

# Keysight Technologies

## Система сбора данных/ коммутации 34970A/34792A

# Уведомления

## Уведомление об авторском праве

© Keysight Technologies, 2009–2017

Согласно законодательству США и международному законодательству по авторским правам, полное или частичное воспроизведение настоящего документа в любом виде и любыми средствами (включая электронные средства хранения и извлечения данных и перевод на иностранные языки) запрещено без предварительного письменного согласия компании Keysight Technologies

## Артикул производства

34972-90002

## Редакция

Издание 4, 15 января 2018

## Отпечатано

Отпечатано в Малайзии

## Опубликовано

Keysight Technologies  
Bayan Lepas Free Industrial Zone,  
11900 Penang, Malaysia

## Лицензии на технологии

Программное и/или аппаратное обеспечение, описываемое в данном документе, представляется по лицензии, и любое его использование или копирование допускается только на условиях этой лицензии.

## Декларация о соответствии

Декларация соответствия для данного инструмента и прочих продуктов Keysight доступна в Интернете. Перейдите по адресу <http://www.keysight.com/go/conformity>. Чтобы найти последний выпуск декларации соответствия, выполните поиск по номеру продукта.

## Права правительства США

Программное обеспечение представляет собой «коммерческое компьютерное программное обеспечение» согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд FAR 2.101. В соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR 12.212 и 27.405-3, а также с Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS 227.7202 правительство США приобретает коммерческое компьютерное программное обеспече-

ние на тех же условиях, на которых это программное обеспечение обычно предоставляется публике. Согласно этому компания Keysight предоставляет Программное обеспечение заказчикам из правительства США в соответствии со своей стандартной коммерческой лицензией, которая включена в состав Лицензионного соглашения с конечным пользователем (End User License Agreement, EULA); копию этого соглашения можно найти по адресу <http://www.keysight.com/find/sweula>.

Лицензия, определяемая в Лицензионном соглашении с конечным пользователем (EULA), представляет эксклюзивный набор полномочий, согласно которым правительство США может использовать, модифицировать, распространять или раскрывать Программное обеспечение. Лицензионное соглашение с конечным пользователем и оговоренная в нем лицензия не требуют и не позволяют компании Keysight, среди прочего: (1) предоставлять техническую информацию, связанную с коммерческим компьютерным программным обеспечением, или документацию на компьютерное программное обеспечение, которая обычно не предоставляется публике; равно как и (2) отказываться от прав в пользу правительства или так или иначе предоставлять правительству права, за исключением таких прав, которые обычно предоставляются публике, на использование, модификацию, воспроизведение, передачу в свободный доступ, выполнение, отображение или раскрытие коммерческого компьютерного программного обеспечения или документации на коммерческое компьютерное программное обеспечение. Никаких дополнительных требований правительственных учреждений, помимо предусмотренных в Лицензионном соглашении с конечным пользователем, не предусматривается, кроме случаев, когда требования в отношении таких условий, прав или лицензий прямо установлены для всех поставщиков коммерческого компьютерного программного обеспечения в соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR и Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS и специально оговорены в письменной форме в других разделах Лицензионного соглашения с конечным пользователем. Компания Keysight не несет обязанности по обновлению, изменению или модификации тем или иным образом Программного обеспечения. В отношении всех технических данных согласно определению этого термина в п. 2.101 Правил FAR и в соответствии с пунктами 12.211 и 27.404.2 Правил FAR, а также с п. 227.7102 Правил DFARS правительство США получает не более чем Ограниченные права согласно определению этого термина в п. 27.401 Правил закупок для федеральных нужд FAR или в п. 227.7103-5 (с) Правил закупок для нужд обороны DFAR, в зависимости от применимости к любым техническим данным.

## Гарантия

МАТЕРИАЛЫ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ НА УСЛОВИЯХ «КАК ЕСТЬ» И МОГУТ ИЗМЕНЯТЬСЯ В ПОСЛЕДУЮЩИХ РЕДАКЦИЯХ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УВЕДОМЛЕНИЯ. КРОМЕ ТОГО, В МАКСИМАЛЬНОМ ОБЪЕМЕ, ДОПУСКАЕМОМ ДЕЙСТВУЮЩИМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ KEYSIGHT НАСТОЯЩИМ ОТКАЗЫВАЕТ В ПРЕДОСТАВЛЕНИИ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙ, КАК ЯВНЫХ, ТАК И ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, В ОТНОШЕНИИ ДАННОГО РУКОВОДСТВА И ЛЮБОЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ В ТОМ ЧИСЛЕ НЕЯВНЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ. КОМПАНИЯ KEYSIGHT НЕ НЕСЕТ НИКАКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ОШИБКИ, А ТАКЖЕ ЗА НЕПРЕДНАМЕРЕННЫЙ ИЛИ КОСВЕННЫЙ УЩЕРБ, СВЯЗАННЫЕ С ДОСТАВКОЙ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЛИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДАННОГО ДОКУМЕНТА ИЛИ ЛЮБОЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ. ПРИ НАЛИЧИИ МЕЖДУ КОМПАНИЕЙ KEYSIGHT И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ОТДЕЛЬНОГО ПИСЬМЕННОГО СОГЛАШЕНИЯ, ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ КОТОРОГО В ЧАСТИ ПРОДУКЦИИ, РАССМАТРИВАЕМОЙ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРОТИВОРЕЧАТ ПРИВЕДЕННЫМ ЗДЕСЬ УСЛОВИЯМ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННУЮ СИЛУ ИМЕЮТ ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ ТАКОГО ОТДЕЛЬНОГО СОГЛАШЕНИЯ.

## Информация об опасности

### ВНИМАНИЕ!

Предупредительная надпись «ВНИМАНИЕ», означает наличие опасности. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к повреждению оборудования или утрате важных данных. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ВНИМАНИЕ!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью поняты и соблюдены.

### ОСТОРОЖНО!

Предупредительная надпись «ОСТОРОЖНО», означает наличие опасности. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к повреждению оборудования или утрате важных данных. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ОСТОРОЖНО!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью поняты и соблюдены.

## Обновления/лицензии для программного обеспечения

Keysight регулярно выпускает обновления, которые исправляют известные дефекты программного обеспечения и совершенствуют его. Чтобы получить обновления программного обеспечения и последнюю документацию для вашего изделия, перейдите на веб-страницу изделия:

[www.keysight.com/find/xxxxx](http://www.keysight.com/find/xxxxx)

[www.keysight.com/find/34972A](http://www.keysight.com/find/34972A)

Часть программного обеспечения, содержащегося в данном изделии, лицензируется согласно условиям Стандартной общественной лицензии версии 2 (GPLv2). Текст этой лицензии и соответствующий исходный код можно найти на веб-странице:

[www.keysight.com/find/GPLV2](http://www.keysight.com/find/GPLV2)

В данном изделии используется ОС Microsoft Windows CE. Keysight настоятельно рекомендует использовать на всех компьютерах на основе Windows, которые подключаются к приборам с Windows CE, последнюю версию антивирусного программного обеспечения. Дополнительные сведения см. на странице изделия:

[www.keysight.com/find/xxxxx](http://www.keysight.com/find/xxxxx)

[www.keysight.com/find/34972A](http://www.keysight.com/find/34972A)

## Сведения об ограничении прав

Если программное обеспечение предназначено для использования при выполнении генерального контракта или субконтракта с государственными органами США, оно поставляется и лицензируется как «коммерческое компьютерное программное обеспечение» согласно определению этого термина в Правилах закупок для нужд обороны (DFAR 252.227-7014, июнь 1995 г.), как «коммерческий продукт» согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд (FAR 2.101(a)) или как «компьютерное программное обеспечение с ограниченными условиями использования» согласно определению в Правилах закупок для федеральных нужд (FAR 52.227-19, июнь 1987 г.), аналогичных правилах агентства

или статьях договора. Всякое использование, копирование или разглашение программного обеспечения ограничивается условиями стандартной коммерческой лицензии Keysight Technologies. При этом предусматривается, что учреждениям и органам исполнительной власти США, не входящим в состав Министерства обороны США, могут быть предоставлены исключительно ограниченные права согласно определению этого термина в разделе FAR 52.227-19(c)(1-2) Правил закупок для федеральных нужд (июнь 1987 г.). Пользователям правительственных организаций США будут предоставляться не более чем ограниченные права согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд (FAR 52.227-14, июнь 1987 г.) или Правилах закупок для нужд обороны (DFAR 252.227-7015 (b)(2), ноябрь 1995 г.) с точки зрения применимости к каким-либо техническим данным.

## Предупредительные символы

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

	Переменный ток		Клемма заземления на раме или корпусе
	Блок питания работает в режиме ожидания. При выключенном переключателе данное устройство не полностью отсоединяется от сети питания переменного тока.		Опасность поражения электрическим током
	Прочие опасности (подробная информация приведена в данном руководстве и отмечена заголовками «ОСТОРОЖНО!» или «ВНИМАНИЕ!»)		Клемма защитного заземления
<b>CAT I</b>	Класс по IEC		

## Рекомендации по безопасности

Ознакомьтесь с приведенной ниже информацией перед началом работы с прибором.

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

### Общая рекомендация

Эксплуатация изделия способом, не указанным производителем, не допускается. Функциональность защиты изделия может быть нарушена, если оно используется способом, не определенным в инструкции по эксплуатации.

### Перед подачей питания

Убедитесь, что приняты все меры предосторожности. Перед подачей питания выполните все подключения к прибору и выберите соответствующее напряжение сети питания в модуле предохранителей.

### Заземление прибора

Это изделие имеет клемму защитного заземления. Чтобы свести к минимуму опасность поражения электрическим током, прибор должен подключаться к сети переменного тока через заземленный кабель питания, заземляющий провод которого должен надежно соединяться с контактом заземления (защитного заземления) в электрической розетке. Любой обрыв защитного заземляющего провода или отсоединение клеммы защитного заземления может стать причиной поражения электрическим током, что может привести к травме.

## Не используйте прибор во взрывоопасной атмосфере

Эксплуатация прибора при наличии в воздухе горючих газов или паров не допускается.

## Не снимайте крышку прибора

Крышку прибора может снимать только квалифицированный и обученный обслуживающий персонал, предупрежденный об опасности. Перед снятием крышки прибора всегда отсоединяйте кабель питания и все внешние провода.

## Не модифицируйте прибор

Не устанавливайте в изделие аналоги деталей и не модифицируйте его без специального разрешения. Чтобы гарантировать безопасность прибора, всегда возвращайте его в офис продаж и обслуживания Keysight, если необходимо выполнить его обслуживание или ремонт.

## В случае повреждения

Приборы с обнаруженными повреждениями или неисправностями должны быть выведены из эксплуатации и обеспечены защитой от непреднамеренного срабатывания до выполнения необходимого ремонта квалифицированным сервисным персоналом.

### **ВНИМАНИЕ!**

Если в спецификациях не указано иное, этот прибор эта система предназначены для использования внутри помещений в среде категории II при степени загрязнения 2 согласно стандартам IEC 61010-1 и 664 соответственно. Он рассчитан на работу при максимальной относительной влажности от 20 до 80 % при температурах 40 °C и ниже (без конденсации). Прибор или система рассчитаны на работу на высотах до 2000 метров над уровнем моря при температурах от 0 °C до 55 °C.

---

## Нормативная маркировка

 <p>Знак CE является зарегистрированным товарным знаком Европейского сообщества. Знак CE обозначает, что изделие соответствует всем применимым европейским правовым директивам.</p>	 <p>Знак CSA является зарегистрированным товарным знаком Канадской ассоциации по стандартизации.</p>
 <p>Знак RCM является зарегистрированным товарным знаком Управления по связи и вещанию Австралии (Australian Communications and Media Authority).</p>	 <p>Этот символ указывает период, в течение которого не ожидается утечка или распад опасных или токсичных веществ при обычном использовании. Ожидаемый срок эксплуатации прибора составляет сорок лет.</p>
 <p>Знак CE является зарегистрированным товарным знаком Европейского сообщества. Знак CE обозначает, что изделие соответствует всем применимым европейским правовым директивам.</p> <p>ICES/NMB-001 обозначает, что данное устройство относится к классу приборов, применяемых в промышленности, науке и медицине, и соответствует канадскому стандарту ICES-001. Cet appareil ISM est conforme a la norme NMB-001 du Canada.</p> <p>ISM GRP.1 Class A обозначает, что это изделие класса А, группы 1 категории промышленных, научных и медицинских приборов (ISM).</p>	<p><b>ICES/NMB-001</b></p> <p>ICES/NMB-001 обозначает, что данное устройство относится к классу приборов, применяемых в промышленности, науке и медицине, и соответствует канадскому стандарту ICES-001. Cet appareil ISM est conforme a la norme NMB-001 du Canada.</p>
 <p>Знак CE является зарегистрированным товарным знаком Европейского сообщества. Знак CE обозначает, что изделие соответствует всем применимым европейским правовым директивам.</p>	

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

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

## Категория изделия:

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

Ниже представлена маркировка, нанесенная на устройство.



Не утилизируйте устройство вместе с обычными бытовыми отходами.

Чтобы вернуть это устройство, если оно вам уже не требуется, обратитесь в ближайший сервисный центр Keysight, или же найдите дополнительную информацию на веб-странице <http://about.keysight.com/en/companyinfo/environment/takeback.shtml>.

## Продажа и техническая поддержка

Чтобы связаться с Keysight по вопросам продажи и технической поддержки, используйте ссылки по поддержке на следующих веб-сайтах Keysight:

– [www.keysight.com/find/xxxxx](http://www.keysight.com/find/xxxxx)

- [www.keysight.com/find/34972A](http://www.keysight.com/find/34972A)  
(информация об изделии и его поддержка, обновления программного обеспечения и документации)
- [www.keysight.com/find/assist](http://www.keysight.com/find/assist)  
(контактные данные для ремонта и обслуживания по всему миру)

## Keysight 34970A/34792A Система сбора данных/коммутации

### ПРИМЕЧАНИЕ

*Если не указано иное, это руководство относится к приборам с любыми серийными номерами.*

В Keysight Technologies 34970A/34792A возможности точных измерений сочетаются с гибкими возможностями подключений для передачи сигналов в производственных системах и системах проектных испытаний. На задней стороне прибора находятся три слота для модулей, в которые может устанавливаться любая комбинация модулей сбора данных и коммутации. Благодаря комбинации функций регистрации данных и сбора данных этот прибор представляет гибкое решение для ваших задач по измерению как на сегодняшний день, так и в будущем.

Удобные функции регистрации данных

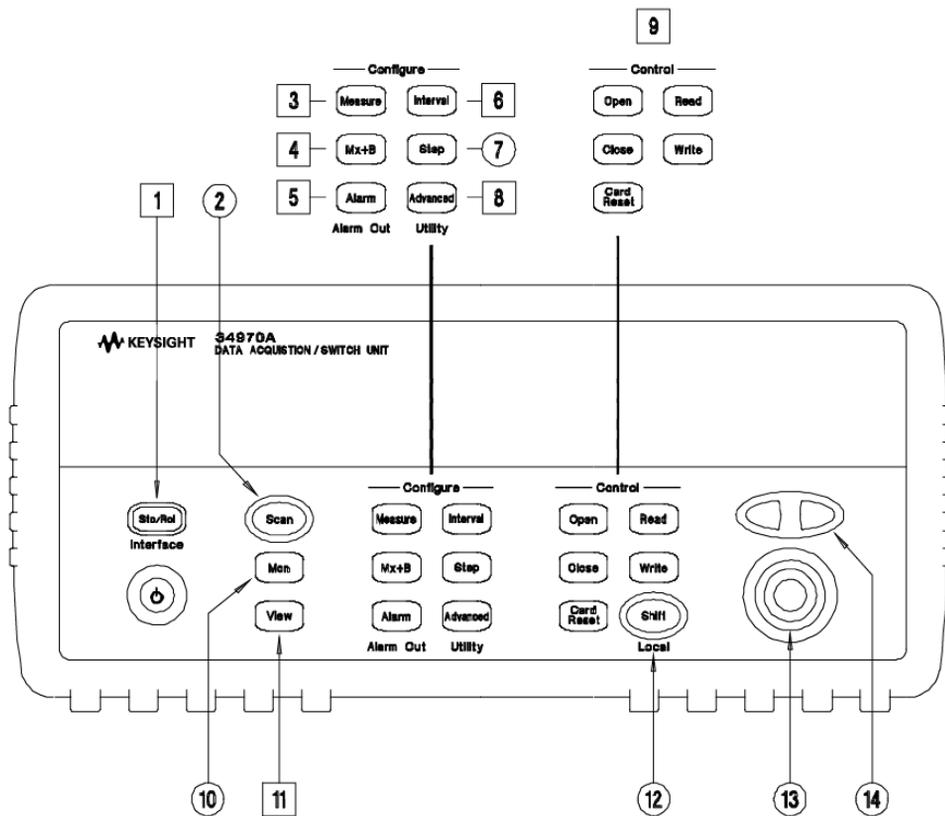
- Прямые измерения терморпар, резистивных датчиков температуры (РДТ), термисторов, постоянного напряжения, переменного напряжения, сопротивления, постоянного тока, переменного тока, частоты и периода
- Периодическое сканирование с памятью на 50 000 показаний с метками времени
- Независимая настройка каналов с выбором физического типа измеряемой величины, возможностью масштабирования типа Мх+В и установкой предельных значений для уведомлений по отдельным каналам
- Интуитивно понятный интерфейс пользователя с кнопкой-регулятором для быстрого выбора каналов, навигацией по меню и вводом данных с передней панели

- Прочный футляр для переноски с противоскользящими ножками
- Программное обеспечение *BenchLink Data Logger 3* для Microsoft® Windows® включено в комплект поставки

#### Гибкие функции сбора/коммутирования данных

- Точность мультиметра 6½ разряда, стабильность и подавление шумов
- До 60 каналов на один прибор (120 однонаправленных каналов)
- Скорость измерения до 500 показаний в секунду, скорость сканирования до 250 каналов в секунду
- Выбор функций мультиплексирования, матричной коммутации, общей коммутации типа C, РЧ-коммутации, цифрового ввода-вывода, суммирования и 16-битного аналогового выхода
- Интерфейсы GPIB (IEEE-488) и RS-232 входят в стандартную комплектацию прибора 34970A. Интерфейсы локальной вычислительной сети (LAN) и универсальной последовательной шины (USB) входят в стандартную комплектацию прибора 34972A
- Совместимость с SCPI (*стандартными командами для программируемых приборов*)

## Обзор передней панели

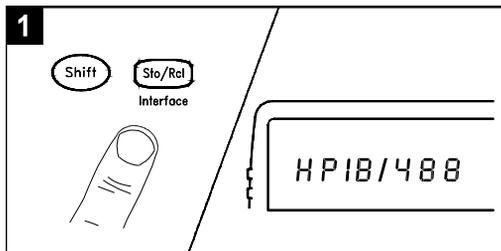


□ Обозначает пункт меню. Подробные сведения о работе с меню см. на следующей странице.

- |   |   |
|---|---|
| 1 Меню сохранения состояния / удаленного интерфейса   | 8 Меню расширенных измерений / служебные меню               |
| 2 Кнопка запуска / останова сканирования              | 9 Кнопки низкоуровневого управления модулями                |
| 3 Меню настройки измерений                            | 10 Кнопка включения / выключения одноканального монитора    |
| 4 Меню настройки масштабирования                      | 11 Меню просмотра сканированных данных, уведомлений, ошибок |
| 5 Меню настройки уведомлений / выводов уведомлений    | 12 Кнопка сдвига регистра (Shift) / локального управления   |
| 6 Меню интервала между сканированиями                 | 13 Кнопка-регулятор   |
| 7 Кнопка перехода по списку сканирования / считывания | 14 Кнопки стрелок навигации                                 |

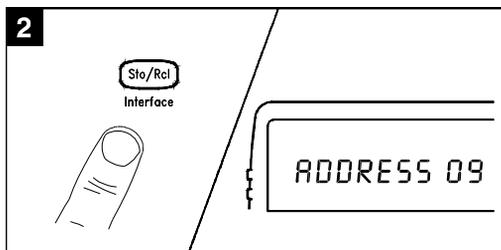
## Обзор меню передней панели

Некоторые кнопки на передней панели обеспечивают доступ к меню, позволяющим настраивать различные параметры прибора (см. предыдущую страницу). Следующие шаги показывают работу со структурой меню, используя кнопку .

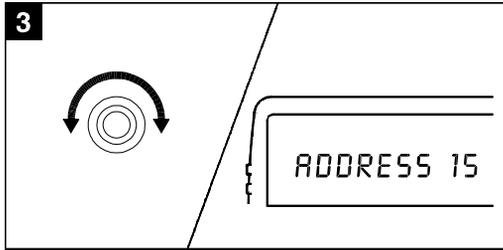


- 1 Нажмите кнопку меню. Вы автоматически перейдете на первый уровень меню. Вращайте кнопку-регулятор, чтобы просмотреть другие доступные на первом уровне меню варианты выбора.

*Через 20 секунд бездействия меню автоматически выключится. Возобновится операция, которая выполнялась до входа в меню.*

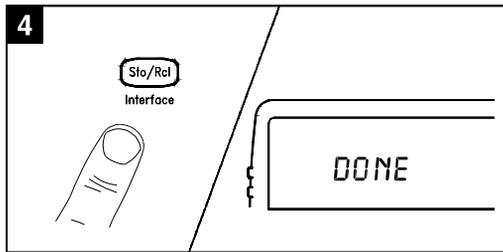


- 2 Нажмите ту же кнопку меню еще раз для перехода к следующему пункту в меню. Обычно в нем задаются значения параметров для выбранной операции.



- 3 Вращайте кнопку-регулятор, чтобы просмотреть другие доступные на этом уровне меню варианты выбора. Если будет достигнут конец списка, вращайте кнопку-регулятор в противоположном направлении, чтобы просмотреть все другие варианты.

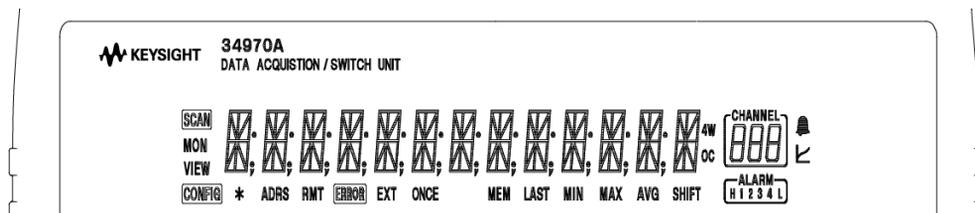
*Текущий вариант выбора подсвечивается. Остальные варианты выбора затемнены.*



- 4 Нажмите ту же кнопку меню еще раз, чтобы принять изменения и выйти из меню. Отображается краткое подтверждающее сообщение.

*Совет: чтобы просмотреть текущую настройку в определенном меню, нажмите кнопку меню несколько раз. При выходе из меню отображается сообщение **NO CHANGES (ИЗМЕНЕНИЙ НЕТ)**.*

## Индикаторы дисплея



SCAN (СКАНИРОВАНИЕ)	Сканирование выполняется или включено. <i>Нажмите и удерживайте нажатой кнопку  еще раз для выключения.</i>
MON (МОНИТОР)	Режим монитора включен. <i>Нажмите кнопку  еще раз для выключения.</i>
VIEW (ПРОСМОТР)	Идет просмотр просканированных показаний, уведомлений, ошибок или срабатываний реле.
CONFIG (КОНФИГУРАЦИЯ)	Выполняется конфигурирование отображаемого канала.
✕	Выполняется измерение.
ADRS (АДРЕС)	Адрес прибора выбран для приема или передачи по удаленному интерфейсу.
RMT (УДАЛ.)	Прибор работает в удаленном режиме (используется удаленный интерфейс).
ERROR (ОШИБКА)	Обнаружены аппаратные ошибки или ошибки удаленного интерфейса. <i>Чтобы просмотреть ошибки, нажмите .</i>
EXT (ВНЕШНИЙ)	Прибор настроен на сканирование с внешней установкой интервала.
ONCE (ОДНОКРАТНО)	Включен режим однократного сканирования. <i>Нажмите , чтобы инициализировать сканирование, или нажмите и удерживайте эту кнопку, чтобы выключить режим.</i>
MEM (34970A)	Память показаний переполнена; новые показания перезапишут самые старые.
MEM (34972A)	К прибору подключен USB-накопитель (индикатор горит), или данные записываются на USB-накопитель либо считываются с него (индикатор мигает).
AUTO (34972A)	USB-регистрация данных активна.
LAST (ПОСЛЕДНИЕ)	Просматриваются данные, которые были сохранены <i>последними</i> в течение последнего выполнявшегося сканирования.
MIN (МИНИМУМ)	Просматриваются данные, которые были <i>минимальным</i> показанием, сохраненным во время последнего сканирования.
MAX (МАКСИМУМ)	Просматриваются данные, которые были <i>максимальным</i> показанием, сохраненным во время последнего сканирования.
SHIFT (СДВИГ)	 Нажата кнопка. <i>Нажмите кнопку  еще раз для выключения.</i>

4W

OC



По отображаемому каналу используется функция 4-проводных измерений.

По отображаемому каналу включена функция компенсации смещения.

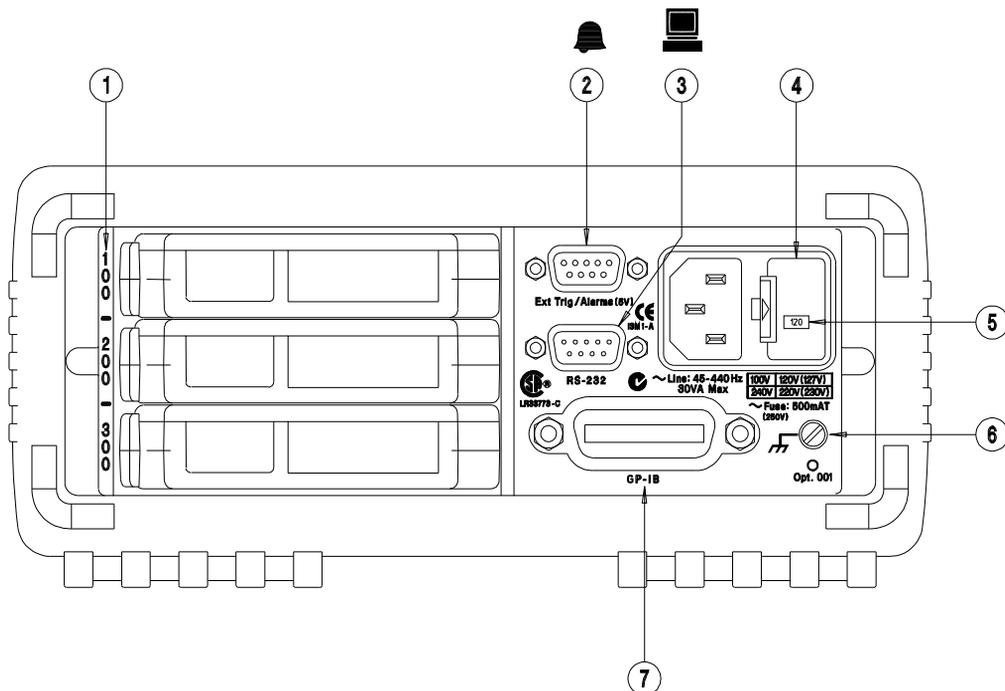
По отображаемому каналу включены уведомления.

По отображаемому каналу включена функция масштабирования Mx+B.

По указанным уведомлениям возникало состояние уведомления по высокому (HI) или низкому (LO) уровню.

Чтобы проверить индикаторы дисплея, нажмите и удерживайте нажатой кнопку  во время включения прибора.

## Обзор задней панели 34970A



- 1 Идентификатор слота (100, 200, 300)
- 2 Вход внешнего запуска / выходы уведомлений / вход переключения на следующий канал / выход «Канал замкнут» (разводку контактов см. на [странице 114](#) и [странице 159](#))
- 3 Разъем интерфейса RS-232
- 4 Держатель сетевого предохранителя
- 5 Переключатель напряжения сети питания
- 6 Винт заземления корпуса
- 7 Разъем интерфейса GPIB (IEEE-488)

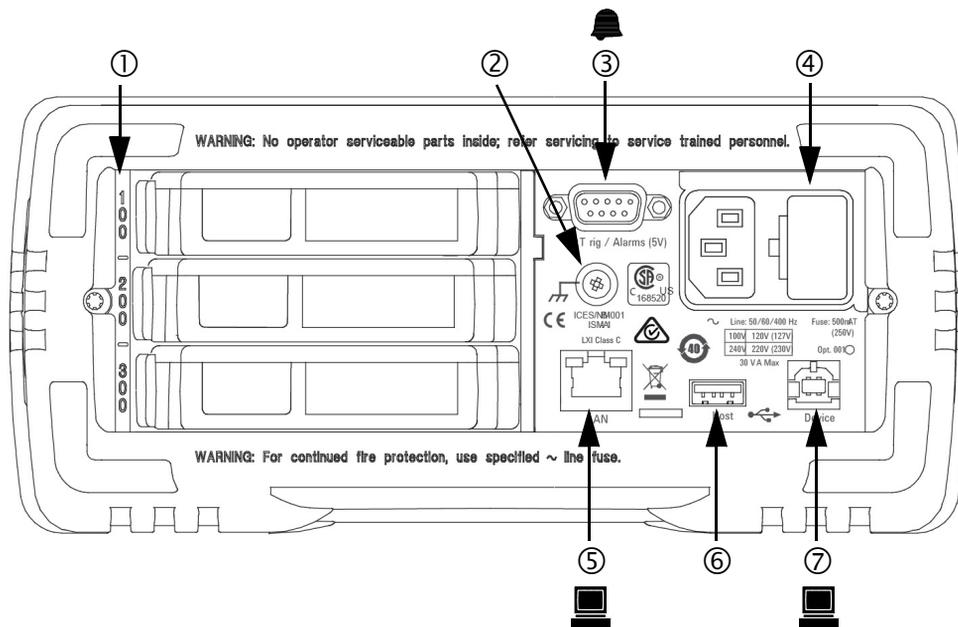
Используйте меню **Interface**, чтобы:

- Выбрать интерфейс GPIB или RS-232 (см. [Главу 2](#)).
- Установить адрес GPIB (см. [Главу 2](#)).
- Установить скорость, четность и управление потоком для интерфейса RS-232 (см. [Главу 2](#)).

### **ОСТОРОЖНО!**

В целях защиты от поражения электрическим током провод заземления в шнуре питания не должен оставаться неподсоединенным. Если доступна только двухконтактная электророзетка, подсоедините винт заземления корпуса прибора (см. выше) к надежному заземлению.

## Обзор задней панели 34972A



1 Идентификатор слота (100, 200, 300)

2 Винт заземления корпуса

3 Вход внешнего запуска / выходы уведомлений / вход переключения на следующий канал / выход «Канал замкнут» (разводку контактов см. на [странице 114](#) и [странице 159](#))

4 Держатель сетевого предохранителя

5 Разъем LAN

6 Разъем USB-накопителя

7 Разъем интерфейса USB

Используйте меню **Interface**, чтобы:

– Выбрать и настроить интерфейсы LAN и USB (см. [Главу 2](#)).

### ОСТОРОЖНО!

В целях защиты от поражения электрическим током провод заземления в шнуре питания не должен оставаться неподсоединенным. Если доступна только двухконтактная электророзетка, подсоедините винт заземления корпуса прибора (см. выше) к надежному заземлению.

## Обзор ПО BenchLink Data Logger 3

Программное обеспечение *Keysight BenchLink Data Logger 3* позволяет удобно собирать и анализировать данные ваших измерений. Программное обеспечение использует привычную среду электронных таблиц и упрощает сбор данных. Просто укажите требуемые измерения, иницилируйте процесс — и данные отобразятся на экране компьютера. Используйте многие доступные функции для анализа и отображения данных: в виде ленточных диаграмм, гистограмм со статистическим анализом, столбиковых и точечных диаграмм (графиков разброса), вывода результатов по отдельным каналам и других режимов.

В частности, в BenchLink Data Logger 3 реализованы следующие функции и возможности:

- Пользовательский интерфейс на основе вкладок, простая структура меню.
- Диспетчер данных, который управляет всеми конфигурациями и реестрами данных; упрощает операции открытия, переименования, удаления и редактирования; простой доступ к функциям экспорта данных.
- Шаблон имен регистрации данных.
- Автоматический экспорт данных с предустановленными настройками; управление символами десятичного разделителя и разделителя полей; управление содержимым экспортируемых данных.
- Конфигурации вывода графиков сохраняются и восстанавливаются автоматически при выходе и последующем запуске программы Data Logger 3.
- Настройки графиков позволяют легко управлять их внешним видом.
- Разделение графиков для удобства просмотра независимых измерений.
- Импорт конфигураций из Data Logger I и Data Logger II.
- Настройка до четырех устройств 34970A/34792A для одновременного сканирования.

### ПРИМЕЧАНИЕ



Описание установки программного обеспечения см. в разделе *«Процедура установки программного обеспечения BenchLink Data Logger 3»* на странице 36.



Дополнительные сведения о программном обеспечении и его возможностях можно найти в системе интерактивной справки по BenchLink Data Logger 3.

Чтобы получить доступ к расширенным функциям, приобретите предлагаемое дополнительно ПО **Keysight BenchLink Data Logger Pro**. В этом программном обеспечении реализуются расширенные функции регистрации данных и принятия решений, причем для работы с ним не требуются навыки программирования.

## Обзор подключаемых модулей

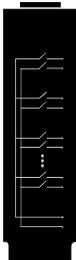
Полные спецификации каждого из подключаемых модулей см. в разделах их описаний в [Главе 8](#).



### **34901A 20-канальный мультиплексор на якорных реле**

- 20 каналов, коммутация напряжений 300 В
- Два канала для измерений постоянного или переменного тока (от 100 нА до 1 А)
- Встроенный эталонный спай термопары
- Скорость коммутации до 60 каналов в секунду
- Подключение ко внутреннему мультиметру
- *Подробные сведения о модуле и его схему см. на [странице 213](#).*

По каждому из 20 каналов происходит коммутация и входа HI, и входа LO, то есть входы внутреннего мультиметра полностью развязываются. Этот модуль делится на два банка по 10 двухпроводных каналов в каждом. При выполнении четырехпроводных измерений сопротивления каналы из *банка А* автоматически образуют пару с каналами из *банка В*. В модуле также предусмотрены два дополнительных канала, защищенных предохранителями (всего имеется 22 канала) для проведения калибруемых измерений постоянного или переменного тока с помощью внутреннего мультиметра (внешние шунтирующие резисторы не требуются). В этом модуле можно замыкать (подключать) несколько каналов, *только* если ни один канал не настроен на работу в составе списка сканирования. В противном случае все каналы модуля работают в режиме «разрыв перед замыканием».



### **34902A 16-канальный герконовый мультиплексор**

- 16 каналов, коммутация напряжений 300 В
- Встроенный эталонный спай термопары
- Скорость коммутации до 250 каналов в секунду
- Подключение ко внутреннему мультиметру
- *Подробные сведения о модуле и его схему см. на [странице 216](#).*

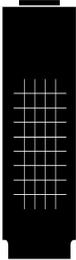
Используйте этот модуль для высокоскоростного сканирования и в автоматизированных измерениях с высокой пропускной способностью. По каждому из 16 каналов происходит коммутация и входа HI, и входа LO, то есть входы внутреннего мультиметра полностью развязываются. Модуль разделен на два банка по восемь двухпроводных каналов в каждом. При выполнении четырехпроводных измерений каналы *банка А* автоматически образуют пару с каналами *банка В*. В этом модуле можно замыкать (подключать) несколько каналов, *только* если ни один канал не настроен на работу в составе списка сканирования. В противном случае все каналы модуля работают в режиме «разрыв перед замыканием».



### **34903A 20-канальный актуатор / коммутатор общего назначения**

- Активирование и коммутация 300 В, 1 А
- Однополюсные двунаправленные реле (SPDT, тип С) с самоблокировкой
- Область макетной платы для пользовательских схем
- *Подробные сведения о модуле и его схему см. на [странице 219](#).*

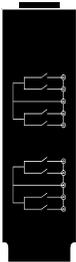
Используйте этот модуль для применений, требующих высоконадежный контакт или качественное подключение немультимплексируемых сигналов. Этот модуль может коммутировать токи до 300 В, 1 А (максимальная коммутируемая мощность 50 Вт) в испытуемое устройство или для активации внешних устройств. Винтовые клеммы на модуле обеспечивают доступ к контактам нормально разомкнутого, нормально замкнутого и общего выводов для каждого из 20 коммутаторов. Возле винтовых клемм предусмотрена область макетной платы для реализации пользовательских схем, таких как простые фильтры, демпферы или делители напряжения.



### **34904A Двухпроводной матричный коммутатор 4x8**

- 32 двухпроводных координатных реле
- Возможно одновременное подключение любых сочетаний входов и выходов
- Коммутация 300 В, 1 А
- *Подробные сведения о модуле и его схему см. на [странице 221](#).*

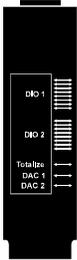
Используйте этот модуль для одновременного подключения многих приборов ко многим точкам в испытуемом устройстве. Возможно соединение строк и столбцов нескольких модулей, что позволяет создавать матрицы большего размера (например 8x8 или 4x16), содержащие до 96 координатных реле в одном блоке.



### **34905/6A Сдвоенные 4-канальные РЧ-мультиплексоры**

- 34905A (50Ω) / 34906A (75Ω)
- Полоса пропускания 2 ГГц при использовании разъемов SMB на плате
- Полоса пропускания 1 ГГц при использовании входящих в комплект кабелей-переходников с SMB на BNC
- *Подробные сведения о модуле и его схему см. на [странице 223](#).*

Эти модули обеспечивают возможность широкополосной коммутации для высокочастотных и импульсных сигналов. В каждом из модулей организовано два независимых банка мультиплексоров «4 в 1». Оба модуля отличаются низкими перекрестными наводками и превосходными показателями вносимых потерь. Для построения больших РЧ-мультиплексоров возможно каскадирование нескольких банков. В каждом из банков одновременно может быть подключен (замкнут) только один канал.



### 34907A Многофункциональный модуль

- Два 8-битных цифровых порта ввода/вывода, втекающий ток 400 мА, открытый коллектор 42 В
- Суммирующий вход 100 кГц с пиковой чувствительностью 1 В
- Два 16-битных калибруемых аналоговых выхода на  $\pm 12$  В
- *Подробные сведения о модуле и его блок-схемы см. на [странице 226](#).*

Используйте этот модуль для определения состояния внешних устройств и для управления такими внешними устройствами, как соленоиды, силовые реле и СВЧ-переключатели. Для обеспечения дополнительной гибкости во время сканирования можно считывать значения цифровых входов и счетчика сумматора.



### 34908A 40-канальный однонаправленный мультиплексор

- 40 каналов по 300 В, однонаправленная коммутация (с общим выводом LO)
- Встроенный эталонный спай термодпары
- Скорость коммутации до 60 каналов в секунду
- Подключение ко внутреннему мультиметру
- *Подробные сведения о модуле и его схему см. на [странице 229](#).*

Используйте этот модуль для задач коммутации с высокой плотностью, требующих однонаправленных входов с общим выводом LO. Все реле работают в режиме «разрыв перед замыканием», то есть гарантируется одновременное подключение только одного реле.

# Содержание

Обновления/лицензии для программного обеспечения	3
Сведения об ограничении прав	3
Предупредительные символы	4
Рекомендации по безопасности	5
Общая рекомендация	5
Перед подачей питания	5
Заземление прибора	5
Не используйте прибор во взрывоопасной атмосфере	6
Не снимайте крышку прибора	6
Не модифицируйте прибор	6
В случае повреждения	6
Нормативная маркировка	7
Директива об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE) 2002/96/EC	8
Категория изделия	8
Продажа и техническая поддержка	8
Keysight 34970A/34792A Система сбора данных/коммутации	9
Обзор передней панели	11
Обзор меню передней панели	12
Индикаторы дисплея	14
Обзор задней панели 34970A	16
Обзор задней панели 34972A	17
Обзор ПО BenchLink Data Logger 3	18
Обзор подключаемых модулей	19
<b>1 Быстрое начало работы</b>	
Подготовка прибора к использованию	34
Программное обеспечение BenchLink Data Logger	36
Процедура установки программного обеспечения	
BenchLink Data Logger 3	36

Интерактивная справочная система	37
Подключение проводов к модулю	38
Настройка времени и даты	40
Настройка канала для сканирования	41
Копирование конфигурации канала	44
Замыкание канала	46
Если прибор не включается	48
Регулировка положения ручки для переноски	50
Монтаж прибора в стойку	51
<b>2 Обзор передней панели</b>	
Обзор меню передней панели	54
Мониторинг одного канала	57
Настройка интервала сканирования	58
Применение масштабирования Mx+B к измерениям	59
Настройка пределов уведомлений	61
Считывание порта цифрового ввода	63
Запись в порт цифрового выхода	64
Считывание суммирующего счетчика	65
Подача на выход постоянного напряжения	66
Настройка удаленного интерфейса – 34970A	67
Настройка удаленного интерфейса – 34972A	69
Сохранение состояния прибора	71
<b>3 Обзор системы</b>	
Обзор системы сбора данных	74
Компьютер и интерфейсный кабель (только для 34970A)	75
ПО для измерений	76
34970A/34792A Система сбора данных/коммутации	78
Подключаемые модули	79
Системные кабели	81
Преобразователи и сенсоры	82

Пределы уведомлений	83
Маршрутизация и коммутация сигналов	84
Топологии коммутации	84
Измерительный вход	88
Внутренний ЦММ	88
Сканирование	90
Сканирование внешними приборами	92
Многофункциональный модуль	94
Выход управления	96
Многофункциональный модуль	96
Актуатор / коммутатор общего назначения	98

#### 4 **Функции и возможности**

Соглашения языка SCPI	103
Правила использования списка каналов	103
Сканирование	104
Правила сканирования	104
Сбой питания	107
Добавление каналов в список сканирования	108
Интервал сканирования	110
Число сканирований	117
Формат показаний	118
Задержка канала	119
Автоматические задержки каналов	120
Просмотр сохраненных в памяти показаний	122
Сканирование внешними приборами	125
Общие настройки измерений	129
Диапазон измерений	129
Разрешение измерений	131
Настраиваемое время интеграции АЦП	133
Автоматическая установка нуля	135
Настройка измерений температуры	136
Единицы измерения	136
Измерения с помощью термопары	137

Измерения с помощью РДТ .....	139
Измерения с помощью термистора .....	141
Настройка измерений напряжения .....	142
Сопротивление входа постоянного тока .....	142
Низкочастотный фильтр переменного тока .....	143
Настройка измерений сопротивления .....	145
Компенсация смещения .....	145
Настройка измерений тока .....	147
Низкочастотный фильтр переменного тока .....	147
Настройка измерений частоты .....	149
Тайм-аут низкой частоты .....	149
Масштабирование типа Mx+V .....	150
Пределы для уведомлений .....	153
Просмотр сохраненных данных уведомлений .....	157
Использование линий выходов уведомлений .....	159
Использование уведомлений с многофункциональным модулем .....	161
Операции с цифровым входом .....	165
Операции с сумматором .....	167
Операции с цифровым выходом .....	170
Операции с выходом ЦАП .....	172
Связанные с системой операции .....	173
Память состояний .....	173
Состояния ошибок .....	175
Самотестирование .....	176
Управление дисплеем .....	177
Системные часы реального времени .....	178
Отключение внутреннего ЦММ .....	179
Запрос версии микропрограммы .....	179
Счетчик срабатываний реле .....	180
Мониторинг одного канала .....	183
Запрос версии языка SCPI .....	185

Подсистема запоминающих устройств (USB) — 34972A	186
Общие функции	186
Команды SCPI	188
Структура папок и файлов	188
Содержимое файлов данных	190
Работа с USB-накопителем с передней панели – 34972A	192
Настройка автоматической регистрации	192
Экспорт показаний	192
Форматирование показаний	193
Импорт конфигурации прибора	193
Настройка удаленного интерфейса – 34970A	194
Адрес GPIB	194
Выбор удаленного интерфейса	194
Выбор скорости передачи данных (RS-232)	195
Выбор бита четности (RS-232)	195
Выбор режима управления потоком данных (RS-232)	196
Настройка удаленного интерфейса – 34972A	198
Включение и выключение LAN-соединения	198
Определение состояния LAN-соединения	198
Сброс LAN	198
Включение и выключение DHCP	199
Настройка IP-адреса	199
Настройка маски подсети	199
Настройка начального шлюза	200
Настройка DNS-сервера	200
Просмотр MAC-адреса	200
Обзор процедуры калибровки	201
Защита калибровки	201
Сообщение калибровки	204
Счетчик калибровок	205
Состояние заводских настроек	206
Предустановленное состояние прибора	208
Начальные настройки модуля мультиметра	210
Обзор модулей	212

20-канальный мультиплексор 34901A	213
16-канальный мультиплексор 34902A	216
20-канальный актуатор 34903A	219
Матричный коммутатор 4x8 34904A	221
Сдвоенные 4-канальный ВЧ-мультиплексоры 34905A/6A	223
Многофункциональный модуль 34907A	226
40-канальный однонаправленный мультиплексор 34908A	229
<b>5 Сообщения об ошибках</b>	
Сообщения об ошибках	234
Ошибки выполнения	235
Ошибки прибора	240
Ошибки при самотестировании	252
Ошибки калибровки	254
Ошибки подключаемых модулей	258
<b>6 Прикладные программы</b>	
Прикладные программы	262
Примеры программ для Excel 7.0	263
Пример для Excel 7.0: макрос takeReadings	264
Пример для Excel 7.0: Макрос «Конфигурирование порта»	266
Пример для Excel 7.0: Макрос «Сканирование каналов»	268
Примеры программ на C и C++	271
C/C++ Example: dac_out.c	272
C/C++ Example: stat_reg.c	273
<b>7 Учебное руководство</b>	
Системные кабели и подключения	276
Характеристики кабелей	276
Техника заземления	278
Техника экранирования	279
Разделение сигналов высокого и низкого уровня	279
Источники погрешностей, связанных с системными кабелями	280

Основы измерений	285
Внутренний ЦММ	285
Измерения температуры	287
Источники погрешностей при измерениях с помощью термопар	296
Измерения постоянного напряжения	298
Источники погрешностей при измерениях постоянного напряжения	299
Измерения переменного напряжения	304
Источники погрешностей при измерениях переменного напряжения	308
Измерения тока	312
Источники погрешностей при измерениях постоянного тока	314
Источники погрешностей при измерениях переменного тока	314
Измерения сопротивления	315
Источники погрешностей при измерениях сопротивления	318
Тензометрические измерения	319
Измерения частоты и периода	323
Низкоуровневые мультиплексирование и коммутация сигналов	326
Однопроводные (однонаправленные) мультиплексоры	327
Двухпроводные мультиплексоры	327
Четырехпроводные мультиплексоры	328
Маршрутизация и мультиплексирование сигналов	329
Источники погрешностей при мультиплексировании и коммутации	330
Актуаторы и коммутация общего назначения	332
Демпфирующие цепи	333
Защитные RC-контуры	333
Использование варисторов	335
Использование аттенюаторов	335
Матричная коммутация	336
Комбинирование матриц	337
Мультиплексирование ВЧ-сигналов	338
Источники погрешностей при коммутации ВЧ-сигналов	339

Многофункциональный модуль .....	340
Цифровой вход .....	340
Цифровой выход .....	341
Использование внешнего подтягивания .....	342
Управление внешними переключателями .....	343
Сумматор .....	344
Погрешности сумматора .....	345
Выход напряжения (ЦАП) .....	346
Погрешности ЦАП .....	347
Срок службы реле и профилактическое обслуживание .....	348
Срок службы реле .....	349
Нагрузка на реле .....	350
Частота коммутации .....	350
Стратегия замен .....	350

## 8 Технические характеристики

## Список таблиц

Таблица 4-1	Постоянное напряжение, термомпара, постоянный ток (для всех диапазонов) . . . . .	120
Таблица 4-2	Сопротивление, РДТ, термистор (2 и 4 провода) . . .	120
Таблица 4-3	Переменное напряжение, переменный ток (для всех диапазонов) . . . . .	121
Таблица 4-4	Частота, период . . . . .	121
Таблица 4-5	Цифровой вход, сумматор . . . . .	121



# 1 Быстрое начало работы

Эта глава состоит из следующих разделов:

Подготовка прибора к использованию	34
Программное обеспечение BenchLink Data Logger	36
Подключение проводов к модулю	38
Настройка времени и даты	40
Настройка канала для сканирования	41
Копирование конфигурации канала	44
Замыкание канала	46
Если прибор не включается	48
Регулировка положения ручки для переноски	50
Монтаж прибора в стойку	51

Одно из первых действий, которые следует выполнить с новым прибором — это ознакомиться с его передней панелью. Упражнения в этой главе написаны таким образом, чтобы подготовить прибор к работе и одновременно ознакомиться с некоторыми из действий, выполняемых на передней панели прибора.

На передней панели расположено несколько групп кнопок, позволяющих выбирать различные функции и операции. У нескольких кнопок имеется *альтернативная* функция, обозначенная синей меткой под кнопкой.

Чтобы выполнить альтернативную функцию, нажмите  (загорится индикатор **SHIFT**). Затем нажмите кнопку, под которой расположена метка нужной функции. Например, чтобы выбрать меню Utility (Утилиты), нажмите  .

Если вы случайно нажали кнопку , просто нажмите ее еще раз, чтобы погас индикатор **SHIFT**.

## Подготовка прибора к использованию

**1** Проверьте комплектность поставки.

Убедитесь, что вместе с прибором вы получили следующие компоненты. Если любой из них отсутствует, обратитесь в ближайшее торговое представительство Keysight Technologies или к авторизованному реселлеру Keysight.

- Один шнур питания.
- Это *Руководство по эксплуатации*.
- Одно *Руководство по обслуживанию*.
- Калибровочный сертификат (если заказан внутренний ЦММ).
- ПО BenchLink Data Logger 3 на компакт-диске.  
*Описание установки ПО см. на [странице 36](#).*
- Комплект для быстрого начала работы (если заказана комплектация с внутренним ЦММ (ЦММ)):
  - Один кабель RS-232 (только для модели 34970A).
  - Одна термопара типа J и отвертка с прямым шлицем.
- Все заказанные вами подключаемые модули поставляются в отдельном контейнере.



Переключатель

**2** Убедитесь, что предохранитель на задней стороне прибора настроен на правильный диапазон напряжений вашей сети питания пер. тока.

**ОСТОРОЖНО!**

Учтите, что этот переключатель только переводит прибор в **Режим ожидания**. Чтобы отключить прибор от сети, отсоедините шнур питания.

---

### 3 Подсоедините шнур питания и включите прибор.

Дисплей передней панели кратковременно загорится, пока прибор будет выполнять самодиагностику после включения. При начальной подаче питания на прибор все каналы измерений выключены. Чтобы проверить работу всех индикаторов на дисплее после включения, удерживайте нажатой кнопку  во время включения питания прибора. Учтите, что для успешной начальной загрузки прибора в нем должна быть установлена батарея. При поставке прибора с завода батарея в нем уже установлена — поэтому этот следует учитывать, только если вы по какой-либо причине извлекли батарею. *Если прибор не включается надлежащим образом, см. [страницу 48](#).*

### 4 Выполните полное самотестирование.

При *полном* самотестировании производится более широкий ряд тестов, чем во время тестирования после включения питания. Нажмите и удерживайте нажатой кнопку  в момент включения прибора; *удерживайте ее нажатой, пока не услышите длинный звуковой сигнал*. При отпускании клавиши после звукового сигнала запускается самотестирование.

*Если самотестирование завершится неудачно, см. в Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A указания по возврату прибора в Keysight для обслуживания.*

## Программное обеспечение BenchLink Data Logger

Программное обеспечение (ПО) Keysight BenchLink Data Logger 3 поставляется в стандартной комплектации 34970A/34792A (если был заказан внутренний ЦММ) и реализует базовые функции регистрации данных. Чтобы расширить доступные функции, также можно приобрести предлагаемое дополнительно ПО Keysight BenchLink Data Logger Pro. В этой программе реализуются расширенные функции регистрации данных и принятия решений, причем для работы с ней не требуются навыки программирования.

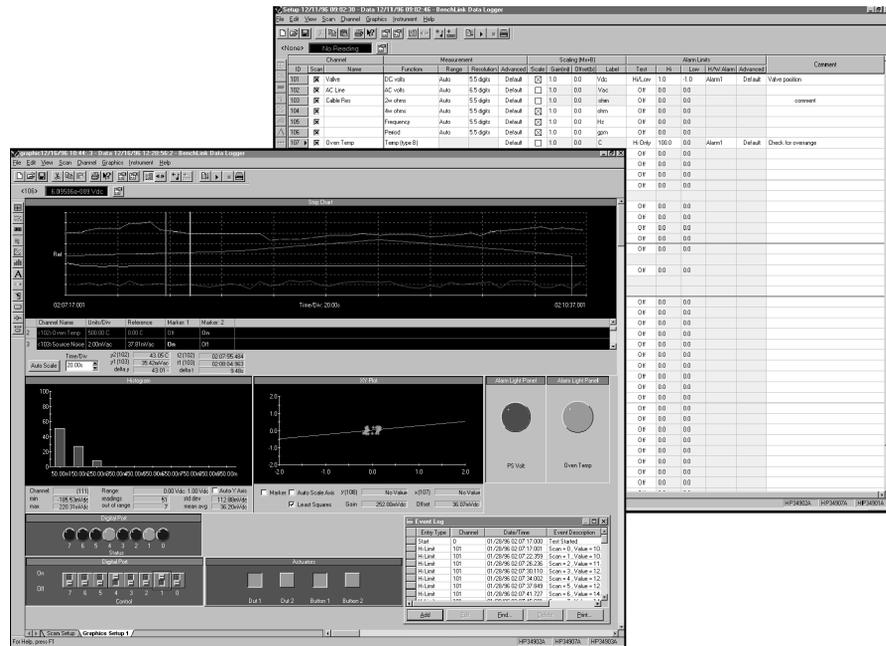
Описание требований к системе и дополнительные данные о возможностях ПО *см. в Главе 8 («Технические характеристики»)*.

### Процедура установки программного обеспечения BenchLink Data Logger 3

*Microsoft Windows Vista/XP/2000*

- 1 Вставьте компакт-диск изделия 34825A в оптический привод.
- 2 В открывшемся окне компакт-диска изделия найдите *Keysight BenchLink Data Logger 3 Software* в группе Software (Программное обеспечение).
- 3 Нажмите Install (Установить) и следуйте указаниям, выводимым служебной программой установки.

Пример экранов при работе с установленным программным обеспечением приведен ниже.

