары.
- **Характеристики нановольтметра** – Приводятся характеристики Модели 2182..
- **Ознакомление с лицевой и задней панелью** — Содержит краткое описание органов управления и коннекторов прибора.
  
- **Чистка терминалов входных коннекторов** — Дается объяснение, как чистить контакты входных коннекторов типа LEMO.
- **Включение питания** — Содержит информацию о подсоединении сетевого питания, установках сетевого питания, замене плавких предохранителей и последовательности включения питания.
- **Дисплей** — Содержит информацию о дисплее нановольтметра Модели 2182.
- **Стандартные настройки** — Содержит информацию о двух конфигурациях установок прибора, доступных пользователю; о настройках, устанавливаемых пользователем и заводских настройках.

## Общая информация

### Информация о гарантии

Сведения о гарантии расположены на передней обложке настоящего руководства. В случае необходимости гарантийного обслуживания Вашего нановольтметра Модели 2182, обратитесь за дальнейшей информацией к представителю фирмы Keithley или в уполномоченную ремонтную мастерскую, расположенную в Вашем районе. При отправке прибора на ремонт заполните и приложите форму бланка на обслуживание, приведенную в конце этого руководства, для обеспечения ремонтной мастерской всей необходимой информацией.

### Контактная информация

На передней обложке настоящего руководства даны все международные телефоны. Если у Вас возникли вопросы, обратитесь к местному представителю фирмы Keithley или позвоните одному из специалистов по телефону 1-800-348-3735 (только в США или Канаде).

### Символы и термины безопасности

На приборе или в настоящем руководстве могут встречаться следующие символы и термины мер безопасности.

Символ в виде треугольника с восклицательным знаком на приборе означает, что пользователь должен обратиться к инструкциям по эксплуатации, содержащимся в настоящем Руководстве.

Символ в виде треугольника с молнией на приборе означает, что на разъеме(ах) может быть высокое напряжение. Воспользуйтесь обычными мерами предосторожности, чтобы избежать контакта с этими напряжениями.

Заголовок **WARNING**, используемый в настоящем Руководстве, указывает на опасности, которые могут привести к телесным повреждениям или смерти людей. Перед проведением указанных процедур внимательно прочитайте соответствующую им информацию.

Заголовок **CAUTION**, используемый в настоящем Руководстве, указывает на потенциальные опасности, которые могут привести к повреждению прибора. Эти повреждения могут сделать гарантии недействительными.

### Осмотр

Перед отгрузкой нановольтметр Модели 2182 прошел тщательную проверку на отсутствие электрических и механических повреждений. После распаковки всех отдельных предметов проверьте их на отсутствие явных признаков физического повреждения, которые могли произойти во время транспортировки. (На экранах дисплея может быть защитная пленка, ее можно удалить). Немедленно сообщите о повреждениях в агентство по перевозкам. Сохраните оригинальную упаковку для возможной будущей перевозки. В комплект поставки с каждым нановольтметром Модели 2182 входят следующие предметы:

Нановольтметр Модели 2182 с сетевым шнуром.

Входной кабель Модели 2107-4.

Четыре зажима типа «крокодил», которые прикрепляются к медным наконечникам входного кабеля Модели 2107-4.

Раствор Деоксита для чистки медных частей соединений

Заказанные аксессуары.

Свидетельство о поверке(Сертификат калибровки).

Руководство по эксплуатации нановольтметра Модели 2182 на русском языке.

Приложения к руководству (содержит сведения об усовершенствованиях и изменениях, внесенных в прибор или руководство).

Если требуется дополнительная техническая документация на прибор, закажите соответствующий комплект документации. Комплект содержит соответствующую инструкцию и различные относящиеся к ней приложения.

## Опции и аксессуары

Фирма Keithley располагает следующими опциями и аксессуарами, предназначенными для использования с нановольтметром Модели 2182.

## Кабели, коннекторы и адаптеры

**Входные кабели Модели 2107-4 и 2107-30** — Подсоединяют нановольтметр Модели 2182 к испытываемому устройству с использованием этих входных кабелей. Входной кабель на одном конце заканчивается коннектором типа LEMO (для подсоединения к нановольтметру Модели 2182) и на другом конце - четырьмя медными наконечниками для подсоединения к испытываемому устройству). Длина кабеля Модели 2107-4 (который входит в комплект поставки Модели 2182) равна 1,2м; длина кабеля Модели 2107-30 - 9 м. Прикладываются также четыре зажима типа «крокодил», которые прикрепляются к медным наконечникам кабеля, и чистящий раствор Деоксит.

**Комплект слабонагреваемого коннектора Модели 2182** — Состоит из слабонагреваемого коннектора типа LEMO и средства снятия остаточной деформации. Включает все части коннектора, необходимые для построения сборки обычного входного кабеля нановольтметра Модели 2182.

**Слабонагреваемый закорачивающий штекер Модели 2188** — Этот закорачивающий вход прибора штекер необходим для калибровки нановольтметра Модели 2182.

**Экранированные GPIB -кабели Модели 7007-1 и 7007-2** — Подсоединяют нановольтметр Модели 2182 к GPIB-шине посредством экранированных кабелей и разъемов, чтобы уменьшить электромагнитные помехи. Длина кабеля Модели 7007-1 составляет 1м; длина кабеля Модели 7007-2 - 2 м.

**Экранированный кабель интерфейса RS-232 Модели 7009-5** — 1,5-метровый кабель интерфейса RS-232 заканчивается штыревым коннектором типа DB-9 на одном конце и гнездовым коннектором типа DB-9 на другом конце. Провода наматываются по прямой внутри кабеля (применение модема не требуется).

**Кабели линий связи сигнала запуска Модели 8501-1 и 8501-2** — Соединяют Модель 2182 с другими приборами посредством коннекторов линий связи сигналов запуска (например, с коммутирующей системой Модели 7001). Длина Модели 8501-1 составляет 1 м, длина Модели 8501-2 – 2 м.

**Адаптер линий связи сигнала запуска Модели 8502** — Позволяет соединять любую из шести линий связи запуска Модели 2182 с приборами, в которых используются стандартные коннекторы запуска типа BNC.

**Кабель запуска Модели 8503 с переходом от коннектора типа DIN к коннектору типа BNC** – Позволяет соединять линии связи один (Выход Вольтметра) и два (Внешний Запускающий Сигнал) Модели 2182 с приборами, которые используют коннекторы запуска типа BNC. Модель 8503 имеет длину 1м.

### **Серебряный Припой**

**2182-325A** – Использовать этот номер запчастей Keithley, чтобы заказать серебряный припой длиной 20 футов. Включает также таблицу, перечисляющую химические компоненты припоя.

### **Корпусные Монтажные наборы**

**Единичный Фиксирующий Корпусной Монтажный Набор Модели 4288-1** – Монтирует единичный прибор модели 2182 в стандартную 19-дюймовую стойку.

**Двойной Монтажный Корпусной Набор Модели 4288-2** – Монтирует два прибора (Модели 182, 428, 486, 487, 2000, 2001, 2002, 2010, 2182, 2400, 2410, 2420, 6517, 7001) рядом в стандартную 19-дюймовую стойку.

**Двойной Монтажный Корпусной Набор Модели 4288-4** – Монтирует прибор Модели 2182 и 5,25-дюймовый прибор (Модели 195A, 196, 220, 224, 230, 263, 595, 614, 617, 705, 740, 775 и т.д.) рядом в стандартную 19-дюймовую стойку.

### **Переносной Кейс**

**Переносной Кейс с Амортизирующей обивкой Модели 1050** – Переносной кейс для нановольтметра Модели 2182. Включает ручку и наплечный ремень.

## Технические возможности нановольтметра

Модель 2182 представляет собой  $7\frac{1}{2}$ -разрядный цифровой нановольтметр с высокими эксплуатационными параметрами. Он имеет два входных канала для измерения напряжения и температуры. Измерительные возможности Модели 2182 разясняются в Разделе 2 настоящего Руководства (Смотрите «Измерительные Возможности»).

Технические возможности нановольтметра Модели 2182 включают режимы работы:

**Отношение** — Обеспечивает сравнение показаний между двумя входными напряжениями. Отношение выполняет операции  $V1/V2$ .

**Дельта**—Обеспечивает среднюю разность входных сигналов канала 1. Дельта выполняет операцию  $(V1_{t1} - V1_{t2})/2$ .

**mX+b и Процент** — Эти вычисления обеспечивают манипуляцию с показаниями.

**Относительная мода** — Аннулирует смещения и устанавливает базовые значения величин.

**Буфер** — Запоминает до 1024 показаний во внутреннем буфере.

**Пределы** — Устанавливает верхний и нижний предельные показания для испытуемых устройств.

**Внутреннее сканирование** — Сканирует два входных канала нановольтметра.

**Внешнее сканирование** — Сканирует каналы или ячейки матрицы переключаемых плат Keithley Моделей 7001/7002.

**Сохранение настроек** — Два типа настроек прибора (пользователя и заводская) могут быть сохранены в памяти и вызваны из памяти.

**Аналоговый выход** — Для коэффициента передачи аналогового выхода, установленного на 1, полный диапазон входного сигнала приводит к аналоговому выходному сигналу на уровне 1 В.

**Дистанционный интерфейс** — Модель 2182 может управляться с использованием интерфейса IEEE-488 (GPIB) или интерфейса RS-232.

**Язык программирования GPIB** — При использовании GPIB прибор может программироваться с помощью SCPI или языка программирования Модели 182 (DDCs).

**Калибровка с закрытой крышкой** – Прибор может калиброваться либо с лицевой панели, либо через дистанционный интерфейс.

## Ознакомление с лицевой и задней панелями

### Краткое описание лицевой панели

Лицевая панель нановольтметра Модели 2182 представлена на рисунке 1-1. Этот рисунок содержит краткую важную информацию, которую необходимо просмотреть перед эксплуатацией прибора.

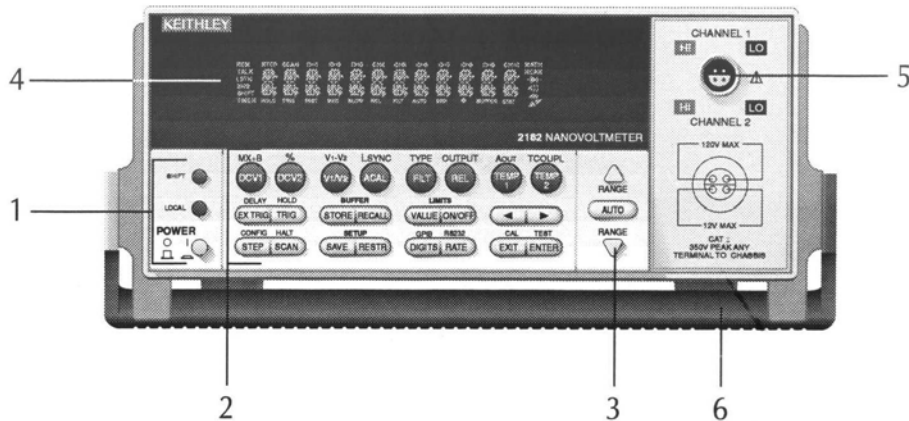


Рисунок 1-1

### Лицевая панель Модели 2182

**ПРИМЕЧАНИЕ** Большинство клавиш обеспечивает двойную функцию или операцию. Условное обозначение на клавише указывает ее несдвинутую функцию/операцию, которая выбирается нажатием клавиши. Условное обозначение (голубой цвет) над клавишей обозначает ее сдвинутую функцию. Сдвинутая функция выбирается нажатием клавиши *SHIFT*, а затем функциональной/операционной клавиши.

#### 1 Специальные клавиши и переключатель питания

SHIFT	Используется для выбора сдвинутой функции или операции
LOCAL	Отменяет дистанционный режим GPIB
POWER	Переключатель питания. В положении (1) включает прибор, в положении (0) – выключает.

#### 2 Функциональные и операционные клавиши

##### Верхний ряд

##### Несдвинутые обозначения

DCV1	Выбирает функцию измерения напряжения Канала 1.
DCV2	Выбирает функцию измерения напряжения Канала 2.
V1/V2	Выбирает отношение (отсчет напряжения Канала 1/ отсчет напряжения Канала 2).
ACAL	Выбирает автоматическую калибровку коэффициента усиления
FILT	Включает/выключает фильтр для выбранной измерительной функции.



REL	Включает/выключает относительную моду для выбранной измерительной функции.
TEMP1	Выбирает функцию измерения температуры Канала 1
TEMP2	Выбирает функцию измерения температуры Канала 2
<u>Сдвинутые обозначения</u>	
MX+B	Умножает масштабный множитель (M) на показания (X), и затем прибавляет смещение (B)
%	Вычисляет процентное отклонение от заданного опорного значения величины.
V1-V2	Выбирает дельта - операцию; $(V1_{t1} - V1_{t2})/2$ .
LSYNC	Включает/выключает синхронизацию по сетевой частоте. При включенном положении сетевые помехи уменьшаются за счет уменьшения скорости измерения.
TYPE	Выбирает фильтр (аналоговый и/или цифровой) и конфигурирует цифровой фильтр (окно, число показаний и тип фильтра).
OUTPUT	Включает/выключает относительную моду для аналогового выхода.
AOUT	Включает/выключает аналоговый выход.
TCOUPLE	Конфигурирует измерения температуры (единицы, тип спая, тип термопары, тип датчика)

*Средний ряд*Несдвинутые обозначения

EX-TRIG	Выбирает внешний запускающий сигнал (лицевая панель, шина или линия связи ) в качестве источника запуска.
TRIG	Запускает процесс измерения с лицевой панели
STORE	Задаёт количество показаний для буфера и включает буфер
RECALL	Выводит на дисплей показания из памяти (включая максимум, минимум, размах амплитуды, усредненные значения и стандартное отклонение). Клавиши диапазона ▲ и ▼ пролистывают буфер, а клавиши ◀ и ▶ осуществляют переключение между числом показаний и показанием.
VALUE	Устанавливает верхний и нижний пределы для предельных испытаний.
ON/OFF	Включает/выключает предельные испытания и выбирает звуковой режим для предельных испытаний
◀ и ▶	Управляют положением курсора для осуществления выбора или редактирования значений величины.

Сдвинутые обозначения

DELAY	Устанавливает задержку пользователя между моментом запуска и измерением
HOLD	Удерживает показание, когда заданное количество образцов находится в пределах выбранного допуска.

**Нижний ряд**Несдвинутые обозначения

STEP	Ступечатое перемещение по каналам; посылает сигнал запуска после каждого канала.
SCAN	Сканирование по каналам; посылает сигнал запуска после последнего канала.
SAVE	Сохраняет действующую конфигурацию для пользовательской настройки включения питания.
RESTR	Восстанавливает конфигурацию заводской или пользовательской настройки прибора.
RATE	Изменяет скорость отсчетов; количество периодов сетевого питания (PLC).
EXIT	Отменяет выбор; перемещает назад к исходному состоянию дисплея.
ENTER	Подтверждает выбор, перемещает к следующему выбору или назад к исходному состоянию дисплея.

Сдвинутые обозначения

CONFIG	Конфигурирует режим сканирования (тип, таймер, счет каналов и счет показаний)
HALT	Отключает операцию сканирования/ступенчатую операцию
GPIB	Включает/выключает шину GPIB, устанавливает адрес и выбирает язык
RS232	Включает/выключает интерфейс RS-232, выбирает скорость передачи цифровых данных, контроль потока данных и терминатор.
CAL	Запуск калибровки
TEST	Проверяет сигнализаторы дисплея и клавиши лицевой панели.

**3 Клавиши диапазона:**

- ▲ Выбирает следующий более высокий диапазон измерения напряжения
- ▼ Выбирает следующий более низкий диапазон измерения напряжения
- AUTO Включает/отключает автоматическую установку диапазона измерений.

**4 Сигнализаторы дисплея:**

- \* (звездочка) Показания, сохраняемые в буфере
- ↔(больше) Указывает, что возможен дополнительный выбор
- ))) (громкоговоритель) Включен звук для предельных испытаний
- AUTO Включен автоматический выбор диапазонов

**BUFFER** Вызов показаний, сохраненных в буфере.

CH1	Отображение на дисплее входного канала 1
CH2	Отображение на дисплее входного канала 2
CH1 и CH2	Отображение на дисплее отношения показаний (V1/V2).
ERR	Сомнительные показания или неправильная калибровочная операция.
FAST	Выбрана быстрая (0,1 периода колебаний сетевого напряжения) скорость отсчетов.
FILT	Фильтр включен.
HOLD	Прибор находится в режиме удержания.
LSTN	Прибор адресован к прослушиванию через шину GPIB.
MATH	Включен расчет $mX + b$ или процентов.
MED	Включена средняя (1 период колебаний сетевого напряжения) скорость отсчетов.
REAR	Указывает, что Аналоговый Выход включен.
REL	Включен режим относительных измерений для текущей измерительной функции.
REM	Прибор находится в режиме дистанционного управления через GPIB.
SCAN	Выбран режим сканирования.
SHIFT	Включение клавиши сдвига.
SLOW	Выбрана медленная скорость отсчетов (5 периодов колебаний сетевого напряжения).
SRQ	Сервисный запрос через GPIB.
STAT	Отображение на дисплее статистических данных буфера.
STEP	Выбран ступенчатый режим.
TALK	Обращение к прибору для обмена данными через шину GPIB.
TIMER	Включен таймер для управления сканированием.
TRIG	Выбран внешний запуск (с лицевой панели или через линию связи).

### **5 Входной Коннектор:**

CHANNEL 1	Измеряется напряжение или температура. Диапазоны напряжения : 10мВ, 100мВ, 1В, 10В и 100В.
CHANNEL 2	Измеряется напряжение или температура. Диапазоны напряжения : 100мВ, 1В и 10В.

### **6 Ручка:**

Вытягивается и поворачивается до нужного положения.

## Краткое описание задней панели

Задняя панель нановольтметра Модели 2182 представлена на рисунке 1-2. Этот рисунок содержит краткую важную информацию, которую необходимо просмотреть перед эксплуатацией прибора.

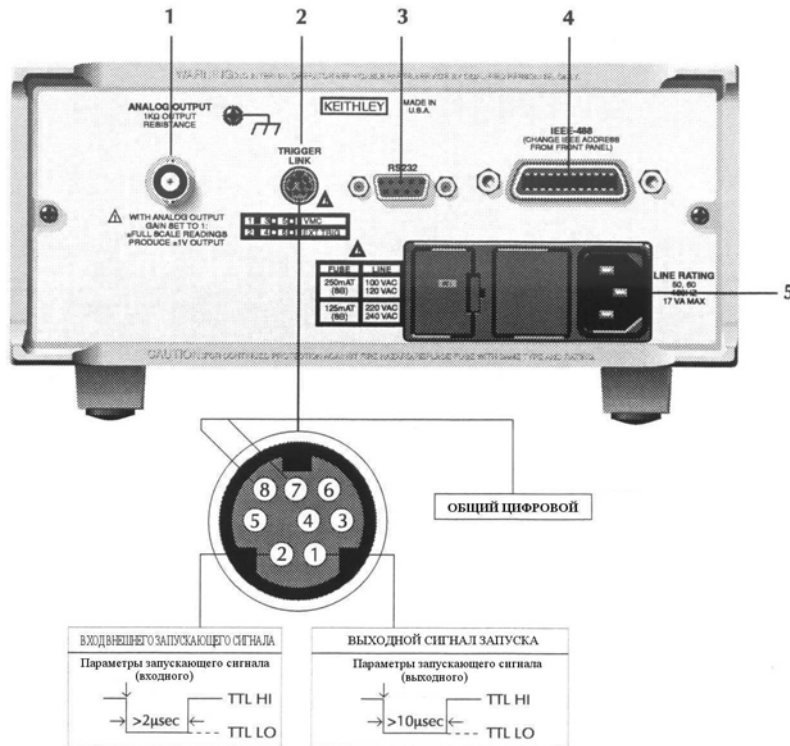


Рисунок 1-2

### Задняя панель Нановольтметра Модели 2182

## 1 Выход аналогового сигнала

Обеспечивает масштабированное не инвертированное напряжение постоянного тока. При установке коэффициента усиления аналогового выхода, равным единице, полнодиапазонный входной сигнал приводит к значению выходного аналогового сигнала 1 В.

## 2 Линии связи запускающего сигнала

Восьми-штырьковый коннектор типа микро DIN для посылки и приема импульсов запуска в среде соединенных между собой приборов. Использует кабель линии связи запуска или адаптер, такие как Модели 8501-1, 8501-2, 8502 и 8503.

## 3 RS-232

Коннектор для операций с интерфейсом RS 232. Использует экранированный кабель типа DB-9 с намоткой проводов по прямой (не требует применения модема).

## 4 IEEE-488

Коннектор для проведения операций с интерфейсом IEEE 488 (GPIB). Использует экранированный кабель Модели 7007-1 и 7007-2.

## 5 Блок питания

Содержит сетевую розетку, плавкий сетевой предохранитель и устройство для установки сетевого напряжения. Прибор может быть конфигурирован для сетевых напряжений переменного тока 100В/120В/220В/240В на частотах сети от 45 Гц до 66 Гц или от 360Гц до 440Гц.

## Чистка входных коннекторов

Двухканальный коннектор типа LEMO на лицевой панели используется для подсоединения нановольтметра Модели 2182 к внешним испытательным цепям. Этот коннектор подсоединяется к коннектору типа LEMO на входном кабеле Модели 2107 или к коннектору типа LEMO, входящему в комплект нановольтметра Модели 2182-KIT.

Контакты коннекторов типа LEMO изготовлены из меди. Эти соединения типа медь -к- меди уменьшают термоэдс. Однако, открытая медь подвержена окислению, что может приводить к ошибкам измерений. В комплекте с нановольтметром Модели 2182 поставляется бутылка Диоксита. Эта жидкость используется для удаления окиси меди.

Перед подсоединением коннектора типа LEMO к входному коннектору типа LEMO на приборе необходимо почистить контакты коннекторов следующим образом:

1. Выключите нановольтметр Модели 2182 и на задней панели отсоедините сетевой шнур и любые другие кабели или провода, подсоединенные к прибору.
2. Поставьте нановольтметр на торец так, чтобы лицевая панель была обращена вверх.
3. Капните каплю Деоксита на каждый из четырех контактов входного коннектора на нановольтметре Модели 2182. Можно использовать чистую проволоку (например, подвод резистора) для нанесения капли из бутылки Деоксита на коннектор.
4. Сотрите излишки Деоксита с помощью чистой тряпки.
5. Для чистки контактов присоединяемого коннектора типа LEMO вставьте и вытащите его несколько раз подряд в приборную часть разъема, чтобы распределить Деоксит по длине контактов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для уменьшения накопления окислов на контактах LEMO держите всегда входные коннекторы типа LEMO в состоянии соединения, когда это возможно. Однако, очистка все равно необходима после продолжительного периода времени.

## Включение питания

### Подсоединение сетевого питания

Выполните следующие операции, чтобы подсоединить нановольтметр Модели 2182 к сетевому питанию и включить его:

1. Проверьте, что установка сетевого напряжения на блоке питания (смотрите Рисунок 1-3) соответствует напряжению сети в Вашем ре

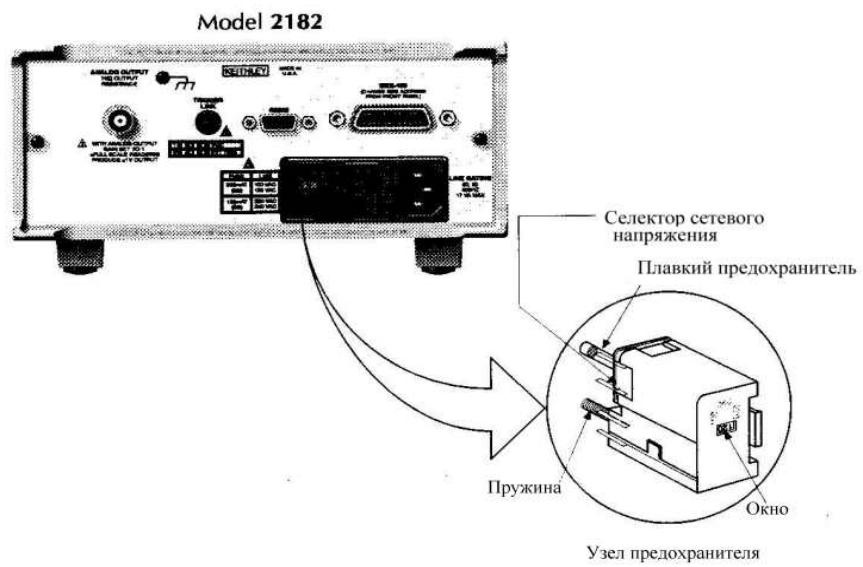
гионе. Если не соответствует, обратитесь к следующей процедуре: «Установка сетевого напряжения и замена плавкого предохранителя».

***ОСТОРОЖНО*** Работа прибора от сети с неправильным напряжением может привести к повреждению прибора, возможно аннулирующему его гарантию.

2. Прежде чем вставить вилку в розетку убедитесь, что переключатель на лицевой панели находится в выключенном положении (0).
3. Подсоедините гнездовой конец поставляемого вместе с прибором сетевого шнура к модулю сетевого питания на задней панели. Подсоедините другой конец сетевого шнура к заземленной розетке переменного тока.

***ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ*** Сетевой шнур, поставляемый вместе с нановольтметром Модели 2182, содержит отдельный провод заземления для использования с заземленными розетками. При правильном выполнении соединений шасси прибора подсоединяется к земле сети электропитания посредством заземляющего провода в сетевом шнуре. Отказ от использования заземленной розетки может привести к телесному повреждению или смерти людей в результате поражения электрическим током.

4. Включить прибор нажатием переключателя питания на лицевой панели в положение (1).



*Рисунок 1-3*  
*Модуль питания*



## Установка сетевого напряжения и замена плавкого предохранителя

Плавкий предохранитель, расположенный на задней панели рядом с сетевым разъемом, защищает вход сетевого питания прибора. Если требуется изменить установку напряжения или заменить сетевой плавкий предохранитель, необходимо выполнить следующие действия:

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Перед изменением установок сетевого напряжения или заменой плавкого предохранителя убедитесь, что прибор и другое оборудование отсоединены от сети.

1. Вставьте наконечник плоской отвертки в модуль питания возле узла предохранителя (смотрите Рисунок 1-3). Осторожно надавите и сдвиньте влево. Ослабьте давление на узел, его внутренняя пружина выскочит из модуля питания.
2. Удалите предохранитель и замените его на предохранитель одного из типов, перечисленных в Таблице 1-1.

**ОСТОРОЖНО** Для постоянной защиты против пожара и повреждения прибора заменяйте предохранитель новым только того же типа и номинала. Если прибор постоянно взрывает предохранитель, установите и устраните причину этой неполадки перед заменой предохранителя. За информацией по устранению неисправностей обратитесь к Инструкции по обслуживанию нановольметра Модели 2182.

3. Для настройки прибора на другое значение сетевого напряжения выньте селектор напряжения из узла предохранителя и вращайте его до нужного положения. После установки селектора в узел предохранителя исправленное значение сетевого напряжения появится в перевернутом виде в окне.
4. Установите узел предохранителя в сетевой модуль, надавливая на него до тех пор, пока он не встанет на место.

Таблица 1-1

### Номинальные характеристики предохранителей

Сетевое напряжение	Номинал предохранителя	Обозначения по Keithley P/N
100/120В	0.25А, с затрудненным взрывом, 5x20 мм	FU-96-4
220/240В	0.125А с затрудненным взрывом, 5x20 мм	FU-91

## Последовательность включения питания

При включении питания нановольтметр Модели 2182 проводит самотестирование своей постоянной программируемой памяти и запоминающего устройства с произвольной выборкой и моментально высвечивает все разрядные сегменты и сигнализаторы. Если обнаружится неполадка, прибор моментально отобразит на дисплее сообщение об ошибке и включится сигнализатор ERR. Перечень сообщений об ошибках приведен в Приложении В.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если проблема возникнет во время гарантийного периода, вернуть прибор в Keithley Instruments, Inc. для ремонта.

Если прибор проходит самотестирование, ступени ревизии изделия отображаются на экране. Например:

REV: A01 A02

где A01 ревизия постоянного запоминающего устройства.

A02 ревизия дисплейного постоянного запоминающего устройства.

После включения питания прибор начинает функционировать в режиме нормального дисплея, готового к отсчету показаний.

## Частота сетевого питания

При включении питания Модель 2182 определяет частоту сетевого питания и автоматически выбирает соответствующую установку частоты сети модуля питания. Установка частоты сетевого питания может быть проверена с помощью следующей команды:

:SYST(em):LFR(efuency)?

Ответное сообщение будет 50 или 60. Величина 50 указывает, что частота сети установлена на 50 Гц (или 400 Гц), число 60 означает, что частота сети 60 Гц.

## Дисплей

Дисплей Модели 2182 прежде всего используется для отображения результатов измерений наряду с указанием единиц и типа измерений. Сигнализаторы (индикаторы) располагаются сверху, внизу, слева и справа от показания или отображаемых сообщений. Сигнализаторы указывают различные состояния рабочих операций. Смотрите «Краткое описание лицевой панели» (представленное ранее в этом Разделе) с полным перечислением дисплейных сигнализаторов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Тестирование дисплея и клавиш позволяет осуществить проверку разрядных сегментов и сигнализаторов дисплея и оценить функционирование клавиш лицевой панели. Эти тестирования выполняются после нажатия клавиш SHIFT и затем TEST. Для детального ознакомления смотрите Сервисную Инструкцию Модели 2182.

## Сообщения о состоянии прибора и ошибках

Сообщения о состоянии прибора и ошибках высвечиваются на экране дисплея моментально. Во время работы и программирования появляется ряд сообщений о состоянии лицевой панели. Типичные сообщения о разнообразных состояниях прибора и ошибках приведены в Приложении В.

## Стандартные настройки

Имеется два типа конфигураций стандартных настроек: заводские и пользовательские. При отправке с фабрики нановольтметр Модели 2182 имеет стандартные настройки, перечисленные в Таблице 1-2. На Модели 2182 могут также устанавливаться настройки, осуществляемые пользователем. Настройки, имеющие место после включения питания, являются последними сохраненными настройками. Клавиша SAVE сохраняет действующую конфигурацию как ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКУЮ (USER) настройку. Клавиша RESTR восстанавливает заводскую настройку прибора или сохраненную пользовательскую.

Выполните следующие шаги, чтобы сохранить действующую настройку, которая будет конфигурирована после включения питания:

1. Конфигурируйте прибор для Вашего конкретного измерения.
2. Нажмите клавишу SAVE.
3. Используйте клавиши ▲ и ▼, чтобы высветить YES или NO.
4. Нажмите клавишу ENTER. При следующем использовании прибор будет включен с этой USER-настройкой.

Чтобы восстановить заводскую или пользовательскую настройки:

1. Нажмите клавишу RESTR.
2. Используйте клавиши ▲ и ▼, чтобы высветить настройки FACT (заводская) или USER (пользовательская).
3. Нажмите клавишу ENTER.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Основная процедура измерений в следующем Разделе (Раздел 2) предполагает заводскую настройку. Восстановите заводские настройки, выполняя вышеприведенную поэтапную процедуру.

Таблица 1-2

### Заводские настройки

Наименование настройки	Заводская установка
Аналоговый выход	Вкл.(On)
Коэффициент усиления (M)	1.0
Смещение (B)	0
Режим относительного измерения (REL)	Выкл. (Off)
Синхронизация по сети (LSYNC)	Выкл. (Off)
Буфер	не имеет эффекта
Дельта-режим	Выкл. (Off)
Измерительная функция	DCV1

Продолжение Таблицы 1-2

<b>Наименование настройки</b>	<b>Заводская установка</b>
GPiB шина	не имеет эффекта (Вкл. на заводе)
Адрес	не имеет эффекта (7 на заводе)
Язык программирования	не имеет эффекта (SCPI на заводе)
Щелчок клавиши	Вкл.
Предельные значения	Выкл.
Звуковой сигнализатор	Нет
Верхняя граница предела 1	+1
Нижняя граница предела 1	-1
Верхняя граница предела 2	+2
Нижняя граница предела 2	-2
Функция $mX+b$	Выкл.
Масштабный множитель (M)	1.0
Смещение (B)	0.0
Процент (%)	Выкл.
Опорный сигнал	1.0
Отношение ( $V1/V2$ )	Выкл.
Интерфейс RS 232	Выкл.
Скорость передачи цифровых данных	не имеет эффекта
Управление потоком данных	не имеет эффекта
Терминатор (Tx)	не имеет эффекта
Сканирование	Выкл.
Тип сканирования	Внутреннее сканирование
Таймер	Выкл.
Счет Канала 1	1
Счет показаний	2
TEMP1 и TEMP2	
Число разрядов	6
Фильтр	Вкл.
Аналоговый фильтр	Выкл.
Цифровой фильтр	Вкл.
Число усредняемых показаний	10
Режим	Перемещаемое усреднение
Окно	0.01%

Продолжение Таблицы 1-2

<b>Наименование настройки</b>	<b>Заводская установка</b>
Скорость отсчетов	5 периодов колебаний сети (медл.)
Опорный спай	внутренний
Режим относительных измерений (REL)	Выкл.
Датчик	Термопара
Тип термопары	Тип J
Единицы	°C
Запускающие сигналы	
Непрерывный	Вкл.
Задержка	Автоматическая
Источник Управления запуском	Непосредственный
DCV1 и DCV2	
Число разрядов	7,5
Фильтр	Вкл.
Аналоговый фильтр	Выкл.
Цифровой фильтр	Вкл.
Число усредняемых показаний	10
Режим	Перемещаемое усреднение
Окно	0.01%
Удержание	Выкл.
Число показаний	5
Окно	1%
Выбор диапазона	Автоматический
Скорость измерений	5 периодов колебаний сети (медл.)
Режим относительных измерений (REL)	Выкл.

**2**  
**Измерения**  
**напряжения и**  
**температуры**

- **Общее представление об измерениях** — Содержит информацию о возможностях измерения напряжения и температуры нановольтметром Модели 2182.
- **Рассмотрение рабочих характеристик** — Описывает различные аспекты работы прибора, которые влияют на точность и скорость измерений. Они включают в себя время прогрева, ACAL (калибровка), автоматическая установка нуля и LSYNC (синхронизация по колебаниям сетевого напряжения). Включает в себя SCPI команды для дистанционного управления.
- **Соединения**— Описывает соединения испытательной цепи с Моделью 2182.
- **Конфигурация температуры** — Объясняет, как конфигурировать Модель 2182 для температурных измерений.
- **Измерение температуры и напряжения** — Описывает базисную поэтапную процедуру выполнения измерений. Включает в себя SCPI команды для дистанционного управления.
- **Рассмотрение низкоуровневого режима измерений** — Описывает два внешних фактора, которые могут испортить измерения низких уровней: термоэдс и помехи.
- **Прикладные задачи** — Описываются некоторые типичные применения Модели 2182. Они включают испытания контактов переключателей.

## Общее представление об измерениях

Нановольтметр Модели 2182 имеет два входных канала для измерений напряжения постоянного тока и температуры. В Таблице 2-1 перечислены виды измерений, которые можно осуществлять с помощью двух каналов.

Таблица 2-1

### Измерительные каналы

Вид измерений	Используемый(ые) входной(ые) канал(ы)
Напряжение	Канал 1
Температура	Канал 1
Напряжение и Напряжение	Канал 1 и Канал 2
Напряжение и Температура	Канал 1 и Канал 2

Канал 1 используется как основной измерительный канал, в то время как Канал 2 обеспечивает опорные измерения. Из-за этой операционной связи между двумя каналами Канал 2 не может быть использован как независимый самостоятельный измерительный канал. Его вход должен быть привязан к LO-входу Канала 1.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Как правило, используйте Канал 1 всякий раз, когда это возможно для низковольтных (меньше 1 В) измерений. При использовании Канала 2 для измерений ниже 1 В и при импедансе между входом LO Канала 2 и входом LO Канала 1  $\geq 100\text{кОм}$ , ток утечки может быть достаточно высоким, чтобы ухудшить точность измерений. Для подробного ознакомления смотрите «Рассмотрения рабочих характеристик. Ток утечки» (в этом разделе).

### Измерения напряжений

Модель 2182 имеет две измерительные функции напряжения: DCV1 и DCV2. Функция DCV1 предназначена для Канала 1, а DCV2 – для Канала 2.

DCV1 (Канал 1) имеет пять диапазонов измерений (10мВ, 100мВ, 1В, 10В и 100В) и может измерять напряжения от 1нВ до 120В. DCV2 (Канал 2) имеет три диапазона измерений (100мВ, 1В и 10В) и может измерять напряжения от 10нВ до 12В. Погрешность измерения каждого канала приведена в спецификациях (Приложение А).

### Измерения температуры

Модель 2182 имеет две измерительные функции температуры: TEMP1 и TEMP2. Функция TEMP1 предназначена для Канала 1, а TEMP2 предназначена для Канала 2.

В зависимости от используемого типа термопары (J, K, T, E, R, S, B или T) Модель 2182 может измерять температуру от  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $1820^{\circ}\text{C}$ . Спецификации (Приложение А) дают измерительные диапазоны для различных типов термопар.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Модель 2182 может также измерять свою внутреннюю температуру. Всякий раз, когда внутренняя температура изменяется больше чем на 1 градус, необходимо проводить ACAL (калибровку), чтобы поддержать заданную погрешность. Смотрите «Рассмотрения рабочих характеристик, ACAL» (в этом разделе) для подробного ознакомления.



Для проведения точных измерений температуры спаи термопары (опорный спай) должны поддерживаться при известной температуре. Вы имеете выбор: использовать внутренний опорный спай или внешний моделированный спай. Эти опорные спаи обсуждаются ниже.

**Внутренний опорный спай** — Внутренний опорный спай Модели 2182 – это входной коннектор. Датчик температуры расположен внутри устройства рядом с входным коннектором. Температура датчика постоянно измеряется, чтобы поддерживать точность измерений.

Термопарные соединения (опорные спаи) должны делаться на входном коннекторе Модели 2182. Чтобы использовать внутренний опорный спай, провода термопары должны припаиваться прямо к коннектору LEMO, который соединяется с входным коннектором.

Недостатком используемого внутреннего опорного спая являются требования, предъявляемые к соединениям. Нельзя использовать в качестве такового прилагаемый входной кабель. Необходимо модифицировать кабель или использовать отдельный LEMO коннектор (Комплекта Модели 2182-KIT).

**Моделированный опорный спай** — Внешнее устройство, например, ледяная ванна, может быть использована для опорного спая. Проволочки термопары соединяются с медными наконечниками поставляемого входного кабеля. Точки соединений опускаются затем в ледяную ванну. Температура ледяной ванны должна использоваться в Модели 2182 как смоделированная опорная температура.

## Рассмотрения рабочих характеристик

Нижеперечисленные аспекты работы прибора влияют на точность и скорость измерений.

### Прогрев

После включения нановольтметра Модели 2182 он должен прогреться по крайней мере в течение 2,5 часов, чтобы стабилизировалась внутренняя температура. После прогрева необходимо осуществить ACAL (калибровку), если реальная внутренняя температура и TCAL различаются больше чем на 1°C. TCAL – это отсчет внутренней температуры, сохраненный в памяти во время последней калибровки (смотрите ACAL).

### ACAL (калибровка)

ACAL – это специальная проводимая с лицевой панели калибровка для диапазонов 10 мВ и 100В. Ее необходимо осуществлять всякий раз, когда внутреннюю температуру и TCAL различаются больше, чем на 1°C. TCAL – это отсчет внутренней температуры во время последней ACAL. Например, если ACAL проводилась при 28°C и внутренняя температура изменилась до 29,1°C, требуется новая ACAL, чтобы обеспечить заявленную в технических характеристиках точность измерений. Процедуры измерения внутренней температуры и TCAL приведены после пункта «Процедуры ACAL».

**ПРИМЕЧАНИЕ** Не путайте эту частичную калибровку (проводимую пользователем) с полной калибровкой прибора, которую должен проводить опытный специалист по обслуживанию. Процедура полной калибровки описана в Инструкции по Обслуживанию Модели 2182

Имеется два варианта ACAL. При FULL ACAL калибруются диапазоны 10мВ и 100В, в то время как при LOW-LVL (низкоуровневый) ACAL калибруется только 10мВ диапазон. Если Вы не собираетесь использовать 100В диапазон, то рекомендуется выполнять только LOW-LVL ACAL.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для выполнения FULL ACAL необходимо, чтобы не было никаких коннекторов и кабелей, подсоединенных к входному коннектору LEMO Модели 2182. Если LEMO соединения в течение длительного времени были разъединены, перед новым соединением необходимо почистить их контакты. Смотрите пункт «Чистка входных коннекторов» в Разделе 1 (Подготовка к работе).  
Для выполнения LOW-LVL ACAL нет необходимости снимать входной кабель, разъединять какие-либо соединения или отключать питание.

### ACAL Процедура

Выполните следующие шаги, чтобы провести LOW-LVL или FULL ACAL калибровку.

1. Нажмите клавишу ACAL, чтобы получить доступ к меню.
2. Используйте клавишу ▲ или ▼, чтобы высветить нужную ACAL (калибровку) (LOW-LVL или FULL).

3. Нажмите клавишу ENTER. Пока идет процесс калибровки на дисплее отображается сообщение «ACAL». Для выполнения операции LOW-LVL ACAL требуется около пяти минут, и чуть больше пяти минут для выполнения FULL ACAL. По завершению калибровки прибор вернется к обычному состоянию дисплея.

### **Измерение внутренней температуры**

Для измерения внутренней температуры Модели 2182 выполните следующие шаги:

1. Нажмите клавишу SHIFT, а затем TCOUPL, чтобы высветить на дисплее указатель текущих единиц (C, F или K) для измерений температуры.
2. Для изменения указателя единиц нажмите клавишу ►, чтобы переместить мигающий курсор на указатель единиц, а затем нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы высветить нужные единицы.
3. Нажмите клавишу ENTER. На дисплее отобразится выбор текущего датчика (TCOUPЛ или INTERNL). Датчик (INTERNL) используется для измерения внутренней температуры.
4. Чтобы изменить выбор датчика, нажмите клавишу ► для перемещения мигающего курсора на TCOUPL, а затем нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее INTERNL.
5. Нажмите клавишу ENTER, чтобы вернуться к обычному состоянию дисплея.
6. Нажмите клавишу TEMP1 или TEMP2, чтобы измерить и отобразить на дисплее внутреннюю температуру Модели 2182. Следует отметить, что при отображении внутренней температуры оба сигнализатора “CH1” и “CH2” отключены.

*ПРИМЕЧАНИЕ Все время, пока выбран датчик INTERNL, TEMP1 и TEMP2 измеряют и отображают только внутреннюю температуру Модели 2182.*

### **Проверка TCAL - температуры**

Для определения внутренней температуры в момент последней ACAL выполните следующие шаги:

1. Нажмите клавишу SHIFT, а затем CAL, чтобы получить доступ к меню калибровки.
2. Используйте клавишу ▲ или ▼, чтобы высветить на дисплее “CAL: TEMP”.
3. Нажмите клавишу ENTER. На дисплее отобразится температура (в °C) в момент последней ACAL.
4. Нажмите клавишу EXIT, чтобы выйти из меню.

### **Автоматическая установка нуля**

Для поддержания стабильности и точности измерений с течением времени и при изменениях температуры Модель 2182 периодически измеряет внутренние напряжения, соответствующие смещениям (нуля) и изменениям в коэффициенте усиления. Эти измерения используются в алгоритме расчета показаний входного сигнала. Этот процесс известен как автоматическая установка нуля.

Если автоматическая установка нуля отключена, измерения смещения и коэффициента усиления не проводятся. Это позволяет увеличить скорость измерений. Однако, опорные точки нуля и коэффициента усиления в конечном счете будут дрейфовать, что приводит к неточным отсчетам входного сигнала. Рекомендуется отключать автоматическую установку нуля только на короткий период времени.

Автоматическая установка нуля может включаться или отключаться через интерфейсы GPIB или RS232. Команды управления автоматической установкой нуля приведены в Таблице 2-2. Автоматическая установка нуля не может отключаться с лицевой панели. Однако, ее можно включать с лицевой панели путем восстановления заводских настроек.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Когда автоматическая установка нуля отключена, опорные значения внутренней температуры не корректируются.

## LSYNC (Синхронизация по колебаниям сетевого напряжения)

Синхронизация аналого-цифровых преобразований с частотой сетевого питания увеличивает коэффициент подавления помех общего и нормального типа. Когда эта синхронизация включена, процесс измерения инициируется по первому пересечению нуля в положительном или отрицательном направлениях колебаний сетевого питания после сигнала запуска. На Рисунке 2-1 показан процесс измерения, который состоит из двух аналого-цифровых преобразований. Если сигнал запуска подается во время положительного полупериода колебаний сети, (как показано на Рисунок2-1), то первое аналого-цифровое преобразование начинается при пересечении нуля в отрицательном направлении периода сетевых колебаний. Если следующий сигнал запуска (Сигнал №2) подается во время отрицательного полупериода колебаний, то процесс измерения начинается с пересечения нуля в положительном направлении.

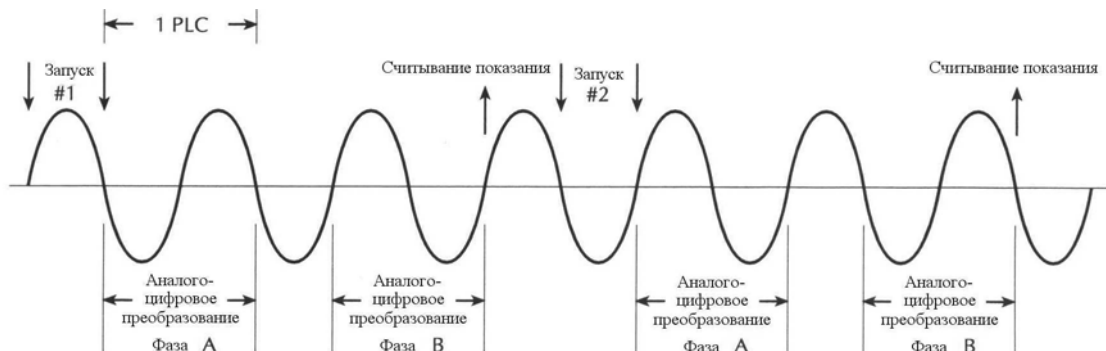


Рисунок 2-1

### Синхронизация по колебаниям сетевого напряжения

Для включения или отключения синхронизации по колебаниям сетевого напряжения выполните следующие операции:

1. Нажмите клавишу SHIFT, а затем LSYNC, чтобы отобразить текущее состояние синхронизации по колебаниям сетевого напряжения (OFF или ON).
2. Используйте клавишу ▲ или ▼, чтобы высветить на дисплее «ON» или «OFF».
3. Нажмите клавишу ENTER. Прибор вернется к обычному состоянию дисплея.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Синхронизация по колебаниям сетевого напряжения невозможна для времен измерения  $< 1 \text{ PLC}$  (1 периода колебаний), несмотря на установку LSYNC.

## Ток утечки (Режим инъекции малого заряда)

Ток утечки для канала 1 очень мал (размах сигнала составляет 0,5 мкА), поэтому он не влияет существенно на рабочие характеристики приборы. То же самое утверждение относится и к Каналу 2, пока вход LO Канала 2 подсоединен к входу LO Канала 1. Этот ток утечки связан с внутренними переходными процессами переключений и возникает между аналого-цифровыми преобразованиями. Установление переходного процесса происходит на следующем аналого-цифровом преобразовании. Поскольку импеданс между входом LO Канала 2 и входом LO Канала 1  $> 100$  кОм, ток утечки может быть достаточно большим, чтобы испортить измерения на уровнях ниже 1 В. При измерениях выше 1В током утечки можно пренебречь.

**Режим инъекции малого заряда** — Если Вам требуется использовать Канал 2 для измерений ниже 1 В, а импеданс между входом LO Канала 2 и входом LO Канала 1  $> 100$  кОм, можно включить режим инъекции малого заряда, чтобы уменьшить ток утечки. Однако этот режим увеличивает шумы примерно в 8 раз.

Режим инъекции малого заряда может включаться или выключаться через интерфейсы GPIB или RS232. Команды на управление инъекцией малого заряда приведены в Таблице 2-2. Режим инъекции малого заряда не может быть включен с лицевой панели. Однако он может быть выключен с лицевой панели путем восстановления условий заводской настройки.

## SCPI программирование – ACAL, Автоматическая установка нуля, LSYNC и Инжекция малого заряда

Таблица 2-2

SCPI Команды- ACAL, Автоматическая установка нуля, LSYNC и Инжекция малого заряда

Команды	Описание	Стандартные настройки
<b>Для ACAL:</b>		
:CALibration	Подсистема CAL (калибровки)	
:UNPRotected		
: ACALibration	ACAL:	
:INITiate	Подготовка Модели 2182 для ACAL	
:STEP1	Выполнение полной калибровки (100В и 10мВ)	
:STEP2	Выполнение низкоуровневой калибровки (только диапазон 10мВ)	
:DONE	Выход из ACAL	
:TEMPerature?	Считывание внутренней температуры (в °C) во время последней ACAL	
:SENS	Подсистема SENSE (считывание)	
:TEMPerature		
:RTEMPtrature?	Измерение текущей внутренней температуры (в °C)	
<b>Для Автоматической установки нуля:</b>		
:SYSTem	Подсистема SYST	
:AZERO <b>	Включение или выключение автоматической установки нуля	ВКЛ
<b>Для LSYNC:</b>		
:SYSTem	Подсистема SYST	
:LSYNc <b>	Включение или выключение синхронизации по колебаниям сетевого напряжения	ВЫКЛ
<b>Для режима инъекции малого заряда:</b>		
:SENSe:VOLTage	Подсистема SENSE (считывание)	
:CHANnel2		
:LQMode <b>	Включение или выключение режима инъекции малого заряда для Канала 2 (для детального ознакомления смотрите «Ток утечки»)	ВЫКЛ

**Примечание:** После отправки команды :DONE нановольтметр Модели 2182 переходит в состояние ожидания. Команда INIT необходима для запуска показаний.

## Соединения

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Опасным для жизни напряжением считается амплитудное напряжение 42В и выше. Чтобы предупредить электрическое поражение, которое может привести к телесному повреждению или смерти, **НИКОГДА** не проводите соединений или разъединений разъемов при наличии опасного напряжения.

**ОСТОРОЖНО** Превышение следующих пределов может привести к повреждению прибора, которое не предусмотрено гарантийными обязательствами:

Входы LO и HI Канала 1 имеют возможность измерения амплитудных значений до 120 В. Эти входы защищены от амплитуды 150 В по отношению к любому терминалу или от амплитуды 350 В по отношению к шасси.

Входы LO и HI Канала 2 имеют возможность измерения амплитудных значений до 12 В. Вход HI Канала 2 защищен от амплитуды 150 В по отношению к любому терминалу, а вход LO Канала 2 защищен от амплитуды 70 В по отношению к входу LO Канала 1. Оба входа защищены от амплитуды 350 В по отношению к шасси.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Как правило используйте, когда это возможно, Канал 1 для измерения напряжений ниже 1 В. При использовании Канала 2 для измерения напряжений ниже 1 В и при импедансе между входом LO Канала 2 и входом LO Канала 1 больше 100 кОм ток утечки может быть достаточно большим, чтобы увеличить погрешность измерения. В этом случае должен быть включен режим инъекции малого заряда, чтобы уменьшить ток утечки (за счет увеличения шумов). Смотрите для детального ознакомления «Рассмотрения рабочих характеристик. Ток утечки».

## Методы соединения

В испытательных цепях должны использоваться соединения типа медь-к-меди, когда это возможно, чтобы минимизировать термоэдс, которые могут повлиять на точность измерений. (Смотрите для информации о термоэдс «Ошибки измерений – Внешние причины»).

Любые паяные соединения в Вашей испытательной цепи требуют использования серебряного припоя для уменьшения термоэдс. Вы можете заказать в фирме Keithley серебряный припой длиной 20 футов (номер запасных частей 2182-325A). Наряду с серебряным припоем в поставку также включается таблица с перечислением химических составляющих припоя.

**ОСТОРОЖНО** Серебряный припой имеет высокую точку плавления. Примите меры, чтобы не повредить коннектор типа LEMO (или любое другое устройство) при использовании чрезмерного разогрева.

## Входной кабель Модели 2107

Входной кабель Модели 2107, который является поставляемым аксессуаром, заканчивается коннектором типа LEMO на одном конце и медными наконечниками – на другом. Кабель экранируется с помощью заземленного шасси, когда соединяется с Моделью 2182. Проводка кабеля изготовлена из скрученной серебряной проволоки. Входной кабель показан на Рисунке 2-2. Этот кабель может использоваться при проведении измерений напряжения и измерений температуры с использованием внешнего моделированного опорного спая.



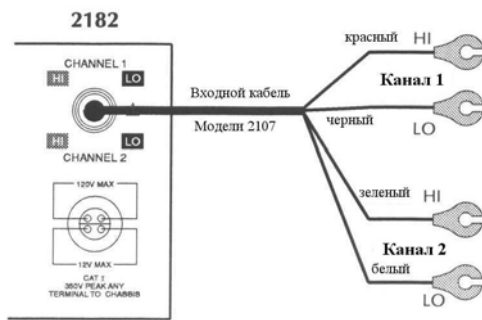


Рисунок 2-2  
Входной кабель Модели 2107

**Соединения при измерении напряжения** — Механически подсоединить (зажать) очищенные медные наконечники кабеля к очищенным медным коннекторам испытываемой цепи. Для испытываемой цепи использовать чистую медную проволочную шину диаметром 10 мм, когда это возможно. Чистые соединения типа медь-к-меди минимизируют термоэдс, которая может испортить измерения (увеличить погрешность). Смотрите «Очистка коннекторов испытываемой цепи» (в этом Разделе).

Если необходимо, Вы можете отрезать медные наконечники входного кабеля Модели 2107 и подсоединить провода непосредственно к Вашей испытываемой цепи. При пайке использовать серебряный припой, чтобы минимизировать термоэдс.

**Соединения при измерении температуры (моделированный опорный спай)**—Для измерений температуры с использованием внешнего моделированного опорного спаива просто прикрутить (или зажать) провода термопары к медным наконечникам (или оголенным проводам) входного кабеля.

## Стандартные соединения

Измерения температуры с использованием внутреннего опорного спаива требуют, чтобы провода термопары припаивались непосредственно к LEMO коннектору, который подсоединяется к входу Модели 2182. При пайке использовать серебряный припой, чтобы минимизировать термоэдс. На Рисунке 2-3 показана идентификация терминалов LEMO коннектора.

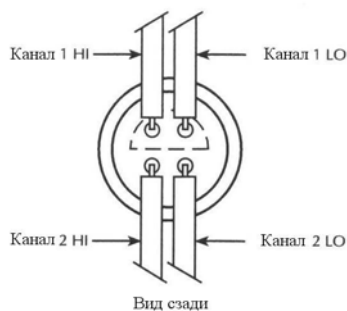


Рисунок 2-3  
LEMO коннектор – Идентификация терминалов

Для выполнения этих стандартных соединений Вы можете модифицировать поставляемый входной кабель, или использовать LEMO коннектор, включенный в комплект поставки Модели 2182.

**ОСТОРОЖНО** Серебряный припой имеет высокую точку плавления. Примите меры, чтобы не повредить коннектор типа LEMO при использовании чрезмерного разогрева.

## Соединения только при измерении напряжения

**Соединения при одноканальном измерении**—На Рисунке 2-4 показаны типичные соединения при измерениях на испытуемом устройстве с использованием одного канала. При использовании Канала 2 его входы должны быть привязаны к входу LO Канала 1, как показано на Рисунке 2-4b.

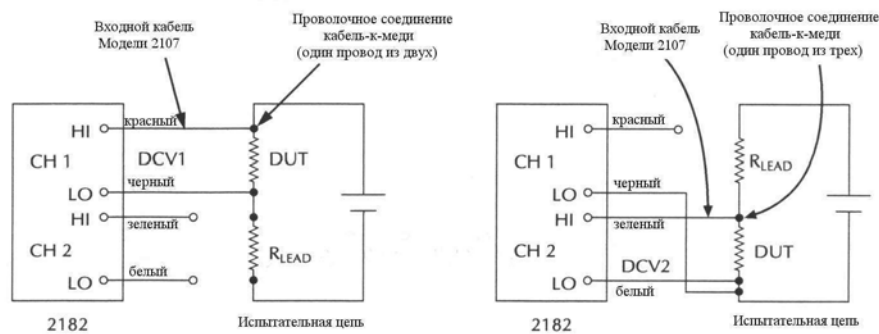


Рисунок 2-4

**Соединения – Одноканальные измерения напряжения**

**Соединения при двухканальном измерении**—Двухканальный вариант измерения Модели 2182 позволяет проводить сравнительные измерения на испытуемой цепи. Рисунок 2-5А показывает типичные соединения при выполнении сравнительных измерений на двух устройствах в измерительной цепи. Для этой измерительной конфигурации нет разностного напряжения между двумя измерительными каналами. Вход HI Канала 2 соединен непосредственно с входом LO Канала 1.

На Рисунок 2-5В показана измерительная конфигурация, которая имеет разностное напряжение между двумя каналами. Разность составляет 2 В, падающих на сопротивлении R. Канал 1 измеряет напряжение на испытуемом устройстве №1, а Канал 2 измеряет напряжение на испытуемом устройстве №2. Внутри, АЦП привязывает измерение Канала 2 к входу LO Канала 1. Например, если 1 В подается на Канал 2, и имеется разностное напряжение 2В между двумя каналами, то на АЦП подается 3В. Поэтому, если Канал 2 находится в диапазоне 1 В, то 3 В, подаваемые на АЦП, будут вызывать его переполнение. Измерения 1 В на Канале 2 может осуществляться только в 10 В диапазоне.

Следует также отметить, что разностное напряжение на каналах уменьшает максимальную измерительную возможность Канала 2. Обычно Канал 2 может измерять до 12В, однако разность 2В уменьшает максимальную измерительную возможность Канала 2 до 10 В. На Рисунок 2-5А входной сигнал больше 10В на Канале 2 создаст условие его переполнения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Сигналы на входах HI или LO Канала 2 не могут отличаться больше чем на 12В от сигнала на входе LO Канала 1.

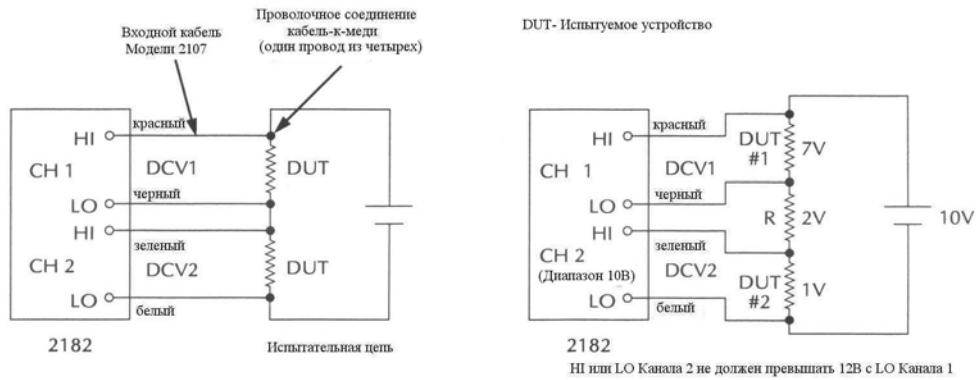


Рисунок 2-5  
Соединения – Двухканальное измерение напряжения

## Соединения только для измерения температуры

Канал 1 Модели 2182 может использоваться для проведения измерений температуры. Рисунок 2-6 показывает соединения с использованием внутреннего опорного спая. Имейте в виду, что проволочки термопары должны припаиваться непосредственно к LEMO коннектору, как упоминалось выше.

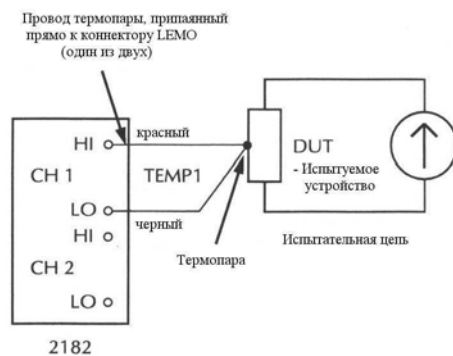


Рисунок 2-6  
Соединения – Измерение температуры (Внутренний опорный спай)

Рисунок 2-7 показывает соединения только для измерения температуры с использованием ледяной ванны в качестве моделированного опорного спая. Следует отметить, что точки соединений входного кабеля и проволочек термопар погружены в ледяную ванну.



Рисунок 2-7

**Соединения –Измерение температуры (Моделированный опорный спай)**

## Соединения для измерений напряжения и температуры

Канал 1 должен использоваться для измерений напряжения, поскольку он имеет широкий диапазон измерений, оставляя за Каналом 2 измерение температуры.

Пример соединения с использованием внутреннего опорного спая для температурных измерений показан на Рисунке 2-8. В этом примере Канал 1 измеряет падение напряжения на испытуемом устройстве, а Канал 2 измеряет температуру испытуемого устройства. Отметим проволочную перемычку от термопары к низковольтному концу испытуемой цепи. Если испытуемое устройство изготовлено из металла и уже соединено с низковольтным концом испытуемой цепи, перемычка не требуется. Точно также, если имеется хороший тепловой контакт между испытуемым устройством и низковольтным концом цепи, термопара может соединяться непосредственно с низковольтным концом.

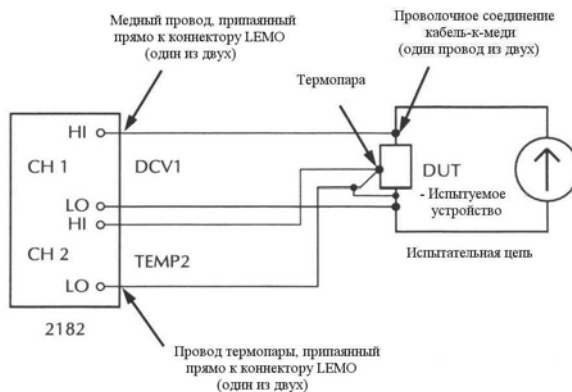


Рисунок 2-8

**Соединения –Измерение напряжения и температуры (Внутренний опорный спай)**

Рисунок 2-9 показывает то же самое испытание, когда используется моделированный опорный спай (ледяная ванна).

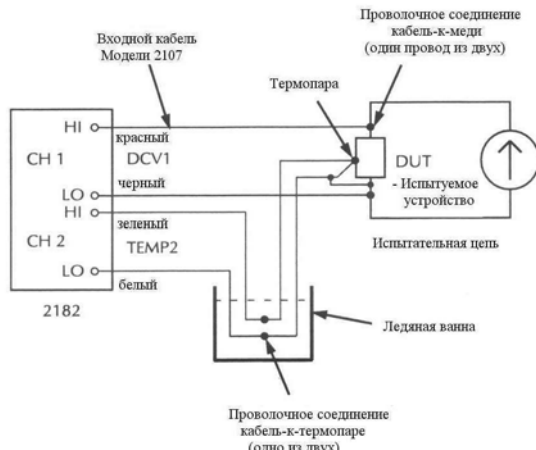


Рисунок 2-9

**Соединения –Измерение напряжения и температуры (Моделированный опорный спай)**

## Чистка коннекторов испытываемой цепи

Когда это возможно, соединения типа медь-к-меди должны использоваться в Вашей испытываемой цепи для минимизации термоэдс. Однако, оголенная медь чувствительна к окислению, которое может повлиять на погрешность измерений. Перед выполнением соединения удостоверьтесь, что на поверхностях медных контактов нет окислов. Для чистки медных коннекторов можно использовать Деоксит. Маленькая бутылочка Деоксита поставляется вместе с Моделью 2182.

Входной кабель Модели 2107 заканчивается медными наконечниками, и терминалы соединений LEMO коннектора также выполнены из меди. Выполните следующие операции по очистке медных коннекторов, используемых в Вашей испытываемой цепи.

1. Используя безворсовый пористый тампон (или другой аппликатор), впитайте небольшое количество Деоксита.
2. Нанесите небольшое количество Деоксита на коннектор/контакт. Требуется только тонкий слой.

**ПРИМЕЧАНИЕ** После чистки выполните соединения испытываемой цепи заблаговременно, чтобы предохранить их от появления окислов на оголенных поверхностях коннектора.

## Конфигурирование температурных измерений

Если Вы собираетесь проводить измерения температуры, Вам необходимо конфигурировать Модель 2182 нужным образом с помощью меню конфигурации температуры:

### Меню конфигурации температуры

Пункты меню конфигурации температуры объясняются следующим образом:

**UNITS** — Выбрать желаемый указатель единиц для отсчетов температуры (°C, °F или K).

**SENS** — Выбрать термопару (TCOUPLE) для проведения измерения температуры. Используется внутренний (INTERNAL) датчик для измерения внутренней температуры Модели 2182.

**TYPE** — Выбрать тип термопары, которую Вы хотите использовать для измерения температуры (J, K, T, E, R, S, B или N).

**JUNC** — Выбрать INTRNL, чтобы привязать измерения к внутреннему опорному спаю. Выбрать SIM, чтобы привязать измерения к внешнему моделированному опорному спаю. После выбора SIM появится подсказка войти в режим измерений температуры с использованием моделированного опорного спаю.

После нажатия клавиши SHIFT, а затем TCOUP для доступа к меню использовать следующие правила конфигурации температуры:

- Имеются четыре пункта меню: UNITS, SENS, TYPE и JUNC. Вместе с каждым пунктом меню высвечивается текущий вариант. Например, если °C является текущим вариантом единиц, то высвечивается “UNITS:C”.
- Мигающие символы указывают положение курсора. Курсор может находиться на названии пункта меню (т.е. мигает UNITS) или на варианте пункта меню (т.е. мигает C). Положение курсора управляется клавишами ◀ и ▶.
- Когда курсор установлен на названии пункта меню, Вы можете использовать клавиши ▲ или ▼, чтобы перемещаться на другие пункты меню. Нажатие клавиши ENTER выбирает высвечиваемый вариант и перемещает на следующий пункт меню (или приводит к выходу из меню).

Когда курсор установлен на вариант пункта меню, Вы можете использовать клавиши ▲ или ▼, чтобы высветить один из других вариантов этого пункта меню. Нажатие клавиши ENTER выбирает высвечиваемый вариант и перемещает на следующий пункт меню (или приводит к выходу из меню). Пункт меню SIM является исключением. После выбора SIM появится подсказка войти в режим измерений температуры с использованием моделированного опорного спаю. Используйте клавиши с изображениями стрелок, чтобы высветить величину и нажмите клавишу ENTER.

- Нажатие клавиши EXIT приводит к выходу из меню и возвращению к нормальному состоянию дисплея.

## Измерение напряжения и температуры

**ПРИМЕЧАНИЕ** Нижеприведенная процедура предполагает условия заводских настроек (смотрите Таблицу 1-2 в Разделе 1). Подробное описание по использованию других настроек и операций с лицевой панели дано в Разделах 3-8 этого Руководства.

Каждый раз, когда внутренняя температура Модели 2182 меняется на 1°C и более, необходимо калибровать диапазоны 10mV и 100V (смотрите подробнее пункт «Рассмотрения рабочих характеристик, ACAL»).

Всякий раз, когда коннектор типа LEMO входного кабеля Модели 2107 (или стандартный кабель) отсоединяется от входа нановольтметра на длительный период времени, входные коннекторы необходимо чистить, чтобы удалить окислы (смотрите пункт «Чистка входных коннекторов» в Разделе 1).

Не используйте оба канала для измерения температуры. Электрические соединения между двумя термопарами будут приводить к ошибочным отсчетам температуры.

*Чистка соединений типа медь-к-меди минимизирует термоэдс. Однако, при измерении очень малых напряжений термоэдс все таки имеют достаточную величину, чтобы ухудшить погрешность измерения. В этом случае используйте Относительную моду измерения Модели 2182, чтобы аннулировать это смещение. Смотрите пункт «Аннулирование эффекта термоэдс», который следует за основной процедурой измерения.*

### **Шаг 1 Подсоединение испытываемой цепи к Модели 2182**

Подсоединить испытываемую цепь к Модели 2182, как указано в пункте «Соединения». Рисунки 2-4 – 2-9 показывают соединения для измерений напряжения и температуры.

### **Шаг 2 Конфигурирование температуры (если возможно)**

Если собираетесь проводить измерения температуры, конфигурируйте температуру, как ранее было указано в пункте «Конфигурация температуры».

### **Шаг 3 Измерение с помощью Канала 1**

Если Канал 1 задействован для измерения напряжения, нажмите клавишу DCV1. Если он задействован для измерения температуры, нажмите клавишу TEMP1. Наблюдайте за показаниями на дисплее. Сигнализатор “CH1” указывает, что выбран Канал 1.

### **Шаг 4 Измерение с помощью Канала 2 (если возможно)**

**ПРИМЕЧАНИЕ** Входы Канала 2 должны быть привязаны к входу LO Канала 1.

Если Канал 2 задействован для измерения напряжения, нажмите клавишу DCV2. Если он задействован для измерения температуры, нажмите клавишу TEMP2. Наблюдать показания на дисплее. Сигнализатор “CH2” указывает, что выбран Канал 2.

### **Аннулирование эффекта термоэдс**

Нижеследующая процедура аннулирует действие термоэдс путем использования Относительной моды измерения Модели 2182. Для более подробной информации о термоэдс смотрите пункт «Рассмотрения низкоуровневого режима измерений. Термоэдс.» Подробное описание Относительной моды измерения дано в Разделе 4.

1. Подсоедините испытываемую цепь, но оставьте источник питания (напряжения или тока) отсоединенным или в состоянии готовности.
2. Выберите соответствующую функцию измерения напряжения: DCV1 или DCV2.
3. Если не используется режим автоматической установки диапазона, выберите возможно более низкий измерительный диапазон, чтобы отобразить на дисплее напряжение смещения.
4. На нановольтметре 2182 нажмите клавишу REL, чтобы обнулить дисплей.
5. Если нужно, повторите шаги 2 –4 для другого канала.
6. Подсоедините источник питания. Последующие показания уже не будут включать термоэдс, которая сведена к нулю.

## SCPI программирование – Измерения Напряжения и Температуры

Таблица 2-3

### SCPI команды – Измерения Напряжения и Температуры

Команды	Описание	Стандартная настройка
:SENSe		
:FUNction <name>	Выбирает функцию: “VOLT (напряжение)” или “TEMP (температура)”	VOLT
:CHANnel <chan >	Выбирает измерительный канал: 0, 1 или 2 (смотрите Примечание)	1
:DATA	Отображает показания 2182:	
[:LATest]?	Отображает последнее показание	
:FRESH?	Отображает новое показание	
:TEMPerature	Конфигурирует температурные измерения:	
:TRANsducer <name>	Выбирает датчик: TCouple (термопара) или INT (внутренний)	TCouple
:RJUNction	Конфигурирует опорные спаи:	
:RSElect <name>	Выбирает опорный спай: SIM (моделированный) или INT (внутренний)	INTernal
:SIMulated <n>	Определяет моделированную опорную температуру в °C: от 0 до 60	23
:TCouple <type>	Определяет тип термопары: J, K, T, E, R, S, B или N	J
:UNIT		
:TEMPerature <name>	Выбирает указатель единиц: C, F или K	C

**Примечание:** Канал 0 это внутренний температурный датчик. При выбранной функции измерения температуры показания Канала 0 отображают показания внутренней температуры. При выбранной функции измерения напряжения показания Канала 0 отображают отсчет напряжения датчика внутренней температуры.

## Рассмотрения низкоуровневого режима измерений

При низкоуровневых измерениях внешние по отношению к Модели 2182 эффекты влияют на точность измерений. Эффекты, незначительные при работе с высокими напряжениями, становятся существенными в нановольтовом диапазоне. Модель 2182 отсчитывает только сигнал, поступивший на его вход, поэтому важно, чтобы этот сигнал был должным образом передан от источника. Имеются два принципиальных



фактора, которые могут ухудшить точность измерений, это термоэдс и помехи, наводимые сетевым питанием.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Более детальная информация по термоэдс и другим явлениям, которые влияют на измерения низких уровней, приведена в Приложении С. Для информации о низкоуровневых измерениях смотрите также справочник «Измерения низких уровней», который можно получить в компании Keithley.

## Термоэдс

Термоэдс (термоэлектрические потенциалы) генерируются при наличии разности температур между соединениями разнородных металлов. Эти напряжения могут быть достаточно большими по сравнению с сигналами, которые должна измерять Модель 2182. Термоэдс могут вызвать нижеследующие эффекты:

- Нестабильность или смещение нуля, которые превышают допустимые уровни.
- Показания прибора чувствительны к изменениям температуры. Этот эффект может быть продемонстрирован прикосновением к испытываемой цепи рукой, размещением вблизи цепи источника тепла или созданием регулярной нестабильности (изменениями солнечного освещения или работой систем нагрева и кондиционирования воздуха).

Чтобы минимизировать термоэдс, используйте чистые соединения типа медь – к меди в испытываемой цепи всегда, когда это возможно. Смотрите подробности по методике соединений и их чистке в пункте «Соединения».

Широко диапазонные изменения температуры в пределах испытываемой цепи также могут создать термоэдс. Поэтому необходимо поддерживать окружающую температуру постоянной, чтобы минимизировать эти термоэдс. Уменьшению термоэдс помогают также защитные ограждения вокруг испытываемого устройства, благодаря устранению сквозняков.

Для аннулирования постоянного напряжения смещения можно использовать измерительную моду REL (относительные измерения). Базовая процедура по использованию моды REL описана в пункте «Измерение напряжения и температуры», а подробнее Относительные измерения описаны в Разделе 4.

## Помехи

Напряжения переменного тока, которые могут быть слишком велики по сравнению с измеряемыми сигналами постоянного тока, могут оказывать влияние на входной сигнал Модели 2182 и ухудшать точность измерения. Помехи (наводки) от переменного напряжения могут привести к одному или нескольким из следующих воздействий на Модель 2182:

- Неожиданные напряжения смещений
- Несовпадающие отсчеты одного и того же сигнала на разных диапазонах
- Внезапные сдвиги показаний

Чтобы минимизировать помехи от переменных напряжений, держите испытываемое устройство и Модель 2182 подальше от источников переменных электромагнитных полей. Величина напряжения, наведенного магнитным потоком, пропорциональна площади петли, образованной входными проводами. Поэтому сведите к минимуму

площадь петли подводящих проводов и подсоединяйте каждый входной сигнал только в одной точке.

Экранирование также помогает минимизировать помехи от переменных напряжений. Металлический экран должен окружать испытуемый контур и соединяться с входом LO Канала 1 или с винтом заземления шасси нановольтметра на задней панели.

## Прикладные задачи

### Измерения малых сопротивлений

Нановольтметр Модели 2182 вместе с источником тока может быть использован для измерения сопротивлений на уровнях ниже возможностей большинства обычных приборов. В нижеследующих параграфах обсуждаются методы измерений малых сопротивлений и приведены некоторые приложения для испытуемых электрических переключателей.

#### Методы измерений

Методы, используемые для измерений сопротивлений в нормальном диапазоне, обычно не подходят для проведения измерений малых сопротивлений из-за ошибок, вызванных падениями напряжения на испытательных проводах. Чтобы преодолеть эти ограничения, измерения малого сопротивления обычно выполняются с использованием 4-проводных соединений, показанных на рисунке 2-10 (метод Кельвина). Источник тока подает ток ( $I$ ) через неизвестное сопротивление, вызывая на нем падение напряжения. Несмотря на то, что имеется сопротивление проводов  $R_{LEAD}$ , оно не влияет на ток через испытуемое сопротивление  $R_{DUT}$ , поскольку ток подается от источника постоянного тока с высоким выходным импедансом. Таким образом, поскольку вольтметр имеет очень большое входное сопротивление (очень низкий ток утечки), ток через потенциальные провода должен быть ничтожно малым, и падение напряжения на их сопротивлениях  $R_{LEAD}$  по существу будет равно нулю. Поэтому напряжение, измеренное вольтметром, будет по существу таким же, как напряжение на испытуемом сопротивлении  $R_{DUT}$ .

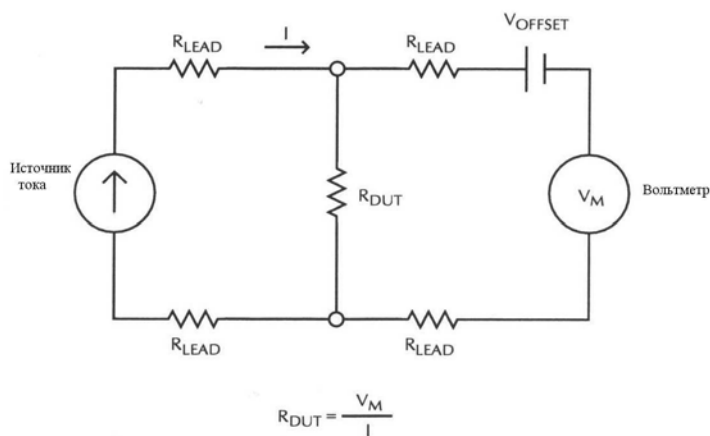


Рисунок 2-10

*4-проводный метод измерения малых сопротивлений*

Поскольку ток через измеряемое сопротивление и падение напряжения на нем известны, величину этого сопротивления можно легко найти из закона Ома:

$$R_{DUT} = \frac{V_M}{I}$$

**Компенсация термоэдс** — Хотя 4-проводный метод измерения минимизирует эффекты сопротивления проводов, на точность измерений малых сопротивлений могут повлиять другие факторы. Термоэдс и другие эффекты могут внести дополнительные постоянные добавки напряжения смещения ( $V_{Offset}$  на Рисунке 2-10) к измеряемому напряжению.

Чтобы аннулировать это напряжение смещения можно использовать режим относительных измерений Модели 2182. Обычно это делается отсоединением источника тока и обнулением показаний Модели 2182 нажатием клавиши REL (смотрите «Измерения напряжения и тока, Аннулирование эффекта термоэдс»). Постоянное напряжение смещения эффективно исключается, пока оно остается относительно стабильным. Если напряжение смещения меняется, то используется метод переполюсовки постоянного тока.

Методика переполюсовки постоянного тока с целью устранения эффектов термоэдс требует источника питания, который может выдавать токи, равные по величине, но противоположные по знаку. Обычно, измерение напряжения проводится как при положительной, так и при отрицательной полярности тока источника. Усредненная разность этих двух показаний исключает компонент термоэдс из результата измерения. Модель 2182 может проводить измерение в автоматическом режиме и затем рассчитать и отобразить на дисплее результат, используя режим дельта-измерения. Для дельта-измерений может быть использован Источник/Измеритель фирмы Keithley Модели 2400, 2410 или 2420) или источник тока фирмы Keithley Модели 220. Детальная информация по проведению дельта-измерения приводится в Разделе 5.

## Испытания контактов электрических переключателей

**Переключатели малой мощности** — Рисунок 2-11 показывает, как Модель 2182 может использоваться для измерения сопротивления контактов переключателя. Постоянный ток подается от источника тока фирмы Keithley Модели 220, который может обеспечить величину тока до 100 мА. Чтобы избежать пробоя оксидной пленки, напряжение на контактах переключателя должно быть  $\leq 20$  мВ. Такое ограничение напряжения обеспечивается выбором соответствующей величины тока. Например, при сопротивлении контакта 500 мОм величина тока не должна превышать 40 мА.

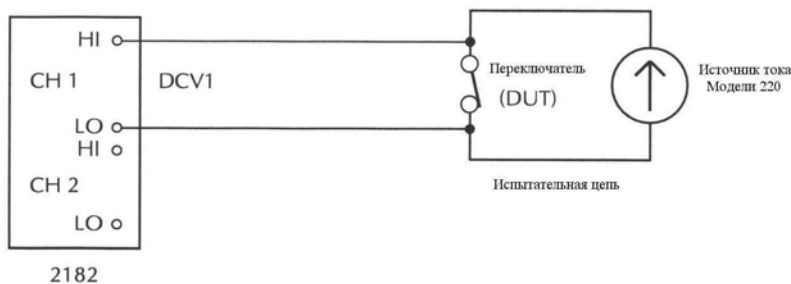


Рисунок 2-11

### Измерения сопротивления контактов переключателя

При известном токе и измеренном напряжении сопротивление может быть рассчитано по закону Ома:  $R = V/I$ .

**Переключатели большой мощности** — Нагрев является главным фактором при переключении большой мощности. По мере роста температуры переключателя возрастает сопротивление контакта. На Рисунке 2-12 теплота генерируется в переключателе пропусканием через него постоянного тока большой величины (например, 10 А).

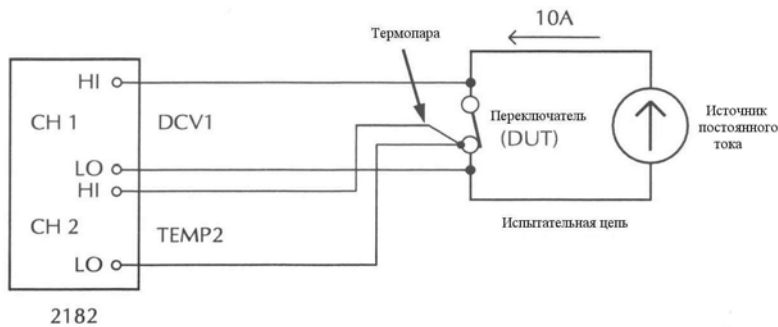


Рисунок 2-12

### Измерения сопротивления и температуры контактов переключателя

Модель 2182 измеряет и напряжение на контактах переключателя и температуру. Эти измерения позволят Вам построить график зависимости сопротивления от температуры. При известном токе и измеренном напряжении сопротивление может быть найдено из закона Ома :  $R = V/I$

## Сличения нормальных элементов

Сличения нормальных элементов проводятся путем измерения разности потенциалов между опорным и неизвестным нормальным элементом. Все разности напряжений нормальных элементов определяются при их встречно-последовательном включении. Положительные выводы нормальных элементов (V1 и V2) подсоединены к входам HI и LO нановольтметра, как показано на Рисунок 2-13А. Чтобы соединить ячейки с нановольтметром, должен использоваться Входной Кабель Модели 2107 (поставляется вместе с Моделью 2182), чтобы минимизировать ошибки, вызванные наличием термоэдс ( $V_{\text{ТЭДС}}$ ).