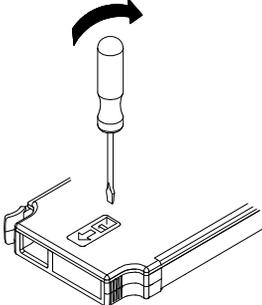
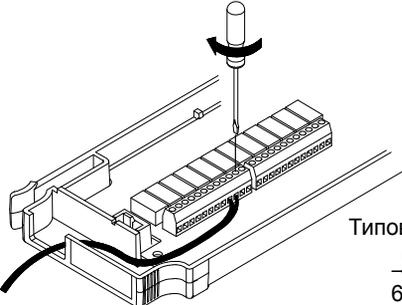
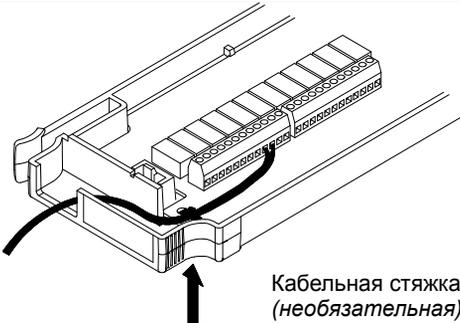
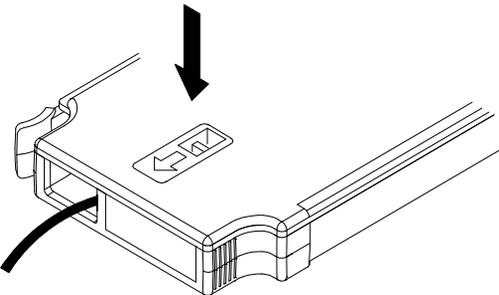
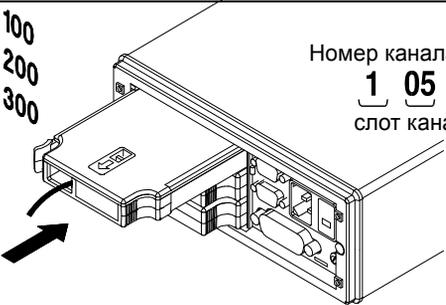


## Интерактивная справочная система



Программное обеспечение поставляется с обширной интерактивной справочной системой, которая помогает изучить функции программного обеспечения, а также устранять любые неполадки, которые могут возникать в ходе его использования. В ходе установки программного обеспечения вы увидите, что интерактивная справочная система доступна на нескольких языках.

## Подключение проводов к модулю

<p>1 Снимите крышку модуля.</p> 	<p>2 Подсоедините проводку к винтовым клеммам.</p>  <p>Типовой 20 AWG 6 мм</p>
<p>3 Проложите провода через компенсатор натяжения.</p>  <p>Кабельная стяжка (необязательная)</p>	<p>4 Установите крышку модуля на место.</p> 
<p>5 Установите модуль в базовый блок.</p>  <p>100 200 300</p> <p>Номер канала: 1 05 слот канал</p>	<p>Советы по прокладке проводов...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Подробные сведения о каждом из модулей см. в разделе, начинающемся на <a href="#">странице 210</a>.</li> <li>– Чтобы уменьшить износ реле внутреннего ЦММ, подключайте <i>аналогичные</i> функции к смежным каналам.</li> <li>– Сведения о заземлении и экранировании см. на <a href="#">странице 278</a>.</li> <li>– В схемах на <a href="#">странице 38</a> показано подключение проводов к модулю мультиплексора для каждой из функций измерений. →</li> </ul>

**Термопара**

Типы термопар: В, Е, J, К, N, R, S, Т  
 Цветовые коды термопар на [странице 294](#)

**Пост. напряжение/перем. напряжение/частота**

Диапазоны: 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 300 V

**2-проводное измерение сопротивления / РДТ / термистора**

Диапазоны: 100, 1 к, 10 к, 100 к, 1 М, 10 М, 100 МW  
 Типы РДТ: 0.00385, 0.00391  
 Типы термисторов: 2,2 к, 5 к, 10 к

**4-проводное измерение сопротивления / РДТ**

Канал  $n$  (источник) автоматически образует пару с каналом  $n+10$  (измерения) в модуле 34901A или с каналом  $n+8$  (измерения) в модуле 34902A.

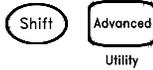
Диапазоны: 100, 1 к, 10 к, 100 к, 1 М, 10 М, 100 МW. Типы РДТ: 0.00385, 0.00391

**Пост. ток/пер. ток**

*Возможно только по каналам 21 и 22 в модуле 34901A*  
 Диапазоны: 10 mA, 100 mA, 1A

## Настройка времени и даты

Все показания, полученные в ходе сканирования, автоматически получают метку времени и сохраняются в энергонезависимой памяти. Кроме того, данные уведомлений получают метку времени и сохраняются в отдельной очереди в энергонезависимой памяти.



### 1 Настройка времени.

С помощью кнопок  и  выберите поле, значение которого надо изменить, и вращайте кнопку-регулятор, чтобы изменить это значение. Также можно изменить поле AM/PM (до/после полудня).

TIME 03:45 PM



### 2 Настройка даты.

С помощью кнопок  и  выберите поле, значение которого надо изменить, и вращайте кнопку-регулятор, чтобы изменить это значение.

JUN 01 2009

## Настройка канала для сканирования

Все каналы, в которых прибор может производить «считывание», также могут быть включены в сканирование. К ним относятся показания в каналах мультиплексоров, считывание цифрового порта и считывание счетчика канала сумматора. Автоматизированное сканирование *не разрешено* при работе с модулями ВЧ-мультиплексора, матричными модулями, модулями актуаторов, цифрового вывода или вывода напряжения (ЦАП).



- 1 Выберите канал, который необходимо добавить в список сканирования. Вращайте кнопку-регулятор, пока в правой части дисплея на передней панели не отобразится номер требуемого канала. Номер канала — это число из трех цифр, в котором самая левая цифра соответствует номеру слота (100, 200 или 300), а две правые цифры обозначают номер канала (102, 110 и т. д.).

### ПРИМЕЧАНИЕ

Для перехода к начальному номеру предыдущего или следующего слотов можно использовать кнопки  и .

В этом примере предположим, что вы используете модель с мультиплексором 34901A, установленным в слот 100, и выбрали канал 103.



- 2 Выберите параметры измерений для выбранного канала.

С помощью кнопки-регулятора прокручивайте доступные на каждом уровне меню варианты. Когда вы нажимаете кнопку , чтобы сделать выбор, в меню автоматически последовательно отображаются все выборы, необходимые для настройки измерений по выбранной функции. После завершения настройки параметров происходит автоматический выход из меню.

Текущий выбор (или начальное значение) отображается с полной яркостью, что позволяет легко идентифицировать его. Если вы сделаете другой выбор, с полной яркостью начнет отображаться это новое значение, которое станет начальным выбором. Порядок выбора вариантов всегда остается одним и тем же; в то же время работа с меню всегда начинается с текущей настройки для каждого из параметров (он отображается при полной яркости).

## 1 Быстрое начало работы

### ПРИМЕЧАНИЕ

Примерно после 20 секунд бездействия меню автоматически выключается, и все сделанные изменения вступают в силу.

---

В этом примере вы настроите канал 103 на измерения температуры с помощью термопары типа J с разрешением дисплея 0,1 °С.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Нажимайте кнопку  для последовательного перехода по списку сканирования и выполнения измерений по каждому из каналов (эти показания не будут сохраняться в памяти). Таким образом можно легко проверить подключение проводов, прежде чем начинать сканирование.

---



- 3** Запустите сканирование и сохраните показания в энергонезависимой памяти.

Прибор автоматически *последовательно сканирует настроенные каналы*, от слота 100 до слота 300 (индикатор **SCAN** светится). Каналы, которые не настроены, в ходе сканирования пропускаются. В начальной конфигурации прибор непрерывно сканирует настроенные каналы с 10-секундным интервалом между ними.

Нажмите и удерживайте кнопку , чтобы остановить сканирование.



- 4** Просмотрите полученные при сканировании данные.

Все показания, измеренные в ходе сканирования, автоматически получают метку времени и сохраняются в энергонезависимой памяти. В ходе сканирования прибор рассчитывает и сохраняет минимальное, максимальное и среднее значения для всех каналов в списке сканирования. Считывать содержимое памяти можно в любое время, даже в ходе сканирования.

При работе с передней панели доступны данные последних 100 показаний в каждом из каналов, полученных в ходе сканирования (все данные доступны по удаленному интерфейсу). В меню View (Просмотр) выберите пункт READINGS (ПОКАЗАНИЯ) и нажмите кнопку  еще раз. Затем нажимайте кнопки  или , чтобы выбрать данные, которые необходимо просмотреть по выбранному каналу, как описано в таблице ниже.

	 и 
Выбор канала	Последние показания в канале Время последних измерений Минимальное показание в канале Время минимального показания Максимальное показание в канале Время максимального показания Среднее значение показаний в канале Предпоследнее показание в канале Третье от конца показание в канале ⋮  99-е от конца показание в канале

## Копирование конфигурации канала

После конфигурирования канала для его включения в список сканирования можно скопировать настроенную конфигурацию этого канала в другие каналы прибора (в том числе в цифровые каналы многофункционального модуля). Эта возможность позволяет легко настроить несколько каналов на выполнение одинаковых измерений. При копировании конфигурации из одного канала в другой автоматически копируются следующие параметры:

- Конфигурация измерений.
- Конфигурация масштабирования типа Mx+V.
- Конфигурация уведомлений.
- Расширенные настройки измерений.



**1** Выберите канал, из которого нужно скопировать конфигурацию.

Вращайте кнопку-регулятор, пока в правой части дисплея на передней панели не отобразится номер требуемого канала. В этом примере мы копируем конфигурацию из канала 103.



**2** Выберите функцию копирования.

С помощью кнопки-регулятора прокручивайте доступные в меню измерений варианты, пока не отобразится вариант COPY CONFIG (КОПИРОВАТЬ КОНФИГУРАЦИЮ). При нажатии кнопки  для выбора пункта меню происходит автоматический переход к следующему шагу в меню.



**3** Выберите канал, в который следует скопировать конфигурацию.

Вращайте кнопку-регулятор, пока в правой части дисплея на передней панели не отобразится номер требуемого канала. В этом примере мы копируем конфигурацию в канал 105.

PASTE TO  
(ВСТАВИТЬ В)

#### 4 Копирование конфигурации канала в выбранный канал.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Для копирования этой конфигурации в другие каналы повторите данную процедуру.

---

## Замыкание канала

В модулях мультиплексора и коммутатора можно замыкать и размыкать отдельные реле в каждом модуле. Однако следует учесть, что если уже сконфигурированы какие-либо каналы мультиплексора для сканирования, то независимо замыкать и размыкать отдельные реле в этом модуле будет невозможно.



**1** Выберите канал.

Вращайте кнопку-регулятор, пока в правой части дисплея на передней панели не отобразится номер требуемого канала. В этом примере выберите канал 213.



**2** Замкните выбранный канал.



**3** Разомкните выбранный канал.

### ПРИМЕЧАНИЕ



последовательно размыкает все каналы модуля в выбранном слоте.

В следующей таблице приведены низкоуровневые операции управления, доступные для каждого из подключаемых модулей.

Подключаемый модуль	Close	Open	Read	Write	Scan, Mon
34901A, 20-канальный мультиплексор	*	*	*		*
34902A, 16-канальный мультиплексор	*	*	*		*
34908A, 40-канальный однонаправленный мультиплексор <sup>[a]</sup>	*	*	*		*
34903A, 20-канальный актуатор	*	*			
34904A, матрица 4x8	*	*			
34905A, сдвоенный 4-канальный ВЧ-мультиплексор (50 Ом) <sup>[b]</sup>	*				
34906A, сдвоенный 4-канальный ВЧ-мультиплексор (75 Ом) <sup>[b]</sup>	*				
34907A, многофункциональный модуль (цифровой ввод-вывод)			*	*	*
34907A, многофункциональный модуль (сумматор)			*		*
34907A, многофункциональный модуль (ЦАП)				*	

[a] В этом модуле одновременно может быть замкнут только один канал.

[b] В этом модуле одновременно может быть замкнут только один канал в каждом из банков.

## Если прибор не включается

Для устранения проблем, которые могут возникнуть при включении прибора, выполните приведенные ниже действия. Если вам потребуется дополнительная помощь, см. в *Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A* указания по возврату прибора в Keysight для обслуживания.

- 1 Убедитесь, что на прибор подается питание от сети переменного тока. Сначала убедитесь, что шнур питания плотно вставлен в гнездо на задней панели инструмента. Также следует убедиться, что в источнике питания, к которому подключен прибор, имеется напряжение. Затем убедитесь, что прибор включен.

*Переключатель Вкл/режим ожидания  расположен в нижней левой части передней панели.*

- 2 Убедитесь, что в прибор установлена батарея.  
Для начальной загрузки прибора в него должна быть вставлена батарея.
- 3 Проверьте настройку напряжения сети питания.  
Выбор напряжения сети при отправке прибора с завода устанавливается в соответствии с вашей страной. Измените настройки напряжения, если они выставлены неправильно. Возможны следующие варианты настройки: 100, 120, 220 или 240 В пер.

### ПРИМЕЧАНИЕ

- *Для работы от сети 127 В переменного тока выберите настройку 120 В переменного тока.*
- *Для работы от сети 230 В переменного тока выберите настройку 220 В переменного тока.*

---

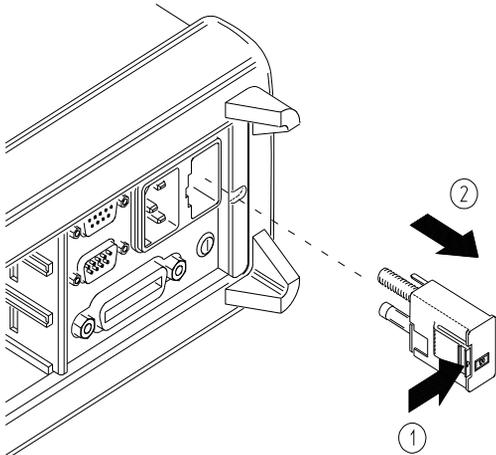
*Если вам потребуется сменить настройку напряжения сети питания, см. описание на следующей странице.*

- 4 Убедитесь, что сетевой предохранитель не перегорел.  
Прибор поставляется с завода с установленным предохранителем на 500 мА. Это правильный предохранитель для всех напряжений сети питания.

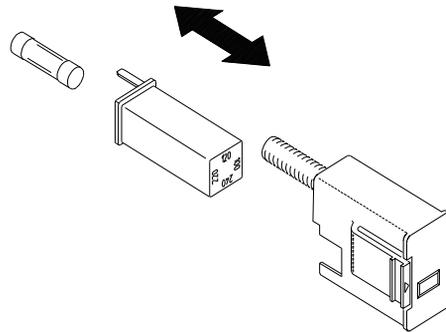
*Если требуется заменить сетевой предохранитель, см. описание на следующей странице.*

Для замены предохранителя 500 мА, 250 В закажите в Keysight деталь 2110-0458.

1 Отсоедините шнур питания.  
Извлеките держатель предохранителя из задней панели.

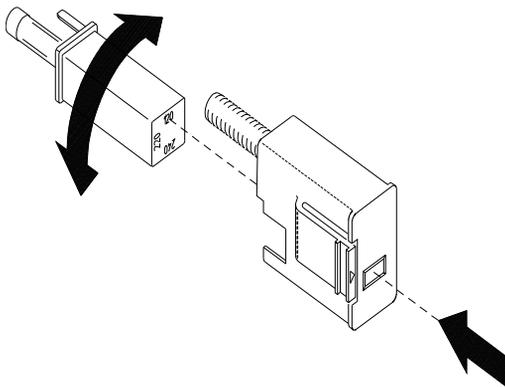


2 Выньте селектор напряжения сети из блока.



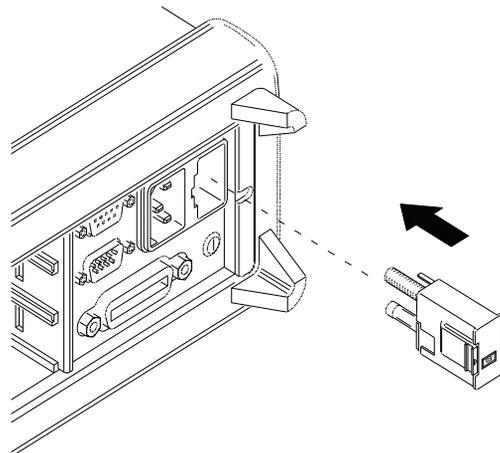
Предохранитель: 500 мА (для всех напряжений сети питания)  
Keysight Артикул: 2110-0458

3 Поворачивайте селектор напряжения, пока в окошке не появится правильное напряжение.



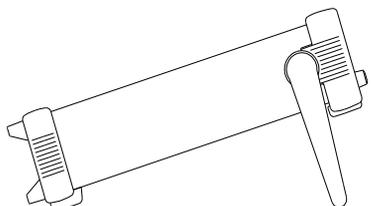
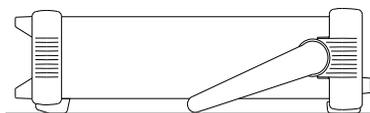
100, 120 (127), 220 (230) или 240 В пер.

4 Установите держатель предохранителя на задней панели.

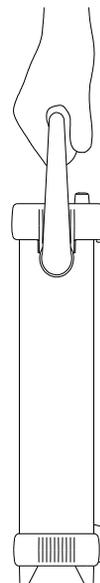


## Регулировка положения ручки для переноски

Чтобы изменить положение ручки, ухватите ее с обеих сторон и *потяните наружу*. Затем поверните ручку в нужное положение.



Положения при размещении на столе



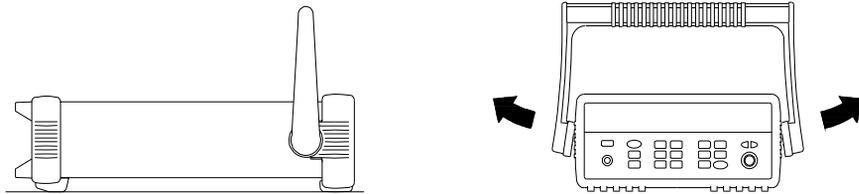
Положение при переноске

## Монтаж прибора в стойку

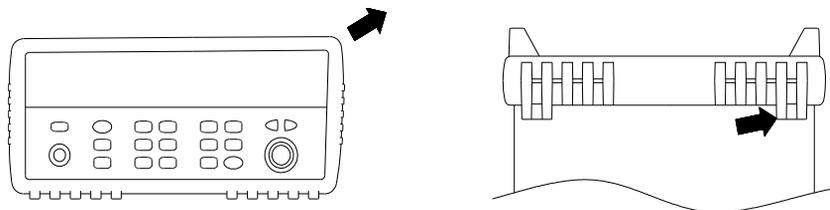
Прибор можно смонтировать в стандартный 19-дюймовый стоечный шкаф, используя один из трех дополнительных монтажных наборов. Каждый набор включает в себя инструкции и комплект для монтажа в стойку. Рядом с прибором 34970A/34792A в стойку может устанавливаться любой прибор серии Keysight *System II* того же размера.

### ПРИМЕЧАНИЕ

*Перед монтажом в стойку снимите ручку для переноски, а также передние и задние резиновые амортизирующие накладки.*



**Для снятия ручки поверните ее в вертикальное положение и потяните концы в стороны.**

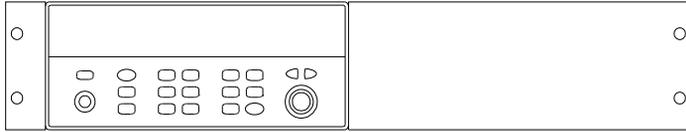


Передняя

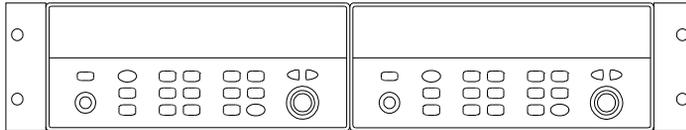
Задняя (вид снизу)

**Для снятия резиновой амортизирующей накладки потяните накладку за один угол и снимите ее, растягивая по периметру.**

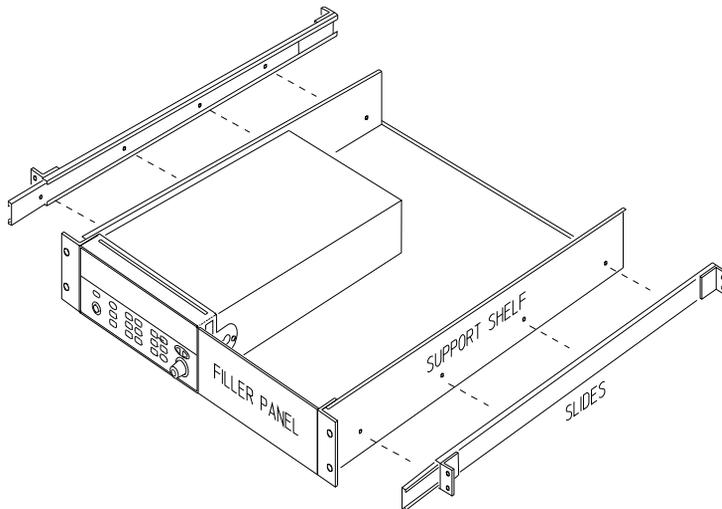
## 1 Быстрое начало работы



**Для монтажа в стойку одного измерительного прибора, закажите набор переходников 5063-9240.**



**Для монтажа в стойку двух измерительных приборов, одного рядом с другим, закажите набор для жесткого соединения 5061-9694 и набор фланцев 5063-9212. Обязательно используйте опорные направляющие в стоечном шкафу.**



**Для монтажа одного или двух приборов на выдвижную несущую полку, закажите полку 5063-9255 и набор направляющих 1494-0015 (при монтаже одного прибора закажите также панель-заглушку 5002-3999).**

## 2 Обзор передней панели

Обзор меню передней панели	54
Мониторинг одного канала	57
Настройка интервала сканирования	58
Применение масштабирования Mx+B к измерениям	59
Настройка пределов уведомлений	61
Считывание порта цифрового ввода	63
Запись в порт цифрового выхода	64
Считывание суммирующего счетчика	65
Подача на выход постоянного напряжения	66
Настройка удаленного интерфейса – 34970A	67
Настройка удаленного интерфейса – 34972A	69
Сохранение состояния прибора	71

Эта глава содержит вводное описание кнопок и меню передней панели. В этой главе нет подробных описаний всех кнопок и меню передней панели. Тем не менее, она содержит обзор меню передней панели и многих выполняемых с нее действий. Подробное описание функциональных возможностей прибора и процесса его использования *см. в Главе 4, «Функции и возможности»*.

## Обзор меню передней панели

Этот раздел содержит обзор меню передней панели. Такие меню автоматически последовательно отображают все параметры, которые необходимо установить для настройки определенной функции или операции. Дальнейшая часть этой главы содержит примеры использования меню передней панели.

### **Measure** Настройка параметров измерения для отображаемого канала.

- Выбор функции измерения (тип измеряемой величины — постоянное напряжение в вольтах, сопротивление в омах и т. д.) для выбранного канала.
- Выбор типа преобразователя для измерения температуры.
- Выбор единицы измерения (°C, °F или K) для измерений температуры.
- Выбор диапазона измерений или автовыбора.
- Выбор разрешения измерений.
- Копирование конфигурации измерения и ее вставка в другие каналы.

### **Mx+B** Настройка параметров масштабирования для отображаемого канала.

- Настройка усиления (M) и смещения (B) для отображаемого канала.
- Выполнение нулевого измерения и его сохранение в качестве значения смещения.
- Задание пользовательской метки (RPM, PSI и т. п.) для отображаемого канала.

### **Alarm** Настройка уведомлений в отображаемом канале.

- Выбор одного из четырех уведомлений, которое будет сообщать о наступлении условий уведомления в выбранном канале.
- Настройка для отображаемого канала верхнего предела, нижнего предела или верхнего и нижнего пределов.
- Настройка битовой маски, которая будет выдавать уведомление (только для цифрового входа).

**Настройка одной из четырех аппаратных линий выходов уведомлений.**

- Очистка состояния четырех линий выходов уведомлений.
- Выбор режима Latch (Защелка) или Track (Отслеживание) для четырех линий выходов уведомлений.
- Выбор наклона (передний или задний фронт) для четырех линий выходов уведомлений.

**Настройка события или действия, которое управляет интервалом сканирования.**

- Выбор режима интервала сканирования (интервал, вручную, внешний или уведомление).
- Выбор числа сканирований.

**Настройка расширенных функций измерения для выбранного канала.**

- Выбор времени интеграции для измерений в выбранном канале.
- Настройка межканальной задержки при сканировании.
- Включение/выключение функции проверки термопары (только для измерений с помощью термопары).
- Выбор источника эталонного сая (только для измерений с помощью термопары).
- Настройка нижней границы частоты (только для измерений переменного тока).
- Включение/выключение компенсации смещения (только для измерений сопротивления).
- Выбор двоичного или десятичного режима для цифровых операций (только для цифрового ввода/вывода).
- Настройка режима сброса сумматора (только для сумматора).
- Выбор обнаруживаемого фронта сигнала (переднего или заднего) для операций сумматора.

**Настройка связанных с системой параметров прибора.**

- Установка системных часов реального времени и календаря.
- Запрос версий микропрограммы базового блока и установленных модулей.
- Выбор конфигурации при включении питания прибора (последняя использовавшаяся или сброс до заводских настроек).
- Включение/выключение внутреннего ЦММ.
- Включение/отключение защиты прибора от калибровки.

**View** **Просмотр показаний, уведомлений и ошибок.**

- Просмотр последних 100 показаний сканирования в памяти (последние, минимум, максимум и среднее).
- Просмотр первых 20 сигналов уведомлений в очереди уведомлений (показание и время возникновения уведомления).
- Просмотр до 10 (34970A) или 20 (34972A) ошибок в очереди ошибок.
- Считывание числа срабатываний для отображаемого реле (функция обслуживания реле).

**Sto/Rcl** **Сохранение и восстановление состояний прибора.**

- Сохранение до пяти состояний прибора в энергонезависимой памяти.
- Назначение имени каждой ячейке памяти.
- Восстановление сохраненных состояний, состояния до отключения питания, состояния заводских настроек или предустановленного состояния.

**Interface** **Настройка удаленного интерфейса (34970A).**

- Выбор адреса GPIB.
- Настройка интерфейса RS-232 (скорость передачи, бит четности и управление потоком).

**Interface** **Настройка удаленного интерфейса (34972A).**

- Настройка параметров LAN (IP-адрес, имя хоста, параметры DHCP и т. д.)
- Настройка параметров USB (включение, идентификатор USB и т. д.)
- Настройка и использование USB-накопителя (регистрация и т. д.)

## Мониторинг одного канала

Функцию *Мониторинга* можно использовать для непрерывного измерения показаний по одному каналу, даже во время сканирования. Эта функция полезна для диагностики и устранения неполадок в системе перед испытанием, а также для ожидания важного сигнала.



- 1 Выберите канал, который необходимо мониторить.

Одновременно можно мониторить только один канал, но его можно в любой момент сменить поворотом ручки.



- 2 Включите мониторинг выбранного канала.

По всем каналам, по которым прибор может производить измерения («считывание»), также возможен мониторинг (при этом загорается индикатор **MON**). Список таких каналов включает любые сочетания измерений температуры, напряжения, сопротивления, тока и периода в каналах мультиплексора. Также возможен мониторинг порта цифрового входа или суммирующего счетчика в многофункциональном модуле.

Чтобы отключить мониторинг, нажмите  еще раз.

## Настройка интервала сканирования

Внутренний таймер прибора можно настроить для автоматического сканирования с заданным интервалом (например, начинать новый проход сканирования каждые 10 секунд) или при получении внешнего ТТЛ-импульса запуска. Прибор можно настроить на непрерывное сканирование или на останов после заданного числа проходов по списку сканирования.



- 1 Выберите режим интервала сканирования.

В этом примере выберите режим *Interval Scan* (Сканирование с интервалом), который позволяет настроить время от начала одного прохода сканирования до начала следующего прохода сканирования. Настройте интервал равным любому значению от 0 до 99 часов.

INTERVAL SCAN



- 2 Выберите число сканирований.

Можно указать число проходов, которые инструмент сделает по списку сканирования (изначально задано непрерывное сканирование). После выполнения заданного числа проходов сканирование останавливается. Установите число сканирований (оно может быть любым числом от 1 до 50 000 сканирований) или выберите режим непрерывного сканирования.

00020 SCANS

## Применение масштабирования Mx+B к измерениям

Функция масштабирования позволяет применять *усиление* и *смещение* ко всем измерениям в заданном канале мультитестера во время сканирования. Помимо установки значений усиления («M») и смещения («B»), также можно указать пользовательскую метку измерений для масштабированных показаний («RPM» — об/мин, «PSI» — фунт/кв. дюйм и т. д.).

Interval

### 1 Сконфигурируйте канал.

Перед применением любых значений масштабирования необходимо сначала настроить канал (функцию — тип измеряемой величины, тип датчика и т. д.). Если изменить конфигурацию измерений, масштабирование в измененном канале выключается, а значения усиления и смещения сбрасываются (M=1 и B=0).

Mx+B

### 2 Настройте значения усиления и смещения.

Значения масштабирования для указанных каналов сохраняются в *энергонезависимой* памяти. При сбросе до заводских настроек масштабирование выключается, и все значения масштабирования для всех каналов очищаются. Сброс прибора в предустановленное состояние или сброс платы *не очищают* значения масштабирования и *не выключают* масштабирование.

+1.000,000

*Настройте усиление*

+0.000,000 VDC

*Настройте смещение*

## 2 Обзор передней панели



- 3** Выберите пользовательскую метку.

Можно указать необязательную трехсимвольную метку для масштабированных показаний (RPM, PSI и т. п.). Начальная метка — это стандартное инженерное обозначение единицы измерения для выбранной функции измерения («VDC» для постоянного напряжения, «OHM» для сопротивления и т. д.).

LABEL AS LBS



- 4** Запустите сканирование и сохраните масштабированные показания в памяти.

## Настройка пределов уведомлений

В приборе предусмотрено четыре сигнала уведомлений, которые можно настроить на выдачу уведомления в случае, если в ходе сканирования показание в канале выходит за указанный предел. Для любого настроенного в списке сканирования канала можно указать верхний предел, нижний предел или и то, и другое. Каждому из четырех доступных уведомлений (нумеруемых с 1 по 4) можно назначить несколько каналов.

Measure

### 1 Сконфигурируйте канал.

Перед установкой любых пределов для уведомлений необходимо сначала настроить канал (функцию — тип измеряемой величины, тип преобразователя и т. д.). Если изменить конфигурацию измерений, уведомления отключатся, а пределы уведомлений будут сброшены. Если планируется использовать масштабирование  $Mx+B$  для канала, в котором также будут настроены уведомления, *сначала настройте значения масштабирования.*

Alarm

### 2 Укажите, какое из четырех уведомлений нужно использовать.

Alarm

### 3 Выберите режим уведомления в выбранном канале

Прибор можно настроить на выдачу сигнала уведомления, когда измеренная величина выйдет за указанный для канала предел: HI (верхний), LO (нижний) или любую из них.



4 Установите предел.

Пределы для уведомлений для указанных каналов сохраняются в *энергонезависимой* памяти. Начальные значения для верхнего и нижнего предела равны 0. Нижний предел должен быть всегда меньше верхнего или совпадать с ним, даже если используется только один из пределов. При сбросе до заводских настроек очищаются все пределы уведомлений и отключаются все уведомления. Сброс прибора в предустановленное состояние и сброс платы *не очищают* пределы уведомлений и *не выключают* уведомления.

+0.250,000 °C



5 Запустите сканирование и сохраните показания в памяти.

Если уведомление возникнет в канале во время его сканирования, то состояние уведомлений этого канала при измерениях будет сохранено в памяти показаний. При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все показания (включая данные уведомлений), сохраненные в памяти показаний во время предыдущего сканирования. При возникновении уведомлений они также регистрируются в *очереди уведомлений*, которая отделена от памяти показаний. В очереди уведомлений может сохраняться до 20 уведомлений. При просмотре очереди уведомлений через меню *View* (Просмотр) очередь очищается.

## Считывание порта цифрового ввода

В многофункциональном модуле (34907A) имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для считывания цифровых последовательностей. Можно либо считывать состояние битов в порту, либо настроить сканирование на считывание числа.



- 1 Выберите порт цифрового входа.

Выберите слот, в который установлен многофункциональный модуль, и продолжайте вращать кнопку-регулятор, пока на экране не появится надпись DIN (канал 01 или 02).



- 2 Выполните чтение показаний из указанного порта.

Можно выбрать использование двоичного или десятичного формата. После выбора системы счисления она будет использоваться для всех операций ввода и вывода по данному порту. Чтобы изменить систему счисления, нажмите кнопку  и выберите вариант USE BINARY (ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДВОИЧНУЮ) или USE DECIMAL (ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЕСЯТИЧНУЮ).

01010101 DIN

*Показано отображение в двоичном формате*

Считанная из порта последовательность битов будет отображаться, пока вы не нажмете другую кнопку или не повернете кнопку-регулятор или пока не истечет время отображения на дисплее.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы добавить канал цифрового ввода в список сканирования, нажмите кнопку  и выберите вариант DIO READ.

## Запись в порт цифрового выхода

В многофункциональном модуле (34907A) имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для вывода цифровых последовательностей.



- 1 Выберите порт цифрового выхода.

Выберите слот, в который установлен многофункциональный модуль, и продолжайте вращать кнопку-регулятор, пока на экране не появится надпись DIN (канал 01 или 02).



- 2 Войдите в режим редактирования набора битов.

Учтите, что теперь порт изменился на выходной (DOUТ).

00000000 DOUТ

*Показано отображение в двоичном формате*



- 3 Измените набор битов.

С помощью кнопки-регулятора и кнопок  и  измените значения отдельных битов. Можно выбрать использование двоичного или десятичного формата. После выбора системы счисления она будет использоваться для всех операций ввода и вывода по данному порту. Чтобы изменить систему счисления, нажмите кнопку  и выберите вариант USE BINARY (ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДВОИЧНУЮ) или USE DECIMAL (ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЕСЯТИЧНУЮ).

240 DOUТ

*Показано отображение в десятичном формате*



- 4 Вывод набора битов в указанный порт.

Выбранные значения набора битов фиксируются на указанном порту. Чтобы отменить выполняемую операцию вывода, дождитесь, пока время ожидания отображения на дисплее не истечет.

## Считывание суммирующего счетчика

В многофункциональном модуле (34907A) имеется 26-битный суммирующий счетчик, который может подсчитывать импульсы, поступающие с частотой 100 кГц. Суммирующий счетчик можно считывать вручную, или же можно настроить считывание счетчика в составе сканирования.



### 1 Выберите канал сумматора

Выберите слот, в который установлен многофункциональный модуль, и продолжайте вращать кнопку-регулятор, пока на экране не появится надпись TOTALIZE (канал 03).



### 2 Настройте режим суммирования.

Внутренний счетчик начинает работу с момента включения прибора. Сумматор можно настроить на сброс счетчика в «0» после считывания его значения, или же он может непрерывно продолжать подсчет, а сброс будет производиться вручную.

READ + RESET



### 3 Считайте значение счетчика.

Счетчик считывается каждый раз при нажатии кнопки ; автоматически счетчик на дисплее не обновляется. В этом примере работа счетчика настроена на сброс к значению «0» при каждом считывании.

12345 TOT

Значение счетчика будет отображаться, пока вы не нажмете другую кнопку или не повернете кнопку-регулятор или пока не истечет время отображения на дисплее. Чтобы сбросить значение суммирующего счетчика вручную, нажмите .

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы добавить канал суммирующего счетчика в список сканирования, нажмите кнопку  и выберите вариант TOT READ.

## Подача на выход постоянного напряжения

В многофункциональном модуле (34907A) имеется два аналоговых выхода, обеспечивающих выдачу калиброванных напряжений в диапазоне  $\pm 12$  вольт.



- 1 Выберите канал ввода ЦАП.

Выберите слот, в который установлен многофункциональный модуль, и продолжайте вращать кнопку-регулятор, пока на экране не появится надпись DAC (канал 04 или 05).



- 2 Войдите в режим редактирования выходного напряжения.

+00.000 V DAC



- 3 Выберите требуемое выходное напряжение.

С помощью кнопки-регулятора и кнопок  и  измените значения отдельных разрядов.

+05.250 V DAC



- 4 Подайте на выход напряжение с выбранного ЦАП.

Выходное напряжение будет отображаться, пока вы не нажмете другую кнопку или не повернете кнопку-регулятор. Чтобы вручную сбросить выходное напряжение к значению 0 вольт, нажмите кнопку .

## Настройка удаленного интерфейса – 34970A

Прибор 34970A поставляется с двумя установленными интерфейсами: GPIB (IEEE-488) и RS-232. Одновременно может быть выбран только один интерфейс. При отгрузке прибора с завода на нем выбирается интерфейс GPIB.

GPIB Configuration

- Shift** **Sto/Rcl** **1** Выберите интерфейс GPIB.

GPIB / 488

- Sto/Rcl** **2** Выберите адрес на шине GPIB.  
Interface

Для прибора можно установить любое значение адреса от 0 до 30. В заводских настройках устанавливается адрес «9».

ADDRESS 09

- Sto/Rcl** **3** Сохраните изменение и выйдите из меню.  
Interface

### ПРИМЕЧАНИЕ

У платы интерфейса GPIB на вашем компьютере также имеется собственный адрес. Не устанавливайте ни для одного из приборов на шине интерфейса адрес, совпадающий с адресом компьютера. Платы контроллеров интерфейса GPIB компании Keysight обычно используют адрес «21».

## 2 Обзор передней панели

### Конфигурирование RS-232

- Shift** **Sto/Rcl** 1 Выберите интерфейс RS-232

RS-232

- Sto/Rcl** 2 Выберите скорость передачи в бодах.

**Interface**

Выберите одно из следующих значений: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 (*заводская настройка*) или 115200 бод.

19200 BAUD

- Sto/Rcl** 3 Выберите настройку бита четности и число битов данных.

**Interface**

Выберите одно из следующих значений: None (нет, 8 битов данных, *заводская настройка*), Even (чет, 7 битов данных), или Odd (нечет, 7 битов данных). Установка режима четности также косвенно задает число битов данных.

EVEN, 7 BITS

- Sto/Rcl** 4 Выберите способ управления потоком данных.

**Interface**

Выберите одно из следующих значений: None (нет управления потоком данных), RTS/CTS, DTR/DSR, XON/XOFF (*заводская настройка*) или Modem (Модем).

FLOW DTR/DSR

- Sto/Rcl** 5 Сохраните изменения и выйдите из меню.

**Interface**

## Настройка удаленного интерфейса – 34972A

Прибор поставляется с двумя установленными интерфейсами: интерфейсом локальной сети (LAN) и интерфейсом универсальной последовательной шины (USB). Оба интерфейса могут быть включены одновременно; при поставке прибора с завода выбраны оба интерфейса.

LAN Configuration



Sto/Rcl

- 1 Выберите интерфейс локальной сети (LAN).

LAN INTERFACE

Sto/Rcl

Interface

- 2 Включите локальную сеть (LAN).

Изначально она включена.

LAN ENABLED



- 3 Установите настройки локальной сети на приборе в соответствии с указаниями, полученными от администратора вашей локальной сети.

## 2 Обзор передней панели

USB Configuration

-   1 Выберите интерфейс USB.

USB INTERFACE

- 2 Включите или выключите интерфейс USB.

Выберите USB ENABLED (USB ВКЛЮЧЕН) или USB DISABLED (USB ВЫКЛЮЧЕН).



USB ENABLED

- 3 Просмотрите строку USB-идентификации

На приборе отобразится строка USB-идентификации (USB ID). Это может быть полезно для идентификации устройства в USB-сети. Для просмотра всей строки используйте кнопки со стрелками влево и вправо, расположенные над кнопкой-регулятором.

USB0::2391::8199::MY01023529::0::INSTR

- 4 Сохраните изменения и выйдите из меню.

## Сохранение состояния прибора

Состояние прибора можно сохранить в одной из пяти энергонезависимых ячеек памяти. В шестой ячейке памяти автоматически сохраняется настройка прибора в момент отключения питания. При возобновлении питания прибор может автоматически возвращаться в состояние, которое было настроено перед отключением питания (при этом также возобновится сканирование, которое производилось до момента отключения питания).

Sto/Rcl

### 1 Выберите ячейку памяти.

При работе с передней панели можно назначать имена (длиной до 12 символов) каждому из пяти сохраненных состояний.

NAME STATE (НАЗНАЧИТЬ СОСТОЯНИЕ)

1: TEST\_RACK\_2

Ячейки памяти пронумерованы с 1 по 5. Состояние, настроенное на момент отключения питания, автоматически сохраняется в памяти, и его можно восстановить с передней панели (это состояние обозначается LAST PWR DOWN).

STORE STATE

2: STATE2

Sto/Rcl

### 2 Сохранение состояния прибора

В приборе сохраняются все настройки каналов, значения уведомлений, значения масштабирования, настройки интервалов сканирования, а также расширенные настройки измерений.

CHANGE SAVED

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

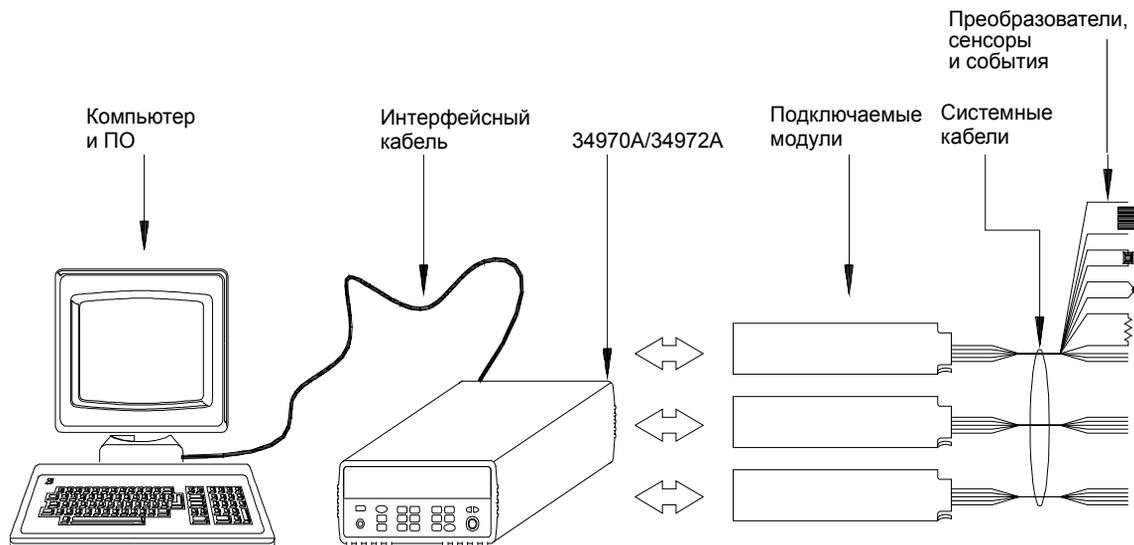
# 3 Обзор системы

Обзор системы сбора данных	74
Маршрутизация и коммутация сигналов	84
Измерительный вход	88
Выход управления	96

В этой главе приведен обзор основанной на компьютере системы, а также описываются составляющие системы сбора данных.

## Обзор системы сбора данных

Keysight 34970A/34972A можно использовать как автономный прибор, но во многих ситуациях имеет смысл воспользоваться преимуществами встроенных функций связи с ПК. Типичная система сбора данных показана на схеме ниже.



Конфигурация, показанная выше, обеспечивает следующие преимущества.

- 34970A/34972A можно применять для сохранения данных, уплотнения данных, выполнения математических расчетов и преобразования в инженерные единицы измерения. При этом ПК можно использовать для удобства настройки и визуального представления данных.
- Аналоговые сигналы и измерительные сенсоры физически удаляются из шумной среды ПК и электрически развязываются как с ПК, так и с заземлением.
- С помощью одного ПК можно мониторить несколько приборов и точек измерений, одновременно выполняя другие ПК-задачи.

## Компьютер и интерфейсный кабель (только для 34970A)

В этой главе компьютеры и операционные системы не рассматриваются. Помимо компьютера и операционной системы, для работы вам потребуются последовательный порт (RS-232) или порт GPIB (IEEE-488), а также интерфейсный кабель.

Последовательный (RS-232)		GPIB (IEEE-488)	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Часто встроены в компьютер; дополнительное оборудование не требуется.	Максимальная длина кабеля составляет 15 м (45 футов). <sup>[a]</sup>	Скорость; более быстрая передача данных и команд.	Максимальная длина кабеля составляет 20 м (60 футов). <sup>[a]</sup>
Драйверы обычно входят в состав операционной системы.	К одному последовательному порту можно подключить только один прибор или одно устройство.	Дополнительная гибкость построения системы — к одному порту GPIB можно подключить несколько приборов.	Требуются плата расширения, вставляемая в слот расширения на ПК, а также соответствующие драйверы.
Кабели широко доступны и недороги.  Модель 34970A поставляется с кабелем последовательного интерфейса (при заказе внутреннего ЦММ).	Кабели подвержены воздействию шумов, которые замедляют обмен данными или вызывают потерю данных.  Разнообразные типы и гнезда разъемов.	Возможна передача с прямым доступом к памяти.	Требуются особый кабель
	Скорость передачи данных до 85 000 символов/с.	Скорость передачи данных до 750 000 символов/с.	

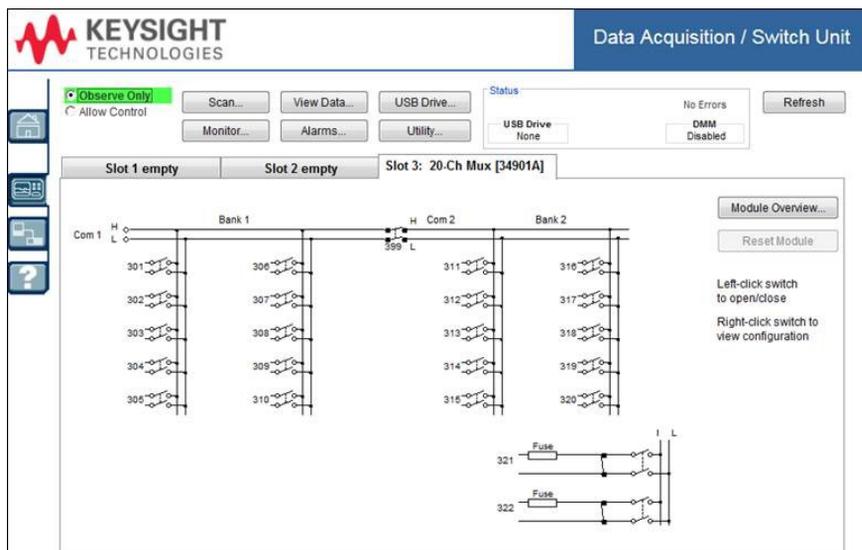
[a] Это ограничение по длине кабеля можно обойти, используя специальное коммуникационное оборудование. Например, можно воспользоваться интерфейсом шлюза «LAN-GPIB» Keysight E5810A или последовательным модемом.

## ПО для измерений

Доступен ряд программных решений, позволяющих настроить оборудование сбора данных, выполнять операции над данными измерений и отображать их.

Одна из самых полезных функций модели 34972A — это веб-интерфейс. Просто введите IP-адрес прибора в строке навигации браузера, чтобы открыть веб-интерфейс.

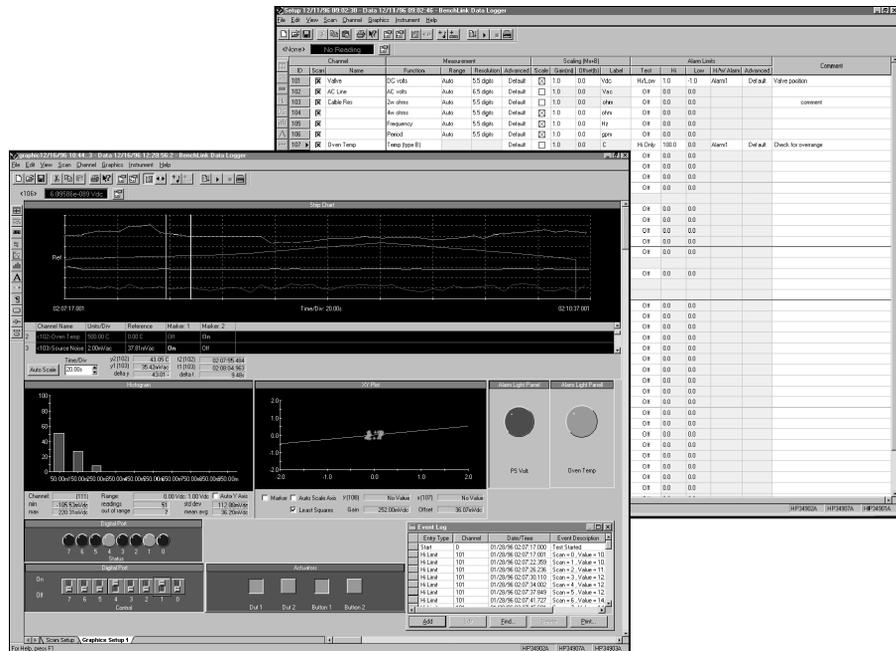
Со страницы удаленного управления веб-интерфейса, показанной ниже, можно мониторить состояние прибора, настраивать и инициировать сканирование, сохранять данные на USB-накопитель и выполнять многие другие операции. Для получения справки просто щелкните большой знак вопроса в левой части экрана.



## Регистрация и мониторинг данных

Программа *Keysight BenchLink Data Logger 3*, входящая в комплект поставки 34970A/34792A, — это приложение для Windows®, которое позволяет легко работать с прибором с персонального компьютера, выполняя сбор и анализ данных измерений. Используйте эту программу для настройки измерений, сбора и сохранения в архиве данных измерений, а также для отображения и анализа измеренных показаний в реальном времени.

В программном обеспечении *Keysight BenchLink Data Logger Pro*, доступном дополнительно за отдельную плату, реализованы расширенные функции регистрации данных и принятия решений, причем для работы с ними не требуются навыки программирования.

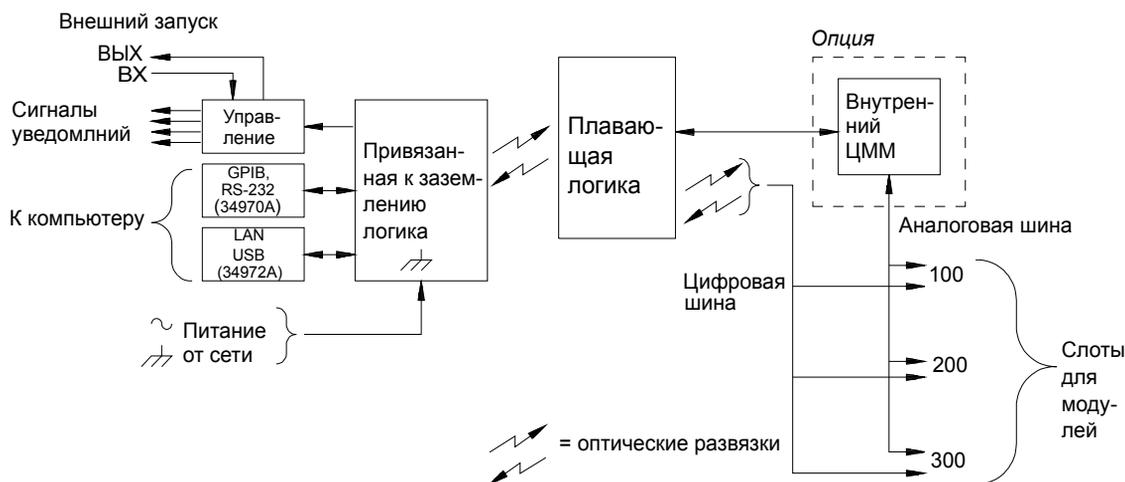


Автоматизированные измерения с использованием многих приборов

- Keysight VEE
- TransEra HTBASIC® для Windows
- National Instruments LabVIEW
- Microsoft® Visual Basic или Visual C++

## 34970A/34792A Система сбора данных/коммутации

Как видно из приведенной ниже схемы, логические цепи 34970A/34792A делятся на две секции: с привязкой к заземлению и плавающую. Эти две секции изолированы друг от друга оптической развязкой, что повышает точность и воспроизводимость измерений (*дополнительные сведения о контурах заземления см. на странице 282*).



Цепи с опорным уровнем заземления и с плавающим напряжением взаимодействуют между собой через канал данных с оптической развязкой. Секция с опорным уровнем заземления обменивается данными с блоком с плавающим напряжением для обеспечения подключения к ПК. Прибор 34970A поставляется с двумя установленными интерфейсами: GPIB (IEEE-488) и RS-232. Одновременно может быть выбран только один интерфейс. Прибор 34972A поставляется с интерфейсом локальной сети (LAN, LAN) и интерфейсом универсальной последовательной шины (USB).

В секции с опорным уровнем заземления также реализованы четыре выхода аппаратных сигналов уведомлений и линии внешнего запуска. Линии выходов уведомлений можно использовать для включения внешних сигнальных огней, звуковых сигналов или сирен, а также для отправки ТТЛ-импульсов в систему управления.

В блоке с плавающим напряжением реализован главный системный процессор, он управляет всеми базовыми рабочими функциями прибора. В нем осуществляется взаимодействие прибора с подключаемыми модулями, сканирование клавиатуры, управление дисплеем на передней панели и внутренним ЦММ. В блоке с плавающим напряжением также выполняется масштабирование типа  $Mx+B$ , мониторинг состояний уведомлений, преобразование показаний преобразователей в инженерные единицы измерения, производятся измерения с временными метками при сканировании и сохранение данных в энергонезависимой памяти.

## Подключаемые модули

Для моделей 34970A/34792A доступен полный ассортимент подключаемых модулей, которые позволяют реализовать функции высококачественных измерений, коммутации и управления. Подключаемые модули взаимодействуют с блоком плавающей логики через внутреннюю гальванически развязанную цифровую шину. Модули мультиплексора также подключаются ко внутреннему ЦММ через внутреннюю аналоговую шину. У каждого из модулей имеется собственный микропроцессор, что позволяет разгрузить процессор базового блока и минимизировать объемы обмена данными по системной шине, тем самым повысив доступную пропускную способность. В следующей таблице приведена часть основных вариантов применения каждого из подключаемых модулей.

Более подробные сведения по каждому из модулей *см. в разделах с описаниями модулей в главе 4, начиная со страницы 212.*

Номер модели	Название модуля	Основные варианты применения
Измерительный вход		
34901A	20-канальный мультиплексор с компенсацией для термопары	Сканирование и прямые измерения температур, напряжений, сопротивлений, частот и токов (только модель 34901A) с использованием внутреннего ЦММ.
34902A	16-канальный герконовый мультиплексор с компенсацией для термопары	
34908A	40-канальный однонаправленный мультиплексор с компенсацией для термопары	Сканирование и прямые измерения температур, напряжений и сопротивлений с использованием внутреннего ЦММ.
34907A	Многофункциональный модуль	Цифровой вход, подсчет событий.
Маршрутизация сигналов		
34901A	20-канальный мультиплексор с компенсацией для термопары	Мультиплексирование сигналов, поступающих от внешних приборов или на них.
34902A	16-канальный герконовый мультиплексор с компенсацией для термопары	
34908A	40-канальный однонаправленный мультиплексор с компенсацией для термопары	
34904A	Матричный коммутатор 4x8	Матричный коммутатор на 32 коммутационных реле.
34905A	Сдвоенный 4-канальный ВЧ-мультиплексор (50 Ом)	50-омные высокочастотные применений (< 2 ГГц).
34906A	Сдвоенный 4-канальный ВЧ-мультиплексор (75 Ом)	75-омные высокочастотные применения (< 2 ГГц).
Управляющие выходы		
34903A	20-канальный актуатор	Коммутация общего назначения и управляющих сигналов с помощью переключателей типа С (SPDT, однополюсных двунаправленных).
34907A	Многофункциональный модуль	Цифровой выход, выходы напряжения (ЦАП).

## Системные кабели

Подключаемые модули оснащены разъемами с винтовыми клеммами, которые позволяют легко подключать системные кабели. Тип кабелей, используемых для подключения к модулям преобразователей и сенсоров, а также передачи сигналов, крайне важен для успешных измерений. Преобразователи некоторых типов, например термопары, отличаются очень жесткими требованиями к типам кабелей, с помощью которых выполняется подключение. Обязательно учитывайте среду применения при выборе сечения проводов и характеристик изоляции. Обычно изоляция проводов изготавливается из таких материалов, как поливинилхлорид или Teflon®. В следующей таблице указано несколько распространенных типов кабелей и описаны их типичные варианты применения.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Изолирование и использование проводов более подробно описаны в разделе *«Системные кабели и подключения»*, начиная со страницы 276.

Тип кабеля	Основные варианты применения	Примечания
Удлинительный провод термопары	Измерения с помощью термопары.	Доступны для определенных типов термопар. Также доступны в исполнении с экранированием кабеля для повышенной устойчивости к шумам.
Витая пара Экранированная витая пара	Входы измерений, выходы напряжений, коммутация, подсчет импульсов.	Самый распространенный тип кабеля для низкочастотных измерительных входов. Витая пара уменьшает синфазные помехи. Экранированная витая пара дополнительно повышает устойчивость к шумам.
Экранированный коаксиальный кабель, коаксиальный кабель с двойным экранированием	Коммутация СВЧ-сигналов.	Самый распространенный тип кабеля для высокочастотных сигналов. Доступен с определенным импедансом (50 или 75 Ом). Обеспечивает исключительную устойчивость к шумам. Кабель с двойным экранированием улучшает развязку между каналами. Требуются особые разъемы.
Плоская лента, лента с витой парой	Цифровой вход/выход	Часто используются с многоконтактными разъемами. Эти кабели отличаются слабой устойчивостью к шумам.

Teflon — зарегистрированный товарный знак E.I. duPont deNemours and Company.

## Преобразователи и сенсоры

Преобразователи и сенсоры преобразуют физическую количественную величину в электрическую. После этого электрическая величина измеряется, и результат преобразуется в инженерные единицы измерения. Например, при измерениях с помощью термопары прибор измеряет постоянное напряжение и с помощью математических операций преобразует его в соответствующую температуру в °C, °F или K (градусах Кельвина).

Измерения	Обычные типы преобразователей	Обычный сигнал преобразователя
Температура	Термопара	От 0 до 80 мВ
	РДТ	Сопротивление в 2-проводной или 4-проводной схеме от 5 Ом до 500 Ом
	Термистор	Сопротивление в 2-проводной схеме от 10 Ом до 1 МОм
Давление	Твердотельный	+/- 10 В пост.
Расход	Вращающийся Термальный	От 4 мА до 20 мА
Тензометрия	Резистивные элементы	Сопротивление по 4-проводной схеме от 10 Ом до 10 кОм
События	Концевые выключатели Оптические счетчики Поворотные энкодеры	Последовательность импульсов 0 В или 5 В
Цифровое	Состояние системы	ТТЛ-уровни

## Пределы уведомлений

В модели 34970A/34792A предусмотрено четыре выхода сигналов уведомлений, которые можно настроить на выдачу уведомления в случае, если в ходе сканирования показание в канале выходит за указанные пределы. Для любого настроенного в списке сканирования канала можно указать верхний предел, нижний предел или и то, и другое. Каждому из четырех доступных уведомлений (нумеруемых с 1 по 4) можно назначить несколько каналов. Например, можно настроить прибор на выдачу уведомления в канале уведомлений 1 (Alarm 1) в случае выхода за пределы в любом из следующих каналов: 103, 205 или 320.

Также можно назначать сигналы уведомлений каналам многофункционального модуля. Например, можно настроить выдачу сигнала уведомления в случае обнаружения определенного набора битов или изменения набора битов в канале цифрового ввода, или в случае достижения счетчиком в канале сумматора определенного значения. При использовании многофункционального модуля каналы *не обязательно должны* входить в список сканирования, чтобы по ним могло выдаваться уведомление.

## Маршрутизация и коммутация сигналов

Функции коммутации подключаемых модулей, доступных для 34970A/34792A, обеспечивают гибкость и возможность расширения измерительной системы. Коммутирующие подключаемые модули можно использовать для направления сигналов в измерительную систему и из нее, а также для мультиплексирования сигналов, подаваемых на внутренний ЦММ или на внешние приборы.

Реле — это электромеханические устройства, подверженные отказам в связи с износом. Срок службы реле или число фактических срабатываний до его отказа зависят от способа использования реле — от прикладываемой нагрузки, частоты коммутации и условий среды. Система обслуживания реле в 34970A/34792A автоматически подсчитывает количество срабатываний каждого из реле в приборе и сохраняет их общее число в энергонезависимой памяти, расположенной на каждом из модулей коммутации. Используйте эту функцию для отслеживания отказов реле и прогнозирования требований системы к обслуживанию. *Дополнительные сведения об использовании этой функции см. в «Счетчик срабатываний реле» на странице 180*

### Топологии коммутации

Для прибора доступно несколько типов подключаемых модулей коммутации с различными топологиями для разных вариантов применения. Доступны следующие топологии коммутации:

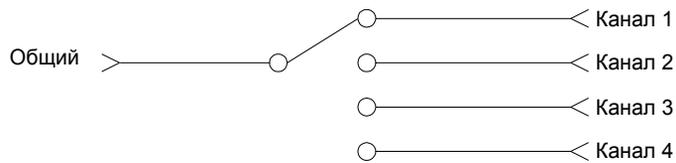
- Мультиплексор (34901A, 34902A, 34905A, 34906A, 34908A)
- Матрица (34904A)
- Реле типа С – однополюсные двунаправленные (34903A)

В следующих разделах описывается каждая из этих топологий коммутации.

#### Коммутация в мультиплексорах

Мультиплексоры позволяют подключать один из многих каналов к общему каналу (в каждый момент времени может быть подключен только один канал). Схема простого мультиплексора «4 к 1» показана ниже. Если совместить мультиплексор с измерительным устройством, таким как ЦММ, получим сканер.

*Дополнительные сведения о сканировании см. на [странице 90](#).*

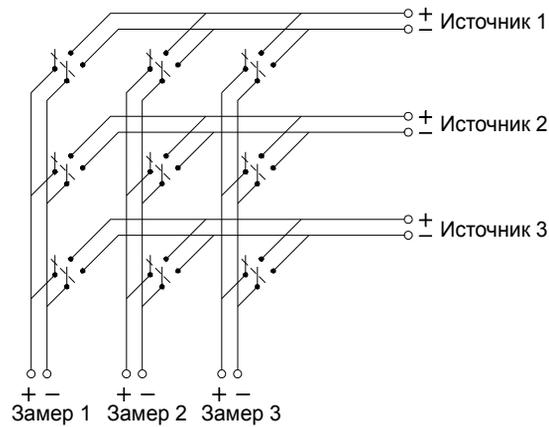


Доступны мультиплексоры нескольких типов:

- *Однопроводные (однаправленные) мультиплексоры для измерений с общим сигналом LO. Дополнительные сведения см. на странице 327.*
- *Двухпроводные мультиплексоры для измерений с плавающим напряжением. Дополнительные сведения см. на странице 327.*
- *Четырехпроводные мультиплексоры для измерений сопротивления и измерений температуры с помощью РДТ. Дополнительные сведения см. на странице 328.*
- *СВЧ (сверхвысокочастотные) мультиплексоры для коммутации сигналов с частотами до 2,8 ГГц. Дополнительные сведения см. на странице 338.*

### Матричная коммутация

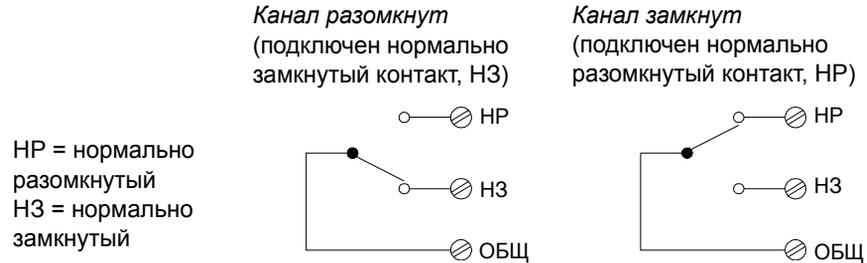
Матричный коммутатор соединяет сразу много входов со многими выходами, тем самым обеспечивая большую гибкость коммутации по сравнению с мультиплексором. Используйте матричные коммутаторы только для коммутации низкочастотных сигналов (с частотой ниже 10 МГц). Матрица строится из строк и столбцов. Например, простую матрицу 3x3 можно использовать для подключения трех источников к трем точкам замера, как показано ниже.



Любой из источников сигнала может быть подключен к любому из входов замера. Учтите, что в топологии матрицы физически возможно одновременное подключение более одного источника. Важно убедиться, что при таких подключениях не возникнет опасности или нежелательных ситуаций.

### Коммутация типа С (SPDT, однополюсная двунаправленная)

Модуль актуатора 34903А содержит 20 переключателей типа С (также называемых *однополюсными двунаправленными*). Переключатели типа С можно применять для маршрутизации сигналов, но обычно они используются для управления внешними устройствами.



## Измерительный вход

В 34970A/34792A можно объединить ЦММ (встроенный или внешний) с каналами мультиплексора, чтобы организовать *сканирование*. В ходе сканирования прибор подключает ЦММ к настроенным каналам мультиплексора — одному за другим, по порядку — и производит измерения по каждому из каналов.

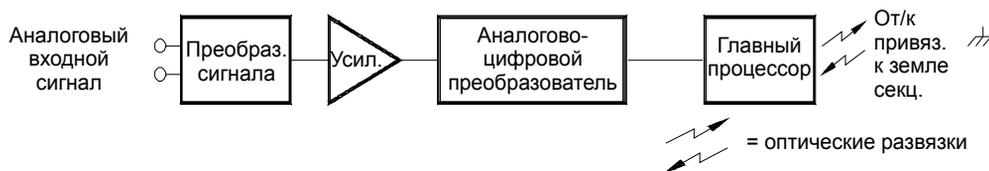
Все каналы, в которых прибор может производить «считывание», также могут быть включены в сканирование. Список таких каналов включает любые сочетания измерений температуры, напряжения, сопротивления, тока и периода в каналах мультиплексора. Сканирование также может включать считывание из цифрового порта или считывание суммирующего счетчика многофункционального модуля.

## Внутренний ЦММ

Преобразователь или сенсор превращают физическую числовую характеристику в электрический сигнал, который может быть измерен внутренним ЦММ. Для выполнения таких измерений во внутреннем ЦММ реализованы функции измерений следующих величин:

- температуры (термопара, РДТ и термистор)
- напряжения (постоянное и переменное, до 300 В)
- сопротивления (2- и 4-проводные измерения, до 100 МОм)
- тока (пост. и пер., до 1 А)
- частоты и периода (до 300 кГц)

Внутренний ЦММ предоставляет универсальный входной интерфейс для измерений сигналов разнообразных преобразователей без необходимости дополнительной обработки или преобразования таких внешних сигналов. Во внутреннем ЦММ реализованы схемы преобразования сигнала, его усиления (или ослабления), а также аналогово-цифровой преобразователь с высоким разрешением (до 22 бит). Упрощенная схема внутреннего ЦММ приведена ниже.



## Преобразование сигнала, выбор диапазона и усиление

Аналоговые входные сигналы мультиплексируются в блоке преобразования сигнала внутреннего ЦММ — обычно такой блок включает схемы коммутации, выбора диапазона и усиления. Если входной сигнал — это постоянное напряжение, блок преобразования сигнала состоит из аттенюатора для более высоких входных напряжений или усилителя постоянного тока для более низких входных напряжений. Если входной сигнал — это переменное напряжение, с помощью преобразователя сигнал переменного тока преобразуется в эквивалентную ему величину постоянного тока (истинное среднеквадратичное значение). При измерениях сопротивления через неизвестное сопротивление пропускается известный постоянный ток и измеряется падение напряжения на резисторе. Схемы коммутации входных сигналов и выбора диапазонов, работая совместно со схемами усиления, преобразуют входной сигнал в постоянное напряжение, которое будет попадать в диапазон измерений аналого-цифрового преобразователя (АЦП) во встроенном ЦММ.

Можно позволить прибору автоматически выбирать диапазон измерений (*автовыбор диапазона*) или же выбрать фиксированный диапазон измерений (*выбор диапазона вручную*). Автовыбор диапазона удобен, поскольку прибор автоматически определяет и выбирает подходящий диапазон для каждого измерения в соответствии с входным сигналом. Чтобы обеспечить максимальную скорость операций сканирования, используйте для каждого из измерений выбранные вручную диапазоны (при автовыборе диапазона затрачивается некоторое дополнительное время, так как прибор должен определить и выбрать диапазон).

### *Аналого-цифровое преобразование (АЦП)*

АЦП принимает предварительно масштабированное постоянное напряжение от цепи преобразования сигнала и преобразует его в цифровые данные для вывода и отображения на передней панели. АЦП определяет некоторые из основных характеристик измерений. К ним относятся разрешение измерений, скорость считывания и возможность подавления паразитного шума. Существует несколько методов аналого-цифрового преобразования, но их можно разделить на два класса: *интегрирующие* и *неинтегрирующие*. Интегрирующие методы измеряют среднее значение на входе за определенный промежуток времени, тем самым подавляя многие источники шумов.

Неинтегрирующие методы производят выборку моментального значения на входе (вместе с шумами) за очень короткий промежуток времени. Во внутреннем ЦММ используется интегрирующий АЦП.

Возможен выбор разрешения и скорости считывания от 6 десятичных разрядов (22 бита) при скорости 3 измерения/с до 4 десятичных разрядов (16 бит) при скорости 600 измерений/с. Меню *Advanced* (Расширенные), доступное с передней панели 34970A/34792A, позволяет управлять длительностью интеграции для точного подавления шумовых сигналов.

### Главный процессор

Главный процессор, расположенный в блоке схем с плавающим напряжением, управляет преобразованием входного сигнала, выбором диапазонов и АЦП. Главный процессор принимает команды из блока схем с опорным уровнем заземления, а также возвращает в этот блок результаты измерений. Главный процессор синхронизирует измерения в ходе операций сканирования и управления. В главном процессоре используется многозадачная операционная система, которая управляет разнообразными системными ресурсами и запросами.

Главный процессор также выполняет калибровку результатов измерений, масштабирование типа  $Mx+B$ , мониторинг состояний уведомлений, преобразует показания датчиков в инженерные единицы измерения, производит измерения с временными метками при сканировании и сохраняет данные в энергонезависимой памяти.

## Сканирование

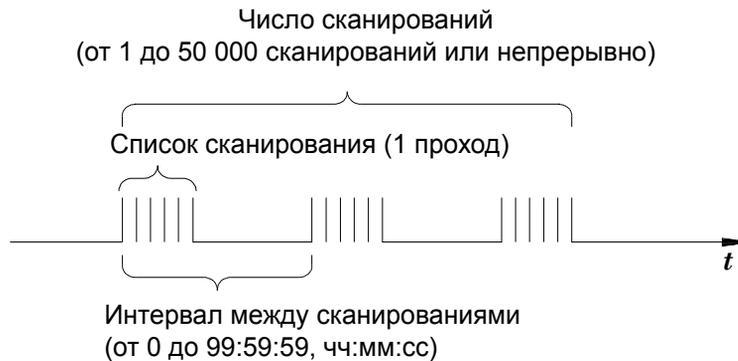
Прибор позволяет объединить ЦММ (встроенный или внешний) с каналами мультиплексора, чтобы организовать *сканирование*. В ходе сканирования прибор подключает ЦММ к настроенным каналам мультиплексора — одному за другим, по порядку — и производит измерения по каждому из каналов.

Перед запуском сканирования необходимо настроить *список сканирования*, который будет включать все требуемые каналы мультиплексора или цифровые каналы. Каналы, которые не включены в список сканирования, в ходе сканирования пропускаются. Прибор автоматически сканирует список каналов в порядке нарастания, от слота 100 до слота 300. Измерения производятся только во время сканирования и только по каналам, которые включены в список сканирования.

В энергонезависимой памяти можно сохранять до 50 000 показаний, полученных в ходе сканирования. Показания сохраняются только во время сканирования, причем ко всем показаниям автоматически добавляется метка времени. При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все показания, сохраненные в памяти во время предыдущего сканирования. Поэтому все показания, хранящиеся в памяти в тот или иной момент, всегда получены при последнем выполнявшемся сканировании.

Можно настроить событие или действие, которое будет вызывать запуск очередного прохода по списку сканирования (*проход* — это одна последовательная обработка всего списка сканирования):

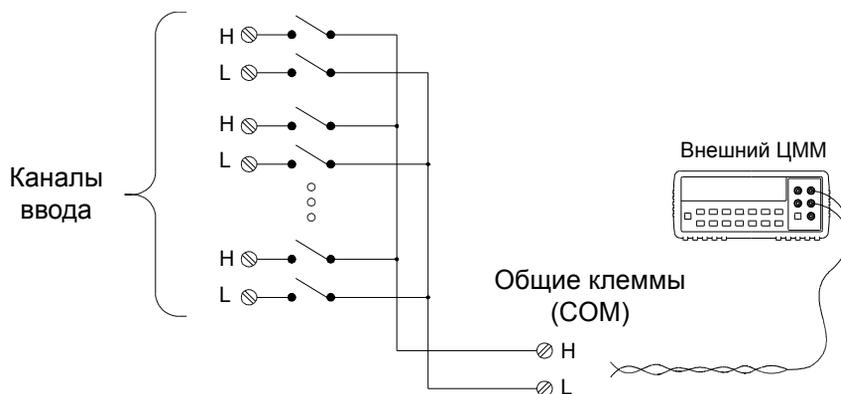
- можно настроить внутренний таймер прибора на автоматическое сканирование с заданной периодичностью, как показано ниже. Также можно запрограммировать время задержки между каналами из списка сканирования.



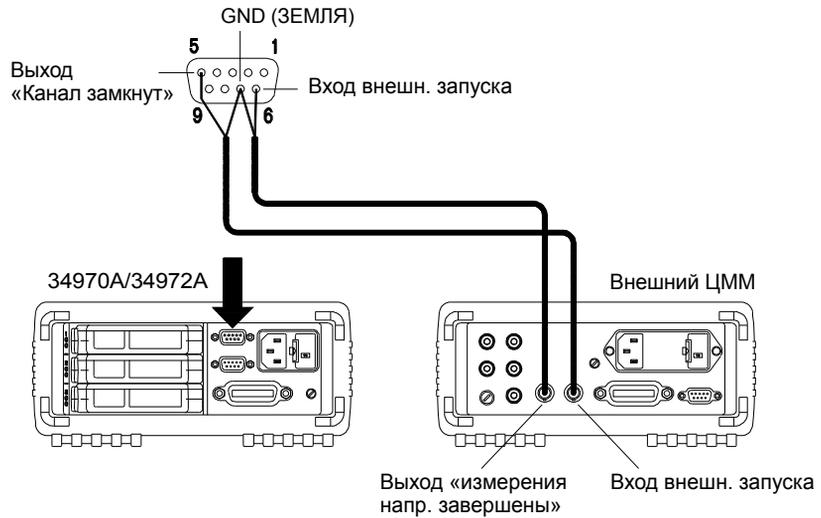
- Сканированием можно управлять вручную, нажимая необходимое число раз кнопку  на передней панели.
- Сканирование можно начать, отправив программную команду по удаленному интерфейсу.
- Можно запускать сканирование при получении внешнего ТТЛ-импульса запуска.
- Сканирование можно также запускать при регистрации состояния уведомления в канале, мониторинг которого выполняется.

## Сканирование внешними приборами

Если для ваших задач не требуются встроенные в 34970A/34792A возможности измерений, прибор можно заказать без внутреннего ЦММ. В такой конфигурации 34970A/34792A используется для маршрутизации сигналов или для задач управления. В случае установки подключаемого модуля мультиплексора модель 34970A/34792A можно использовать для сканирования с использованием внешнего измерительного прибора. Внешний прибор (например, ЦММ) можно подключить к общим клеммам (COM) мультиплексора.



Для управления сканированием, выполняемым с помощью внешнего измерительного прибора, предусмотрено две линии управления. Правильная настройка 34970A/34792A и внешнего измерительного прибора позволяет синхронизировать между ними выполнение последовательности сканирования.



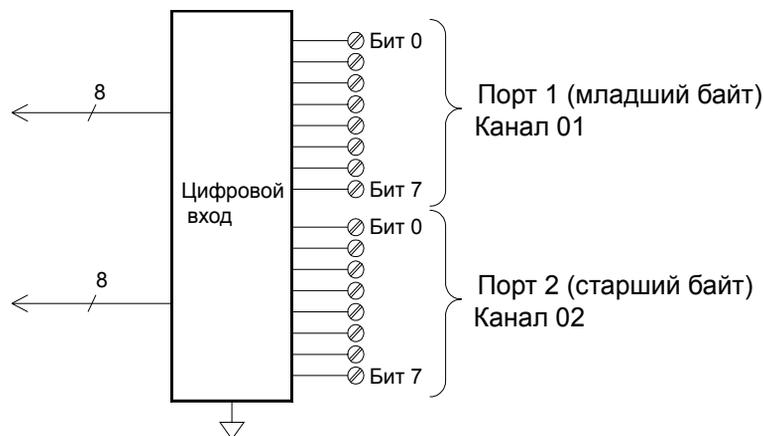
## Многофункциональный модуль

Многофункциональный модуль (34907A) добавляет в систему две дополнительные функции измерительных входов: *цифровой вход* и *сумматор событий*.

Также в многофункциональном модуле содержится двоянный выход напряжения (ЦАП), который описан более подробно на [странице 82](#).

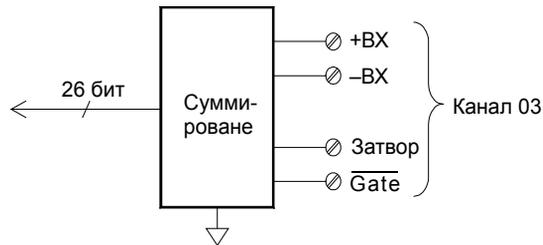
### Цифровой вход

В многофункциональном модуле имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для считывания цифровых последовательностей. Можно либо считывать состояние установки битов в порту, либо настроить сканирование на считывание цифрового значения. Каждый из портов в модуле имеет отдельный номер канала и имеет разрядность 8 бит. Можно объединить два порта для считывания 16-битного слова.



## Сумматор

В многофункциональном модуле имеется 26-битный суммирующий счетчик, который может подсчитывать импульсы, поступающие с частотой 100 кГц. Суммирующий счетчик можно считывать вручную, или же можно настроить считывание счетчика в составе сканирования.



- Счетчик импульсов можно настроить на срабатывание по нарастающему (переднему) или спадающему (заднему) фронту входного сигнала.
- Максимальное значение счетчика составляет 67 108 863 ( $2^{26} - 1$ ). После достижения максимального разрешенного значения счетчик возвращается к нулю (0).
- Можно настроить сумматор так, чтобы считывание значения не меняло счетчик или чтобы обнуляло его.

## Выход управления

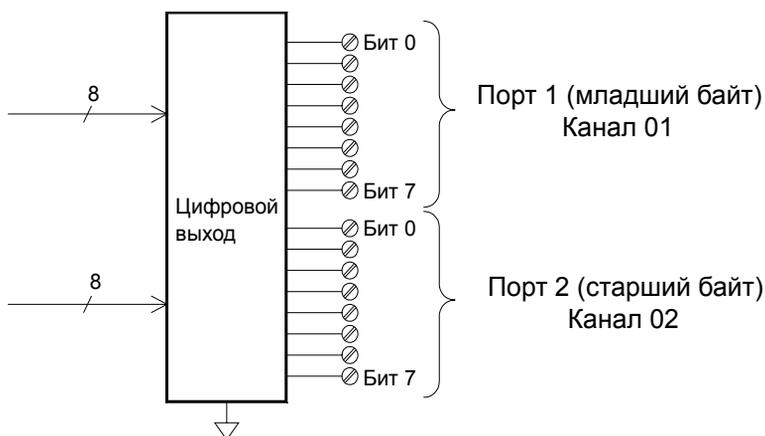
Помимо перенаправления сигналов и собственно измерений, 34970A/34792A можно использовать для реализации простых выходов управления. Например, можно управлять внешними реле высокой мощности с помощью модуля актуатора или канала цифрового вывода.

### Многофункциональный модуль

Многофункциональный модуль (34907A) добавляет в систему две дополнительные функции выходов управления: *цифровой выход* и *выход напряжения (ЦАП)*.

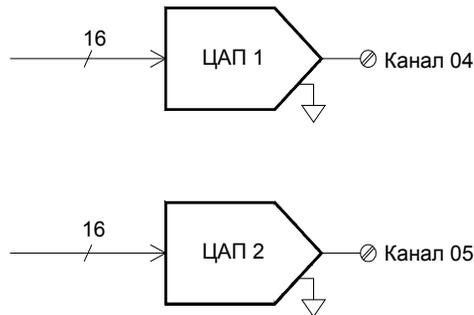
Также в многофункциональном модуле реализованы функции цифрового входа и суммирующего счетчика событий, которые более подробно описываются, начиная со *страницы 94*.

**Цифровой выход** В многофункциональном модуле имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для вывода цифровых последовательностей. Каждый из портов в модуле имеет отдельный номер канала и имеет разрядность 8 бит. Можно объединить два порта для вывода 16-битного слова.



## Выход напряжения (ЦАП)

В многофункциональном модуле имеется два аналоговых выхода, обеспечивающих выдачу калиброванных напряжений в диапазоне  $\pm 12$  вольт с разрешением 16 бит. Каждый канал ЦАП (*цифро-аналогового преобразователя*) может использоваться как программируемый источник напряжения для входов аналогового управления других устройств. Упрощенная схема преобразователя показана ниже.



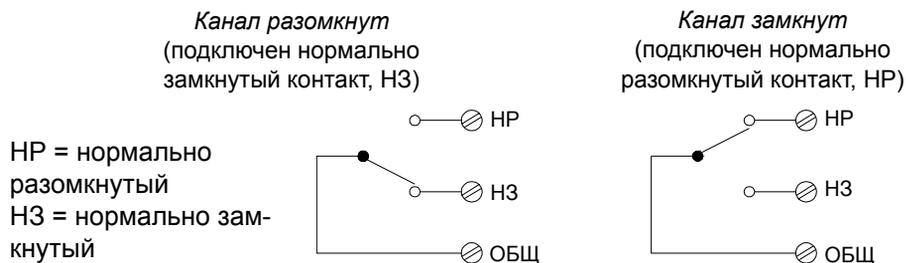
- На выходах можно устанавливать любое значение напряжения между +12 В и -12 В пост. с шагом 1 мВ. Все ЦАП формируют напряжение относительно заземления; *они не могут быть плавающими*.
- Каждый канал ЦАП способен выдавать ток макс. 10 мА.

### ПРИМЕЧАНИЕ

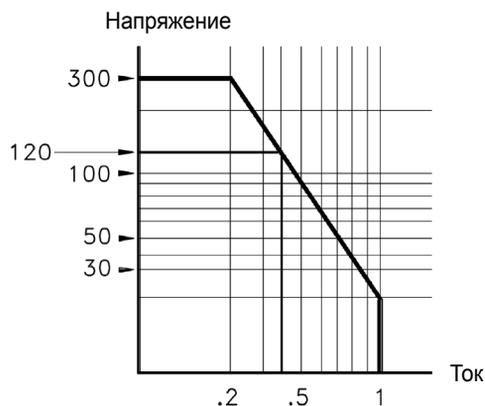
Выходной ток по всем трем слотам (шести каналам ЦАП) необходимо ограничить суммарной величиной в 40 мА.

## Актуатор / коммутатор общего назначения

Модуль актуатора 34903A можно рассматривать, как выход управления, поскольку он часто используется для управления внешними силовыми устройствами. В актуаторе реализовано 20 независимых, гальванически развязанных переключателей *типа С* (SPDT, однополюсных двунаправленных).



Каждый канал может коммутировать напряжения до 300 В пост. или перем. (среднеквадратичные). Каждый переключатель также может коммутировать токи до 1 А пост. или перем. (среднеквадратичные) мощностью до 50 Вт. Например, максимальный допустимый коммутируемый ток при напряжении 120 В равен 0,45 А, как показано ниже.



При использовании для управления актуатор обеспечивает следующие преимущества:

- более высокие напряжение и номинальная мощность, чем у каналов цифровых выходов. Коммутаторы в актуаторе также могут использоваться для управления силовыми устройствами.
- В то же время при использовании устройств высокой мощности крайне важно обеспечить защиту переключателей от емкостных и индуктивных нагрузок, чтобы обеспечить максимальный срок службы реле *(дополнительные сведения об аттенюаторах см. в обсуждении на странице 335)*.

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

## 4 ФУНКЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ

Соглашения языка SCPI	103
Сканирование	104
Сканирование внешними приборами	125
Общие настройки измерений	129
Настройка измерений температуры	136
Настройка измерений напряжения	142
Настройка измерений сопротивления	145
Настройка измерений тока	147
Настройка измерений частоты	149
Масштабирование типа Mx+B	150
Пределы для уведомлений	153
Операции с цифровым входом	165
Операции с сумматором	167
Операции с цифровым выходом	170
Операции с выходом ЦАП	172
Связанные с системой операции	173
Мониторинг одного канала	183
Подсистема запоминающих устройств (USB) — 34972A	186
Работа с USB-накопителем с передней панели – 34972A	192
Настройка удаленного интерфейса – 34970A	194
Настройка удаленного интерфейса – 34972A	198
Обзор процедуры калибровки	201
Состояние заводских настроек	206
Предустановленное состояние прибора	208
Начальные настройки модуля мультиплексора	210
Обзор модулей	212
20-канальный мультиплексор 34901A	213
16-канальный мультиплексор 34902A	216

20-канальный актуатор 34903A	219
Матричный коммутатор 4x8 34904A	221
Сдвоенные 4-канальный ВЧ-мультиплексоры 34905A/6A	223
Многофункциональный модуль 34907A	226
40-канальный однонаправленный мультиплексор 34908A	229

В этой главе можно найти все сведения о тех или иных функциях прибора 34970A/34792A. Она будет полезной как при работе с прибором с передней панели, так и при управлении через удаленный интерфейс.

## Соглашения языка SCPI

В данном руководстве для синтаксиса команд SCPI, применяемых при программировании работы через удаленный интерфейс, используются следующие обозначения.

- Квадратные скобки ( [ ] ) обозначают необязательные ключевые слова или параметры.
- В фигурные скобки ( { } ) заключаются варианты выбора параметра в строке команды.
- Треугольные скобки ( < > ) выделяют параметры, для которых необходимо подставить значение.
- Вертикальная линия ( | ) разделяет варианты выбора одного из нескольких параметров.

## Правила использования списка каналов

Многие из команд SCPI для 34970A/34792A включают параметр *список\_сканирования* или *список\_каналов*, который позволяет указать один или большее число каналов. Номер канала имеет вид (@scc), где s — номер слота (100, 200 или 300), а cc — номер канала. Можно указать один канал, несколько каналов или диапазон каналов, как показано ниже.

- Следующая команда настраивает список сканирования, который включает только канал 10 модуля, установленного в слот 300.  
ROUT:SCAN (@310)
- Следующая команда настраивает список сканирования, содержащий несколько каналов модуля, установленного в слот 200. После ее выполнения список сканирования будет содержать только каналы 10, 12 и 15 (*список сканирования переопределяется заново при каждой отправке новой команды ROUTe:SCAN* ).  
ROUT:SCAN (@210 212 215)
- Следующая команда определяет список сканирования, содержащий диапазон (интервал) каналов. При указании диапазона каналов этот диапазон *может* содержать недействительные каналы (они игнорируются), но первый и последний каналы диапазона должны быть действительными. Список сканирования теперь содержит каналы с 5 по 10 включительно (в слоте 100), а также канал 15 (в слоте 200).  
ROUT:SCAN (@105:110,215)

## Сканирование

Прибор позволяет объединить ЦММ (встроенный или внешний) с каналами мультимплексора, чтобы организовать *сканирование*. В ходе сканирования прибор подключает ЦММ к настроенным каналам мультимплексора — одному за другим, по порядку — и производит измерения по каждому из каналов.

Все каналы, по которым прибор может производить измерения («считывание»), также могут включаться в сканирование. Список таких каналов включает любые сочетания измерений температуры, напряжения, сопротивления, тока и периода в каналах мультимплексора. Сканирование также может включать считывание из цифрового порта или считывание суммирующего счетчика многофункционального модуля. Сканирование поддерживается для следующих модулей:

- 34901A, 20-канальный мультимплексор
- 34902A, 16-канальный мультимплексор
- 34907A, многофункциональный модуль (только для каналов цифрового входа и сумматора)
- 34908A, 40-канальный однонаправленный мультимплексор

Автоматизированное сканирование *не поддерживается* для модулей актуаторов, матричных модулей и модулей ВЧ-мультимплексоров. Кроме того, сканирование не может включать запись в цифровой порт или выход напряжения в канале ЦАП. Однако можно разработать собственную программу, в которой будет вручную реализовано «сканирование», включающее данные операции.

### Правила сканирования

- Перед запуском сканирования необходимо настроить *список сканирования*, который будет включать все требуемые каналы мультимплексора или цифровые каналы. Каналы, которые не включены в список сканирования, в ходе сканирования пропускаются. Прибор автоматически сканирует список каналов в порядке нарастания, от слота 100 до слота 300. Измерения производятся только во время сканирования и только по каналам, которые включены в список сканирования. Индикатор ✕ (Выборка) загорается во время каждого измерения.

- В энергонезависимой памяти можно сохранять до 50 000 показаний, полученных в ходе сканирования. Показания сохраняются только во время сканирования, причем ко всем показаниям автоматически добавляется метка времени. В случае переполнения памяти (загорается индикатор **MEM**) устанавливается соответствующий бит регистра состояния, и новые показания начинают перезаписывать самые старые показания (в памяти всегда хранятся последние показания). Считывать содержимое памяти можно в любое время, даже в ходе сканирования. Память показаний *не* очищается при ее считывании.
- При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все показания (включая данные уведомлений), сохраненные в памяти показаний во время предыдущего сканирования. Поэтому содержимое памяти всегда представляет данные последнего сканирования.
- В ходе сканирования прибор автоматически сохраняет минимальное и максимальное показания, а также рассчитывает среднее значение по каждому из каналов. Считывать эти значения можно в любое время, даже в ходе сканирования.
- Масштабирование типа Mx+B и пределов для уведомлений применяются к измерениям, выполняемым в ходе сканирования, после чего все данные сохраняются в энергонезависимой памяти. Считывать содержимое памяти показаний и очереди уведомлений можно в любое время, даже в ходе сканирования.
- При мониторинге прибор с максимальной возможной скоростью выполняет считывание в одном канале даже во время сканирования (*см. раздел «Мониторинг одного канала» на странице 183*). Эта функция полезна для диагностики и устранения неполадок в системе перед испытанием, а также для ожидания важного сигнала.
- Если прервать выполняемое сканирование, прибор завершит одно уже выполняемое измерение (но не доведет все сканирование до конца), и сканирование остановится. Возобновить сканирование с того места, где оно было прервано, невозможно. Если начать новое сканирование, все показания в памяти будут очищены.
- При добавлении канала мультиплексора в список сканирования весь соответствующий модуль выделяется для сканирования. Прибор выдает сигнал сброса платы, чтобы разомкнуть все каналы в этом модуле. Низкоуровневые операции закрытия и открытия нельзя выполнять над всеми каналами в этом модуле (даже если такие каналы не настроены).

- Во время сканирования можно выполнять некоторые низкоуровневые операции управления модулями, в которых нет каналов из списка сканирования. Например, можно замыкать или размыкать каналы, а также подавать сигнал сброса платы в коммутирующие модули, в которых нет каналов из списка сканирования. В то же время в процессе сканирования нельзя изменять какие-либо параметры, которые влияют на сканирование (например, конфигурацию каналов, интервал сканирования, значения масштабирования, пределы для уведомлений, сброс плат и т. д).
- При добавлении считывания из цифрового порта (многофункционального модуля) в список сканирования этот порт целиком выделяется для сканирования. Прибор выдает сигнал сброса платы, переводя порт в режим порта ввода (другой порт при этом не затрагивается).
- Во время сканирования можно выполнять низкоуровневые операции управления над любыми каналами многофункционального модуля, которые не задействованы в сканировании. Например, можно установить напряжение на выходе ЦАП или произвести запись в цифровой порт (даже если сумматор включен в список сканирования). В то же время в процессе сканирования нельзя изменять какие-либо параметры, которые влияют на сканирование (например, конфигурацию каналов, интервал сканирования, сброс плат и т. д).
- Если сканирование включает считывание сумматора в многофункциональном модуле, то счетчик сбрасывается при каждом считывании в ходе сканирования *лишь при условии*, что режим сброса сумматора включен (командой `TOTAlize:TYPE RRESet` или из меню *Advanced* (Расширенные настройки) сумматора).
- Если установить модуль во время сканирования, прибор отключит и снова включит питание, после чего возобновит сканирование. Если снять модуль во время сканирования, прибор отключит и снова включит питание, но не возобновит сканирование после перезагрузки. В случае регистрации данных на USB-накопитель прибор не будет сохранять на нем данные сканирования, которые произойдут между снятием модуля и завершением перезагрузки прибора.
- Для выполнения измерений по настроенным каналам можно использовать как внутренний, так и внешний ЦММ. Однако прибор поддерживает одновременную работу только с одним списком сканирования; сканировать одни каналы с помощью внутреннего ЦММ, а другие с помощью внешнего невозможно. Показания сохраняются в памяти прибора 34970A/34792A *только* при использовании внутреннего ЦММ.

- Если внутренний ЦММ установлен и включен, то прибор будет автоматически использовать его для сканирования. При сканировании с внешним управлением необходимо либо извлечь внутренний ЦММ из прибора 34970A/34792A, либо отключить его (см. раздел «Отключение внутреннего ЦММ» на странице 159).

## Сбой питания

- При поставке с завода прибор настроен на автоматическое восстановление после восстановления подачи питания состояния, которое предшествовало сбою питания. В этой конфигурации прибор автоматически восстанавливает состояние, на момент отключения питания, и возобновляет сканирование, которое производилось. Если нужно отключить восстановление при возобновлении питания состояния на момент отключения питания, отправьте команду MEMORY:STATE:RECALL:AUTO OFF (см. также служебное меню *Utility*); в этом случае при возобновлении питания будет происходить сброс до заводских настроек (по команде \*RST).
- Если сбой питания прибора произойдет во время прохода по списку сканирования, все показания, собранные во время частичного прохода, будут удалены (*проход* соответствует одному сбору показаний по всем каналам в списке). Например, допустим, что список сканирования включает четыре канала мультиплексора, и необходимо выполнить три прохода по списку сканирования (см. схему). После второго измерения на третьем проходе сканирования происходит сбой питания. Прибор удаляет последние два из 10 измерений и начинает сканирование заново с начала третьего прохода по списку.



- Если извлечь модуль или переместить его в другой слот, пока питание отключено, сканирование *не* возобновится при восстановлении питания. Ошибка при этом не выдается.
- В случае замены модуля на модуль того же типа, пока питание отключено, прибор возобновит сканирование после восстановления питания. Ошибка при этом не выдается.

## Добавление каналов в список сканирования

Прежде чем можно будет запустить сканирование, необходимо настроить каналы, которые будут сканироваться, а также настроить *список сканирования* (при работе с передней панели это делается одновременно). Прибор автоматически сканирует настроенные каналы в порядке нарастания номеров от слота 100 до слота 300 включительно.

### Определение списка сканирования с передней панели

Чтобы добавить активный канал в список сканирования, нажмите кнопку

. Выберите функцию измерений, диапазон, разрешение и другие параметры измерений для текущего канала. Также можно нажимать кнопку  для последовательного перехода по списку сканирования и выполнения измерений в каждом из каналов (эти показания не будут сохраняться в памяти). Таким образом можно легко проверить подключения проводов и конфигурацию каналов (в том числе во время выполняемого сканирования).

- При изменении настройки канала и добавлении его в список сканирования важно учитывать, что предыдущая конфигурация данного канала будет утеряна. Например, допустим, что канал настроен на измерения постоянного напряжения. При изменении настройки этого канала на измерения с помощью термопары установленные ранее диапазон, разрешение и задержка канала возвращаются в значения, задаваемые после сброса до заводских настроек (по команде \*RST).
- Чтобы исключить активный канал из списка каналов, нажмите кнопку  и выберите CHANNEL OFF (ВЫКЛ. КАНАЛ). Если этот канал в дальнейшем потребуется вернуть в список сканирования с той же функцией измерений, то будет восстановлена исходная конфигурация канала (в том числе масштабирование и значения уведомлений).

- Чтобы начать сканирование и сохранять все показания в памяти, нажмите кнопку  (загорится индикатор **SCAN**). При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все ранее сохраненные в памяти показания.
- Чтобы остановить сканирование, нажмите и удерживайте нажатой кнопку .

#### Определение списка сканирования через удаленный интерфейс

- Команды MEASure?, CONFIgure и ROUTe:SCAN содержат параметр список\_сканирования, определяющий перечень каналов в списке сканирования. Учтите, что каждая отправка одной из этих команд переопределяет список сканирования. Чтобы выяснить, какие каналы на текущий момент содержатся в списке сканирования, можно отправить команду запроса ROUTe:SCAN?.
- Чтобы начать сканирование, выполните команду MEASure?, READ? или INITiate. Команды MEASure? и READ? отправляют показания непосредственно в выходной буфер прибора, но эти показания *не сохраняются* в памяти. Команда INITiate сохраняет показания в памяти. Используйте команду FETCh? для выборки сохраненных показаний из памяти. Более подробные сведения об использовании этих команд см. в справочнике программиста Keysight 34970A/34792A.
- При изменении настройки канала и его добавлении в список сканирования с помощью команд MEASure? или CONFIgure важно учитывать, что предыдущая конфигурация этого канала теряется. Например, допустим, что канал настроен на измерения постоянного напряжения. При изменении настройки этого канала на измерения с помощью термопары установленные ранее диапазон, разрешение и задержка канала возвращаются в значения, задаваемые после сброса до заводских настроек (по команде \*RST).
- При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все ранее сохраненные в памяти показания.
- Чтобы остановить сканирование, выполните команду ABORt.

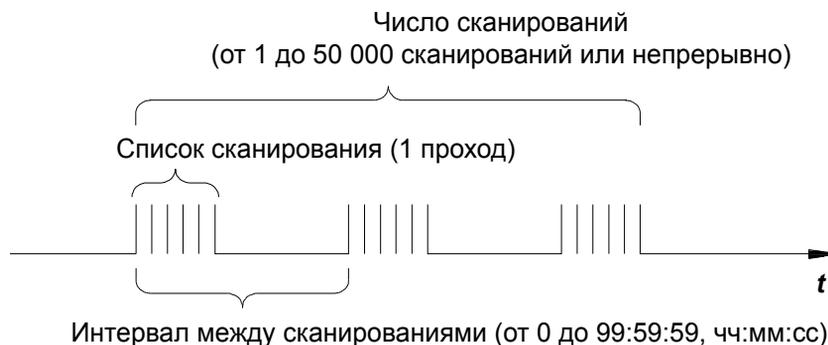
## Интервал сканирования

Можно настроить событие или действие, которое будет вызывать запуск очередного прохода по списку сканирования (*проход* — это одна последовательная отработка всего списка сканирования):

- можно настроить внутренний таймер прибора на автоматическое сканирование с заданной периодичностью. Также можно запрограммировать время задержки между каналами из списка сканирования.
- Сканированием можно управлять вручную, нажимая необходимое число раз кнопку  на передней панели.
- Сканирование можно начать, отправив программную команду по удаленному интерфейсу (команду (MEASure? или INITiate).
- Можно запускать сканирование при получении внешнего ТТЛ-импульса запуска.
- Сканирование можно также запускать при регистрации события уведомления в канале, мониторинг которого выполняется.

## Периодическое сканирование

В этой конфигурации управление частотой проходов сканирования осуществляется посредством выбора промежутка времени между началом прохода и началом следующего прохода (так называемого *интервала между сканированиями*). Обратный отсчет времени до запуска очередного прохода сканирования отображается на дисплее на передней панели. Если интервал сканирования меньше периода времени, необходимого для выполнения измерений во всех каналах в списке сканирования, прибор будет выполнять сканирование непрерывно с максимальной возможной скоростью (в этом случае ошибка не выдается).



- Интервал сканированиями можно настроить равным любому промежутку времени, от 0 секунд до 99:59:59 часов (99 часов 59 минут 59 секунд, или 359 999 секунд) с разрешением 1 мс.
- После запуска сканирования прибор будет продолжать сканирование, пока вы не остановите его или пока не будет выполнено заданное число сканирований. *Дополнительные сведения см. в разделе «Число сканирований» на странице 117.*
- Масштабирование типа Mx+B и пределы для уведомлений применяются к измерениям, выполняемым в ходе сканирования, после чего все данные сохраняются в энергонезависимой памяти.
- Команды MEASure? и CONFigure автоматически устанавливают интервал сканирования на немедленное сканирование (т. е. 0 секунд), а число сканирований задают равным 1 проходу.
- При выполнении сброса до заводских настроек с передней панели (меню Sto/Rcl) выбирается непрерывное сканирование (без ограничения числа сканирований), а интервал сканирования устанавливается равным 10 секундам. При выполнении сброса до заводских настроек через удаленный интерфейс (команда \*RST) режим интервала сканирования устанавливает на немедленное сканирование (0 секунд), а число сканирований задается равным 1 проходу.
- *Управление прибором с передней панели:* чтобы выбрать периодическое сканирование и настроить время интервала сканирования (часы:минуты:секунды), выберите следующий пункт.

 INTERVAL SCAN

Чтобы начать сканирование и сохранять все показания в памяти, нажмите кнопку  (загорится индикатор **SCAN**). Между проходами сканирования на передней панели отображается обратный отсчет времени до начала очередного прохода (00:04 TO SCAN).

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Чтобы остановить сканирование, нажмите и удерживайте нажатой кнопку .

- *Управление по удаленному интерфейсу*: следующий сегмент программы настраивает прибор на выполнение периодического сканирования.

TRIG:SOURCE TIMER    *Выбор настройки таймера интервала*

TRIG:TIMER 5            *Настройка интервала сканирования равным 5 секундам*

TRIG:COUNT 2        *Двукратный проход по списку сканирования*

INIT                      *Запуск сканирования*

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Чтобы остановить сканирование, отправьте команду ABORT.

### Однократное сканирование

В этой конфигурации прибор ожидает либо нажатия кнопки на передней панели, либо поступления команды по удаленному интерфейсу, прежде чем начинать проход по списку сканирования.

- Все показания, измеренные при сканировании, сохраняются в энергонезависимой памяти. Показания аккумулируются в памяти, пока сканирование не будет остановлено (пока не будет выполнено заданное число сканирований или пока вы не прервете сканирование).
- Можно указать количество сканирований, которое определит сколько нажатий кнопки на передней панели или поступивших команд запуска сканирования будет принято прибором, прежде чем сканирование завершится. *Дополнительные сведения см. в разделе «Число сканирований» на странице 117.*

- Масштабирование типа Mx+B и пределы для уведомлений применяются к измерениям, выполняемым в ходе операции однократного сканирования, после чего все данные сохраняются в энергонезависимой памяти.

- *Управление прибором с передней панели:*

 MANUAL SCAN

Чтобы запустить сканирование и сохранить все показания в памяти, нажмите кнопку . Загорится индикатор **ONCE**, напоминающий, что выполняется операция однократного сканирования.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы остановить сканирование, нажмите и удерживайте нажатой кнопку .

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующий сегмент программы настраивает прибор на выполнение операции однократного сканирования.

TRIG:SOURCE BUS	<i>Выбор (однократный) конфигурации шины</i>
TRIG:COUNT 2	<i>Двукратный проход по списку сканирования</i>
INIT	<i>Запуск сканирования</i>

Затем отправляйте команду \*TRG, чтобы начать каждый из проходов сканирования. Также прибор можно запустить через интерфейс GPIB, отправив сообщение группового запуска IEEE-488 (GET). Следующая инструкция показывает, как отправить сообщение GET.

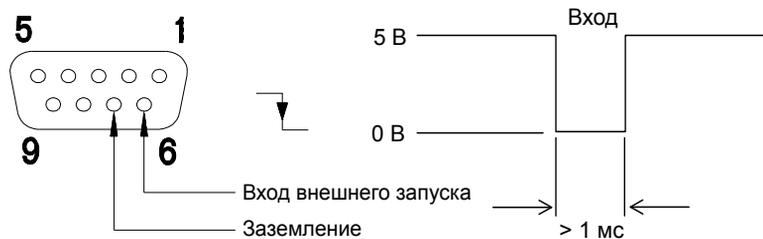
TRIGGER 709	<i>Групповой запуск</i>
-------------	-------------------------

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы остановить сканирование, отправьте команду ABORT.

## Внешнее сканирование

В этой конфигурации прибор проходит по списку сканирования при каждом поступлении низкоуровневого ТТЛ-импульса по линии *входа внешнего запуска* на задней панели (контакт 6).



**Разъем Ext Trig (внешний запуск)**

- Можно указать количество сканирований: оно определит число поступающих на прибор внешних импульсов, которое будет обработано, прежде чем сканирование завершится. *Дополнительные сведения см. в разделе «Число сканирований» на странице 117.*
- Если внешний запуск поступает в прибор раньше, чем тот готов принять его, прибор буферизирует один сигнал запуска, а при поступлении следующего выдаст ошибку.
- Все показания, измеренные при сканировании, сохраняются в энергонезависимой памяти. Показания аккумулируются в памяти, пока сканирование не будет остановлено (пока не будет выполнено заданное число сканирований или пока вы не прервете сканирование).
- Масштабирование типа Mx+V и пределы для уведомлений применяются к измерениям, выполняемым в ходе сканирования, после чего все данные сохраняются в энергонезависимой памяти.
- *Управление прибором с передней панели:*

Interval    EXTERNAL SCAN

Для запуска сканирования нажмите кнопку Scan. Загорится индикатор **EXT**, напоминающий, что активен режим сканирования с внешним запуском. При поступлении ТТЛ-импульса начнется сканирование, и показания будут сохранены в памяти. Чтобы остановить сканирование, нажмите и удерживайте нажатой кнопку Scan.

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующий сегмент программы настраивает прибор на выполнение сканирования с внешним запуском.

TRIG:SOURCE EXT	<i>Выбор конфигурации внешнего запуска</i>
TRIG:COUNT 2	<i>Двукратный проход по списку сканирования</i>
INIT	<i>Запуск сканирования</i>

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Чтобы остановить сканирование, отправьте команду ABORT.

### Сканирование по уведомлению

В этой конфигурации прибор выполняет проход по списку сканирования каждый раз, когда измеренное показание выходит за предел для уведомления в канале. Также можно назначать сигналы уведомлений каналам многофункционального модуля. Например, можно выдавать уведомление при обнаружении определенного набора битов или достижении счетчиком определенного значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Подробные сведения о настройке и использовании уведомлений см. в разделе «Пределы для уведомлений», начиная со *страницы 153*.

- В этой конфигурации сканирования можно применять функцию мониторинга для непрерывного получения показаний в выбранном канале (в ожидании срабатывания уведомления по этому каналу). Канал, мониторинг которого ведется, может входить в список сканирования, но он также может использоваться в многофункциональном модуле (который не обязательно должен входить в список сканирования и для которого не обязательно использовать функцию мониторинга). Например, можно выдавать уведомление в канале сумматора, которое будет запускать сканирование при достижении счетчиком определенного значения.
- Можно указать количество сканирований: оно определит число уведомлений, которое будет обработано, прежде чем сканирования завершатся. *Дополнительные сведения см. в разделе «Число сканирований» на странице 117.*
- Все показания, измеренные при сканировании, сохраняются в энергонезависимой памяти. Показания аккумулируются в памяти, пока сканирование не будет остановлено (пока не будет выполнено заданное число сканирований или пока вы не прервете сканирование).

- Масштабирование типа Mx+B и пределы для уведомлений применяются к измерениям, выполняемым в ходе сканирования, после чего все данные сохраняются в энергонезависимой памяти.
- *Управление прибором с передней панели:*

 SCAN ON ALARM

Чтобы включить функцию мониторинга, выберите требуемый канал, затем нажмите кнопку . Для запуска сканирования нажмите кнопку . Когда произойдет событие уведомления, начнется сканирование, и полученные показания будут сохранены в памяти.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Чтобы остановить сканирование, нажмите и удерживайте нажатой кнопку .

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующий сегмент программы настраивает прибор на выполнение сканирования при появлении уведомления.

TRIG:SOURCE ALARM1	<i>Выбор настройки уведомления</i>
TRIG:COUNT 2	<i>Двукратный проход по списку сканирования</i>
CALC:LIM:UPPER 5, (@103)	<i>Установка верхней границы</i>
CALC:LIM:UPPER:STATE ON, (@103)	<i>Включение верхней границы</i>
OUTPUT:ALARM1:SOURCE (@103)	<i>Вывод уведомления 1</i>
ROUT:MON (@103)	<i>Выбор канала мониторинга</i>
ROUT:MON:STATE ON	<i>Включение мониторинга</i>
INIT	<i>Запуск сканирования</i>

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Чтобы остановить сканирование, отправьте команду ABORT.

## Число сканирований

Можно указать число проходов прибора по списку сканирования. После выполнения заданного числа проходов сканирование останавливается.

- Выберите число сканирований: от 1 до 50 000 проходов сканирования или режим непрерывного сканирования.
- В ходе периодического сканирования (см. [страницу 110](#)) параметр числа сканирований определяет, сколько проходов списка сканирования выполнит прибор, и тем самым задает общую продолжительность сканирования.
- При операции однократного сканирования (см. [страницу 112](#)) параметр числа сканирований определяет сколько нажатий кнопки на передней панели или команд запуска сканирования будет принято прибором, прежде чем сканирование завершится.
- Во время сканирования с внешним запуском (см. [страницу 114](#)) параметр числа сканирований задает количество внешних импульсов запуска, которое будет принято прибором, прежде чем сканирование завершится.
- Во время сканирования по уведомлениям (см. [страницу 115](#)) параметр числа сканирований задает количество уведомлений, обработка которых будет разрешена, прежде чем сканирование завершится.
- В энергонезависимой памяти можно сохранять до 50 000 показаний, полученных в ходе сканирования. Если настроен режим непрерывного сканирования, то в случае переполнения памяти (загорается индикатор **MEM**) устанавливается соответствующий бит регистра состояния и новые показания начинают перезаписывать самые старые показания (в памяти всегда хранятся последние показания).
- Команды MEASure? и CONFigure автоматически устанавливают число сканирований равным 1.
- При выполнении сброса до заводских настроек с передней панели (меню *Sto/Rcl*) параметр числа сканирований устанавливается в режим непрерывного сканирования. При управлении через удаленный интерфейс сброс до заводских настроек (команда \*RST) устанавливает число сканирований равным 1 проходу.
- Управление прибором с передней панели:

 00020 SCANS

Начальное значение — CONTINUOUS (НЕПРЕРЫВНО). Чтобы установить для числа сканирований значение от 1 до 50 000, поверните кнопку-регулятор по часовой стрелке и введите число.

- *Управление по удаленному интерфейсу:*

```
TRIG:COUNT 20
```

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы настроить непрерывное сканирование, отправьте команду TRIG:COUNT INFINITY.

## Формат показаний

В ходе сканирования прибор автоматически добавляет метку времени ко всем показаниям и сохраняет их в энергонезависимой памяти. Каждое показание сохраняется вместе с данными о единицах измерения, меткой времени, номером канала и сведениями о состоянии уведомлений. Из удаленного интерфейса можно указать, какие сведения должны возвращаться вместе с показаниями (при работе с передней панели для просмотра доступны все категории сведений). Формат показаний применяется ко всем показаниям, получаемым из прибора по результатам сканирования; устанавливать разные форматы для отдельных каналов невозможно.