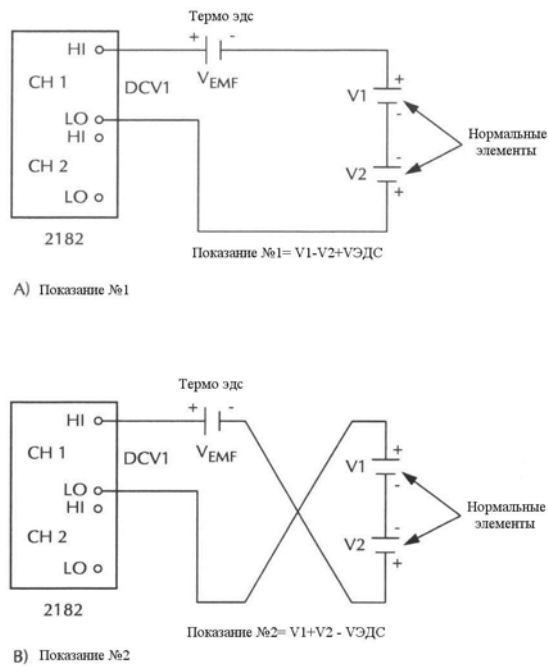


Рисунок 2-13

### Измерения при сличениях нормальных элементов

После того, как выполнены соединения для проведения измерений, необходимо принять меры предосторожности, чтобы избежать термически генерируемых потенциалов. Для минимизации эффектов термоэдс второе измерение выполняется при противоположном подключении входов нановольтметра, как показано на Рисунке 2-13В. Малая разность потенциалов рассчитывается путем усреднения абсолютных величин двух показаний. Расчет стандартного отклонения по результатам нескольких измерений поможет убедиться в этом.

После достижения стабильности результатов проводится измерение реальной разности напряжений между нормальными элементами. Для каждого сличения обычно усредняется несколько показаний. Это процесс сличений затем повторяется каждую неделю, месяц или год, в зависимости от лабораторных стандартов. Результаты затем представляются в виде графика и сличаются по времени.

## Сличения термостатированной меры напряжения на стабилитронах Зенера и цепочки джозефсоновских переходов

Метрологические характеристики термостатированной стабилитронной меры напряжения могут быть проанализированы путем ее сличения с цепочкой переходов Джозефсона при использовании обоих каналов Модели 2182. В криогенном окружении цепочка переходов Джозефсона обеспечивает выходное напряжение в виде прецизионных стабильных ступенек величиной 175 мкВ.

Испытательная цепь для этой прикладной задачи показана на Рисунке 2-14. Цепочка переходов Джозефсона юстируется до тех пор, пока Канал 1 Модели 2182 не будет показывать  $0\text{В} \pm 10\text{мкВ}$ . Нулевые условия указывают на то, что напряжение тер-

мостатированной меры напряжения то же самое, что напряжение цепочки. Канал 2 Модели 2182 используется для определения конкретной ступеньки напряжения, на которую настроена цепочка переходов Джозефсона. Канал 1 может затем использоваться для исследования шумовых и дрейфовых характеристик термостатированной меры напряжения.

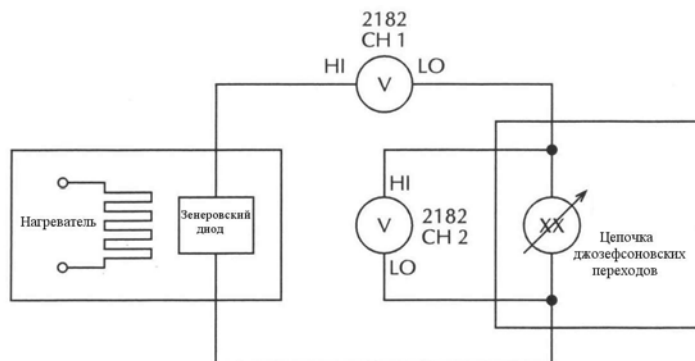


Рисунок 2-14

**Определение характеристик термостатированной меры напряжения**

**3****Диапазоны, Разряды, Скорости  
измерений и Фильтры**



- **Диапазоны** — Детально описывается выбор диапазона измерений для функций DCV1 и DCV2. Включает SCPI команды для дистанционных операций.
- **Разряды** — Детально описывается выбор разрешения дисплея для измерений напряжения и температуры. Включает SCPI команды для дистанционных операций.
- **Скорости измерений** — Детально описывается выбор скорости отсчетов. Включает SCPI команды для дистанционных операций.
- **Фильтры** — Детально описывается операции по конфигурированию и управлению фильтрами. Включает SCPI команды для дистанционных операций.

## Диапазоны

Выбранный диапазон влияет как на точность измерения напряжения, так и на максимальное напряжение, которое может быть измерено. Измерительная функция DCV1 имеет пять диапазонов: 10мВ, 100мВ, 1В, 10В и 100В. Функция DCV2 имеет три диапазона измерения: 100мВ, 1В и 10 В. Установка диапазона (фиксированная ручная или автоматическая) запоминается каждой функцией измерения напряжения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Доступные диапазоны напряжения для режима измерения отношений ( $V1/V2$ ) зависят от того, какой Канал является действующим, когда включается режим ( $V1/V2$ ). Если был выбран Канал 1, то при включении режима измерения отношений доступными будут диапазоны DCV1. Если действующим был Канал 2, то при включении режима измерения отношения доступны будут диапазоны DCV2. Полная информация о выборе диапазонов для режима измерения отношений дана в Разделе 5.

Диапазон не выбирается для температурных измерений (TEMP1 и TEMP2). Измерения температуры выполняются в единственном фиксированном диапазоне. Клавиша DIGITS устанавливает число разрядов показаний (разрешение).

### Максимальные показания

Максимальные отсчеты для каждого диапазона напряжения превышают на 20%

значения диапазона. Например, на 10В-диапазоне максимальное входное напряжение будет  $\pm 12В$ .

В зависимости от используемого типа термопары максимальные показания температуры лежат в диапазоне от  $-200^{\circ}C$  до  $1820^{\circ}C$ . В Спецификациях (Приложение А) перечислены диапазоны показаний для каждого типа термопары.

Входные значения, которые превышают максимальные показания, приводят к сообщению о переполнении, отображаемому на дисплее (“OVRFLW”).

### Ручная установка диапазонов

Чтобы выбрать диапазон, нажмите клавишу диапазона ▲ или ▼. При каждом нажатии клавиши прибор меняет один диапазон. Выбранный диапазон отображается на дисплее в течение одной секунды. Обратите внимание, что клавиши ручной установки диапазонов не влияют на функцию температуры (TEMP1 и TEMP2).

Если прибор выдает на дисплее сообщение “OVERFLW” по какому-то диапазону, выбирайте более высокий диапазон до тех пор, пока не появится показание в пределах включенного диапазона. Используйте самый низкий возможный диапазон, не допуская переполнения, чтобы обеспечить максимальную точность и разрешение.

### Автоматическая установка диапазонов

Чтобы включить автоматический выбор диапазонов, нажмите клавишу AUTO. При выборе автоматической установки диапазонов включится указатель AUTO. Если включена автоматическая установка диапазонов, прибор автоматически выбирает наилучший диапазон для измерения подаваемого сигнала. Не следует использовать автоматическую установку диапазонов, если требуется оптимальная скорость измерений. Обратите внимание, что клавиша автоматической установки диапазонов не влияет на функцию измерения температуры (TEMP1 и TEMP2).

Максимальный отсчет составляет 120% от диапазона, в то время как минимальный отсчет – 10% от номинального значения диапазона.

Чтобы выключить автоматическую установку диапазонов, нажмите AUTO и клавишу RANGE ▲ или ▼. Нажатие AUTO для выключения автоматической установки диапазонов оставляет прибор на текущем диапазоне.

## SCPI программирование- Диапазоны

Таблица 3-1

### SCPI Команды – Диапазоны

Команды	Описание	Стандартная настройка
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:VOLTage	Функции измерения напряжения:	
[:CHANel1]	Канал 1 (DCV1):	
:RANGe	Выбор диапазона:	
[:UPPer]<NRf>	Определяет ожидаемые показания: от 0 до 120 (Вольт)	120
:AUTO <b>	Включает или выключает автоматическую установку диапазонов.	
:CHANel2	Канал 2 (DCV2):	
:RANGe	Выбор диапазона:	
[:UPPer]<NRf>	Определяет ожидаемые показания: от 0 до 12 (Вольт)	12
:AUTO <b>	Включает или выключает автоматическую установку диапазонов	

## Разряды

Клавиша DIGITS устанавливает разрешение дисплея для Модели 2182. Для отсчетов напряжения можно установить разрешение дисплея от 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> разрядов. Для отсчетов температуры можно установить разрешение от 4 до 7 разрядов.

Вы можете иметь отдельную установку разрядов для функций измерения напряжения и температуры. Установка разрядов для функции измерения напряжения применима для другой функции напряжения. Например, если Вы установили для DCV1 5 разрядов, то DCV2 также будет установлена на 5 разрядов. Аналогично, установка разрядов для функции измерения температуры применима для другой температурной функции. Установка TEMP1 на 6 разрядов означает, что TEMP2 также будет

установлена на 6 разрядов.

Установка разрядов не оказывает никакого воздействия на формат дистанционных отсчетов. Количество установленных на дисплее разрядов не влияет на точность и скорость измерений. Эти параметры контролируются установкой RATE.

Выполнить следующие операции, чтобы установить разрешение дисплея:

1. Выбрать нужную измерительную функцию.
2. Нажимать клавишу DIGITS до тех пор, пока не высветится нужное число разрядов.

## SCPI программирование- Разряды

Таблица 3-2

### SPCI команды – Разряды

Команды	Описание	Стандартная настройка
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:VOLTage	DCV1 и DCV2:	
:DIGits <n>	Задаёт разрешение дисплея : от 4 до 8	8
TEMPerature	TEMP1 и TEMP2	
:DIGits <n>	Задаёт разрешение дисплея : от 4 до 7	6

## Скорость измерения

Клавиша RATE устанавливает время интегрирования АЦП. Это есть период времени, в течение которого измеряется входной сигнал (известен также как апертурное время). Время интегрирования влияет на величину шумовых помех показаний, а также на предельную скорость отсчетов прибора. Время интегрирования определяется через параметры, основанные на количестве периодов колебаний сетевого питания (NPLC), где 1 PLC для 60Гц - сети равен 16,67 мс (1/60) и 1 PLC для 50Гц- сети (и 400Гц) равен 20мс (1/50).

Обычно, Модель 2182 имеет параболическую форму зависимости скорости отсчетов от величины шумов, что показано на Рисунке 3-1. Модель 2182 оптимизирована для скорости отсчетов от 1 PLC до 5 PLC. При этих скоростях отсчетов (область наименьших шумов на графике) Модель 2182 будет выполнять коррекцию своих собственных внутренних смещений и оставаться еще достаточно быстрой, чтобы установить время измерений меньше 100мс.

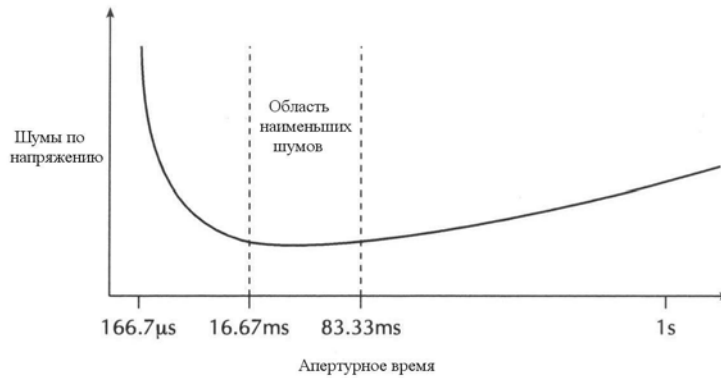


Рисунок 3-1

### Зависимость скорости измерений от величины шумов

Вы можете иметь отдельную установку скорости для функций измерения напряжения и температуры. Установка скорости для функции напряжения применима для другой функции напряжения. Например, если Вы установили DCV1 на скорость 0,1 PLC (быстрая), то DCV2 также будет установлена на 0,1 PLC (быстрая). Аналогично, установка скорости для функции измерения температуры применима к другой функции измерения температуры. Установка TEMP1 на 5 PLC (медленная), также устанавливает TEMP2 на 5 PLC (медленная).

Выбор скорости измерений RATE с лицевой панели объясняется следующим образом:

- 0,1 PLC – Выбирает самое быстрое время интегрирования с лицевой панели. Выбирать 0,1 PLC (быстрая), если скорость измерений играет главную роль (за счет увеличения уровня шумов).
- 1 PLC – Выбирает среднее время интегрирования. Выбирать 1 PLC (средняя), когда допустим компромисс между уровнем шумов и скоростью измерений.
- 5 PLC – Выбирает самое медленное время интегрирования с лицевой панели. Выбор 5 PLC (медленная) обеспечивает самые лучшие шумовые характеристики в ущерб скорости измерений.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для дистанционных операций время интегрирования может быть установлено от 0,01 PLC до 60 PLC (50 PLC для 50Гц – сети питания). Время интегрирования (апертурное время) может быть соответственно установлено от 166,67мкс (200мкс для 50Гц) до 1с.

Выполнить следующие операции, чтобы установить скорость интегрирования:

1. Выбрать нужную функцию.
2. Нажимать клавишу RATE до тех пор, пока на дисплее не отобразится выбранное число периодов колебаний напряжения сетевого питания (PLC). Будет включен соответствующий индикатор (FAST, MED или SLOW).

## SCPI программирование- Скорость измерения

Таблица 3-3

### SPCI команды – Скорость измерения

Команды	Описание	Стандартная настройка
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:VOLTage	DCV1 и DCV2:	
:NPLCycles <NRf>	Задаёт скорость интегрирования в PLC: от 0,01 до 60 (60Гц); от 0,01 до 50 (50Гц)	5
APERture <n>	Задаёт скорость интегрирования в секундах: от 166,67мкс до 1с (60Гц); от 200мкс до 1с (50Гц)	83,33мс
TEMPerature	TEMP1 и TEMP2	
:NPLCycles <NRf>	Задаёт скорость интегрирования в PLC: от 0,01 до 60 (60Гц); от 0,01 до 50 (50Гц)	5
APERture <n>	Задаёт скорость интегрирования в секундах: от 166,67мкс до 1с (60Гц); от 200мкс до 1с (50Гц)	

## Фильтры

Модель 2182 имеет аналоговый и цифровой фильтры. Когда фильтр включается нажатием клавиши FILT (индикатор FILT включен), то это предполагает комбинацию конфигураций аналогового и цифрового фильтров для текущей измерительной функции (DCV1, DCV2, TEMP1, TEMP2). Состояние фильтра (включен или выключен) и его конфигурация сохраняются при каждой измерительной функции.

### Аналоговый Фильтр

При включенном аналоговом низкочастотном фильтре коэффициент подавления помех нормального типа модели 2182 возрастает на 60Гц. Такие фильтры гасят шумы, наводимые сетью питания. Аналоговый фильтр начинает ослаблять шумы, начиная с частоты 13Гц, при скорости нарастания коэффициента режекции 20дБ/декаду.

Главное назначение аналогового фильтра – предохранять входную ступень модели 2182 с большим коэффициентом усиления от насыщения, обусловленного наличием высокого напряжения постоянного и переменного токов. Заметим однако, что фильтр ослабляет только напряжения переменного тока для диапазона 10мВ модели 2182.

Аналоговый фильтр добавляет примерно 125мс к времени установления

(стабилизации) между аналого – цифровыми преобразованиями. Добавочное время установления может понадобиться при использовании высокоимпедансного ( $\geq 100\text{кОм}$ ) источника питания в испытательной цепи.

Увеличенное время установления приводит к существенному уменьшению скорости отсчетов модели 2182. Поэтому если аналоговый фильтр не нужен, выключите его.

## Цифровой Фильтр

Цифровой фильтр используется для стабилизации процесса измерений при наличии помех. Отображаемое на дисплее, сохраняемое или передаваемое по шинам показание представляет собой усредненную по ряду цифровых отсчетов (от 1 до 100) величину в определенном диапазоне значений (окне фильтра).

### Характеристики Цифрового Фильтра

Обычно, цифровой фильтр размещает определенное число аналого – цифровых преобразований (сумматор фильтра) в стеке памяти. Эти аналого – цифровые преобразования должны осуществляться последовательно в пределах выбранного окна показаний (Окно Фильтра). Затем цифровые отсчеты в стеке усредняются и выдается одно отфильтрованное показание. Стек памяти может наполняться двумя путями (Тип Фильтра): с перемещаемым усреднением показаний или с повторяющимся усреднением. Фильтр с перемещаемым усреднением добавляет (и удаляет) один единственный отсчет АЦП в стек (и из стека) перед проведением усреднения, в то время как фильтр с повторяющимся усреднением усредняет стек, который затем снова заполняется новыми отсчетами АЦП.

Подробные характеристики цифрового фильтра:

**Сумматор (счетчик) Фильтра** — Сумматор фильтра определяет как много последовательных аналого – цифровых преобразований (в пределах окна фильтра) поместить в стек памяти. Когда стек заполняется, отсчеты АЦП усредняются, чтобы рассчитать конечное отфильтрованное показание. Сумматор фильтра может быть установлен на числа от 1 до 100. Заметим, что при сумматоре фильтра, установленном на 1, не производится никакого усреднения. Только показания в пределах окна фильтра будут выводиться на дисплей, сохраняться или пересылаться по адресу.

**Окно Фильтра** — Цифровой фильтр использует окно для управления порогом фильтра. До тех пор, пока входной сигнал остается в пределах выбранного окна, аналого-цифровые преобразования продолжают размещаться в стеке памяти. Если сигнал изменяется до величины, выходящей за пределы окна, то фильтр переустанавливается и начинает обработку снова, стартуя с нового начального отсчета с АЦП.

Пять выбираемых с лицевой панели окон следующие : 0.01%, 0.1%, 1%, 10% от диапазона и NONE (нет выбранного окна). Для дистанционных операций окно может быть установлено на любую величину от 0,01% до 10% или NONE.

При измерении напряжения окно фильтра выражается в процентах от диапазона. Например, на 10В – диапазоне 10% - окно означает в вольтах  $\pm 1\text{В}$ . Для температуры окно фильтра выражается в процентах от максимально возможного отсчета температуры. Максимальная температура зависит от используемой





термопары. Например, для термопары Типа J максимальное показание 760°C; 10% окно означает что окно фильтра в градусах составляет  $\pm 76^\circ\text{C}$ .

**Тип Фильтра** — Имеется два типа цифрового фильтра: с перемещаемым усреднением и с повторяющимся усреднением. Фильтр с перемещаемым усреднением использует кольцевой стек. Когда стек наполняется, отсчеты измерений с АЦП усредняются, выдавая результирующее показание. Для каждого последующего цифрового отсчета, помещаемого в стек, самое старшее показание сбрасывается и стек снова переусредняется, выдавая новое показание. Это процесс изображен на Рисунке 3-2А.

Для фильтра с повторяющимся усреднением стек заполняется, и цифровые отсчеты усредняются, выдавая отфильтрованное показание. Затем стек очищается, и процесс начинается снова (смотрите Рисунок 3-2В). Выбор этого фильтра для сканирования показаний с другого канала не приводит к усреднению с показаниями текущего канала.

**ПРИМЕЧАНИЯ** Фильтр с повторяющимся усреднением не может использоваться при дельта – измерениях. Если фильтр с повторением выбран, когда включен режим дельта – измерений, прибор будет перестраиваться на фильтр с перемещаемым усреднением. Дельта – измерения описаны в Разделе 5.

Фильтр с повторяющимся усреднением не может использоваться в режиме ступенчатых операций или сканирования. Если фильтр с повторением выбран, когда включен режим ступенчатых операций или сканирования, прибор будет перестраиваться на фильтр с перемещаемым усреднением. Режимы ступенчатых операций и сканирования описаны в Разделе 9.



А. Тип- Усреднение с перемещением, Число показаний = 10



В. Тип- Повторение, Число показаний = 10

Рисунок 3-2

**Фильтры с перемещаемым и повторяющимся усреднением**

## Пример цифрового фильтра

Сумматор фильтра = 10

Окно фильтра = 0.01% от диапазона

Тип фильтра = с перемещаемым усреднением

Десять показаний заполняют стек, чтобы выдать отфильтрованное показание. Теперь предположим, что следующее показание (т.е. номер одиннадцать) выходит за пределы окна. Показание будет обработано (отображено на дисплее); однако стек будет загружаться этим же показанием. Каждое последующее зачетное показание будет затем вытеснять одно из уже загруженных в стек показаний. Сигнализатор FILT будет мерцать до тех пор, пока 10 новых показаний не заполнят стек.

## Контроль и конфигурация фильтра

Клавиша FILT переключает состояние фильтра. Когда фильтр включен, сигнализатор FILT также включен. Когда выключен, сигнализатор FILT также выключается. Аналоговый и цифровой фильтры могут быть конфигурированы в зависимости от включения или выключения фильтра.

Выполнить следующие операции, чтобы конфигурировать фильтр:

1. Выбрать нужную функцию (DCV1, DCV2, TEMP1 или TEMP2).
2. Нажать клавишу SHIFT, затем TYPE. Текущее состояние аналогового фильтра (вкл или выкл) отобразится на дисплее.
3. Если Вы желаете изменить состояние аналогового фильтра, поместите курсор на "ON" или "OFF" и нажмите клавишу диапазона ▲ или ▼. Обратите внимание, что курсор управляется клавишами ◀ и ▶.
4. Нажмите ENTER. Текущее состояние цифрового фильтра (вкл или выкл) отобразится на дисплее.
5. Если Вы желаете изменить состояние цифрового фильтра, поместите курсор на "ON" или "OFF" и нажмите клавишу диапазона ▲ или ▼.
6. Нажмите ENTER. Текущее окно цифрового фильтра (0.01%, 0.1%, 1%, 10% или NONE) отобразится на дисплее.
7. Используйте клавиши диапазона ▲ или ▼, чтобы выбрать нужное окно.
8. Нажмите ENTER. Текущее число показаний сумматора цифрового фильтра (от 1 до 100) отобразится на дисплее.
9. Если Вы желаете изменить показание сумматора цифрового фильтра, используйте клавиши курсора и клавиши диапазона ▲ или ▼, чтобы отобразить нужное число.
10. Нажмите ENTER. Текущий тип цифрового фильтра (с перемещаемым усреднением или с повторяющимся усреднением) отобразится на дисплее.
11. Если Вы желаете изменить тип цифрового фильтра, поместите курсор на название типа фильтра и нажмите клавишу диапазона ▲ или ▼.
12. Нажмите ENTER. Прибор вернется в состояние нормального измерительного дисплея.

**ПРИМЕЧАНИЯ** Когда фильтр включен (горит указатель FILT), изменения конфигу

рации вступают в силу сразу же после выполнения. При выключенном фильтре (указатель *FILT* выключен), изменения конфигурации имеют место только после включения фильтра.

Если и аналоговый и цифровой фильтры конфигурированы на выключение, цифровой фильтр будет автоматически включаться, если (или когда) фильтр становится доступным (горит указатель *FILT*).

Когда происходит операция фильтрации, сигнализатор *FILT* мерцает. Показания будут продолжать обрабатываться (т.е. отображаться на дисплее, запоминаться, посылаться по шинам, отправляться на аналоговый выход), но они могут быть сомнительными. Когда индикатор *FILT* перестает мерцать, фильтр стабилизирован.

Изменение функции измерений или диапазона вынуждает переустанавливать фильтр. Фильтр будет затем находиться в состоянии (включен или выключен) и конфигурации для этой функции или диапазона.

Когда оба канала измеряют отношение величин (*Ratio*), используется состояние фильтра (включен или выключен) и конфигурация для канала 1 (*DCV1*).

## SCPI программирование- Фильтры

**ПРИМЕЧАНИЕ** Все команды фильтра являются частью подсистемы считывания

Таблица 3-4

### SCPI команды – Фильтр

Команды	Описание	Стандартная настройка
Для DCV1:		
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:VOLTage	Функция напряжения	
[:CHANnel1] :	Канал 1 (DCV1)	
LPASs <b>	Включает или выключает аналоговый фильтр.	OFF
DFILter	Конфигурирует и контролирует цифровой фильтр:	
WINDow <NRf>	Определяет окно фильтра (в %): от 0 до 10	0,01
COUNT <n>	Определяет сумматор фильтра: от 1 до 100	10
TCONtrol <name>	Определяет тип фильтра: MOVing или REPeat	MOVing
[:STATe] <b>	Включает или выключает цифровой фильтр	ON
Для DCV2:		
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:VOLTage		

Продолжение Таблицы 3-4

<b>Команды</b>	<b>Описание</b>	<b>Стандартная настройка</b>
[:CHANnel2] :	Канал 2 (DCV2)	
LPASs <b>	Включает или выключает аналоговый фильтр.	OFF
DFILter	Конфигурирует и контролирует цифровой фильтр:	
WINDow <NRf>	Определяет окно фильтра (в %): от 0 до 10	0,01
COUNt <n>	Определяет сумматор фильтра: от 1 до 100	10
TCONtrol <name>	Определяет тип фильтра: MOVing или REPeat	MOVing
[:STATe] <b>	Включает или выключает цифровой фильтр	ON
<b>Для TEMP1:</b>		
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:TEMPerature	Функция температуры:	
[:CHANnel 1] :	Канал 1 (TEMP1)	
:LPASs <b>	Включает или выключает аналоговый фильтр.	OFF
:DFILter	Конфигурирует и контролирует цифровой фильтр:	
:WINDow <NRf>	Определяет окно фильтра (в %): от 0 до 10	0,01
:COUNt <n>	Определяет сумматор фильтра: от 1 до 100	10
:TCONtrol <name>	Определяет тип фильтра: MOVing или REPeat	MOVing
[:STATe] <b>	Включает или выключает цифровой фильтр	ON
<b>Для TEMP2:</b>		
:SENSe:	Подсистема SENSe:	
:TEMPerature	Функция температуры:	
:CHANnel 2	Канал 2 (TEMP2)	
:LPASs <b>	Включает или выключает аналоговый фильтр.	OFF
:DFILter	Конфигурирует и контролирует цифровой фильтр:	
:WINDow <NRf>	Определяет окно фильтра (в %): от 0 до 10	0,01
:COUNt <n>	Определяет сумматор фильтра: от 1 до 100	10
:TCONtrol <name>	Определяет тип фильтра: MOVing или REPeat	MOVing
[:STATe] <b>	Включает или выключает цифровой фильтр	ON

**4**

**Относительные измерения,  $mX+b$  и  
Процент (%)**

- **Относительные измерения** – Дается объяснение как аннулировать смещение или установить базовое показание. Включает SCPI команды для проведения дистанционных операций.
- **$mX+b$  и Процент (%)**– Описывает эти две основные математические операции и включает SCPI команды для проведения дистанционных операций.

## Режим относительных измерений

Относительная мода (rel) обнуляет смещение или вычитает базовую величину из текущего и будущего показаний. При установлении относительного значения последующие показания будут представлять собой разность между текущим значением входного сигнала и относительным значением.

Отображаемое (в режиме относительных измерений) показание = Текущий входной сигнал – Относительное значение.

Как только rel – величина установлена для измерительной функции, она действует на всех диапазонах. Например, если в качестве относительного значения установлено 5В на 10В - диапазоне для DCV1, в диапазонах 100В, 1В, 100 мВ и 10 мВ относительное значение также составляет 5В.

Когда относительное значение больше выбранного диапазона, дисплей форматируется так, чтобы приспособиться к относительным показаниям. Однако, это не увеличивает максимально допустимого входного сигнала для этого диапазона. Входной сигнал, значение которого выходит за рамки диапазона, будет по-прежнему приводить к переполнению дисплея. Например, в диапазоне 10В Модель 2182 по-прежнему переполняется при входном сигнале 12В.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Показания в режиме относительных измерений используются для расчетов в режимах измерения отношения и дельта-измерения. Подробная информация об использовании rel – режима с дельта-измерениями и измерениями отношения величин дана в Разделе 5.

Для смещений, величины которых меняются, вместо режима относительных измерений (REL) необходимо использовать метод реверсирования (переполюсовки) постоянного тока. Этот метод использует для устранения смещений режим дельта – измерений модели 2182. Смотри подробнее о дельта – измерениях в разделе 5.

## Клавиша REL

Клавиша REL устанавливает относительную величину для выбранной функции (DCV1, DCV2, TEMP1 и TEMP2). Заметим, что для каждой измерительной функции может быть установлена только одна относительная величина.

Выполнить следующие шаги, чтобы установить относительную величину:

1. Выставить на дисплее показание, которое Вы хотите принять за rel – величину. Это может быть отсчет со смещением нуля, которое Вы хотите аннулировать, или это может быть относительный уровень, который Вы хотите использовать в качестве базовой величины.
2. Нажать клавишу REL. Индикатор REL включается и теперь последующие показания будут представлять собой разность между реальным входным сигналом и установленной относительной величиной.
3. Чтобы выключить REL-режим, нажмите клавишу REL второй раз. Индикатор REL выключится.



**ПРИМЕЧАНИЕ** Используя функцию  $mX+b$ , относительную величину можно установить вручную. Установите  $M$  на 1 и  $B$  на нужную относительную величину. Подробнее смотрите параграф “ $mX+b$ ”.

**Относительная величина для аналогового выхода** — Относительную величину можно установить также для аналогового выхода. Когда аналоговый выход в режиме REL включен, текущее значение напряжения аналогового выхода используется как относительная величина. Последующие показания аналогового выхода будут представлять собой разность между текущим значением аналогового выходного сигнала и относительной величиной.

Чтобы включить режим REL аналогового выхода, нажмите клавишу SHIFT, затем OUTPUT. На дисплее временно отобразится сообщение “AOUT REL ON”, указывающее, что режим включен. Чтобы выключить режим REL аналогового выхода, нажмите клавишу SHIFT, затем OUTPUT во второй раз. На дисплее временно отобразится сообщение “AOUT REL OFF”.

Подробнее информация об аналоговом выходе дана в Разделе 9 (Аналоговый выход).

## SCPI программирование- Режим относительных измерений

Таблица 4-1

SCPI команды – режим относительных измерений

Команды	Описание	Стандартная настройка
Для DCV1 и DCV2: :SENSe: :VOLTage [:CHANnel1] : :REFerence <n> :STATE <b>  :ACQuire  [:CHANnel2] : :REFerence <n> :STATE <b>	Подсистема SENSE: Функция напряжения Канал 1 (DCV1) Задает относительную величину : от –120 до 120 В Включает/выключает режим относительных измерений Использует входной сигнал в качестве относительной величины  Канал 2 (DCV2) Задает относительную величину : от –12 до 12 В Включает/выключает режим относительных измерений	 0 OFF   0 OFF

Продолжение Таблицы 4-1

Команды	Описание	Стандартная настройка
<p>:ACQuire</p> <p><b>Для TEMP1 и TEMP2:</b></p> <p>:SENSe:</p> <p>:TEMPerature</p> <p>[:CHANnel1] :</p> <p>:REFerence &lt;n&gt;</p> <p>:STATE &lt;b&gt;</p> <p>:ACQuire</p> <p>[:CHANnel2] :</p> <p>:REFerence &lt;n&gt;</p> <p>:STATE &lt;b&gt;</p> <p>:ACQuire</p> <p><b>Для аналогового выхода</b></p> <p>:OUTPut</p> <p>:RELative &lt;b&gt;</p>	<p>Использует входной сигнал в качестве относительной величины</p> <p>Подсистема SENSe:</p> <p>Функция температуры</p> <p>Канал 1 (TEMP1)</p> <p>Задаёт относительную величину : от –273 до 1800</p> <p>Включает/выключает режим относительных измерений</p> <p>Использует входной сигнал в качестве относительной величины</p> <p>Канал 2 (TEMP 2)</p> <p>Задаёт относительную величину : от –273 до 1800</p> <p>Включает/выключает режим относительных измерений</p> <p>Использует входной сигнал в качестве относительной величины</p> <p>Подсистема OUTPut</p> <p>При включении (ON), режим относительных измерений использует напряжение аналогового выхода в качестве относительной величины. Подавая ON с уже включенным режимом REL, получают новую относительную величину.</p>	<p>0</p> <p>OFF</p> <p>0</p> <p>OFF</p> <p>OFF</p>

## **mX+b и Процент (%)**

### **mX+b**

Эта математическая операция манипулирует со стандартными показаниями дисплея (X), согласно следующему выражению:

$$Y = mX + b$$

где :  $X$  - стандартное показание дисплея

$m$  и  $b$  - вводимые пользователем константы для коэффициента масштабирования и смещения

$Y$ -отображаемый результат

Чтобы конфигурировать и контролировать вычисление  $mX + b$ , выполните следующие операции:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем  $MX+B$ , чтобы выставить на дисплее текущий коэффициент масштабирования:  
M: +1.0000000^ (заводская настройка)
2. Зафиксируйте величину коэффициента масштабирования. Клавиши ◀ и ▶ управляют положением курсора, а клавиши диапазона ▲ и ▼ увеличивают и уменьшают разрядность. Для изменения диапазона поместите курсор на множитель и используйте клавиши ▲ и ▼ ( $m=x0.001$ ,  $\wedge=x1$ ,  $K=x1000$ ,  $M=x1,000,000$ ). При установке курсора на знак полярности клавиши ▲ и ▼ переключают полярность.
3. Нажмите ENTER, чтобы ввести величину M и вывести на дисплей величину B:  
B: +00.000000m (заводская настройка)
4. Зафиксируйте величину смещения.
5. Нажмите ENTER, чтобы ввести величину B и вывести на дисплей двухсимвольный указатель UNITS:  
UNITS: MX (заводская настройка)
6. Если требуется изменить указатель единиц (UNITS), используйте клавиши курсора ▲ и ▼. Символ может быть любой буквой алфавита (от A до Z).
7. Нажмите ENTER. Включится сигнализатор MATH, и результат вычислений отобразится на дисплее. Примите к сведению, что этот расчет применим ко всем функциям измерений.
8. Чтобы отключить  $mX+b$ , нажмите снова клавишу SHIFT, затем  $MX+B$ . Указатель MATH отключится.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Функция  $mX+b$  не влияет на аналоговый выход. Аналоговый выход имеет собственные настройки коэффициента усиления и смещения.

(смотрите подробнее в Разделе 10).

**Функция  $mX+b$  и режим относительных измерений** — Функция  $mX+b$  может использоваться для ручной установки относительной величины (rel). Для этого установите коэффициент масштабирования (M) на 1, а смещение (B) на относительную величину. Каждое последующее показание будет представлять разность между действительной величиной входного сигнала и относительной величиной (смещением). Подробнее смотрите в параграфе «Режим относительных измерений».

## Процент (%)

Эта математическая функция определяет процентное отклонение величины от заданного значения опорной величины. Расчет процентной величины выполняется следующим образом:

$$\text{Процент} = \frac{\text{Входная величина} - \text{Опорная величина}}{\text{Опорная величина}} \times 100\%$$

где : Входная величина – стандартное показание дисплея

Опорная величина – вводимая пользователем константа

Процент – отображаемый на дисплее результат

Чтобы конфигурировать и контролировать вычисление процентов, выполните следующие операции:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем %, чтобы выставить на дисплее текущую опорную величину.  
REF: +1.000000^ (заводская настройка)
2. Зафиксируйте опорную величину. Клавиши ◀ и ▶ управляют положением курсора, а клавиши диапазона ▲ и ▼ увеличивают и уменьшают разрядность. Для изменения диапазона поместите курсор на множитель и используйте клавиши ▲ и ▼ (m=x0.001, ^=x1, K=x1000, M=x1,000,000). При установке курсора на знак полярности клавиши ▲ и ▼ переключают полярность.
3. Нажмите ENTER. Включится индикатор MATH, и результат расчета отобразится на дисплее. Примите к сведению, что этот расчет применим ко всем функциям измерений.
4. Чтобы отключить вычисление процентов, нажмите снова клавишу SHIFT, затем %. Указатель MATH отключится.

**ПРИМЕЧАНИЯ** Результат вычисления процентов положительный, если входная величина больше опорной величины, и отрицательный, если входная величина меньше опорной величины.

*Результат вычисления процентов может быть выведен на дисплей в экспоненциальной форме. Например, отображаемое показание 2.500E+03% эквивалентно 2500% (2.5K%)*

## SCPI программирование- $mX+b$ и Проценты

Таблица 4-2

### SCPI команды – $mX+b$ и Проценты

Команды	Описание	Стандартная настройка
:CALCulate: :FORMat <name> :KMATH :MMFactor <NRf> :MBFactor <NRf> :MUNits <Name> :PERCent <NRf> :ACQuire :STATe <b> :DATA [:LATest]? :FRESH?	Выбирает вычисление: NONE, MXB или PERCent Путь к конфигурированию $mX+b$ и Процентов: Задает коэффициент масштабирования (M) для $mX+b$ : от $-100e6$ до $100e6$ Задает смещение (B) для $mX+b$ : от $-100e6$ до $100e6$ Задает единицы для $mX+b$ : 2 символа от A до Z Задает опорную величину для процентов: от $-100e6$ до $100e6$ Использует входную величину в качестве опорной величины Включает/выключает выбранное вычисление Запрашивает результат последнего вычисления Запускает показание и запрашивает результат вычисления	NONE 1 0 MX 1 OFF

**5****Измерения отношения и Дельта измерения**

- **Измерение отношения** – Описывает расчеты отношения величин и влияния фильтра, режима относительных измерений и выбора диапазона.
- **Дельта – измерения** — Объясняется, как проводить Дельта – измерения, которые используются для аннулирования эффектов термоэдс в проводах испытательной цепи. Важнейшая роль при проведении Дельта-измерений отводится использованию вместе с моделью 2182 Источника/Измерителя Keithley. Описывается влияние Фильтра на Дельта – измерения.
- **SCPI программирование**— Описывает SCPI команды, используемые для управления режимом Дельта – измерений и режимом измерения отношения величин, включает примеры программирования.
- **Прикладные задачи**— Рассматриваются прикладные задачи, в которых используются режимы Дельта – измерений и измерения отношений.

## Режим измерения отношений

Функция измерения отношений ( $V1/V2$ ) выводит на дисплей пропорциональную зависимость между двумя напряжениями входных каналов (DCV1 и DCV2). Отношение величин рассчитывается следующим образом:

$$\text{Отношение} = V1/V2$$

где :  $V1$  – отсчет напряжения для Канала 1 (DCV1)

$V2$  – отсчет напряжения для Канала 2 (DCV2)

## Базовая процедура

Режим измерения отношения выбирается нажатием клавиши  $V1/V2$ . Перед отображением результата на дисплее ненадолго появится сообщение “CH1/CH2”. Режим измерения отношения отключается выбором функции единичного измерения (DCV1, DCV2, TEMP1 и TEMP2).

**ПРИМЕЧАНИЯ** • Если выбран режим измерения отношений, один из индикаторов канала (CH1 или CH2) ненадолго включится. Это указывает на то, что канал может управляться с помощью клавиши ручного выбора диапазона. После этого включатся оба индикатора CH1 и CH2. Подробнее смотрите параграф «Рассмотрение выбора диапазона».

- Если создается условие переполнения (OVRFLW), диапазон, в котором возникло переполнение, форматирует дисплей
- Показания отношений могут сохраняться в буфере. Об использовании буфера смотрите подробнее в Разделе 6.
- Режим удержания показаний не может использоваться при измерениях отношений. Выбор измерения отношения (или дельта

измерения) отключает режим удержания показаний.

## Шаг 1 Подвод измеряемых напряжений к Модели 2182

Подробное описание подвода напряжений к Модели 2182 дано в Разделе 1 (смотрите «Соединения»).

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** При превышении амплитуды напряжения 42В возникают опасные условия поражения электрическим

током. Чтобы предотвратить поражение электрическим током, которое может привести к телесному повреждению или смерти, НИКОГДА не выполняйте соединений или разъединений при наличии опасного напряжения.

**ОСТОРОЖНО**

Превышение нижеследующих предельных значений может привести к повреждению прибора, не обеспеченному гарантийными обязательствами:

- Максимальные измерительные возможности терминалов HI и LO Канала 1 – 120В. Эти входы защищены от пикового напряжения 150В на любой



**терминал и 350 В по отношению к шасси.**

- **Максимальные измерительные возможности терминалов HI и LO Канала 2 – 12В пикового напряжения по отношению к входу LO Канала 1. HI Канала 2 защищен от пикового напряжения 150В по отношению к любому терминалу. LO Канала 2 защищен от пикового напряжения 70В по отношению к входу LO Канала 1. Оба входа защищены от пикового напряжения 350 В по отношению к шасси.**

## **Шаг 2      Конфигурирование Канала 1 и Канала 2 для измерений напряжений**

Конфигурируйте каждый канал (DCV1 и DCV2) для измерения нужного напряжения. Возможные установки для каждого канала включают выбор диапазона, фильтр и режим измерения отношения.