- При работе по удаленному интерфейсу данные метки времени возвращаются либо в виде абсолютного времени (дата и время суток), либо в виде относительного времени (время, прошедшее с момента начала сканирования). Используйте команду FORMat:READ:TIME:TYPE для выбора абсолютного или относительного времени. При работе с передней панелью метка времени всегда указывается в форме абсолютного времени.
- Команды MEASure? и CONFIgure автоматически отключают указание единиц измерения, времени, канала и данных уведомлений.
- Сброс до заводских настроек (команда \*RST) отключает указание единиц измерения, времени, канала и данных уведомлений.
- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующие команды выбирают формат показаний, возвращаемых при сканировании.

```
FORMat:READing:ALARm ON
FORMat:READing:CHANnel ON
FORMat:READing:TIME ON
FORMat:READing:TIME:TYPE {ABSolute|RELative}
FORMat:READing:UNIT ON
```

Ниже приведен пример показаний, сохраненных в памяти со всеми включенными полями (отображается относительное время).

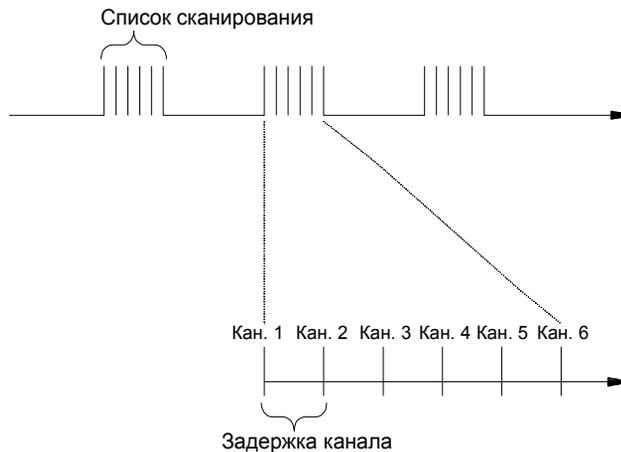
2.61950000E+01 C, 00000000.017, 101, 2

①
②
③
④

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>1</b> Показание с единицами измерения (26,195 °C)</p> <p><b>2</b> Номер канала</p> | <p><b>3</b> Время с момента начала сканирования (17 мс)</p> <p><b>4</b> Выход за предел уведомления (0 = нет уведомления, 1 = LO, 2 = HI)</p> |
|--|---|

### Задержка канала

Можно управлять скоростью сканирования, добавив задержку между каналами мультиплексора в списке сканирования (это может быть полезно для схем с высоким импедансом или высокой емкостью). Задержка добавляется между моментом замыкания реле и фактическим выполнением измерений в канале. Запрограммированная задержка канала переопределяет начальную задержку канала, которую прибор автоматически добавляет для каждого канала.



- Для задержки канала можно задать любое значение от 0 до 60 секунд с разрешением 1 мс. Для каждого канала можно выбрать собственное значение задержки. Начальная задержка канала определяется

автоматически; прибор выбирает задержку, исходя из функции измерений, диапазона, времени интеграции и настройки фильтра переменного тока (см. раздел «Автоматические задержки каналов» на странице 120).

- Команды MEASure? и CONFigure задают автоматическую задержку канала. Сброс до заводских настроек (команда \*RST) также устанавливает автоматическую задержку канала.

- *Управление прибором с передней панели:*

 CH DELAY TIME

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующая команда добавляет 2-секундную задержку канала для канала 101.

ROUT:CHAN:DELAY 2, (@101)

## Автоматические задержки каналов

Если не указать задержку канала, прибор выбирает задержку автоматически. Задержка определяется в зависимости от функции, диапазона, времени интеграции и настройки фильтра переменного тока, как показано ниже.

**Таблица 4-1    Постоянное напряжение, термopара, постоянный ток (для всех диапазонов)**

Время интеграции	Задержка канала
ПСП >1	2,0 мс
ПСП м1	1,0 мс

**Таблица 4-2    Сопротивление, РДТ, термистор (2 и 4 провода)**

Диапазон	Задержка канала (Для ПСП > 1)	Диапазон	Задержка канала (Для ПСП ≤ 1)
100 Ом	2,0 мс	100 Ом	1,0 мс
1 кОм	2,0 мс	1 кОм	1,0 мс
10 кОм	2,0 мс	10 кОм	1,0 мс
100 кОм	25 мс	100 кОм	20 мс
1 МОм	30 мс	1 МОм	25 мс
10 МОм	200 мс	10 МОм	200 мс
100 МОм	200 мс	100 МОм	200 мс

**Таблица 4-3 Переменное напряжение, переменный ток (для всех диапазонов)**

Фильтр пер. тока	Задержка канала
Медленный (3 Гц)	7,0 с
Средний (20 Гц)	1,0 с
Быстрый (200 Гц)	120 мс

**Таблица 4-4 Частота, период**

Фильтр пер. тока	Задержка канала
Медленный (3 Гц)	0,6 с
Средний (20 Гц)	0,3 с
Быстрый (200 Гц)	0,1 с

**Таблица 4-5 Цифровой вход, сумматор**

Задержка канала
0 с

- *Управление прибором с передней панели:*

 CH DELAY AUTO

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующая команда добавляет автоматическую задержку канала для канала 01.

ROUT:CHAN:DELAY:AUTO ON, (@101)

При выборе определенного значения задержки канала с помощью команды ROUTe:CHANne1:DELaY автоматическая задержка канала отключается.

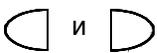
## Просмотр сохраненных в памяти показаний

В ходе сканирования прибор автоматически добавляет метку времени ко всем показаниям и сохраняет их в энергонезависимой памяти. Показания сохраняются только при сканировании. Считывать содержимое памяти можно в любое время, даже в ходе сканирования.

- В энергонезависимой памяти можно сохранять до 50 000 показаний, полученных в ходе сканирования. При работе с передней панелью можно просматривать последние 100 показаний; все данные показаний доступны по удаленному интерфейсу. В случае переполнения памяти (загорается индикатор **MEM**) устанавливается соответствующий бит регистра состояния, и новые показания начинают перезаписывать самые старые показания (в памяти всегда хранятся последние показания).
- При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все показания (включая данные уведомлений), сохраненные в памяти показаний во время предыдущего сканирования. Поэтому содержимое памяти всегда представляет данные последнего сканирования.
- Прибор очищает все показания в памяти при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) или в предустановленное состояние прибора (команда SYSTem:PRESet). Память показаний *не* очищается при ее считывании.
- В ходе сканирования прибор автоматически сохраняет минимальное и максимальное показания, а также рассчитывает среднее значение по каждому из каналов. Считывать эти значения можно в любое время, даже в ходе сканирования.
- Каждое показание сохраняется вместе с данными о единицах измерения, меткой времени, номером канала и сведениями о состоянии уведомлений. Из удаленного интерфейса можно указать, какие сведения должны возвращаться вместе с показаниями (при работе с передней панели для просмотра доступны все категории сведений). Дополнительные сведения *см. в разделе «Формат показаний» на странице 118*.
- Показания, измеренные в ходе мониторинга, *не сохраняются* в памяти (однако все показания, полученные в ходе выполнявшегося в то же время сканирования, в памяти сохраняются).
- Команды MEASure? и READ? отправляют показания непосредственно в выходной буфер прибора, но эти показания *не сохраняются* в памяти. Просмотреть эти показания невозможно.

- Команда `INITiate` сохраняет показания в памяти. Используйте команду `FETCH?` (ПОЛУЧИТЬ) для выборки сохраненных показаний из памяти (при считывании эти показания не стираются).
- *Управление прибором с передней панели:* при работе с передней панели доступны данные последних 100 показаний в каждом из каналов, полученных в ходе сканирования (все данные доступны по удаленному интерфейсу). После выбора требуемого канала вращением кнопки-регулятора нажмите кнопки  и , чтобы выбрать, какие данные должны отображаться для выбранного канала, как показано ниже (индикаторы **LAST**, **MIN**, **MAX** и **AVG** загораются, сообщая, какие данные вы просматриваете). Память показаний *не* очищается при ее считывании. Учтите, что просматривать показания с передней панели можно даже при работе прибора в режиме удаленного управления.

 READINGS

	
Выбор канала	Последние показания в канале Время последнего измерения Минимальное показание в канале Время минимального показания Максимальное показание в канале Время максимального показания Среднее значение показаний в канале Предпоследнее показание в канале Третье от конца показание в канале   99-е от конца показание в канале

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующая команда извлекает сохраненные показания из памяти (показания не стираются).  
`FETCH?`

Используйте следующие команды для запроса статистики для показаний, сохраненных в памяти для определенного канала. Эти команды не удаляют данные из памяти.

CALC: AVER: MIN? (@305)	<i>Минимальное показание в канале</i>
CALC: AVER: MIN: TIME? (@305)	<i>Время регистрации минимума</i>
CALC: AVER: MAX? (@305)	<i>Максимальное показание в канале</i>
CALC: AVER: MAX: TIME? (@305)	<i>Время регистрации максимума</i>
CALC: AVER: AVER? (@305)	<i>Среднее значение всех показаний в канале</i>
CALC: AVER: COUNT? (@305)	<i>Число показаний, измеренных в канале</i>
CALC: AVER: PTPEAK? (@305)	<i>Размах (от максимума до минимума)</i>

Следующая команда извлекает последнее показание, измеренное в канале 301 в ходе сканирования.

DATA: LAST? (@301)

Следующая команда очищает содержание памяти статистических показателей для выбранного канала.

CALC: AVER: CLEAR (@305)

Используйте следующую команду, чтобы определить общее число сохраненных в памяти показаний (по всем каналам), полученных в ходе последнего сканирования.

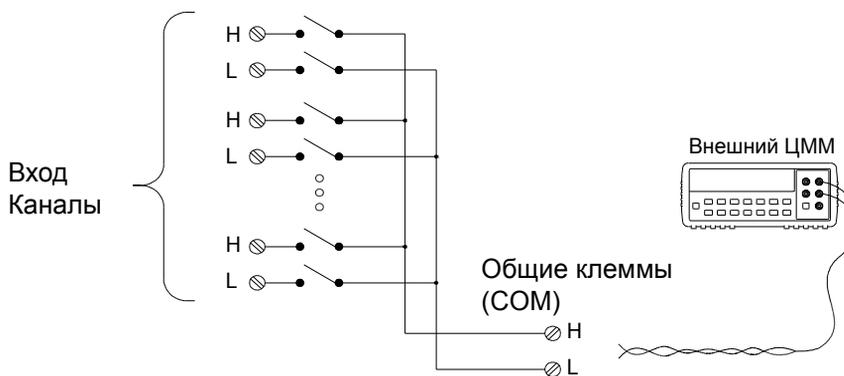
DATA: POINTS?

Следующая команда считывает указанное число показаний из памяти и удаляет их. Таким образом можно продолжать сканирование, не теряя сохраненные в памяти данные (а в случае заполнения памяти новые поступающие данные будут записываться поверх самых старых из сохраненных показаний).. Указанное число показаний, начиная со самых старых показаний, удаляется из памяти.

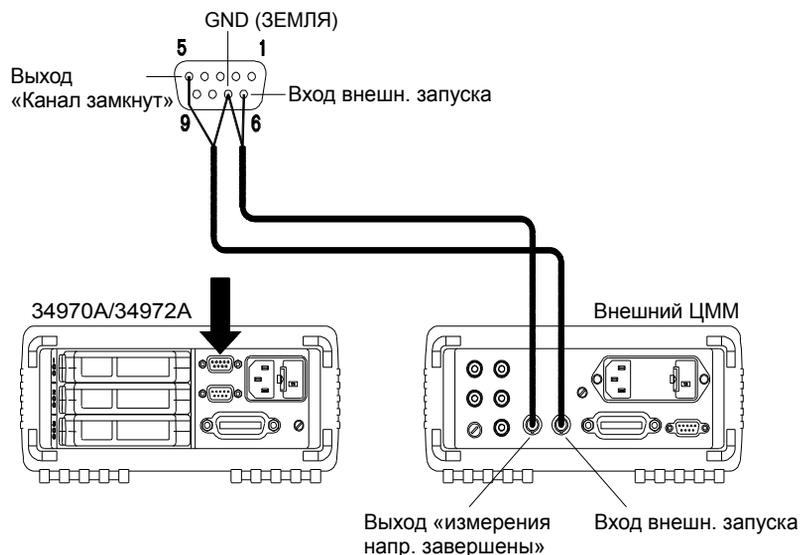
DATA: REMOVE? 12

## Сканирование внешними приборами

Если для ваших задач не требуются встроенные в 34970A/34792A возможности измерений, прибор можно заказать без внутреннего ЦММ. В такой конфигурации 34970A/34792A используется для маршрутизации сигналов или для задач управления. В случае установки подключаемого модуля мультиплексора модель 34970A/34792A можно использовать для сканирования с использованием внешнего измерительного прибора. Внешний прибор (например, ЦММ) можно подключить к общим клеммам (COM) мультиплексора.



Для управления сканированием, выполняемым с помощью внешнего измерительного прибора, предусмотрено две линии управления. Правильная настройка 34970A/34792A и внешнего измерительного прибора позволяет синхронизировать между ними выполнение последовательности сканирования.



В этой конфигурации необходимо настроить *список сканирования*, который будет включать все требуемые каналы мультиплексора или цифровые каналы. Каналы, которые не включены в список, в ходе сканирования пропускаются. Прибор автоматически сканирует список каналов в порядке нарастания, от слота 100 до слота 300.

При сканировании с внешним управлением необходимо либо извлечь внутренний ЦММ из прибора 34970A/34792A, либо отключить его (*см. раздел «Отключение внутреннего ЦММ» на странице 179*). Поскольку внутренний ЦММ не используется, показания каналов мультиплексора *не сохраняются* во внутренней памяти показаний.

Для синхронизации выполнения последовательности сканирования между прибором 34970A/34792A и внешним прибором необходимы внешние подключения. 34970A/34792A должен сообщать внешнему прибору о момента замыкания и стабилизации состояния реле (с учетом задержки канала).

Прибор 34970A/34792A выдает импульс *Канал замкнут* по контакту 5 разъема на задней панели (*см. предыдущую страницу*). В свою очередь внешний прибор должен сообщить прибору 34970A/34792A, что он завершил измерения и готов к обработке следующего канала из списка сканирования. Прибор 34970A/34792A принимает сигнал *Следующий канал* по входной линии *внешнего запуска* (контакт 6).

- Можно настроить событие или действие, которое будет вызывать запуск очередного прохода по списку сканирования (*проход* — это одна отработка всего списка сканирования). При снятом (или отключенном) внутреннем ЦММ в качестве источника интервала сканирования изначально устанавливается «таймер». *Дополнительные сведения см. в разделе «Интервал сканирования» на странице 110.*
- Можно настроить событие или действие, которое будет указывать прибору 34970A/34792A о необходимости перейти к следующему каналу в списке сканирования. Учтите, что источник сигнала *Следующий канал* может выбираться из того же набора вариантов, что и источник интервалов сканирования. Однако в случае попытки выбрать источник сигнала «следующий канал», совпадающий с источником сигнала интервалов сканирования, выдается ошибка.
- Можно указать число проходов прибора по списку сканирования. После выполнения заданного числа проходов сканирование останавливается. *Дополнительные сведения см. в разделе «Число сканирований» на странице 117.*
- Сканирование с внешним управлением также может включать считывание из цифрового порта или считывание суммирующего счетчика многофункционального модуля. Когда при переключении каналов прибор переходит к первому цифровому каналу, он производит сканирование всех цифровых каналов в этом слоте и сохраняет показания в памяти показаний (требуется только один сигнал «следующий канал»).
- Можно настроить список каналов для 4-проводного внешнего сканирования без использования внутреннего ЦММ. При включении этого режима прибор автоматически спаривает канал  $n$  и канал  $n+10$  (34901A) или  $n+8$  (34902A) для реализации подключений источника и измерений.
- *Управление прибором с передней панели:* для выбора источника сигнала «следующий канал» выберите один из следующих вариантов.



AUTO ADVANCE, EXT ADVANCE

Чтобы начать сканирование, нажмите кнопку  (загорится индикатор **SCAN**).

Чтобы настроить прибор на выполнение 4-проводного внешнего сканирования, выберите следующий вариант.

 4W SCAN

- *Управление по удаленному интерфейсу*: следующий сегмент программы настраивает прибор на выполнение сканирования с внешним управлением.

TRIG:SOUR TIMER	<i>Выбор интервала сканирования</i>
ROUT:CHAN:ADV:SOUR EXT	<i>Выбор источника сигнала «следующий канал»</i>
TRIG:TIMER 5	<i>Настройка интервала сканирования равным 5 секундам</i>
TRIG:COUNT 2	<i>Двукратный проход по списку сканирования</i>
INIT	<i>Запуск сканирования</i>

Чтобы настроить прибор на выполнение 4-проводного внешнего сканирования, подайте следующую команду.

```
ROUTE:CHANne1:FWIRe {OFF|ON}[,(@<список_каналов>)]
```

## Общие настройки измерений

Общие сведения из этого раздела помогут вам настроить измерительный прибор для выполнения измерений при сканировании. Поскольку описываемые параметры используются во многих функциях измерений, их описание сведено в один общий раздел. Более подробные сведения о параметрах, который относится к отдельным функциям измерений, см. в дальнейших разделах этой главы.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Важно выбрать функцию измерений (тип измеряемой величины), прежде чем выбирать другие параметры для определенного канала. При изменении функции измерений для канала все прочие параметры (диапазон, разрешение и т. д.) сбрасываются в начальные значения.

## Диапазон измерений

Можно позволить прибору автоматически выбирать диапазон измерений (*автоматический выбор диапазона*) или же выбрать фиксированный диапазон (*ручной выбор диапазона*). Автоматический выбор диапазона удобен тем, что прибор выбирает подходящий диапазон для каждого измерения в соответствии с входным сигналом. Чтобы обеспечить максимальную скорость операций сканирования, используйте для каждого из измерений выбранные вручную диапазоны (при автоматическом выборе диапазона затрачивается некоторое дополнительное время, так как прибор должен определить и выбрать диапазон).

- Пороговые уровни для автоматического выбора диапазона:
  - Более низкий диапазон при уровне сигнала < 10 % от диапазона
  - Более высокий диапазон при уровне сигнала > 120 % от диапазона
- Если входной сигнал слишком велик для измерений в выбранном диапазоне, прибор выдает *индикацию перегрузки*: «±OVL» на передней панели или возвращает значение «±9.90000000E+37» при работе через удаленный интерфейс.
- Полный список диапазонов измерений, доступных для каждой из функций, см. в *Главе 8 («Технические характеристики»)*.
- При измерениях температуры прибор самостоятельно выбирает диапазон; выбрать диапазон невозможно. При измерениях с помощью терморезистора прибор самостоятельно выбирает диапазон 100 мВ. При измерениях с помощью термисторов или РДТ прибор включает автоматический выбор диапазона, выбирая подходящий диапазон для измерений сопротивления преобразователя.

- При измерениях частоты и периода параметр «диапазон» используется для расчета определенного разрешения измерений (*подробные сведения см. в Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*). При указании разрешения (отличного от заданного изначально) в команде MEASure? или CONFigure должны указываться оба параметра: и диапазон, и разрешение. *Дополнительную информацию см. в Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.
- Команды MEASure? и CONFigure включают необязательный параметр «диапазон», который позволяет указать диапазон или включить автовыбор диапазона.
- Прибор возвращается в режим автовыбора диапазона после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* настройку диапазона.
- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию измерения для активного канала. Произойдет автоматический переход на следующий уровень меню, где можно выбрать конкретный диапазон или автовыбор диапазона.

 100 mV RANGE

- *Управление по удаленному интерфейсу:* диапазон можно выбирать с помощью параметров в командах MEASure? и CONFigure. Например, следующая инструкция выбирает диапазон 10 В пост. для канала 301.  
CONF:VOLT:DC 10,DEF, (@301)



- Заданная разрешенная используется для всех измерений в выбранном канале. Если для выбранного канала включено масштабирование типа  $Mx+B$ , или ему назначены сигналы уведомления, то соответствующие измерения тоже проводятся с заданным разрешением. Измерения, проводимые во время работы функции мониторинга, также выполняются с заданным разрешением.
- Изменение числа разрядов не только меняет разрешение прибора. Оно также меняет *время интеграции*, то есть длительность периода, в течение которого аналого-цифровой преобразователь (АЦП) прибора производит выборку входного сигнала для измерений. Дополнительные сведения см. в разделе *«Настраиваемое время интеграции АЦП»*, на странице 133.
- Команды MEASure? и CONFigure содержат необязательный параметр разрешения, который позволяет задавать разрешение.
- Прибор возвращается к разрешающей способности  $5\frac{1}{2}$  разрядов после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* настройку разрешения.
- *Управление прибором с передней панели*: сначала выберите функцию измерений для активного канала. Произойдет автоматический переход на следующий уровень меню, где можно выбрать число разрядов. *Начальное значение —  $5\frac{1}{2}$  разряда.*

 6 1/2 DIGITS

Для измерений температуры перейдите в меню и выберите число разрядов, которое должно отображаться после десятичной точки для выбранного канала.

 DISPLAY 1 °C

- *Управление по удаленному интерфейсу*: указывайте разрешение в тех же единицах измерения, в которых определяется функция измерений, а не в виде числа разрядов. Например, при работе с функцией измерения постоянного напряжения в вольтах указывайте разрешение в вольтах. Для измерений частоты указывайте разрешение в герцах. Разрешение можно выбирать с помощью параметров в командах MEASure? и CONFigure. Например, следующая инструкция выбирает диапазон 10 В пост. с разрешением  $4\frac{1}{2}$  разряда для канала 301.  
CONF:VOLT:DC 10,0.001,(@301)

Следующая инструкция выбирает диапазон 1 А с разрешением  $6 \frac{1}{2}$  разряда для канала 221.

```
MEAS:CURRE:AC? 1,1E-6, (@221)
```

- Также разрешение можно выбирать с помощью команд `SENSe`. Например, следующая инструкция задает 4-проводное измерение сопротивления с разрешением  $100\Omega$  для канала 103.

```
SENS:FRES:RES 100, (@103)
```

## Настраиваемое время интеграции АЦП

Время интеграции — это период времени, в течение которого аналого-цифровой преобразователь (АЦП) прибора производит выборку входного сигнала для измерений. Время интеграции влияет на разрешение измерений (для более высокого разрешения устанавливайте более длительное время измерений) и на скорость измерений (для быстрых измерений используйте более короткое время интеграции).

- Время интеграции указывается в форме числа периодов сети питания (ПСП). Доступны следующие варианты: 0,02, 0,2, 1, 2, 10, 20, 100 и 200 периодов сети питания (ПСП).  
*Начальное значение — 1 ПСП.*
- Только целочисленные значения числа периодов сети питания (1, 2, 10, 20, 100 или 200 ПСП) обеспечивают подавление синфазного сигнала (частотного шума).
- Также можно указать время интеграции непосредственно в секундах (оно называется *интервалом выборки*). Выберите значение от 400 мкс до 4 с и разрешение 10 мкс.
- Управлять скоростью измерений показаний для измерений переменного тока можно только посредством изменения задержки канала (см. [страницу 119](#)) или путем настройки фильтра переменного тока на самую высокую границу частоты (см. [страницу 143](#)).
- Заданное время интеграции используется для всех измерений в выбранном канале. Если для выбранного канала включено масштабирование типа  $Mx+V$ , или ему назначены сигналы уведомления, то соответствующие измерения тоже проводятся с заданным временем интеграции. Измерения, проводимые во время работы функции мониторинга, также выполняются с заданным временем интеграции.

- В следующей таблице показана взаимосвязь между временем интеграции, разрешением измерений, числом (десятичных) разрядов и числом битов.

Время интеграции	Разрешение	Число разрядов	Число битов
0,02 ПСП	<0,0001 x <Диапазон>	4½ разряда	15
0,2 ПСП	<0,00001 x <Диапазон>	5½ разряда	18
1 ПСП	<0,000003 x <Диапазон>	5½ разряда	20
2 ПСП	<0,0000022 x <Диапазон>	6½ разряда	21
10 ПСП	<0,000001 x <Диапазон>	6½ разряда	24
20 ПСП	<0,0000008 x <Диапазон>	6½ разряда	25
100 ПСП	<0,0000003 x <Диапазон>	6½ разряда	26
200 ПСП	<0,00000022 x <Диапазон>	6½ разряда	26

- Прибор устанавливает время интеграции 1 ПСП после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* настройку времени интеграции.
- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию измерений для активного канала. Затем перейдите в меню *Advanced* (Расширенные) и выберите один из вариантов PLC (ПСП) для активного канала.

 INTEG 2 PLC

Чтобы выбрать интервал выборки, выберите пункт INTEGRATE T (ВРЕМЯ ИНТЕГРАЦИИ) в меню *Advanced* (Расширенные), затем укажите значение в секундах для активного канала.

 INTEGRATE T

- *Управление по удаленному интерфейсу:* также время интеграции можно установить с помощью команд SENSE. Например, следующая инструкция задает время интеграции 10 ПСП для измерений постоянного напряжения в канале 301.

SENS:VOLT:DC:NPLC 10, (@301)

Также с помощью команд SENSE можно устанавливать интервал выборки. Например, следующая инструкция задает интервал выборки 2 мс для измерений сопротивления в канале 104.

SENS:RES:APER 0.002, (@104)

## Автоматическая установка нуля

Когда автоматическая установка нуля *включена* (изначально), прибор после каждого измерения отсоединяет внутренние цепи входного сигнала и производит *нулевое измерение*. Затем он вычитает показание нулевого измерения из полученного ранее показания. Таким образом, смещения напряжения, присутствующие на схемах входов прибора, не влияют на точность измерений.

Когда автоматическая установка нуля *отключена*, прибор выполняет лишь одно нулевое измерение, а затем вычитает полученное значение из всех последующих измерений. В этом случае новое нулевое измерение производится при каждом изменении функции измерений (типа измеряемой величины), диапазона или времени интеграции.

- Эта настройка применяется только к измерениям температуры, постоянного напряжения, 2-проводным измерениям сопротивления и измерениям постоянного тока. При выборе 4-проводных измерений сопротивления автоматическая установка нуля всегда включается.
- Режим автоматической установки нуля устанавливается косвенно при выборе разрешения и времени интеграции. Автоматическая установка нуля автоматически выключается при выборе времени интеграции, меньшего 1 периода сети питания (ПСП).
- Автоматической установкой нуля можно управлять только при работе по удаленному интерфейсу; непосредственно настраивать автоматическую установку нуля с передней панели невозможно.
- Настройка автоматической установки нуля сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса прибора в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- *Управление по удаленному интерфейсу*: параметры OFF (ВЫКЛ) и ONCE (ОДНОКРАТНО) действуют подобным образом. Выбор для автоматической установки нуля значения OFF (ВЫКЛ) *не инициализирует* нового измерения нуля. Выбор значения ONCE (ОДНОКРАТНО) немедленно запускает измерения нуля.

```
ZERO:AUTO {OFF|ONCE|ON}[,(@<список_каналов>)]
```

## Настройка измерений температуры

Сведения этого раздела помогут вам настроить прибор для выполнения измерений температуры. Дополнительные сведения о типах преобразователей температуры *см. в разделе «Измерения температуры», начиная со страницы 287.*

Прибор поддерживает измерения с непосредственным подключением термопар, РДТ и термисторов. Прибор поддерживает преобразователи следующих типов в каждой из категорий:

Поддерживаемые термопары	Поддерживаемые РДТ	Поддерживаемые термисторы
B, E, J, K, N, R, S, T	$R_0$ = от 49 Ом до 2,1 кОмΩ $\alpha$ = 0,00385 (DIN/IEC 751) $\alpha$ = 0,00391	2,2 кОм, 5 кОм, 10 кОм, серия 44000

### Единицы измерения

- Прибор может сообщать результаты измерений температуры в градусах Цельсия (°C), Фаренгейта (°F) или Кельвина (K). Можно использовать разные единицы измерения температуры на разных каналах одного прибора, в том числе в пределах одного модуля.
- Прибор выбирает градусы Цельсия после изменения типа датчика, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* настройку единиц измерения.
- Настройка метки «°C», «°F» или «K» для измерений с масштабированием Mx+B *не влияет* на фактически выбранные в текущий момент единицы измерения температуры.
- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию измерения температуры для активного канала. Затем выберите единицы измерения температуры.

 UNITS °F

- *Управление по удаленному интерфейсу:*  
UNIT:TEMP F, (@103)

## Измерения с помощью термопары

Чтобы подключить термопару к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).

- Прибор поддерживает термопары следующих типов: В, Е, J, К, N, R, S и Т с использованием алгоритмов преобразования ITS-90.  
*Начальный тип — термопара типа J.*
- Для измерений с помощью термопары необходимо учитывать температуру эталонного спая. Для получения температуры эталонного спая можно использовать внутренние средства измерений модуля, измерения внешнего термистора или РДТ, или же ввести известную фиксированную температуру спая.
- При выборе внешнего эталона прибор автоматически резервирует в качестве эталонного канала (для измерений с помощью термистора или резистивного датчика температуры) канал 01 в мультиплексоре, установленном в слот с *наименьшим номером*. Если установлено более одного мультиплексора, то канал 01 модуля в слоте с наименьшим номером используется как эталонный для всех измерений на приборе.
- Прежде чем настраивать канал термопары с внешним эталоном, необходимо настроить эталонный канал (канал 01) для измерений с помощью термистора или РДТ. При попытке выбора внешнего источника эталона до настройки эталонного канала выдается ошибка. Ошибка также возникает, если изменить функцию эталонного канала после выбора внешнего эталона для канала термопары.
- В случае выбора фиксированной эталонной температуры укажите значение между  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (эта температура всегда указывается в градусах Цельсия,  $^{\circ}\text{C}$ , вне зависимости от выбранных в настоящий момент единиц измерения).
- Точность измерений очень сильно зависит от соединений термопары и от типа эталонного спая. Для измерений с максимальной точностью применяйте эталон с фиксированной температурой. Использование в качестве эталона внутреннего изотермального блока обеспечивает наименьшую точность измерений. Дополнительные сведения об измерениях температуры эталонного спая и связанных с ними погрешностях см. на [странице 287](#) и [странице 296](#).
- Функция *проверки термопары* позволяет убедиться, что термопары надлежащим образом подключены к винтовым клеммам для проведения измерений. Если включить эту функцию, прибор будет измерять

сопротивление в канале после каждого измерения с помощью термопары, чтобы подтвердить правильность подключения. В случае обнаружения разрыва цепи (сопротивление выше 5 кОм в диапазоне 10 кОм) прибор сообщает о состоянии перегрузки по этому каналу (или отображает сообщение OPEN T/C (ОБРЫВ ТЕРМОПАРЫ) на передней панели).

- *Управление прибором с передней панели:* чтобы выбрать функцию измерений с помощью термопары по активному каналу, выберите следующие пункты.

 TEMPERATURE , THERMOCOUPLE

Чтобы выбрать тип термопары для активного канала, выберите следующие пункты.

 J TYPE T/C

Чтобы включить функцию проверки термопары для активного канала (при обрывах выводится сообщение «OPEN T/C»), выберите следующий пункт.

 T/C CHECK ON

Чтобы выбрать источник эталонного спая для активного канала, выберите один из следующих пунктов.

 INTERNAL REF , EXTERNAL REF , FIXED REF

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Перед выбором внешнего источника (EXTERNAL REF) обязательно настройте канал 01 модуля в слоте с наименьшим номером для измерений с помощью термистора или РДТ.

- *Управление по удаленному интерфейсу:* с помощью команд MEASure? или CONFIgure можно выбирать тип датчика и конкретный тип используемой термопары. Например, следующая инструкция настраивает канал 301 на выполнение измерений с помощью термопары типа J.

CONF:TEMP TC,J,(@301)

Также для выбора типа датчика и типа термопары можно использовать команду SENSE. Например, следующая инструкция настраивает канал 203 на выполнение измерений с помощью термопары типа J.

SENS:TEMP:TRAN:TC:TYPE J,(@203)

В следующих инструкциях команда SENSE применяется для установки фиксированной температуры эталонного спая, равной 40 градусам (она всегда указывается в °C) для канала 203.

```
SENS:TEMP:TRAN:TC:RJUN:TYPE FIXED, (@203)
```

```
SENS:TEMP:TRAN:TC:RJUN 40, (@203)
```

Следующая инструкция включает функцию проверки термопары по указанному каналу (в случае обрыва цепи возвращается значение «+9.90000000E+37»).

```
SENS:TEMP:TRAN:TC:CHECK ON, (@203, 301)
```

## Измерения с помощью РДТ

*Чтобы подключить резистивный датчик температуры (РДТ) к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).*

- Прибор поддерживает резистивные датчики температуры (РДТ) с коэффициентом  $\alpha = 0,00385$  (DIN / IEC 751) при использовании преобразований по алгоритму ITS-90, а также с коэффициентом  $\alpha = 0,00391$  при использовании преобразований по алгоритму IPTS-68. *Изначально используется  $\alpha = 0,00385$ .*
- Сопротивление РДТ считается номинальным при 0 °C и обозначается как  $R_0$ . Прибор может выполнять измерения с помощью РДТ со значениями  $R_0$  от 49 Ом до 2,1 кОм. *Начальное значение  $R_0 = 100$  Ом.*
- «PT100» — это особая метка, которая иногда обозначает резистивный датчик температуры (РДТ) с  $\alpha = 0,00385$  и  $R_0 = 100$  Ом.
- Измерения с помощью РДТ можно проводить по схеме 2-проводного или 4-проводного измерения. 4-проводное измерение — это самый точный способ измерений малых сопротивлений. При 4-проводном измерении автоматически компенсируется сопротивление используемых для подключения проводников.
- При 4-проводных измерениях с помощью РДТ прибор автоматически спаривает канал  $n$  и канал  $n+10$  (34901A) или  $n+8$  (34902A) для реализации подключений источника и измерений. Например, можно установить подключение *источника* к клеммам HI и LO канала 2, а подключение *измерений* к клеммам HI и LO канала 12.

- *Управление прибором с передней панели:* для выбора функции 2-проводных или 4-проводных измерений температуры с помощью РДТ по активному каналу выберите следующие пункты.

 TEMPERATURE , RTD , RTD 4W

Чтобы выбрать номинальное сопротивление ( $R_0$ ) для активного канала, выберите следующий пункт.

  $R_0:100.000,0$  ОМ

Чтобы выбрать тип РДТ, ( $\alpha = 0,00385$  или  $0,00391$ ) для активного канала, выберите следующий пункт.

 ALPHA  $0.00385$

- *Управление по удаленному интерфейсу:* с помощью команд MEASure? или CONFigure можно выбирать тип датчика и конкретный тип используемого РДТ. Например, следующая инструкция настраивает канал 301 на выполнение 2-проводных измерений с помощью РДТ с коэффициентом  $\alpha = 0,00385$  (используйте параметр «85» для выбора  $\alpha = 0,00385$  или параметр «91» для выбора  $\alpha = 0,00391$ ).

CONF:TEMP RTD,85,(@301)

Также для выбора типа датчика, типа РДТ и номинального сопротивления можно использовать команду SENSE. Например, следующая инструкция настраивает канал 103 на выполнение 4-проводных измерений с помощью РДТ с  $\alpha = 0,00391$  (канал 103 автоматически образует пару с каналом 113 для 4-проводного измерения).

SENS:TEMP:TRAN:FRTD:TYPE 91,(@103)

Следующая инструкция устанавливает для канала 103 номинальное сопротивление ( $R_0$ ) равным  $1000\Omega$ .

SENS:TEMP:TRAN:FRTD:RES 1000,(@103)

## Измерения с помощью термистора

Чтобы подключить термистор к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).

- Прибор поддерживает термисторы с сопротивлением 2,2 кОм (44004), 5 кОм (44007) и 10 кОм (44006).
- *Управление прибором с передней панели:* чтобы выбрать функцию измерений с помощью термистора по активному каналу, выберите следующие пункты.

 TEMPERATURE , THERMISTOR

Чтобы выбрать тип термистора для активного канала, выберите следующие пункты.

TYPE 2.2 КОММ , TYPE 5 КОММ , TYPE 10 КОММ

- *Управление по удаленному интерфейсу:* с помощью команд MEASure? или CONFigure можно выбирать тип датчика и конкретный тип используемого термистора. Например, следующая инструкция настраивает канал 301 на выполнение измерений с помощью термистора сопротивлением 5 кОм.

```
CONF:TEMP THER,5000,(@301)
```

Также для выбора типа датчика и типа термистора можно использовать команду SENSE. Например, следующая инструкция настраивает канал 103 на выполнение измерений с помощью термистора сопротивлением 10 кОм.

```
SENS:TEMP:TRAN:THERM:TYPE 10000,(@103)
```

## Настройка измерений напряжения

Чтобы подключить источник напряжения к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).

Сведения этого раздела помогут вам настроить прибор для выполнения измерений напряжения. Прибор может измерять постоянное напряжение и истинные среднеквадратичные значения связанных по переменному току напряжений в диапазонах измерений, приведенных ниже.

100 мВ	1 В	10 В	100 В	300 В	Автовыбор диапазона
--------	-----	------	-------	-------	---------------------

### Сопротивление входа постоянного тока

Обычно сопротивление входа прибора фиксируется равным 10 МОм для всех диапазонов напряжений постоянных токов, чтобы минимизировать наводки. Чтобы уменьшить влияние связанных с измерительной нагрузкой погрешностей, можно установить сопротивление входа выше 10 ГОм для диапазонов напряжений 100 мВ, 1 В и 10 В пост.

*Это относится только к измерениям постоянного напряжения.*

Настройка сопротивления входа	Сопротивление входа диапазоны 100 мВ, 1 В, 10 В	Сопротивление входа диапазоны 100 В, 300 В
Input R Auto OFF (автовыбор выкл.)	10 МОм	10 МОм
Input R Auto ON (автовыбор вкл.)	> 10 ГОм	10 МОм

- Прибор выбирает значение 10 МОм (фиксированное сопротивление входа для всех диапазонов постоянных напряжений) после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* настройку сопротивления входа.

- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию измерений постоянного напряжения для активного канала. Затем перейдите в меню *Advanced* (Расширенные) и выберите сопротивление 10 МОм (фиксированное значение сопротивления для всех диапазонов постоянных напряжений) или >10 ГОм. *Начальное значение — 10 МОм.*

 INPUT R >10 G

- *Управление по удаленному интерфейсу:* можно включать и выключать режим автоматического выбора сопротивления входа для выбранных каналов. При указании AUTO OFF (автовывбор выкл., изначально) сопротивление входа фиксируется и составляет 10 МОм для всех диапазонов. При включении AUTO ON (автовывбор вкл.) сопротивление входа устанавливается >10 ГОм для трех самых низких диапазонов постоянных напряжений. Команды MEASure? и CONFIgure автоматически выбирают вариант AUTO OFF.

INPUT:IMPEDANCE:AUTO ON, (@103)

## Низкочастотный фильтр переменного тока

В приборе используется три различных фильтра переменного тока, которые позволяют либо оптимизировать точность при низких частотах, либо ускорить время стабилизации при измерениях переменного тока. Прибор выбирает *медленный (slow)*, *средний (medium)* или *быстрый (fast)* фильтр в зависимости от входной частоты, указываемой для выбранных каналов.

*Применяется только к измерениям переменного напряжения и переменного тока.*

Входная частота	Начальная задержка для стабилизации	Минимальная задержка стабилизации
от 3 Гц до 300 кГц (медленный)	7 секунд / показание	1,5 секунды
от 20 Гц до 300 кГц (средний)	1 секунда / показание	0,2 секунды
от 200 Гц до 300 кГц (быстрый)	0,12 секунд / показание	0,02 секунды

- Прибор выбирает *средний (medium)* фильтр (20 Гц) после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* выбор фильтра.

- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию измерений переменного напряжения (или переменного тока) для активного канала. Затем перейдите в меню *Advanced* (Расширенные) и выберите медленный фильтр (3 Гц), средний фильтр (20 Гц) или быстрый фильтр (200 Гц) для активного канала. *Изначально выбирается средний фильтр.*

 LF 3 HZ: SLOW

- *Управление по удаленному интерфейсу:* укажите самую низкую частоту, ожидаемую во входном сигнале по указанным каналам. Прибор выберет подходящий фильтр в соответствии с указанной вами частотой (*см. таблицу выше*). Команды MEASure? и CONFigure автоматически устанавливают фильтр на 20 Гц (средний).

SENS:VOLT:AC:BAND 3, (@203)      *Выбор медленного фильтра (3 Гц)*

## Настройка измерений сопротивления

Чтобы подключить сопротивление к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).

Сведения этого раздела помогут вам настроить прибор для выполнения измерений сопротивления. Использование 2-проводных измерений упрощает проводку и повышает плотность подключений, в то время как 4-проводные измерения улучшают точность показаний. Диапазоны измерений приведены ниже.

100 Ом	1 кОм	10 кОм	100 кОм	1 МОм	10 МОм	100 МОм	Автоматический выбор диапазона
--------	-------	--------	---------	-------	--------	---------	--------------------------------

### Компенсация смещения

Компенсация смещения устраняет воздействие любых постоянных напряжений, присутствующих в измеряемых схемах. Эта методика предполагает расчет разности между двумя измерениями сопротивления по указанным каналам: одно выполняется с включенным источником тока, другое — с отключенным.

*Применяется только к 2-проводным и 4-проводным измерениям сопротивления в диапазонах 100 Ом, 1 кОм и 10 кОм.*

- Подробные сведения о компенсации смещения см. на [странице 317](#).
- Прибор отключает компенсацию смещения после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) не изменяют выбор фильтра.
- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию 2-проводных или 4-проводных измерений сопротивления для активного канала. Затем перейдите в меню *Advanced* (Расширенные) и включите или выключите компенсацию смещения.

 OCOMP ON

– *Управление по удаленному интерфейсу:*

RES:OCOM ON, (@208)      *Включение компенсации смещения  
(2-проводн. изм.)*

FRES:OCOM ON, (@208)      *Включение компенсации смещения  
(4-проводн. изм.)*

Для 4-проводных измерений указывайте в параметре <список\_каналов> (номер канала из пары, относящегося к банку (источнику) с меньшим номером.

## Настройка измерений тока

Чтобы подключить источник тока к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).

Сведения этого раздела помогут вам настроить прибор для выполнения измерений величины тока с помощью модуля мультиметра 34901A. В этом модуле имеется два защищенных предохранителя канала для прямых измерений постоянных и переменных токов в диапазонах измерений, приведенных ниже.

10 mA	100 mA	1 A	Автовыбор диапазона
-------	--------	-----	---------------------

### ПРИМЕЧАНИЕ

Измерения тока возможны только по каналам 21 и 22 модуля 34901A.

## Низкочастотный фильтр переменного тока

В приборе используется три различных фильтра переменного тока, которые позволяют либо оптимизировать точность при низких частотах, либо ускорить время стабилизации при измерениях переменного тока. Прибор выбирает *медленный (slow)*, *средний (medium)* или *быстрый (fast)* фильтр в зависимости от входной частоты, указываемой для выбранных каналов.

*Применяется только к измерениям переменного тока и переменного напряжения.*

Входная частота	Начальная задержка для стабилизации	Минимальная задержка стабилизации
от 3 Гц до 300 кГц (медленный)	7 секунд / показание	1,5 секунды
от 20 Гц до 300 кГц (средний)	1 секунда / показание	0,2 секунды
от 200 Гц до 300 кГц (быстрый)	0,12 секунд / показание	0,02 секунды

- Прибор выбирает *средний (medium)* фильтр (20 Гц) после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* режим компенсации смещения.
- *Управление прибором с передней панели:* сначала выберите функцию измерений переменного тока (или переменного напряжения) для активного канала. Затем перейдите в меню *Advanced* (Расширенные) и выберите медленный фильтр (3 Гц), средний фильтр (20 Гц) или быстрый фильтр (200 Гц) для активного канала. *Изначально выбирается средний фильтр.*

 LF 3 HZ:SLOW

- *Управление по удаленному интерфейсу:* укажите самую низкую частоту, ожидаемую во входном сигнале по указанным каналам. Прибор выберет подходящий фильтр в соответствии с указанной вами частотой (*см. таблицу на предыдущей странице*). Команды MEASure? и CONFigure автоматически устанавливают фильтр на 20 Гц (средний).

SENS:VOLT:AC:BAND 3, (@203)      *Выбор медленного фильтра (3 Гц)*

## Настройка измерений частоты

Чтобы подключить источник переменного тока к винтовым клеммам модуля, см. [страницу 38](#).

### Тайм-аут низкой частоты

В приборе используется три различных диапазона тайм-аута для измерений частоты. Прибор выбирает *большой (slow)*, *средний (medium)* или *короткий (fast)* тайм-аут в зависимости от входной частоты, указываемой для выбранных каналов.

Входная частота	Начальная задержка для стабилизации
от 3 Гц до 300 кГц (медленное)	1 с
от 20 Гц до 300 кГц (среднее)	100 мс
от 200 Гц до 300 кГц (быстрое)	10 мс

- Прибор выбирает *средний (medium)* тайм-аут (20 Гц) после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* выбор фильтра.
- *Работа с передней панелью.* Сначала выберите функцию измерений частоты для активного канала. Затем перейдите в меню *Advanced* (Расширенные) и выберите большой (3 Гц), средний (20 Гц) или короткий тайм-аут (200 Гц) для активного канала. *Изначально выбирается средний тайм-аут.*

 LF 3 HZ: SLOW

- *Управление по удаленному интерфейсу:* укажите самую низкую частоту, ожидаемую во входном сигнале по указанным каналам. Прибор выберет подходящий тайм-аут в соответствии с указанной вами частотой (см. [таблицу выше](#)). Команды MEASure? и CONFIgure автоматически устанавливают тайм-аут 20 Гц (средний).

SENS:FREQ:RANG:LOW 3, (@203)      Выбор большого тайм-аута (3 Гц)

## Масштабирование типа Mx+B

Функция масштабирования позволяет применять *усиление* и *смещение* ко всем показаниям по указанному каналу мультиплексора во время сканирования. Помимо установки значений усиления («M») и смещения («B»), также можно указать пользовательскую метку измерений для масштабированных показаний («RPM» — об/мин, «PSI» — фунт/кв. дюйм и т. д.). Применять масштабирование можно ко всем каналам мультиплексора и для любой функции измерений. Масштабирование *не поддерживается* для всех цифровых каналов многофункционального модуля.

- Масштабирование применяется согласно следующему уравнению:  

$$\text{Масштабированное показание} = (\text{Усиление} \times \text{Измеренная величина}) + \text{Смещение}$$
- Перед применением любых значений масштабирования необходимо сначала настроить канал (функцию, преобразователь и т. д.). Если изменить конфигурацию измерений, масштабирование в измененном канале выключается, а значения усиления и смещения сбрасываются (M=1 и B=0). Масштабирование также выключается при изменении типа датчика температуры, изменении единиц измерения температуры или отключении внутреннего ЦММ.
- Если планируется использовать масштабирование для канала, на котором также будут настроены уведомления, *обязательно сначала настройте значения масштабирования*. Если сначала настроить уведомления, то в момент включения масштабирования для канала прибор выключит уведомления и сбросит пределы для уведомлений. Если задать пользовательскую метку измерений с масштабированием, она будет автоматически использоваться при регистрации уведомлений по данному каналу.
- При удалении канала из списка сканирования (посредством выбора команды CHANNEL OFF (ВЫКЛ. КАНАЛ) с передней панели или при переопределении списка сканирования через удаленный интерфейс) масштабирование для этого канала выключается, но значения усиления и смещения для него *не сбрасываются*. Если вы решите вновь добавить этот канал в список сканирования (не меняя функцию измерений), то будут восстановлены исходные величины усиления и смещения, и масштабирование вновь будет включено. Это позволяет легко временно удалять канал из списка сканирования без необходимости в повторном вводе параметров масштабирования.

- По каналу можно провести нулевое измерение и сохранить его результат как смещение «В» для последующих измерений. Таким образом можно компенсировать смещения напряжения или сопротивления, вызываемые проводкой, которая соединяет прибор с точкой измерений.
- В режиме мониторинга величины усиления и смещения применяются ко всем показаниям, измеренным в указанном канале.
- Можно указать пользовательскую метку длиной до трех символов. Этими символами могут быть латинские буквы (A-Z), цифры (0-9), знак подчеркивания ( \_ ), а также символ «#», который на передней панели отображается в виде символа градуса ( ° ), а в выходной строке удаленного интерфейса имеет вид пробела (пустого знакоместа). Первый символ должен быть буквой или символом # (# разрешено использовать только в самом левом символе метки). Оставшиеся два символа могут быть буквами, цифрами или символами подчеркивания.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Обратите внимание: установка метки «°C», «°F» или «K» не влияет на единицы измерения температуры, выбираемые в меню Measure (Измерения).

- Хотя прибор не поддерживает тензометрические измерения непосредственно, их можно выполнять с помощью 4-проводных измерений сопротивления с масштабированием. *Дополнительные сведения см. в разделе «Тензометрические измерения» на странице 319.*

**ПРИМЕЧАНИЕ**

В программное обеспечение Keysight BenchLink Data Logger 3 встроена возможность тензометрических измерений.

Для расчета усиления и смещения используйте следующие уравнения.

$$M = \frac{1}{GF \times R_0} \quad V = -\frac{1}{GF},$$

где  $GF$  — коэффициент тензочувствительности, а  $R_0$  — сопротивление недеформированного тензодатчика. Например, у тензодатчика с сопротивлением  $350\Omega$  и коэффициентом тензочувствительности 2 значения усиления и смещения будут следующими:  $M = 0,001428571$ ,  $V = -0,5$  (обязательно используйте разрешение  $6 \frac{1}{2}$  разряда для данных измерений).

- Максимальное допустимое усиление составляет  $\pm 1E+15$ , максимальное допустимое смещение равно  $\pm 1E+15$ .
- Команды MEASure? и CONFigure автоматически устанавливают усиление («M») равным 1, а смещение («B») равным 0.
- При сбросе до заводских настроек (команда \*RST) масштабирование выключается, и все значения масштабирования для всех каналов очищаются. Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не очищают* значения масштабирования и *не выключают* масштабирование.
- *Управление прибором с передней панели:* в меню автоматически последовательно отображаются настройки усиления, смещения и метки измерений.

 SET GAIN , SET OFFSET , SET LABEL

Чтобы сбросить усиление, смещение или метку измерений к начальным значениям, перейдите на соответствующий уровень меню и поверните кнопку-регулятор прибора. Чтобы выключить масштабирование (без очистки значений усиления и смещения), перейдите на первый уровень меню и выберите SCALING OFF (ВЫКЛ. МАСШТАБИРОВАНИЕ).

 SET GAIN TO 1 , SET OFST TO 0 , DEFAULT LABEL

Чтобы выполнить нулевое измерение и сохранить его результат в качестве значения смещения, выберите пункт SET OFFSET (ЗАДАТЬ СМЕЩЕНИЕ) в меню и поверните кнопку-регулятор.

 SET OFFSET

- *Управление по удаленному интерфейсу:* используйте следующие команды для установки усиления, смещения и пользовательской метки измерений.

CALC:SCALE:GAIN 1.2, (@101)

CALC:SCALE:OFFSET 10, (@101)

CALC:SCALE:UNIT 'PSI', (@101)

После установки значений усиления и смещения отправьте следующую команду, чтобы включить функцию масштабирования для выбранного канала.

CALC:SCALE:STATE ON, (@101)

Чтобы выполнить нулевое измерение и сохранить его результат в качестве значения смещения, отправьте следующую команду.

CALC:SCALE:OFFSET:NULL (@101)

## Пределы для уведомлений

В приборе предусмотрено четыре сигнала уведомлений, которые можно настроить на выдачу уведомления в случае, если в ходе сканирования показание в канале выходит за указанный предел. Для любого настроенного в списке сканирования канала можно указать верхний предел, нижний предел или и то, и другое. Каждому из четырех доступных уведомлений (нумеруемых с 1 по 4) можно назначить несколько каналов. Например, можно настроить прибор на выдачу уведомления по выходу уведомлений 1 (Alarm 1) в случае выхода за границы в любом из следующих каналов: 103, 205 или 320.

Также можно назначать сигналы уведомлений каналам многофункционального модуля. Например, можно настроить выдачу сигнала уведомления в случае обнаружения определенного набора битов или изменения набора битов в канале цифрового ввода, или в случае достижения счетчиком в канале сумматора определенного значения. При использовании многофункционального модуля каналы *обязательно должны* входить в список сканирования, чтобы по ним могло выдаваться уведомление. *Более подробные сведения см. в разделе «Использование уведомлений с многофункциональным модулем» на странице 161.*

Данные уведомлений могут сохраняться в одном из двух мест сохранения (в зависимости от того, выполняется ли сканирование на момент появления уведомления).

- 1 Если событие уведомления возникнет в канале во время его сканирования, то состояние уведомлений этого канала будет сохранено в *памяти показаний* в ходе измерений показаний. Каждое показание, выходящее за указанные пределы для уведомлений, регистрируется в памяти. Во время сканирования в памяти может сохраняться до 50 000 показаний. Считывать содержимое памяти показаний можно в любое время, даже в процессе сканирования. Память показаний *не* очищается при ее считывании.
- 2 При возникновении событий уведомлений они также регистрируются в *очереди уведомлений*, которая ведется отдельно от памяти показаний. Это *единственное* место, в котором регистрируются уведомления, возникшие не во время сканирования (уведомления в ходе мониторинга, уведомления, выданные многофункциональным модулем и т. д.). В очереди уведомлений может сохраняться до 20 уведомлений.

В случае возникновения более 20 событий уведомлений сохраняются только первые 20 уведомлений. Даже при заполненной очереди уведомлений состояние уведомления при сканировании все же сохраняется в памяти показаний. Очередь уведомлений очищается при отправке команды \*CLS (очистки состояния), при выключении питания, а также после считывания всех содержащихся в ней записей. При выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) очередь уведомлений *не очищается*.

- Уведомление можно назначить любому настроенному каналу, причем возможно назначение для многих каналов уведомления с одним и тем же номером. Однако уведомлению для конкретного канала нельзя присвоить более одного номера уведомления.
- При возникновении уведомления прибор сохраняет соответствующие данные об уведомлении в очереди. К ним относятся показание, которое вызвало уведомление, время суток и дата уведомления, а также номер канала, на котором возникло уведомление. В очереди уведомлений данные сохраняются всегда в абсолютном формате времени, на них не влияет настройка с помощью команды FORMat:READing:TIME:TYPE.
- Перед установкой любых пределов для уведомлений необходимо сначала настроить канал (функцию — тип измеряемой величины, тип преобразователя и т. д.). Если изменить конфигурацию измерений, уведомления отключатся, а пределы уведомлений будут сброшены. Уведомления также выключаются при изменении типа датчика температуры, изменении единиц измерения температуры или отключении внутреннего ЦММ.
- Если планируется использовать уведомления для канала, на котором также будет настроено масштабирование, *обязательно сначала настройте значения масштабирования*. Если сначала настроить уведомления, то в момент включения масштабирования для канала прибор выключит уведомления и сбросит пределы для уведомлений. Если задать пользовательскую метку измерений с масштабированием, она будет автоматически использоваться при регистрации уведомлений по данному каналу.
- Если удалить канал из списка каналов (выбрав команду CHANNEL OFF (ВЫКЛ. КАНАЛ) с передней панели или изменив список сканирования через удаленный интерфейс), то проверка условий уведомления по этому каналу (в ходе сканирования) выполняться перестанет, но его пределы *не очищаются*. Если вы решите снова добавить этот канал

в список сканирования (не меняя функцию измерений), то будут восстановлены исходные пределы, и уведомления будут вновь включены. Это позволяет легко временно удалять канал из списка сканирования без необходимости в повторном вводе параметров уведомлений.