## **Шаг 3      Проверка масштаба показаний для DCV1 и DCV2**

Проверьте, чтобы отображение показаний для DCV1 и DCV2 было масштабировано. В случае появления на дисплее сообщения “OVRFLW” (переполнение) для какого-либо канала, выбирайте более высокий диапазон до тех пор, пока на дисплее не отобразится масштабированное показание (или нажмите AUTO, чтобы включить автоматический выбор диапазона).

## **Шаг 4      Выбор управления диапазоном канала**

Чтобы управлять диапазонами Канала 1 с помощью клавиш ручного управления диапазонами, выберите (нажмите) DCV1 перед тем, как войти в режим измерения отношения. Чтобы управлять диапазонами Канала 2 с помощью клавиш ручного управления диапазонами, выберите (нажмите) DCV2 перед тем, как войти в режим измерения отношения. Подробная информация о режиме измерения отношения дана в параграфе «Рассмотрение выбора диапазона».

*ПРИМЕЧАНИЕ      После включения режима измерений отношения (следующий шаг)*

*нажатие клавиши диапазона RANGE либо включит автоматический выбор диапазона для обоих каналов, либо отключит автоматический выбор диапазона для обоих каналов.*

## **Шаг 5      Включение режима измерения отношения**

Чтобы включить режим измерения отношения, нажмите клавишу V1/V2. На дисплее ненадолго отобразится сообщение “CH1/CH2”. В режиме измерения отношения на дисплее появится сообщение “RA”, и также включатся оба индикатора “CH1” и CH2”.

*ПРИМЕЧАНИЕ      Если создается условие переполнения (OVRFLW), диапазон, в котором возникло переполнение, форматирует дисплей*

## **Шаг 6      Снятие показаний измерения отношения с дисплея**

## Рассмотрения фильтров, относительных измерений и диапазонов

### Рассмотрения фильтров

Как объяснялось в Разделе 3, для каждого канала напряжения может быть установлена единая конфигурация фильтров. Однако, если включен режим измерения отношения конфигурация фильтра для Канала 1 применима к обоим каналам. Состояние фильтра и его конфигурация для Канала 2 игнорируются. Фильтр Канала 1 имеет приоритет, поскольку он имеет наиболее чувствительный измерительный диапазон (10мВ), и поэтому может быть конфигурирован для обеспечения большей фильтрации, чем фильтр Канала 2.

Если индикатор FILT включается в режиме измерения отношения, установки фильтра Канала 1 (DCV1) применимы к обоим входным каналам. Если индикатор FILT отключен, фильтрация не используется.

При использовании фильтра, отношение рассчитывается следующим образом:

$$\text{Ratio (отношение)} = \text{Filt V1}/\text{Filt V2}$$

где :Filt V1 – отфильтрованное показание для входного напряжения Канала 1.

Filt V2 – отфильтрованное показание для входного напряжения Канала 2.

Следует помнить, что установки фильтра применяются к входному сигналу каналов, а не к результату измерения отношения.

Клавиша FILT действует в режиме измерения отношения. Нажатие FILT либо отключает фильтр для обоих каналов, либо включает фильтр для обоих Каналов (включается индикатор FILT). Однако, следует помнить, что хотя можно включить фильтр для обоих каналов, используется только установка фильтра для Канала 1.

**ПРИМЕЧАНИЕ** *В режиме измерения отношения меню конфигурации фильтра недоступно. Для выполнения изменений конфигурации фильтра, вначале нужно отключить режим измерения отношения. Это можно сделать, вернувшись к Каналу 1 (нажать DCV1).*

### Рассмотрения относительных измерений

Как объяснялось в Разделе 3, для каждого канала напряжения может быть установлена отдельная относительная величина. В режиме измерения отношения перед выполнением вычисления отношения любые установленные относительные величины (Rel) применимы к соответствующим каналам.

Отношение рассчитывается следующим образом:

$$\text{Ratio (отношение)} = (\text{Filt V1} - \text{V1 Rel})/(\text{Filt V2} - \text{V2 Rel})$$

где :Filt V1 – отфильтрованное показание для входного напряжения Канала 1.

V1 Rel – относительная величина, установленная для Канала 1

Filt V2 – отфильтрованное показание для входного напряжения Канала 2.

V2 Rel – относительная величина, установленная для Канала 2.

**ПРИМЕЧАНИЕ** *Вышеприведенные вычисления указывают на включенный фильтр. Если фильтр не используется, исключите из расчетов составляющие “Filt”.*

Если режим измерения отношения включен, состояние (вкл или выкл) индикатора REL зависит от того, какая измерительная функция использовалась последней. Если DCV1, то когда включен режим измерения отношения, состояние индикатора REL (вкл или выкл) указывает на состояние (включенное или выключенное) режима относительных измерений для DCV1. Если DCV2, то когда включен режим измерения отношения, состояние индикатора REL (вкл или выкл) указывает на состояние (включенное или выключенное) относительных измерений для DCV2.

Клавиша REL действует в режиме измерения отношения. Нажатие REL либо отключает относительные измерения для обоих каналов, либо включает относительные измерения для обоих каналов (Включается индикатор каналов). Если режим относительных измерений включен, прибор получает входной сигнал от каждого из двух каналов в виде относительной величины. Затем каждая относительная величина применяется к соответствующему каналу. Следует помнить, что операции относительных измерений проводятся на входных сигналах каналов, а не на результатах измерения отношения.

### **Рассмотрения диапазонов**

Как объяснялось в Разделе 3, для каждого канала напряжения может использоваться отдельная (фиксированная или автоматическая) установка диапазона. В режиме измерения отношения установка диапазона для каждого канала сохраняется. Например, Канал 1 может быть установлен на автоматический выбор диапазона, а на Канале 2 может быть зафиксирован диапазон 10В.

**Управление диапазоном** — Клавиши ручной установки диапазона могут управлять только одним из двух каналов. Если на приборе установлены функции DCV1, TEMP1 или TEMP2, когда включен режим измерения отношения, клавиши ручной установки диапазона будут управлять Каналом 1 (DCV1). Клавиши ручной установки диапазона не оказывают воздействие на Канал 2 (DCV2). Если на приборе установлены функции DCV2 (Канал 2), когда включен режим измерения отношения, управление диапазоном применимо только к Каналу 2 (DCV2). Клавиши ручной установки диапазона не оказывают воздействие на Канал 1 (DCV1).

**ПРИМЕЧАНИЯ** • *Когда режим измерения отношений выбран, на дисплее высветится канал с управлением переключением диапазонов во время отображения сообщения “CH1/CH2”.*

- *При нажатии клавиши диапазона, индикатор номера канала для канала с управляемым переключением диапазонов остается включенным. Индикаторы других каналов ненадолго отключатся.*

- *Состояние (вкл или выкл) сигнализатора автоматического выбора диапазона показывает состояние (включенное или выключенное) автоматического выбора диапазона для канала измерения напряжения, находящегося в режиме контроля диапазонов.*
  - *Если режим измерения отношений уже выбран, нажатие клавиши диапазона AUTO либо отключит режим автоматического выбора диапазона для обоих каналов, либо включит режим автоматического выбора диапазона для обоих каналов (сигнализатор AUTO включен).*

## Режим дельта измерений

Режим дельта измерений предусматривает измерения и расчет с использованием метода реверсирования постоянного тока, чтобы аннулировать эффекты термоэдс в испытательных проводах. Каждый дельта-отсчет рассчитывается по двум измерениям напряжения на Канале 1; одному при положительной фазе переключаемого тока источника, другому - при отрицательной фазе.

Основной расчет дельта:

$$\text{Дельта} = \frac{V1t1 - V1t2}{2}$$

где: V1t1 - измерение напряжения при положительной фазе тока источника.  
V1t2 - измерение напряжения при отрицательной фазе тока источника

Расчет дельта с использованием Фильтра и относительных измерений

$$\text{Дельта} = \frac{\text{Filt}V1t1 - \text{Filt}V1t2}{2} - \text{Rel}V1$$

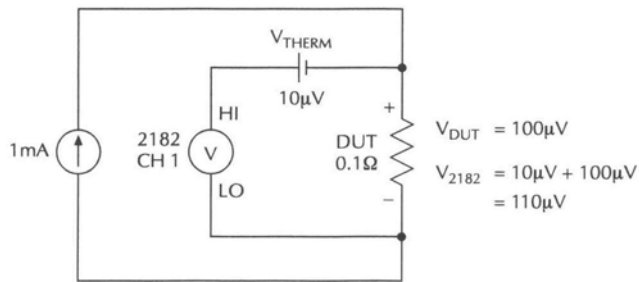
где: FiltV1t1 и FiltV1t2- измерения отфильтрованных напряжений при положительной и отрицательной фазах тока источника. При использовании Фильтра сигнализатор "FILT" будет включен

RelV1- относительная величина, установленная для DCV1. Если режим относительных измерений включен, будет включен и сигнализатор "REL".

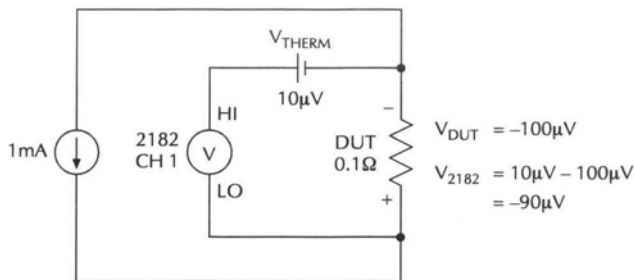
Модель 2182 оптимизирована так, чтобы выдавать показания с малыми помехами, когда скорость измерений установлена на значения от 1 до 5 PLC. При 1 PLC ток можно реверсировать через 100мс. При 5 PLC ток может реверсироваться через 333мс. При таких скоростях отсчетов помехи, индуцируемые сетевым напряжением, должны быть незначительными. Чтобы уменьшить размах вариаций показаний, можно применить операцию фильтрации. Для более подробной информации о фильтрах применительно к Дельта – измерениям смотрите параграф "Рассмотрения фильтров" в этом разделе.

Нижеследующий пример показывает, как биполярный источник тока и Дельта измерения могут быть использованы для исключения эффектов термоэдс:

На рисунке 5-1А постоянный ток 1мА подается на испытуемое устройство с сопротивлением 0.1Ом. При идеальных условиях Модель 2182 измеряла бы напряжение 100 мкВ на испытуемом устройстве ( $1\text{мА} \times 0.1\text{Ом} = 100\text{мкВ}$ ). Однако, точки соединений и температурные флуктуации могут создавать в испытательных проводах термоэдс. Следует отметить, что величина термоэдс меняется с температурой. На Рисунке 5-1 показано, что величина термоэдс ( $V_{\text{THERM}}$ ) составляет 10мкВ. Поэтому Модель 2182 вместо 100мкВ измеряет 110мкВ:



А. Источник положительного тока



В. Источник отрицательного тока

Рисунок 5-1

### **Испытательная цепь с использованием источника постоянного тока**

$$\begin{aligned} V_{2182} &= V_{\text{THERM}} + V_{\text{DUT}} \\ &= 10\text{мкВ} + 100\text{мкВ} \\ &= 110\text{мкВ} \end{aligned}$$

На Рисунке 5-1В показано, что происходит при изменении полярности тока. В измерение, выполняемое Моделью 2182, по-прежнему входит термоэдс равное 10мкВ, но напряжение на испытуемом устройстве теперь имеет отрицательный знак. Поэтому, Модель 2182 измеряет 90мкВ:

$$\begin{aligned} V_{2182} &= V_{\text{THERM}} + V_{\text{DUT}} \\ &= 10\text{мкВ} - 100\text{мкВ} \\ &= 90\text{мкВ} \end{aligned}$$

Как показано на Рисунке 5-1, ни при одном из измерений, проводимых Моделью 2182, напряжение на испытуемом устройстве не измеряется точно. Однако, если делать простое усреднение величин двух показаний (110 мкВ и 90 мкВ), результат равен 100мкВ, что является действительным падением напряжения на испытуемом устройстве. Это показывает, что дает Дельта-расчет.



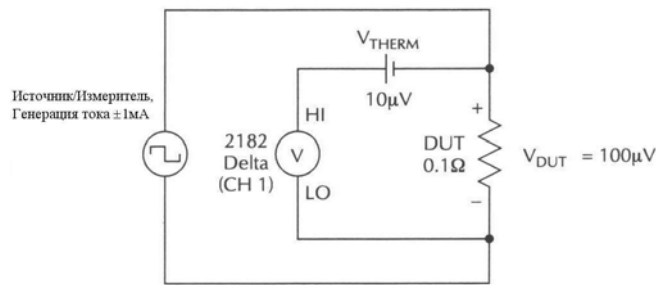


Рисунок 5-2

### Дельта -измерения с использованием биполярного источника

Для применения метода реверсирования постоянного тока, заменим источник постоянного тока на биполярный источник тока, как показано на Рисунке 5-2. Ток источника будет колебаться между 1мА и –1мА. При использовании Дельта-измерений Модель 2182 выполняет первое измерение ( $V_{t1}$ ) при токе +1мА. Второе измерение ( $V_{t2}$ ) выполняется при токе –1мА:

**ПРИМЕЧАНИЕ** При использовании Модели 2182 для Дельта-измерений, скорость измерений RATE должна быть установлена на величину от 1PLC до 5 PLC, чтобы оптимизировать выполнение измерений. При установке скорости измерений от 1PLC до 5 PLC Дельта-измерения будут снижать термомэдс до уровня  $a < 50нВ$ .

$$\begin{aligned} V_{t1} &= V_{THERM} + V_{DUT} \\ &= 10мкВ + 100мкВ \\ &= 110мкВ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{t2} &= V_{THERM} - V_{DUT} \\ &= 10мкВ - 100мкВ \\ &= -90мкВ \end{aligned}$$

Тогда дельта отсчет рассчитывается следующим образом:

$$\text{Дельта} = \frac{V_{t1} - V_{t2}}{2} = \frac{100мкВ - (-90мкВ)}{2} = \frac{200мкВ}{2} = 100мкВ$$

Использование Дельта режима с биполярным источником эффективно устраняет термомэдс 10мкВ.

Для управления синхронизацией между измерениями напряжения и изменениями полярности источника тока требуется режим внешнего запуска. Синхронизация между источником и Моделью 2182 при запуске объясняется в пункте «Синхронизация запуска Модели 2182 и Источника/Измерителя», который следует за пунктом «Процедура Дельта –измерений с использованием Источника/Измерителя».

### Выбор Дельта-режима

Дельта-режим выбирается нажатием клавиши SHIFT, а затем клавиши V1-V2. Перед отображением результата вычисления на экране ненадолго появится сообщение “ $(V_{t1}-V_{t2})/2$ ”. Дельта-режим отключается выбором функции единичного измерения (DCV1, DCV2, TEMP1 или TEMP2) или выбором измерения отношения.

**ПРИМЕЧАНИЯ** • Дельта –отсчет указывается на дисплее маленькой буквой “d”



*(после показания).*

- *В Дельта – режиме осуществляются измерения напряжения на Канале 1. Если включен Канал 2, Модель 2182 при включении Дельта-режима автоматически перейдет на Канал 1*
- *Дельта-режим может быть выбран при ступенчатом или сканирующем режиме.*
- *Режим удержания показаний не может использоваться в Дельта-режиме*

Для выполнения Дельта-измерений Моделью 2182 необходимо использовать источник с переменной полярностью. Источник должен иметь возможность внешнего запуска, совместимого с возможностями внешнего запуска Модели 2182. Нижеприведенная процедура показывает, как использовать Источник/Измеритель фирмы Keithley вместе с Моделью 2182 для выполнения Дельта-измерений.

### **Процедура Дельта-измерений с использованием Источника/Измерителя**

Источник/Измеритель фирмы Keithley (Модели 2400, 2410 или 2420) может использоваться как биполярный источник при конфигурировании его для проведения стандартной развертки (свипа). Обычно, стандартная развертка выполняется по ряду определенных точек источника. Для проведения реверсирования тока значение(я) положительного тока приписываются точкам с четной нумерацией, а значение(я) отрицательного тока приписываются точкам с нечетной нумерацией. Подробнее о стандартном свипе смотрите Руководство пользователя Источника/Измерителя.

Для прикладных задач, в которых используются Дельта-измерения, необходим либо ток с фиксированной амплитудой, либо ток с нарастанием амплитуды. Если требуется ток с фиксированной амплитудой, Источник/Измеритель может быть конфигурирован так, чтобы выдавать биполярный двухточечный стандартный свип. Этот свип может запускаться заданное число раз или выполняться непрерывно. Например, если для испытаний требуется ток с фиксированной амплитудой 1мА, двумя биполярными точками свипа для режима стандартного свипа будут +1мА и –1мА.

Если требуется ток с нарастанием амплитуды, стандартный свип может быть конфигурирован так, чтобы включать все значения тока, необходимые для испытания. Например, предположим, что для испытания требуется два Дельта-измерения на каждом из трех уровней тока: 1мА, 2мА и 5мА. Для этого испытания потребуется следующий 12-точечный свип для выполнения шести Дельта-измерений:

P0000 = +1мА	P0001 = -1мА
P0002 = +1мА	P0003 = -1мА
P0004 = +2мА	P0005 = -2мА
P0006 = +2мА	P0007 = -2мА
P0008 = +5мА	P0009 = -5мА
P00010 = +5мА	P00011 = -5мА

В нижеследующей процедуре используется Источник/Измеритель в качестве биполярного источника тока с фиксированной амплитудой. Он выдает 2-х точечный стандартный свип для обеспечения изменения полярности тока, необходимого для выполнения Дельта-измерений Моделью 2182.

- ПРИМЕЧАНИЕ**
- При использовании Модели 2182 для выполнения Дельта –измерений скорость измерений (RATE) должна быть установлена на величину от 1PLC до 5PLC, чтобы оптимизировать метрологические характеристики измерения. При скорости измерений от 1PLC до 5PLC Дельта –измерения уменьшат термоэдс до уровня  $< 50$  нВ.
  - Скорость Источника/Измерителя (SPEED) должен быть установлена на FAST (0.01PLC). Использование более медленной скорости приведет к проблемам запуска синхронизации на Модели 2182.
  - Нижеследующая процедура предполагает использование программно-аппаратных средств Источника/Измерителя версии C11 или более поздние версии.

### Шаг 1 Подсоединение испытательной цепи для Дельта-измерений

Подсоедините Источник/Измеритель и Модель 2182 к испытуемому устройству, как показано на Рисунке 5-3. Соедините также между собой кабелем линии запуска (Модели 8501) Модель 2182 и Источник/Измеритель.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Эта процедура предполагает, что на Модели 2182 используется конфигурация линии запуска с заводской настройкой: Линия 1 является VMC (выходом), а Линия2- EXT TRIG (входом)

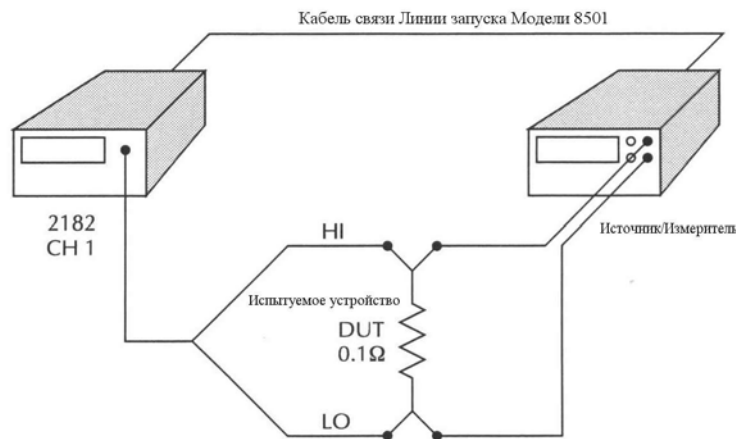


Рисунок 5-3

### Схема соединений для дельта-измерений

### Шаг 2 Возврат Источника/Измерителя к стендовым настройкам

Возврат к стендовым настройкам осуществляется из основного меню, доступ к которому выполняется нажатием клавиши MENU:

MAIN MENU → SAVESETUP → GLOBAL → RESET → BENCH

### Шаг 3 Конфигурирование модели запуска Источника/Измерителя

Доступ к структуре меню для конфигурирования запуска осуществляется нажатием CONFIG, затем TRIG. Конфигурирование модели выполняется следующим образом:

Уровень активизации:

Входное событие уровня активизации	IMMEDIATE (непосредственный)
Линия запуска для выходного сигнала уровня активизации	#3
Выходное событие уровня активизации	OFF
Счет уровня активизации	NFINITE (бесконечный)

Уровень запуска:

Входной сигнал запуска	
Источник сигнала запуска	TRIGGER LINK (Линия запуска)
Номер линии запуска для входного сигнала запуска	#1
Обходной путь регистрации события	NEVER
События входного сигнала запуска	SOURCE=ON DELAY=OFF MEAS=OFF (Генерация=вкл, Задержка=выкл, Измерение=выкл)

Выходной сигнал запуска:

Номер линии выходного сигнала	#2
Выходной сигнал запуска событий	SOURCE=ON DELAY=OFF MEAS=OFF (Источник= вкл, Задержка=выкл, Измерение=выкл)

Задержка 000.0000с

Счет запускающих сигналов 0002 (число запускающих сигналов должно быть равно количеству точек свипа)

### Шаг 4 Установка Источника/Измерителя на генерацию тока и измерение напряжения

А. На Источнике/Измерителе выберите режимы: Генерация тока и Измерение напряжения.

В. Выберите соответствующий диапазон источника тока. Например, если величины тока с изменяющейся полярностью составляют  $\pm 1\text{mA}$ , выберите диапазон тока 1mA.

С. Нажмите клавишу SPEED и выберите FAST. Измерения Источника/Измерителя в этом испытании не используются, но он должен быть настроен на



максимально возможную скорость, чтобы избежать проблем синхронизации с Моделью 2182.

## **Шаг 5 Конфигурирование Источника/Измерителя для выполнения 2-точечного стандартного свипа**

А. Доступ к меню для конфигурирования свипа осуществляется нажатием CONFIG, а затем SWEEP. В меню выберите TYPE, а затем CUSTOM.

Установите число точек #-POINTS на два, и установите ADJUST – POINTS (P0000 и P0001) на положительную и отрицательную величины тока источника. Например, если для испытания требуется 1мА, установите P0000 на +1мА, а P0001 – на – 1 мА.

В. Также из меню конфигурирования свипа определите необходимое число 2-х точечных свипов:

Выбором INFINITE ИсточникИзмеритель запускается в режим непрерывной свип- развертки с переполюсовкой тока. Выберите FINITE, если Вы хотите выполнить определенное количество 2-х точечных свипов.

## **Шаг 6 Восстановление заводских настроек Модели 2182**

Верните нановольтметр к условиям заводских настроек нажатием RESTR и последующим выбором FACT.

## **Шаг 7 Конфигурирование Модели 2182 для Дельта-измерений**

А. Нажмите клавишу RATE, чтобы выбрать скорость от 1PLC (включается индикатор MED) до 5PLC (включается индикатор SLOW).

В. Включите режим Дельта-измерений нажатием клавиши SHIFT и затем V1-V2.

С. Нажмите клавишу EX TRIG, чтобы ввести прибор в режим внешнего запуска. Это позволит временно приостановить измерения.

Д. Если требуется большее время стабилизации перед проведением каждого измерения, установите ручной режим задержки на Модели 2182. Нажмите клавишу SHIFT, а затем DELAY, чтобы выбрать и установить задержку.

*ПРИМЕЧАНИЕ: Не устанавливайте задержку на Источнике/Измерителе, так как это может неблагоприятно сказаться на синхронизации между Источником/Измерителем и Моделью 2182.*

## **Шаг 8 Включение выхода Источника/Измерителя и установка модели запуска**

А. Включите выход нажатием клавиши OUTPUT ON/OFF (включается индикатор “ARM”).

В. Установите модель запуска следующим образом:

1. Нажмите клавишу CONFIG, затем TRIG, чтобы войти в меню конфигурации запуска.
2. Выберите HALT, чтобы установить Источник/Измеритель в состояние ожидания (индикатор “ARM” выключается).

3. Нажмите клавишу EXIT, чтобы вернуться к нормальному состоянию дисплея.

### **Шаг 9 Установка Модели 2182 в режим запоминания показаний в буфере (по выбору)**

Нажмите клавишу STORE на Модели 2182 и установите число Дельта-показаний для запоминаний в буфере. Нажмите ENTER, чтобы включить буфер.

### **Шаг 10 Запуск свипа с Источника/Измерителя**

А. Активизировать свип, нажав клавишу SWEEP.

В. Чтобы запустить свип, нажмите клавишу TRIG.

К концу каждого двухточечного свипа Дельта-показание будет рассчитано и отображено на дисплее, а также сохранено в буфере, если он включен.

*ПРИМЕЧАНИЕ:* • *Находящийся в процессе работы свип может быть отменен нажатием клавиши EXIT на Источнике/Измерителе.*

- *После выполнения свипа выключите источник нажатием клавиши OUTPUT ON/OFF на Источнике/Измерителе. Выключение источника предохраняет испытываемое устройство от поступления*

*тепла.*

- *Дельта-показания, сохраненные в буфере, могут быть выведены на*

*дисплей нажатием клавиши RECALL на Модели 2182.*

### **Шаг 11 Повторение свипа**

А. Нажмите дважды клавишу EX TRIG на Модели 2182, чтобы выключить, а затем снова включить внешний запуск. Индикатор TRIG указывает, что Модель 2182 находится в режиме внешнего запуска.

В. Повторите шаги 8, 9 и 10. Однако, если выход Источника/Измерителя уже включен, пропустите шаг 8а.

### **Синхронизация Модели 2182 и Источника/Измерителя**

Диаграмма на Рисунке 5-4 показывает синхронизацию запуска Источника/Измерителя и Модели 2182 для 2-точечного стандартного свипа. Как показано на диаграмме Источник/Измеритель будет выдавать запускающий сигнал после каждой точки свипа, Модель 2182 будет выдавать сигнал запуска после каждого аналого-цифрового преобразования.

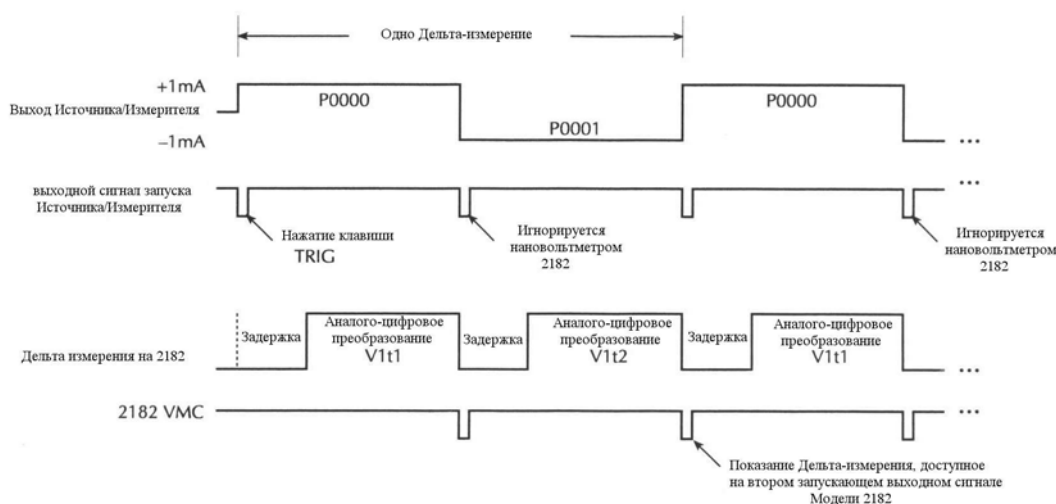


Рисунок 5-4

### Диаграмма синхронизации запуска

При нажатии клавиши TRIG на Источнике/Измерителе она запускает свип (выдает +1 мА) и запускает процесс Дельта-измерений на Модели 2182. По истечению периода задержки Модель 2182 осуществляет аналого-цифровое преобразование для фазы V1t1 Дельта-измерения и затем запускает Источник/Измеритель, чтобы вывести вторую точку свипа (-1 мА). В этой точке Модель 2182 не ждет возвращения сигнала запуска с Источника/Измерителя, чтобы выполнить фазу V1t2 Дельта-измерения. Этот второй сигнал запуска с Источника/Измерителя игнорируется. После аналого-цифрового преобразования для фазы V1t2, Дельта – показание рассчитывается и отображается на экране.

Если запрограммирован другой свип, сигнал запуска с Модели 2182 на Источник/Измеритель будет снова запускать свип для выполнения другого Дельта-измерения.

## Рассмотрение фильтров

Конфигурирование фильтра для диапазона DCV1 применяется отдельно для каждой фазы измерений (V1t1 и V1t2) Дельта-процесса.

*ПРИМЕЧАНИЕ:* Для Дельта-измерений не может использоваться фильтр с повторяющимся усреднением. При выборе Дельта-режима фильтр будет автоматически переключаться на фильтр с перемещаемым усреднением, даже, если был включен фильтр с повторяющимся усреднением.

**Фильтр с перемещаемым усреднением** — После того как процесс фильтрации выдает показание для V1t1, посылается выходной сигнал запуска. После того как процесс фильтрации выдает показание для V1t2, посылается другой выходной сигнал запуска. Производится расчет результата Дельта-измерения, и показание выдается на дисплей.

Например, предположим, что сумматор фильтра для фильтра с перемещаемым усреднением установлен на 5. Используются два стека памяти фильтра: один для показаний V1t1, другой для показаний V1t2. Стек фильтра для показаний V1t1 наполняется пятью отсчетами с АЦП. Пять показаний усредняются, чтобы выдать величину V1t1 и

выходной запускающий сигнал посылается после каждого аналого-цифрового преобразования V1t1. Затем наполняется стек для показаний V1t2 пятью отсчетами с АЦП. Пять показаний усредняются, чтобы выдать величину V1t2 и посылается выходной сигнал запуска. При каждом аналого-цифровом преобразовании V1t2 производится расчет результата Дельта-измерения с использованием отфильтрованных величин V1t1 и V1t2 и результат выводится на дисплей Модели 2182.

Для каждого последующего Дельта-измерения операция остается в основном той же самой, за исключением того, что стеку требуется для его заполнения один новый отсчет. При этом самое раннее показание из стека выбрасывается.

*ПРИМЕЧАНИЕ: Меню конфигурирования фильтра недоступно во время Дельта-режима. Чтобы сделать изменения конфигурации фильтра, Вы должны вначале выключить Дельта-режим. Это может быть сделано выбором Канала 1 (Нажать клавишу Delta).*

## SCPI программирование- Режим измерения отношения и Дельта-измерения

Таблица 5-1

*SCPI команды – режим измерения отношения и Дельта- измерения*

Команды	Описание	Стандартная настройка
:SENSe:VOLTage :FUNCTION <name> [:CHANnel1] <chan>	Подсистема SENSe: Выбор функции напряжения 'VOLTage' Выбор канала с управлением диапазонами, 1 или 2	VOLT
:RATio <b>	Включает или выключает режим измерения отношения (V1/V2)	OFF
DELTA <b>	Включает или выключает режим Дельта-измерения. Эта команда не имеет силы при выборе TEMP1 или TEMP2	OFF

Примечание: Включение Ratio выключает Дельта режим, и наоборот, включение Дельта выключает Ratio режим.

## Прикладные задачи

### Калибровка делителей сопротивления

Режим измерения отношения величин может использоваться для калибровки делителей сопротивления. Делитель 1:10, представленный на Рисунке 5-5, состоит из резисторов с номиналами 1 кОм и 10кОм. Сопротивление 1кОм является результирующим при параллельном соединении резистора 2кОм и подгоночного сопротивления 2кОм. Подгоночное сопротивление обеспечивает тонкую настройку делителя.



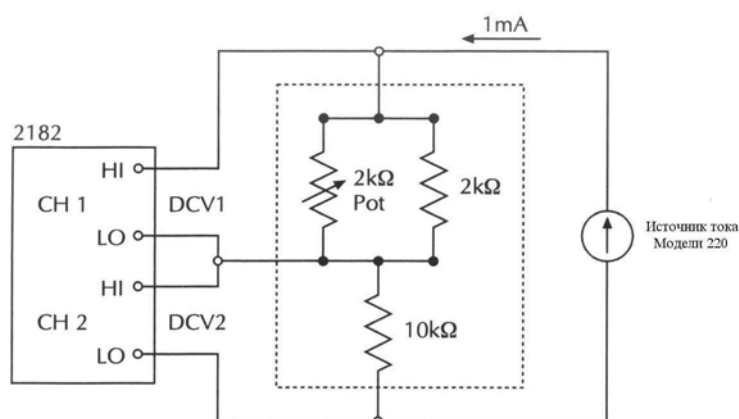


Рисунок 5 - 5

**Калибровка делителя 1:10**

Модель 220 Keithley используется для генерации постоянного тока 1мА. Канал 1, который используется для измерения резистора делителя номиналом 1кОм, должен быть установлен на диапазон 1В (1кОм × 1мА = 1В) или автоматический выбор диапазонов. Канал 2, который используется для измерения резистора делителя номиналом 10кОм, должен быть установлен на диапазон 10В (или автоматический выбор диапазонов).

Если включен режим измерения отношения, Модель 2182 будет выдавать на дисплей результат в виде отношения  $V1$  ( $\approx 1В$ ) к  $V2$  ( $\approx 10В$ ):

$$\text{Отношение} = \frac{FiltV1}{FiltV2} = \frac{\approx 1В}{\approx 10В} = \approx 0.1$$

В вышеприведенное вычисление входит фильтр Канала 1. Если фильтр не используется, удалите член “*Filt*” из вычисления.

Тогда делитель можно калибровать, настраивая подгоночное сопротивление до тех пор, пока на дисплее не появится показание 0.10000.

Для большей точности можно использовать режим относительных измерений Модели 2182 для аннулирования термоэдс, которые могут ухудшать результаты измерений низких напряжений. Используйте режим относительных измерений следующим образом:

1. В процессе отображения результата измерения отношения, отсоедините источник тока от делителя сопротивлений.
2. Нажмите клавишу REL на Модели 2182. Напряжения на каждом входе, представляющие термоэдс, обнуляются.
3. Снова подсоедините источник тока и снимите показание результата измерения отношения с дисплея.

При использовании режима относительных измерений отношение величины вычисляется следующим образом:

$$\text{Отношение} = \frac{FiltV1 - V1 Rel}{FiltV2 - V2 Rel}$$

В вышеприведенное вычисление входит фильтр Канала 1. Если фильтр не используется, удалите член “*Filt*” из вычисления.

## Испытание сверхпроводящих материалов

Образцы сверхпроводящих материалов обычно испытываются путем изменения либо тока, протекающего через них, либо магнитного поля, создаваемого вокруг них.

**ПРИМЕЧАНИЕ** *В нижеприведенных прикладных задачах  $H$  (магнитное поле) используется в качестве одного из параметров испытания. Задачу можно легко преобразовать, заменив  $H$  на температуру ( $T$ ) в качестве параметра испытания.*

При изменении магнитного поля ( $H$ ) ток ( $I$ ), протекающий через испытуемое устройство, фиксирован. При изменении тока ( $I$ ), протекающего через сверхпроводящий материал (испытуемое устройство) магнитное поле ( $H$ ), окружающее его, поддерживается постоянным.

Для двух нижеприведенных прикладных задач Модель 2182 используется для измерения напряжения, а Источник/Измеритель Keithley (Модель 2400, 2410 или 2420) для обеспечения заданного(ых) тока(ов). Поэтому при изменении либо магнитного поля, либо тока, текущее сопротивление испытуемого образца может быть рассчитано с помощью закона Ома:  $R = V/I$ .

**Термоэдс**—Стандартная длина испытательного провода, соединяющего Модель 2182 со сверхпроводящим образцом (испытуемым устройством), находящимся в криостате, составляет 30 футов или больше. Выводы испытательного провода и широкий температурный диапазон (от  $\sim 0\text{K}$  на испытуемом устройстве до температуры окружающего воздуха в лаборатории) создают существенные термоэдс в испытательных проводах. Эффекты этих термоэдс должны быть устранены, чтобы добиться точности измерений напряжения.

Для устранения эффектов термоэдс необходимо использовать метод измерения путем реверсирования постоянного тока. Для этого метода измерения требуется наличие источника биполярного выходного сигнала. При использовании Источника/Измерителя стандартный свип может быть конфигурирован так, чтобы обеспечить биполярный выходной сигнал.

Используя режим Дельта-измерений на Модели 2182, можно автоматически устранить эффекты термоэдс в испытательных проводах в процессе генерирования/измерения. Подробнее о методе реверсирования тока смотрите в пункте «Дельта-измерения».

## Прикладная задача 1, Сверхпроводники – Фиксированный ток

Типичным испытанием на образцах сверхпроводников (испытуемых устройствах) является изменение магнитного поля ( $H$ ), поддерживая при этом фиксированным ток ( $I$ ) через испытуемое устройство. Такая система испытания показана на Рисунке 5 - 6. Источник/Измеритель Keithley (Модель 2400, 2410 или 2420) используется для подачи тока через испытуемое устройство, а Модель 2182 для измерения напряжения

на испытуемом устройстве. Следует помнить, что источник тока Источника/Измерителя – это источник постоянного тока. Следовательно, ток через испытуемое устройство будет оставаться постоянным по мере возрастания сопротивления испытуемого устройства.

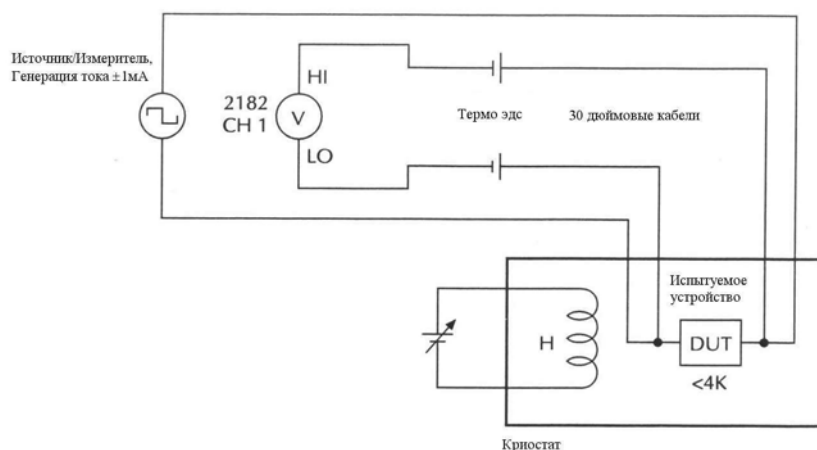


Рисунок 5-6

**Испытательная цепь – Фиксированный ток (меняющееся магнитное поле)**



Рисунок 5-7

**Кривая H-V (Фиксированный ток)**

После проведения измерения напряжения на испытуемом устройстве по ряду значений увеличивающегося магнитного поля можно построить график зависимости магнитного поля от напряжения. Пример кривой зависимости H-V на Рисунке 5-7 показывает, что измеренное напряжение на испытуемом устройстве остается равным ~0В для малых значений магнитного поля. Это горизонтальная часть кривой, где сопротивление испытуемого устройства составляет 0 Ом. В некоторой точке падение напряжения на испытуемом устройстве начнет расти с увеличением магнитного поля. Реальное сопротивление испытуемого устройства при любом магнитном поле может быть рассчитано с помощью закона Ома:

$$R = V/I.$$

где: R – реальное сопротивление испытуемого устройства.

$V$  – измеренное напряжение на испытуемом устройстве.

$I$  – ток известной величины, протекающий через испытуемое устройство.

**Дельта –измерения** — Как объяснялось ранее, для устранения эффектов термоэдс в испытательных проводах необходимо использовать метод измерения путем реверсирования постоянного тока. Конфигурируя стандартный свип, Источник/Измеритель может функционировать как источник биполярного сигнала с заданной амплитудой. Например, если для испытания требуется фиксированный ток 1мА, стандартный свип может быть конфигурирован так, чтобы выдавать разнополярный ток между величинами +1 мА и –1мА (смотрите Рисунок 5-8). Используя Дельта-измерения на Модели 2182, эффекты термоэдс в испытательных проводах будут автоматически устраняться в процессе генерирования/измерения.

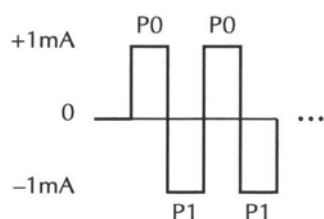


Рисунок 5-8

### **Выходной сигнал Источника/Измерителя – 2-точечная обычная развертка**

Процедура использования Источника/Измерителя и Модели 2182 для выполнения Дельта-измерения описаны в пункте "Процедура Дельта-измерения с использованием Источника/Измерителя». В этой процедуре, (представленной ранее в этом разделе в пункте «Дельта-измерения»), используется 2-точечный стандартный свип, необходимый для выполнения этой прикладной задачи.