- При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все показания (включая данные уведомлений), сохраненные в памяти показаний во время предыдущего сканирования. Поэтому содержимое памяти показаний всегда представляет данные последнего выполненного сканирования.
- Уведомления регистрируются в очереди уведомлений только в момент выхода показания за установленные границы, но не все время, пока показание остается за границами и не в момент возвращения показания в заданные границы.



- На разъеме *Alarms* (Уведомления) на задней панели доступно четыре выхода уведомлений с уровнями ТТЛ-логики. Эти аппаратные выходы можно использовать для включения внешних сигнальных огней, звуковых сигналов или сирен, а также для отправки импульсов с уровнями логики ТТЛ на вашу систему управления. Также при регистрации события уведомления в канале можно запускать проход сканирования (внешних подключений проводов для этого не требуется). *Подробные сведения см. в разделе «Использование линий выходов уведомлений» на странице 159.*
- В следующей таблице приведены различные сочетания индикаторов на передней панели, которые могут загораться во время использования уведомлений.

	По отображаемому каналу включено уведомление.
H 2	Идет настройка верхнего (HI) или нижнего (LO) предела по уведомлению с указанным номером (показывается во время работы в меню <i>Alarm</i> (уведомления)).
	По одному или многим каналам возникли уведомления. Срабатывание линий выходов уведомлений соответствует индикаторам уведомлений, загорающим на передней панели.
ALARM	Линии вывода уведомлений сброшены, но в очереди остаются уведомления.

- Помимо сохранения в памяти показаний, уведомления также записываются в собственной системе состояний SCPI для уведомлений. Прибор можно настроить на использование системы состояний для выдачи запроса на обслуживание (Service Request, SRQ) при возникновении уведомления. *Дополнительную информацию см. в Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A.*
- Начальные значения верхнего и нижнего предела для уведомлений равны «0». Нижняя граница должна быть *всегда* меньше верхней границы или совпадать с ней, даже если используется только одно из пределов.
- Подробные сведения о настройке уведомлений в многофункциональном модуле см. *в разделе «Использование уведомлений с многофункциональным модулем» на странице 161.*
- При сбросе до заводских настроек (команда (\*RST) все пределы для уведомлений очищаются, а все уведомления отключаются. Сброс прибора для стандартных настроек (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не очищают* пределы для уведомлений и *не выключают* уведомления.
- *Управление прибором с передней панели:* Чтобы выбрать уведомление, которое будет использоваться для активного канала, выберите один из следующих пунктов.



NO ALARM , USE ALARM 1 , ... USE ALARM 4

Затем выберите один из следующих режимов условий срабатывания уведомлений (HI+LO — верхняя и нижняя граница, HI — только верхняя граница, LO — только нижняя граница).

HI+LO ALARMS ,  HI ALARM ONLY ,  LO ALARM ONLY

После этого установите требуемые пределы и выйдите из меню. Учтите, что прибор не начнет проверять оценку условий срабатывания уведомлений, пока вы не выйдете из меню *Alarm* (Уведомления).

- *Управление по удаленному интерфейсу*: чтобы назначить номер уведомления, по которому будет сообщаться о всех состояниях срабатывания уведомлений по указанным каналам, используйте следующую команду (если не назначать его, изначально обо всех уведомлениях по всем каналам будет сообщаться по линии уведомления 1 — Alarm 1.  
OUTPUT:ALARM2:SOURCE (@103,212)
- Чтобы настроить верхние и нижние пределы для уведомлений в определенных каналах, используйте следующие команды.  
CALC:LIMIT:UPPER 5.25, (@103,212)  
CALC:LIMIT:LOWER 0.025, (@103,212)
- Чтобы включить верхние и нижние пределы для уведомлений в определенных каналах, используйте следующие команды.  
CALC:LIMIT:UPPER:STATE ON, (@103,212)  
CALC:LIMIT:LOWER:STATE ON, (@103,212)

## Просмотр сохраненных данных уведомлений

Если уведомление возникнет в канале во время его сканирования, то состояние уведомлений этого канала будет сохранено в *памяти показаний* при измерениях показаний. При возникновении событий уведомлений они также регистрируются в *очереди уведомлений*, которая ведется отдельно от памяти показаний. Это *единственное* место, в котором регистрируются уведомления, возникшие не во время сканирования (уведомления в ходе мониторинга, уведомления, выданные многофункциональным модулем и т. д.).

- Во время сканирования в памяти может сохраняться до 50 000 показаний. Считывать содержимое памяти показаний можно в любое время, даже в процессе сканирования. Память показаний *не* очищается при ее считывании.

- При каждом запуске нового сканирования прибор очищает все показания (включая данные уведомлений), сохраненные в памяти показаний во время предыдущего сканирования. Поэтому содержимое памяти всегда представляет данные последнего сканирования.
- В очереди уведомлений может сохраняться до 20 уведомлений. В случае возникновения более 20 уведомлений лишние уведомления будут утеряны (сохранятся только первые 20 уведомлений).
- Очередь уведомлений очищается при отправке команды \*CLS (очистки состояния), при выключении питания, а также после считывания всех содержащихся в ней записей. Очередь уведомлений *не очищается* при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) или в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet).
- *Управление прибором с передней панели:* с передней панели можно просматривать первые 20 уведомлений в очереди. После переключения на требуемый канал вращением кнопки-регулятора, нажимайте кнопки  или , чтобы просмотреть либо показание, которое вызвало уведомление, либо время возникновения уведомления. Учтите, что индикаторы указывают, какое уведомление просматривается.

 ALARMS

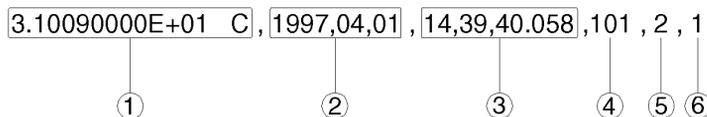
#### ПРИМЕЧАНИЕ

Очередь уведомлений очищается при просмотре уведомлений.

- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующая команда считывает данные из очереди уведомлений (при каждом выполнении команды из очереди считывается и удаляется одно событие уведомления).

SYSTEM:ALARM?

Ниже показан пример уведомления, сохраненного в очереди уведомлений (если данные уведомлений в очереди отсутствуют, то команда возвращает «0» во всех полях).



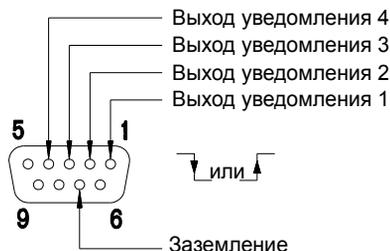
- |   |  |
|---|--|
| <p><b>1</b> Показание с единицами измерения (31,009 °C)</p> <p><b>2</b> Дата (1 мая 1997 г.)</p> <p><b>3</b> Время (14:39:40,058)</p> | <p><b>4</b> Номер канала</p> <p><b>5</b> Выход за порог уведомления (0 = нет уведомления, 1 = LO, нижняя граница, 2 = HI, верхняя граница)</p> <p><b>6</b> Номер выданного уведомления (1, 2, 3 или 4)</p> |
|---|--|

Следующая команда извлекает сохраненные показания и данные уведомлений из памяти показаний (при этом показания не стираются).

FETCH?

### Использование линий выходов уведомлений

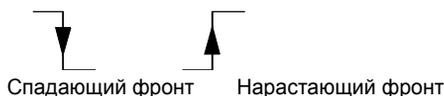
На разъеме *Alarms* (Уведомления) на задней панели доступно четыре выхода уведомлений с уровнями ТТЛ-логики. Эти аппаратные выходы можно использовать для включения внешних сигнальных огней, звуковых сигналов или сирен, а также для отправки импульсов с уровнями логики ТТЛ на вашу систему управления. Уведомление можно назначить любому настроенному каналу, причем возможно назначение для многих каналов уведомления с одним и тем же номером. Каждый выход уведомления представляет результат логической операции «ИЛИ» по всем каналам, которым присвоен данный номер уведомления (т. е. уведомление по любому из связанных с этим номером каналов выдает сигнальный импульс в линию).



**Разъем уведомлений**

Настроить работу линий выходов уведомлений можно описанным ниже образом. Работа индикаторов уведомлений на передней панели также воспроизводит настройку выходов уведомлений. Выбранная конфигурация используется для всех четырех линий выходов уведомлений. При выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) все четыре выхода уведомлений сбрасываются, но очередь уведомлений *не очищается* ни в одной из конфигураций.

- *Режим защелок*: в этом режиме соответствующая линия выхода защелкивается в состоянии логической единицы при возникновении первого сигнала уведомления и остается установленной, пока вы не сбросите ее, начав новое сканирование или отключив и вновь включив питание прибора. Линии выходов можно в любой момент сбросить вручную (даже в ходе выполнения сканирования), и данные уведомлений в памяти не будут очищены (хотя они очищаются при запуске нового сканирования).
- *Режим отслеживания*: в этом режиме соответствующая линия выхода устанавливается в значение логической единицы только при условии, что показание вышло за пределы заданных границ и остается вне этих границ. Когда показание возвращается в рамки заданных пределов, сигнал на выходной линии автоматически снимается. Линии выходов можно в любой момент сбросить вручную (даже в ходе выполнения сканирования), и данные уведомлений в памяти *не будут очищены* (хотя они очищаются при запуске нового сканирования). Линии выходов уведомлений также сбрасываются при запуске нового сканирования.
- Направленностью импульсов на выходах уведомлений можно управлять (выбранная конфигурация применяется для всех четырех выходов). В режиме *спадающего фронта* напряжение 0 В (низкий уровень ТТЛ-логики) сообщает об уведомлении. В режиме *нарастающего фронта* об уведомлении сообщает напряжение +5 В (высокий уровень ТТЛ-логики). При выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) устанавливается режим *спадающего фронта*.



#### ПРИМЕЧАНИЕ

Переключение режима фронтов выходных линий может вызвать изменение состояния этих линий

- *Управление прибором с передней панели:* чтобы указать, следует ли вручную очистить (сбросить) все четыре выхода уведомлений, выберите один из следующих пунктов.

 DO NOT CLEAR , CLEAR OUTPUTS

Чтобы выбрать конфигурацию выходов для всех четырех выходных линий, выберите один из следующих пунктов.

 LATCH ON FAIL , TRACK PASS/F

Чтобы настроить форму фронтов (уровни сигналов) для всех четырех выходных линий, выберите один из следующих пунктов.

 FAIL = HIGH , FAIL = LOW

- *Управление по удаленному интерфейсу:* чтобы сбросить сигнал на указанных выходных линиях (или на всех четырех линиях), используйте одну из следующих команд.

OUTPUT:ALARM2: CLEAR *Сброс выходной линии уведомления 2*

OUTPUT:ALARM: CLEAR: ALL *Сброс всех четырех выходных линий уведомлений*

Чтобы выбрать конфигурацию выходов для всех четырех выходных линий, используйте следующую команду.

OUTPut:ALARm:MODE {LATCh|TRACk}

Чтобы настроить форму фронтов (уровни сигналов) для всех четырех выходных линий, используйте следующую команду.

OUTPut:ALARm:SLOPe {NEGative|POSitive}

## Использование уведомлений с многофункциональным модулем

Прибор можно настроить на выдачу сигнала уведомления в случае обнаружения определенного набора битов или изменения набора битов в канале цифрового ввода, или в случае достижения счетчиком в канале сумматора определенного значения. Каналы *не обязательно должны* входить в список сканирования, чтобы по ним могло выдаваться уведомление.



Чтобы настроить уведомления для указанного канала цифрового ввода, используйте следующие команды (*также см. пример на следующей странице*).

```
CALCulate
  :COMPare:TYPE {EQUAL|NEQUAL}[, (@<список_каналов>)]
  :COMPare:DATA <данные>[, (@<список_каналов>)]
  :COMPare:MASK <маска>[, (@<список_каналов>)]
```

Выберите вариант EQUAL (РАВНО) для выдачи уведомления, если данные, прочитанные из порта, совпадут со значением в CALC:COMP:DATA после применения маски, заданной в CALC:COMP:MASK. Выберите вариант NEQUAL (НЕ РАВНО) для выдачи уведомления, если данные, прочитанные из порта, *не совпадут* со значением в CALC:COMP:DATA после применения маски, заданной в CALC:COMP:MASK.

Используйте маску в CALC:COMP:MASK для обозначения битов, которые не следует учитывать. Биты, которые отмечены значениями «0» в маске, игнорируются.

Чтобы включить указанный режим работы уведомлений, подайте следующую команду.

```
CALCulate:COMPare:STATE ON [, (@<список_каналов>)]
```

*Пример: настройка уведомления по цифровому входу*

Допустим, что требуется выдавать уведомление при считывании двоичной последовательности «1000» в четырех старших битах порта 1.

Отправьте следующие команды, чтобы настроить порт на такую выдачу уведомлений.

```
CALC:COMP:TYPE EQUAL, (@301)
CALC:COMP:DATA 128, (@301)
CALC:COMP:MASK 240, (@301)
OUTPUT:ALARM2:SOURCE (@301)
CALC:COMP:STATE ON, (@301)
```

Вот расчеты, выполняемые при оценке условий выдачи уведомления (предположим, что из порта было считано десятичное значение 146):

A	B	ИСКЛ. ИЛИ (XOR)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

```

      Бит 7      Бит 0
    1 0 0 1 0 0 1 0
    1 0 0 0 0 0 0 0
    0 0 0 1 0 0 1 0
    1 1 1 1 0 0 0 0
  
```

*Данные, считанные из порта (десятичное значение: 146)*  
 команда CALC:COMP:DATA (десятичное: 128)  
*результат «исключающего ИЛИ»*  
 команда CALC:COMP:MASK (десятичное: 240)  
*Результат операции «И» (уведомление не выдается)*

A	B	«И»
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Поскольку вычисления дают ненулевой результат (16 в десятичной системе счисления), в этом примере уведомление не выдается.

- *Управление по удаленному интерфейсу (Канал сумматора)*: чтобы назначить номер уведомления, под которым будет сообщаться обо всех условиях срабатывания уведомлений, возникших по указанным каналам сумматора, используйте следующую команду.

```
OUTPut:ALARm[1|2|3|4]:SOURce (@<список_каналов>)
```

Чтобы настроить уведомление в канале сумматора, укажите требуемое число импульсов для срабатывания в качестве верхней границы уведомления с помощью следующей команды.

```
CALCulate:LIMit:UPPer <число>[, (@<список_каналов>)]
```

Чтобы включить верхнее предель для выдачи уведомлений по указанному каналу сумматора, используйте следующую команду.

```
CALCulate:LIMit:UPPer:STATe ON [, (@<список_каналов>)]
```

## Операции с цифровым входом

В многофункциональном модуле (34907A) имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для считывания цифровых последовательностей. Можно либо считывать состояние установки битов в порту, либо настроить сканирование, включив в него считывание цифрового значения.

- Каналы цифрового ввода имеют нумерацию «s01» (младший байт) и «s02» (старший байт), где s — номер слота.
- Сигнал уведомления можно выдавать в случае обнаружения определенного набора битов или обнаружения изменений набора битов в канале цифрового ввода. При использовании многофункционального модуля каналы *обязательно должны* входить в список сканирования, чтобы по ним могло выдаваться уведомление. *Дополнительные сведения см. в разделе «Использование уведомлений с многофункциональным модулем» на странице 161.*
- При добавлении считывания из цифрового порта в список сканирования этот порт целиком выделяется для сканирования. Прибор выдает сигнал сброса платы, переводя порт в режим порта ввода (другой порт при этом не затрагивается). Когда порт включен в список сканирования, по нему можно выполнять низкоуровневые операции чтения, но операции записи в порт становятся невозможны.
- При работе с передней панели можно считывать данные только из одного 8-битного порта ввода за раз. При управлении через удаленный интерфейс возможно одновременное считывание данных из обоих портов в форме 16-битного слова, но *только если* ни один из портов не включен в список сканирования. Если в список сканирования включен один из портов или оба порта, то возможно считывание только одного 8-битного порта за раз. Однако если в список сканирования включены оба порта, то данные будут считываться из обоих портов *одновременно* и поэтому будут иметь совпадающую метку времени. Таким образом, можно внешне составлять из двух 8-битных значений одно 16-битное.
- Только при работе с передней панели можно указать, должен ли использоваться двоичный или десятичный формат (в памяти показания всегда сохраняются в десятичном формате). После выбора системы счисления она будет использоваться для всех операций ввода и вывода по данному порту.

- Мониторить канал цифрового ввода можно, даже когда канал не входит в состав списка сканирования (наличие внутреннего ЦММ также не обязательно).
- Сброс до заводских настроек (команда \*RST), сброс в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet) и сброс платы (команда SYSTem:CPON) по удаленному интерфейсу переводят оба порта в режим портов ввода.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Учтите, что нажатие кнопки  с передней панели выполняет сброс только выбранного в настоящий момент порта (а не сброс обоих портов).

- *Управление прибором с передней панели:* после выбора порта нажмите кнопку  для считывания набора битов (наименьший значащий бит располагается справа). Считанная из порта последовательность битов будет отображаться, пока вы не нажмете другую кнопку или не повернете кнопку-регулятор или пока не истечет время отображения на дисплее.

Чтобы добавить считывание цифрового значения в список сканирования, выберите следующий пункт.

 DIO READ

Только при работе с передней панели возможен выбор использования двоичного или десятичного формата.

 USE DECIMAL , USE BINARY

- *Управление по удаленному интерфейсу:* при работе по удаленному интерфейсу можно считывать 8-битный байт из одного порта или 16-битное слово из обоих портов с помощью следующих команд. Если необходимо выполнить чтение из обоих портов, команду следует адресовать порту 01, причем ни один из портов не должен входить в список сканирования.

SENS:DIG:DATA:BYTE? (@302)    *Чтение порта 02*

SENS:DIG:DATA:WORD? (@301)    *Чтение обоих портов одновременно*

Чтобы переопределить список сканирования, добавив в него чтение цифрового значения (возможно только чтение 8-битного значения), отправьте следующую команду.

CONF:DIG:BYTE (@302)    *Добавление порта 02 в список сканирования*

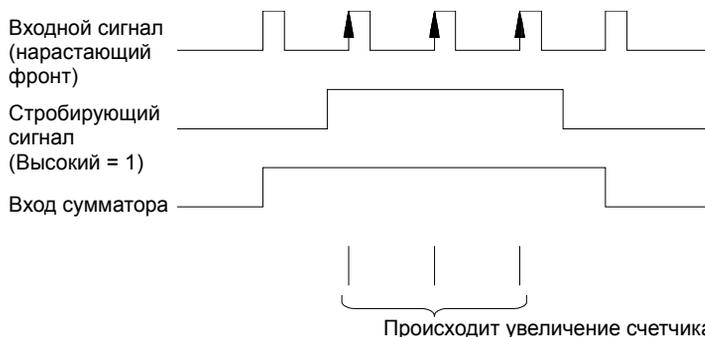
## Операции с сумматором

В многофункциональном модуле имеется 26-битный суммирующий счетчик, который может подсчитывать ТТЛ-импульсы, поступающие с частотой 100 кГц. Суммирующий счетчик можно считать вручную, или же можно настроить считывание счетчика в составе сканирования.

- Канал сумматора имеет номер «p03», где *p* обозначает номер слота.
- Прибор можно настроить на подсчет импульсов по нарастающему или спадающему фронту входного сигнала.
- Можно управлять моментом, когда сумматор будет фактически производить подсчет, подавая *стробирующий сигнал* (клеммы G и  $\bar{G}$  на модуле). Сигнал с высоким уровнем ТТЛ-логики, поданный на клемму «G», разрешает подсчет, а низкий уровень сигнала отключает подсчет.

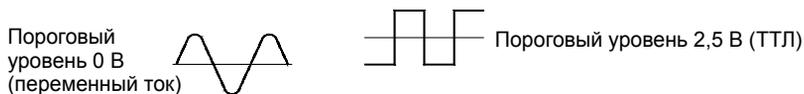
Сигнал с низким уровнем ТТЛ-логики, поданный на клемму « $\bar{G}$ », разрешает подсчет, а высокий уровень сигнала отключает подсчет. Сумматор производит подсчет только при наличии разрешений на обеих клеммах.

Можно использовать либо клемму G, либо клемму  $\bar{G}$ , либо обе клеммы одновременно. *Когда стробирующий вывод не подключен, плавающая клемма стробирования переходит во включенное состояние, фактически включая режим «постоянного стробирования».*



- С помощью аппаратной переключки с меткой Totalize Threshold (Порог суммирования) на модуле можно управлять пороговым значением, при котором происходит обнаружение фронта. Переключите переключку

в положение AC, чтобы обнаруживать переходы через уровень 0 вольт. Переключите переключку в положение TTL (заводская настройка), чтобы обнаруживать переходы между TTL-уровнями.



Максимальное значение счетчика составляет  $67\,108\,863 (2^{26} - 1)$ . После достижения максимального разрешенного значения счетчик возвращается к нулю («0»).

- Сумматор можно настроить на сброс счетчика после его считывания, чтобы ни один подсчет не потерялся (команда `TOTAlize:TYPE RRESet`). Тогда в случае включения сумматора в список сканирования счетчик будет сбрасываться при каждом проходе сканирования. Счетчик также сбрасывается при каждом непосредственном прочтении, при нажатии кнопки  на передней панели или при отправке команды `SENSe:TOTAlize:DATA?`.
- Прибор можно настроить на выдачу уведомления при достижении счетчиком на канале сумматора определенного значения. Каналы *не обязательно должны* входить в список сканирования, чтобы по ним могло выдаваться уведомление. После включения уведомлений проверка условий их срабатывания производится непрерывно. Дополнительные сведения см. *в разделе «Использование уведомлений с многофункциональным модулем» на странице 161*.
- Мониторить канал сумматора можно, даже когда канал не входит в состав списка сканирования (наличие внутреннего ЦММ также не обязательно). Счетчик канала сумматора *не сбрасывается* во время его мониторинга (мониторинг игнорирует режим сброса сумматора).
- Сброс до заводских настроек (команда `*RST`), сброс в предустановленное состояние (команда `SYSTem:PRESet`) и сброс платы (команда `SYSTem:CPON`) сбрасывают счетчик в значение «0».
- *Управление прибором с передней панели:* после выбора сумматора нажмите кнопку , чтобы прочесть значение счетчика. Если выбран режим `READ+ RESET` (ЧТЕНИЕ+СБРОС), то при каждом прочтении значения счетчика оно сбрасывается в ноль. Значение счетчика отображается, пока вы не нажмете другую кнопку или не повернете кнопку-регулятор или пока не истечет время отображения на дисплее.

Для настройки режима сброса сумматора выберите один из следующих пунктов.

 READ , READ + RESET

Чтобы настроить сумматор на увеличение счетчика по спадающему или нарастающему фронту входного сигнала, выберите один из следующих пунктов.

 COUNT FALLING , COUNT RISING

- Чтобы добавить считывание значения сумматора в список сканирования, выберите следующий пункт.

 TOT READ

- *Управление по удаленному интерфейсу*: чтобы прочесть значение счетчика по указанному каналу сумматора, используйте следующую команду. Значение счетчика может быть возвращено вместе с меткой времени, номером канала и данными о состоянии уведомлений — это зависит от настроек, заданных в команде `FORMat:READing` (*дополнительные сведения см. в разделе «Формат показаний» на странице 118*).

`SENS:TOT:DATA? (@303)`

Чтобы настроить режим сброса сумматора, отправьте одну из следующих команд (`RRESet` означает «read and reset» — «чтение и сброс»).

`SENSe:TOTaLize:TYPE {READ|RRESet}[,(@<список_каналов>)]`  
`CONFigure:TOTaLize {READ|RRESet} ,(@<список_сканирования>)`

Чтобы настроить сумматор на увеличение счетчика по спадающему фронту (*отрицательному*) или по нарастающему фронту (*положительному*) входного сигнала, отправьте следующую команду.

`SENSe:TOTaLize:SLOPe {NEG|POS} ,[(@<список_каналов>)]`

Чтобы немедленно очистить счетчик указанного канала сумматора, установив его в ноль (вне зависимости от того, выполняется ли сканирование), отправьте следующую команду.

`SENSe:TOTaLize:CLEar:IMMediate [(@<список_каналов>)]`

## Операции с цифровым выходом

В многофункциональном модуле (34907A) имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для вывода цифровых последовательностей.

- Каналы цифрового вывода нумеруются «s01» (младший байт) и «s02» (старший байт), где s — номер слота.
- Порт нельзя настроить на выполнение операций вывода, если этот порт уже настроен на участие в списке сканирования (работу в режиме цифрового ввода).
- При работе с передней панели можно записывать данные только в один 8-битный порт вывода за раз. При работе через удаленный интерфейс возможна запись сразу в оба порта.
- Только при работе с передней панели возможен выбор использования двоичного или десятичного формата. После выбора системы счисления она будет использоваться для всех операций ввода и вывода по данному порту.
- Сброс до заводских настроек (команда \*RST), сброс в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet) и сброс платы (команда SYSTem:CPON) по удаленному интерфейсу переводят оба порта в режим портов ввода.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Нажатие кнопки  с передней панели выполняет сброс только выбранного в настоящий момент порта (а не сброс обоих портов).

- *Управление прибором с передней панели:* после выбора порта вывода нажмите кнопку  для изменения набора битов или десятичного значения (наименьший значащий бит располагается справа). Нажмите  еще раз для вывода набора битов в порт. Чтобы отменить выполняемую операцию вывода, дождитесь, пока время ожидания отображения на дисплее не истечет.

Только при работе с передней панели возможен выбор использования двоичного или десятичного формата.

 USE DECIMAL , USE BINARY

- *Управление по удаленному интерфейсу*: при работе по удаленному интерфейсу можно выводить 8-битный байт в один порт или 16-битное слово сразу в оба порта с помощью следующих команд. Необходимо указывать десятичное значение (двоичные данные не принимаются). Если производится запись в оба порта одновременно, команду следует адресовать порту 01.

SOUR:DIG:DATA:BYTE 10 ,(@302)	<i>Запись в порт 02</i>
SOUR:DIG:DATA:WORD 10327 ,(@301)	<i>Запись в оба порта</i>

## Операции с выходом ЦАП

В многофункциональном модуле (34907A) имеется два аналоговых выхода с низким уровнем шумов, обеспечивающих выдачу калиброванных напряжений в диапазоне  $\pm 12$  вольт с разрешением 16 бит. Каждый канал ЦАП (цифро-аналогового преобразователя) может использоваться, как программируемый источник напряжения для входов аналогового управления на других устройствах.

- В многофункциональном модуле каналы ЦАП имеют нумерацию «s04» (младший байт) и «s05», где *s* — номер слота.
- На выходах можно устанавливать любое значение напряжения между +12 В и -12 В пост. с шагом 1 мВ. Все ЦАП формируют напряжение относительно заземления; *они не могут быть плавающими*.
- Каждый канал ЦАП способен выдавать ток до макс. 10 мА.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Выходной ток по всем трем слотам (шести каналам ЦАП) необходимо ограничить суммарной величиной в 40 мА.

- Сброс до заводских настроек (\*RST command), сброс в предустановленное состояние (SYSTem:PRESet command) и сброс платы (SYSTem:CPON command) по удаленному интерфейсу сбрасывают напряжение на выходе обоих ЦАП к 0 VDC.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Нажатие кнопки  с передней панели выполняет сброс только выбранного в настоящий момент ЦАП (а не сброс обоих каналов ЦАП).

- *Управление прибором с передней панели:* после выбора требуемого ЦАП нажмите кнопку , чтобы изменить напряжение на его выходе. Нажмите кнопку  еще раз, чтобы подать указанное напряжение на выход канала ЦАП.
- *Управление по удаленному интерфейсу:* следующая команда подает напряжение +2,5 В пост. на выход ЦАП на канале 05.  
SOURCE:VOLT 2.5, (@305)

## Связанные с системой операции

Этот раздел содержит сведения по таким связанным с системой темам, как сохранение состояний прибора, считывание ошибок, выполнение самотестирования, отображение сообщений на передней панели, настройка системных часов, отключение внутреннего ЦММ, определение версий микропрограмм и считывание счетчика срабатываний реле.

### Память состояний

В приборе предусмотрено шесть энергонезависимых ячеек памяти для сохранения состояний прибора. Ячейки памяти состояний пронумерованы с 0 по 5. Прибор использует ячейку «0» для автоматического сохранения состояния прибора при отключении питания. При работе с передней панели каждой из ячеек (с 1 по 5) также можно присвоить имя.

- Состояние прибора можно сохранить в любой из шести ячеек в энергонезависимой памяти. Однако восстановить сохраненное состояние можно только из ячейки, в которой уже имеется сохраненное состояние. Ячейку «0» можно использовать для сохранения шестого состояния прибора. В то же время следует учитывать, что содержимое ячейки «0» автоматически перезаписывается при отключении и последующем включении питания.
- Прибор сохраняет состояния всех модулей, в том числе конфигурации всех каналов, настройки сканирования, значения уведомлений и значения масштабирования.
- При поставке прибора с завода ячейки ячеек с 1 по 5 пусты (ячейка 0 содержит состояние при включении питания).
- При поставке с завода прибор настроен на автоматическое восстановление после восстановления подачи питания состояния, которое предшествовало сбою питания (ячейка «0»). Можно изменить заводскую конфигурацию, чтобы при каждом включении питания выдавалась команда сброса до заводских настроек (команда \*RST).
- Перед восстановлением сохраненного состояния прибор проверяет, установлены ли в каждый из слотов те же модули, что и ранее. Если будет обнаружен установленный в слот модуль другого типа, то прибор выполняет действие, аналогичное сбросу платы (по команде SYSTem: CPON) для такого слота.

- Ячейкам памяти можно присваивать имена (ячейке «0» имя присвоить нельзя). Имя ячейки можно задавать с передней панели или через удаленный интерфейс, при этом восстановление настроек состояния с заданным именем может осуществляться только с передней панели. При работе через удаленный интерфейс можно только восстанавливать сохраненные состояния, используя их номера (от 0 до 5).
- Длина имени состояния может составлять до 12 символов. Первый символ *должен* быть буквой (A-Z), а остальные 11 символов могут быть либо буквами, либо цифрами (0-9), либо знаками подчеркивания («\_»). Пробелы (пустые знакоместа) не разрешены. При указании имени длиной более 12 символов выдается ошибка.
- Сброс до заводских настроек (команда \*RST) не влияет на сохраненные в памяти конфигурации. После сохранения состояния в памяти оно остается там, пока не будет перезаписано или явным образом удалено.
- *Управление прибором с передней панели:*

 NAME STATE , STORE STATE , RECALL STATE

После восстановления сохраненного состояния можно увидеть новый пункт меню (UNDO RECALL (ОТМЕНИТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЕ)), который появится в разделе RECALL STATE (ВОССТАНОВИТЬ СОСТОЯНИЕ)). Этот пункт позволяет отменить последнюю операцию восстановления состояния и вернуть предыдущее состояние. Также можно выбрать пункт LAST PWR DOWN (ПОСЛ. ВЫКЛ. ПИТАНИЯ), чтобы восстановить состояние прибора на момент выключения питания.

Чтобы настроить прибор на восстановление при возобновлении питания состояния перед отключением питания или на сброс до заводских настроек, выберите один из следующих пунктов.

 PWR ON LAST , PWR ON RESET

- *Управление по удаленному интерфейсу:* используйте следующие команды для сохранения и восстановления состояний прибора (состояние «0» — это состояние прибора на момент отключения питания).
  - \*SAV {0|1|2|3|4|5}
  - \*RCL {0|1|2|3|4|5}

Чтобы назначить сохраненному состоянию имя, по которому его можно будет вызвать с передней панели, отправьте следующую команду. При работе через удаленный интерфейс можно только восстанавливать сохраненные состояния, используя их номера (от 0 до 5).

```
MEM:STATE:NAME 1,TEST_RACK_1
```

Чтобы настроить прибор на автоматический сброс до заводских настроек (команда \*RST) при возобновлении подачи питания. отправьте следующую команду.

```
MEMory:STATe:RECa11:AUTO OFF
```

## Состояния ошибок

Загоревшийся на передней панели индикатор **ERROR** (ОШИБКА) сообщает об обнаружении одной или нескольких ошибок синтаксиса команд или аппаратных ошибок. В *очереди ошибок* прибора сохраняются данные о последних ошибках (до 10 ошибок для модели 34970A или до 20 ошибок для модели 34972A). *Полный список ошибок см. в Главе 5.*

- Ошибки возвращаются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). Первыми возвращаются данные об ошибке, которая была первой сохранена в памяти. После считывания информации об ошибке данные о ней очищаются. После прочтения всех ошибок из очереди индикатор **ERROR** (ОШИБКА) гаснет, и данные об ошибках очищаются. Прибор выдает один звуковой сигнал при каждом возникновении ошибки.
- Если произошло более 10 (34970A) или 20 (34972A) ошибок, то последняя сохраненная в очереди ошибка (самая недавняя) заменяется на ошибку *Error queue overflow* (Переполнение очереди ошибок). После этого дополнительные ошибки сохраняться не будут, пока вы не извлечете ошибки из очереди. Если во время прочтения очереди ошибок новых ошибок не произошло, то при чтении очереди ошибок прибор возвращает сообщение *No error* (Нет ошибок).
- Очередь ошибок отключается при выполнении команды \*CLS (очистка состояния), а также после отключения питания прибора. Кроме того, ошибки сбрасываются при прочтении очереди ошибок. Очередь ошибок не очищается при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) или сброса в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet).

- *Работа с передней панели:*

 ERRORS

Если индикатор **ERROR** (ОШИБКА) горит, нажмите  , чтобы просмотреть ошибку. Для перехода между ошибками используйте кнопку-регулятор. Нажмите  , чтобы просмотреть текст сообщения об ошибке.

Нажимайте  еще, чтобы увеличить скорость прокрутки (последнее нажатие кнопки останавливает прокрутку). При выходе из меню все ошибки сбрасываются.

- *Управление по удаленному интерфейсу:*

SYSTem:ERRor?      *Считать одну ошибку и удалить ее из очереди*

Сообщения об ошибках имеют следующий формат (длина строки ошибки может составлять до 80 символов).

-113,"Undefined header"

## Самотестирование

Самотестирование *при включении* происходит автоматически при включении прибора. Это ограниченное тестирование подтверждает работоспособность прибора и установленных в нем подключаемых модулей. При таком тестировании не выполняется исчерпывающе полный набор тестов, входящих в состав полного самотестирования, которое описывается ниже.

*Полное* самотестирование проводит ряд тестов и занимает приблизительно 20 секунд. Если все тесты будут пройдены успешно, можно с высокой степенью достоверности считать, что прибор и все установленные в нем подключаемые модули работоспособны.

- Если полное самотестирование будет пройдено успешно, на индикаторе передней панели появится надпись PASS (ПРОЙДЕНО). Если самотестирование не будет пройдено, появится надпись FAIL (СБОЙ), и загорится индикатор **ERROR** (ОШИБКА). Сведения о возврате прибора в Keysight для обслуживания см. в *Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A*.

- *Управление прибором с передней панели:* для выполнения полного самотестирования при работе с передней панели нажмите и удерживайте нажатой кнопку  в момент включения прибора; *удерживайте ее нажатой, пока не услышите длинный звуковой сигнал.* При отпускании клавиши после звукового сигнала запускается самотестирование.
- *Управление по удаленному интерфейсу:*
  - \*TST?Возвращает «0» при успешном прохождении самотестирования или «1» при сбое.

## Управление дисплеем

Из соображений безопасности, или же для незначительного ускорения сканирования может потребоваться отключить дисплей на передней панели. Используя удаленный интерфейс, также можно выводить на дисплей на передней панели 13-символьное сообщение.

- Отключить дисплей передней панели можно только путем отправки команды по удаленному интерфейсу (в локальном режиме отключить переднюю панель невозможно).
- После отключения на дисплее передней панели не отображаются никакие сообщения и не светится ни один индикатор, кроме индикатора **ERROR** (ОШИБКА). Все кнопки, за исключением кнопки , блокируются и перестают действовать.
- Дисплей автоматически включается при отключении и повторном включении питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST), а также при возврате к локальному режиму работы по нажатию кнопки .
- На передней панели прибора можно выводить сообщения посредством отправки команды по удаленному интерфейсу. Прибор выводит на передней панели до 13 символов сообщения включительно; при попытке отправки более 13 символов выдается сообщение об ошибке. В сообщениях можно использовать латинские буквы (A-Z), цифры (0-9) и специальные символы, такие как «@», «%», «\*» и т. д. Используйте символ «#» для вывода на дисплее символа градуса (°). Запятые, точки и точки с запятой отображаются на дисплее в том же знакоместе,



## Отключение внутреннего ЦММ

Выполнять сканирование настроенных каналов можно либо с помощью внутреннего ЦММ, либо с помощью внешнего прибора. При внешнем сканировании необходимо либо извлечь внутренний ЦММ из прибора, либо отключить его.

- Сведения об управлении сканированием с помощью внешнего прибора см. в «*Сканирование внешними приборами*» на странице 125.
- При поставке прибора с завода внутренний ЦММ в нем включен. При изменении состояния внутреннего ЦММ прибор выполняет сброс до заводских настроек (команда \*RST).
- Сброс до заводских настроек (команда \*RST) или сброс в предустановленное состояние (команда SYSTem: PRESet) *не меняют* конфигурацию внутреннего ЦММ.
- *Управление прибором с передней панели:*

 DMM ENABLED , DMM DISABLED

- Управление по удаленному интерфейсу:  
INSTrument:DMM {OFF|ON}

## Запрос версии микропрограммы

В приборе установлено три микропроцессора, которые управляют различными внутренними системами прибора. В каждом из подключаемых модулей также имеется собственный локальный микропроцессор на плате. Можно выполнить запрос к прибору и всем модулям, чтобы определить версии микропрограмм, установленных на каждом из микропроцессоров.

- Прибор возвращает три номера версий. Первое число — это версия микропрограммы процессора измерений; второе — версия микропрограммы процессора ввода/вывода; третье — версия микропрограммы процессора дисплея передней панели. Для каждого из подключаемых модулей прибор возвращает один номер версии — версию микропрограммы локального процессора на плате модуля.
- *Управление прибором с передней панели:*

 REV X.X-Y.Y-Z.Z (для 34970A)  
REV X.XX-Y.YY-Z (для 34972A)

Вращайте кнопку-регулятор для просмотра номеров версий микропрограмм модулей, установленных в каждый из трех слотов. Если в слоте нет модуля, будет отображаться сообщение EMPTY SLOT (ПУСТОЙ СЛОТ).

- *Управление по удаленному интерфейсу*: используйте следующую команду для считывания номеров версий системных микропрограмм (обязательно выделите для приема ответа строковую переменную длиной не менее 40 символов).

\*IDN?

Вышеуказанная команда возвращает строку вида:

Keysight Technologies,34970A,0,X.X-Y.Y-Z.Z

Keysight Technologies,34972A,0,I.II-O.OO-FP-FPGA

Дополнительную информацию см. в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

Используйте следующую команду для считывания номера версии микропрограммы модуля в указанном слоте (обязательно выделите для приема ответа строковую переменную длиной не менее 30 символов).

SYSTem:STYPe? {100|200|300}

Эта команда возвращает строку вида:

Keysight Technologies,34901A,0,X.X (для 34970A)

Keysight Technologies,0,0,0 (для 34970A)

Дополнительную информацию см. в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

## Счетчик срабатываний реле

В приборе реализована *система обслуживания реле*, которая помогает прогнозировать дату окончания срока службы реле. Прибор подсчитывает количество срабатываний каждого из реле в приборе и сохраняет их общее число в энергонезависимой памяти, расположенной на каждом из модулей коммутации. Эту функцию можно использовать для всех модулей, оснащенных реле, а также для внутреннего ЦММ.

- Помимо данных по реле каналов, можно также запрашивать значения счетчиков реле системной шины и реле банков. Обратите внимание: управлять состоянием этих реле с передней панели невозможно, но можно запрашивать число их срабатываний. Дополнительные сведения о нумерации и расположении каналов см. в *разделе «Обзор модулей», начиная со страницы 212.*
- Также можно запрашивать состояние трех реле во внутреннем ЦММ. Эти реле нумеруются «1», «2» и «3» (номера соответствуют реле K102, K103 и K104). Данные реле размыкаются или замыкаются при изменении функции измерений или диапазона измерений в модуле.
- Мультиплексор 34908A содержит 40 каналов, которые коммутируются (только HI) с помощью всего 20 реле. Каждое реле используется для коммутации сигнала HI в два разных канала (одновременно может быть замкнут только один из них). Каналы организованы таким образом, что каналы 01 и 21 используют разные контакты одного и того же реле. Остальные каналы образуют пары аналогичным образом (пару составляют каналы 02 и 22, каналы 03 и 23 и т. д.). Поэтому при запросе числа срабатываний реле в канале полученное число представляет количество замыканий для данного (общего) реле. Например, число срабатываний реле всегда будет одинаковым для каналов 01 и 21.
- Счетчик можно сбросить (операция возможна только по удаленному интерфейсу), но для этого защита прибора должна быть снята (см. *раздел «Обзор процедуры калибровки» на странице 201, в котором описано снятие защиты прибора*).
- Сведения о сроке службы реле и соображения, связанные с нагрузкой, см. в *разделе «Срок службы реле и профилактическое обслуживание», начиная со страницы 348.*
- *Управление прибором с передней панели:* чтобы считать счетчик для активного канала, выберите следующий пункт меню и поверните кнопку-регулятор. Чтобы считать счетчик для реле внутреннего ЦММ, вращайте кнопку-регулятор против часовой стрелки после достижения канала с наименьшим номером в приборе. Чтобы считать счетчики для «скрытых» реле основной шины и банков, вращайте кнопку-регулятор по часовой стрелке после достижения канала с наибольшим номером в текущем слоте.



RELAY CYCLES

- *Управление по удаленному интерфейсу*: чтобы считать счетчик срабатываний реле либо для внутреннего ЦММ (по всем трем реле), либо для указанных каналов модулей, отправьте следующие команды.

DIAG:DMM:CYCLES?

DIAG:RELAY:CYCLES? (@305 399)

Чтобы очистить (сбросить) счетчик либо для указанного реле внутреннего ЦММ, либо для указанных каналов модулей, отправьте следующие команды (для их выполнения защита прибора должна быть снята).

DIAG:DMM:CYCLES:CLEAR 2

DIAG:RELAY:CYCLES:CLEAR (@305,399)

## Мониторинг одного канала

При работе функции мониторинга прибор с максимальной возможной скоростью производит измерения по одному каналу даже во время сканирования. Эта функция полезна для диагностики и устранения неполадок в системе перед испытанием, а также для ожидания важного сигнала.

Все каналы, которые прибор может «считывать», также можно мониторить. Список таких каналов включает любые сочетания измерений температуры, напряжения, сопротивления, тока и периода в каналах мультиплексора. Также возможен мониторинг порта цифрового входа или суммирующего счетчика в многофункциональном модуле. Мониторинг *не поддерживается* для модулей актуаторов, матричных модулей и модулей ВЧ-мультиплексоров.

- Функция мониторинга равнозначна выполнению непрерывных измерений по одному каналу с неограниченным числом сканирований. Одновременно можно мониторить только один канал, но его можно в любой момент сменить.
- Показания, считанные функцией мониторинга, *не сохраняются* в памяти, но отображаются на передней панели (однако все показания, полученные выполнявшимся в это же время сканированием, сохраняются в памяти).
- Во время мониторинга к выбранному каналу применяются масштабирование  $Mx+V$  и пределы для уведомлений, а все данные уведомлений сохраняются в очереди уведомлений (которая будет сброшена в случае выключения питания).
- Сканирование всегда имеет приоритет перед функцией мониторинга. Тем не менее, во время каждого прохода сканирования прибор выполняет *по меньшей мере* одно измерение для мониторинга, а при наличии времени — больше.
- Мониторинг канала мультиплексора возможен лишь при установленном и включенном внутреннем ЦММ (см. *раздел «Отключение внутреннего ЦММ» на странице 179*). Канал также необходимо настроить, включив его в состав списка сканирования.
- Мониторить канал цифрового ввода или канал сумматора можно, даже когда канал не входит в состав списка сканирования (наличие внутреннего ЦММ также не обязательно). Счетчик канала сумматора *не сбрасывается* во время его мониторинга (мониторинг игнорирует режим сброса сумматора).

- В конфигурации сканирования по уведомлению (см. *раздел «Сканирование по уведомлению» на странице 115*) прибор выполняет проход по списку сканирования каждый раз, когда измеренное показание пересекает предел для уведомления в канале. В этой конфигурации можно использовать функцию мониторинга для непрерывного считывания показаний в выбранном канале (в ожидании срабатывания уведомления по этому каналу). Канал, мониторинг которого ведется, может входить в список сканирования, но он также может использоваться в многофункциональном модуле (который не обязательно должен входить в список сканирования и для которого не обязательно использовать функцию мониторинга).
- *Управление прибором с передней панели*: чтобы запустить мониторинг, нажмите кнопку . Вращайте кнопку-регулятор для перехода к требуемому каналу. Прибор начнет мониторинг после того, как выбранный канал будет приостановлен на несколько секунд.
- Чтобы остановить мониторинг, снова нажмите кнопку . Учтите, что при работе прибора в удаленном режиме тоже можно включить функцию мониторинга и выбрать нужный канал.
- *Управление по удаленному интерфейсу*: следующий сегмент программы выбирает канал для мониторинга (указывается только один канал) и включает функцию мониторинга.

```
ROUT:MON (@101)
```

```
ROUT:MON:STATE ON
```

Чтобы считать данные мониторинга из выбранного канала, используйте следующую команду. Эта команда возвращает только показание; единицы измерения, время измерений, сведения о канале и уведомлениях *не возвращаются* (настройки команды FORMat:READING не применяются к показаниям мониторинга).

```
ROUT:MON:DATA?
```

## Запрос версии языка SCPI

Прибор соответствует правилам и соглашениям текущей версии языка SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*). Определить версию SCPI, которая реализована в приборе, можно посредством отправки команды по удаленному интерфейсу.

*Запросить версию SCPI с передней панели невозможно.*

– Следующая команда возвращает версию SCPI.

```
SYSTem:VERSion?
```

Возвращает строку вида «YYYY.V», где «YYYY» представляет год версии, а «V» представляет номер версии для этого года (например: 1994.0).

## Подсистема запоминающих устройств (USB) — 34972A

В этом разделе приводятся сведения о подсистеме запоминающих устройств (только для модели 34972A). Подсистема запоминающих устройств позволяет записывать данные на USB-накопитель, подключенный к порту USB прибора, а также импортировать с него конфигурацию прибора.

### Общие функции

Подсистема запоминающих устройств поддерживает следующие функции.

- 1** Автоматическая потоковая передача сканируемых данных на USB-накопитель в ходе сканирования.
  - Имена файлов присваиваются автоматически.
  - Данные записываются и на USB-накопитель, и в память показаний одновременно. Большинство внутренних операций прибора продолжает работать с данными во внутренней памяти показаний.
  - Если используется настройка TRIGger:COUNT INFinity и производится регистрация более чем 50 000 показаний, то память показаний заполнится и в дальнейшем переполнится, начнется удаление и перезапись самых старых данных. Потоковая запись на USB-накопитель продолжится и после переполнения памяти показаний, что позволяет сохранить все данные (до  $2^{32}$  проходов сканирования, или до ограничений, налагаемых USB-накопителем).
- 2** Копирование данных из памяти показаний на USB-накопитель
  - Имена файлов присваиваются автоматически.
  - После завершения сканирования память показаний (до 50 000 показаний) можно экспортировать на USB-накопитель.
- 3** Настройка прибора в соответствии с конфигурациями каналов, указанными в программе Keysight BenchLink Data Logger.
  - Keysight BenchLink Data Logger позволяет сохранять файлы конфигурации (BLCFG-файлы) на USB-накопитель. Затем можно импортировать файл, сохраненный на USB-накопителе, в прибор.

С USB-накопителем связано два индикатора:

**MEM** (горит) – указывает, что к прибору 34972A подключен USB-накопитель.

**MEM** (мигает) – указывает, что на USB-накопителе производится либо потоковая запись данных (регистрация на USB-накопитель), либо копирование из памяти показаний (экспорт на USB-накопитель), либо импорт конфигурации из Keysight BenchLink Data Logger.

**AUTO** (горит) – указывает, что регистрация данных на накопителе включена.

- Чтобы избежать потери данных или неполной настройки прибора, не отключайте USB-накопитель при мигающем индикаторе **MEM** (ПАМЯТЬ).
- 4** Управление файлами на USB-накопителе по протоколу FTP. Обычно протокол FTP используется для загрузки файлов с USB-накопителя, подключенного к прибору 34972A, и удаления этих файлов с накопителя. Типичный сеанс работы с FTP показан ниже.
- В приглашении командной строки введите и запустите команду **FTP AAA.BBB.CCC.DDD**, чтобы начать сеанс FTP. Подставьте цифры IP-адреса вашего прибора вместо **AAA.BBB.CCC.DDD**.
  - Программное обеспечение запросит имя пользователя и пароль. Имя пользователя — **Anonymous**, а в качестве пароля можно указать любую строку, например **xyz**.
  - Введите команду **CD DATA** для входа в каталог USB-накопителя.
  - Введите команду **DIR**, чтобы получить каталог файлов на USB-накопителе.
  - Введите команду **CD MY00012345/20091210\_134523123** для перехода в каталог, содержащий данные, которые необходимо загрузить с USB-накопителя на ваш локальный компьютер (разумеется, точное имя каталога будет другим).
  - Введите команду **ascii**, чтобы обеспечить передачу правильного типа файла.
  - Введите команду **get dat00001.csv** для загрузки файла под указанным в команде именем, или введите команду **mget \*.csv**, чтобы загрузить все файлы с расширением «CSV». Во время загрузки индикатор **MEM** (ПАМЯТЬ) мигать не будет.

- Введите команду `delete data00001.csv` для удаления файла под указанным в команде именем, или введите команду `mdelete *.csv` для удаления всех файлов с расширением «CSV».
- Введите команду `quit`, чтобы завершить сеанс FTP.

Более подробные сведения см. в документации по FTP вашего компьютера.

## Команды SCPI

В этом разделе рассматриваются функции, доступные с передней панели; управлять подсистемой запоминающих устройств также можно с помощью следующих команд:

- `MMEMory:FORMat:READing:CSEParator <разделитель_столбцов>`
- `MMEMory:FORMat:READing:CSEParator?`
- `MMEMory:FORMat:READing:RLIMit <предел_строк>`
- `MMEMory:FORMat:READing:RLIMit?`
- `MMEMory:LOG[:ENABle] <состояние>`
- `MMEMory:LOG[:ENABle]?`
- `MMEMory:EXPort?`
- `MMEMory:IMPort:CONFIguration? "<файл_конфигурации>"`
- `MMEMory:IMPort:CATalog?`

Дополнительные сведения о командах SCPI, позволяющих программировать прибор по удаленному интерфейсу, см. в описании команд `MMEMory` в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

## Структура папок и файлов

### Описание папок

Каждое сохраненное сканирование сохраняется в папке верхнего уровня под именем следующего вида:

```
/34972A/data/[Серийный_№_прибора]/[ггггммдд_ччммсссттт]
```

Квадратные скобки ( [ ] ) не включаются в фактическое имя каталога, а гггммдд\_ччммсссттт — это временная метка, указывающая приблизительное время начала сканирования. Она имеет следующий формат: год (ггг), месяц (мм), день (дд), символ подчеркивания (\_), часы (чч), минуты (мм), секунды (сс) и тысячные доли секунды (тттт).

Например, имя папки:

```
/34972A/data/MY00012345/20091210_134523123
```

сообщает, что сканирование производилось на приборе с серийным номером MY00012345 и началось приблизительно в 23,123 секунды, 13 часов 45 минут 10 декабря 2009 года.

### Описания файлов

В описанных выше папках верхнего уровня будут содержаться файлы двух типов. Первый — это файл со следующим именем:

```
config.csv
```

Это текстовый файл, в котором фиксируется конфигурация прибора, использовавшаяся при данном сканировании. Структура метки времени описана выше. В этом файле приводятся данные о конфигурации прибора в удобочитаемом для человека виде.

Помимо файла `config.csv`, в каталоге будет один или несколько файлов данных с именами следующего вида:

```
dat#####.csv
```

Если используется команда `MMEmory:FORMat:READing:RLIMit OFF`, то все данные будут сохраняться в одном файле под именем `dat00001.csv`.

Можно отправить команду `MMEmory:FORMat:READing:RLIMit ON`, чтобы ограничить объем данных в одном файле 64K - 1 (65 535) проходами, в таком случае данные проходов могут сохраняться во многих файлах с именами вида `dat00001.csv`, `dat00002.csv`, `dat00003.csv` и т. д. Это может быть полезно при импорте данных в электронные таблицы или другие программы анализа данных. Учтите, что в некоторых программах электронных таблиц или анализа данных данные могут легче импортироваться, если изменить расширение файлов с `csv` на `txt`. Если в вашей программе файл не импортируется надлежащим образом, попробуйте поменять расширение этого файла данных.

## Содержимое файлов данных

Регистрация данных в файлах данных поддерживается только для каналов, которые входят в список сканирования. Список каналов, для которых это возможно, приведен в таблице ниже; учтите, что буква *p* обозначает номер слота, который может быть равен 1, 2 или 3.

Например, для модуля 34901A могут поддерживаться номера каналов 101-120, 201-220 или 301-320.

Модуль	Описание	Каналы
34901A	20-канальный 2-проводной мультиплексор на якорных реле	s01–s20
34902A	16-канальный 2-проводной герконовый мультиплексор	s01–s16
34907A	2-канальный вход цифрового ввода-вывода (DIO)	s01–s02
34907A	1-канальный сумматор	s03
34908A	40-канальный 1-проводной мультиплексор на якорных реле	s01–s40

Формат всех файлов данных на USB-накопителе сходен с форматом, в котором ПО Keysight BenchLink Data Logger сохраняет данные изначально. Начальный разделитель полей — запятая, но с помощью следующей команды можно указать другой разделитель.

**MMEMory: FORMat: READIng: CSEParator {TAB|COMMa|SEMicolon}**

Пример файла показан ниже.

Sweep #	Time	Chan 201 (VDC)	Chan 202 (VDC)
1	01/26/2009 08:07:12:237	0.36823663	1.23895216
2	01/26/2009 08:07:13:237	0.62819233	0.98372939
3	01/26/2009 08:07:14:237	0.38238212	0.39382906
4	01/26/2009 08:07:15:237	0.46773299	0.55543345
5	01/26/2009 08:07:16:237	1.32323567	0.21213335

– Номера каналов и связанные с ними единицы измерения указываются в строке заголовка.

- Если функция предела строк включена (ON) и данные выходят за пределы одного файла, то сквозная нумерация сканирований продолжается с номера, на котором она закончилась в предыдущем файле. Таким образом, первое сканирование во втором файле данных будет иметь номер 65 536, первое сканирование в третьем файле данных — номер 131 071 и т. д.

## Работа с USB-накопителем с передней панели – 34972A

В этом разделе приводятся сведения о настройке USB-накопителя с передней панели. Дополнительные сведения об USB-накопителе см. в «*Подсистема запоминающих устройств (USB) — 34972A*» на странице 186. Дополнительные сведения о командах SCPI, позволяющих настраивать USB-накопитель по удаленному интерфейсу, см. в описании команд подсистемы MMEMory в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

### Настройка автоматической регистрации

USB-накопитель можно настроить на автоматическую регистрацию показаний.

*Управление прибором с передней панели:*

 LOG READINGS AUTO/OFF

### Экспорт показаний

Показания можно экспортировать из памяти показаний на USB-накопитель.