## **Прикладная задача 2, Сверхпроводники – Фиксированное магнитное поле**

Другим типичным примером испытания сверхпроводникового образца (испытуемого устройства) является пропускание через испытуемое устройство тока с возрастающей амплитудой, в то время как магнитное поле поддерживается постоянным. Кривая зависимости  $I-V$  на Рисунке 5-9 показывает, что измеренное напряжение на испытуемом устройстве при низких магнитных полях составляет ~0В. Это горизонтальная часть кривой, где сопротивление испытуемого устройства составляет 0 Ом. В некоторой точке падение напряжения на испытуемом устройстве начнет расти с увеличением тока. Реальное сопротивление испытуемого устройства при любом токе может быть рассчитано с помощью закона Ома:

$$R = V/I.$$

где:  $R$  - реальное сопротивление испытуемого устройства.

$V$  – измеренное напряжение на испытуемом устройстве.

$I$  – ток известной величины, протекающий через испытуемое устройство.



Рисунок 5-9

### Кривая $I - V$ (Фиксированное магнитное поле)

Такая система испытания показана на Рисунке 5-10. Источник/Измеритель Keithley (Модель 2400, 2410 или 2420) используется для подачи тока через испытуемое устройство, а два нановольтметра Модели 2182 используются для одновременного измерения напряжения.

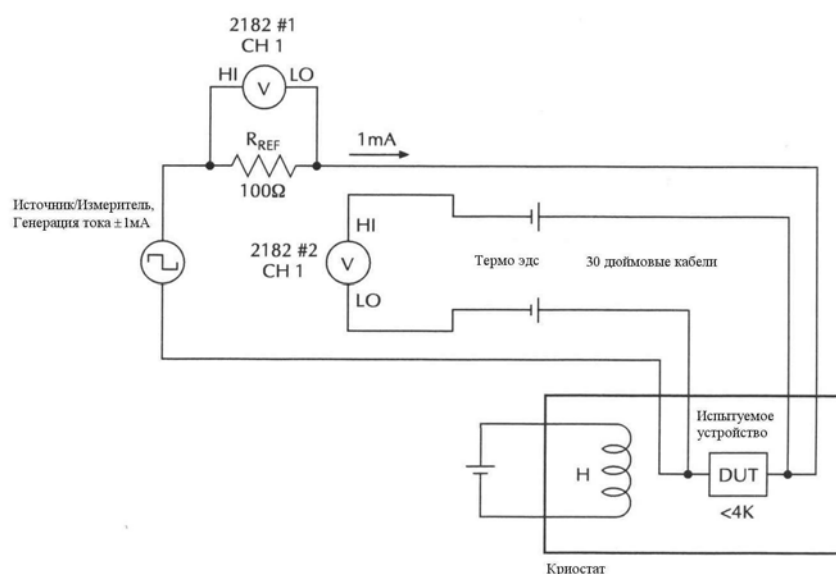


Рисунок 5-10

### Испытательная цепь — Фиксированное магнитное поле (Меняющийся ток)

Нановольтметр Модели 2182 №1 измеряет напряжение на прецизионном опорном резисторе ( $R_{Ref}$ ) и сохраняет показания в буфере. Эти сохраненные данные позволяют привязать амплитуды тока к измерениям напряжения на испытуемом устройстве. Нановольтметр Модели 2182 №2 измеряет напряжение на испытуемом устройстве и сохраняет показания в буфере.

Например, предположим, что нужно измерить напряжение испытуемого устройства при значениях тока развертки 10мкА, 20мкА и 50мкА. Когда начинается развертка (выход 10мкА), Модель 2182 №1 измеряет 1 мВ ( $10\text{мкА} \times 100\text{Ом} = 1\text{мВ}$ ) и сохраняет показание в ячейке 1 буфера. Одновременно нановольтметр Модели 2182 №2 проводит измерения на испытуемом устройстве и сохраняет показания в ячейке 1 буфера. В следующей точке свипа (20мкА) Модель 2182 №1 измеряет 2мВ и сохраняет показания в ячейке 2 буфера, а Модель 2182 №2 проводит измерения на испытуемом устройстве и сохраняет показания в ячейке 2 буфера. В последней точке свипа (50мкА) Модель 2182 №1 измеряет 5мВ и сохраняет показания в ячейке 3 буфера, а

Модель 2182 №2 проводит измерения на испытуемом устройстве и сохраняет показания в ячейке 3 буфера.

Показания, хранящиеся в буфере Модели 2182 №1, соответствуют значениям развертки тока. В дальнейшем Вы можете использовать номера ячеек буфера для привязки показаний испытуемого устройства к величинам амплитуд тока:

**Буфер памяти Модели 2182 №1****Буфер памяти Модели 2182 №2**

Показание №1 = 1мВ ⇒ 10мкА

Показание №1 = измерение на испытуемом устройстве

Показание №2 = 2мВ ⇒ 20мкА

Показание №2 = измерение на испытуемом устройстве

Показание №3 = 5мВ ⇒ 50мкА

Показание №3 = измерение на испытуемом устройстве

**Дельта –измерения** — Как объяснялось ранее, для устранения эффектов термоэдс в испытательных проводах необходимо использовать метод измерения путем реверсирования постоянного тока. Конфигурируя стандартный свип, Источник/Измеритель может функционировать как источник биполярного сигнала с нарастающей амплитудой.

Например, если для испытания требуются ступеньки тока 10мкА, 20мкА и 50 мкА стандартный 6-точечный свип может быть конфигурирован следующим образом:

P0000 = +10мкА

P0001 = -10мкА

P0002 = +20мкА

P0003 = -20мкА

P0004 = +50мкА

P0005 = -50мкА

Используя Дельта-измерения на Модели 2182, можно автоматически устранить эффекты термоэдс в испытательных проводах в процессе генерирования/измерения.

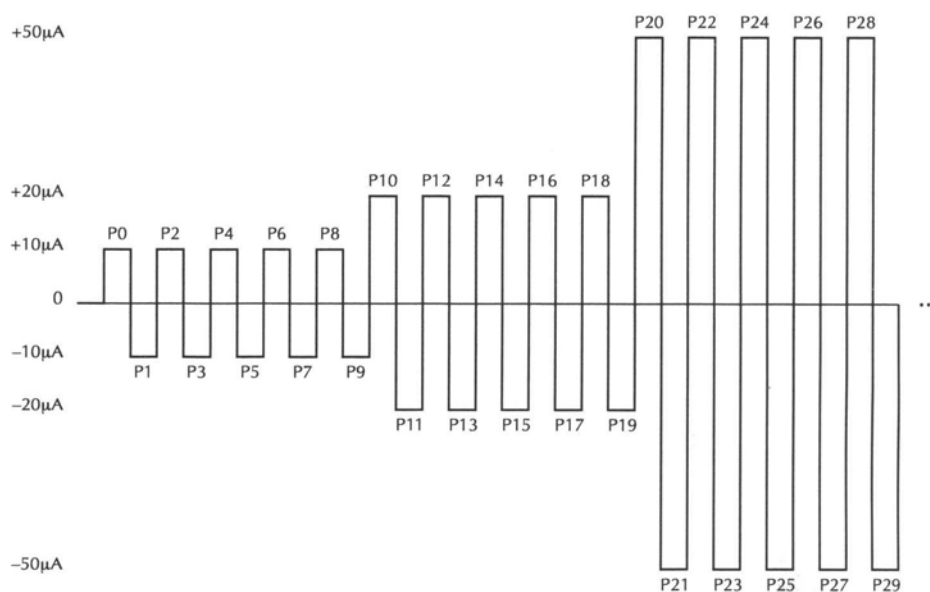


Рисунок 5-11

**Выходной сигнал Источника/Измерителя — 30 - точечный стандартный свип**

Для проверки воспроизводимости результатов измерений Вы можете провести

более одного Дельта-измерения на каждой амплитуде тока. На Рисунке 5-11 Источник/Измеритель выдает пять биполярных ступенек для каждой амплитуды. Результатом будут пять величин Дельта-измерений для каждой амплитуды. При конфигурировании стандартного свипа значение  $\pm 10\text{мкА}$  предназначается для первых 10 точек свипа, значение  $\pm 20\text{мкА}$  для следующих 10 точек, и значение  $\pm 50\text{мкА}$  для последних 10 точек. Следовательно, стандартный свип на Рисунке 5-11 будет состоять из 30 точек (от P0 до P29).

Процедура использования Источника/Измерителя и Модели 2182 для выполнения Дельта - измерений описана в пункте "Процедура Дельта-измерения с использованием Источника/Измерителя». Эта процедура (представленная ранее в этом разделе в пункте «Режим Дельта-измерений») использует 2-точечный стандартный свип и она должна быть модифицирована для выполнения данной прикладной задачи следующим образом:

- В этой прикладной задаче используются две модели 2182, поэтому оба нановольтметра должны быть конфигурированы абсолютно одинаково.
- В шаге 3 процедуры заменить «счет сигналов запуска» на равное число точек в стандартном свипе. Например, если используется 30 – точечный стандартный свип, как на Рисунок 5-11, установите счет сигналов запуска на 30.
- В шаге 5 процедуры установить соответствие величин тока точкам свипа. Для случая 30- точечного свипа величины тока для точек от P0 до P29 показаны на Рисунок 5-11.
- В шаге 7 включить линию синхронизации на обеих моделях 2182. Для доступа к управлению нажать клавишу SHIFT и затем LSYNC.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Оптимальная синхронизация всех приборов достигается тогда, когда включена линия синхронизации Модели 2182, а автоматическая установка нуля выключена. Автоматическая установка нуля не может быть выключена с лицевой панели Модели 2182. При управлении этой прикладной задачей через шину обмена данными использовать следующие команды для Моделей 2182:

<code>:SYSTem:LSYNc:STATe ON</code>	Включается линия синхронизации Модели 2182
<code>:SYSTem:AZERo:STATeOFF</code>	Выключается автоматическая установка нуля Модели 2182

*Автоматическая установка нуля должна отключаться только на короткий промежуток времени. После выполнения свипа снова включить автоматическую установку нуля. Для подробной информации по этому вопросу смотрите Раздел 2.*

- В шаге 9 установить буферы обеих моделей 2182 на запоминание Дельта показаний. При выполнении 30 – точечного свипа установить оба буфера на запоминание 30 Дельта - показаний.



**Логарифмический свип** — Если для Ваших испытаний требуются величины токов, которые охватывают две и более декад, Вы можете конфигурировать Источник/Измеритель на выдачу логарифмического свипа. 30 – точечный свип на Рисунок 5-11 ограничивается одной декадой 10мкА-100мкА. Если, например, Вы хотите расширить свип на охват трех декад тока, то следующие 30 точек свипа должны использоваться для амплитуд 100мкА, 200мкА и 500мкА. Последние 30 точек свипа должны использоваться для амплитуд 1мА, 2мА, 5мА. Зависимость I-V представляется затем графически в полулогарифмическом масштабе.

**Соединения линий запуска** — Синхронизация всех приборов для операций измерения-генерации тока осуществляется по схеме внешнего запуска. Источник/Измеритель должен запускать обе модели 2182, чтобы выполнять одновременные измерения. В свою очередь, одна из моделей 2182 должна запускать Источник/Измеритель для того, чтобы он выдавал новую величину тока.

Соединения линий связи запуска, необходимые для данной прикладной задачи, показаны на Рисунок 5-12. Заметьте, что выходной сигнал запуска (VMC) с моделей 2182 подается нановольтметром №1. VMC с нановольтметра №2 не должен использоваться.

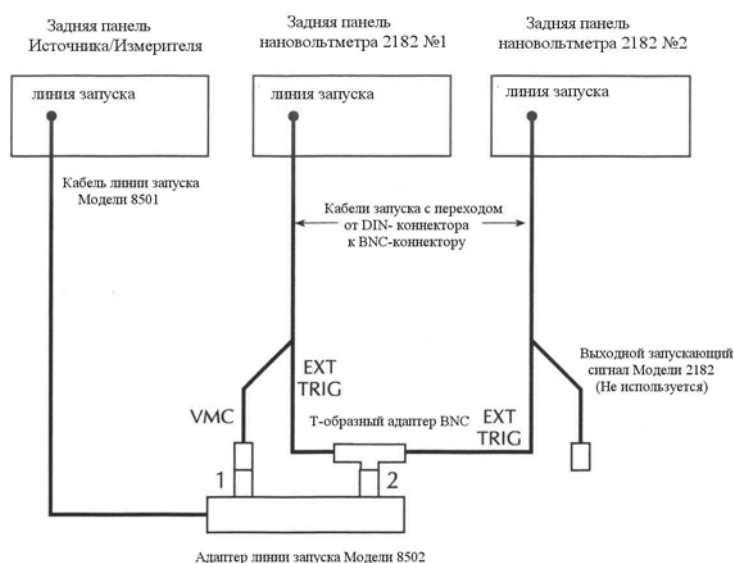


Рисунок 5-12

**Соединения линий связи запуска с использованием двух Моделей 2182**

**6**  
**Буфер**

- **Операции с буферной памятью** – Дается объяснение, как запоминать и вызывать из памяти показания, включая буферную статистику (минимум, максимум, размах амплитуд, средняя величина и стандартное отклонение).
- **SCPI - программирование** — Приводятся SCPI – команды, используемые для управления буферными операциями.

## Операции с буфером

Модель 2182 имеет буферную память для сохранения от двух до 1024 показаний и единиц. Она также сохраняет номер канала для проведения ступенчатых и сканирующих операций и показаний переполнения канала. Кроме того, вызываемые из памяти данные включают статистическую информацию (минимум, максимум, размах амплитуд, средняя величина и стандартное отклонение).

*ПРИМЕЧАНИЕ* Статистические данные не обрабатываются, если в буфере были сохранены показания переполнения.

Буфер заполняется определенным числом показаний, после чего прекращает работу. Показания размещаются в буфере после выполнения определенных математических операций. Математические операции включают обработку результатов Дельта-измерений, относительных измерений, определения отношения величин, операции  $mX+B$  и вычисление процента.

Буферные данные переписываются каждый раз, когда выбирается операция запоминания. Данные при отключении питания не сохраняются.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Измерения, выполняемые во время операций сканирования и ступенчатых операций, автоматически запоминаются в буфере. Поэтому не нужно конфигурировать и включать буфер. Операции сканирования и ступенчатые операции описываются в Разделе 9.

### Запоминание

Выполните следующие шаги для сохранения показаний:

1. Установите прибор в необходимую конфигурацию.
2. Нажмите клавишу STORE.
3. Используйте клавиши курсора (◀ и ▶) и диапазона (▲ и ▼), чтобы установить число запоминаемых показаний (от 2 до 1024).
4. Нажмите ENTER, чтобы включить буфер. Если прибор находится в режиме немедленного запуска, процесс запоминания начнется сразу же. Если прибор находится в режиме внешнего запуска, каждый входной запускающий сигнал (или нажатие клавиши TRIG) будет приводить к сохранению показания.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Сигнализатор (\*) включается, чтобы указать, что идет процесс запоминания данных. Он выключается, когда процесс запоминания заканчивается (Буфер заполнен).

### Вызов из памяти

Выполните следующие шаги для просмотра сохраненных показаний и буферной статистики:

1. Нажмите RECALL. Индикатор BUFFER включается, что указывает на то, что сохраненные показания выводятся на дисплей. Стрелочный индикатор (↔) также включается, что указывает, что дополнительные данные доступны для просмотра.
2. Используйте клавиши диапазона (▲ и ▼) и курсора (◀ и ▶), чтобы перемещаться среди номеров показаний, величин показаний и буферной статистики, как показа

но на Рисунке 6-1. Для любой из буферных статистик (минимум, максимум, размах амплитуд, средняя величина и стандартное отклонение) включается индикатор STAT.

3. Нажмите EXIT, чтобы вернуться к нормальному состоянию дисплея.



Рисунок 6-1

### Ячейки буферной памяти

### Буферная статистика

• MIN и MAX выдают минимальные и максимальные показания, сохраненные в буфере. Они также указывают на местоположение этих показаний в буфере.

• Размах показаний – это абсолютная величина разности между максимальным и минимальными показаниями. Он рассчитывается следующим образом:

$$\text{Размах} = |\text{MAX} - \text{MIN}|$$

• Среднее значение буферных показаний рассчитывается следующим образом

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

где :  $X_i$  – сохраненное показание

$n$  – число сохраненных показаний.

• Величина STD DEV – это стандартное отклонение сохраненных показаний. Для расчета стандартного показания используется формула:

$$y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right)}{n-1}}$$

где:  $X_i$  – сохраненное показание

$n$  – число сохраненных показаний.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В Модели 2182 для выполнения математических операций используется формат IEEE-754 с плавающей запятой.

## SCPI программирование - Буфер

Команды операций с буфером приведены в Таблице 6-1. Команды подсистемы TRAC используются для сохранения показаний в буфере и вызове из памяти, а команды CALCulate2 используются для получения статистических данных из буфера. Дополнительная информация об этих командах дана после таблицы.

Таблица 6-1

### SCPI команды - Буфер

Команды	Описание	Стандартная настройка	
:TRACe	Подсистема TRACe	Смотрите примечание	
:CLEar	Очистить буфер от показаний		
:FREE?	Запрашивает свободные байты и используемые байты		
:POINTs <NRf>	Задаёт количество сохраняемых показаний: от 2 до 1024		
:FEED <name>	Выбирает источник показаний: SENSE, CALCulate или NONE		
:CONTrol <name>	Выбирает режим управления буфером: NEVER или NEXT		
:DATA?	Считывает все показания в буфере		
:CALCulate2	Подсистема CALCulate2		NONE
:FORMat <name>	Выбирает статистику буфера (минимум, максимум, средняя величина и стандартное отклонение или NONE)		
:STATe <b>	Включает или выключает расчёт статистических данных		
IMMediate	Пересчитывает необработанные введенные данные в буфер		
IMMediate?	Осуществляет расчёт и считывание результата		
:DATA?	Считывает результат статистических расчетов.		

**Примечание :** команды :SYSTEM:PRESet и \*RST не влияют на TRACe команды

**Подсистема TRACe** — Команда FEED осуществляет контроль источников показаний. При выбранном параметре SENSE в буфере запоминаются необработанные входные показания. При выбранном параметре CALCulate в буфере запоминаются результаты вычислений  $mX+b$  или процента (%). Команды управления и конфигурирования вычислений  $mX+b$  и процента собраны в таблице 4-2 Раздела 4.

Команда FEED:CONTRol используется для управления процессом запоминания. Команда NEXT начинает процесс запоминания, а NEVer – останавливает его. После завершения процесса запоминания управление буфером автоматически возвращается к NEVer.

**Подсистема CALCulate 2** — После включения выбранной статистики должны быть выданы команды IMMEDIATE или IMMEDIATE?, чтобы выполнить статистические расчеты с буферными данными. Команда DATA? не инициирует расчетные операции. Она просто возвращает результат последнего расчета. Если в буфере будут запоминаться новые данные, Вы должны снова выдать команды IMMEDIATE или IMMEDIATE?, чтобы провести новые статистические расчеты с новыми данными.

Не существует никаких SCPI – команд для получения статистики для размаха амплитуд. Чтобы получить такую статистику, Ваша программа должна будет рассчитать ее из статистических данных для MAX и MIN.

7

**Система  
запуска**



- **Модель запуска** — Объясняются различные компоненты модели запуска с лицевой панели, которая управляет операциями запуска прибора.
- **Удержание показаний** — Объясняются характеристики схемы удержания показаний, используемой для отсеивания тех показаний, которые выходят за пределы определенного окна показаний.
- **Модель внешнего запуска** — Объясняется модель внешнего запуска, которая позволяет Модели 2182 запускать другие приборы и самой запускаться от других приборов.
- **SCPI – программирование** — Описываются дистанционные операции для запуска, включая модель GPIB - запуска и SCPI – команды.

## Модель запуска

Циклическая схема на Рисунке 7-1 представляет процесс запуска с лицевой панели. Она называется моделью запуска, поскольку она моделируется командами SCPI, используемыми для управления запуском. Следует отметить, что для ступенчатых операций и операций сканирования модель запуска имеет дополнительные блоки управления. Они описаны в Разделе 9.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Полная модель запуска, основанная на операциях через шины интерфейса, показана и обсуждается дальше в этом разделе (смотрите “SCPI – программирование”). Помните, что существует только одна модель запуска. Модели, показанные на Рисунке 7-1 и в Разделе 9, являются сокращенными вариантами, и используются для иллюстрации операций с лицевой панели.

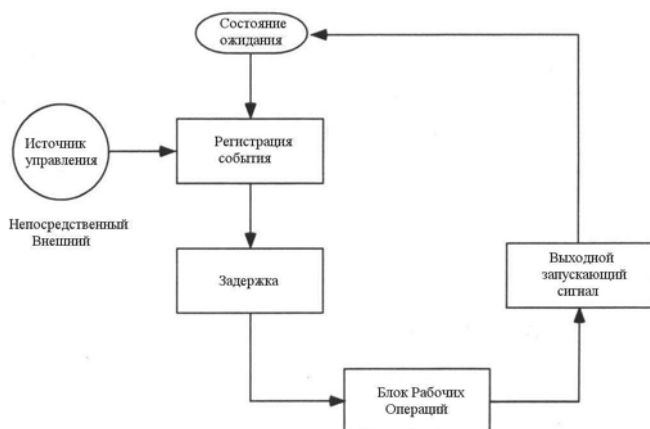


Рисунок 7-1

**Модель запуска с лицевой панели (без ступенчатых операций/операций сканирования)**

### Режим ожидания

Считается, что прибор находится в режиме ожидания, если он не выполняет никаких операций измерения или сканирования. С лицевой панели прибор рассматривается находящимся в состоянии готовности к концу операции сканирования или ступенчатой операции, когда на экране дисплея остается показание для последнего канала. Чтобы восстановить запуск, нажмите SHIFT, а затем HALT.

Как только Модель 2182 выходит из состояния готовности, ее работа протекает по модели запуска.

### Источник Управления и Регистрация События

Источник управления поддерживает рабочий режим до тех пор, пока не происходит программируемое событие, которое регистрируется. Имеются следующие источники управления :

- **Непосредственное управление** – При этом источнике управления регистрация события выполняется немедленно, позволяя продолжать рабочий режим.



• **Внешнее управление** – Регистрация события выполняется для любого из трех следующих условий:

- Принимается сигнал запуска через линию связи EXT TRIG.
- Нажимается клавиша TRIG на лицевой панели. (Модель 2182 должна быть сначала выведена из режима дистанционных операций, прежде чем она будет реагировать на клавишу TRIG. Используйте клавишу LOCAL или перешлите LOCAL 707 по шине интерфейса).
- Команда запуска (\*TRG или GET) получена через шину интерфейса.

## Задержка

После регистрации события необходима программируемая задержка. Она может быть установлена вручную, или может быть использована автоматическая установка задержки. При автоматической установке задержки Модель 2182 выбирает задержку на основании выбранного диапазона напряжения. Автоматические задержки приведены в таблице 7-1. Автоматическая установка задержки не действует для температурных измерений. Автоматическая установка задержки обычно используется для внешнего сканирования. Номинальные задержки будут иметь такие значения, которые позволяют каждому этапу стабилизироваться перед выполнением измерения.

*Таблица 7-1*

### *Значения автоматической задержки*

Диапазон	Значение задержки	
	DCV1	DCV2
10mV	1мс	-
100mV	1мс	1мс
1V	1мс	1мс
10V	1мс	1мс
100V	5мс	-

Задержка устанавливается нажатием клавиш SHIFT, а затем DELAY. На дисплее отобразится текущая установка задержки (AUTO или MANual). Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на экране нужную установку и затем нажмите ENTER. Если выбрали MANual, то введите длительность задержки, используя клавиши ◀, ▶, ▲ и ▼. Максимальное значение задержки 99ч:99мин:99,999с. Нажмите ENTER, чтобы зафиксировать значение задержки, или EXIT, если не хотите ничего менять.

## Рабочие операции

Главной рабочей операцией является измерение. Однако блок рабочих операций может включать в себя следующие дополнительные действия (смотрите Рисунок 7-2):

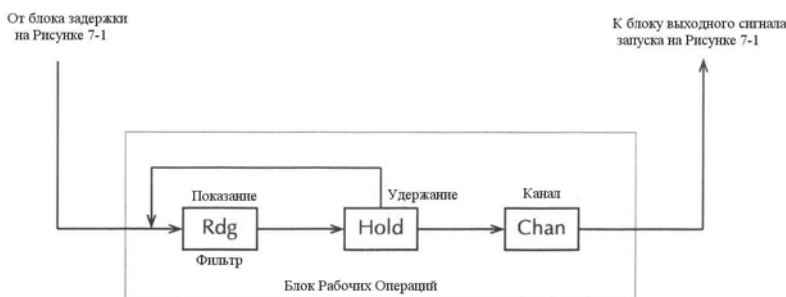


Рисунок 7-2

### Рабочие операции

- Фильтрация** – Если включен фильтр с повторяющимся усреднением, прибор отбирает определенное число отсчетов АЦП, чтобы выдать затем единственное отфильтрованное показание. Производится только один отсчет АЦП, если фильтр выключен или если достигается определенное число отсчетов АЦП для фильтра с перемещаемым усреднением. После того как показание (Показ.) выполнено, процесс переходит к операции Удержания (Удерж.).
- Удержание** – Эта рабочая операция используется, чтобы устранить аномальные показания. Когда она включена, пользователь выбирает окно и счет для операции Удержания. Обычно, когда показание выходит за пределы выбранного окна, оно выбрасывается; процесс возвращается назад к началу Рабочих Операций, как это показано на Рисунок 7-2. Счетчик операции удержания определяет, как много показаний должно быть в пределах окна, прежде чем оно будет установлено. Для подробного ознакомления смотри “Удержание показаний (Авторегулировка)”. После того как операция удержания показаний завершена, процесс переходит к операции Закрытия Канала.
- Закрытие канала** – Во время ступенчатых операций или сканирования последней рабочей операцией является контроль канала. Использование операции удержания обеспечивает автоматическую установку времени переключения сигнала. Каждый переход открытие/закрытие будет запускать процесс удержания, и отсчет для каждого канала не происходит, пока не установится сигнал.

## Выходной сигнал запуска

После рабочих операций выдается выходной сигнал запуска, который можно снять с коннектора линии связи запуска на задней панели. Этот запускающий сигнал может быть использован, чтобы запустить другой прибор для проведения какой-то операции (например, выбрать следующий канал для внешнего сканирования).

## Удержание Показаний (Авторегулировка)

При включенном режиме удержания (индикатор HOLD включен) первое обработанное показание становится «сеянным» (опорным) показанием, и процесс возвращается назад внутри блока рабочих операций. После обработки следующего показания оно проверяется, чтобы оценить, находится ли оно в пределах выбранного окна (0,01%, 0,1%, 1%, 10%) «сеянного» показания. Если показание находится внутри окна, процесс снова возвращается назад в пределах блока рабочих операций. Такой кольцевой процесс измерения продолжается до тех пор, пока в пределах окна не окажется определенное число последовательных показаний (от 2 до 100). Если одно из показаний выйдет за пределы окна, прибор получает новое «сеянное» показание и процесс удержания показаний продолжается.

Когда принимается показание удержания, раздается звуковой сигнал (если он включен) и это показание рассматривается как «правильное измерение». Показание удерживается на дисплее до тех пор, пока не принимается «внеоконное» показание, которое инициирует новый процесс удержания.

Для дистанционных или сканирующих операций процесс удержания ищет новое «сеянное показание» сразу же, как он включен и показания запущены. Для основной операции с лицевой панели процесс удержания не ищет нового «сеянного» показания, пока не устранены условия удержания.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Режим удержания может использоваться только с Каналом 1. Всякий раз, когда включен режим удержания, Канал 2 становится неоперабельным.

## Пример режима удержания

1. Нажать SHIFT и затем HOLD, чтобы вывести на дисплей текущее значение окна (0,01%, 0,1%, 1%, 10%).
2. Чтобы изменить окно, нажмите клавишу ▲ или ▼ для вывода на дисплей нужного значения окна.
3. Нажать ENTER. На дисплее отобразится текущее значение счета удерживаемых показаний (от 2 до 100).

4. Для изменения счета показаний используйте клавиши ▲, ▼, ► и ◀, чтобы вывести на дисплей необходимое значение счета.
5. Нажать клавишу DCV1, чтобы измерять напряжение на Канале 1.
6. Подать тестовый сигнал на Канал 1 Модели 2182. Как только сигнал становится достаточно стабильным, чтобы удовлетворять условиям удержания, запускаются показания, и раздается звуковой сигнал (если он включен).
7. Устраните условия удержания, отключая сигнал от Канала 1. Режим удержания будет затем искать новое «сеянное» показание.
8. Чтобы отключить HOLD, нажмите SHIFT, а затем HOLD.

### **Звуковой контроль**

Звуковой сигнал для режима удержания может отключаться или включаться из меню ON/OFF LIMITS следующим образом:

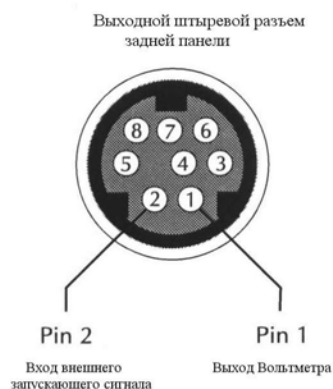
1. Нажать клавишу ON/OFF, чтобы отобразить на дисплее выбор звукового сигнала (NEVER, OUTSIDE и INSIDE).
2. Выполнить шаги А или В:
  - А. Для включения звукового сигнала используйте клавишу ▲ или ▼, чтобы вывести на дисплей OUTSIDE или INSIDE.
  - В. Для отключения звукового сигнала используйте клавишу ▲ или ▼, чтобы вывести на дисплей NEVER.
3. Нажать ENTER. Прибор вернется к нормальному состоянию дисплея. Однако, при этом включается режим предельных испытаний.
4. Если Вы желаете выключить режим предельных испытаний, нажмите ON/OFF. Предельные испытания описаны в Разделе 8.

### **Внешний запуск**

Клавиша EX TRIG выбирает запуск от двух внешних источников: линии связи запуска и клавиши TRIG. Когда нажимается EX TRIG, мерцающий индикатор TRIG отображается на дисплее, чтобы указать на то, что прибор находится в ожидании внешнего запуска. Чтобы запустить одно единственное показание с лицевой панели, нажмите клавишу TRIG. Повторное нажатие клавиши EX TRIG возвращает назад к непрерывному режиму запуска.

Модель 2182 использует две линии на коннекторе задней панели для внешнего входного запускающего сигнала (EXT TRIG) и для выходного сигнала запуска с вольтметра (VMC). Линия EXT TRIG позволяет Модели 2182 запускаться от других приборов. Линия VMC позволяет Модели 2182 запускать другие приборы.

Заводской конфигурацией линия 1 предусмотрена как линия VMC, а линия 2 - EXT TRIG. (Изменение этой конфигурации описано в Сервисном Руководстве Модели 2182). Расположение штырей выходного электрического соединителя показано на Рисунке 7-3.



Номер штыря	Описание
1	Выход вольтметра
2	Внешний запускающий сигнал
3	Нет соединения*
4	Нет соединения*
5	Нет соединения*
6	Нет соединения*
7	Заземление сигнала
8	Заземление сигнала

*Рисунок 7-3*

***Выходной штыревой разъем задней панели***

**Внешний запускающий сигнал**

Для входного запускающего сигнала EXT TRIG необходим передний (падающий) фронт ТТЛ- совместимого импульса с параметрами, указанными на Рисунок 7-4. Обычно внешние запускающие сигналы могут использоваться для управления операциями измерения. Для нановольтметра 2182 модель запуска должна быть конфигурирована для отклика на внешние запускающие импульсы.



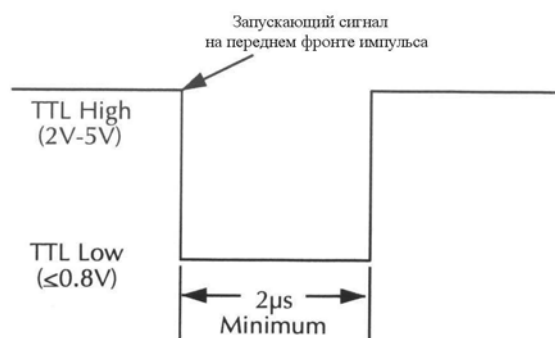


Рисунок 7-4

**Характеристики входного импульса запуска (EXT TRIG)**

## Выход вольтметра

VMC выход обеспечивает TTL-совместимый выходной импульс, который может быть использован для запуска других приборов. Параметры этого запускающего импульса показаны на Рисунок 7-5. Обычно бывает нужно, чтобы Модель 2182 выдавала выходной сигнал запуска по истечении времени стабилизации каждого измерения.

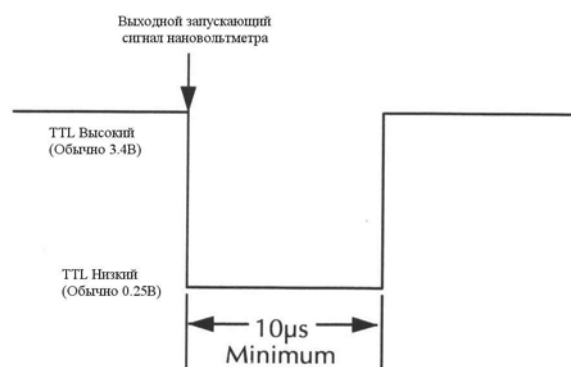


Рисунок 7-5

**Характеристики выходного импульса запуска (VMC)**

## Пример внешнего запуска

В типичной испытательной системе Вы можете сначала замкнуть канал, а затем измерить с помощью Модели 2182 испытуемое устройство, подсоединенное к каналу. Такая испытательная система показана на Рисунок 7-6, она использует Модель 2182 для измерения восьми испытуемых устройств, переключаемых с помощью нановольтного сканирующего модуля Модели 7168 в Коммутируемой Системе Модели 7001/7002. Смотри Раздел 9 для детального ознакомления с внешним сканированием.

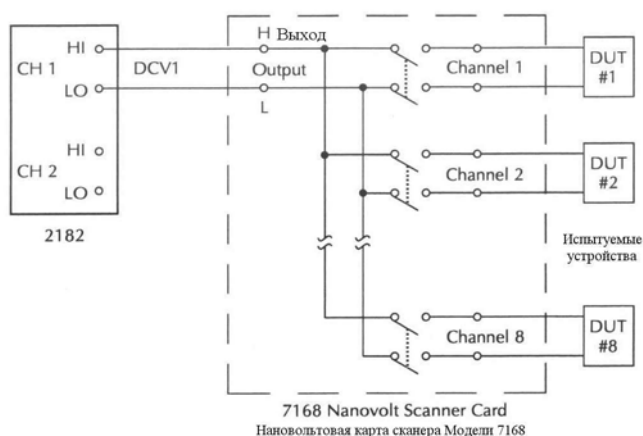


Рисунок 7-6

### Система испытаний устройств

Соединения линий связи запуска для этой испытательной системы показаны на Рисунок 7-7. Линия связи Модели 2182 соединена с линией связи (либо с IN, либо с OUT) Модели 7001/7002. Отметим, что при заводских настройках запуска на Модели 7001/7002 линия №1 является входной, а линия №2 – выходной. Это дополняет линии запуска на Модели 2182.

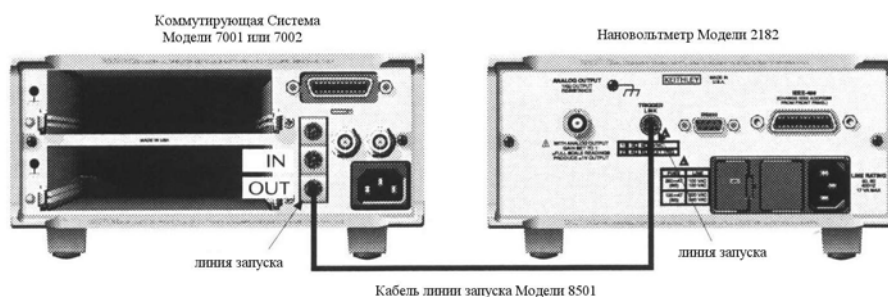


Рисунок 7-7

### Соединения линий запуска

Для этого примера Модели 2182 и 7001/7002 конфигурируются следующим образом:

#### Модель 2182:

Восстановление заводских настроек (доступ через клавиши SHIFT-SETUP)

Внешнее сканирование, каналы 1-8, таймер выключен, 8 показаний (доступ через SHIFT-CONFIG)

Внешний запуск (доступ через клавишу (EX TRIG))

**Модель 7001 или 7002:**

Восстановление заводских настроек

Перечень сканирования = 1!1-1!8,

Число циклов сканирования = 1

Разделение каналов = линия запуска

Чтобы запустить испытания и сохранять показания в Модели 2182 при настройке прибора на внешний запуск, нажмите клавишу STEP или SCAN. Модель 2182 будет ждать (со светящимся индикатором (звездочка)) внешнего запускающего сигнала от Модели 7001/7002.

Нажмите STEP на Модели 7001/7002, чтобы вывести ее из состояния готовности и начать сканирование. Выходной сигнал сканера запускает Модель 2182, чтобы получить отсчет, сохранить его и послать, в свою очередь, сигнал запуска. Нижеследующее объяснение основывается на операционной модели, показанной на Рисунок 7-8.

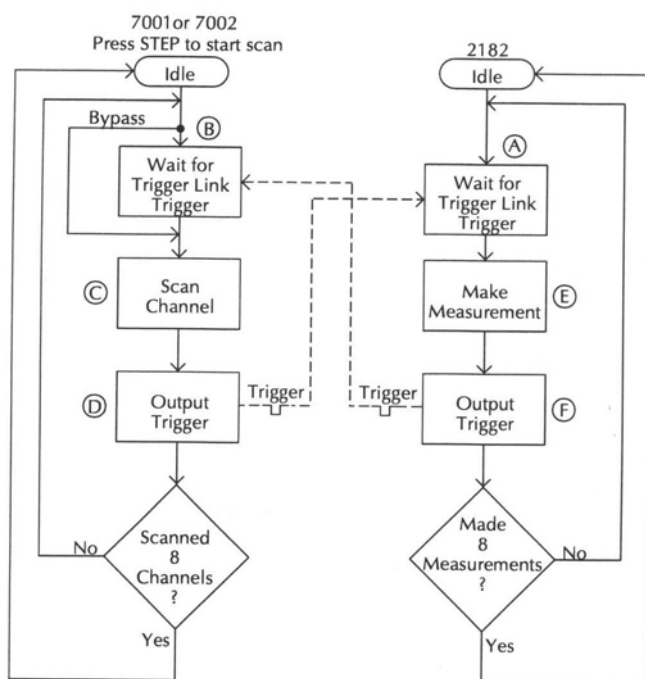


Рисунок 7-8

**Операционная модель для примера запуска**

7001 или 7002

Press STEP to start scan – Нажать STEP для запуска сканирования

Idle-Состояние ожидания

Bypass-Обход

Wait for Trigger Link Trigger – Ждать сигнала запуска с линии запуска

Scan Channel – Канал сканирования

Output Trigger – Выходной сигнал запуска

Scanned 8 Channels – Отсканировано 8 каналов

2182

Idle-Состояние ожидания

Wait for Trigger Link Trigger – Ждать сигнала запуска с линии запуска

Make Measurement – Выполнить измерение

Trigger – Запуск

Output Trigger – Выходной сигнал запуска

Made 8 Measurement – Выполнено 8 измерений

- A. Нажатие EX TRIG, а затем STEP или SCAN на Модели 2182 переводит ее в позицию А на схеме, где она ожидает внешнего сигнала запуска.
- B. Нажатие STEP на Модели 7001/7002 выводит из состояния ожидания и перемещает рабочую операцию в точку В на схеме.
- C. Для первого прохода по модели сканер не ждет в точке В запускающего сигнала. Вместо этого он опрашивает первый канал.
- D. После времени установления Модель 7001/7002 выдает импульс Готовности Канала. Поскольку прибор запрограммирован на сканирование восьми каналов, операция возвращается назад вверх в точку В, где она ждет входной сигнал запуска.

Е и F. Операция Модели 2182 находится в точке А, ожидая сигнала запуска. Выходной импульс Готовности Канала с Модели 7001/7002 запускает нановольтметр, чтобы измерить испытуемое устройство №1 (точка Е). После выполнения измерения Модель 2182 выдает выходной импульс (точка F) и затем возвращается назад в точку А, где она ожидает другой входной сигнал запуска.

Сигнал запуска, поданный на Модель 7001/7002 с Модели 2182 закрывает (опрашивает) следующий канал сканирования. А это, в свою очередь, запускает нановольтметр для измерения следующего испытуемого устройства. Процесс продолжается, пока все восемь каналов не будут просканированы и измерены.

## **Внешний запуск с коннекторами типа BNC**

Для соединения линии связи запуска Модели 2182, имеющей разъем микро-DIN, с приборами, имеющими разъемы линий запуска типа BNC используется кабель-адаптер. Кабель запуска Модели 8503 с переходом от DIN к BNC имеет микро- DIN коннектор на одном конце и два BNC-коннектора – на другом. BNC-кабели помечены аббревиатурой VMC (линия запуска 1) и EXT TRIG (линия запуска 2).

Рисунок 7-9 показывает, как Источник Тока Модели 220 может быть подсоединен к нановольтметру 2182 с использованием кабеля-адаптера. При использовании моды STEP Модели 220 Вы можете осуществить синхронизированные операции генерации-измерения без использования компьютера. Всякий раз когда Модель 220 получает импульс запуска с Модели 2182, она будет ступенчато переходить к следующей величине тока источника.



Рисунок 7-9

### Кабель запуска с переходом от коннектора BNC к коннектору DIN

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если конфигурация линии запуска Модели 2182 отличается от заводской настройки, должен использоваться адаптер линии связи Модели 8502, чтобы взаимодействовать с приборами, имеющими разъемы запуска типа BNC. Он имеет два коннектора микро- DIN и шесть коннекторов BNC, по одному на каждую линию запуска.

## SCPI программирование – Запуск

### Модель запуска (Дистанционные операции)

Последующие параграфы описывают, как Модель 2182 работает при дистанционных операциях управления. Схема на рисунке 7-10 суммирует операции управления через шину. Циркулярная схема называется моделью запуска, так как работа управляется SCPI командами от подсистемы запуска. Клавиша SCPI команд включена в модель запуска.

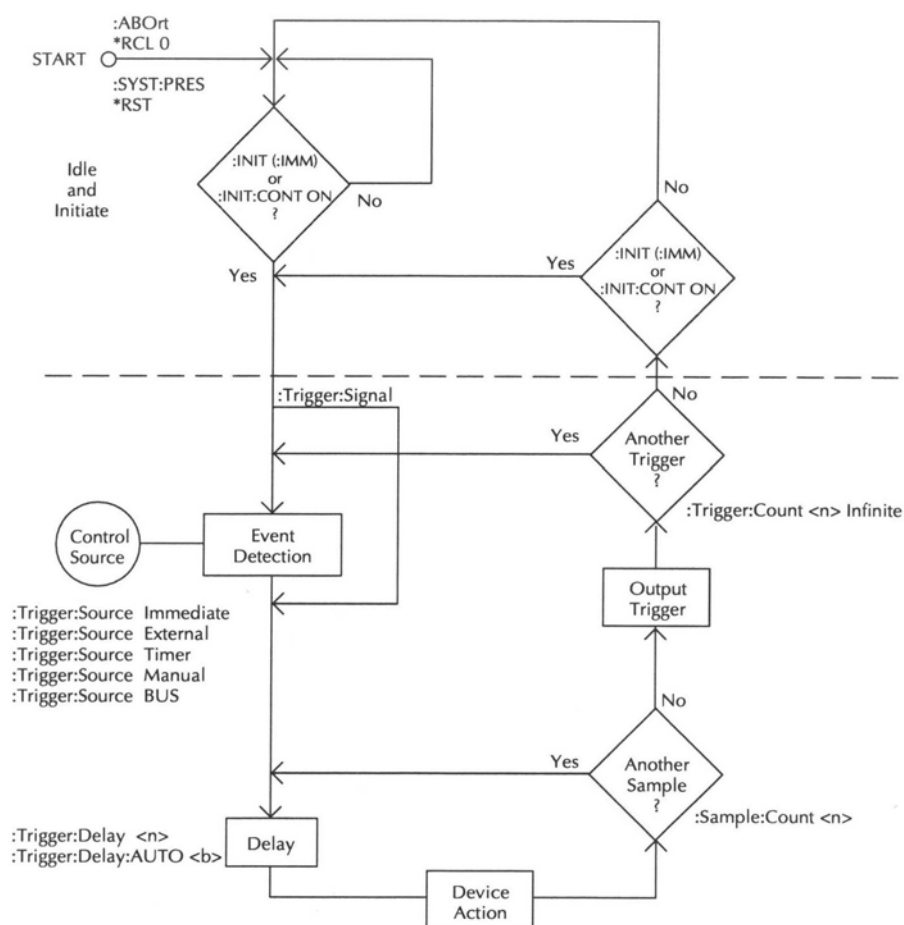


Рисунок 7-10

### Модель запуска (дистанционные операции)

Event Detection – Регистрация события

Delay - Задержка

Another Trigger – Другой запускающий сигнал

Output Trigger – Выходной запускающий сигнал

Another Sample – Другой образец

Device Action – Рабочая Операция

Idle and Initiate – Режим ожидания и инициации

Control Source – Источник управления

### Состояние готовности и инициация

Всякий раз, когда рабочая операция находится в верхней части модели запуска, считается, что прибор находится в состоянии готовности (ожидания). Как показано на Рисунке 7-10, инициация необходима, чтобы вывести прибор из состояния готовности. В состоянии готовности (ожидания) прибор не может выполнять никакой измерительной операции или операций сканирования (ступенчатых).

Следующие команды будут возвращать рабочую операцию в верхнюю часть модели запуска (состояние готовности) в точке START модели запуска:

- :ABORt
- \*RCL 0
- :SYSTem:PREset
- \*RST

Что случится затем, зависит от состояния инициации. Если уже включена непрерывная инициация, прибор выйдет из состояния готовности. Команда SYSTem:PREset включает непрерывную инициацию. По этой команде рабочая операция немедленно покинет состояние готовности. Команда \*RCL 0 будет делать то же самое, если настройка INITiation:CONTInuous ON является сохраненной настройкой пользователя. Команда \*RST выключает непрерывную инициацию. Поэтому прибор будет оставаться в состоянии готовности.

Любая из следующих двух команд инициации (запуска) будет выводить прибор из состояния готовности:

:INITiate

INITiate:CONTInuous ON

**ПРИМЕЧАНИЯ** При нахождении в дистанционном режиме нажатие клавиши LOCAL восстанавливает непрерывную рабочую операцию с лицевой панели.

Во время переключения с языка 182 на язык SCPI, прибор будет входить в состояние готовности и оставаться в нем. Вы можете вывести прибор из состояния готовности нажатием клавиши TRIG или посылкой команды инициации.

## Рабочие операции Модели запуска

Как только прибор выходит из состояния готовности, процесс протекает по модели запуска вниз к блоку рабочих операций. Обычно рабочая операция означает измерение, а во время сканирующих/ступенчатых операций – закрытие (опрос) следующего канала.

**Источник Управления** – Как показано на рисунке 7-10, источник управления используется, чтобы задерживать операции до тех пор, пока не происходит программируемое событие. Опции источника управления следующие:

- IMMEDIATE – Регистрация события происходит немедленно, позволяя операциям продолжаться.
- MANUAL – Регистрация события происходит при нажатии клавиши TRIG. Для этого Модель 2182 должна находиться в LOCAL-моду, чтобы отреагировать на клавишу TRIG. Нажать клавишу LOCAL или послать команду LOCAL 7 по шине, чтобы вывести прибор из дистанционной моды.
- TIMER – Регистрация события происходит немедленно при начальном прохождении петли операций. Каждая последующая регистрация

происходит, когда истекает запрограммированный интервал (от 0 до 999999,999 секунд). Таймер источника доступен только через операцию сканирования/ступенчатую. Таймер переустанавливается в свое начальное состояние, когда прибор входит в нормальный режим работы или в состояние готовности.

- EXternal – Регистрация события происходит, когда Модель 2182 получает входной импульс запуска через коннектор линии запуска (TRIGGER LINK).
- BUS – Регистрация события происходит, когда сигнал запуска (GET или \*TRG) поступает через шину на Модель 2182.

**Задержка и рабочие операции** – Эти блоки модели запуска работают одинаково и для операций с лицевой панели, и для GPIB-операций. Смотрите про лицевую панель «Модель Запуска» (приведенную в начале этого раздела) для оперативной информации по этим блокам модели запуска. Смотрите также «Удержание показаний (авторегулировка)» для детальной информации относительно операций удержания.

**Счетчики** – Программируемые счетчики используются для того, чтобы повторять операции в пределах модели запуска. Например, если производится 10-канальное сканирование, то счетчик испытываемых образцов должен быть установлен на 10. Операция будет продолжаться до тех пор, пока все 10 каналов не будут просканированы и измерены. Если Вы хотите повторить сканирование три раза, Вы должны установить счетчик запускающих сигналов на три.

Для величины счета испытываемых устройств  $>1$  отсчеты с этих устройств автоматически сохраняются в буферной памяти. Например, при счете устройств, установленном на 5, пять измеренных показаний будут сохранены в буфере. Если модель запуска конфигурирована на повторение показаний (т.е. счет запускающих сигналов = 2), эти пять новых показаний будут записаны в буфер вместе с первоначальными пятью показаниями.

**Выходной запускающий сигнал** – Модель 2182 будет посылать один или более выходных запускающих сигналов. Выходной запускающий сигнал снимается с коннектора линии запуска на задней панели. Он может использоваться для запуска другого прибора.

Модель запуска может быть конфигурирована на выдачу сигнала запуска после завершения серии измерений или после каждого измерения. Например, при счете испытываемых образцов, установленном на 10, и счете запускающих импульсов, установленном на единицу, запускающий сигнал будет послан после выполнения 10 измерений. Если же счетчик запуска установлен на 10, а счетчик испытываемых устройств на 1, то сигнал запуска будет посылаться после каждого измерения.

## Команды запуска

Команды запуска приведены в таблице 7-2. Информация, не отраженная в таблице или в параграфе «Модель запуска (GPIB Операции)», приведена после таблицы. В столбце Ссылка указаны ссылки для этой информации.



Таблица 7-2

**SCPI-команды-запуск**

Команда	Описание	Ссы лка	Заводские на- стройки
:ABORt	Устанавливает систему запуска	A	
:INITiate	Вид инициации:		
[:IMMediate]	Иницирует один цикл запуска	B	
:CONTinuous <b>	Включает или выключает непрерывную инициацию	C	(Примечание 1)
:FETch?	Запрашивает последнее (ие) показание(я)	D	
:READ?	Выполняет ABORt, INITiate и FETch?	E	
:TRIGger	Команды запуска		
:SOURce <name>	Выбирает источник управления: IMMediate, TIMer, MANual, BUS или EXTernal	F	IMMediate
:TIMer	Устанавливает интервал таймера; от 0 до 999999,999 (сек)		0,1
:COUNt <NRf>	Устанавливает счет запуска; от 1 до 9999 или INF.		(Примечание 2)
:DELay <n>	Устанавливает задержку; от 0 до 999999,999 (сек)		0
AUTO <b>	Включает или выключает автоматическую установку задержки	G	
:SIGNal	Совершает петлю вокруг источника управления	H	
:SAMPle	Счетчик испытываемых образцов:		
:COUNt <NRf>	Устанавливает счет испытываемых образцов; от 1 до 1024.	I	1
:SENSe	Подсистема считывания:		
HOLD	Команды Удержания показаний	J	
WINDow <NRf>	Устанавливает окно Удержания в % от 0,01 до 20.		1
COUNt <NRf>	Устанавливает счет Удержания; от 2 до 100		5
:STATe	Включает или выключает режим Удержания.		OFF
:SYSTem	Подсистема SYSTem:		

## Продолжение Таблицы 7-2

Команда	Описание	Ссылка	Заводские настройки
:BEEPer	Звуковой контроль:		
:STATe <b>	Включает или выключает звук		ON
RST	Восстанавливает *RST настройки (смотрите столбец заводские настройки этой таблицы). Вводит 2182 в состояние готовности.		

**Примечания:**

1. Настройки для непрерывной инициации:  
 SYSTem:PRESet включает непрерывную инициацию.  
 \*RST выключает непрерывную инициацию.
2. Настройки для счета запускающих импульсов:  
 SYSTem:PRESet устанавливает счетчик на INF (бесконечность).  
 \*RST устанавливает счетчик на 1.

Ссылки:

- A. ABORt – При выключенной непрерывной инициации Модель 2182 входит в состояние готовности. При включенной непрерывной инициации операции продолжают в верхней части модели запуска.
- B. INITiate – Всякий раз когда прибор работает в соответствии с моделью запуска, посылка этой команды вызывает ошибку и игнорируется.
- C. INITiate :CONTinuous – При включенной непрерывной инициации Вы не можете использовать команду READ? или установить счетчик образцов (SAMPle:COUNt) на величину > 1.
- D. FETCh? – Детали даются в разделе 13.
- E. READ? – Использовать эту команду запроса для решения задач трех команд. Подробности в разделе 13.
- F. TRIGger:SOURce – При выбранном источнике управления от таймера использовать команду TRIGger: TIMer для установки интервала.
- G. DELay:AUTO – Автоматическая установка времени задержки – 5мс для диапазона 100V и 1мс – для всех других диапазонов напряжения. Выключение автоматической задержки устанавливает время задержки на 0.
- H. TRIGger: SIGNal – Подавать эту команду, чтобы обойти стороной источник контроля, если Вы не желаете, чтобы произошло запрограммированное событие. Когда посылается эта команда, прибор должен находиться в точке источника контроля в ожидании события, иначе произойдет ошибка и команда будет проигнорирована.
- I. SAMPle: COUNt – Счет образцов >1 определяет, как много показаний будет автоматически сохраняться в буфере. Однако, при включенной непрерывной инициации Вы не можете установить счетчик испытуемых образцов на величину >1.

- J. SENSE: HOLD – Для детального ознакомления с режимом удержания показаний смотри параграф «Удержание Показаний (Авторегулировка)».

**8**

**Предельные операции**

- **Предельные операции** – Объясняются операции испытаний с пределом 1 и пределом 2.
- **SCPI-программирование** – Приводятся SCPI команды для дистанционных операций.
- **Прикладные задачи** – Дается прикладная задача по сортировке резисторов по допустимым пределам.

## Предельные операции

Предельные операции устанавливаются и контролируются величины, которые определяют статус последующих измерений HI/IN/LO (выше, в пределах, ниже). Предельные испытания проводятся как результат режимов относительных измерений,  $mX+b$  или Процентов.

Имеются две установки пределов. Предел 1 использует верхнюю и нижнюю границы (HI1 и LO1), как и Предел 2 (HI2 и LO2). Однако, сообщение о статусе HI/IN/LO применимо только к Пределу 1. Рисунок 8-1 иллюстрирует следующие границы, которые являются заводскими настройками:

Предел 1: HI1 = +1V и LO1 = -1V

Предел 2: HI2 = +2V и LO2 = -2V

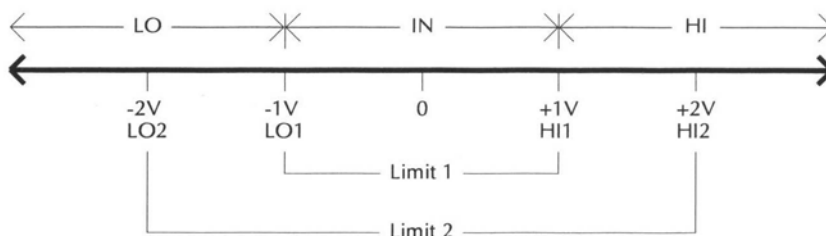


Рисунок 8-1

### Настройки пределов

Для пределов, указанных на рисунке 8-1, показание 1,5V находится за пределом 1 (который является первым пределом). Поэтому на дисплее будет отображаться сообщение «HI».

Для предельных испытаний можно также использовать источник звукового сигнала (бипер). Имеются три опции бипера: NEVER, OUTSIDE и INSIDE. Эти опции объясняются так:

NEVER – При этой опции бипер выключен. Используется только сообщение о статусе HI/IN/LO для предельных испытаний 1.

OUTSIDE – Для этой опции бипер подает звуковой сигнал, когда показание находится вне (HI или LO) предела 1. Снова обратимся к рисунку 8-1, показание 1,5V находится вне (HI) предела 1. Поэтому будет издаваться звуковой сигнал.

INSIDE – При этой опции будет издаваться звуковой сигнал, когда показание находится внутри Предела 1 и/или Предела 2. Если показание находится внутри Предела 1, будет издаваться звуковой сигнал в нормальном тоне. Если показание находится вне Предела 1, но внутри Предела 2, то будет издаваться звуковой сигнал в более низком тоне. Звуковой сигнал не будет издаваться совсем для показаний, лежащих вне Предела 2. Для границ, показанных на рисунке 8-1, показание 0,5V вызовет звучание бипера в нормальном тоне, показание 1,5V вызовет звучание

бипера в более низком тоне, а для показания 2,5V звуковой сигнал не будет издаваться.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Чтобы использовать испытание Предела 2, должен быть выбран режим бипера *INSIDE*. При выборе *NEVER* или *OUTSIDE*, Предел 2 становится недоступным.

## Установка предельных величин

Использовать следующие шаги, чтобы ввести верхнюю и нижнюю предельные величины:

1. Нажать клавишу LIMITS VALUE, чтобы увидеть текущую величину предела HI 1:  
HI 1:+1.000000^ (заводская настройка)
2. Чтобы изменить предел HI 1, используйте клавиши курсора (◀ и ▶) и клавиши ручной установки диапазона (▲ и ▼), чтобы отобразить на дисплее нужную величину. Переместить курсор в самое крайнее положение (^) и использовать клавиши (▲ и ▼), чтобы перемещать десятичную точку. Заметим, что при нахождении курсора на знаке полярности, нажатие (▲ и ▼) выбирает знак полярности величины.
3. Нажать ENTER, чтобы увидеть текущую величину предела LO1:  
LO1:-1.000000^ (заводская настройка)
4. Ввести нужную величину для этого нижнего предела.
5. Нажать ENTER, чтобы увидеть текущую величину предела HI 2  
HI 2:+2.000000^ (заводская настройка)
6. Ввести нужную величину для этого верхнего предела
7. Нажать ENTER, чтобы увидеть текущую величину предела LO 2:  
LO2:-2.000000^ (заводская настройка)
9. Ввести нужную величину для этого нижнего предела и нажать ENTER, чтобы вернуться к нормальному состоянию дисплея.

## Включение пределов

Использовать следующую процедуру, чтобы включить операцию с пределами:

1. Нажать клавишу LIMITS ON/OFF, чтобы увидеть текущее состояние бипера:  
BEEP: NEVER (заводская настройка)
2. Для изменения настройки бипера использовать клавиши ▲ и ▼, чтобы вывести на дисплей NEVER, OUTSIDE или INSIDE.
3. Нажать ENTER, чтобы вернуться к нормальному состоянию дисплея. Наряду с показаниями на дисплее отображается статус HI/IN/LO.
4. Выключить режим LIMITS, нажав клавишу ON/OFF.

## SCPI Программирование – Пределы

Для дистанционных операций возможности испытаний с Пределом 1 и Пределом 2 те же самые, как и описанные выше. Могут быть включены Предел 1 и/или Предел 2. Команды на конфигурирование и контроль предельных испытаний перечислены в таблице 8-1.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Во время проведения предельных испытаний дистанционным образом иметь в виду, что послания о статусе HI/IN/LO с лицевой панели применимы только к пределу 1. Также, если бипер установлен с лицевой панели на OUTSIDE или INSIDE, то он будет работать согласно его установке с лицевой панели, как объяснялось выше.

Таблица 8-1

### SCPI-команды-Пределы

Команда	Описание	Заводские настройки	№ Примечания
:CALCulate3	Подсистема CALCulate3:		
:LIMit	Конфигурирует и контролирует Предел 1:		
:UPPer <NRf>	Устанавливает верхнюю (HI1) границу; от -100e6 до 100e6	1	
:LOWer <NRf>	Устанавливает нижнюю (LO1) границу; от -100e6 до 100e6	-1	
:STATe <b>	Включает или выключает испытания с пределом 1	OFF	
:FAIL?	Запрос результата испытаний; 0= проходит, 1= отказ		1
:CLEar	Путь к стиранию индикации отказов		2
[:IMMediate]	Сбрасывает индикацию отказов		
:AUTO <b>	Включает или выключает автоматический сброс	ON	
:LIMit2	Конфигурирует и контролирует Предел 2:		
:UPPer <NRf>	Устанавливает верхнюю (HI2) границу; от -100e6 до 100e6	2	
:LOWer <NRf>	Устанавливает нижнюю (LO2) границу; от -100e6 до 100e6	-2	
:STATe <b>	Включает или выключает испытания с пределом 2	OFF	
:FAIL?	Запрос результата испытаний; 0= проходит, 1= отказ		1
:CLEar	Путь к стиранию индикации отказов		2



## Продолжение Таблицы 8-1

Команда	Описание	Заводские настройки	№ Примечания
[:IMMediate]	Сбрасывает индикацию отказов		
:AUTO <b>	Включает или выключает автоматический сброс	ON	
:IMMediate	Повторное выполнение предельных испытаний		3

**ПРИМЕЧАНИЯ** 1. Сообщение об отказе («0») для предельных испытаний указывает на то, что показание находится вне установленных пределов.

2. При включенном автоматическом сбросе сообщение об отказе («0») стирается, когда прибор приходит назад в состояние готовности. Если возвращение в состояние готовности не запрограммировано, Вы можете вручную сбросить условия отказов, подав команду *CLEar[:IMMediate]*. При выключенном автоматическом сбросе условие отказов должно быть стерто вручную.

3. Когда прибор не находится в непрерывной измерительной моде (ожидает сигнал запуска), Вы можете изменить пределы и снова проверить последнее показание. После смены пределов подайте команду *CALCulate3:IMMediate*, чтобы снова провести предельные испытания с последним показанием. Заметим, что подача команды *IMMediate* не иницирует (не запускает) показание. Она просто повторяет предельные испытания с последним показанием.

## Прикладные задачи

### Сортировка резисторов

Режим пределов может быть использован для сортировки резисторов. Рисунок 8-2 показывает базовую установку для испытаний 10-омных резисторов. Модель 220 используется в качестве источника постоянного тока 1мА через резистор, а Модель 2182 измеряет падение напряжения.

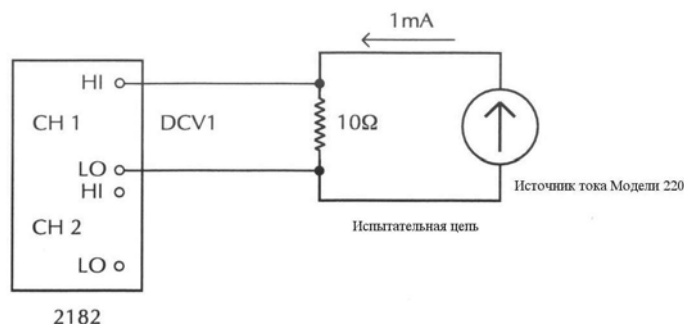


Рисунок 8-2

### Установка для испытаний 10-омных резисторов

Для данной прикладной задачи идея состоит в том, чтобы рассортировать партию 10-омных резисторов по трем корзинам. Корзина 1 предназначена для резисторов, которые находятся в пределах 1% от номинальной величины. Корзина 2 – для резисторов, которые превышают допустимый предел 1%, но находятся в пределах 5%. Корзина 3 предназначена для резисторов, которые превышают допустимый предел 5%.

Предел 1 будет использоваться для испытаний в допуске 1%, Предел 2 будет использоваться для допуска 5%. Модель 2182 непосредственно не измеряет сопротивление, так что допуски должны быть конвертированы в величины напряжения.

Падение напряжения на резисторе номиналом 100 Ом рассчитывается так:

$$V_{\text{ном}} = 100\text{Ом} \times 1\text{мА} = 10\text{мВ}$$

Величины напряжения для 1% и 5% допусков рассчитываются так:

$$V_{1\%} = 10\text{мВ} \times 1\% = 10\text{мВ} \times 0.01 = 0.1\text{мВ}$$

$$V_{5\%} = 10\text{мВ} \times 5\% = 10\text{мВ} \times 0.05 = 0.5\text{мВ}$$

Наконец, верхняя и нижняя границы рассчитываются так:

$$\text{НН Предела 1} = 10\text{мВ} + V_{1\%} = 10\text{мВ} + 0.1\text{мВ} = 10.1\text{мВ}$$

$$\text{ЛО Предела 1} = 10\text{мВ} - V_{1\%} = 10\text{мВ} - 0.1\text{мВ} = 9.9\text{мВ}$$

$$\text{НН Предела 2} = 10\text{мВ} + V_{5\%} = 10\text{мВ} + 0.5\text{мВ} = 10.5\text{мВ}$$

$$\text{ЛО Предела 2} = 10\text{мВ} - V_{5\%} = 10\text{мВ} - 0.5\text{мВ} = 9.5\text{мВ}$$

Эти пределы проиллюстрированы на рисунке 8-3.

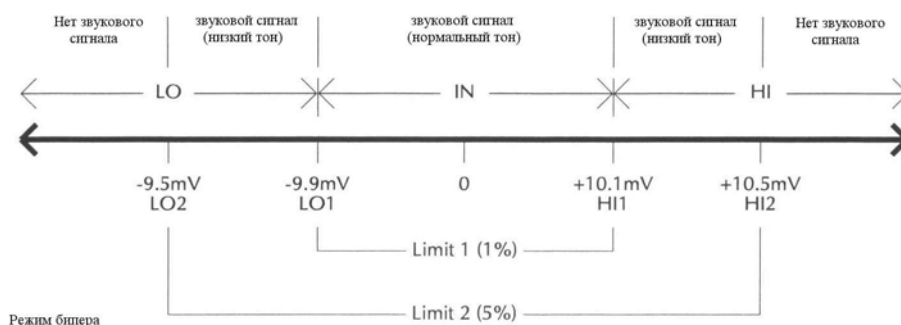


Рисунок 8-3

### Пределы для сортировки 10-омных резисторов (1%, 5% и >5%)

**Операции с лицевой панели** – Для операций с лицевой панели должен использоваться режим бипера INSIDE. Нормальный тон бипера и сообщение “IN” указывают на то, что резистор находится в пределах 1% допуска (смотрите Рисунок 8-3). Этот 1% - резистор принадлежит корзине 1. Низкий тон бипера и сообщение на дисплее “HI” или “LO” указывают на то, что сопротивление резистора >1% - допуска, но <5% - допуска. Этот 5% - резистор принадлежит корзине 2. Для резисторов >5% бипер не издает никаких звуковых сигналов. Поместите эти резисторы в корзину 3.



**Дистанционные операции** – Для дистанционных операций убедитесь, что и Предел 1, и Предел 2 включены. Следующая таблица оценивает три возможные комбинации годеи/отказа для этой прикладной задачи.

<b>Предел 1 Результат</b>	<b>Предел 2 Результат</b>	<b>Допуск Резистора</b>	<b>Корзина Назначения</b>
Годеи	Годеи	1%	1
Отказ	Годеи	5%	2
Отказ	Отказ	>5%	3

Имейте в виду, что условие отказа должно быть снова установлено перед испытанием следующего резистора. Отказ может быть переустановлен вручную или автоматически (смотри команду CLEag в таблице 8-1).

**Обнуление термоэдс** – Для максимального увеличения скорости манипуляций обычно используются быстро отсоединяемые тестовые зажимы для подсоединения резисторов. К сожалению, эти соединения могут создать термоэдс достаточной величины, чтобы исказить результаты измерений. Чтобы обнулить эти смещения, может быть использована мода Относительных измерений Модели 2182 следующим образом:

1. Подсоединить испытательный контур, показанный на рисунке 8-1, но оставить источник тока отсоединенным.
2. Используя возможно более низкий диапазон (или автоматическую установку диапазонов), измерить напряжение смещения.
3. Нажать клавишу REL, чтобы обнулить дисплей Модели 2182.
4. Подсоединить источник тока и измерить резисторы.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Поскольку все подводы резисторов в партии сделаны из одного и того же металла, REL- величина, полученная для первого резистора, должна быть пригодной для каждого последующего резистора.

**9****Ступенчатые и  
сканирующие операции**

- **Обзор ступенчатых/сканирующих операций** — Дано краткое изложение ступенчатых и сканирующих операций.
  - **Модели Запуска с лицевой панели** — Использование модели запуска для иллюстрации, как работают ступенчатые и сканирующие операции.
  - **Управление ступенчатыми/сканирующими операциями** — Описание клавиш лицевой панели, используемых для конфигурирования ступенчатых и сканирующих операций и управления этими операциями.
  - **Примеры ступенчатых/сканирующих операций** — Приведены примеры внутренних ступенчатых и сканирующих операций и внешних сканирующих операций.
  - **SCPI программирование** — Описаны SCPI команды, используемые для выполнения ступенчатых и сканирующих операций
  - **Прикладные задачи** — Использование внутреннего сканирования для получения вольтамперной кривой испытуемого устройства.

## Обзор ступенчатых/сканирующих операций

Модель 2182 может проводить шаговые операции или сканирования своих двух каналов или использоваться с платами внешних сканеров, установленных в коммутирующих системах, таких как Модели 707, 7001 и 7002. В нижеследующих параграфах дано краткое изложение различных аспектов ступенчатых и сканирующих операций с использованием Модели 2182.

*Примечание*      *Ступенчатые и сканирующие операции проиллюстрированы моделями запусков (смотрите «Модели запуска с лицевой панели» в этом разделе)*

### Внутренние ступенчатые и сканирующие операции (Каналы 1 и 2)

При пошаговом прохождении или сканировании двух входных каналов Модели 2182 первым выбирается (измеряется) Канал 2, затем выбирается (измеряется) Канал 1. В течение каждого цикла выполнения ступенчатых/сканирующих операций, Канал 2 измеряется один раз, а Канал 1 может измеряться от 1 до 1023 раз. Показания измерений автоматически записываются в буфер.

### Внешние ступенчатые и сканирующие операции

При использовании внешних переключаемых плат переключающий процессор управляет открытием и закрытием отдельных каналов. Каналом 1 Модели 2182 может быть пошагово пройдено/отсканировано и измерено до 800 внешних каналов (Канал 2 не может использоваться для выполнения внешних ступенчатых или сканирующих операций). Показания измерений автоматически записываются в буфер.

Для синхронизации измерений Модели 2182 с внешними замыканиями каналов подсоедините Линии запуска к нановольтметру и коммутирующей системе. Обратитесь к Разделу 7 (Запуск), чтобы ознакомиться с деталями и примерами по использованию внешнего запуска.

**ПРИМЕЧАНИЕ**    *Индикаторы каналов не включаются во время внешнего сканирования или ступенчатых операций.*

## Модели Запуска с Лицевой Панели

Модели запуска с лицевой панели для ступенчатых и сканирующих операций показаны на рисунках 9-1 и 9-2. Они являются разновидностями основной модели запуска с лицевой панели, которая представлена и объяснена в разделе 7 (смотри рисунок 7-1). Нижеследующие обсуждения сфокусированы на ступенчатых и сканирующих операциях. Непременно обращайтесь к разделу 7 для дополнительной информации относительно различных компонентов моделей запуска.

## Внутреннее сканирование

Рисунок 9-1 показывает модель запуска с лицевой панели для внутреннего сканирования. Компоненты модели запуска объясняются так:

- **Источник управления:**

- **Непосредственный (Immediate)** – При непосредственном запуске регистрация события происходит немедленно, позволяя рабочей операции спускаться вниз к следующему блоку модели запуска (Задержка).

- **Таймер** – Таймер используется для управления временным интервалом между внутренними сканированиями. Он не оказывает никакого воздействия на временной интервал между каждым измерением в цикле сканирования. Когда нажата клавиша SCAN, таймер включается и немедленно происходит регистрация события, что переводит операцию вниз к блоку Задержки.

Если конфигурировано дополнительное сканирование, то операция будет позже возвращаться по петле назад к этому источнику управления, где она будет ждать, пока истечет интервал таймера. Если интервал таймера уже истек, регистрация события будет происходить немедленно.

- **Внешний запуск** – После конфигурирования внутреннего сканирования нажатие клавиши EX TRIG переводит прибор в режим внешнего запуска. При нажатии клавиши SCAN включается внутреннее сканирование. Однако, оно не запустится до тех пор, пока не будет получен внешний запускающий сигнал или нажата клавиша TRIG. После запуска рабочая операция переходит к блоку задержки.

- **Задержка** – Если используется операция задержки (автоматическая или ручная), операция будет удерживаться на этом блоке до тех пор, пока не истечет время задержки.

- **Блок рабочих операций** – В этом блоке выполняются измерения. Первое измерение выполняется на Канале 2 Модели 2182. Последующие измерения выполняются на Канале 1. Следует заметить, что каждое показание автоматически записывается в буфер.

- **Счетчик испытываемых образцов** — В течении каждого цикла сканирования Канал 2 измеряется один раз, а Канал 1 измеряется заданное количество раз. Поэтому счет испытываемых образцов есть сумма этих двух величин (CH1 COUNT + 1). Операция будет продолжаться, чтобы возвращаться по петле в Блок задержки и Блок рабочих операций до тех пор, пока не будут сняты показания всех испытываемых образцов.

- **Выходной сигнал запуска** – После выполнения последнего измерения Канала 1 на коннектор Линии Запуска задней панели подается выходной запускающий сигнал.

- **Счетчик сигналов запуска** — Величина этого счетчика определяет, сколько циклов сканирования будет выполнено. Если конфигурировано другое сканирование, операция вернется по петле к источнику управления для другого прохождения через модель запуска.



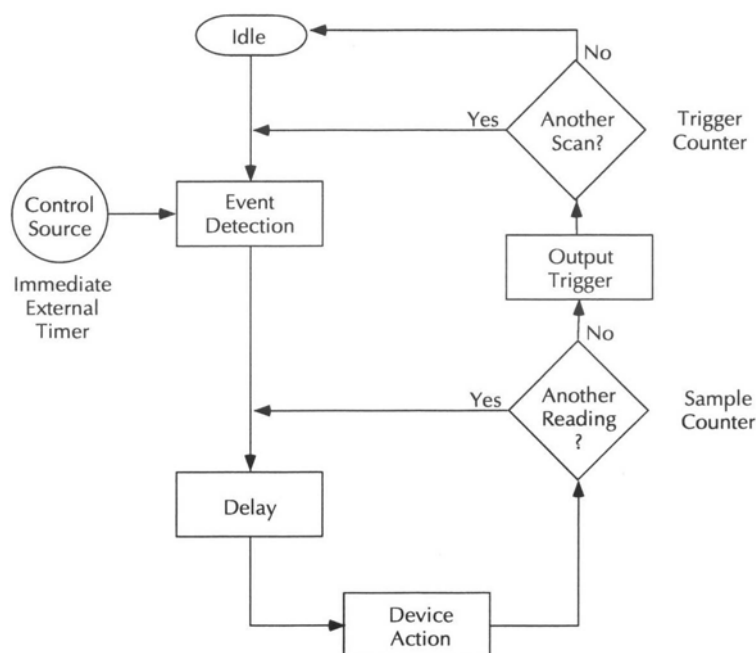


Рисунок 9-1

**Запуск с лицевой панели (Внутреннее сканирование)**

Idle-Состояние ожидания

Event detection – Регистрация события

Control Source – Источник контроля

Immediate- Непосредственный

External -Внешний

Timer – Таймер

Delay –Задержка

Another scan? – Другое сканирование?

Output Trigger –Внешний запускающий сигнал

Sample Counter – Счетчик образцов

Another Reading? – Другое показание?

Device Action – Рабочая Операция

Trigger Counter- Счетчик сигналов запуска

**Другие ступечатые/сканирующие операции****Источник управления**

- **Непосредственный** — При непосредственном запуске регистрация события происходит немедленно, что позволяет операции переходить к следующему блоку модели запуска (блок Задержки).

- **Таймер** — Таймер используется для установки временного интервала между каналами в цикле ступенчатых/сканирующих операций.

При нажатии STEP или SCAN таймер запустится и сразу же состоится регистрация события, что позволяет операции переходить к блоку Задержки.

Когда позже операция вернется по петле к источнику управления, она будет ждать пока не истечет заданный интервал таймера. Если интервал таймера уже истек, регистрация события произойдет сразу же.

- **Внешний запуск** — После конфигурирования ступенчатой или сканирующей операции нажатие клавиши EX TRIG переведет прибор в режим внешнего запуска. При нажатии клавиши STEP или SCAN включается ступенчатая/сканирующая операция. Однако, она не запустится до тех пор, пока не будет получен внешний запускающий сигнал или нажата клавиша TRIG. После запуска операция перейдет к блоку Задержки.

- **Задержка** — Если используется задержка (автоматическая или ручная), операция будет задерживаться в этом блоке до тех пор, пока не истечет период задержки.

- **Блок рабочих операций** – Измерения выполняются в этом блоке. Для внутренних ступенчатых операций первое измерение выполняется на Канале 2 Модели 2182. Последующие измерения выполняются на Канале 1. Для внутреннего и внешнего сканирования каждое измерение соответствует каналу в перечне ступенчатых/сканирующих операций. Все показания автоматически записываются в буфер.

- **Выходной запускающий сигнал** – После выполнения каждого измерения на коннектор Линии Запуска задней панели подается выходной сигнал запуска.

- **Счетчик запускающих сигналов** – Счетчик показаний определяет общее число измерений, которые необходимо выполнить. Если необходимо выполнить другое измерение, операция возвращается по петле назад к источнику управления.

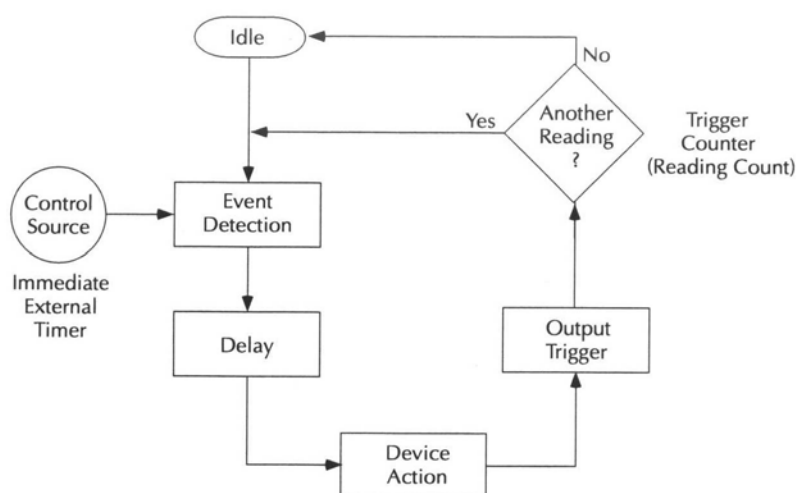


Рисунок 9-2

### Запуск с лицевой панели (Другие операции Ступенчатые/Сканирующие)

Idle-Состояние ожидания

Event detection – Регистрация события

Control Source – Источник контроля  
 Immediate- Непосредственный  
 External -Внешний  
 Timer – Таймер  
 Delay –Задержка  
 Another Reading? – Другое показание?  
 Trigger Counter (Reading Count)- Счетчик сигналов запуска (Счет показаний)  
 Output Trigger –Внешний запускающий сигнал  
 Device Action – Рабочая Операция

## Управление Ступенчатым/Сканирующим процессом

- **SHIFT-CONFIG** – Выбирает и конфигурирует внутреннее или внешнее сканирование. Для детальной информации смотри “Конфигурирование Ступенчатых/Сканирующих операций”
- **EX TRIG** – Выбирает в качестве источника управления Внешний Запуск.
- **TRIG** – Производит регистрацию события для источника управления Внешний Запуск.
- **STEP и SCAN** – Включает ступенчатую операцию или операцию сканирования последовательных каналов.
- **SHIFT-HALT** – Останавливает ступенчатые или сканирующие операции и восстанавливает модель запуска для режима без ступенчатых/сканирующих операций.

## Конфигурирование Ступенчатых/Сканирующих Операций

### Внутреннее сканирование/ступенчатые операции

Установки для внутреннего сканирования и ступенчатых операций объясняются так:

**Таймер** — Максимальный интервал таймера 99 ч 99мин 99,999с

**Счет Канала 1** — Определяет количество измерений, выполняемых на Канале 1. Иметь в виду, что для каждого цикла сканирования/ступенчатых операций на Канале 2 выполняется только одно измерение. Счет на Канале 1 может быть установлен от 1 до 1023.

**Счет показаний** — Указывает на общее число измерений, которые будут выполнены в каждом цикле сканирования/ступенчатых операций. Например, если счет Канала 1 установлен на 3, то счет показаний будет первоначально установлен на 4 (лишнее показание предназначено для Канала 2). Для каждого нового цикла сканирования/ступенчатых операций просто добавить 4 к счету показаний. Поэтому, чтобы выполнить три цикла сканирования/ступенчатых операций, установите счет показаний на 12. Счет показаний может быть установлен на величины от 2 до 1024.

*ПРИМЕЧАНИЯ • Если Вы изменяете счет показаний, то он должен быть кратным начальной величине. Например, если начальный*



*счет показаний равен трем, то Вы можете изменить его на 6 (или 9, или 12 и т.д.). Если Вы вводите величину не кратную начальной, то прибор будет выбирать следующую наименьшую величину, которая будет кратной.*

• *Счет показаний может быть установлен на величину большую 1024 или бесконечность (INFinite), но только первые 1024 показания будут записываться в буфер.*

Выполнить следующие шаги для конфигурирования внутреннего сканирования или ступенчатых операций:

1. Нажать SHIFT, затем CONFIG, чтобы отобразить на дисплее текущий тип сканирования (INT или EXT – внутреннее или внешнее).
2. Нажать клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее INT, затем нажать ENTER.
3. На дисплее отобразится текущее состояние таймера (OFF или ON – ВЫКЛ или ВКЛ). Нажать ▲ или ▼, чтобы отобразить нужное состояние таймера и нажать ENTER.
4. Если Вы включаете таймер, то на дисплее будет отображен интервал таймера. Использовать клавиши редактирования (◀, ▶, ▲ и ▼), чтобы установить интервал таймера и нажать ENTER.
5. Текущий Счет Канала 1 (CH1 CNT) отобразится на дисплее. Использовать клавиши редактирования, чтобы установить число измерений для Канала 1 и нажать ENTER.
6. Текущий Счет показаний (RNG CNT) отобразится на дисплее (он может быть (CH1 CNT+1)). Если Вы хотите увеличить счет показаний, используйте клавиши редактирования, чтобы вывести на дисплей нужную величину и нажмите ENTER, чтобы вернуться к нормальному состоянию дисплея.