– *Управление прибором с передней панели:*

 EXPORT READNG YES/NO

## Форматирование показаний

Форматом хранения показаний на USB-накопителе можно управлять. В частности, можно выбрать, будут ли показания сохраняться в одном большом файле (ROWS/FILE:AUTO) или же в последовательности файлов по 64К — 1 строки в каждом (ROWS/FILE:64K). Также можно указать, какой разделитель столбцов должен использоваться в файлах: символ табуляции, запятая или точка с запятой.

– *Управление прибором с передней панели:*

-  FORMAT READNG ROWS/FILE:AUTO
-  FORMAT READNG ROWS/FILE:64K
-  FORMAT READNG SEP: TAB
-  FORMAT READNG SEP: COMMA
-  FORMAT READNG SEP: SEMICOLON

## Импорт конфигурации прибора

На прибор можно импортировать конфигурацию прибора, сохраненную в файле конфигурации Keysight BenchLink Data Logger (BLCFG-файле) в корневом каталоге USB-накопителя.

– *Управление прибором с передней панели:*

-  IMPORT CONFIG

## Настройка удаленного интерфейса – 34970A

Этот раздел содержит сведения о настройке модели 34970A для коммуникации по удаленному интерфейсу. Дополнительные сведения о настройке прибора с передней панели см. в *разделе «Настройка удаленного интерфейса», начиная со страницы 67*. Дополнительные сведения о командах SCPI, позволяющих программировать прибор по удаленному интерфейсу, см. в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

### Адрес GPIB

У каждого устройства на интерфейсе GPIB (IEEE-488) должен быть собственный уникальный адрес. Для прибора можно установить любое значение адреса от 0 до 30. При отгрузке прибора с завода на нем установлен адрес «9». Адрес GPIB отображается при включении питания прибора.

Устанавливать адрес GPIB можно только с передней панели.

- Адрес сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не изменяется* после отключения питания, сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- У платы интерфейса GPIB на вашем компьютере также имеется собственный адрес. Не устанавливайте ни для одного из приборов на шине интерфейса адрес, совпадающий с адресом компьютера. Платы контроллеров интерфейса GPIB компании Keysight обычно используют адрес «21».
- *Управление прибором с передней панели:*

 ADDRESS 09

### Выбор удаленного интерфейса

Прибор 34970A поставляется с двумя установленными интерфейсами: GPIB (IEEE-488) и RS-232. Одновременно может быть выбран только один интерфейс. При отгрузке прибора с завода на нем выбирается интерфейс GPIB.

- Выбор интерфейса сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).

- В случае выбора интерфейса GPIB необходимо также выбрать уникальный адрес для прибора. При включении питания прибора адрес GPIB отображается на передней панели.
- В случае выбора интерфейса RS-232 необходимо также выбрать скорость передачи, режим бита четности и режим управления потоком на приборе. При включении питания прибора на передней панели отображается сообщение «RS-232».
- *Управление прибором с передней панели:*  
 GPIB / 488 , RS-232
- *Управление по удаленному интерфейсу:*  
SYSTem:INTerface {GPIB|RS232}

## Выбор скорости передачи данных (RS-232)

Для работы интерфейса RS-232 можно выбрать одну из восьми скоростей передачи данных. При отгрузке прибора с завода на нем установлена скорость 57 600 бод.

*Устанавливать скорость передачи можно только с передней панели.*

- Выберите одно из следующих значений: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 (заводская настройка) или 115200 бод.
- Выбор скорости передачи данных сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- *Управление прибором с передней панели:*

 19200 BAUD

## Выбор бита четности (RS-232)

Для работы интерфейса RS-232 можно выбрать режим бита четности. При отгрузке прибора с завода на нем установлен режим передачи 8 битов данных без бита четности.

*Устанавливать режим бита четности можно только с передней панели.*

- Выберите одно из следующих значений: None (Нет, 8 битов данных), Even (Чет, 7 битов данных) или Odd (Нечет, 7 битов данных). Установка режима четности также косвенно задает число битов данных.
- Выбор режима бита четности сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- *Управление прибором с передней панели:*

 EVEN, 7 BITS

## Выбор режима управления потоком данных (RS-232)

Можно выбрать один из нескольких способов *управления потоком*, координирующих процесс передачи данных между прибором и вашим компьютером или модемом. Выбор способа определяется тем, какой режим управления потоком применяется на вашем компьютере или модеме.

*Устанавливать режим управления потоком можно только с передней панели.*

- Выберите одно из следующих значений: None (без управления потоком данных), **XON/XOFF** (заводская настройка), DTR/DSR, RTS/CTS или Modem (модем).
- *None (Нет)*: в этом режиме данные по интерфейсу отправляются и принимаются без какого-либо управления потоком. При использовании этого способа устанавливайте низкую скорость передачи (< 9600 бод) и не пересылайте более чем 128 символов без останова или считывания ответа.
- *XON/XOFF*: в этом режиме для управления потоком данных используются специальные символы, добавляемые в поток данных. В случае запроса к прибору на отправку данных он продолжает передавать данные, пока не получит символ XOFF (13H). Прибор возобновляет передачу данных после получения символа XON (11H).
- *DTR/DSR*: в этом режиме прибор мониторит состояние линии DSR (сигнал готовности данных) в разъеме RS-232. Когда на линии устанавливается уровень логической единицы, прибор отправляет данные

по интерфейсу. Если уровень на линии меняется на логический ноль, прибор прекращает отправлять информацию (обычно не более чем через шесть символов). Прибор устанавливает на линии DTR уровень логического нуля, когда входной буфер почти заполнен (около 100 символов) и восстанавливает предыдущий уровень, когда пространство в буфере снова освободится.

- *RTS/CTS*: этот режим работает аналогично режиму *DTR/DSR*, но в нем используются линии RTS (запрос на отправку) и CTS (разрешение отправки) разъема RS-232. Когда на линии CTS устанавливается уровень логической единицы, прибор отправляет данные по интерфейсу. Если уровень на линии меняется на логический ноль, прибор прекращает отправлять информацию (обычно не более чем через шесть символов). Прибор устанавливает на линии RTS уровень логического нуля, когда входной буфер почти заполнен (около 100 символов) и восстанавливает предыдущий уровень, когда пространство в буфере снова освободится.
- *Modem* (Модем): в этом режиме для управления обменом данными между прибором и модемом используются линии DTR/DSR и RTS/CTS. При выборе интерфейса RS-232 прибор устанавливает на линии DTR логическую единицу. На линии DSR устанавливается уровень логической единицы, когда модем установит подключение. Прибор устанавливает на линии RTS логическую единицу, когда он готов к приему данных. Модем устанавливает на линии CTS логическую единицу, когда он готов к получению данных. Прибор устанавливает на линии RTS уровень логического нуля, когда входной буфер почти заполнен (около 100 символов) и восстанавливает предыдущий уровень, когда пространство в буфере снова освободится.
- Выбор режима управления потоком сохраняется в *энергонезависимой* памяти и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- *Управление прибором с передней панели:*

 FLOW RTS/CTS

## Настройка удаленного интерфейса – 34972A

Этот раздел содержит сведения о настройке прибора для обмена данными по удаленному интерфейсу. Дополнительные сведения о настройке прибора с передней панели см. в *разделе «Настройка удаленного интерфейса», начиная со страницы 69*. Дополнительные сведения о командах SCPI, позволяющих программировать прибор по удаленному интерфейсу, см. в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

Все эти пункты меню доступны из следующего меню верхнего уровня:

 LAN INTERFACE

### Включение и выключение LAN-соединения

LAN-соединение можно включать и выключать. Если вы не управляете прибором через LAN, может быть разумно отключить LAN-соединение, чтобы никто другой не мог подключиться к прибору по LAN.

– *Управление прибором с передней панели:*

 LAN ENABLED/DISABLED

### Определение состояния LAN-соединения

Можно определить, подключен ли прибор к сети LAN. Этот пункт меню позволяет лишь узнавать состояние; из него нельзя инициировать подключение. Если прибор будет отключен от сети, может пройти до 30 секунд, прежде чем появится сообщение об отсутствии LAN-соединения LXI FAULT.

– *Управление прибором с передней панели:*

 STAT:CONNECTED/LXI FAULT

### Сброс LAN

Настройки LAN вашего прибора можно сбросить к начальным значениям.

– *Управление прибором с передней панели:*

 RESET LAN: NO/YES

## Включение и выключение DHCP

Протокол динамической настройки хостов (Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP) можно включать и выключать. При включенном протоколе DHCP (начальная заводская настройка) прибор пытается получить IP-адрес у сервера DHCP. В случае обнаружения DHCP-сервера он назначает прибору динамический IP-адрес, маску подсети и начальный шлюз.

Если DHCP-сервер не будет найден, прибор задействует AutoIP для автоматической настройки параметров IP-сети в диапазоне автоматической частной IP-адресации (169.254.xxx.xxx).

При отключенном DHCP прибор использует во время включения статические настройки IP-адреса, маски подсети, начального шлюза и сервера DNS.

– *Управление прибором с передней панели:*

 DHCP ENABLED/DISABLED

## Настройка IP-адреса

Для прибора 34972A можно настраивать IP-адрес. Этот параметр в меню присваивает прибору статический IP-адрес. Для настройки этого параметра с передней панели необходимо отключить DHCP.

Статический IP-адрес применяется при отключенном DHCP. В случае включения протокола DHCP он назначает IP-адрес автоматически. Такой автоматически назначенный IP-адрес имеет приоритет относительно статического IP-адреса, назначенного с помощью данной функции.

– *Управление прибором с передней панели:*

 IP ADDRESS

## Настройка маски подсети

Для соединения с LAN можно настроить маску подсети. Этот параметр в меню присваивает прибору маску подсети. Прибор использует маску подсети для определения того, находится ли клиентский IP-адрес в одной локальной подсети с ним. Для настройки этого параметра с передней панели необходимо отключить DHCP.

Если клиентский IP-адрес находится в другой подсети, то все пакеты для него необходимо пересылать через начальный шлюз. Обратитесь к своему сетевому администратору, чтобы выяснить, применяются ли у вас подсети, а также узнать правильную маску подсети.

- *Управление прибором с передней панели:*

 SUBNET MASK

## Настройка начального шлюза

Для соединения с LAN можно настроить начальный шлюз. Обратитесь к своему сетевому администратору, чтобы выяснить, применяются ли у вас подсети, а также узнать правильный адрес шлюза. В случае включения протокола DHCP он назначает шлюз автоматически. Такой автоматически назначенный шлюз имеет приоритет относительно статического шлюза, назначенного с помощью данного параметра меню. Для настройки этого параметра с передней панели необходимо отключить DHCP.

- *Управление прибором с передней панели:*

 DEF GATEWAY

## Настройка DNS-сервера

Для соединения с LAN можно настроить адрес DNS-сервера. Обратитесь к своему сетевому администратору, чтобы выяснить, применяется ли у вас DNS-сервер, а также узнать его правильный адрес. В случае наличия сервера DHCP и включения протокола DHCP он назначает адрес DNS-сервера автоматически. Такой автоматически назначенный адрес DNS-сервера имеет приоритет относительно статического адреса DNS-сервера, назначенного с помощью данного пункта меню. Для настройки этого параметра с передней панели необходимо отключить DHCP.

- *Управление прибором с передней панели:*

 DNS SERVER

## Просмотр MAC-адреса

Для прибора 34972A можно просматривать MAC-адрес. Этот адрес имеет вид ##:##:##:##:##:##, где каждому символу # соответствует шестнадцатеричная цифра (0-9 или A-F). Для работы LAN требуется, чтобы у каждого подключенного к сети устройства был уникальный MAC-адрес. MAC-адрес каждого из приборов определяется на производстве, изменить его невозможно.

- *Управление прибором с передней панели:*

 MAC ADDRESS

## Обзор процедуры калибровки

Этот раздел содержит краткое вводное описание функций калибровки прибора и подключаемых модулей. Более подробное обсуждение процедур калибровки см. в *главе 4 Руководства по обслуживанию 34970A/34792A*.

### Защита калибровки

Эта функция позволяет вводить код безопасности, чтобы исключить случайную или неразрешенную калибровку прибора. В момент поставки прибора он находится в защищенном состоянии. Прежде чем можно будет калибровать прибор, необходимо снять защиту, введя правильный код безопасности.

*Если вы забудете код защиты, функцию защиты можно отключить, установив перемычку внутри прибора. Более подробные сведения см. в Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A.*

- При отгрузке прибора с завода на нем установлен код безопасности «KT034970» или «KT034972», в зависимости от номера модели. Код безопасности сохраняется в *энергонезависимой* памяти базового блока и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- Код безопасности может содержать до 12 буквенно-цифровых символов включительно. Первый символ *должен* быть буквой, а остальные символы могут быть либо буквами, либо цифрами, либо знаками подчеркивания ( \_ ). Использовать все 12 символов в коде не обязательно, но первый символ обязательно должен быть буквой.

### Снятие защиты для калибровки

Снять защиту прибора можно либо с передней панели, либо по удаленному интерфейсу. При отгрузке прибора с завода он защищен, и на нем установлен код безопасности «КТ034970» или «КТ034972», в зависимости от номера модели.

- После ввода кода безопасности этот код необходимо использовать и при работе с передней панели, и при удаленном управлении. Например, если защитить прибор, введя код с передней панели, то для снятия защиты по удаленному интерфейсу потребуется использовать тот же самый код.
- *Управление прибором с передней панели:*

 UNSECURE CAL

При первом входе в служебное меню *Utility* пункт меню калибровки переключается между надписями CAL SECURED (ЗАЩИЩЕН ОТ КАЛИБРОВКИ) и UNSECURE CAL (СНЯТЬ ЗАЩИТУ КАЛИБРОВКИ). Чтобы снять защиту калибровки, выберите вариант UNSECURE CAL (СНЯТЬ ЗАЩИТУ КАЛИБРОВКИ) и нажмите кнопку . После ввода правильного кода безопасности нажмите кнопку  еще раз. При последующем возврате в меню в нем появятся другие варианты выбора: CAL UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН ОТ КАЛИБРОВКИ) и SECURE CAL (УСТАНОВИТЬ ЗАЩИТУ КАЛИБРОВКИ).

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если ввести неправильный код безопасности, отобразится надпись NO MATCH (НЕСОВПАДЕНИЕ), и отобразится новый вариант выбора, EXIT (ВЫЙТИ).

- *Управление по удаленному интерфейсу:* чтобы снять защиту прибора, отправьте следующую команду, указав правильный код безопасности.  
CAL:SECURE:STATE OFF,КТ034970

## Защита от калибровки

Защитить прибор от калибровки можно либо с передней панели, либо по удаленному интерфейсу. При отгрузке прибора с завода он защищен, и на нем установлен код безопасности «КТ034970» или «КТ034972», в зависимости от номера модели.

- После ввода кода безопасности этот код необходимо использовать и при работе с передней панели, и при удаленном управлении. Например, если защитить прибор, введя код с передней панели, то для снятия защиты по удаленному интерфейсу потребуется использовать тот же самый код.
- *Управление прибором с передней панели:*

 SECURE CAL

При входе в служебное меню *Utility* пункт меню калибровки переключается между надписями CAL UNSECURED (НЕ ЗАЩИЩЕН ОТ КАЛИБРОВКИ) и SECURE CAL (ЗАЩИТИТЬ ОТ КАЛИБРОВКИ). Чтобы установить защиту калибровки, выберите вариант SECURE CAL

(ЗАЩИТИТЬ ОТ КАЛИБРОВКИ) и нажмите кнопку  . После ввода требуемого кода безопасности нажмите кнопку  еще раз. При последующем возврате в меню в нем появятся другие варианты выбора: CAL SECURED (ЗАЩИЩЕН ОТ КАЛИБРОВКИ) и UNSECURE CAL (СНЯТЬ ЗАЩИТУ КАЛИБРОВКИ).

- *Управление по удаленному интерфейсу:* чтобы защитить прибор от калибровки, отправьте следующую команду, указав требуемый код безопасности.

```
CAL:SECURE:STATE ON,КТ034970
```

## Изменение кода безопасности

Чтобы изменить код безопасности, необходимо сначала снять защиту прибора, а потом ввести новый код. Обязательно прочтите правила выбора кодов безопасности на [странице 201](#), прежде чем менять код безопасности.

- *Управление прибором с передней панели:* для изменения кода безопасности сначала убедитесь, что защита прибора снята. Перейдите к пункту SECURE CAL (ЗАЩИТИТЬ ОТ КАЛИБРОВКИ), введите новый код

безопасности и нажмите кнопку  (после этого прибор будет защищен новым кодом). При изменении кода с передней панели также меняется и код для работы через удаленный интерфейс.

- *Управление по удаленному интерфейсу*: для изменения кода безопасности сначала снимите защиту прибора, указав старый код безопасности. Затем введите новый код, как показано ниже.

CAL:SECURE:STATE OFF, KТ034970

*Снятие защиты с использованием старого кода*

CAL:SECURE:CODE ZZ007943

*Ввод нового кода*

## Сообщение калибровки

Прибор позволяет сохранять одно сообщение в памяти калибровки в базовом блоке. Например, в нем можно сохранить такую информацию, как дата выполнения последней калибровки, дата очередной плановой калибровки, серийный номер прибора или даже имя и номер телефона лица, с которым надо будет связаться для проведения новой калибровки.

- Записывать сообщение калибровки можно *только* по удаленному интерфейсу и *только* при условии, что прибор не защищен. Просматривать сообщение калибровки можно как с передней панели, так и через удаленный интерфейс. Чтение сообщения калибровки возможно и при защищенном, и при незащищенном приборе.
- Длина сообщения калибровки может составлять до 40 символов. При работе с передней панели можно просматривать только по 13 символов сообщения за раз. Нажмите кнопку  для прокрутки текста сообщения. Нажмите  еще раз для ускорения прокрутки.
- При записи сообщения калибровки ранее сохраненное в памяти сообщение теряется.
- Сообщение калибровки сохраняется в *энергонезависимой* памяти базового блока и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- *Управление прибором с передней панели*:

  CAL MESSAGE

- *Управление по удаленному интерфейсу:* чтобы сохранить сообщение калибровки, подайте следующую команду.  
CAL:STRING 'CAL: 06-01-98'

## Счетчик калибровок

Можно запросить прибор, чтобы определить, сколько калибровок прибора выполнялось. Учтите, что прибор прошел калибровку перед отправкой вам с завода. После получения прибора обязательно проверьте счетчик калибровок, чтобы определить его первоначальное значение.

- Счетчик калибровок сохраняется в *энергонезависимой* памяти базового блока и *не изменяется* после отключения питания, после сброса до заводских настроек (по команде \*RST) и после сброса в предустановленное состояние (по команде SYSTem:PRESet).
- Счетчик калибровок увеличивается до максимального значения, равного 65 535, после чего он сбрасывается и начинает отсчет заново с 0. Поскольку это значение увеличивается на единицу в каждой точке калибровки, после полной калибровки значение может возрасти на много единиц.
- Значение счетчика калибровок также увеличивается при калибровках каналов ЦАП на многофункциональном модуле.
- *Управление прибором с передней панели:*

  CAL COUNT

- *Управление по удаленному интерфейсу:*  
CALibration:COUNT?

## Состояние заводских настроек

В следующей таблице приведено состояние прибора после выполнения сброса до заводских настроек с помощью пункта FACTORY RESET меню *Sto/Rcl* или выполнения команды \*RST по удаленному интерфейсу.

<b>Настройка измерений</b>	<b>Состояние заводских настроек</b>
Функция	Пост. напр., В
Диапазон	Автовывбор диапазона
Разрешение	5½ разряда
Время интеграции	1 ПСП
Сопротивление входа	10 МОм (фиксированное для всех диапазонов перем. напр.)
Задержка канала	Автоматическая задержка
Режим сброса сумматора	Счетчик не сбрасывается при чтении
Определение фронта сумматора	Нарастающий фронт
<b>Операции сканирования</b>	<b>Состояние заводских настроек</b>
Список сканирования	Пуст
Память показаний	Все показания очищены
Мин., макс. и среднее значения	Не изменяются
Источник запуска сканирования	Непосредственные
Интервал сканирования (используется с TRIGger:SOURce TIMer)	10 секунд
Число сканирований	1
Формат показаний при сканировании	Только показание (без единиц измерения, канала и времени)
Мониторинг выполняется	Остановлен

<b>Масштабирование типа МхВ</b>	<b>Состояние заводских настроек</b>
Коэффициент усиления («М»)	1
Коэффициент масштабирования («В»)	0
Метка масштабирования	«VDC»
<b>Пределы уведомлений</b>	<b>Состояние заводских настроек</b>
Очередь уведомлений	Не очищается
Состояние уведомлений	Выкл
Верхние (HI) и нижние (LO) пределы для уведомлений	0
Выход уведомлений	Выход уведомления 1
Настройка выхода уведомлений	Режим защелок
Состояние выхода уведомлений	Линии выхода сброшены
Форма сигнала выхода уведомлений	Сбой = низкий

<b>Оборудование модулей</b>	<b>Состояние заводских настроек</b>
34901A, 34902A, 34908A	Все каналы открыты (разомкнуты)
34903A, 34904A	Все каналы открыты (разомкнуты)
34905A, 34906A	Выбраны каналы s11 и s21
34907A	Оба порта ЦВВ = входы, Суммирующий счетчик = 0, оба ЦАП = 0 В пост.
<b>Связанные с системой операции</b>	<b>Состояние заводских настроек</b>
Состояние дисплея	Вкл
Очередь ошибок	Ошибки не очищаются
Сохраненные состояния	Без изменений

## Предустановленное состояние прибора

В следующей таблице приведено состояние прибора после выполнения сброса в предустановленное состояние помощью пункта PRESET в меню *Sto/Rcl* или команды *SYSTem:PRESet* по удаленному интерфейсу.

<b>Настройка измерений</b>	<b>Предустановленное состояние прибора</b>
Функция	Без изменений
Диапазон	Без изменений
Разрешение	Без изменений
Расширенные настройки	Без изменений
Режим сброса сумматора	Счетчик не сбрасывается при чтении
Определение фронта сумматора	Нарастающий фронт
<b>Операции сканирования</b>	<b>Предустановленное состояние прибора</b>
Список сканирования	Без изменений
Память показаний	Все показания очищены
Мин., макс. и среднее значения	Без изменений
Источник запуска сканирования	Без изменений
Интервал сканирования	Без изменений
Число сканирований	Без изменений
Формат показаний при сканировании	Без изменений
Мониторинг выполняется	Остановлен
<b>Масштабирование типа Mx+B</b>	<b>Предустановленное состояние прибора</b>
Коэффициент усиления («M»)	Без изменений
Коэффициент масштабирования («B»)	Без изменений
Метка масштабирования	Без изменений
<b>Пределы уведомлений</b>	<b>Предустановленное состояние прибора</b>
Очередь уведомлений	Без изменений
Состояние уведомлений	Без изменений
Верхние (HI) и нижние (LO) пределы для уведомлений	Без изменений
Настройка выхода уведомлений	Без изменений
Состояние выхода уведомлений	Линии выхода сброшены
Форма сигнала выхода уведомлений	Без изменений

<p><b>Оборудование модулей</b>                  34901A, 34902A, 34908A                  34903A, 34904A                  34905A, 34906A                  34907A</p>	<p><b>Предустановленное состояние прибора</b>                  Все каналы открыты (разомкнуты)                  Все каналы открыты (разомкнуты)                  Выбраны каналы s11 и s21                  Оба порта ЦВВ = входы,                  суммирующий счетчик = 0, оба ЦАП = 0 В пост.</p>
<p><b>Связанные с системой операции</b>                  Состояние дисплея                  Очередь ошибок                  Сохраненные состояния</p>	<p><b>Предустановленное состояние прибора</b>                  Без изменений                  Ошибки не очищаются                  Без изменений</p>

## Начальные настройки модуля мультиплексора

В таблице ниже приведены начальные настройки для каждой из функций измерений в модулях мультиплексоров. При настройке канала на выполнение определенной функции измерений эти настройки устанавливаются изначально.

<b>Измерения температуры</b>	<b>Начальная настройка</b>
Единицы измерения температуры	°C
Время интеграции	1 ПСП
Разрешение показаний на дисплее	0,1°C
Тип термопары	Тип J
Обнаружение обрыва термопары	Выкл
Источник эталонного спая	Внутренний
Тип РДТ	$\alpha = 0,00385$
Эталонное сопротивление РДТ	$R_0 = 100\text{Ом}$
Тип термистора	5 кОм
Задержка канала	Автоматическая задержка
<b>Измерения напряжения</b>	<b>Начальная настройка</b>
Диапазон	Автовыбор диапазона
Разрешение	5½ разряда
Время интеграции	1 ПСП
Сопротивление входа	10 МОм (фиксированное для всех диапазонов пост. напряжения)
Низкочастотный фильтр переменного тока	20 Гц (средний)
Задержка канала	Автоматическая задержка
<b>Измерения сопротивления</b>	<b>Начальная настройка</b>
Диапазон	Автовыбор диапазона
Разрешение	5½ разряда
Время интеграции	1 ПСП
Компенсация смещения	Выкл
Задержка канала	Автоматическая задержка

<b>Измерения частоты/периода</b>	<b>Начальная настройка</b>
Диапазон	Автовыбор диапазона
Разрешение	5½ разряда (частота), 6½ разряда (период)
Низкочастотный фильтр переменного тока	20 Гц (средний)
Задержка канала	Автоматическая задержка
<b>Измерения тока</b>	<b>Начальная настройка</b>
Диапазон	Автовыбор диапазона
Разрешение	5½ разряда
Время интеграции	1 ПСП
Низкочастотный фильтр переменного тока	20 Гц (средний)
Задержка канала	Автоматическая задержка

## Обзор модулей

В этом разделе содержится описание каждого из подключаемых модулей, а также приводятся их упрощенные схемы и блок-схемы. Также в нем содержится журнал проводов, который упрощает документирование используемой схемы проводов для каждого из модулей.

Полные технические характеристики каждого из подключаемых модулей см. в разделах описания этих модулей в *Главе 8*.

«20-канальный мультиплексор 34901A» на странице 213

«16-канальный мультиплексор 34902A» на странице 216

«20-канальный актуатор 34903A» на странице 219

«Матричный коммутатор 4x8 34904A» на странице 221

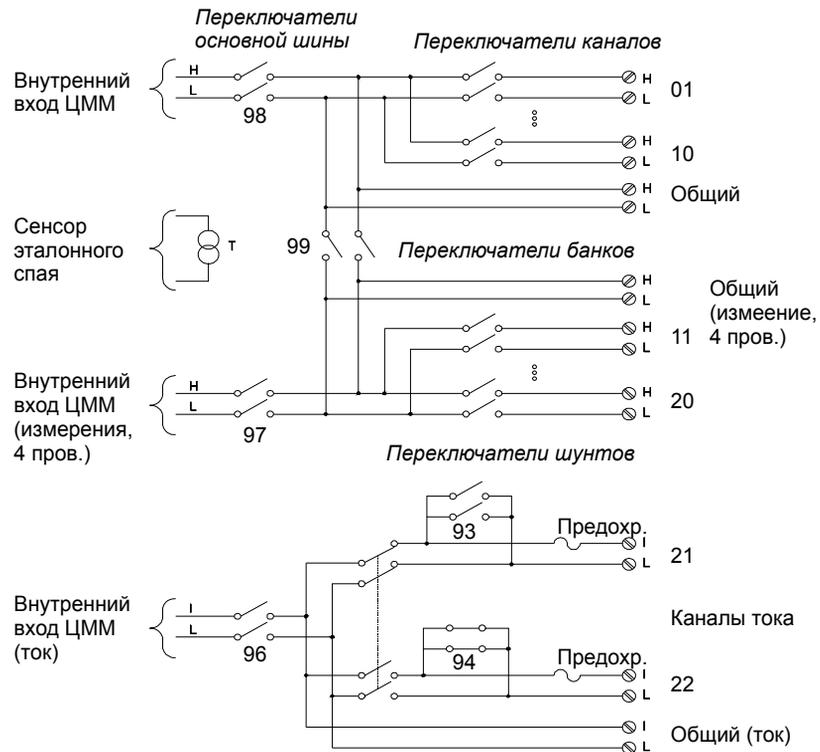
«Сдвоенные 4-канальный ВЧ-мультиплексоры 34905A/6A»  
на странице 223

«Многофункциональный модуль 34907A» на странице 226

«40-канальный однонаправленный мультиплексор 34908A»  
на странице 229

## 20-канальный мультиплексор 34901A

Этот модуль делится на два банка по 10 каналов в каждом. В модуле также предусмотрены два дополнительных канала, защищенных предохранителями, для проведения калибруемых измерений постоянного или переменного тока с помощью внутреннего ЦММ (внешние шунтирующие резисторы не требуются) По всем 22 каналам переключаются и входы HI, и входы LO, то есть обеспечивается полная развязка входов, подключаемых ко внутреннему ЦММ или внешнему измерительному прибору. При выполнении 4-проводных измерений сопротивления прибор автоматически спаривает канал  $n$  с каналом  $n+10$  для реализации подключений источника и измерений. В модуль встроен эталонный спай термопары для минимизации погрешностей, связанных с температурными градиентами при измерениях с помощью термопар.



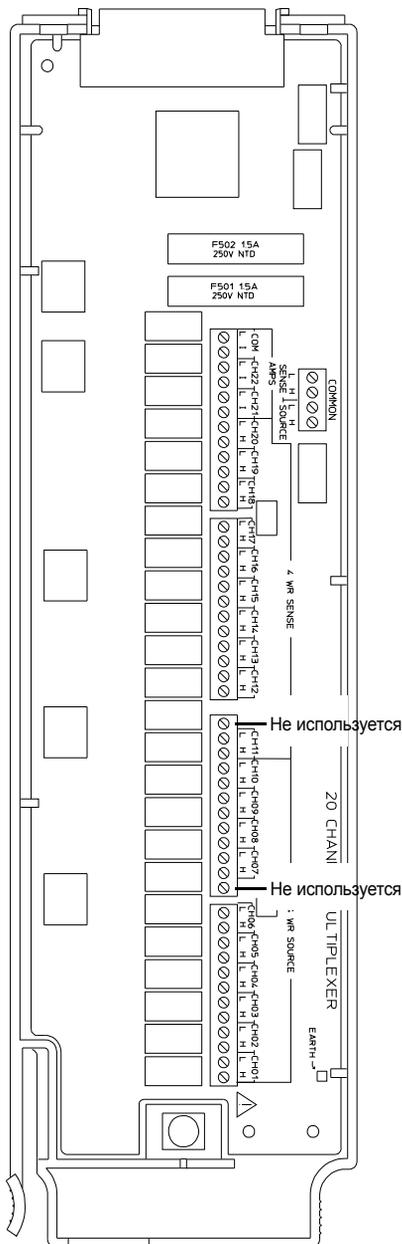
**ПРИМЕЧАНИЕ**

Одновременно ко внутреннему ЦММ и/или общему контакту может быть подключен только один из каналов 21 или 22; подсоединение одного канала размыкает другой (закорачивая вход «I» с «LO»).

Если какие-либо каналы настроены на работу в списке сканирования, то замыкание сразу нескольких каналов невозможно; при замыкании одного канала размыкается ранее замкнутый канал.

Не рекомендуется устанавливать подключение ко внешним линиям переменного тока без организации дополнительной внешней схемы подавления переходных колебаний.

---



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ**

Номер слота: 100 200 300

Кан	Название	Функция	Примечания
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
Н ОБЩ			
Г ОБЩ			
11*			
12*			
13*			
14*			
15*			
16*			
17*			
18*			
19*			
20*			
Н ОБЩ			
Г ОБЩ			
Каналы только для измерений тока:			
21			
22			
Г ОБЩ			
Г ОБЩ			

\*Каналы измерений при 4-проводных измерениях образуют пары с каналами под номером (n-10).

Для подключения проводов к модулю см. схемы на [странице 38](#).

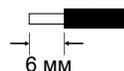
Максимальное входное напряжение:

300 В (кат. 1)

Максимальный входной ток: 1 А

Максимальная коммутируемая мощность: 50 Вт

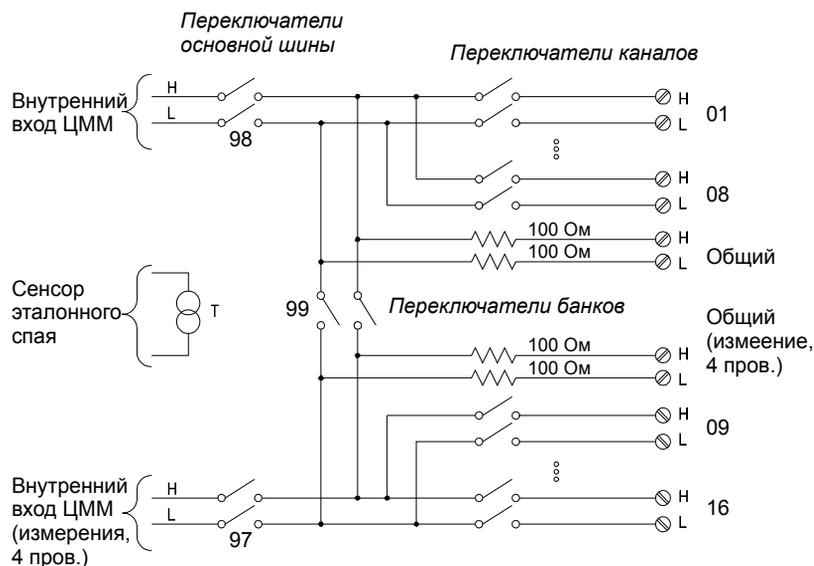
Типовой 20 AWG



**⚠ ВНИМАНИЕ!** Чтобы исключить возможность поражения электрическим током, используйте только провода, рассчитанные на наивысшее напряжение, прилагаемое к ЛЮБОМУ каналу. Прежде чем снимать крышку модуля, отключите питание всех внешних устройств, подключенных к модулю.

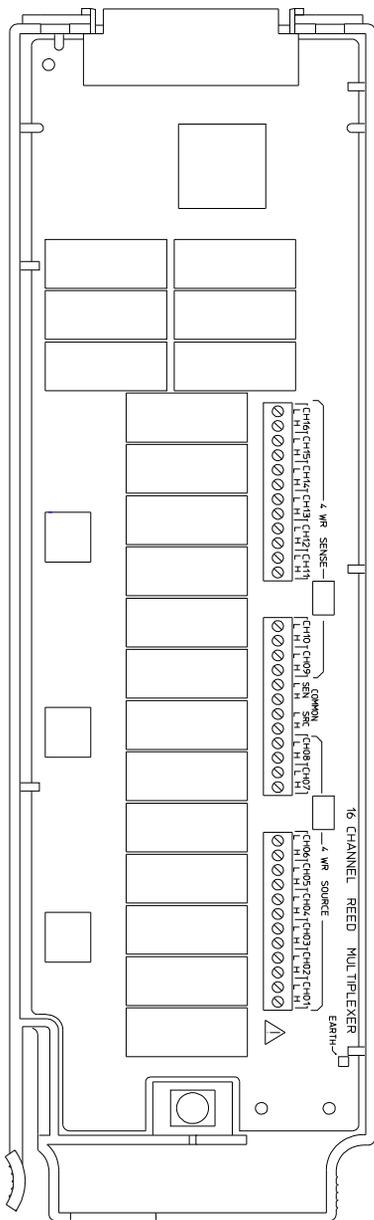
## 16-канальный мультиплексор 34902A

Этот модуль делится на два банка по восемь каналов в каждом. По всем 16 каналам переключаются и входы HI, и входы LO, то есть обеспечивается полная развязка входов, подключаемых ко внутреннему ЦММ или внешнему измерительному прибору. При выполнении 4-проводных измерений сопротивление прибор автоматически спаривает канал  $n$  с каналом  $n+8$  для реализации подключений источника и измерений. В модуль встроен эталонный спай терморезистора для минимизации погрешностей, связанных с температурными градиентами при измерениях с помощью терморезистора.



**ПРИМЕЧАНИЕ**

- Если какие-либо каналы настроены на работу в списке сканирования, то замыкание сразу нескольких каналов невозможно; при замыкании (установке) одного канала размыкается (разрывается) ранее замкнутый канал.
  - Для измерений тока с помощью этого модуля потребуются внешние шунтирующие резисторы.
  - Не рекомендуется устанавливать подключение ко внешним линиям переменного тока без организации дополнительной внешней схемы подавления переходных колебаний.
-



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ** Номер слота: 100 200 300

Кан	Название	Функция	Примечания
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
Н ОБЩ			
Л ОБЩ			
09*			
10*			
11*			
12*			
13*			
14*			
15*			
16*			
Н ОБЩ			
Л ОБЩ			

\*Каналы измерений при 4-проводных измерениях образуют пары с каналами под номером (n-8).

Для подключения проводов к модулю см. схемы [странице 38](#).

Максимальное входное напряжение: 300 В (кат. 1)  
 Максимальный входной ток: 50 мА  
 Максимальная коммутируемая мощность: 2 W

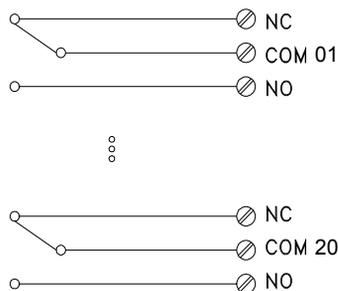


**⚠ ВНИМАНИЕ!** Чтобы исключить возможность поражения электрическим током, используйте только провода, рассчитанные на наивысшее напряжение, прилагаемое к ЛЮБОМУ каналу.

## 20-канальный актуатор 34903А

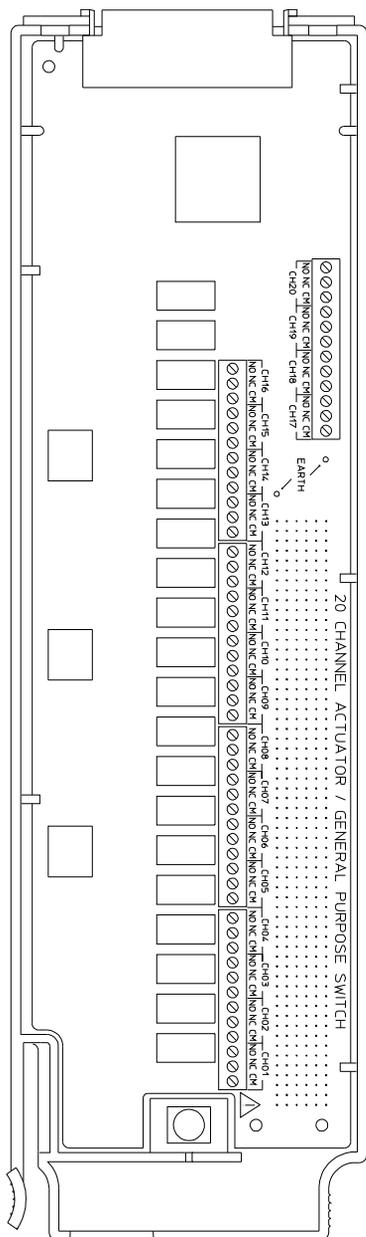
Этот модуль содержит 20 независимых однополюсных двунаправленных (SPDT) реле типа С с самоблокировкой. Винтовые клеммы на модуле обеспечивают доступ к контактам нормально разомкнутого, нормально замкнутого и общего выводов каждого из переключателей. Этот модуль *не подключается* ко внутреннему ЦММ.

Возле винтовых клемм предусмотрена область макетной платы для реализации пользовательских схем, таких как простые фильтры, демпферы и делители напряжения. В области макетной платы имеется место для вставки пользовательских компонентов, но на ней нет дорожек печатных плат. Соединения элементов и проводку сигналов должен реализовать пользователь.



### ПРИМЕЧАНИЕ

- В этом модуле можно одновременно замыкать (устанавливать) более одного канала.
- Команды CLOSE (ЗАКРЫТЬ) и OPEN (ОТКРЫТЬ) каналов управляют состоянием соединения нормально разомкнутого выхода (НР) и общего выхода (COM) для каждого из каналов. Например, команда CLOSE 201 соединяет нормально разомкнутый (НЗ) контакт с общим (COM) контактом в канале 01.



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ**

Номер слота: 100 200 300

Кан	НР	НЗ	ОБЩ	Примечания
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

НР = нормально разомкнутый, НЗ = нормально замкнутый

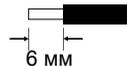
Для подключения проводов к модулю см. схемы на [странице 38](#).

Максимальное входное напряжение: 300 В (кат. 1)

Максимальный входной ток: 1 А

Максимальная коммутируемая мощность: 50 Вт

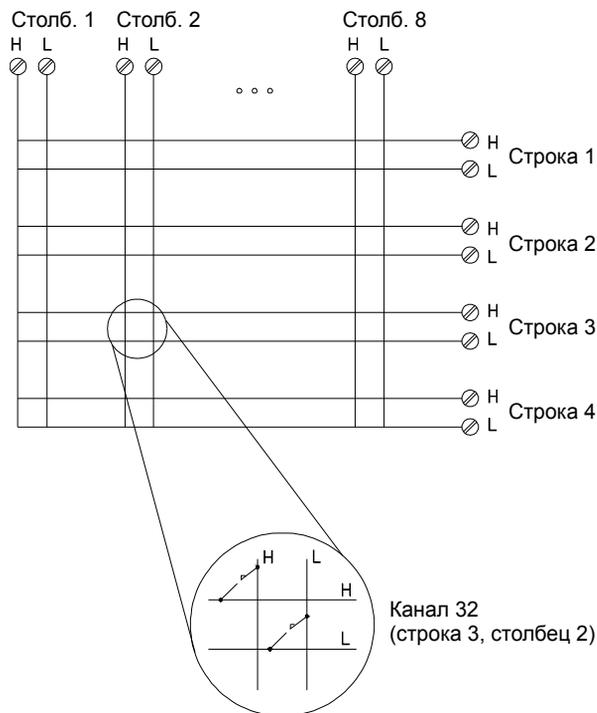
Типовой 20 AWG



**⚠ ВНИМАНИЕ!** Чтобы исключить возможность поражения электрическим током, используйте только провода, рассчитанные на наивысшее напряжение, прилагаемое к ЛЮБОМУ каналу. Прежде чем снимать крышку модуля, отключите питание всех внешних устройств, подключенных к модулю.

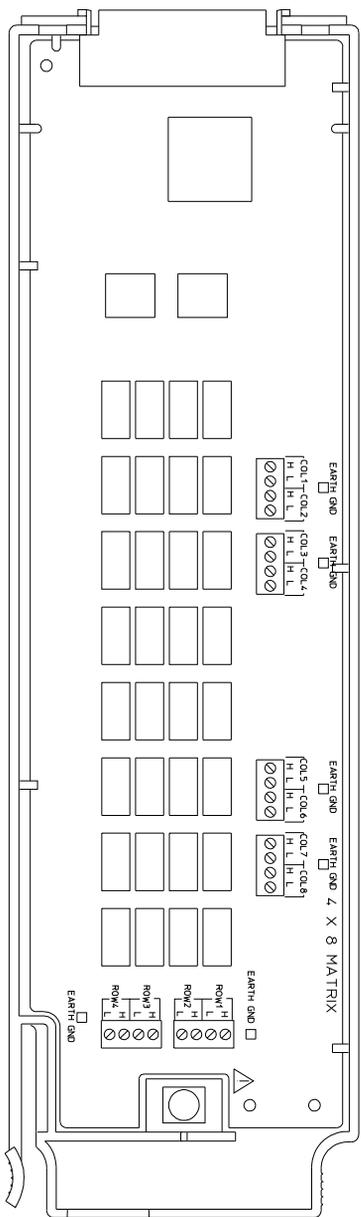
## Матричный коммутатор 4x8 34904A

Этот модуль содержит 32 двухпроводных координатных реле с конфигурацией 4 строки на 8 столбцов. Возможно одновременное подключение любых сочетаний входов и выходов. Этот модуль не подключается ко внутреннему ЦММ. У каждого из координатного реле имеется собственная уникальная метка канала, на которой указывается строка и столбец. Например, канал 32 представляет координатное реле между строкой 3 и столбцом 2, как показано ниже.



**ПРИМЕЧАНИЕ**

В этом модуле можно одновременно замыкать (устанавливать) более одного канала.



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ**

Номер слота: 100 200 300

Строка	Название	Примечания
1		
2		
3		
4		
Столбец	Название	Примечания
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Пример: канал 32 представляет строку 3 и столбец 2.

Для подключения проводов к модулю см. схемы на [странице 38](#).

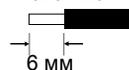
Максимальное входное напряжение:

300 В (кат. 1)

Максимальный входной ток: 1 А

Максимальная коммутируемая мощность: 50 Вт

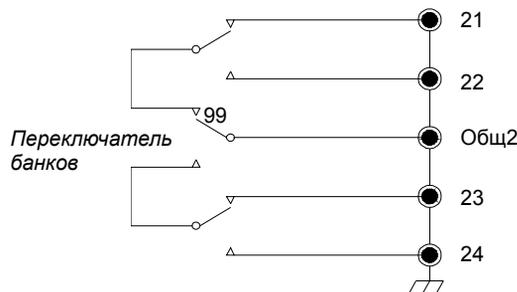
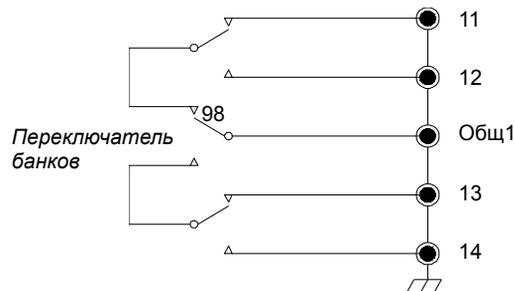
Типовой 20 AWG



**⚠ ВНИМАНИЕ!** Чтобы исключить возможность поражения электрическим током, используйте только провода, рассчитанные на наивысшее напряжение, прилагаемое к ЛЮБОМУ каналу. Прежде чем снимать крышку модуля, отключите питание всех внешних устройств, подключенных к модулю.

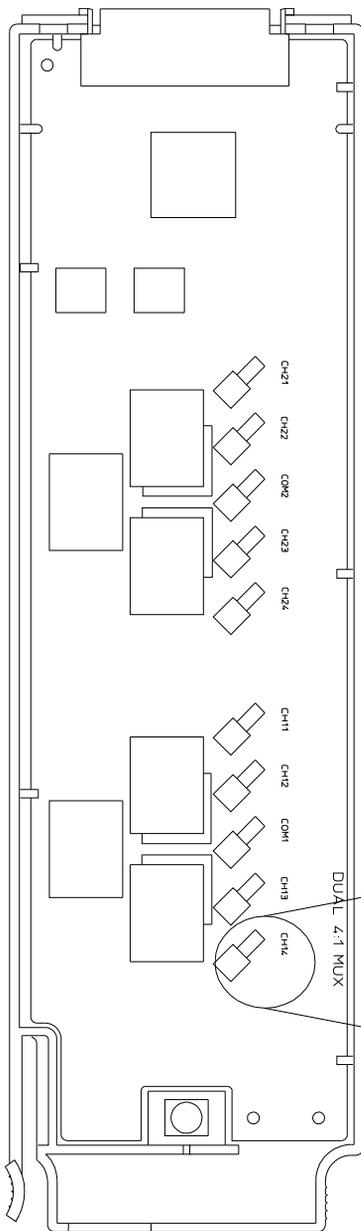
## Сдвоенные 4-канальный ВЧ-мультиплексоры 34905А/6А

Эти модули состоят из двух независимых мультиплексоров «4 к 1». Каналы в каждом из банков организованы в форме «древовидной» структуры для обеспечения эффективной развязки и низкого КСВн. Оба банка совместно используют общее заземление. Этот модуль *не подключается* ко внутреннему ЦММ. Сигналы можно подключать к разъемам SMB на плате непосредственно или использовать кабели-переходники с SMB на BNC, входящие в комплект поставки модуля.



**ПРИМЕЧАНИЕ**

- Модуль 34905A используется для 50-омных применений. Модуль 34906A используется для 75-омных применений (разъемы мини-SMB).
  - Одновременно на этих модулях можно замыкать (устанавливать) только один канал в каждом из банков; при установке другого канала в банке ранее замкнутый канал размыкается. Один из каналов в каждом банке всегда соединен с общим выводом (COM).
  - Этот модуль выполняет только команду CLOSE (ЗАМКНУТЬ), команда OPEN (РАЗОМКНУТЬ) для него неприменима. Чтобы разомкнуть (OPEN) канал, подайте команду CLOSE (ЗАМКНУТЬ) на другой канал в том же банке.
-



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ**

Номер слота: 100 200 300

Кан	Название	Примечания
11		
12		
13		
14		
ОБЩ1		
21		
22		
23		
24		
ОБЩ2		

Для подключения проводов к модулю см. схемы на [странице 38](#).

Максимальное входное напряжение: 42 В

Максимальный входной ток: 700 мА

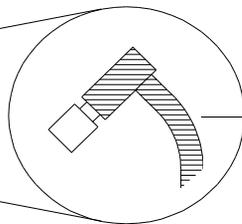
Максимальная коммутируемая мощность: 20 W

В комплект поставки модуля входит десять кабелей с различной цветовой маркировкой. Для заказа дополнительных кабелей используйте следующие номера деталей для комплектов кабелей

(комплект содержит 10 кабелей):

34905-60001 (кабели на 50Ω)

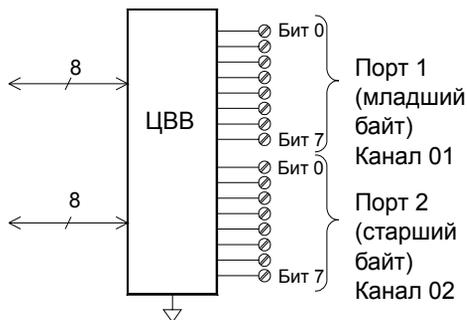
34906-60001 (кабели на 75Ω)



Кабель-переходник с SMB на BNC

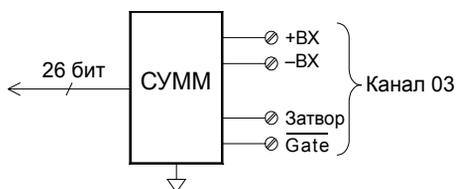
## Многофункциональный модуль 34907A

В этом модуле совмещены два 8-битных порта цифрового ввода/вывода, суммирующий вход на 100 кГц и два аналоговых выхода на  $\pm 12$  В. Для обеспечения дополнительной гибкости во время сканирования можно считывать значения на цифровых входах и показания суммирующего счетчика.



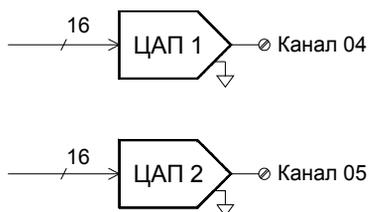
### Цифровой вход/выход

Цифровой вход/выход состоит из двух 8-битных портов, уровни выходов и входов которых совместимы с ТТЛ-логикой. Выходы с открытым стоком обеспечивают втекающий ток до 400 мА. При работе с передней панели можно считывать данные только из одного 8-битного порта ввода за раз. При управлении через удаленный интерфейс возможно одновременное считывание данных из обоих портов в форме 16-битного слова, но *только если* ни один из портов не включен в список сканирования.



### Вход сумматора

26-битный суммирующий счетчик может подсчитывать импульсы, поступающие с частотой 100 кГц. Счетчик импульсов можно настроить на срабатывание по нарастающему (переднему) или спадающему (заднему) фронту входного сигнала. Сигнал с высоким уровнем ТТЛ-логики, поданный на клемму «G», разрешает подсчет, а низкий уровень сигнала отключает подсчет. Сигнал с низким уровнем ТТЛ-логики, поданный на клемму «неG», разрешает подсчет, а высокий уровень сигнала отключает подсчет. Сумматор производит подсчет только при наличии разрешений на обеих клеммах. Переключите перемычку Totalize Threshold (Порог суммирования) в положение AC, чтобы обнаруживать переходы через уровень 0 вольт. Переключите перемычку в положение TTL (заводская настройка), чтобы обнаруживать переходы между уровнями ТТЛ-логики.



### Аналоговый выход (ЦАП)

Два аналоговых выхода обеспечивают выдачу калиброванных напряжений в диапазоне  $\pm 12$  В с разрешением 16 бит. Каждый канал ЦАП способен выдавать ток до макс. 10 мА. Выходной ток ЦАП по всем трем слотам (шести каналам ЦАП) необходимо ограничить суммарной величиной в 40 мА.



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ**

Номер слота: 100 200 300

Кан	Название	Примечания
01 (ЦВВ 1)	Бит 0	
	Бит 1	
	Бит 2	
	Бит 3	
	Бит 4	
	Бит 5	
	Бит 6	
	Бит 7	
	GND (ЗЕМЛЯ)	
02 (ЦВВ 2)	Бит 0	
	Бит 1	
	Бит 2	
	Бит 3	
	Бит 4	
	Бит 5	
	Бит 6	
	Бит 7	
	GND (ЗЕМЛЯ)	
03 (Сумматор)	Вход (+)	
	Вход (-)	
	Затвор	
	Gate	
04 (ЦАП 1)	Выход	
	GND (ЗЕМЛЯ)	
05 (ЦАП 2)	Выход	
	GND (ЗЕМЛЯ)	

Положение перемычки порога: rTTL rAC

Для подключения проводов к модулю см. схемы на [странице 38](#).

**Цифровой вход/выход:**

- V<sub>вх</sub> (H): < 0,8 В (ТТЛ)
- V<sub>вх</sub> (B): >2,0 В (ТТЛ)
- V<sub>вых</sub> (H): <0,8 В при I<sub>вых</sub> = -400 мА
- V<sub>вых</sub> (B): >2,4 В при I<sub>вых</sub> = 1 мА
- V<sub>вх</sub>(B) макс: <42 В с внешним нагрузочным подтягивающим резистором, с открытым стоком



**Сумматор:**

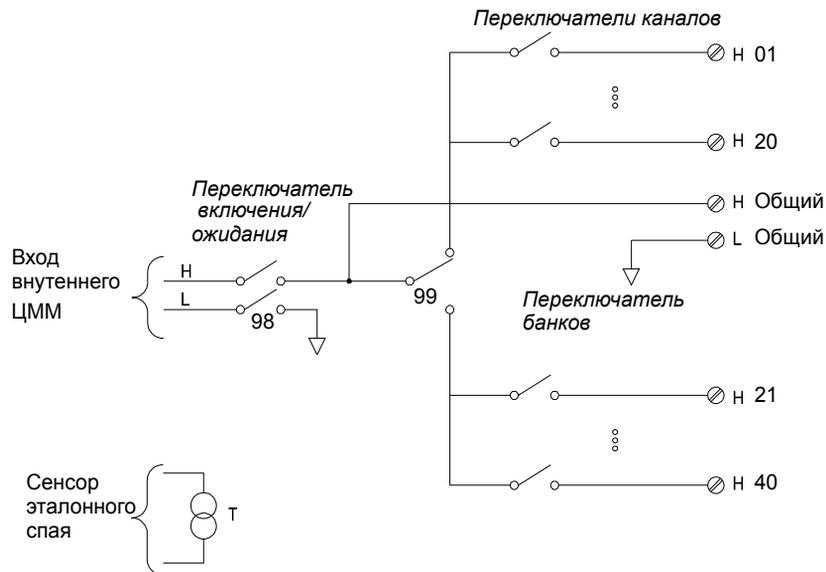
- Максимальное значение счетчика: 67 108 863 (2<sup>26</sup> - 1)
- Вход сумматора: 100 кГц (макс)
- Уровень сигналов: 1 В размах. (мин), 42 В размах. (макс)

**Выход ЦАП:**

- ±12 В, без развязки
- I<sub>вых</sub>: 10 мА макс. на один ЦАП; 40 мА макс. на базовый блок

## 40-канальный однонаправленный мультиплексор 34908A

Этот модуль делится на два банка по 20 каналов в каждом. У всех 40 каналов коммутируется только контакт HI, а линия LO является общей для всего модуля. В модуль встроен эталонный спай термодпары для минимизации погрешностей, связанных с температурными градиентами при измерениях с помощью термодпар.