## **Внешнее сканирование/ступенчатые операции**

Установки для внешнего сканирования и ступенчатых операций объясняются так:

**Величины Min/Max** — Эти две величины определяют начальные и конечные каналы для перечня сканирования/ступенчатых операций. Годные величины для Min – от 1 до 799, а годные величины для Max – от 2 до 800. Однако, величина Max всегда должна быть больше, чем величина Min.

**Таймер** — Максимальный интервал таймера 99 ч 99мин 99,999с.

**Счет показаний** — Указывает на общее число измерений, которые будут выполнены в каждом цикле сканирования/ступенчатых операций. Например, если величина Min установлена на 1, а величина Max – на 10, то счет показаний автоматически установится на 10. Для дополнительного цикла сканирования/ступенчатых операций добавить просто 10 к счету показаний. Поэтому, чтобы провести три цикла сканирования/ступенчатых операций, установить счет показаний на 30. Счет показаний может быть установлен на величины от 2 до 1024.



Выполнить следующие шаги для конфигурирования внешнего сканирования/ступенчатых операций:

1. Нажать SHIFT, затем CONFIG, чтобы отобразить на дисплее текущий тип сканирования (INT или EXT – внутреннее или внешнее).
2. Нажать клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее EXT, затем нажать ENTER.
3. На дисплее отобразится минимальный канал (MIN CHAN) для выполнения сканирования/ступенчатых операций. Использовать клавиши редактирования (◀, ▶, ▲ и ▼), чтобы определить минимальный канал и нажать ENTER.
4. Затем на дисплее отобразится максимальный канал (MAX CHAN). Использовать клавиши редактирования, чтобы задать максимальный канал и нажать ENTER.
5. На дисплее отобразится текущее состояние таймера (OFF или ON). Нажать клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее нужное состояние таймера и нажать ENTER.
6. Если Вы включили таймер, на дисплее будет отображен интервал таймера. Использовать клавиши редактирования (◀, ▶, ▲ и ▼), чтобы установить интервал таймера и нажать ENTER.
7. На дисплее появится текущий счет показаний (RNG CNT). Он будет (Max – Min) + 1. Если Вы хотите увеличить счет показаний, используйте клавиши редактирования, чтобы вывести на дисплей нужную величину и нажмите ENTER, чтобы вернуться к нормальному состоянию дисплея.

## Примеры Сканирования/Ступенчатых операций

### Внутреннее сканирование

- Установки:** Источник управления = IMMEDIATE (Непосредственный)  
(таймер отключен)  
Задержка = AUTO  
Счет Канала 1 = 4  
Счет показаний = 10
- Обзор:** Если счет Канала 1 установлен на 4, в каждом цикле сканирования измерение Канала 2 проводится один раз, а Канала 1 четыре раза при общем счете пять измерений. Это означает, что счетчик испытываемых образцов на Рисунке 9-1 установлен на 5. Счет показаний 10 указывает, что пять измерений сканирования будут выполнены дважды. Это приводит к установке счета сигналов запуска на 2. Всего будет выполнено 10 измерений. Все 10 показаний будут записаны в буфер.
- Операция:** Когда нажата клавиша SCAN, процесс переходит к Блоку Рабочих Операций, где выполняется измерение на Канале

2. Счет образцов уменьшается до 4, заставляя процесс возвращаться по петле к Блоку Рабочих Операций, для выполнения измерения на Канале 1. Процесс возвращается назад по петле к Блоку Рабочих Операций еще три раза до завершения цикла сканирования.

После завершения одного цикла сканирования счет сигналов запуска уменьшается до 1 и посылается выходной сигнал запуска. Процесс по петле возвращается назад к источнику контроля, откуда он немедленно переходит вниз и повторяется сканирование пяти измерений. Снова посылается выходной сигнал запуска, и прибор переходит в состояние готовности.

### Внутренние ступенчатые операции

<b>Установки:</b>	<p>Источник управления = Непосредственный (таймер выкл.)</p> <p>Задержка – Автоматическая</p> <p>Счет Канала 1 = 4</p> <p>Счет показаний = 10</p>
<b>Обзор</b>	<p>Счет показаний десять устанавливает счет сигналов запуска на рисунке 9-2 на 10. Будет выполнено всего десять измерений и результаты записаны в буфер. Первое и шестое измерения будут выполнены на канале 2, остальные – на канале 1.</p>
<b>Операции</b>	<p>Когда нажимается клавиша STEP, процесс переходит к Блоку Рабочих Операций, где выполняется измерение на канале 2. Посылается выходной сигнал запуска, и Счет Сигналов Запуска уменьшается до 9. Затем процесс по петле возвращается назад к Блоку Рабочих Операций еще четыре раза для выполнения четырех измерений на канале 1. Заметим, что выходной сигнал запуска посылается после каждого измерения.</p> <p>В этой точке счетчик сигналов запуска установлен на 5. Процесс продолжает возвращаться по петле, пока Канал 2 не будет снова измерен один раз, а Канал 1 четыре раза. После того как последнее измерение выполнено, прибор возвращается в состояние готовности.</p>

### Внешнее сканирование

Рисунок 9-3 суммирует операции с лицевой панели по конфигурированию операции сканирования для «Примера Внешнего Запуска», рассмотренного в разделе 7. В этом примере Модель 2182 используется для сканирования и измерения восьми испытуемых устройств, переключаемых с помощью Нановольтной Сканирующей карты Модели 7168, встроенной в Коммутирующую Систему Модели 7001/7002. Рисунки 7-6 и 7-7 показывают соединения для подачи сигнала и запуска, а рисунок 7-8 показывает действие модели запуска для испытаний.



Установки обоих приборов предполагают заводские настройки. Заметим, что для внешнего сканирования должен использоваться Канал 1 Модели 2182.

1. На Коммутирующей Системе Модели 7001 ввести перечень сканируемых каналов от 1 до 8 на карте 1.
2. Также на Модели 7001 конфигурировать прибор на сигналы запуска через Линию Запуска и один цикл сканирования восьми каналов.
3. На Модели 2182 конфигурировать внешнее сканирование первых восьми каналов.
4. Установить Модель 2182 на внешний запуск нажатием клавиши EX TRIG.
5. Нажать клавишу STEP или SCAN на Модели 2182. Индикатор звездочка и STEP или SCAN начнут светиться.
6. Нажать клавишу STEP на Модели 7001, чтобы начать опрос каналов.
7. После окончания сканирования Вы можете вызвать из буферной памяти Модели 2182 восемь показаний.

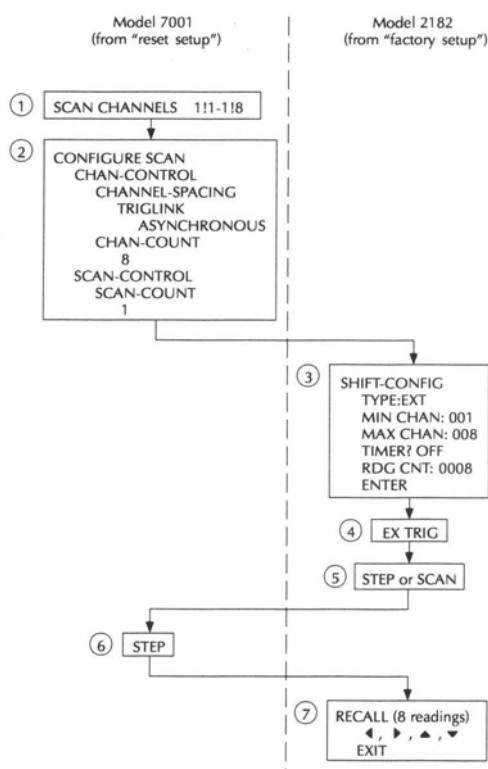


Рисунок 9-3

**Пример внешнего сканирования с Моделью 7001**

Model 7001 - Модель 7001  
 (from "reset setup") - (из "reset setup" / установки перезапуска)  
 Model 2182 - Модель 2182  
 (from "factory setup") - (из заводской установки)

## SCPI Программирование – Сканирование и ступенчатые операции

Команды на сканирование приведены в таблице 9-1. Заметьте, что для сканирования используются многие команды из подсистемы запуска. Для деталей по запуску смотрите раздел 7.

Таблица 9-1

### SCPI-команды – Сканирование и Ступенчатые операции

Команды	Описание	Заводская настройка
<b>Для Подсистемы ROUTe:</b>		
:ROUTe	Подсистема ROUTe (Маршрутная)	
:SCAN	Команда на сканирование:	
:INTernal	Внутреннее сканирование:	
:CCOunt <NRf>	Определяет число показаний Канала 1; от 1 до 1023	1
[:EXTernal] <list>	Определяет перечень внешнего сканирования: от 2 до 800 (смотрите примечание 1).	1-10
:LSElect <name>	Выбирает операцию сканирования: NONE, INTernal EXTernal (смотрите Прим. 2)	NONE
<b>Для подсистемы TRIGger</b>		
:TRIGger	Команда запуска:	
SOURce <name>	Выбор источника управления: IMMEDIATE, TIMer, MANual, BUS, EXTernal	IMMEDIATE
:TIMer <n>	Установка интервала таймера: от 0 до 999999,999 (секунд)	0,1
:COUNt <NRf>	Установка счетчика сигналов запуска: от 1 до 9999 или INF.	смотрите Примечание 3
:DELay <n>	Установка задержки: от 0 до 999999,999	0
:AUTO <b>	Включает или выключает автоматическую установку задержки	
:SAMPLe	Счетчик испытуемых образцов	
:COUNt <NRf>	Установка счетчика испытуемых образцов: от 1 до 1024	1

**Примечания:**

1. Параметр <list> форматируется следующим образом:

<list> = (@X:Y)

Где: X – Минимальный канал

Y – Максимальный канал

2. Параметры объясняются следующим образом:

NONE – Выключает все операции, связанные со сканированием.

INTernal – Включает внутреннее сканирование.

EXTernal – Включает внешнее сканирование.

3. Настройки для счета запускающих сигналов:

Команда SYSTem:PRESet устанавливает счетчик на INF (бесконечность)

\*RST устанавливает счетчик на 1.

## **Прикладная задача – Получение I-V кривых с использованием внутреннего сканирования**

### **Сканирование для получения I-V кривых (измерение V, развертка I, постоянное H (магнитное поле) или температура)**

Процесс сканирования может быть использован для измерения V в процессе развертки (сви́пирования) тока через испытуемый образец при постоянном магнитном поле или постоянной температуре. При использовании Источника/Измерителя Keithley Модели 2400 и кабеля Линии Запуска Модели 8501 (смотрите Раздел 7 для более детальной информации по Запуску) Модель 2400 может быть запрограммирована на выдачу свипа тока в биполярной (методика переполюсовки постоянного тока), растущей по амплитуде форме. См форму тока на Рисунке 9-4, а соединение приборов на Рисунке 9-5. Этот свип записан в память 2182 и может быть вызван из памяти с окончанием свипа. При строгом аппаратном контроле Моделей 2400 и 2182 методика переполюсовки постоянного тока может быть запущена при скорости отсчетов 8 в секунду и времени интегрирования 1PLC. Это будет существенно уменьшать термоэдс системы, так как переполюсовка тока происходит гораздо быстрее, чем скажутся какие-либо температурные эффекты. Определение критических токов  $I_C$  при испытаниях сверхпроводящих образцов может быть выполнено при более высокой скорости отсчетов.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Канал 1 используется для измерения напряжения на испытуемом образце, в то время как Канал 2 измеряет напряжение на известном опорном сопротивлении ( $R_{OP}$ ), чтобы определить ток через образец.

**Установка 2182**

Восстановить заводские настройки

Фильтры : выкл

Скорость отсчетов : 1plc

Кан1: 10мВ

Кан2 : 1В

Внеш. Запуск: вкл

Задержка: Установить на время, необходимое для стабилизации  
переходных процессов в кабеле

Конфигурирование SCAN (сканирования): INT

Таймер выкл

Счет Кан1; Примечание: Кан 1  
будет сохранять 3 показания на  
каждый запрограммированный  
уровень тока Модели 2400

Кан 2 будет сохранять 1 показание  
на каждый запрограммированный

уровень тока Модели 2400

Счет показаний 48

**Установка 2400**

Меню: Savesetup:Global:Reset:Bench

Изм.функц: V

Источник: I

Конфиг Запуска : ARM-LAYER: ARM-IN: IMMEDIATE

ARM-OUT : LINE:#3

:EVENTS:TRIG-LAYER-DONE=OFF

TRIG-LAYER: TRIGGER-IN;TRIGGER-LINK:#1:EVENT DETECT BYPASS

NEVER: TRIGGER IN EVENTS: SOURCE=ON все другие выкл

TRIG-LAYER: TRIGGER-OUT: LINE:#2

:EVENTS:TRIG-LAYER-OUT EVENTS

SOURCE=ON все другие выкл

COUNTS 12

Конфиг Свипа: TYPE:CUSTOM:#POINTS:12

: ADJUST-POINTS: смотрите форму сигнала

: COUNT:INFINITE

Скорость : 0.01plc

Выход: вкл

SWEEP: exit

Trig: HALT

На М. 2182 включить SCAN (Прим.: Индикатор буфера памяти включается).

На М. 2400 включить SWEEP (Прим.: Индикатор Arm Включается).

Нажать Trig на М. 2400.

После завершения свипа вызвать данные из памяти 2182, используя команду "TRACe".

Чтобы исключить термоэдс из показаний, выполнить следующие математические операции с вызванными данными:

$$\text{CH2 Rdg\#1} = (\text{Buffer Rdg\#1} - \text{Buffer Rdg\#5}) / 2$$

$$\text{CH2 Rdg\#2} = (\text{Buffer Rdg\#9} - \text{Buffer Rdg\#13}) / 2$$

повторить:

$$\text{CH1 Rdg\_Pos\#1} = (\text{Buffer Rdg\#2} + \text{Buffer Rdg\#3} + \text{Buffer Rdg\#4}) / 3$$

$$\text{CH1 Rdg\_Neg\#1} = (\text{Buffer Rdg\#6} + \text{Buffer Rdg\#7} + \text{Buffer Rdg\#8}) / 3$$

$$\text{CH1 Rdg\#1} = (\text{CH1Rdg\_Pos \#1} - \text{CH1 Rdg\_Neg\#1}) / 2$$

$$\text{CH1 Rdg\_Pos\#2} = (\text{Buffer Rdg\#10} + \text{Buffer Rdg\#11} + \text{Buffer Rdg\#12}) / 3$$

$$\text{CH1 Rdg\_Neg \#2} = (\text{Buffer Rdg\#14} + \text{Buffer Rdg\#15} + \text{Buffer Rdg\#16}) / 3$$

$$\text{CH1 Rdg\#2} = (\text{CH1Rdg\_Pos \#2} - \text{CH1 Rdg\_Neg\#2}) / 2$$

повторить.

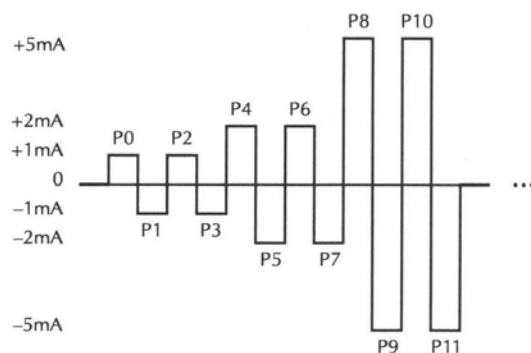


Рисунок 9-4

**Форма тока, программируемая на Модели 2400**

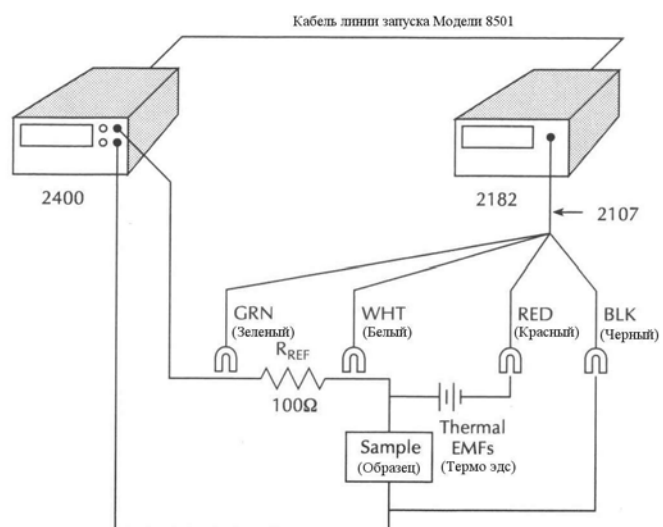


Рисунок 9-5

Схема соединения Моделей 2182 и 2400

**10****Аналоговый выход**

- **Обзор**— Описываются характеристики аналогового выхода.
- **Операции** — Объясняется, как конфигурировать и управлять аналоговым выходом.
- **SCPI программирование** — Описаны SCPI команды, связанные с аналоговым выходом.



## Обзор

АНАЛОГОВЫЙ ВЫХОД обеспечивает масштабированное, не инвертированное выходное напряжение с максимальным значением  $\pm 1.2\text{В}$ . Оно обычно используется для запуска самописца. Напряжение аналогового выхода отсчитывается так:

Аналоговое выходное напряжение =  $(K_u \times \text{Отс}/\text{Диап}) - \text{Смещение}$ ,

где  $K_u$  – вводимый пользователем коэффициент усиления;

Отс – показание Модели 2182

Диап – измерительный диапазон

Смещение – вводимая пользователем величина смещения.

*ПРИМЕЧАНИЕ Коэффициент усиления и смещение для аналогового выхода не связаны с коэффициентом усиления и смещением для математической операции  $mX+b$  (смотрите Раздел4).*

$K_u$  обеспечивает усиление для аналоговых выходных сигналов напряжения малой величины, в то время как смещение позволяет Вам юстировать аналоговый выход, чтобы удерживать его значение в пределах  $\pm 1.2\text{В}$  (максимальный выходной сигнал) или сопоставлять выходное напряжение с определенной величиной, такой как нуль.

Для примера, предположим, что Вы измеряете 100 мВ на диапазоне 1 В. При  $K_u$ , установленном на 1, аналоговый выход должен быть 100мВ. Вы можете увеличить чувствительность аналогового выхода, устанавливая  $K_u$  на 10. Это приводит к увеличению выходного сигнала до 1 В. Затем Вы можете установить смещение на 1В, чтобы свести 1В-выходной сигнал к нулю. Расчет аналогового выходного сигнала выглядит так:

Аналоговый выходной сигнал =  $(10 \times 100\text{мВ}/1\text{В}) - 1\text{В} = 0\text{В}$ .

*ПРИМЕЧАНИЕ Можно использовать относительную моду аналогового выхода, чтобы свести аналоговое выходное напряжение к нулю. Смотрите параграф «Относительная мода аналогового выхода».*

Заводская настройка для коэффициента усиления 1, и заводская настройка для смещения –0. Поэтому при использовании заводских настроек коэффициент усиления и смещение выпадают из уравнения (смотрите выше):

Аналоговое выходное напряжение =  $\text{Отс}/\text{Диап}$ .

Таблица 10-1 дает примеры аналогового выходного сигнала с  $K_u$ , равным 1 и смещением, равным 0

Таблица 10-1

**Примеры аналоговых выходных сигналов**

Показание	Диапазон	Аналоговое выходное напряжение
1В	1В	+1В
-1В	1В	-1В
1В	10В	0.1В
12В	10В	1.2В
50мВ	100мВ	0.5В
-1мВ	1В	-1мВ

\* Коэффициент усиления = 1, Смещение=0

**Температура**

Аналоговое выходное напряжение для температурных измерений зависит от типа термопары и выбранных единиц (°C, °F или K). Аналоговый выходной сигнал 1.2В соответствует максимуму показаний положительной температуры. Например, диапазон измерений для термопары типа J от

- 200°C до +760°C. Для показания +760°C аналоговое выходное напряжение будет 1.2В, а для показания - 200°C аналоговое выходное напряжение будет - 0.316В. Диапазоны измерений (в °C) для термопар различных типов приведены в спецификациях (смотрите ПриложениеА).

При Коэффициенте усиления, установленном на 1 и смещении, установленном на 0, аналоговое выходное напряжение для измерения температуры рассчитывается так:

$$\text{Аналоговое выходное напряжение} = 1.2 \times \text{Отс/Диап}^*$$

\* Диап есть модуль. Поэтому, он всегда является положительной величиной.

Пример расчетов:

Тип J, Показание 100°C

Аналоговое выходное напряжение =  $1.2 \times 100/760 = 158\text{мВ}$

Тип J, Показание -100°C

Аналоговое выходное напряжение =  $1.2 \times (-100/760) = -158\text{мВ}$

При других значениях коэффициента усиления и смещения расчет выглядит так:

$$\text{Аналоговое выходное напряжение} = (\text{Ку} \times 1.2 \times \text{Отс/Диап}) - \text{Смещение}$$

**Отношение величин**

Аналоговый выход может использоваться с режимом измерения отношений величин. При его включении аналоговое выходное напряжение масштабируется к величине отношения, равном единице. Это означает, что аналоговое выходное напряжение будет 1 В для результата измерения отно-

шения, равного 1. Если, например, отношение равняется 0.4, аналоговое выходное напряжение будет равно 0.4В. Может также использоваться коэффициент усиления, смещение и аналоговое выходное напряжение режима Rel. Однако, максимальное значение аналогового выхода будет  $\pm 1.2\text{В}$ .

## Операции

### Соединения Аналогового выхода

Аналоговый сигнал доступен с BNC – коннектора задней панели, который обозначен «ANALOG OUTPUT». Для этого коннектора требуется кабель, который заканчивается стандартным штыревым BNC – коннектором.

**Выходное сопротивление** – Выходное сопротивление Аналогового Выхода –  $1\text{кОм} \pm 5\%$ . Чтобы минимизировать эффекты нагрузки, входное сопротивление устройства, подсоединенного к Аналоговому Выходу, должно быть возможно более большим. Например, если входное сопротивление устройства будет  $10\text{МОм}$ , то ошибка, обусловленная нагрузкой, будет примерно  $0,01\%$ .

### Конфигурирование и управление Аналоговым Выходом

1. Нажать клавишу SHIFT, затем AOUT, чтобы вывести на дисплей фактор усиления (M):

M +1.0000000<sup>^</sup> (заводская настройка)

2. Коэффициент усиления может быть установлен на величину от  $-100\text{е6}$  до  $100\text{е6}$ . Клавиши управления положением курсора ◀ и ▶ и клавиши диапазона ▲ и ▼ увеличивают и уменьшают цифровую величину. Чтобы изменить диапазон, установите курсор на множитель и используйте клавиши ▲ и ▼ ( $m = 0.001$ ,  $^{\wedge} = \times 1$ ,  $K = \times 1000$  и  $M = \times 1,000,000$ ). С курсором, установленным на знаке полярности, клавиши ▲ и ▼ переключают полярность.
3. Нажать ENTER, чтобы ввести величину коэффициента усиления и вывести на дисплей величину смещения:

V: +00.000000 (заводская настройка)

4. Установить величину смещения.
5. Нажать ENTER, чтобы ввести величину смещения и включить Аналоговый Выход. Прибор возвращается к нормальному состоянию дисплея.
6. Чтобы выключить Аналоговый Выход, нажать SHIFT, затем AOUT.

### Относительная мода Аналогового Выхода

При включенном выходе Относительная мода Аналогового Выхода используется для того, чтобы автоматически установить аналоговое выходное напряжение на нуль. Когда Относительная мода Аналогового Выхода включена, текущее аналоговое выходное напряжение используется как относительная величина. А это устанавливает выходное аналоговое напряжение на нуль. Последующие аналоговые выходные показания будут

представлять собой разность между реальной аналоговой величиной и Относительной величиной.

Чтобы включить Относительную моду Аналогового Выхода, нажать SHIFT и затем OUTPUT. Сообщение “AOUT REL ON” будет кратковременно высвечено на дисплее, чтобы указать на то, что она включена. Чтобы выключить Относительную моду Аналогового Выхода, нажать SHIFT и затем OUTPUT во второй раз. Сообщение “AOUT REL OFF” будет кратковременно высвечено на дисплее.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Новая Относительная величина для аналогового выхода может быть установлена в любое время сначала выключением Относительной моды Аналогового Выхода, а затем ее новой установкой.

## SCPI – Программирование – Аналоговый Выход

Команды для аналогового выхода приведены в таблице 10-2. Дополнительная информация по этим командам следует за таблицей. Столбец Ссыл. в таблице дает ссылки на эту информацию.

Таблица 10-2

### SCPI команды - Аналоговый Выход

Команды	Описание	Ссыл	Завод. Настр.
:OUTPut	Подсистема OUTPut		
:GAIN	Определяет фактор усиления; от 1e-9 до 1e6	A	1
:OFFSet	Определяет смещение (В); от -1.2 до 1.2	A	0
[:STATe]<b>	Включает или выключает Аналоговый Выход	B	0
:RELative<b>	Включает или выключает Относительную моду Аналогового Выхода	C	0

Ссылка:

A. GAIN и OFFSet – Изменения коэффициента усиления и смещения не будут произведены, пока не будет запущено следующее измерение.

B. STATe – OFF (0) выставляет немедленно аналоговый выход на 0В. ON (1) не имеет эффекта, пока не будет запущено следующее показание.

C. RELative – Послание ON (1), когда REL – мода включена, требует новой REL – величины.

**11**  
**Интерфейсы**

Дается краткое описание интерфейсов GPIB и RS – 232. Объясняется, как делать подсоединение к компьютеру. Для подробного ознакомления смотри USER'S MANUAL на сайте Keithley в Интернете.

## Выбор и конфигурирование интерфейса

### Интерфейсы

Нановольтметр Модели 2182 поддерживает два встроенных дистанционных интерфейса:

- GPIB Интерфейс
- RS-232

GPIB – General Purpose Interface BUS – Интерфейсная Шина Общего Назначения

Вы можете использовать только один интерфейс в данный момент времени. При заводских настройках выбрана GPIB шина. Вы можете выбрать интерфейс только с лицевой панели. Выбор интерфейса сохраняется в независимой памяти; он не меняется при отключении питания или после дистанционной переустановки интерфейса.

**GPIB Интерфейс** — GPIB - интерфейс IEEE-488. Модель 2182 должна быть предназначена для единственного адреса. Заводской установкой адреса является 07, но его можно установить на любой другой адрес от 0 до 30. Однако, адрес не должен вступать в конфликт с адресом, предназначенным для других измерительных приборов системы. Чтобы запрограммировать прибор, Вы можете использовать либо SCPI, либо язык 182.

**RS-232 Интерфейс** — При использовании интерфейса RS-232, необходимо выбрать скорость в бодах, терминатор и управление потоками данных. Для интерфейса RS-232 чтобы запрограммировать прибор, Вы можете использовать только SCPI язык.

### Языки

Для GPIB интерфейса имеется два языка программирования, выбираемые из вариантов:

- SCPI язык
- язык 182

*ПРИМЕЧАНИЕ* Для интерфейса RS-232 для программирования прибора можно использовать только SCPI язык. При выборе интерфейса RS-232 он автоматически устанавливается на SCPI.

**SCPI язык** — Стандартные Команды для Программируемого Прибора (SCPI) полностью поддерживаются интерфейсами GPIB и RS-232. Всегда калибруйте Модель 2182, используя SCPI язык.

**Язык 182**— Модель 2182 выполняет большинство команд (DDC –Прямое Цифровое Программное Управление), доступных в Чувствительном Цифровом Вольтметре Keithley Модели 182. Команды (вместе с ограничениями программирования) описаны в Приложении D. Смотрите Руководство по эксплуатации Модели 182.

## Выбор интерфейса и процедура конфигурирования

При выборе (включении) GPIB интерфейса, интерфейс RS-232 отключается. И, наоборот, выбор интерфейса RS-232 отключает GPIB интерфейс.

### GPIB Интерфейс

GPIB интерфейс выбирается и конфигурируется из структуры меню GPIB. Из этого меню Вы можете включать или отключать GPIB интерфейс и проверять или менять следующие установки :

- Первичный адрес (от 0 до 30)
- Язык (SCPI или 182)

Чтобы выбрать и конфигурировать GPIB интерфейс, выполните следующие операции:

*ПРИМЕЧАНИЕ* Чтобы сохранить текущую GPIB установку, нажмите ENTER после отображения установки на дисплее. Вы можете выйти из структуры меню в любой момент, нажав клавишу EXIT.

1. Нажмите SHIFT, а затем GPIB, чтобы войти в меню GPIB. На дисплее отобразится текущее состояние (вкл или выкл) GPIB.
2. Чтобы включить GPIB интерфейс:
  - A. Установите курсор на выбор on/off, нажав клавишу ►.
  - B. Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы перевести выбор во включенное состояние.
  - C. Нажмите ENTER. На дисплее отобразится текущее состояние GPIB адреса.
3. Чтобы поменять GPIB адрес:
  - A. Используйте клавиши ◀, ▶, ▲ и ▼, чтобы отобразить на дисплее действительный код адреса.
  - B. Нажмите ENTER. На дисплее отобразится текущий выбор языка.
4. Чтобы изменить язык программирования:
  - A. Поместите курсор на текущий выбор языка.
  - B. Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы поменять выбор.
  - C. Нажмите ENTER. Прибор вернется к нормальному состоянию дисплея.

### Интерфейс RS-232

Интерфейс RS-232 выбирается и конфигурируется из структуры меню RS-232. Из этого меню Вы можете включить или выключить Интерфейс RS-232, а также проверить или изменить следующие установки:

- Скорость передачи данных в бодах (19.2к, 9600, 4800, 2400, 1200, 600 или 300)
- Контроль потока (none или XonXoff)
- Терминатор (CR, LF, CRLF, LFCR)



**ПРИМЕЧАНИЕ** Смотрите «Справку по Интерфейсу RS-232» (помещена в конце этого раздела) для информации по этим установкам и подсоединениям к компьютеру

Выполнить следующие операции, чтобы выбрать и конфигурировать Интерфейс RS-232:

**ПРИМЕЧАНИЕ** Чтобы сохранить текущую установку RS-232, нажмите ENTER после отображения установки на дисплее. Вы можете выйти из структуры меню в любой момент нажатием клавиши EXIT.

1. Нажмите SHIFT, а затем RS-232, чтобы войти в меню RS-232. На дисплее отобразится текущее состояние (вкл или выкл) RS-232.
2. Чтобы включить интерфейс RS-232:
  - A. Установите курсор на выбор on/off, нажав клавишу ►.
  - B. Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы перевести выбор во включенное состояние.
  - C. Нажмите ENTER. На дисплее отобразится текущее состояние скорости передачи данных в бодах.
3. Чтобы изменить скорость передачи данных:
  - A. Поместите курсор на величину скорости передачи данных в бодах.
  - B. Используйте клавиши ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее необходимую величину скорости в бодах.
  - C. Нажмите ENTER. На дисплее отобразится установка контроля потока данных.
4. Чтобы изменить контроль потока:
  - A. Поместите курсор на текущий выбор потока данных.
  - B. Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы сделать выбор.
  - C. Нажмите ENTER. На дисплее отобразится текущий терминатор.
5. Чтобы изменить терминатор:
  - A. Поместите курсор на текущий выбор терминатора.
  - B. Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее нужный Вам терминатор.
  - C. Нажмите ENTER. Прибор вернется к нормальному состоянию дисплея.

**ПРИМЕЧАНИЕ** С интерфейсом RS-232 можно использовать только SCPI язык. По умолчанию прибор устанавливается на SCPI язык, когда выбирается (включается) интерфейс RS-232.

## Работа GPIB и Справка

### Стандарты шины GPIB

Шина GPIB является шиной инструментальных данных IEEE-488 с аппаратными и программными стандартами, первоначально принятыми IEEE (Институтом Электро-и Электронных Инженеров) в 1975 г. Модель 2182 соответствует следующим стандартам:

- IEEE-488 –1987.1
- IEEE-488 –1987.2

Этот стандарт определяет синтаксис для посылки данных от приборов и к приборам, как прибор интерпретирует эти данные, какие регистры должны существовать, чтобы регистрировать состояние прибора и группу команд общего назначения.

- SCPI 1991 (Стандартные команды для программируемых приборов)

Эти стандарты определяют язык протокола команд. Они идут на один шаг дальше, чем IEEE-488 –1987.2 и определяют стандартную установку команд для управления любым программируемым параметром прибора.

### Соединения шины GPIB

Чтобы подсоединить Модель 2182 к шине GPIB, используйте поставляемый кабель с коннекторами по стандарту IEEE-488, как показано на Рисунке 11-1.

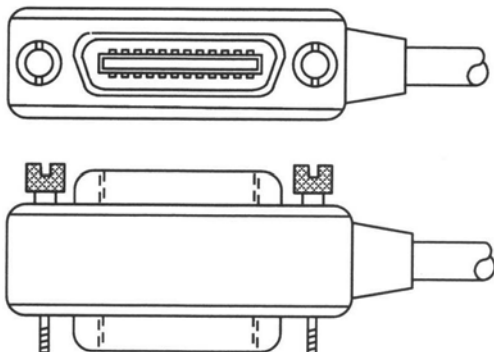


Рисунок 11-1

#### IEEE-488 коннектор

Чтобы обеспечить возможность многих параллельных подсоединений к одному прибору, используйте стек-коннектор. На каждом коннекторе имеются два винта, обеспечивающие надежное соединение. Действующие стандарты используют метрические резьбы, которые идентифицируются с помощью окрашенных в темную краску винтов. Более ранние версии имели другие винты, которые были окрашены серебристой краской. Не использовать эти типы коннекторов в Модели 2182, поскольку она предназначена для метрических резьб.

Рисунок 11-2 показывает типичную схему соединений для многоприборной испытательной системы.

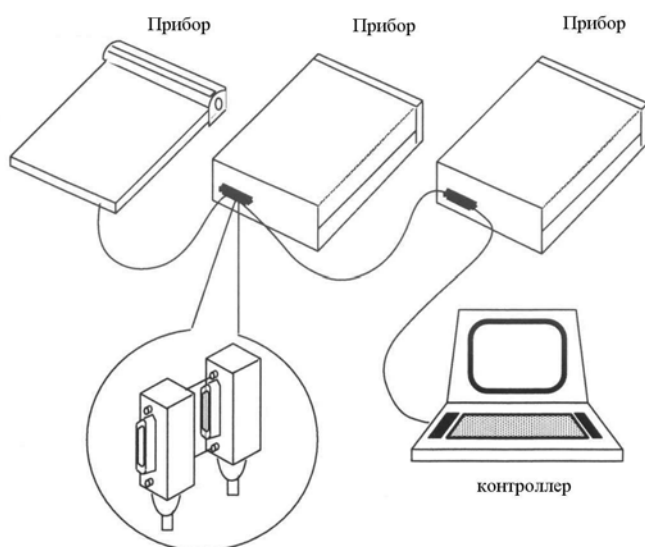


Рисунок 11-2

### **IEEE-488 соединения**

Чтобы избежать возможных механических поломок, не соединять более трех коннекторов на одном приборе.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Чтобы минимизировать помехи, вызванные электромагнитным излучением, используйте только экранированные IEEE-488 кабели. Такими кабелями являются кабели Keithley Моделей 7007-1 и 7007-2.

Чтобы подсоединить Модель 2182 к шине IEEE-488, выполнить следующие операции:

1. Соединить коннектор кабеля с коннектором, расположенным на задней панели. Коннектор сконструирован так, что его можно подключить только в одном положении. Рисунок 11-3 показывает местоположение IEEE-488 коннектора.

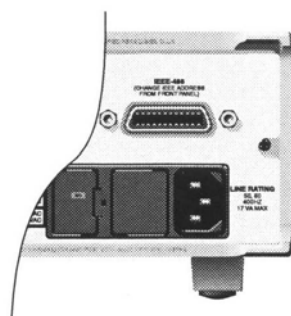


Рисунок 11-3

### **Местоположение IEEE-488 коннектора**

2. Закрепить надежно винты, но не перетягивать их.
3. Подсоединить любые дополнительные коннекторы от других инструментов, как требуется для вашей задачи.

4. Убедитесь, что другой конец кабеля подсоединен соответствующим образом к контроллеру (ЭВМ). Большинство контроллеров снабжены коннекторами типа IEEE-488, но некоторые требуют другой тип соединяющего кабеля. Смотрите руководство по эксплуатации Вашего контроллера для информации относительно правильного соединения шины IEEE-488.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Вы можете подсоединить только 15 устройств к шине IEEE-488, включая контроллер. Максимальная длина кабеля 20 м. или произведение (2м x количество устройств), в зависимости от того, что меньше. Несоблюдение этих пределов может привести к ошибкам при операции с шиной.

## Выбор первичного адреса

Модель 2182 отправляется с завода с GPIB – адресом 07. При включении прибора первичный адрес мгновенно отражается на дисплее. Вы можете установить адрес на величину от 0 до 30. Не назначайте один и тот же адрес для другого прибора или контроллера, подсоединенного к той же GPIB шине.

Обычно адреса контроллера устанавливаются от 0 до 21, но для детальной информации смотрите руководства по эксплуатации контроллеров. Удостоверьтесь, что адрес контроллера соответствует языку программирования контроллера.

Первичный адрес проверяется или изменяется из меню GPIB, которое становится доступным после нажатия клавиши SHIFT, затем GPIB. Нажмите клавишу ▲ или ▼, чтобы отобразить на дисплее текущий адрес (например, ADDR:07).

Чтобы изменить GPIB адрес:

1. Нажмите клавишу SHIFT, затем GPIB, чтобы войти в меню конфигурации GPIB.
2. Используйте клавишу ▲ или ▼, чтобы высветить текущий адрес (например, ADDR:07).
3. Используйте клавиши ◀, ▶, ▲ и ▼, чтобы отобразить на дисплее необходимый код адреса и нажмите ENTER.
4. Вернуться к основному состоянию дисплея нажатием клавиши EXIT.

## Справка об интерфейсе RS-232

### Посылка и прием данных

Интерфейс RS-232 передает данные с использованием 8-битного формата, одного стоп-бита и не двоичного бита. Убедитесь, что контроллер соединяет Вас с Моделью 2182 также с использованием этих форматов.

Вы можете прервать передачу данных, послав строку символов ^C или ^X. Это стирает и сбрасывает любую незаконченную операцию.

## Скорость передачи данных, контроль потока и терминатор

**ПРИМЕЧАНИЕ** Процедура выбора и конфигурирование интерфейса RS-232 приведена в параграфе “Выбор и конфигурирование интерфейса”, приведенном в начале данного Раздела.

### Скорость передачи данных

Скорость передачи данных является скоростью, с которой обмениваются данными Модель 2182 и программируемый терминатор. Выбрать одну из следующих скоростей.

- 19.2к
- 9600
- 4800
- 2400
- 1200
- 600
- 300

Установленная на заводе скорость 9600.

Убедитесь, что программируемый терминал, который Вы подсоединяете к Модели 2182, соответствует выбранной Вами скорости. И Модель 2182, и другое устройство должны быть конфигурированы на одну и ту же скорость передачи данных.

### Терминатор

Модель 2182 может быть конфигурирована, чтобы заканчивать каждое программное послание, которое она передает на контроллер, одной из следующих комбинаций <CR> и <LF>:

- LF            подача по линии
- CR            возврат каретки
- LFCR        подача по линии, возврат каретки
- CRLF        возврат каретки, подача по линии

### Соединения RS-232

Последовательный порт RS-232 может быть соединен с последовательным портом контроллера (например, персонального компьютера), используя кабель прямого соединения через RS-232 с коннекторами типа DB-9. **Не использовать кабель нулевого модема.** Последовательный порт использует линии передачи (TXD), приема (RXD) и сигнала заземления (GND) стандарта RS-232. Он не использует аппаратные линии CTS и RTS. Рисунок 11-4 показывает коннектор задней панели для интерфейса RS-232, а таблица 11-1 приводит наименования штыревых контактов коннектора.

Если Ваш компьютер использует коннектор DB-25 для интерфейса RS-232, Вам необходим кабель или адаптер с коннектором DB-25 на одном конце и коннектором DB-9 на другом, соединенные прямым проводом (без нулевого



модема). Таблица 11-2 приводит идентификацию контактов для 9-штырькового (DB-9) или 25-штырькового (DB-25) последовательного порта на персональном компьютере.