**ПРИМЕЧАНИЕ**

- Для подключения проводов к модулю см. схемы на *странице 38*.
- Одновременно может быть замкнут (установлен) только один канал; при замыкании другого канала ранее замкнутый канал размыкается.
- Этот модуль не может использоваться для непосредственных измерений тока или любых измерений по 4-проводной схеме.
- При подключении термопар к винтовым клеммам этого модуля (что не рекомендуется делать из-за конфигурации с общим для всех каналов сигналом LO) обязательно реализуйте электрическую развязку между термопарами, чтобы исключить образование токовых петель и возникающие в результате погрешности измерений.
- Не рекомендуется подключаться к линии перемен. тока без внешнего подавления переходных колебаний.

Максимальное входное напряжение: 300 В (кат. 1)

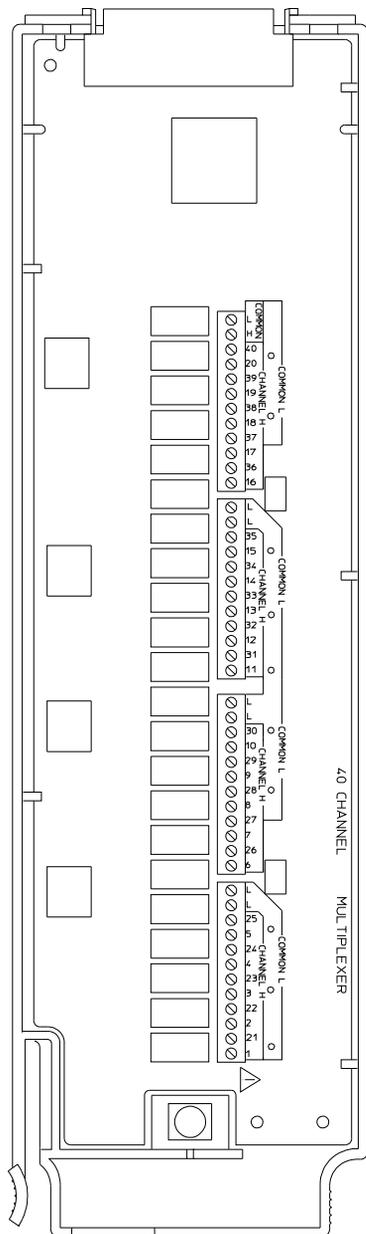
Максимальный входной ток: 1 А

Максимальная коммутируемая мощность: 50 Вт

Типовой 20 AWG



**⚠ ВНИМАНИЕ!** Чтобы исключить возможность поражения электрическим током, используйте только провода, рассчитанные на наивысшее напряжение, прилагаемое к ЛЮБОМУ каналу. Прежде чем снимать крышку модуля, отключите питание всех внешних устройств, подключенных к модулю.



**ЖУРНАЛ ПРОВОДОВ**

Номер слота: 100 200 300

Кан	Название	Функция	Примечания
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
ЛО			
Н ОБЩ			
Л ОБЩ			

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

# 5 Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках	234
Ошибки выполнения	235
Ошибки прибора	240
Ошибки при самотестировании	252
Ошибки калибровки	254
Ошибки подключаемых модулей	258

## Сообщения об ошибках

- Ошибки возвращаются в порядке FIFO («первым пришел, первым ушел»). Первыми возвращаются данные об ошибке, которая была первой сохранена в памяти. После считывания информации об ошибке данные о ней очищаются. После прочтения всех ошибок из очереди индикатор **ERROR** (ОШИБКА) гаснет, и данные об ошибках очищаются. Прибор выдает один звуковой сигнал при каждом возникновении ошибки.
- Если произошло более 10 (34970A) или 20 (34972A) ошибок, то последняя сохраненная в очереди ошибка (самая недавняя) заменяется на ошибку *Error queue overflow* (Переполнение очереди ошибок). После этого дополнительные ошибки сохраняться не будут, пока вы не извлечете ошибки из очереди. Если во время прочтения очереди ошибок новых ошибок не произошло, то при чтении очереди ошибок прибор возвращает сообщение *No error* (Нет ошибок).
- Очередь ошибок отключается при выполнении команды \*CLS (очистка состояния), а также после отключения питания прибора. Кроме того, ошибки сбрасываются при прочтении очереди ошибок. Очередь ошибок *не очищается* при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST) или сброса в предустановленное состояние прибора (команда SYSTem:PRESet).
- Управление прибором с передней панели:

 ERRORS

Если индикатор **ERROR** (ОШИБКА) горит, нажмите , чтобы просмотреть ошибки. Для перехода между ошибками используйте кнопку-регулятор.

Нажмите , чтобы просмотреть текст сообщения об ошибке. Нажимайте  еще, чтобы увеличить скорость прокрутки (последнее нажатие кнопки останавливает прокрутку). При выходе из меню все ошибки сбрасываются.

- *Управление по удаленному интерфейсу:*

SYSTem:ERRor?

*Считать одну ошибку и удалить ее из очереди*

Сообщения об ошибках имеют следующий формат (длина строки ошибки может составлять до 80 символов).

-113, "Undefined header"

## Ошибки выполнения

- 101 Invalid character (Недопустимый символ)**  
 В командной строке обнаружен недопустимый символ. Возможно, вы включили такой символ, как #, {, \$ или % в заголовок команды или в параметр.  
*Пример:* CONF:VOLT:DC {@101}
- 102 Syntax error (Синтаксическая ошибка)**  
 В командной строке обнаружен неправильный синтаксис. Возможно, вы вставили пробел перед двоеточием или после двоеточия в заголовке команды, или перед запятой. Также может быть пропущен символ «@» в синтаксисе списка каналов.  
*Примеры:* ROUT:CHAN: DELAY 1 или CONF:VOLT:DC ( 101)
- 103 Invalid separator (Недопустимый разделитель)**  
 В командной строке обнаружен недопустимый разделитель. Возможно, вы использовали запятую вместо двоеточия, точки с запятой или пробела, или же использовали пробел вместо запятой.  
*Примеры:* TRIG:COUNT,1 или CONF:FREQ 1000 0.1
- 105 GET not allowed (GET не допускается)**  
 В командную строку не допускается включать сообщение Group Execute Trigger (GET)— «Запуск устройства».
- 108 Parameter not allowed (Параметр не разрешен)**  
 Получено больше параметров, чем ожидалось для этой команды. Возможно, вы ввели лишний параметр или добавили параметр к команде, которая не требует параметров. *Пример:* READ? 10
- 109 Missing parameter (Отсутствует параметр)**  
 Получено меньше параметров, чем ожидалось для этой команды. Вы пропустили один или несколько обязательных для этой команды параметров. *Пример:* ROUT:CHAN:DELAY
- 112 Program mnemonic too long (Обозначение в программе слишком длинное)**  
 Получен заголовок команды, который содержит больше максимального числа в 12 разрешенных символов. *Пример:* CONFIGURATION:VOLT:DC

- 113**            **Undefined header (Заголовок не определен)**  
Получена команда, недействительная для данного прибора. Возможно, вы неправильно указали название команды, или же это недействительная команда. Если вы используете сокращенный вариант обозначения команды, не забываете, что оно может содержать до четырех букв. Также возможно, что добавлено дополнительное двоеточие там, где оно не требуется. *Примеры:* TRIGG:COUN 3 или CONF:VOLT:DC: (@101)
- 114**            **Header suffix out of range (Суффикс заголовка вне диапазона)**  
Суффикс заголовка — это число, которое может быть добавлено в конец некоторых заголовков команд. Эта ошибка выдается в случае использования недопустимого числа.  
*Пример:* OUTP:ALARM5:SOURCE («5» не является допустимым номером сигнала)
- 121**            **Invalid character in number (Недопустимый символ в числе)**  
В числе, указанном в качестве параметра, обнаружен недопустимый символ. *Пример:* TRIG:TIMER 12. .34
- 123**            **Numeric overflow (Числовое переполнение)**  
Обнаружен числовой параметр с экспонентой, которая слишком велика для данной команды. *Пример:* CALC:SCALE:GAIN 1E34000
- 124**            **Too many digits (Слишком много цифр)**  
Обнаружен числовой параметр, мантисса которого содержит более 255 цифр (без учета начальных нулей).
- 128**            **Numeric data not allowed (Числовые данные не разрешены)**  
В командной строке обнаружен неправильный тип параметра. Возможно, вы указали число там, где ожидалась строка или выражение, либо наоборот. *Примеры:* DISP:TEXT 5.0 или ROUT:CLOSE 101
- 131**            **Invalid suffix (Недопустимый суффикс)**  
Для числового параметра указан неправильный суффикс. Возможно, в суффиксе допущена опечатка. *Пример:* ROUT:CHAN:DELAY 5 SECS
- 134**            **Suffix too long (Слишком длинный суффикс)**  
Суффикс заголовка — это число, которое может быть добавлено в конец некоторых заголовков команд. Эта ошибка выдается, если суффикс заголовка содержит более 12 символов.
- 138**            **Suffix not allowed (Суффикс не разрешен)**  
Указан суффикс параметра там, где он не допускается.

- 148 Character data not allowed (Символьные данные не разрешены)**  
Получен дискретный параметр, хотя ожидалась строка символов или числовой параметр. Проверьте список параметров и убедитесь, что вы использовали параметр правильного типа. *Примеры:* ROUTE:CLOSE CH101 или DISP:TEXT TESTING (строка должна быть заключена в кавычки).
- 151 Invalid string data (Недопустимые строчные данные)**  
Получена недопустимая строка символов. Проверьте, заключили ли вы строку символов в кавычки, также убедитесь, что она содержит символы только из набора ASCII. *Пример:* DISP:TEXT 'TESTING (пропущена замыкающая кавычка).
- 158 String data not allowed (Строчные данные не разрешаются)**  
Принята строка символов, но в этой команде она недопустима. Проверьте список параметров и убедитесь, что вы использовали параметр правильного типа.  
*Пример:* CALC:SCALE:STATE 'ON'
- 168 Block data not allowed (Блочные данные не разрешаются)**  
На прибор отправлены данные в формате блока *определенной длины* SCPI, но данная команда не принимает этот формат.  
*Пример:* SOUR:DIG:DATA #128
- 178 Expression data not allowed (Данные выражения не разрешаются)**  
Принят список каналов, но в этой команде он недопустим.  
*Пример:* SYST:CTYPE? (@100)
- 211 Trigger ignored (Запуск игнорирован)**  
Когда прибор выполнял сканирование, поступил более чем один сигнал запуска. Сигналы запуска поступают слишком часто; возможно, следует замедлить их выдачу. Также убедитесь, что выбран правильный источник запуска.
- 213 INIT ignored (Инициализация проигнорирована)**  
Была принята команда INITiate (ИНИЦИИРОВАТЬ), но выполнить ее было невозможно, поскольку в этот момент уже выполнялось сканирование. Чтобы прервать выполняемое сканирование, отправьте на прибор команду ABORT или сообщение очистки устройства («сброс универсальный») шины.
- 214 Trigger deadlock (Защипливание запуска)**  
Защипливание запуска происходит, когда установлен источник запуска BUS (ШИНА), и поступает команда READ? .

- 221 Settings conflict (Конфликт настроек)**  
Запрещена недопустимая конфигурация. Чаще всего эта ошибка возникает при установке пределов для уведомлений. Обратите внимание, что нижняя граница должна быть всегда меньше верхней границы или совпадать с ней, даже если используется только одно из пределов. Эта ошибка также возникает при отправке команды MEASure? или CONFigure с фиксированным разрешением при включенном автовыборе диапазона.
- 222 Data out of range (Данные вне диапазона)**  
Значение числового параметра выходит за пределы допустимого диапазона для этой команды. *Пример:* TRIG:COUNT -3
- 223 Too much data (Слишком много данных)**  
Получена строка данных, но выполнить команду не удалось, поскольку длина строки превысила 12 символов. Эта ошибка может возникать при выполнении команд CAL:STRing и DISPlay:TEXT.
- 224 Illegal parameter value (Запрещенное значение параметра)**  
Был получен дискретный параметр, который не является допустимым выбором для данной команды. Возможно, вы применили неправильный вариант параметра.  
*Пример:* TRIG:SOURCE ALARM (ALARM не является допустимым вариантом выбора)
- 230 Data stale (Данные испорчены)**  
Была получена команда FETCh? или DATA:REMove?, но память внутренних показаний в это время была пуста. Возвращенные показания могут быть недействительны.
- 310 System error (Системная ошибка)**  
Обнаружен дефект микропрограммы. *Это не неисправимая ошибка, которая делает дальнейшую работу невозможной, но в случае ее появления следует обратиться в ближайший сервисный центр Keysight.*
- 350 Error queue overflow (Переполнение очереди ошибок)**  
Очередь ошибок заполнена, поскольку произошло больше 10 ошибок (для модели 34970A) или больше 20 ошибок (для модели 34972A). После этого дополнительные ошибки сохраняться не будут, пока вы не извлечете ошибки из очереди. Очередь ошибок отключается при выполнении команды \*CLS (очистка состояния), а также после отключения питания прибора. Кроме того, ошибки сбрасываются при прочтении очереди ошибок.

- 410 Query INTERRUPTED (Запрос ПРЕРВАН)**  
Получена команда, которая отправляет данные в выходной буфер, но выходной буфер уже содержит данные из предыдущей команды (такие предыдущие данные не перезаписываются). Выходной буфер очищается после отключения питания прибора, а также при выполнении команды очистки устройства («сброс универсальный») шины.
- 420 Query UNTERMINATED (Запрос НЕ ЗАВЕРШЕН)**  
К прибору было выполнено обращение, запрашивающее передачу данных (например, отправку данных по интерфейсу), но команда, которая отправляет данные в выходной буфер, так и не была получена. Например, могла быть выполнена команда `CONFigure`, которая не порождает данных, а затем произведена попытка считать данные через удаленный интерфейс.
- 430 Query DEADLOCKED (ВЗАИМОБЛОКИРОВКА запроса)**  
Была получена команда, которая создает слишком много данных, чтобы они поместились в выходной буфер, но входной буфер также заполнен. Выполнение команды продолжается, но все данные утеряны.
- 440 Query UNTERMINATED after indefinite response (Запрос НЕ ЗАВЕРШЕН после неопределенного ответа)**  
Команда `*IDN?` должна быть последней командой запроса в командной строке. Команда `*IDN?` возвращает строку неопределенной длины и не может совмещаться с какой-либо другой командой запроса.  
*Пример: \*IDN?;\*STB?*

## Ошибки прибора

- 111 Channel list: slot number out of range (Список каналов: номер слота вне диапазона)**  
Указан недопустимый номер слота. Номер канала имеет вид (@*ssc*), где *s* — номер слота (100, 200 или 300), а *ss* — номер канала. *Пример:* CONF:VOLT:DC (@404)
- 112 Channel list: channel number out of range (Список каналов: номер канала вне диапазона)**  
Указанный номер канала недопустим для модуля, установленного в выбранный слот. Номер канала имеет вид (@*ssc*), где *s* — номер слота (100, 200 или 300), а *ss* — номер канала. *Пример:* ROUT:CLOSE (@134)
- 113 Channel list: empty scan list (Список каналов: пустой список сканирования)**  
Перед запуском сканирования необходимо настроить список сканирования, который включает все требуемые мультиплексорные или цифровые каналы в приборе. Используйте команды MEASure?, CONFIgure или ROUTe:SCAN для настройки списка сканирования.
- 201 Memory lost: stored state (Память утеряна: сохраненное состояние)**  
Сообщение об этой ошибке выдается после включения питания: оно сообщает, что сохраненное состояние оказалось непригодным для использования. Чаще всего эту ошибку вызывает разряженная батарея (резервное питание памяти обеспечивается от батареи). *Указания по замене внутренней батареи см. в Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A.*
- 202 Memory lost: power-on state (Память утеряна: состояние при включении)**  
Сообщение об этой ошибке выдается после включения питания: оно сообщает, что состояние прибора до выключения (обычно восстанавливаемое при включении питания) непригодно для использования. Чаще всего эту ошибку вызывает разряженная батарея (резервное питание памяти обеспечивается от батареи). *Указания по замене внутренней батареи см. в Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A.*

- 203**      **Memory lost: stored readings (Память утеряна: сохраненные показания)**  
Сообщение об этой ошибке выдается после включения питания: оно сообщает, что показания, сохраненные в памяти в ходе предыдущего сканирования, были утеряны. Чаще всего эту ошибку вызывает разряженная батарея (резервное питание памяти обеспечивается от батареи). *Указания по замене внутренней батареи см. в Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A.*
- 204**      **Memory lost: time and date (Память утеряна: дата и время)**  
Сообщение об этой ошибке выдается после включения питания: оно сообщает, что настройки даты и времени утеряны (они сбрасываются до значения 1 января 1996 г. 00:00:00). Чаще всего эту ошибку вызывает разряженная батарея (резервное питание памяти обеспечивается от батареи). *Указания по замене внутренней батареи см. в Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A.*
- 221**      **Settings conflict: calculate limit state forced off (Конфликт настроек: расчет состояния ограничения принудительно выключен)**  
Если планируется использовать масштабирование для канала, на котором также будут настроены уведомления, *обязательно сначала настройте значения масштабирования.* Эта ошибка возникает при попытке сначала назначить пределы для уведомлений — в этом случае прибор отключит уведомления и сбросит их пределы.
- 222**      **Settings conflict: module type does not match stored state (Конфликт настроек: тип модуля не соответствует сохраненному состоянию)**  
Перед восстановлением сохраненного состояния прибор проверяет, установлены ли в каждый из слотов те же модули, что и ранее. Прибор обнаружил в одном или нескольких слотах модуль другого типа.
- 223**      **Settings conflict: trig source changed to IMM (Конфликт настроек: источник запуска изменен на IMM)**  
Эта ошибка возникает при попытке установить источник сигнала «следующий канал» (команда `ROUTe:CHAN:ADVance:SOURce`), совпадающий с заданным источником запуска сканирования (команда `TRIGger:SOURce`). Команда принята и выполнена, но источник запуска сканирования сброшен в значение «IMMEDIATE».

- 224**            **Settings conflict: chan adv source changed to IMM (Конфликт настроек: источник переключения канала изменен на IMM — непосредственный)**  
Эта ошибка возникает при попытке установить источник запуска сканирования (команда TRIGger:SOURce), совпадающий с установленным источником сигнала «следующий канал» (команда ROUTe:CHAN:ADVance:SOURce). Команда принята и выполнена, но источник сигнала «следующий канал» сброшен на значение «IMMediate».
- 225**            **Settings conflict: DMM disabled or missing (ЦММ отключен или отсутствует)**  
Эта команда действительна лишь при установленном и включенном внутреннем ЦММ. Используйте команду INSTRument:DMM?, чтобы определить состояние внутреннего ЦММ. *Дополнительные сведения см. в разделе «Отключение внутреннего ЦММ» на странице 179.*
- 226**            **Settings conflict: DMM enabled (ЦММ включен)**  
Когда внутренний ЦММ включен, команды ROUTe:CHAN:ADVance:SOURce и ROUTe:CHAN:FWIRe не разрешаются. Используйте команду INSTRument:DMM?, чтобы определить состояние внутреннего ЦММ. *Дополнительные сведения см. в разделе «Отключение внутреннего ЦММ» на странице 179.*
- 251**            **Unsupported temperature transducer type (Неподдерживаемый тип преобразователя температуры)**  
Указан недопустимый тип РДТ или термистора. Поддерживаются следующие типы РДТ:  $\alpha = 0,00385$  («85») и  $\alpha = 0,00391$  («91»). Поддерживаются следующие типы термисторов: 2,2 кОм (2252), 5 кОм (5000) и 10 кОм (10000).  
*Пример: CONF:TEMP RTD,1,(@101)*
- 261**            **Not able to execute while scan initiated (Во время начатого сканирования выполнение невозможно)**  
Во время сканирования нельзя менять параметры, которые влияют на сканирование (конфигурация каналов, интервал сканирования, значения масштабирования, пределы для уведомлений, сброс платы или восстановление сохраненного состояния). Чтобы остановить выполняемое сканирование, отправьте команду **ABORt** или сообщение очистки устройства («сброс универсальный») шины.

- 271 Not able to accept unit names longer than 3 characters (Имена единиц измерения длиннее трех символов не принимаются)**  
Для масштабирования типа Mx+V можно указать пользовательскую метку длиной до трех символов. Этими символами могут быть латинские буквы (A-Z), цифры (0-9), знак подчеркивания ( \_ ), а также символ «#», который на передней панели отображается в виде символа градуса ( ° ).
- 272 Not able to accept character in unit name (Недопустимый символ в имени единицы измерения)**  
Для масштабирования типа Mx+V можно указать пользовательскую метку длиной до трех символов. Первый символ должен быть буквой или символом # (# разрешено использовать только в самом левом символе метки). Оставшиеся два символа могут быть буквами, цифрами или символами подчеркивания.
- 281 Not able to perform on more than one channel (Операцию невозможно выполнить более чем для одного канала)**  
Эту операцию можно выполнять одновременно только для одного канала. Проверьте, не содержит ли список каналов, отправленный вместе с этой командой, более одного канала. Эта ошибка возникает при выполнении команд ROUTE:MON и DATA:LAST?.
- 291 Not able to recall state: it is empty (Невозможно восстановить состояние: оно пустое)**  
Восстановить сохраненное состояние можно только из ячейки, в которой уже имеется сохраненное состояние. Ячейка состояния, которое вы пытались восстановить, пуста. Ячейки памяти пронумерованы с 0 по 5.
- 292 Not able to recall state: DMM enable changed (Режим включения/выключения ЦММ изменился)**  
Состояние включения/выключения внутреннего ЦММ изменилось с момента, когда было сохранено состояние прибора. Используйте команду INSTRUMENT:DMM?, чтобы определить состояние внутреннего ЦММ. *Дополнительные сведения см. в разделе «Отключение внутреннего ЦММ» на странице 179.*

- 301**            **Module currently committed to scan (Модуль в настоящее время выделен для сканирования)**  
При добавлении канала мультиплексора в список сканирования весь соответствующий модуль выделяется для сканирования. Низкоуровневые операции закрытия и открытия нельзя выполнять над всеми каналами в этом модуле (даже если такие каналы не настроены). Чтобы остановить выполняемое сканирование, отправьте команду ABORt или сообщение очистки устройства («сброс универсальный») шины.
- 303**            **Module not able to perform requested operation (Модуль не может выполнить запрошенную операцию)**  
Получена команда, которая недействительна для указанного модуля. Эта ошибка чаще всего возникает при отправке команды, предназначенной для многофункционального модуля, на модуль коммутации.
- 305**            **Not able to perform requested operation (Невозможно выполнить запрошенную операцию)**  
Запрошенная операция недействительна для указанного канала. Возможно, вы попытались настроить канал на измерения величины тока (это поддерживается только для каналов 21 и 22 в модуле 34901A). Или же вы попытались настроить масштабирование на модуле, который не подключается ко внутреннему ЦММ.
- 306**            **Part of a 4-wire pair (Это часть 4-проводной пары)**  
При 4-проводных измерениях сопротивления прибор автоматически спаривает канал  $n$  и канал  $n+10$  (34901A) или  $n+8$  (34902A) для реализации подключений источника и измерений. Чтобы изменить конфигурацию «верхнего» канала (с большим номером) в 4-проводной паре, необходимо сначала изменить настройку «нижнего» канала, выбрав функцию измерений, отличную от 4-проводных измерений сопротивления.

- 307** **Incorrectly configured ref channel (Неправильно настроен эталонный сигнал)**  
Для термопарных измерений, в которых используется внешний эталон, прибор автоматически резервирует в качестве эталонного канала канал 01 в мультиплексоре, установленном в слот с *наименьшим номером*. Прежде чем настраивать канал термопары с внешним эталоном, необходимо настроить эталонный канал (канал 01) для измерений с помощью *термистора или РДТ*.
- Эта ошибка также возникает, если изменить функцию эталонного канала (канала 01) после выбора внешнего источника эталона для канала термопары.
- 308** **Channel not able to perform requested operation (Канал не может выполнить запрошенную операцию)**  
Канал не может выполнить запрошенную операцию.
- 309** **Incorrectly formatted channel list (Неправильный формат списка каналов)**  
Список каналов имеет неправильный формат. Примеры правильных форматов приведены ниже.
- (@321) — канал 21 в модуле в слоте 300.
- (@221:222) — каналы с 21 по 22 в модуле в слоте 200.
- (@121:122,222,321:322) — каналы 21 и 22 в модуле в слоте 100, канал 22 в модуле в слоте 200, а также каналы 21-22 в модуле в слоте 300.
- 401** **Mass storage error: failed to create file (Ошибка накопителя данных: не удалось создать файл)**  
Файл на USB-накопителе не был создан.
- 402** **Mass storage error: failed to open file (Ошибка накопителя данных: не удалось открыть файл)**  
Файл на USB-накопителе не удалось открыть.
- 403** **Mass storage error: failed to close file (Ошибка накопителя данных: не удалось закрыть файл)**  
Файл на USB-накопителе не удалось закрыть.

- 404 Mass storage error: file write error (Ошибка накопителя данных: ошибка записи файла)**  
Не удалось выполнить запись данных файла на USB-накопитель.
- 405 Mass storage error: file read error (Ошибка накопителя данных: ошибка чтения файла)**  
Не удалось выполнить чтение данных файла с USB-накопителя.
- 406 Mass storage error: file write error (Ошибка накопителя данных: ошибка записи файла)**  
Данные файла не были записаны на USB-накопитель.
- 407 Mass storage error: failed to remove file (Ошибка накопителя данных: не удалось удалить файл)**  
Прибору не удалось удалить файл на USB-накопителе.
- 408 Mass storage error: failed to create directory (Ошибка накопителя данных: не удалось создать каталог)**  
Прибору не удалось создать каталог на USB-накопителе.
- 409 Mass storage error: failed to remove directory (Ошибка накопителя данных: не удалось удалить каталог)**  
Прибору не удалось удалить каталог на USB-накопителе.
- 410 Not enough disk space (Недостаточно пространства на диске)**  
Внешний USB-накопитель заполнен.
- 411 No external disk detected (Внешний диск не обнаружен)**  
Для этой операции требуется USB-накопитель, но он не обнаружен.
- 412 External disk has been detached (Внешний диск отсоединен)**  
Внешний USB-накопитель был отключен от прибора.
- 413 File already exists (Файл уже существует)**  
Прибору не удалось создать новый файл, так как на USB-накопителе уже существует файл с тем же именем.
- 414 Directory already exists (Каталог уже существует)**  
Прибору не удалось создать новый каталог, так как на USB-накопителе уже существует каталог с тем же именем.
- 415 File not found (Файл не найден)**  
Такого файла нет на USB-накопителе.

- 416 Path not found (Путь не найден)**  
Такого каталога нет на USB-накопителе.
- 417 File not opened for writing (Файл не открыт для записи)**  
Прибору не удалось открыть файл на USB-накопителе для записи.
- 418 File not opened for reading (Файл не открыт для чтения)**  
Прибору не удалось открыть файл на USB-накопителе для чтения.
- 450 Overrun during data collection: readings lost in USB transfer (Переполнение в ходе сбора данных: показания утеряны во время переноса на USB)**  
Внутренняя ошибка: показания измерений поступали слишком быстро и не были буферизованы для записи на USB-накопитель.
- 451 Overrun during USB output: readings lost in USB transfer (Переполнение в ходе вывода на USB: показания утеряны во время переноса на USB)**  
Внутренняя ошибка: операция записи на USB производилась недостаточно быстро по сравнению со сбором данных.
- 452 Reading memory export aborted due to measurement reconfig (Экспорт памяти показаний прерван из-за изменения конфигурации измерений)**  
Экспорт памяти показаний прерван, так как произошло изменение настроек измерений.
- 453 Not able to execute while logging data to USB (Невозможно выполнить в ходе регистрации данных на USB)**  
Эту операцию невозможно выполнить во время, когда данные активно регистрируются на USB-накопителе.
- 454 Not able to execute while copying data to USB (Невозможно выполнить в ходе копирования данных на USB)**  
Эту операцию невозможно выполнить во время, когда данные экспортируются на USB-накопитель.
- 455 Not able to execute while importing a configuration from USB (Невозможно выполнить в ходе импорта конфигурации с USB)**  
Эту операцию невозможно выполнить во время, когда производится импорт конфигурации с USB-накопителя.

- 457 Logging request ignored: USB device is busy (Запрос на регистрацию проигнорирован: устройство USB занято)**  
Регистрация показаний не была начата, поскольку устройство USB занято, но сканирование продолжит выполняться обычным образом, и данные будут помещаться в память показаний.
- 458 External USB drive is inaccessible (Внешний USB-накопитель недоступен)**  
Невозможно получить доступ ко внешнему USB-накопителю; диск переполнен, или его необходимо отформатировать. Прибор будет работать так, как если бы накопитель не был подключен. Прибору не удалось найти на диске допустимый раздел для сохранения данных прибора.
- 459 Logging to USB was stopped (Регистрация на USB прекращена)**  
Регистрация данных была прекращена до окончания, из-за прерывания или какого-либо другого состояния ошибки.
- 460 Logging to USB was stopped after 2<sup>32</sup> sweeps of data (Регистрация данных на USB прекращена после 2<sup>32</sup> проходов данных)**  
Прибор может сохранять не более 2<sup>32</sup> (~ 4,3 млрд.) проходов захвата на внешнем USB-накопителе
- 461 Memory lost: non-volatile settings; USB drive (Память утеряна: настройки энергонезависимой памяти; USB-накопитель)**  
Данные в энергонезависимой памяти утеряны или повреждены. Включена USB-регистрация данных, предел строк и разделитель столбцов будут сброшены до начальных значений.
- 462 Configuration import aborted (Импорт конфигурации прерван)**  
Изменение конфигурации прибора было прервано.
- 463 Configuration import failed (Сбой импорта конфигурации)**  
Это сводна ошибка, которая выдается при появлении ЛЮБЫХ других ошибок в ходе импорта конфигурации.
- 464 Invalid import file (Недопустимый файл импорта)**  
Прибору не удалось распознать файл импортируемой конфигурации на USB.
- 465 Import file cardset does not match instrument (Набор плат в импортируемом файле не соответствует прибору)**  
Текущая конфигурация плат в приборе не соответствует набору плат, который предполагается в импортируемом с USB файле.

- 466 Operation not allowed in a configuration import file (Операция в импортируемом файле конфигурации не разрешена)**  
В импортируемом с USB файле обнаружена недопустимая команда.
- 467 No readings to export (Нет показаний для экспорта)**  
Память показаний пуста; на USB-накопитель ничего не экспортировалось.
- 468 Unable to fetch measurement config from internal processor (Не удается получить конфигурацию измерений из внутреннего процессора)**  
Прибору не удалось получить конфигурацию измерений из вторичного процессора в связи с ошибкой при обмене данными.
- 469 Internal processor returned an invalid measurement config (Внутренний процессор возвратил недопустимую конфигурацию измерений)**  
Данные конфигурации, возвращенные вторичным процессором, недопустимы. Не удалось определить конфигурацию измерений.
- 470 Measurement was reconfigured; Cannot save configuration data (Настройки измерений были изменены; невозможно сохранить данные конфигурации)**  
Конфигурация измерений уже не согласуется с соответствующим набором показаний. Данные конфигурации не будут записаны на USB-накопитель.
- 471 USB operation aborted; Cannot save configuration data (Операция с USB прервана; невозможно сохранить данные конфигурации)**  
Во время выборки данных конфигурации из вторичного процессора получена команда прерывания или сообщение очистки устройства по шине. Данные конфигурации не будут записаны на USB-накопитель.
- 472 One or more blcfg file names invalid; files inaccessible (Одно или несколько имен blcfg-файлов недопустимы; файлы недоступны)**  
Длина имен файлов конфигурации BLCFG программы Keysight BenchLink Data Logger на USB-накопителе ограничена 40 символами (с учетом расширения «.blcfg»), причем все символы имени должны входить в набор символов ANSI. Для импорта можно будет выбрать только разрешенные имена файлов.

- 473**            **Disk contains too many blcfg files; oldest files inaccessible**  
**(Диск содержит слишком много blcfg-файлов; самые старые файлы недоступны)**  
Прибор включает в каталог только 50 созданных последними BLCFG-файлов программы Keysight BenchLink Data Logger. Более старые файлы будет невозможно выбрать.
- 501**            **I/O processor: isolator framing error** (Процессор ввода-вывода: ошибка кадрирования изолятора)
- 502**            **I/O processor: isolator overrun error** (Процессор ввода-вывода: ошибка переполнения изолятора)
- 511**            **Communications: RS-232 framing error** (Обмен данными: ошибка кадрирования RS-232)
- 512**            **Communications: RS-232 overrun error** (Обмен данными: ошибка переполнения RS-232)
- 513**            **Communications: RS-232 parity error** (Обмен данными: ошибка четности RS-232)
- 514 (только для 34970A)**    **RS-232 only: unable to execute using HP-IB** (Только для RS-232: невозможно выполнить при использовании HP-IB)  
Имеется три команды, которые разрешены только при работе по интерфейсу RS-232; это SYSTem:LOCa1, SYSTem:REMOte и SYSTem:RWLock.
- 514 (только для 34972A)**    **Not allowed; Instrument locked by another I/O session** (Не разрешено; прибор заблокирован другим сеансом ввода-вывода)  
Запрошенная операция не разрешена, так как другой сеанс ввода-вывода заблокировал прибор.
- 521**            **Communications: input buffer overflow** (Обмен данными: переполнение входного буфера)
- 522**            **Communications: output buffer overflow** (Обмен данными: переполнение выходного буфера)
- 532**            **Not able to achieve requested resolution** (Невозможно обеспечить запрошенное разрешение)  
Прибор не может обеспечить запрошенное разрешение измерений. Возможно, вы указали неправильную разрешение в команде CONFIgure или MEASure?.

- 540**            **Not able to null channel in overload (Невозможно установить нуль в канале при перегрузке)**  
Прибор не может сохранить показание перегрузки (9.90000000E+37) в качестве смещения для масштабирования типа Mx+B при использовании нулевых измерений.
- 550**            **Not able to execute command in local mode (Невозможно выполнить команду в локальном режиме)**  
Прибор получил команду READ? (ПРОЧЕСТЬ) или MEASure? во время работы в локальном режиме.

## Ошибки при самотестировании

Следующие ошибки сообщают о сбоях, которые могут быть обнаружены в ходе самотестирования. Более подробные сведения см. в *Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A*.

- 601 **Self-test: front panel not responding (Самотестирование: передняя панель не реагирует)**
- 602 **Self-test: RAM read/write failed (Самотестирование: ошибка чтения/записи ОЗУ)**
- 603 **Self-test: A/D sync stuck (Самотестирование: синхронизация АЦП «залипла»)**
- 604 **Self-test: A/D slope convergence (Самотестирование: сбой схождения кривой АЦП)**
- 605 **Self-test/Cal: not able to calibrate rundown gain (Самотестирование/калибровка: не удается калибровать коэффициент усиления)**
- 606 **Self-test/Cal: rundown gain out of range (Самотестирование/калибровка: коэффициент усиления вне диапазона)**
- 607 **Self-test: rundown too noisy (Самотестирование: коэффициент усиления идет со слишком большими шумами)**
- 608 **Self-test: serial configuration readback (Самотестирование: сбой обратного считывания последовательной конфигурации)**
- 609 **Self-test: DC gain x1 (Самотестирование: сбой усиления пост. тока x1)**
- 610 **Self-test: DC gain x10 (Самотестирование: сбой усиления пост. тока x10)**
- 611 **Self-test: DC gain x100 (Самотестирование: сбой усиления пост. тока x100)**
- 612 **Self-test: Ohms 500 nA source (Самотестирование: сбой источника 500 нА для изм. сопротивления)**
- 613 **Self-test: Ohms 5 uA source (Самотестирование: сбой источника 5 мкА для изм. сопротивления)**

- 614 Self-test: DC 300V zero (Самотестирование: сбой источника нуля для измерений пост. напряжения 300 В)
- 615 Self-test: Ohms 10 uA source (Самотестирование: сбой источника 10 мкА для изм. сопротивления)
- 616 Self-test: DC current sense (Самотестирование: сбой определения постоянного тока)
- 617 Self-test: Ohms 100 uA source (Самотестирование: сбой источника 100 мкА для изм. сопротивления)
- 618 Self-test: DC high voltage attenuator (Самотестирование: сбой аттенюатора высокого пост. напряжения)
- 619 Self-test: Ohms 1 mA source (Самотестирование: сбой источника 1 мА для изм. сопротивления)
- 620 Self-test: AC rms zero (Самотестирование: сбой нуля среднекв. перем. тока)
- 621 Self-test: AC rms full scale (Самотестирование: сбой полного масштаба среднекв. перем. тока)
- 622 Self-test: frequency counter (Самотестирование: сбой счетчика частоты)
- 623 Self-test: not able to calibrate precharge (Самотестирование: не удалось откалибровать предварительную зарядку)
- 624 Self-test: not able to sense line frequency (Самотестирование: не удалось определить частоту сети питания)
- 625 Self-test: I/O processor not responding (Самотестирование: процессор ввода-вывода не отвечает)
- 626 Self-test: I/O processor self-test (Самотестирование: сбой самотестирования процессора ввода-вывода)

## Ошибки калибровки

Следующие ошибки сообщают о сбоях, которые могут быть обнаружены в ходе калибровки. Более подробные сведения см. в *Руководстве по обслуживанию 34970A/34792A*.

- 701 Cal: security disabled by jumper (Калибровка: защита отключена переключкой)**  
Функция защиты от калибровки отключена с помощью переключки, установленной внутри прибора. В соответствующих ситуациях эта ошибка возникает при включении питания, предупреждая вас, что прибор не защищен от калибровки.
- 702 Cal: secured (Калибровка: защищен от калибровки)**  
Прибор защищен от калибровки.
- 703 Cal: invalid secure code (Калибровка: неправильный код безопасности)**  
Введен неправильной код безопасности для калибровки. Для снятия защиты прибора необходимо использовать тот же код безопасности, что применялся для установки защиты, и наоборот. Код безопасности может содержать до 12 буквенно-цифровых символов включительно. Первый символ *должен* быть буквой, а остальные символы могут быть либо буквами, либо цифрами, либо знаками подчеркивания ( \_ ). Использовать все 12 символов в коде не обязательно, но первый символ обязательно должен быть буквой. *При отгрузке прибора с завода на нем установлен код безопасности «KT034970» или «KT034972».*
- 704 Cal: secure code too long (Калибровка: код безопасности слишком длинный)**  
Код безопасности может содержать до 12 буквенно-цифровых символов включительно. Получен код безопасности, который содержит больше 12 символов.
- 705 Cal: aborted (Калибровка: прервана)**  
Выполняемая калибровка была прервана при отключении питания прибора или получении сигнала сброса устройства по шине.
- 706 Cal: value out of range (Калибровка: значение вне диапазона)**  
Указанное значение калибровки (CALibration:VALue) недопустимо для текущих функции измерений и диапазона.

- 707 Cal: signal measurement out of range (Калибровка: измеренный сигнал вне диапазона)**  
Указанное (с помощью CALibration:VALue) значение калибровки не соответствует поданному на прибор сигналу.
- 708 Cal: signal frequency out of range (Калибровка: частота сигнала вне диапазона)**  
Частота входного сигнала для калибровки по переменному току не соответствует требуемой для этой калибровке входной частоте.
- 709 Cal: no cal for this function or range (Калибровка: для этих функции или диапазона калибровка невозможна)**  
Выполнение калибровки невозможно для большинства диапазонов переменного тока, для диапазона сопротивлений 100 МОм, а также для периода.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Следующие сообщения об ошибках указывают на возможность наличия аппаратных неполадок в приборе. При возникновении любой из приведенных ниже ошибок обращайтесь в ближайший сервисный центр Keysight для проведения ремонта.

- 710 Cal: full scale correction out of range (Калибровка: корректировка по всей шкале вне диапазона)**
- 720 Cal: DCV offset out of range (Калибровка: смещение пост. напр. вне диапазона)**
- 721 Cal: DCI offset out of range (Калибровка: смещение пост. тока вне диапазона)**
- 722 Cal: RES offset out of range (Калибровка: смещение сопр. вне диапазона)**
- 723 Cal: FRES offset out of range (Калибровка: смещение 4-проводного сопр. вне диапазона)**
- 724 Cal: extended resistance self cal failed (Калибровка: сбой расширенной самокалибровки сопротивления)**

- 725 Cal: 300V DC correction out of range (Калибровка: корректировка для 300 В пост. вне диапазона)
- 730 Cal: precharge DAC convergence failed (Калибровка: сбой схождения ЦАП предварительной зарядки)
- 731 Cal: A/D turnover correction out of range (Калибровка: корректировка переброса АЦП вне диапазона)
- 732 Cal: AC flatness DAC convergence failed (Калибровка: сбой схождения ЦАП по неравномерности перем. тока)
- 733 Cal: AC low frequency convergence failed (Калибровка: сбой схождения для перем. тока низкой частоты)
- 734 Cal: AC low frequency correction out of range (Калибровка: корректировка перем. тока низкой частоты вне диапазона)
- 735 Cal: AC rms converter noise correction out of range ( Калибровка: корректировка шума преобразователя среднечв. перем. тока вне диапазона)
- 736 Cal: AC rms 100th scale correction out of range (Калибровка: корректировка среднечв. перем. тока в масштабе 1/100 вне диапазона)
- 740 Cal data lost: secure state (Данные калибровки утеряны: состояние защиты)
- 741 Cal data lost: string data (Данные калибровки утеряны: строчные данные)
- 742 Cal data lost: DCV corrections (Данные калибровки утеряны: корректировки пост. напр)
- 743 Cal data lost: DCI corrections (Данные калибровки утеряны: корректировки пост. тока)
- 744 Cal data lost: RES corrections (Данные калибровки утеряны: корректировки сопротивления)
- 745 Cal data lost: FRES corrections (Данные калибровки утеряны: корректировки 4-проводного сопротивления)
- 746 Cal data lost: AC corrections (Данные калибровки утеряны: корректировки перем. тока)

747 (только для 34970A)	Config data lost: HP-IB address (Данные конфигурации утеряны: адрес HP-IB)
747 (только для 34972A)	Calibration failed (Сбой калибровки)
748 (только для 34970A)	Config data lost: RS-232 (Данные конфигурации утеряны: RS-232)
748 (только для 34972A)	Cal checksum failed internal data (Сбой контрольной суммы калибровки — внутренние данные)
749	DMM relay count data lost (Утеряны данные счетчика переключений ЦММ)

## Ошибки подключаемых модулей

### ПРИМЕЧАНИЕ

Следующие сообщения об ошибках указывают на возможность наличия аппаратных неполадок в приборе. При возникновении любой из приведенных ниже ошибок обращайтесь в ближайший сервисный центр Keysight для проведения ремонта.

---

- 901 **Module hardware: unexpected data received (Оборудование модуля: получены непредвиденные данные)**
- 902 **Module hardware: missing stop bit (Оборудование модуля: отсутствует стоп-бит)**
- 903 **Module hardware: data overrun (Оборудование модуля: переполнение данных)**
- 904 **Module hardware: protocol violation (Оборудование модуля: нарушение протокола)**
- 905 **Module hardware: early end of data (Оборудование модуля: преждевременное окончание данных)**
- 906 **Module hardware: missing end of data (Оборудование модуля: отсутствует окончание данных)**
- 907 **Module hardware: module srq signal stuck low (Оборудование модуля: сигнал SRQ постоянно низкий)**
- 908 **Module hardware: not responding (Оборудование модуля: нет ответа)**
- 910 **Module reported an unknown module type (Модуль сообщил неизвестный тип модуля)**
- 911 **Module reported command buffer overflow (Модуль сообщил о переполнении буфера команд)**
- 912 **Module reported command syntax error (Модуль сообщил об ошибке синтаксиса команды)**
- 913 **Module reported nonvolatile memory fault (Модуль сообщил об отказе энергонезависимой памяти)**

- 914 **Module reported temperature sensor fault (Модуль сообщил об отказе сенсора температуры)**
- 915 **Module reported firmware defect (Модуль сообщил о дефекте микропрограммы)**
- 916 **Module reported incorrect firmware installed (Модуль сообщил об установленной неверной микропрограмме)**

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

# 6 Прикладные программы

Прикладные программы	262
Примеры программ для Excel 7.0	263
Примеры программ на С и С++	271

## Прикладные программы

Эта глава содержит несколько примеров программ, которые помогут вам разработать собственные программы для ваших задач по измерениям. Подробное описание языка SCPI, используемого для работы с прибором, см. в *Справочнике программиста Keysight 34970A/34792A*.

Примеры из этой главы протестированы на ПК, работающем под управлением ОС Windows 95. Эти примеры написаны с расчетом на работу по интерфейсу GPIB, для них требуется библиотека VISA (*Virtual Instrument Software Architecture — программная архитектура виртуальных приборов*), которая обеспечит работу с платой интерфейса GPIB в вашем компьютере. Для надлежащей работы примеров нужно, чтобы файл `visa32.dll` находился в каталоге `c:\windows\system` на компьютере.

Эти программы написаны для модели 34970A, но (за исключением функций обмена данными) общие принципы и код также применимы и к модели 34972A.

Программы, разработанные с учетом особенностей модели 34972A, можно найти на странице изделия:

[www.keysight.com/find/34972A](http://www.keysight.com/find/34972A)

### ПРИМЕЧАНИЕ

При отгрузке прибора с завода на нем установлен адрес GPIB (IEEE-488) «09». В примерах из этой главы предполагается, что установлен адрес GPIB «09».

## Примеры программ для Excel 7.0

Этот раздел содержит два примера программ, написанных с использованием макросов Excel (*Visual Basic® for Applications*), которые управляют прибором 34970A/34792A. Используя Excel, можно отправлять команды SCPI для настройки прибора, а затем записывать данные измерений в электронной таблице Excel.

Чтобы написать макрос Excel, необходимо сначала открыть модуль в Excel. Перейдите в меню **Insert** (Вставка), выберите пункт *Macro* (Макрос), затем выберите *Module* (Модуль). Задайте для этого модуля имя Send Commands (Отправить команды), щелкнув вкладку правой кнопкой мыши. Создайте еще один модуль и назовите его «Конфигурирование порта». Модуль «Конфигурирование порта» будет использоваться для настройки всех дополнительных функций, необходимых для обмена данными с прибором по интерфейсу. Модуль «Отправить команды» будет использоваться для отправки команд SCPI на прибор с помощью модуля «Конфигурирование порта».

В этом разделе приведено два примера для Excel. Чтобы ввести первый пример takeReadings (получение показаний), введите текст в том виде, в котором он показан на [странице 264](#), в модуль Send Commands (Отправить команды). Затем введите текст для настройки интерфейса, в виде, приведенном на [странице 266](#), в модуль «Конфигурирование порта».

После ввода данных в оба модуля перейдите к электронной таблице и запустите пример программы. Учтите, что макрос необходимо запускать из электронной таблицы. Поместив курсор в электронную таблицу, выберите пункт *Macro* (Макрос) в меню **Tools** (Сервис). Затем дважды щелкните макрос takeReadings в диалоговом окне Macro (Макрос).

Чтобы запустить второй пример («Сканирование каналов»), введите текст, в том виде, в котором он приведен на [странице 268](#), в модуль «Отправить команды» и воспользуйтесь повторно модулем «Конфигурирование порта» из первого примера на [странице 266](#)).

Внесите любые требуемые для ваших задач изменения в модуль Send Commands (Отправить команды). Данные в модули нужно вводить в точности в том виде, в котором они приведены здесь, или возникнут ошибки. Если при попытке запуска макроса происходит несколько системных ошибок, возможно, для правильной работы порта GPIB потребуется перезагрузить ваш ПК.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Чтобы использовать эти примеры с ОС Windows 3.1, потребуется внести изменения в декларации в начале модуля «Конфигурирование порта». Для этого замените во всех декларациях «visa32.dll» на «visa.dll».

### Пример для Excel 7.0: макрос takeReadings

```

, *****
'Этот макрос для Excel (Visual Basic) настраивает прибор 34970A на сканирование с использованием
модулей мультиплексоров 34901A, 34902A или 34908A. 'При выполнении этой подпрограммы она
'получает указанное количество показаний в выбранном канале. 'Можно легко изменять число
показаний, задержку канала и номер канала. 'Чтобы сделать эти изменения, измените код в разделе
'НАСТРОЙКА'. 'Учтите, что один из вышеуказанных модулей должен быть установлен
'в слот 100, чтобы эта программа работала надлежащим образом. 'В компьютере также должна быть
плата интерфейса
'GPIB с установленной библиотекой VISA или VTL.
, *****
,
Option Explicit
Sub takeReadings()
  Columns(1).ClearContents
  Columns(2).ClearContents
  Dim I As Integer 'Используется как счетчик в цикле For-Next
  Dim numberMeasurements As Integer ' Число показаний
  Dim measurementDelay As Single 'Задержка между замыканием реле и измерениями
  Dim points As Integer
, *****
' Чтобы изменить адрес GPIB, исправьте значение переменной 'VISAaddr' ниже.
VISAaddr = "9"
OpenPort ' Открыть обмен данными по GPIB
SendSCPI "*"RST" ' Выдача команды сброса до заводских настроек (Factory Reset)
на прибор
, *****

```

Продолжение на следующей странице

```

, .....,
' НАСТРОЙКА: Измените этот раздел, чтобы выбрать число показаний, задержку канала
' и номер канала, по которому необходимо выполнить измерения.
numberMeasurements = 10 ' Число показаний
measurementDelay = 0.1 ' Задержка (в секундах) между замыканием реле и измерениями
' Настройка функции, диапазона и канала
SendSCPI "CONF:VOLT:DC (@103)" ' Настройка канала 103 на измерения пост. напряжения
, .....,
' Выбор задержки канала и числа показаний
SendSCPI "ROUT:CHAN:DELAY " & Str$(measurementDelay)
SendSCPI "TRIG:COUNT " & Str$(numberMeasurements)
' Настройка заголовков электронных таблиц
Cells(2, 1) = "Chan Delay:"
Cells(2, 2) = measurementDelay
Cells(2, 3) = "sec"
Cells(3, 1) = "Reading #"
Cells(3, 2) = "Value"

SendSCPI "INIT" ' Начать измерения показаний и ожидать, когда прибор поместит
Do ' одни показания в память
SendSCPI "DATA:POINTS?" ' Получить число сохраненных показаний
points = Val(getScpi())
Loop Until points >= 1

' Извлекать показания из памяти, одно за раз
For I = 1 To numberMeasurements
SendSCPI "DATA:REMOVE? 1" ' Запросить 1 показание из памяти
Cells(I + 3, 1) = I ' Номер показания
Cells(I + 3, 2) = Val(getScpi()) ' Значение показания
Do ' Дождаться, пока прибор поместит в память еще одно показание
SendSCPI "DATA:POINTS?" ' Получить число сохраненных показаний
points = Val(getScpi())
Loop Until points >= 1 Or I >= numberMeasurements
Next I
ClosePort ' Закрыть обмен данными по GPIB
End Sub

```

## Пример для Excel 7.0: Макрос «Конфигурирование порта»

```

Option Explicit
' Декларации для VISA.DLL
' Базовые операции ввода-вывода
Private Declare Function viOpenDefaultRM Lib "VISA32.DLL" Alias "#141" (sesn As Long) As Long
Private Declare Function viOpen Lib "VISA32.DLL" Alias "#131" (ByVal sesn As Long, _
    ByVal desc As String, ByVal mode As Long, ByVal TimeOut As Long, vi As Long) As Long Private
Declare Function viClose Lib "VISA32.DLL" Alias "#132" (ByVal vi As Long) As Long Private Declare
Function viRead Lib "VISA32.DLL" Alias "#256" (ByVal vi As Long, _
    ByVal Buffer As String, ByVal Count As Long, retCount As Long) As Long
Private Declare Function viWrite Lib "VISA32.DLL" Alias "#257" (ByVal vi As Long, _
    ByVal Buffer As String, ByVal Count As Long, retCount As Long) As Long

' Коды ошибок
Global Const VI_SUCCESS = 0
' Глобальные переменные
Global vifaultRM As Long ' Идентификатор диспетчера ресурсов для VISA GPIB
Global vi As Long ' Сохраняет сеанс для VISA
Dim errorStatus As Long ' Код ошибки VTL
Global VISAAddr As String

'.....' Для
этой процедуры требуется файл библиотеки 'VISA32.DLL', который обычно
' находится на ПК в каталоге c:\windows\system. Эта процедура использует библиотеку VTL
для отправки
' команд на прибор. Описание этих и других команд VTL можно
' найти в руководстве по эксплуатации Keysight VISA.
'.....
Public Sub SendSCPI(SCPICmd As String)
' Эта процедура отправляет команду SCPI в порт GPIB. Если команда является
' командой запроса (содержит знак вопроса), необходимо прочесть ответ с помощью 'getScpi'

    Dim commandstr As String ' Команда, передаваемая на прибор
    Dim actual As Long ' Число отправленных/возвращенных символов

    'Записать команду в прибор, завершив ее символом перевода строки
    commandstr = SCPICmd & Chr$(10)
    errorStatus = viWrite(vi, ByVal commandstr, Len(commandstr), actual)
End Sub

```

Продолжение на следующей странице

```

Function getScpi() As String
    Dim readbuf As String * 2048      ' Буфер, используемый для возвращенной строки
    Dim replyString As String        ' Сохранение возвращенной строки
    Dim nulpos As Integer            ' Расположение любых символов nul в буфере readbuf
    Dim actual As Long               ' Число отправленных/возвращенных символов

    ' Чтение строки ответа
    errorStatus = viRead(vi, ByVal readbuf, 2048, actual)
    replyString = readbuf
    ' Удаление всех символов nul из строки ответа
    nulpos = InStr(replyString, Chr$(0))
    If nulpos Then
        replyString = Left(replyString, nulpos - 1)
    End If
    getScpi = replyString
End Function

Sub OpenPort()
    '.....
    ' Обязательно установите адрес GPIB в переменной 'VISAAddr'
    ' перед вызовом этой процедуры.
    '.....
    ' Открыть сеанс VISA
    errorStatus = viOpenDefaultRM(videfaultRM)
    ' Открыть обмен данными с прибором
    errorStatus = viOpen(videfaultRM, "GPIB0::" & VISAAddr & "::INSTR", 0, 2500, vi)
    ' Если возникнет ошибка, выдать сообщение
    If errorStatus < VI_SUCCESS Then
        Range("A2").Select
        Cells(1, 1) = "Не удается открыть порт"
    End If
End Sub

Sub ClosePort()
    errorStatus = viClose(vi)
    ' Закрыть сеанс
    errorStatus = viClose(videfaultRM)
End Sub

'.....
' Эта процедура используется для задержки. Входное значение указывается в секундах,
' допустимы дробные доли секунды.
'.....
Sub delay(delay_time As Single)
    Dim Finish As Single
    Finish = Timer + delay_time
    Do
    Loop Until Finish <= Timer
End Sub

```

## Пример для Excel 7.0: Макрос «Сканирование каналов»

```

,
'Этот макрос для Excel (Visual Basic) настраивает прибор 34970A на сканирование с использованием
модулей мультиплексоров 34901A,
' 34902A или 34908A. При выполнении этой подпрограммы она
' сканирует 5 каналов и отображает показания в электронной таблице. Можно легко изменить
' каналы в списке сканирования, число каналов, задержку каналов и задержку сканирования. Чтобы
сделать эти
' изменения, измените код в разделе 'НАСТРОЙКА'. Учтите, что один из вышеуказанных модулей должен
' быть установлен в слот 100, чтобы эта программа работала надлежащим образом. Также на компьютере
' должна быть установлена плата интерфейса GPIB с установленной библиотекой VISA или VTL.
,

```

Option Explicit

Sub ScanChannels()

```

    Dim columnIndex As Integer          ' Номер столбца данных
                                        ' "1" обозначает первый столбец данных
    Dim numberScans As Integer          ' Общее число сканирований
    Dim numberChannels As Integer       ' Общее число сканируемых каналов
    Dim scanInterval As Single          ' Интервал времени в секундах между сканированиями
    Dim points As Integer               ' Число показаний в памяти прибора
    Dim replyString As String           ' Сохранение строки, возвращенной прибором
    Dim scanList As String              ' Список каналов, включаемых в сканирование
    Dim channelDelay As Single          ' Задержка между замыканием реле и измерениями
    Dim Channel As Integer
    Range("a1:ba40").ClearContents    ' Очистка электронной таблицы
,

```

' Чтобы изменить адрес GPIB, исправьте значение переменной 'VISAaddr' ниже.