Рисунок 11-4

### Коннектор интерфейса RS-232

Таблица 11-1

### Коннектор интерфейса RS-232

Количество штырьков	Описание
1	Нет соединения
2	TXD, передача данных
3	RXD, прием данных
4	Нет соединения
5	GND, сигнал заземления
6	Нет соединения
7	RTS, готовность к отправке*
8	CTS, стирание послания*
9	Нет соединения

\* RTS и CTS связаны вместе

Таблица 11-2

### Штыревой коннектор последовательного порта компьютера

Сигнал	Номер контакта DB-9	Номер контакта DB-25
DCD, детектирует носителя информации	1	8
RXD, прием данных	2	3
TXD, передача данных	3	2
DTR, готовность терминала данных	4	20

GND, сигнал заземления	5	7
DSR, готовность установки данных	6	6
RTS, готовность к отправке	7	4
CTS, стирание послания	8	5
RI, кольцевой индикатор	9	22

### **Сообщение об ошибках**

Смотри Приложение В для сообщения об ошибках RS-232/



**А**  
**Технические характеристики**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ<sup>2</sup>

УСЛОВИЯ: 1 PLC с 10 – отсчетным цифровым фильтром или 5PLC с 2- отсчетным цифровым фильтром

ПОГРЕШНОСТЬ:  $\pm(\text{ppm от показания} + \text{ppm от диапазона})$

( ppm = 1 часть на миллион) (т.е., 10ppm = 0.001%) **ТЕМПЕРАТУРНЫЙ**

КАНАЛ 1	ВХОДНОЕ	СОПРОТИВЛЕНИЕ	ТЕМПЕРАТУРНЫЙ				КОЭФФИЦИЕНТ
			24 Часа	90 дней	1 год	2 года	
10.000000mV <sup>1,3,4</sup>	1 nV	>10ГОм	23 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C	T <sub>кал</sub> $\pm$ 5 $^{\circ}$ C	T <sub>кал</sub> $\pm$ 5 $^{\circ}$ C	T <sub>кал</sub> $\pm$ 5 $^{\circ}$ C	0 $^{\circ}$ -18 $^{\circ}$ C и 28 $^{\circ}$ -50 $^{\circ}$ C
100.00000 mV	10 nV	>10ГОм	20 + 4	40 + 4	50 + 4	60 + 4	(2 + 1)/ $^{\circ}$ C
1.0000000 V	100 nV	>10ГОм	10 + 3	25 + 3	30 + 4	40 + 5	(1 + 1)/ $^{\circ}$ C
10.000000 V	1 $\mu$ V	>10ГОм	7 + 2	18 + 2	25 + 2	32 + 3	(1 + 0.5)/ $^{\circ}$ C
100.00000 V	1 $\mu$ V	10ГОм $^{\circ}$ $\pm$ 1%	2 + 1 <sup>19</sup>	18 + 2	25 + 2	32 + 3	(1 + 0.5)/ $^{\circ}$ C
100.00000 V	1 $\mu$ V	10ГОм $^{\circ}$ $\pm$ 1%	10 + 3	25 + 3	35 + 4	52 + 5	(1 + 0.5)/ $^{\circ}$ C
<b>КАНАЛ 2</b>							
10.000000mV	10 nV	>10ГОм	10 + 3	25 + 6	30 + 7	40 + 7	(1 + 1)/ $^{\circ}$ C
1.0000000 V	100 nV	>10ГОм	7 + 2	18 + 2	25 + 2	32 + 3	(1 + 0.5)/ $^{\circ}$ C
10.000000 V	1 $\mu$ V	>10ГОм	2 + 1 <sup>19</sup>	18 + 2	25 + 2	32 + 3	(1 + 0.5)/ $^{\circ}$ C

**ОТНОШЕНИЕ КАНАЛ 1/КАНАЛ 2:** Погрешность измерения отношения = погрешность выбранного диапазона Канала 1 + погрешность выбранного диапазона Канала 2.

(V1<sub>н</sub> - V1t2)/2 (Дельта): Погрешность Дельта – измерений = погрешность выбранного диапазона Канала 1.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА<sup>8</sup> (Шум постоянного тока выражен в вольтовом размахе амплитуд)

Время отклика = время, необходимое для установления показания при уровне шумов от ступенчатого входного сигнала.

### КАНАЛ 1

ВРЕМЯ ОТКЛИКА	ВРЕМЯ НАБЛЮДЕНИЯ	NPLC, ЧИСЛО РЕДН. СЧЕТОВ ФИЛЬТРА	УС-ОТ	ДИАПАЗОН						NMRR <sup>9</sup>	CMRR <sup>10</sup>
				10mV	100mV	1V	10V	100V			
25,0	с	2 мин	5,75	6 нВ	20 нВ	75нВ	750нВ	35мкВ	110 дБ	140дБ	
3,3	с	33 с	5,10	15 нВ	50 нВ	150нВ	1,5мкВ	50мкВ	100 дБ	140дБ	
1,0	с	10 с	1,18	25 нВ	175 нВ	600нВ	2,5мкВ	75мкВ	95 дБ	140дБ	
667	мс	6.67 с	1,10 или 5.2	35 нВ	250 нВ	650нВ	3,3мкВ	150мкВ	90 дБ	140дБ	
60	мс	600 мс	Выкл	70 нВ	300 нВ	700нВ	6,6мкВ	300мкВ	60 дБ	140дБ	

### КАНАЛ 2<sup>11</sup>

25,0	с	2 мин	5,75	—	20 нВ	75нВ	750нВ	—	110 дБ	140дБ
3,3	с	33 с	5,10	—	50 нВ	150нВ	1,5мкВ	—	100 дБ	140дБ
667	мс	6.67 с	1,10 или 5.2	—	175 нВ	400нВ	2,5мкВ	—	95 дБ	140дБ
85	мс	850 мс	Выкл	—	500 нВ	1 мкВ	9,5мкВ	—	90 дБ	140дБ

**ШУМЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОПРОТИВЛЕНИЯ<sup>12</sup>**

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА	ШУМ	АНАЛОГОВЫЙ ФИЛЬТР	ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР	ЧИСЛО УСРЕДН. ПОКАЗАНИЙ
0 Ω	6 нВ	Выкл		100
100 Ω	8 нВ	Выкл		100
1 кΩ	15 нВ	Выкл		100
10 кΩ	25 нВ	Выкл		100
100 кΩ	100 нВ	Вкл		100
1 МΩ	350 нВ	Вкл		100

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ (ТЕРМОПАРЫ)<sup>6,7</sup>**

ПОГРЕШНОСТЬ

90 Дней/1Год

23±5°C относительно моделированного опорного спая

ТИП	ДИАПАЗОН		РАЗРЕШЕНИЕ	ПОГРЕШНОСТЬ
J	от -200	до +760°C	0.001°C	±0.2°C
K	от -200	до +1372°C	0.001°C	±0.2°C
N	от -200	до +1300°C	0.001°C	±0.2°C
T	от -200	до + 400°C	0.001°C	±0.2°C
E	от -200	до +1000°C	0.001°C	±0.2°C
R	от 0	до +1768°C	0.1°C	±0.2°C
S	от 0	до +1768°C	0.1°C	±0.2°C
B	от +350	до +1820°C	0.1°C	±0.2°C

**РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ<sup>13,14</sup>****Частота сетевого питания 60Гц (50Гц)**

ФУНКЦИЯ	ЧИСЛО РАЗРЯДОВ	СКОРОСТЬ ОТСЧЕТОВ (1/с)	PLC
DCV Канал 1,	7.5	3	(2) 5
Канал 2,	7.5 <sup>17,19</sup>	6	(4) 5
Термопара	6.5 <sup>18,19</sup>	18	(15) 1
	5.5 <sup>17,19</sup>	80	(72) 0.1
	4.5 <sup>17,19</sup>	115	(105) 0.01
Канал 1/Канал2 (Отношение), (V1 <sub>п1</sub> - V1 <sub>п2</sub> )/2 (Дельта)	7.5	1.5	(1.3) 5
	7.5 <sup>17,19</sup>	2.3	(2.1) 5
	6.5 <sup>18</sup>	8.5	(7.5) 1
	5.5 <sup>17</sup>	30	(29) 0.1
	4.5 <sup>17</sup>	41	(40) 0.01

## СКОРОСТИ СИСТЕМЫ<sup>13, 15</sup>

ВРЕМЯ СМЕНЫ ДИАПАЗОНА: <sup>14</sup>	<40 мс (<50 мс)
ВРЕМЯ СМЕНЫ ФУНКЦИИ: <sup>14</sup>	<45 мс (<55 мс)
ВРЕМЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДИАПАЗОНА: <sup>14</sup>	<60 мс (<70 мс)
ПОКАЗАНИЕ В КОДЕ ASCII ДЛЯ RS-232 (19ю2Кбод)	55/с (55/с)
МАКС. СКОРОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ЗАПУСКА:	120/с 120/с)
МАКС. СКОРОСТЬ ВНЕШНЕГО ЗАПУСКА:	120/с 120/с)

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

ЛИНЕЙНОСТЬ АЦП: 0.8ppm показания +0.5ppm диапазона

ОШИБКА КАНАЛА 1 ПРИ ВЫКЛЮЧЕННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ НУЛЯ

10мВ: Добавка  $\pm(2\text{ppm}$  диапазона + 100нВ) для < 10мин и  $\pm 1^\circ\text{C}$

100мВ –100В: Добавка  $\pm(2\text{ppm}$  диапазона + 10мкВ) для < 10мин и  $\pm 1^\circ\text{C}$

ВХОДНОЙ ИМПЕДАНС

10мВ: > 1ГОм в параллели с емкостью < 1.5нФ

100В: 10МОм  $\pm 1\%$

ТОК СМЕЩЕНИЯ ВХОДНОГО СИГНАЛА: <50пА постоянного тока при 23°C

ТОК ПОМЕХИ ОБЩЕГО ВИДА: <50нА размаха при 50Гц или 60Гц.

ЗАЩИТА ВХОДНОГО СИГНАЛА: 150В в импульсе по отношению к любому терминалу. 70В в импульсе на входе LO Канала 1 по отношению к входу LO Канала 2.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ КАНАЛА: > 10ГОм.

ИЗОЛЯЦИЯ ОТ ЗЕМЛИ: 350В в импульсе, > 10ГОм и < 150пФ на любом терминале по отношению к земле. Добавмть 250пФ для слабо нагреваемого кабеля модели 2107.

## АНАЛОГОВЫЙ ВЫХОД

МАКСИМАЛЬНЫЙ ВЫХОДНОЙ СИГНАЛ:  $\pm 1,2\text{В}$ .

ПОГРЕШНОСТЬ:  $\pm (0,1\%$  от выходного сигнала + 1мВ).

ВЫХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ: 1кОм  $\pm 5\%$ .

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ: Юстируется от  $10^{-9}$  до  $10^6$ . При коэффициенте усиления = 1 полнодиапазонный входной сигнал будет производить выходной сигнал 1В.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОДА ВЫХОДНОГО СИГНАЛА: Выбирает величину входного сигнала, которая приводит к выходному сигналу 0В. Опорная величина может быть либо программируемой величиной, либо величиной предыдущего входного сигнала.

## ЗАПУСК И ПАМЯТЬ

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОКНА ФИЛЬТРА: 0,01%, 0,1%, 1%, 10% или полновштабный диапазон (не используется).

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ УДЕРЖАНИЯ ПОКАЗАНИЙ: 0,01%, 0,1%, 1%, 10% от показания.

ЗАДЕРЖКА ЗАПУСКА: от 0 до 99 часов (величина шага 1 мс)

ЗАДЕРЖКА ВНЕШНЕГО ЗАПУСКА: меньше 1мс

ДЖИТТЕР ВНЕШНЕГО СИГНАЛА: меньше 500мкс

ОБЪЕМ ПАМЯТИ: 1024 показания

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

Относительная мода, Min/Max/Средняя/Ст.откл./Размах (сохраняемого показания), Предельные испытания, %, и операция  $mX+b$  с отображением единиц, определенных пользователем.

## ДИСТАНЦИОННЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

Эмуляция Keithley 182

GPIB (IEEE-488.2) и RS-232.

SCPI (Стандартные команды программируемых приборов)

## ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПИТАНИЕ: 100В/120В/220В\240В  $\pm 10\%$

ЧАСТОТА ПИТАНИЯ: от 45Гц до 66Гц и от 360Гц до 440Гц, выбирается автоматически при включении питания.

ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ: 22ВА.

РАБОЧИЕ УСЛОВИЯ: Определены от 0°C до 50°C, относительная влажность 80% при 35°C.

УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ: от -40°C до 70°C.

ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД: 3 года.

УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОСТИ: Отвечает требованиям Директивы Европейского союза 73/23/ЕЕС (Директива по низкому напряжению); отвечает требованиям Стандарта безопасности EN 61010-1. Установка категории 1.

EMC: Отвечает требованиям Директивы Европейского союза 89/336/ЕЕС (требованиям маркировки CE), FCC часть 15 класса, CTSPR 11, МЭК 801-2, МЭК-801-3, МЭК-801-4.

ВИБРАЦИИ: MIL-T-28800E Тип 3, Класс 5

ВРЕМЯ ПРОГРЕВА: 2.5 часа до нормированной погрешности.

РАЗМЕРЫ: Корпус прибора: 89мм (высота) x 213мм (ширина) x 370мм (глубина). Конфигурация для стенда (с ручкой и основанием): 104мм (высота) x 238мм (ширина) x 370мм (глубина).

ВЕС В УПАКОВКЕ: 5 кг.

## ПОСТАВЛЯЕМЫЕ АКСЕССУАРЫ

Слабонагреваемый входной кабель Модели 2107.

Руководство по эксплуатации.

Сервисная инструкция.

## ДРУГИЕ ДОСТУПНЫЕ АКСЕССУАРЫ

2188: Слабонагреваемая закорачивающая вилка для калибровки.

7007-1: Экранированный GPIB кабель, 1 м.

7007-2: Экранированный GPIB кабель, 2 м.

7009-5: Экранированный RS-232 кабель, 1,5м

8502: Адаптер линии запуска с 6 розеточными коннекторами типа BNC.

8503: Кабель линии запуска со штырьковыми коннекторами типа BNC.

4288-1: Одиночный монтажный набор для монтажа в корпус.

4288-2: Двойной монтажный набор для монтажа в корпус.

## Примечания

1. Относительно точности калибровки.
2. При включенном аналоговом фильтре добавляется 20 ppm от показания к перечисленным характеристикам.
3. Когда обнуляется соответствующим образом с использованием REL – моды. Если REL не используется, добавляется 100nВ к погрешности диапазона.

4. Характеристики включают использование ACAL функций. Если ACAL не используется, добавляется 9 ppm от показания/°C от  $T_{\text{кал}}$  к перечисленным характеристикам.  $T_{\text{кал}}$  – внутренняя температура, поддерживаемая в процессе ACAL.
5. Для 5 PLC с 2-отсчетным цифровым фильтром. Использовать  $\pm 4$  ppm от показания + 2 ppm от диапазона. Для 1 PLC с 10-отсчетным цифровым фильтром.
6. Канал 2 должен быть привязан к Каналу 1. Вход HI Канала 2 не должен превышать 125% (привязан к входу LO Канала 1) от выбранного диапазона Канала 2.
7. Поведение шума при использовании слабонагреваемой закорачивающей вилки Модели 2188 после 2.5 ч прогрева.  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Аналоговый фильтр выключен. Время наблюдения равно 10x время отклика или 2 мин, в зависимости от того, что меньше.
8. Для включенного  $L_{\text{SYNC}}$ , частота сети  $\pm 0.1\%$ . Если  $L_{\text{SYNC}}$  выключена, взять 60дБ.
9. Для 1 кОм разбаланса в нагрузке входа LO. Коэффициент режекции помех общего вида равняется 70дБ.
10. При включенном режиме с низкой добротностью добавить к величине постоянного шума и погрешности диапазона при установленном времени отклика: 200нВ размаха при 25 с, 500нВ размаха при 4 с, 2,2мкВ размаха при 1 с, и 5мкВ при 85мс.
11. После 2.5 ч прогрева, при  $\pm 1^\circ\text{C}$ , 5 PLC, время наблюдения 2 мин, только 10мВ диапазон Канала 1.
12. Для Канала 1 или Канала 2 добавить  $\pm 0.3^\circ\text{C}$  для внешнего опорного спая. Добавить  $\pm 2^\circ\text{C}$  для внутреннего опорного спая.
13. Скорости определены для работы на 60Гц (50Гц) с использованием заводских настроек. Автоматическая установка диапазонов выключена, дисплей выключен, задержка запуска равняется 0, аналоговый выход выключен.
14. Скорости включают измерения и передачу двоичных данных через GPIB. Аналоговый фильтр включен, 4 показания в секунду максимум.
15. Автоматическое смещение нуля выключено,  $NPLC = 0.01$ .
16. 10мВ диапазон, 80 показаний в секунду максимум
17. Счетчик образцов = 1024, автоматическое смещение нуля выключено.
18. При включенной синхронизации по PLC ( $L_{\text{SYNC}}$ ) уменьшить скорость отсчетов на 15%.
19. Для низко-добротного входа Канала 2 выкл. уменьшить скорость отсчетов на 30%.

**В****Сообщения о состоянии  
аппаратуры и ошибках**

Таблица В-1

**Сообщения о состоянии систем и ошибках**

<b>Код</b>	<b>Описание</b>	<b>Собы- тие</b>
-440	Незавершенный запрос после неопределенного ответа	EE
-430	Тупиковый запрос	EE
-420	Незавершенный запрос	EE
-410	Прерванный запрос	EE
-363	Переполнение входного буфера	SYS
-350	Переполнение очереди	SYS
-330	Неудавшееся самотестирование	EE
-314	Потеря сохранения/вызова памяти/из памяти	EE
-315	Потеря конфигурации памяти	EE
-260	Ошибка выражения	EE
-241	Ошибка аппаратного обеспечения	EE
-230	Неправильные или устаревшие данные	EE
-225	Выключены из памяти	EE
-224	Незаконная величина параметра	EE
-223	Слишком много данных	EE
-222	Параметры данных выходят за пределы диапазона	EE
-221	Противоречивые установки	EE
-220	Ошибочный параметр	EE
-215	Тупиковая ветвь	EE
-214	Тупиковый запуск	EE
-213	Проигнорированная инициация	EE
-212	Проигнорированная ветвь	EE
-211	Проигнорированный сигнал запуска	EE
-210	Ошибка запуска	EE
-202	Утрата установок из-за RTL (логики межрегистровых передач)	EE
-201	Недопустим при локальном режиме	EE
-200	Ошибка выполнения программы	EE
-178	Не разрешены выражения данных	EE
-171	Недопустимые выражения	EE
-170	Ошибка выражения	EE
-168	Не разрешен блок данных	EE



## Продолжение Таблицы В-1

<b>Код</b>	<b>Описание</b>	<b>Собы- тие</b>
-161	Недопустимый блок данных	EE
-160	Ошибка блока данных	EE
-158	Неразрешенный ряд данных	EE
-154	Слишком длинный ряд данных	EE
-151	Недопустимый ряд данных	EE
-150	Ошибка ряда данных	EE
-148	Неразрешенные символьные данные	EE
-144	Слишком длинные символьные данные	EE
-141	Недопустимые символьные данные	EE
-140	Ошибка символьных данных	EE
-128	Неразрешенные цифровые данные	EE
-124	Слишком много цифр	EE
-123	Слишком большая экспонента	EE
-121	Недопустимый символ в числе	EE
-120	Ошибка цифровых данных	EE
-114	Правый нижний индекс заголовка выходит за пределы диапазона	EE
-113	Неопределенный заголовок	EE
-112	Слишком длинная мнемоническая программа	EE
-111	Ошибка разделителя заголовка	EE
-110	Ошибка заголовка команды	EE
-109	Ошибочный параметр	EE
-108	Неразрешенный параметр	EE
-105	Операция чтения не разрешена	EE
-105	Ошибка типа данных	EE
-103	Недопустимый разделитель	EE
-102	Ошибка синтаксиса	EE
-101	Недопустимый символ	EE
-100	Ошибка команды	EE
+000	Нет ошибки	SE
+101	Операция завершена	SE
+121	Калибровка устройства	SE

## Продолжение Таблицы В-1

<b>Код</b>	<b>Описание</b>	<b>Событие</b>
+125	Измерение устройства	SE
+171	Ожидание на уровне запуска	SE
+174	Повторный ввод состояния готовности	SE
+180	Фильтр установлен	SE
+301	Переполнение отсчетов	SE
+302	Событие нижней границы предела 1	SE
+303	Событие верхней границы предела 1	SE
+304	Событие нижней границы предела 2	SE
+305	Событие верхней границы предела 2	SE
+306	Показания доступны	SE
+308	Буфер доступен	SE
+309	Буфер наполовину заполнен	SE
+310	Буфер заполнен	SE
	Сообщение о калибровке:	
+400	Ошибка установки нуля диапазона 10 мВ постоянного тока	EE
+401	Ошибка установки нуля диапазона 1В постоянного тока	EE
+402	Ошибка установки нуля диапазона 10 В постоянного тока	EE
+403	Ошибка установки нуля диапазона 100В постоянного тока	EE
+404	Ошибка полной шкалы диапазона 10 В постоянного тока	EE
+405	Ошибка полной шкалы диапазона –10 В постоянного тока	EE
+406	Ошибка полной шкалы диапазона 100 В постоянного тока	EE
+407	Ошибка установки нуля канала 2 диапазона 10 мВ постоянного тока	EE
+408	Ошибка установки нуля канала 2 диапазона 1В постоянного тока	EE
+409	Ошибка установки нуля канала 2 диапазона 10 В постоянного тока	EE
+410 - +419	Ошибки ACAL (автоматической калибровки) на разных диапазонах	EE
+420	Ошибка установки нуля аналогового выходного сигнала	EE
+421	Ошибка положительного коэффициента усиления аналогового сигнала	EE
+422	Ошибка отрицательного коэффициента усиления аналогового сигнала	EE

Продолжение Таблицы В-1

<b>Код</b>	<b>Описание</b>	<b>Собы- тие</b>
+430	Ошибка выбора предварительной калибровки	EE
+432	Ошибка автоматической калибровки температурных измерений	EE
+438	Не установлена дата калибровки	EE
+439	Не установлена дата следующей калибровки	EE
+440	Ошибка коррекции апертуры коэффициента усиления	EE
+500	Недопустимые данные калибровки	EE
+510	Утрата данных буферных показаний	EE
+511	Потеря адреса GPIB	EE
+512	Утрата данных о состоянии питания прибора	EE
+514	Утрата данных калибровки постоянного тока	EE
+515	Утрата данных калибровки	EE
+516	Утрата линейности предварительной калибровки	EE
+522	Утрата языка GPIB коммуникаций	EE
+610	Сомнительная калибровка	EE
+611	Сомнительные измерения температуры	EE
+612	Сомнительная автоматическая калибровка	SE
+800	Обнаружена ошибка кадровой синхронизации RS - 232	EE
+802	Регистрация переполнения RS - 232	EE
+803	Регистрация поломки RS – 232	EE
+805	Непригодная система коммуникации	EE
+806	Потеря установок RS – 232	EE
+807	Потеря символьных обозначений RS – 232	EE
+808	ASCII только с RS – 232 (Американский стандартный код для обмена информацией)	EE
+900	Внутренняя системная ошибка	EE
+953	Ошибка некалибровки прямого числового программного управления	EE
	Модель состояния DDC (прямого числового программного управления):	EE
+960	Ошибка IDDC режима DDC	EE
+961	Ошибка IDDCO режима DDC	EE
	Байт запроса последующих событий Модели Keithley 182	

*Продолжение Таблицы В-1*

+962	DDC готово	SE
+963	DDC показание сделано	SE
+964	DDC буфер наполовину заполнен	SE
+965	DDC буфер заполнен	SE
+966	Переполение DDC показаний	SE

EE= ошибочное событие

SE= событие состояния

SYS= системное ошибочное событие

**С****Рассмотрения измерений**

## Рассмотрения измерений

На измерения напряжений низкого уровня, выполняемые с использованием Модели 2182, могут оказывать нежелательные влияния различные виды шумов или другие нежелательные сигналы, которые сильно затрудняют получение точных отсчетов напряжения. Явления, которые могут вызвать нежелательный шум, включают в себя термоэлектрические эффекты (термопарные действия), шум сопротивления источника, магнитные поля и радиочастотные помехи. В следующих параграфах обсуждаются наиболее важные из этих эффектов и пути их минимизации.

*ПРИМЕЧАНИЕ* Для более подробной информации по измерениям низкого уровня смотрите справочник Keithley «Измерения низкого уровня».

## Термоэлектрические потенциалы

Термоэлектрические потенциалы (термоэдс) представляют собой малые электрические потенциалы, генерируемые разностью температур в местах соединения разнородных металлов. В нижеследующих параграфах обсуждается, как эти термопотенциалы генерируются и пути минимизации этих эффектов.

### Генерация термоэлектрических напряжений

Как показано в Таблице С-1, величина генерируемых термоэдс зависит от особенностей металлов. Наилучшие результаты получаются с очищенными соединениями типа медь к меди, как указано в таблице.

*Таблица С-1*

#### *Термоэлектрические потенциалы материалов*

Материал	Термоэлектрический потенциал
Медь-Медь	0.2 мкВ/°С
Медь-Серебро	0.3 мкВ/°С
Медь-Золото	0.3 мкВ/°С
Медь-Кадмий/Олово	0.3 мкВ/°С
Медь-Свинец/Олово	1- 3 мкВ/°С
Медь-Ковар	40 мкВ/°С
Медь-Кремний	400 мкВ/°С
Медь-Окись меди	1000 мкВ/°С

## Термоэлектрическая генерация

Рисунок С-1 дает представление, как генерируется термоэдс. Испытательные провода сделаны из материала А, а испытуемый источник из материала В. Температура между соединениями обозначена как  $T_1$  и  $T_2$ . Чтобы определить генерируемую термоэдс, можно использовать следующее соотношение:

$$E_T = Q_{AB}(T_1 - T_2)$$

где :  $E_T$  - генерируемая термоэдс

$Q_{AB}$  – термоэлектрический коэффициент материала А по отношению к материалу В (мкВ/°С)

$T_1$  – Температура А соединения (°С или К)

$T_2$  – Температура В соединения (°С или К)

В нетипичном случае, когда температуры обоих соединений одинаковы, не будет генерироваться никакой термоэдс. Чаще температуры двух соединений различаются, и будет генерироваться термоэдс.

Типичная испытательная установка имеет, вероятно, несколько соединений медь-к-меди. Как указывалось ранее, каждое соединение может иметь термоэлектрический коэффициент порядка 0.2 мкВ/°С. Поскольку оба материала часто имеют разность температур несколько градусов, легко видеть, что термопотенциалы в несколько микровольт могут генерироваться, даже если приняты разумные меры предосторожности.

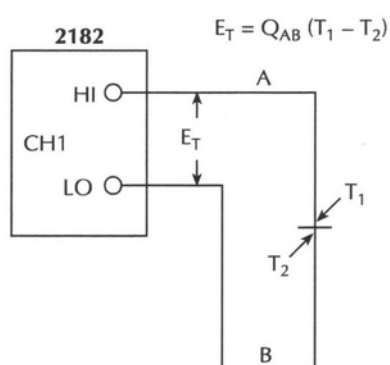


Рисунок С-1

### Генерация термоэдс

#### Минимизация термоэдс

Чтобы минимизировать термоэдс, используйте только медные провода, зажимы и испытательные провода для всей испытательной установки. Кроме того, также необходимо, чтобы все поверхности соединений содержались в чистоте и были свободны от окислов. Как отмечено в таблице С-1 соединения типа медь-окись меди могут привести к термоэдс величиной 1 мВ/°С.

Даже если используются слабонагреваемые кабели и соединения, термоэдс в отдельных случаях все же остаются проблемой. Особенно важно поддерживать два материала, образующие соединение, при одинаковой температуре. Держать два соединения близко друг к другу является одним из путей минимизации таких термических проблем. Кроме того, необходимо держать все соединения в стороне от сквозняков; в некоторых случаях необходимо термически изолировать чувствительные соединения, чтобы минимизировать изменения температуры. Когда сделано соединение медь-медь, должно быть приложено достаточное давление, чтобы сделать соединение газонепроницаемым для предотвращения будущего окисления.

В отдельных случаях может потребоваться объединение двух термических соединений вместе в хорошем тепловом контакте в общем теплопогло-

теле. К сожалению, наиболее хорошие электрические изоляторы являются плохими проводниками тепла. В случаях, когда такая низкая теплопроводность может стать проблемой, могут быть использованы специальные изоляторы, которые комбинируют высокие электрические изолирующие свойства с высокой теплопроводностью. Примерами таких материалов могут быть твердый анодированный алюминий, сапфир и алмаз.

### **Обнуление остаточных термических смещений**

Даже если предприняты все разумные предосторожности, некоторые остаточные термические смещения все еще будут присутствовать. Такие смещения могут быть минимизированы с использованием режима относительных измерений Модели 2182 путем их обнуления. Чтобы сделать это, установите на приборе 3mV диапазон и закоротите конец соединительного кабеля вблизи измеряемого источника (сначала отсоедините кабель от источника, чтобы избежать закоротки источника). После установления показания нажать кнопку REL на лицевой панели, чтобы обнулить смещение. Выбрать соответствующий диапазон и выполнить Ваши измерения, как обычно.

Если напряжение смещения меняется, то вместо REL – режима необходимо использовать методику переполюсовки постоянного тока. Методика переполюсовки постоянного тока требует источника, который может выдавать токи, равные по величине, но противоположные по полярности. Обычно измерения напряжения выполняются как при положительном, так и при отрицательном токе источника. Усредненная величина разности этих двух показаний исключает компонент термоэдс из измерений. Модель 2182 может автоматически производить измерения, рассчитывать и отображать на дисплее результаты, используя методику Дельта – измерений. Для детального ознакомления смотри “Дельта” в разделе 5.

## **Шум сопротивления источника**

Шум, присутствующий в сопротивлении источника, часто является ограничительным фактором для максимального разрешения и точности измерений Моделью 2182. Нижеследующие параграфы обсуждают генерацию шума Джонсона, а также способы его минимизации.

### **Уравнение для шума Джонсона**

Величина шума, присутствующего в данном сопротивлении, определяется уравнением для шума Джонсона, имеющего вид

$$E_{RMS} = \sqrt{4kTRF}$$

где :  $E_{RMS}$  = среднеквадратичное значение напряжения шума

$k$  = постоянная Больцмана ( $1.38 \times 10^{-23}$  джоуль/К)

$T$  = температура (К)

$R$  = сопротивление источника (Ом)

$F$  = ширина полосы генерации шума (Гц)



При комнатной температуре 293К (20°C) вышеприведенное уравнение упрощается до следующего вида:

$$E_{RMS} = 1.27 \times 10^{-10} \sqrt{RF} .$$

Поскольку размах шума в пять раз превышает среднеквадратическую величину на интервале 99% от времени измерения, размах шума может быть выражен как:

$$E_{p-p} = 6.35 \times 10^{-10} \sqrt{RF}$$

Например, для сопротивления источника 10кОм величина шума в полосе частот 0.5Гц при комнатной температуре будет:

$$E_{p-p} = 6.35 \times 10^{-10} \sqrt{(10 \times 10^3)(0.5)}$$

$$E_{p-p} = 45 \text{ нВ.}$$

### **Минимизация шума сопротивления источника**

Из вышеприведенных уравнений, очевидно, что шум может быть уменьшен различными способами: (1) понижением температуры, (2) уменьшением сопротивления источника и (3) сужением полосы частот. Из этих трех способов уменьшение сопротивления является наименее полезным, поскольку напряжение сигнала будет уменьшаться больше чем шум. Например, уменьшение сопротивления токового шунта в 100 раз, будет также уменьшать сопротивление в 100 раз, но шум будет уменьшен только в 10 раз.

Очень часто охлаждение источника является единственно доступным способом уменьшения шума. Однако, опять же доступное уменьшение шума не так велико, как могло бы показаться, поскольку уменьшение определяется квадратным корнем от изменения температуры. Например, чтобы уменьшить шум наполовину, температура должна быть уменьшена от 293 К до 73.25 К, т.е. в четыре раза.

### **Магнитные поля**

Когда проводящая петля пересекается с магнитными силовыми линиями, генерируется очень маленький ток. Это явление часто вызывает нежелательные сигналы, возникающие в испытательных проводах испытательной системы. Если проводник имеет достаточную длину и (или) площадь поперечного сечения достаточно велика, то даже слабые магнитные поля, такое как поле Земли, могут создать сигналы достаточной величины, чтобы повлиять на измерения низких уровней.

Есть три способа уменьшения этих эффектов: (1) уменьшить длины соединяющих кабелей, (2) уменьшить площадь контура цепи и (3) изменить ориентацию проводов и кабелей. В крайних случаях могут потребоваться магнитные экраны. Специальный металл с высокой магнитной проницаемостью при низких плотностях потока (такой как мю металл) является эффективным для уменьшения этих эффектов.

Даже когда проводник стационарен, магнитно – индуцируемые сигналы могут еще создавать проблемы. Поля могут создаваться различными источниками, такими как напряжение переменного тока сетевого питания. Большие индукторы, такие как силовые трансформаторы, могут генерировать существенные магнитные поля, так что необходимо принимать меры, чтобы держать источник напряжения, измеряемый Моделью 2182, и соединительные кабели на значительном удалении от этих потенциальных источников шума.

## **Радиочастотные помехи**

Радиочастотные помехи - это общий термин, используемый для описания электромагнитной интерференции в широком диапазоне частот спектра. Такие помехи могут быть особенно нежелательными на низких уровнях сигнала, но они также могут влиять на измерения при высоких уровнях, если поля имеют значительную величину.

Радиочастотные помехи могут быть вызваны стационарными источниками, такими как радио или телевизионные сигналы, некоторыми типами электронного оборудования (микропроцессорами, высокоскоростными цифровыми цепями и т.д.), или они могут проистекать от импульсных источников, как в случае искрения в высоковольтном оборудовании. В любом случае воздействие на измерения может быть значительным, если присутствует достаточный, нежелательный сигнал.

Радиочастотные помехи можно минимизировать различными путями. Наиболее очевидный метод – держать источник напряжения, измеряемого Моделью 2182, и провода, по которым поступает сигнал, как можно дальше от источника радиопомех. Дополнительное экранирование прибора, соединительных проводов, источников и другого измерительного оборудования часто будет уменьшать радиочастотные помехи до допустимого уровня. В крайних случаях может потребоваться специально спроектированная экранированная комната, чтобы существенно уменьшить беспокоящий сигнал.

Цифровой фильтр Модели 2182 может помочь уменьшить радиочастотные эффекты при некоторых ситуациях. В некоторых случаях может также потребоваться дополнительное внешнее фильтрование. Однако имейте в виду, что фильтрование может иметь вредные эффекты, такие как увеличение времени установки на нужный сигнал.

## **Петли контура заземления**

При соединении двух или более приборов соблюдайте осторожность, чтобы избежать нежелательных сигналов, производимых петлями контура заземления. Петли заземления обычно возникают, когда чувствительная аппаратура подсоединена к другим приборам, у которых имеется более одного обратного пути сигнала, как например, земля сети питания. Как показано на Рисунке С-2, результирующая петля заземления заставляет ток протекать через подво-

дящие провода LO входа прибора, а затем назад через заземление сети питания.

Этот циркулирующий ток создает маленькое, но нежелательное напряжение между LO терминалами двух приборов. Это напряжение будет добавляться к напряжению источника, влияя на погрешность измерения.

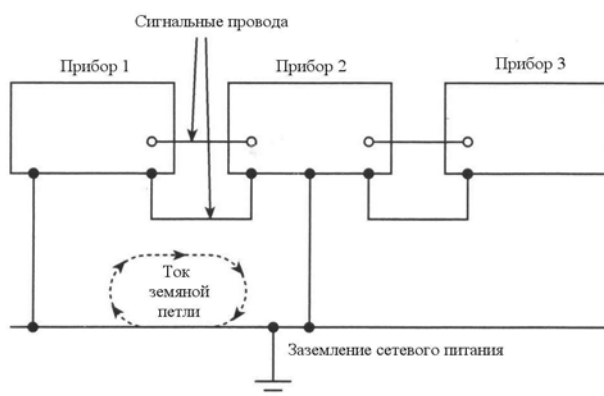


Рисунок С-2

### **Петля заземления сети питания**

На Рисунке С-3 показано, как соединять несколько приборов, чтобы исключить этот тип проблем, связанных с петлей заземления. Здесь только один прибор соединен с заземлением питающей сети.

Петли заземления обычно не являются проблемой для приборов типа Модели 2182, которые имеют изолированные LO терминалы. Однако, не все приборы, входящие в испытательную установку, могут быть сконструированы подобным образом. Если есть сомнения, обращайтесь к инструкциям для всех приборов испытательной установки.

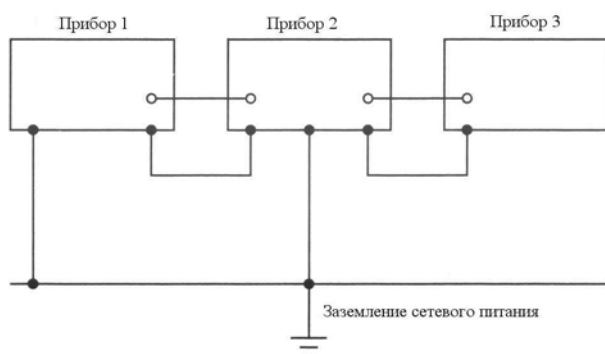


Рисунок С-3

### **Исключение петли заземления**

## **Экранирование**

Соответствующее экранирование всех путей сигнала и источников, измеряемых прибором, важно для минимизации шумового порога в возможной ситуации низко-уровневых измерений. С другой стороны, помехи от таких источников шума как линейная частота или радиочастотные поля могут серьезно

ухудшить погрешность измерений, делая экспериментальные данные бесполезными.

Для того чтобы минимизировать шум, может понадобиться замкнутый металлический экран, окружающий источник, как показано на Рисунке С-4. Этот экран в большинстве случаев может быть подсоединен к входу LO, хотя в некоторых случаях лучшие результаты по борьбе с шумом могут быть достигнуты при использовании экрана, соединенного с заземленным шасси.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** Не подавать более 30 В эффективных на вход LO,

более 42В в импульсе по отношению к земле при использовании экрана, соединенного с входом LO. Чтобы избежать возможного поражения электрическим током, окружить LO экран вторым защитным экраном, который изолируется от внутреннего экрана. Соединять этот защитный экран с защитным заземлением, используя провод минимального сечения 18мм.

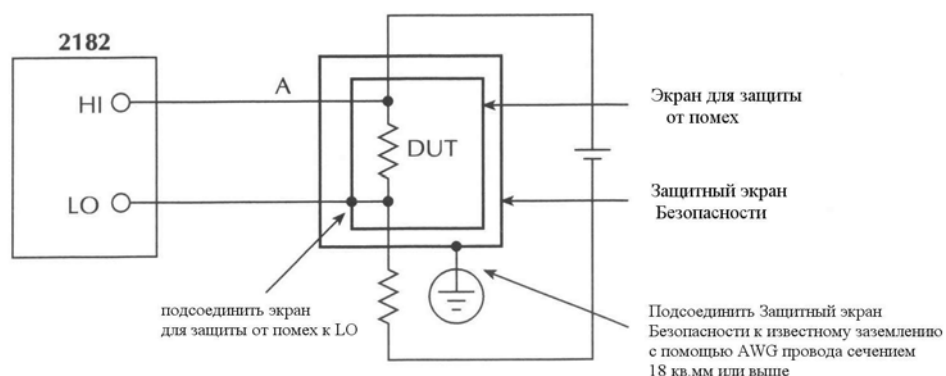


Рисунок С-4

### Пример экранирования

### Нагрузка измерителя

Нагружение источника напряжения Моделью 2182 становится предметом рассмотрения для случая высоких величин сопротивления источника. Когда сопротивление источника возрастает, ошибка, вызванная нагрузкой измерителя, также возрастает.

На Рисунке С-5 показан метод, используемый для определения относительной ошибки, обусловленной нагрузкой измерителя. Источник напряжения  $V_S$  имеет сопротивление  $R_S$ , в то время как входное сопротивление Модели 2182 есть  $R_I$ , а напряжение, измеряемое нановольтметром –  $V_M$ .

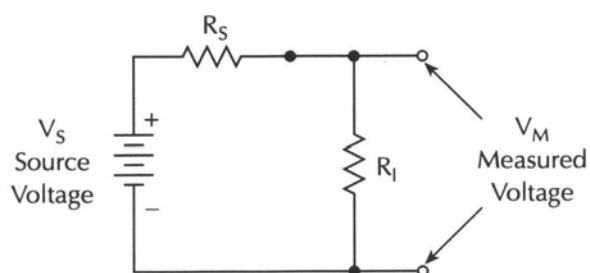


Рисунок С-5

**Нагрузка измерителя**

Напряжение, реально измеряемое нановольтметром, уменьшается благодаря действию делителя напряжения, составленного из сопротивления  $R_S$  и  $R_L$ , и может быть подсчитано так:

$$V_M = \frac{V_S R_L}{R_L + R_S}.$$

Это отношение может быть видоизменено, чтобы прямо подсчитывать относительную погрешность в процентах:

$$\text{Ошибка в процентах} = \frac{100R_S}{R_L + R_S}.$$

Из вышеприведенного уравнения очевидно, что входное сопротивление Модели 2182 должно быть по меньшей мере в 999 раз больше величины сопротивления источника, чтобы удерживать ошибку, связанную с нагрузкой, в пределах 0.1%.