VISAaddr = "9"

OpenPort

' Открыть обмен данными по GPIB

SendSCPI "\*RST"

' Выдача команды сброса до заводских настроек (Factory Reset)

на прибор

' **НАСТРОЙКА:** Измените этот раздел для выбора интервала сканирования, числа сканирований  
' и задержку между каналами.

' Эти переменные используются для настройки параметров сканирования

scanInterval = 10

' Задержка (в секундах) между сканированиями

numberScans = 3

' Число выполняемых проходов сканирования

channelDelay = 0.1

' Задержка (в секундах) между замыканием реле и измерениями

' Чтобы удалить каналы из списка сканирования, измените строковую переменную списка

сканирования

' 'scanList' ниже. То Чтобы добавить каналы в список сканирования, измените переменную

'scanList', а затем

' настройте канал с помощью команды CONFIGure.

' 'scanList' – это список каналов в списке сканирования; обратите внимание, что он не должен  
' содержать все настроенные на приборе каналы.

scanList = "@101,102,110:112"

SendSCPI "CONF:TEMP TC,T,@101"

' Настроить канал 101 на измерения температуры

SendSCPI "CONF:TEMP TC,K,@102"

' Настроить канал 102 на измерения температуры

SendSCPI "CONF:TEMP THER,5000,@103"

' Настроить канал 103 на измерения температуры

SendSCPI "CONF:VOLT:DC (@110,111,112)"

' Настроить три канала на измерения пост.

напряжения

Продолжение на следующей странице

```

SendSCPI "ROUTE:SCAN " & scanList      ' Выбрать список каналов для сканирования
SendSCPI "ROUTE:SCAN:SIZE?"            ' Запросить число каналов в списке сканирования
numberChannels = Val(GetSCPI())        ' и установить переменную равной числу каналов
SendSCPI "FORMAT:READING:CHAN ON"     ' Возвращать номер канала в каждом из показаний
SendSCPI "FORMAT:READING:TIME ON"     ' Возвращать метку времени в каждом из показаний
' Установить задержку (в секундах) между замыканием реле и измерениями
SendSCPI "ROUT:CHAN:DELAY " & Str$(channelDelay) & ", " & scanList

' Настроить параметры запуска сканирования после настройки каналов из списка сканирования,
' используя команду CONFIGure. Следующие команды настраивают интервал сканирования.
SendSCPI "TRIG:COUNT " & Str$(numberScans)
SendSCPI "TRIG:SOUR TIMER"
SendSCPI "TRIG:TIMER " & Str$(ScanInterval)
Cells(2, 1) = "Время начала"         ' Поместить заголовки в электронную таблицу
Cells(4, 1) = "Канал"                 ' Поместить заголовки в электронную таблицу

' Начать сканирование и получить время начала сканирования
SendSCPI "INIT;:SYSTEM:TIME:SCAN?"
replyString = GetSCPI()                ' Поместить время в строковую переменную
' Преобразовать время в формат Excel и поместить его в ячейки B2 и C2
Cells(2, 2) = ConvertTime(replyString)
Cells(2, 3) = Cells(2, 2)
Cells(2, 3).NumberFormat = "d-mmm-yy"  ' Формат даты
Cells(2, 2).NumberFormat = "hh:mm:ss" ' Формат времени
Range("a1:b1").ClearContents          ' Очистить строку 1

' Выполнить цикл столько раз, сколько нужно проходов сканирования
For columnIndex = 1 To numberScans     ' Начало данных сканирования
  Do ' Дождаться, пока прибор поместит в память показание
    SendSCPI "DATA:POINTS?"           ' Получить число сохраненных показаний
    points = Val(GetSCPI())
  Loop Until points >= 1
  ' Извлекать показания из памяти, одно за раз
  For Channel = 1 To numberChannels
    SendSCPI "DATA:REMOVE? 1"         ' Запросить одно показание из памяти
    Application.ScreenUpdating = False
    ' Получить показания из буфера и сохранить их в ячейке A1
    Cells(1, 1) = GetSCPI()
    ' Разобрать строку в ячейке A1 и поместить ее в строку таблицы '1'
    Range("a1").TextToColumns Destination:=Range("a1"), comma:=True
    ' Вызывайте процедуру для упорядочения данных строки 1 в таблице
    makeDataTable Channel, columnIndex
    Range("a1:b1").ClearContents     ' Очистить строку 1
    Application.ScreenUpdating = True
    Do ' Дождаться, пока прибор поместит в память еще одно показание
      SendSCPI "DATA:POINTS?"         ' Получить число сохраненных показаний
      points = Val(GetSCPI())
    Loop Until points >= 1 Or Channel >= numberChannels
  Next Channel
Next columnIndex
ClosePort                               ' Закрыть обмен данными по GPIB
End Sub

```

Продолжение на следующей странице

## 6 Прикладные программы

```
Sub makeDataTable(Channel As Integer, columnIndex As Integer)
' Эта процедура берет разобранные данные в строке '1' для канала и помещает их
' в таблицу. 'Channel' определяет строку таблицы, а 'columnIndex' определяет
' столбец (номер прохода сканирования).

' Число разделяемых запятыми полей, возвращаемых для каждого канала, определяется
' командами FORMat:READing. число полей на канал необходимо знать для определения
' положения данных в строке 1. В этом примере на один канал приходится три ячейки (поля).
' Настроить заголовок во время сканирования первого канала.
If Channel = 1 Then
' Пометить верхнюю часть столбца данных и столбца отметки времени
Cells(4, columnIndex * 2) = "Сканирование " & Str(columnIndex)
Cells(4, columnIndex * 2).Font.Bold = True
Cells(3, columnIndex * 2 + 1) = "метка времени"
Cells(4, columnIndex * 2 + 1) = "мин:сек"
End If
' Получить номер канала, поместить в столбец 'A', только для первого сканирования
If columnIndex = 1 Then
Cells(Channel + 4, 1) = Cells(1, 3)
End If
' Получить данные показания и поместить их в столбец
Cells(Channel + 4, columnIndex * 2) = Cells(1, 1)
' Получить метку времени и поместить ее в столбец справа от данных; чтобы преобразовать
относительное
' время во время Excel, разделить его на 86400.
Cells(Channel + 4, columnIndex * 2 + 1) = Cells(1, 2) / 86400
Cells(Channel + 4, columnIndex * 2 + 1).NumberFormat = "mm:ss.0"
End Sub

Function ConvertTime(TimeString As String) As Date
' Эта процедура принимает строку, возвращенную командой SYSTEM:TIME:SCAN?,
' и возвращает числовое значение, совместимое с форматом Excel. После загрузки в ячейку его
можно
' отформатировать с использованием меню 'Format' (Формат) в Excel.
Dim timeNumber As Date ' Дробная часть или составляющая времени суток числа
Dim dateNumber As Date ' Целочисленная часть или составляющая даты числа
Cells(1, 1).ClearContents
Cells(1, 1) = TimeString
Range("a1").TextToColumns Destination:=Range("a1"), comma:=True
dateNumber = DateSerial(Cells(1, 1), Cells(1, 2), Cells(1, 3))
timeNumber = TimeSerial(Cells(1, 4), Cells(1, 5), Cells(1, 6))
ConvertTime = dateNumber + timeNumber
End Function

Sub GetErrors()
' Вызывайте эту процедуру для проверки на наличие ошибок прибора. Переменная адреса GPIB,
' 'VISAaddr', должна быть установлена.
Dim DataString As String
OpenPort
SendSCPI "SYSTEM:ERROR?" ' Прочсть одну ошибку из очереди ошибок
Delay (0.1)
DataString = GetSCPI()
MsgBox DataString
ClosePort
End Sub
```

## Примеры программ на С и С++

Следующие примеры программирования на С показывают прием и передачу форматированных данных ввода-вывода. Дополнительные сведения о вводе-выводе без форматирования см. в *Руководстве по эксплуатации Keysight VISA*. В примерах из этого раздела показывается использование SCPI для работы с прибором с поддержкой VISA, но они не включают перехват ошибок. Тем не менее перехват ошибок — это хорошая практика программирования, и его рекомендуется применять в приложениях. Дополнительные сведения о перехвате ошибок см. в *Руководстве по эксплуатации Keysight VISA*.

Эти примеры программ написаны на Microsoft® Visual C++ версии 1.52 с использованием типа проекта «Приложение QuickWin» и модели памяти «large». Обязательно обеспечьте в проекте доступ к файлам **visa.lib** или **visa32.lib** — обычно они находятся в каталоге *c:\vxi11pr* или *c:\visa*.

## C/C++ Example: dac\_out.c

```

/* dac_out.c
/*****
* Требуется: Многофункциональный модуль 34907A в слоте 200; библиотека VISA *
* Эта программа использует библиотеку VISA для обмена данными с прибором 34970A. *
* Программа запрашивает слот 200 и отображает ответ. Затем она сбрасывает *
* прибор и отправляет значение напряжения (переменная 'voltage') в ЦАП на канале 205. *
*****/

#include <visa.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#define ADDR "9" /* Установка адреса GPIB для прибора */

void main ()
{
    ViSession defaultRM; /* Идентификатор диспетчера ресурсов */
    ViSession dac; /* Идентифицирует прибор */
    char reply_string [256]; /* Строка, возвращенная прибором */
    char Visa_address[40]; /* Адрес VISA, отправленный модулем */
    double voltage; /* Значение напряжения, отправленного на ЦАП */

    /* Сформировать адрес, необходимый для инициации обмена данными с платой GPIB.
    Формат адреса выглядит следующим образом: «GPIB0::9::INSTR». */
    strcpy(Visa_address, "GPIB0::");
    strcat(Visa_address, ADDR);
    strcat(Visa_address, "::INSTR");

    /* Открыть обмен данными (сеанс) с */

    viOpenDefaultRM (&defaultRM);
    viOpen (defaultRM, Visa_address, VI_NULL, VI_NULL, &dac);

    /* Запросить идентификатор модуля в слоте 200; считать ответ и вывести его на экран. */
    viPrintf (dac, "SYST:CTYPE? 200\n");
    viScanf (dac, "%s", &reply_string);
    printf("Строка идентификации прибора:\n %s\n", reply_string);

    viPrintf (dac, "*RST\n"); /* Установить состояние после включения питания */
    voltage = 5; /* Задать в переменной параметр напряжения */
    viPrintf (dac, "SOURCE:VOLTAGE %f, (@205)\n", voltage); /* Установить выходное напряжение */
    /* Закрыть сеанс обмена данными */
    viClose (dac);
    viClose (defaultRM);
}

```

Продолжение на следующей странице

## C/C++ Example: stat\_reg.c

```

/* stat_reg.c
/*****
* Требуется: библиотека VISA.
* Эта программа показывает работу с регистрами состояния 34970A
* для сигнализации (уведомлений) и завершения операций («Operation Complete»)/(OPC),
* а также для включения и приема
* прерывания запроса обслуживания SRQ. Эта программа также показывает настройку
* сканирования для
* получения 10 показаний по 1 каналу.
*****/

#include <visa.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>

ViSession defaultRM; /* Идентификатор диспетчера ресурсов */
ViSession DataAcqu; /* Переменная, идентифицирующая прибор */
char reply_string [256]= {0}; /* возвращенная прибором строка */
double volt [10];
int index, count;
int srqFlag = {0};

/* Прототипы функций для обработчика SRQ */
ViStatus _VI_FUNCH SRQ_handler(ViSession DataAcqu, ViEventType eventType,
ViEvent context,ViAddr userHdlr);

void main ()
{
/* Открыть обмен данными с DataAcqu, используя адрес GPIB «9» */
viOpenDefaultRM (&defaultRM);
viOpen (defaultRM,"GPIB0::9::INSTR",VI_NULL,VI_NULL, &DataAcqu);

/* Сбросить прибор к состоянию после включения питания и очистить байт состояния */
viPrintf (DataAcqu, "*RST;*CLS\n");

/* Настроить регистры состояния на выдачу прерывания при каждом обнаружении сигнала
уведомления по линии уведомлений 1, а также при завершении операции */
viPrintf (DataAcqu, "STATUS:ALARM:ENABLE 1\n"); /* Включить уведомление 1 */
viPrintf (DataAcqu, "ESE 1\n"); /* Установить бит завершения операции (Operation
Complete) */
/* Установить бит 1 регистра состояния (значение 2) и бит 5 (значение 32) для SRQ */
viPrintf (DataAcqu, "SRE 34\n");
/* Включить обработчик прерываний для обработки прерываний SRQ от прибора */
viInstallHandler(DataAcqu, VI_EVENT_SERVICE_REQ, SRQ_handler, (ViAddr)10);
viEnableEvent(DataAcqu,VI_EVENT_SERVICE_REQ, VI_HNDLR, VI_NULL);
/* Настроить прибор на измерения 10 показаний напряжения в канале 103.
Устанавливать сигнал уведомления и вызывать SRQ, если напряжение превысит 5 вольт.*/
viPrintf (DataAcqu, "CONF:VOLT:DC 10,(@103)\n");
viPrintf (DataAcqu, "TRIG:SOURCE TIMER\n");
viPrintf (DataAcqu, "TRIG:TIMER 1\n");
viPrintf (DataAcqu, "TRIG:COUNT 10\n");
viPrintf (DataAcqu, "CALC:LIMIT:UPPER 5,(@103)\n");
viPrintf (DataAcqu, "CALC:LIMIT:UPPER:STATE ON,(@103)\n");
}

```

## 6 Прикладные программы

```
/* Дождаться, пока прибор завершит операции, так что пропускать время,
   оставаясь в программе на случае поступления прерывания SRQ */
do{ /* Оставаться в цикле, пока флаг srqFlag не станет отрицательным */
    index = 1;
    for (count = 0; count <45; count++)
        {
            index = 0;
            printf(".");
        }
    printf(" srq flag = %d\n",srqFlag);
}
while (srqFlag>=0); /* Отрицательный srqFlag указывает, что сканирование завершено */
/* Прибор завершил работу, нужно закрыть обработчик прерываний SRQ */
viDisableEvent(DataAcqu,VI_EVENT_SERVICE_REQ,VI_HNDLR);
viUninstallHandler (DataAcqu,VI_EVENT_SERVICE_REQ,SRQ_handler,(ViAddr)10);

viPrintf (DataAcqu,"FETCH?\n"); /* Получить все показания */
viScanf(DataAcqu,"%10lf",&volt); /* Поместить показания в массив */
for (index = 0;index<10;index++){ /* Вывести показания на экран */
    printf("reading %d = %1f\n",index+1,volt[index]);
}

viClose (DataAcqu); /* Закрыть порт обмена данными */
viClose (defaultRM);
}

/* Эта функция будет вызываться, когда прибор подаст прерывание на контроллер
   с помощью запроса обслуживания SRQ в случае сигнала уведомления и/или завершения операции
   (Operation Complete) */
ViStatus _VI_FUNC SRQ_handler(ViSession DataAcqu, ViEventType eventType,
    ViEvent context,ViAddr userHdlr)
{
    ViUInt16 statusByte;
    viReadSTB(DataAcqu,&statusByte); /* Прочсть регистр байта состояния и очистить запрос SRQ
*/
    /* Бит 6 (значение 64) сообщает об SRQ для нашего прибора, бит 1 (значение 2) сообщает
       о сигнале уведомления, а бит 5 (значение 32) обозначает стандартный регистр событий;
       таким образом, уведомление – это 64+2=66; завершение операции (OPC) – это 64+32=96; и то,
       и другое одновременно – это 64+32+2=98 */
    if ((statusByte==66)|(statusByte==98)){
        srqFlag = 1; /* Установить флаг, указывающий, что это сигнал уведомления */
        viPrintf (DataAcqu,"STATUS:ALARM:EVENT?\n");/* Проверить и сбросить уведомление */
        viScanf(DataAcqu,"%s",&reply_string);
        printf("событие уведомления; бит = %s\n",reply_string);
    }
    if ((statusByte==96)|(statusByte==98)){
        srqFlag = -1; /* Установить флаг, обозначающий конец операции */
        viPrintf (DataAcqu,"*ESR?\n"); /* Проверить и сбросить бит ESR */
        viScanf(DataAcqu,"%s",&reply_string);
        printf("Регистр стандартных событий; бит %s\n",reply_string);
    }
    return VI_SUCCESS;
}
```

# 7 Учебное руководство

Системные кабели и подключения	276
Основы измерений	285
Низкоуровневые мультиплексирование и коммутация сигналов	326
Актуаторы и коммутация общего назначения	332
Матричная коммутация	336
Мультиплексирование ВЧ-сигналов	338
Многофункциональный модуль	340
Срок службы реле и профилактическое обслуживание	348

В этой главе описываются методы, с помощью которых можно уменьшить погрешности в проводимых вами измерениях. Она также содержит данные, которые помогут вам лучше понять процесс выполнения измерений в 34970A/34792A и узнать, каким образом достигать наилучших результатов.

## Системные кабели и подключения

В этом разделе описываются способы снижения погрешностей при измерениях, которые могут быть вызваны системными кабелями. Многие погрешности, связанные с системными кабелями, можно сократить или устранить, выбрав правильные кабель и схему заземления для системы.

### Характеристики кабелей

Доступен широкий ассортимент кабелей общего назначения и специальных кабелей. На выбор типа кабелей влияют следующие факторы.

- *Требования сигнала* – такие, как напряжение, частота, точность и скорость измерений.
- *Требования к подключениям* – такие, как калибр провода, длина кабелей и прокладка кабелей.
- *Требования к обслуживанию* – такие, как промежуточные разъемы, терминирование кабелей, компенсаторы натяжения, длина кабелей и условия прокладки кабелей.

Характеристики кабелей указываются различными способами. Обязательно проверяйте следующие характеристики для типов кабеля, которые вы намерены использовать (продолжение на следующей странице).

- *Номинальный импеданс (сопротивление изоляции)* – зависит от частоты входного сигнала. Проверьте значения сопротивления для 2-проводных пар передачи сигнала (между HI и LO), сопротивления между каналами, а также сопротивления между одним из проводов передачи сигнала (HI или LO) и экраном. Задачи, предполагающие работу с высокочастотным ВЧ-сигналом, налагают конкретные строгие требования к импедансу кабелей.
- *Напряжение электрической прочности изоляции* — должно быть достаточно высоким для ваших задач.

#### **ОСТОРОЖНО!**

Чтобы исключить поражение электрическим током и повреждение оборудования, обеспечьте изоляцию всех каналов с расчетом на самые высокие потенциалы, присутствующие в системе. Рекомендуется использовать провода с номинальным напряжением изоляции 600 В.

- *Сопротивление кабеля* – зависит от сечения (калибра) проводника и длины кабеля. Используйте проводники максимального возможного сечения и по возможности минимальной длины, чтобы минимизировать сопротивление кабелей. В следующей таблице приведены типичные сопротивления кабелей с медным проводником нескольких стандартных сечений (температурный коэффициент для медного провода составляет 0,35% на 1 °C).

AWG (сечение)	Ом / фут (2 провода) при 25 °C
14	5 мОм
16	10 мОм
18	15 мОм
20 [a]	20 мОм
22	30 мОм
24	50 мОм

[a] Рекомендуемый калибр проводов для винтовых клемм на подключаемых модулях 34970A/34792A.

- *Емкость кабелей* – зависит от типа изоляции, длины кабеля и экранирования кабеля. По возможности следует применять как можно более короткие кабели, чтобы минимизировать емкость кабелей. В некоторых случаях можно использовать кабели низкой емкости.

В следующей таблице приведены *типичные* характеристики кабелей.

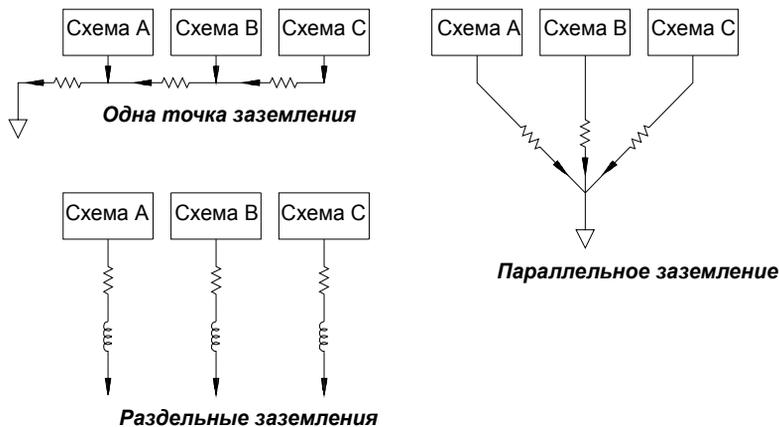
Тип кабеля	Номинальный импеданс	Емкость	Ослабление
Витая пара	100 Ом при 1 МГц	от 10 до 20 пФ/фут	До 1 дБ/100 футов при 1 МГц
Экранированная витая пара	100 Ом при 1 МГц	от 10 до 20 пФ/фут	До 1 дБ/100 футов при 1 МГц
Коаксиальный кабель	50 Ом или 75 Ом при 100 МГц	от 15 до 25 пФ/фут	До 6 дБ/100 футов при 100 МГц
Ленточный с витой парой	100 Ом при 1 МГц	от 15 до 20 пФ/фут	До 1 дБ/100 футов при 1 МГц

## Техника заземления

Одна из задач заземления — это исключение замыканий через цепи заземления («земляных петель») при минимизации шума. В большинстве систем должно быть по меньшей мере три отдельных контура заземления.

- 1 Один контур заземления предназначен для сигналов. Может быть желательно реализовать отдельные контуры заземления для сигналов высокого уровня, сигналов низкого уровня и цифровых сигналов.
- 2 Второй контур заземления предназначен для «шумящего» оборудования, такого как реле, двигатели и оборудование высокой мощности.
- 3 Третий контур заземления применяется для заземления корпусов, стоек и шкафов. Обычно цепь заземления сети питания переменного тока должна подсоединяться к этому третьему контуру.

Обычно для частот ниже 1 МГц и для низкоуровневых сигналов используется заземление в одной общей точке (*см. ниже*). Параллельное заземление имеет лучшие характеристики, но оно дороже и сложнее в организации. Если заземления в одной общей точке достаточно, то большинство критических точек (с самыми низкими уровнями и/или самыми высокими требованиями к прецизионности измерений) должны располагаться возле точки первичного заземления. Для частот выше 10 МГц используйте систему с раздельным заземлением. Для сигналов частотами от 1 МГц до 10 МГц можно использовать систему с одной общей точкой заземления, если длина самого длинного возврата через землю остается меньше, чем  $1/20$  длины волны. Во всех случаях следует минимизировать сопротивление и индуктивность возвратного контура.



## Техника экранирования

Экранирование от шума должно учитывать как емкостную (электрическую), так и индукционную (магнитную) связь. Добавление заземленного экрана вокруг проводника весьма эффективно против емкостной связи. В коммутационных сетях такое экранирование часто реализуется в форме коаксиальных кабелей и разъемов. Для частот выше 100 МГц рекомендуется применять коаксиальный кабель с двойным экранированием для максимизации эффективности экранирования.

Уменьшение площади петель — самый эффективный способ экранирования магнитной связи. При частотах ниже нескольких сотен килогерц для противодействия магнитной связи можно использовать витую пару. Используйте экранированную витую пару для обеспечения невосприимчивости к электромагнитным и емкостным наводкам. Для максимальной защиты на частотах ниже 1 МГц убедитесь, что экран *не используется* в качестве одного из проводников сигнала.



## Разделение сигналов высокого и низкого уровня

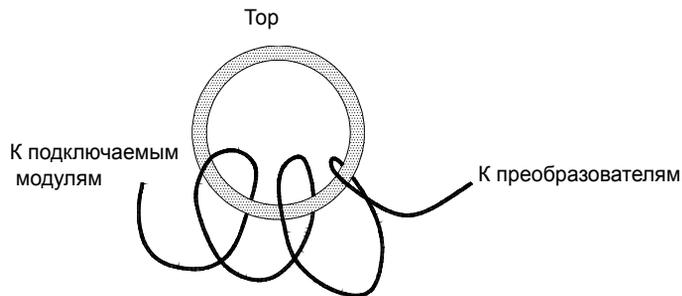
Сигналы, разница уровней между которыми больше, чем 20 к 1, необходимо физически разносить (разделять) в максимальной возможной мере. Необходимо проанализировать весь путь сигнала, в том числе кабели и связанные соединения. Все неиспользуемые линии следует заземлить (или соединить с уровнями LO) и проложить между чувствительными к помехам сигнальными контурами. При подключении проводов к винтовым клеммам на модулях обязательно подключайте проводку сигналов со *сходными* функциями (типами измеряемых величин) к расположенным рядом каналам.

## Источники погрешностей, связанных с системными кабелями

### Радиочастотные помехи

Большинство приборов, измеряющих напряжение, могут выдавать ложные показания под воздействием сильных высокочастотных сигналов. Возможные источники высокочастотных сигналов — расположенные поблизости радио- и телевизионные передатчики, мониторы компьютеров и сотовые телефоны. Также возможны наводки высокочастотных сигналов на внутренний цифровой мультиметр (ЦММ) или на системные кабели. Чтобы снизить уровень помех, старайтесь минимизировать воздействие на системные кабели источников высокочастотного ВЧ-сигнала.

Если условия конкретных измерений крайне чувствительны к излучаемым прибором ВЧ-помехам, установите на системные кабели синфазный дроссель, как показано ниже, чтобы ослабить излучаемые прибором сигналы.



### Погрешности термоэдс

Термоэлектрические напряжения — это самый распространенный источник погрешностей при измерениях низких постоянных напряжений. Термоэлектрические напряжения (термоэдс) создаются при установке соединений между разными металлами, имеющими разную температуру. Каждое из соединений металла с металлом образует *термопару*, создающую напряжение, пропорциональное температуре спаиваемых металлов. При измерениях низких напряжений следует принимать необходимые меры предосторожности, чтобы минимизировать напряжения термоэдс и разности температур.

Самые лучшие соединения устанавливаются при контакте «медь к меди» с использованием опрессовки. В следующей таблице приведены типичные напряжения термоэдс для соединений между разнородными металлами.

Соединение медь-	Прибл. $\mu\text{В}/^\circ\text{С}$
медь	<0,3
золото	0,5
серебро	0,5
латунь	3
бериллиевая бронза	5
алюминий	5
ковар или сплав 42 («alloy 42»)	40
кремний	500
оксид меди	1000
кадмиево-оловянный припой	0,2
оловянно-свинцовый припой	5

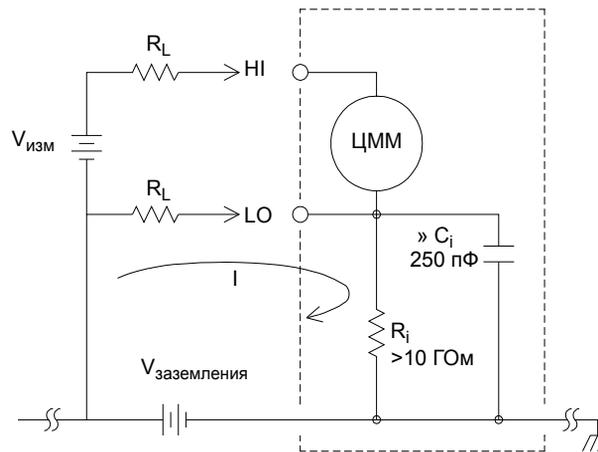
### Шум, вызываемый магнитными полями

В случае проведения измерений возле магнитных полей следует принять меры предосторожности, чтобы исключить наводку напряжений в подключениях к объекту измерений. Напряжение может наводиться либо при перемещении проводников входных подключений в неподвижном магнитном поле, либо при колебаниях магнитного поля. На неэкранированном, неудачно проложенном проводнике, движущемся в магнитном поле Земли, может возникать напряжение в несколько милливольт. Изменяющиеся магнитные поля вокруг цепей питания от сети переменного тока также могут наводить напряжения до нескольких сот милливольт. Будьте особенно осторожны при работе возле проводников, по которым протекают большие токи.

По возможности прокладывайте кабели вдали от магнитных полей. Магнитные поля часто присутствуют вокруг электродвигателей, генераторов, телевизоров и компьютерных мониторов. При работе возле магнитных полей также убедитесь, что входная проводка оснащена надлежащими компенсаторами натяжения и надежно закреплена. Используйте подключения к прибору по витой паре, чтобы уменьшить площадь контура приема наводок, или располагайте провода как можно ближе друг к другу.

## Шум, вызываемый замыканиями через цепи заземления

При измерениях напряжений в схемах, где внутренний цифровой мультиметр (ЦММ) и объект измерений используют одно и то же заземление, образуется *цепь замыкания через контур заземления*. Как показано на рисунке ниже, любая разность напряжений между двумя точками заземления ( $V_{\text{заземления}}$ ) вызывает протекание тока через измерительный щуп LO. Это вызовет появление ошибочного напряжения  $V_L$ , которое будет складываться с измеренным напряжением.



Здесь

$R_L$  = сопротивление проводников

$R_i$  = сопротивление изоляции ЦММ

$C_i$  = емкость изоляции ЦММ

$V_{\text{заземления}}$  = напряжение шума заземления

$I$  = Протекающий ток, вызываемый напряжением  $V_{\text{заземления}} = \frac{V_{\text{ground}}}{R_L + Z}$

$Z \approx Z_{C_i} = \frac{1}{2\pi f C} \approx 10 \text{ МОм}$  при 50 или 60 Гц

$$V_L = I \times R_L$$

Чтобы минимизировать погрешности из-за замыканий через цепи заземления, выполните следующее.

- Если  $V_{\text{заземления}}$  — это *постоянное напряжение*, поддерживайте  $R_L$  малым по сравнению с  $R_i$ .
- Если  $V_{\text{заземления}}$  — это *переменное напряжение*, поддерживайте  $R_L$  малым по сравнению с  $Z$  и установите в ЦММ время интеграции равным 1 периоду сети питания (ПСП) или более (см. *описание времени интеграции на странице 133*).

### Погрешности измерений переменного тока низкого уровня

При измерениях переменных напряжений ниже 100 мВ учитывайте, что такие измерения особенно подвержены погрешностям, вносимым внешними источниками шумов. Незащищенный измерительный наконечник действует как антенна, и внутренний ЦММ будет измерять принимаемые на нее сигналы. Весь измерительный контур, включая линию питания, действует как петлевая антенна. Циркулирующие в контуре токи будут создавать напряжения погрешности во всех источниках импеданса, подключенных последовательно с входом прибора. По этой причине подавать низкоуровневые переменного напряжения на прибор следует по экранированным кабелям. Также следует подсоединять экран к клемме LO входа.

Обязательно минимизируйте площадь всех земляных петель (контуров возврата через землю), которые невозможно устранить полностью. Источники с высоким импедансом более подвержены шумовым наводкам, чем источники с низким импедансом. Можно понизить высокочастотный импеданс источника, подключив конденсатор параллельно входным клеммам прибора. Чтобы определить правильное значение емкости для вашей задачи по измерениям, может понадобиться несколько экспериментов.

Большая часть внешних шумов не коррелирует с входным сигналом. Определить погрешность можно по следующему уравнению.

$$\text{Измеренное напряжение} = \sqrt{V_{\text{in}}^2 + \text{Noise}^2}$$

В то время как коррелированный шум редок, он исключительно сильно ухудшает точность измерений. Коррелированный шум всегда накладывается прямо на входной сигнал. Типичная ситуация, в которой могут возникнуть погрешности этого вида — это измерения низкоуровневого сигнала, частота которого совпадает с частотой в местной сети питания.

При коммутации сигналов высокого и низкого уровня в одном и том же модуле следует проявлять осторожность. Возможна ситуация, когда напряжения высокого уровня или заряды, оставшиеся после воздействия этих напряжений, будут разряжены в канал низкого уровня. Рекомендуется либо использовать для них два разных модуля, либо разделять сигналы высокого и низкого уровня, оставив между ними неиспользуемый канал, подключенный к заземлению.

## Основы измерений

В этом разделе описывается, как прибор 34970A/34792A производит измерения, и обсуждаются самые распространенные источники связанных с такими измерениями погрешностей.

### Внутренний ЦММ

Внутренний ЦММ предоставляет универсальный входной интерфейс для измерений сигналов разнообразных преобразователей без необходимости дополнительной обработки или преобразования таких внешних сигналов. Во внутреннем ЦММ реализованы схемы преобразования сигнала, его усиления (или ослабления), а также аналого-цифровой преобразователь с высоким разрешением (до 22 бит). Упрощенная схема внутреннего ЦММ приведена ниже. *Подробные сведения о работе внутреннего ЦММ см. в разделе «Измерительный вход» на странице 88.*



Внутренний ЦММ может непосредственно выполнять измерения следующих типов (каждое из этих измерений описывается в последующих разделах данной главы):

- температуры (термопара, РДТ и термистор)
- напряжения (постоянного и переменного тока, до 300 В)
- сопротивления (2- и 4-проводные измерения, до 100 МОм)
- величины тока (постоянного и переменного тока, до 1 А)
- частоты и периода (до 300 кГц)

#### Фильтрация напряжений шумов от линии питания

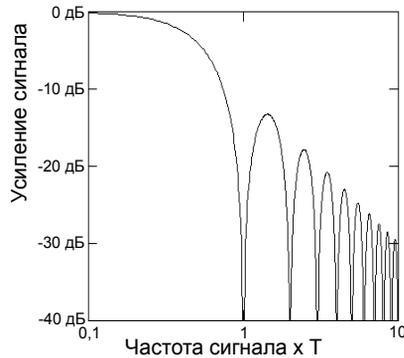
Важным положительным свойством интегрирующих аналого-цифровых преобразователей (АЦП) является их способность подавлять паразитные сигналы. Интегрирующие методы подавляют связанные с линией питания

шумы, присутствующие в сигнале постоянного тока на входе. Это называется *подавлением синфазного сигнала* (NMR). Подавление синфазного сигнала обеспечивается, когда внутренний ЦММ измеряет среднее значение сигнала на входе, «интегрируя» его за фиксированный период времени. Если установить время интеграции равным целому числу периодов сети питания (ПСП) для входа, на котором присутствуют паразитные помехи, то эти погрешности (и их гармоники) уравниваются и взаимно сводят друг друга почти к нулю.

При подаче питания на внутренний ЦММ он измеряет частоту в сети питания (50 Гц или 60 Гц) и использует результат этих измерений при определении времени интеграции. В следующей таблице указаны показатели подавления шумов, достигаемого в различных условиях. Чтобы увеличить разрешение и улучшить подавление шумов, выбирайте более длительное время интеграции.

ПСП	Число разрядов	Число битов	Время интеграции 60 Гц (50 Гц)	Подавление синфазного сигнала
0,02	4½	15	400 мкс (400 мкс)	0 дБ
0,2	5½	18	3 мс (3 мс)	0 дБ
1	5½	20	16,7 мс (20 мс)	60 дБ
2	6½	21	33,3 мс (40 мс)	90 дБ
10	6½	24	167 мс (200 мс)	95 дБ
20	6½	25	333 мс (400 мс)	100 дБ
100	6½	26	1,67 с (2 с)	105 дБ
200	6½	26	3,33 с (4 с)	110 дБ

На следующем уровне показано ослабление сигналов переменного тока, измеренных с помощью функции измерений постоянного тока при различных настройках времени интеграции АЦП. Учтите, что на частотах, кратных  $1/T$ , происходит сильное ослабление.



## Измерения температуры

Измерения с помощью преобразователя температуры — это обычно либо измерения сопротивления, либо измерения напряжения, после чего результат измерений преобразуется в соответствующую температуру с помощью программ преобразования в приборе. Алгоритм математического преобразования основан на конкретных физических свойствах различных преобразователей. Точность математического преобразования (без учета точности самих преобразователей) для разных типов преобразователей приведена ниже.

Преобразователь	Точность преобразования
Термопара	0,05 °C
РДТ	0,02 °C
Термистор	0,05 °C

Погрешности, связанные с измерениями температуры, включают и все погрешности, перечисленные в разделах, посвященных измерениям постоянного напряжения и сопротивления в других частях этой главы. Самым большим источником погрешностей при измерениях температуры, как правило, является сам преобразователь.

Требования, предъявляемые к измерениям, помогают выбрать тип используемого преобразователя температуры. Каждый из типов преобразователей имеет собственные показатели диапазона измеряемых температур, точности и стоимости. В таблице ниже приведена сводка по общим характеристикам каждого из типов преобразователей. Используйте эти сведения для выбора преобразователя, подходящего для ваших задач. Точные характеристики для конкретной модели датчика можно получить у производителя преобразователя.

Параметр	Термопара	РДТ	Термистор
Диапазон температур	От -210 °C до 1820 °C	От -200 °C до 850 °C	От -80 °C до 150 °C
Тип измерений	Напряжение	2-проводные или 4-проводные измерения сопротивления	2-проводные или 4-проводные измерения сопротивления
Чувствительность преобразователя	от 6 $\mu\text{В}/^\circ\text{C}$ до 60 $\mu\text{В}/^\circ\text{C}$	$\approx R_0 \times 0,004 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\approx 400 \text{ Ом}/^\circ\text{C}$
Точность датчика	От 0,5 °C до 5 °C	От 0,01 °C до 0,1 °C	От 0,1 °C до 1 °C
Стоимость (долл. США)	1 долл. / фут	20–100 долл. за штуку	10–100 долл. за штуку
Прочность	Прочная	Хрупкий	Хрупкий

### Измерения с помощью РДТ

В резистивных датчиках температуры (РДТ) используется металл (обычно платина), меняющий сопротивление при изменениях температуры по точно известной закономерности. Внутренний ЦММ измеряет сопротивление резистивного датчика температуры (РДТ) и рассчитывает эквивалентную ему температуру.

РДТ обеспечивают наивысшую для всех преобразователей температуры стабильность показаний. Выходная характеристика резистивных датчиков температуры (РДТ) также очень близка к линейной. Благодаря этому резистивные датчики температуры (РДТ) хорошо подходят для проведения долгосрочных измерений с высокой точностью. Прибор 34970A/34792A

поддерживает резистивные датчики температуры (РДТ) с коэффициентом  $\alpha = 0,00385$  (DIN / IEC 751) при использовании преобразований по алгоритму ITS-90, а также с коэффициентом  $\alpha = 0,00391$  при использовании преобразований по алгоритму IPTS-68. «PT100» — это особая метка, которая иногда обозначает резистивный датчик температуры (РДТ) с  $\alpha = 0,00385$  и  $R_0 = 100$  Ом.

Сопротивление резистивного датчика температуры (РДТ) считается номинальным при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и обозначается как  $R_0$ . Прибор 34970A/34792A может выполнять измерения с помощью резистивных датчиков температуры (РДТ) со значениями  $R_0$  от 49 Ом до 2,1 кОм.

Измерения с помощью резистивных датчиков температуры (РДТ) можно проводить по схеме 2-проводного или 4-проводного измерения. 4-проводное измерение — это самый точный способ измерений малых сопротивлений. При 4-проводном измерении автоматически компенсируется сопротивление используемых для подключения проводников.

### Измерения с помощью термистора

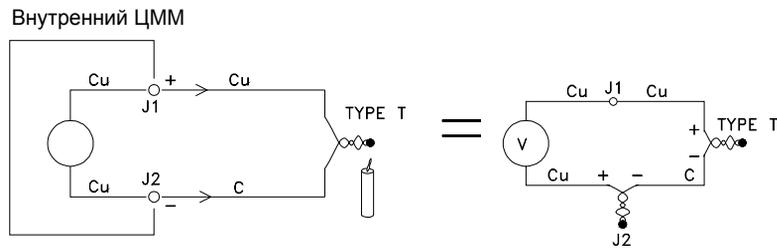
В термисторах используются материалы, нелинейно меняющие свое сопротивление при изменениях температуры. Внутренний ЦММ измеряет сопротивление термистора и рассчитывает эквивалентную ему температуру.

Термисторы более чувствительны, чем термопары или резистивные датчики температуры (РДТ). Поэтому термисторы хорошо подходят для измерений очень малых колебаний температуры. В то же время термисторы очень нелинейны, особенно при высоких температурах, и лучше всего работают при температурах ниже  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Благодаря высокому сопротивлению термисторов для них возможны 2-проводные измерения. Внутренний ЦММ поддерживает термисторы с сопротивлением 2,2 кОм (44004), 5 кОм (44007) и 10 кОм (44006). Используемые в 34970A/34792A алгоритмы расчета преобразований для термисторов совместимы со стандартом *International Temperature Scale за 1990 год* (ITS-90).

## Измерения с помощью термопары

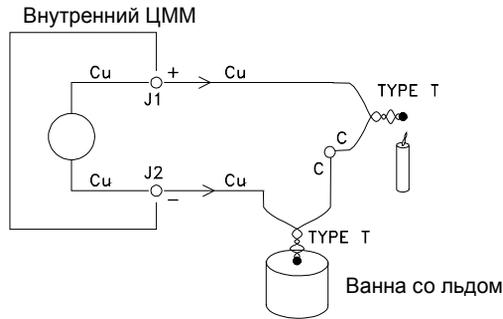
Термопара преобразует температуру в напряжение. На спае или стыке двух проводников, состоящих из различных металлов, возникает напряжение. Это напряжение зависит от *температуры спае* и от типов используемых в проводниках металлов. Поскольку температурные характеристики многих разнородных металлов достоверно известны, можно произвести расчет температуры спае по напряжению, образуемому на спае. Например, измерения напряжения на термопаре типа Т (состоящей из медного и константанового проводов) могут выглядеть следующим образом:



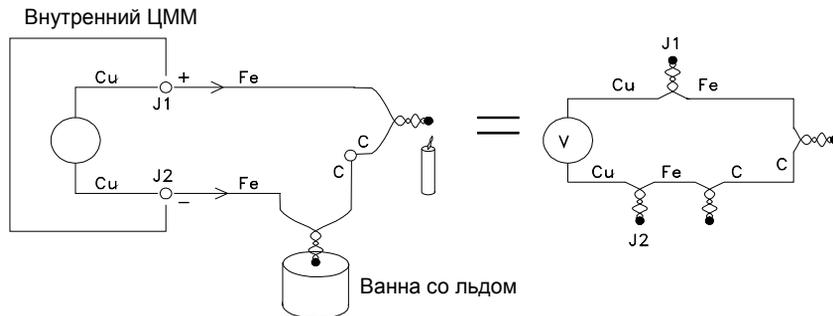
Однако следует отметить, что соединение между проводником из термопары и внутренним ЦММ также образует вторую, нежелательную термопару, в которой константановый (С) вывод термопары контактирует с медной (Cu) входной клеммой внутреннего ЦММ. Напряжение, образуемое на этой второй термопаре, влияет на измерения напряжения термопары типа Т.

Если температура термопары, образуемой в J2 (на входной клемме LO) известна, можно рассчитать и температуру термопары типа Т. Один из способов узнать его — это соединить между собой две термопары типа Т, чтобы на входных клеммах внутреннего ЦММ образовывались только соединения «медь-медь», а также поддерживать известную температуру вторую термопары.

Для создания известной эталонной температуры ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) используется *ванна со льдом*. Когда известны эталонная температура и тип термопары, можно рассчитать температуру измерительной термопары.

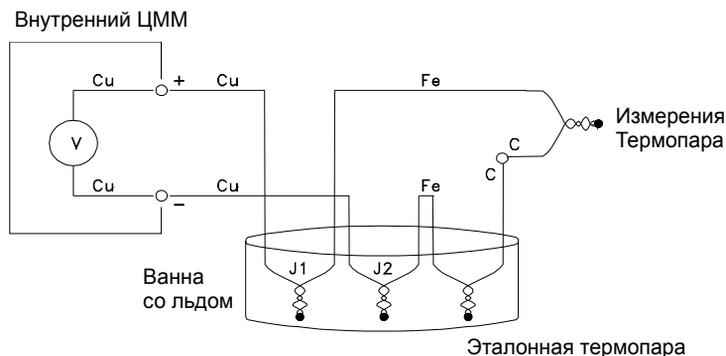


Термопара типа Т в этом аспекте уникальна, поскольку один из проводников (медный) изготовлен из того же металла, что и входная клемма внутреннего ЦММ. При использовании термопар других типов создаются еще две дополнительные термопары. Например, рассмотрим схему подключения при использовании термопары типа J (железо-константан):

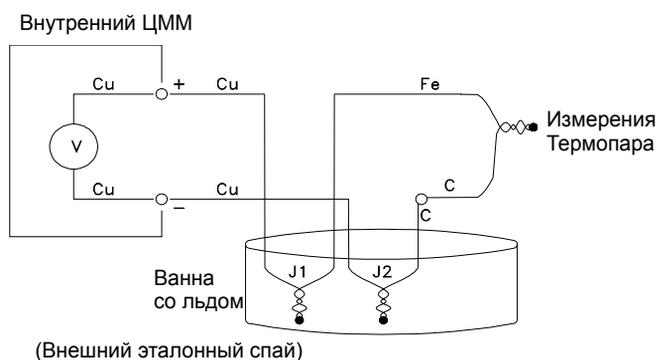


В точках, где железные (Fe) проводники контактируют с медными (Cu) входными клеммами внутреннего ЦММ, образовались две дополнительные термопары. Поскольку эти два соединения будут порождать противоположенные напряжения, такие напряжения будут взаимно погашаться. Однако в случае разной температуры входных клемм в измерения будет привноситься погрешность.

Чтобы увеличить точность измерений, следует вынести медные измерительные наконечники внутреннего ЦММ ближе к месту измерений и поддерживать в точках подключения к термопаре одинаковую температуру.



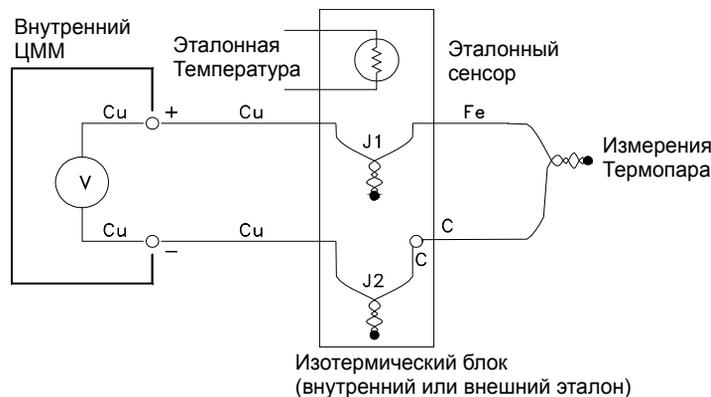
Такая цепь обеспечит точные измерения температуры. В то же время организовывать два подключения термопар и поддерживать все соединения при известной температуре не очень удобно. Необходимость в дополнительном подключении устраняется благодаря *закону промежуточных металлов*. Этот эмпирический закон утверждает, что вставка третьего металла (в данном примере — железа Fe) между двумя разнородными металлами *не повлияет* на выходное напряжение при условии, что образованные спаи/стыки имеют одну и ту же температуру. Исключение эталонной термопары значительно упрощает подключения.



*Эта цепь — оптимальный вариант для точных измерений с помощью термопары.*

Однако в некоторых условиях измерений желательно также исключить использование ледяной ванны (или любого другого внешнего эталона фиксированной температуры). Для этого подключения производятся через *изотермический блок*. Изотермический блок не проводит электричество, но является хорошим проводником тепла. Теперь дополнительные термопары, образуемые в точках J1 и J2, имеют одну и ту же температуру благодаря изотермическому блоку.

После определения температуры изотермического блока можно будет осуществлять точные измерения температуры. На изотермический блок монтируется сенсор температуры, измеряющий температуру блока.



Термопары производятся ряда различных типов. Тип термопары обозначается одной латинской буквой. В таблице на следующей странице перечислены самые распространенные типы термопар и указана часть их основных характеристик.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Используемые в 34970A/34792A алгоритмы расчета преобразований для термопар совместимы со стандартом «International Temperature Scale» за 1990 год (ITS-90).

## Типы термопар

ТИП ТЕРМОПАРЫ	Положительный (+) проводник	Отрицательный (-) проводник	Диапазон температур	Точность датчика	Примечания
В США Великобритания DIN Япония Франция	Платина – 30 % родия Серый Н/д Красный Красный Н/д	Платина – 60 % родия Красный Н/д Серый Серый Н/д	250–1820 °С	± 0,5 °С	Для высокой температуры. Оберегайте от загрязнения. Не вставляйте в металлические трубки.
J США Великобритания DIN Япония Франция	Железо Белый Желтый Красный Красный Желтый	Константан Красный Синий Синий Белый Черный	–210–1200 °С	± 1,1–2,2 °С	Для вакуума, инертных сред. Самая дешевая. Не рекомендуется для низких температур.
K США Великобритания DIN Япония Франция	Никель – хром Желтый Коричневый Красный Красный Желтый	Никель – алюминий Красный Синий Зеленый Белый Фиолетовый	–200–1370 °С	± 1,1–2,2 °С	Для окислительных сред. Хорошая линейность при температурах выше 8 °С.
T США Великобритания DIN Япония Франция	Медь Синий Белый Красный Красный Желтый	Константан Красный Синий Коричневый Белый Синий	–200–400 °С	± 0,5–1 °С	Стойкая к влажности. Имеет медный вывод. Применима при низких температурах.
E США Великобритания DIN Япония Франция	Никель – хром Фиолетовый Коричневый Красный Красный Желтый	Константан Красный Синий Черный Белый Синий	–200–1000 °С	± 1–1,7 °С	Наибольшее выходное напряжение. Наивысшая разрешенная.

ТИП ТЕРМОПАРЫ	Положительный (+) проводник	Отрицательный (-) проводник	Диапазон температур	Точность датчика	Примечания
N США Великобритания DIN Япония Франция	Никросил Оранжевый Н/д Н/д Н/д Н/д	Нисил Красный Н/д Н/д Н/д Н/д	-200–1300 °С	± 1,1–2,2 °С	Стабильность выше, чем у типа К при более высоких температурах.
R США Великобритания DIN Япония Франция	Платина – 13 % родия Черный Белый Красный Красный Желтый	Родий Красный Синий Белый Белый Зеленый	-50–1760 °С	± 0,6–1,5 °С	Для высокой температуры. Оберегайте от загрязнения. Не вставляйте в металлические трубки.
S США Великобритания DIN Япония Франция	Платина – 10 % родия Черный Белый Красный Красный Желтый	Платина Красный Синий Белый Белый Зеленый	-50–1760 °С	± 0,6–1,5 °С	Низкая погрешность, хорошая стабильность. Для высокой температуры. Оберегайте от загрязнения. Не вставляйте в металлические трубки.

Константан = медь–никель, никросил = никель–хром–кремний,  
нисил = никель–кремний–магний, н/д = не доступно

## Источники погрешностей при измерениях с помощью термопар

### Погрешность эталонного спая

Обычно термопара изготавливается посредством сварки или спаивания двух проводников, при котором образуется спай. При пайке в спай попадает третий металл. Если обе стороны термопары имеют одинаковую температуру, третий металл практически не влияет на показатели термопары.

Коммерчески доступные термопары свариваются с использованием сварки емкостным разрядом. Эта методика позволяет исключить перегрев проводов термопары возле места спаивания, а также не допустить диффузии сварочного газа и воздуха в проводники термопары.

Некачественная сварка или некачественное паяное соединение также могут вызывать погрешности при измерениях с помощью термопары. Разрывы спаев термопар можно обнаруживать при проверке сопротивления термопары. Измеренное сопротивление выше 5 кОм обычно свидетельствует о дефектной термопаре. В приборе 34970A/34792A реализована встроенная функция автоматической проверки термопар. Если включить эту функцию, прибор будет измерять сопротивление в канале после каждого измерения с помощью термопары, чтобы подтвердить правильность подключения. *Дополнительную информацию об использовании функции проверки термопары см. на странице 137.*

### Погрешности, связанные с диффузией

Диффузия в проводнике термопары — это процесс изменения химического состава (типа сплава) в самом проводнике. Может происходить диффузия частиц из атмосферы в металл. Такие изменения свойств проводника вносят небольшие изменения напряжения в ходе измерений. Диффузия вызывается воздействием высоких температур по длине проводника или физическими нагрузками на проводник, например, при растяжении или вибрации.

Погрешности температуры, связанные с диффузией, сложно обнаружить, поскольку при них термопара продолжает реагировать на изменения температуры и выдавать почти правильные результаты. Обычно влияние диффузии проявляется как дрейф показаний температуры.

Замена термопары, для которой проявляется связанная с диффузией погрешность, может не устранить проблему. Диффузия также воздействует

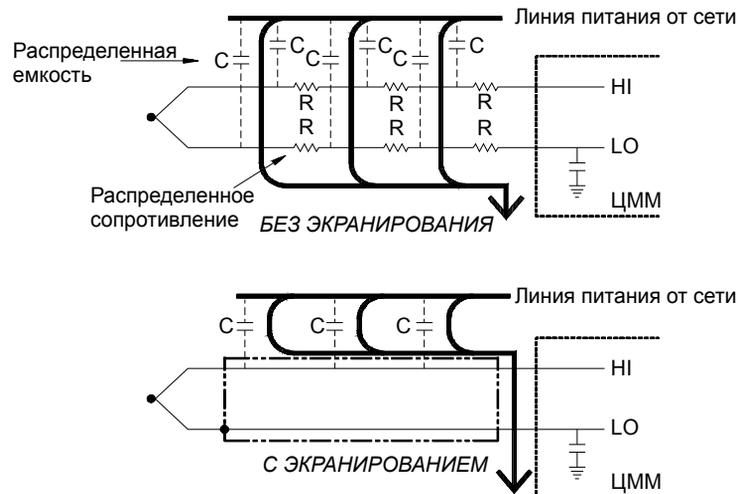
на удлинительный (подключающий) провод и на разъемы. Исследуйте всю цепь подключения измерений на предмет воздействия экстремальных температур или физических нагрузок. По возможности поддерживайте градиент температур вдоль удлинительного (подключающего) провода минимальным.

### Параллельный импеданс

Характеристики изоляции на проводнике термопары и удлинительном (подключающем) проводе могут ухудшаться при воздействии высоких температур или агрессивных сред. Такие ухудшения проявляются в форме сопротивления, параллельного спаю термопары. Это особенно заметно в системах с использованием проводов малого сечения, где велико последовательное сопротивление проводников.

### Экранирование

Экранирование снижает воздействие *синфазного* шума на измерения с помощью термопары. Синфазный шум наводится такими источниками, как линии питания и электродвигатели. Шум наводится на неэкранированные проводники термопар за счет распределенной емкостной связи. При протекании наведенного тока к заземлению через внутренний ЦММ на распределенных сопротивлениях проводника термопары возникают погрешности напряжения. При добавлении экрана к проводнику термопары синфазный шум шунтируется на заземление и не затрагивает измерения.



Синфазный шум может очень сильно влиять на показания внутреннего ЦММ. Выходной сигнал типичной термопары составляет всего несколько милливольт, поэтому несколько милливольт синфазного шума могут перегрузить вход ЦММ.

### Погрешность расчета

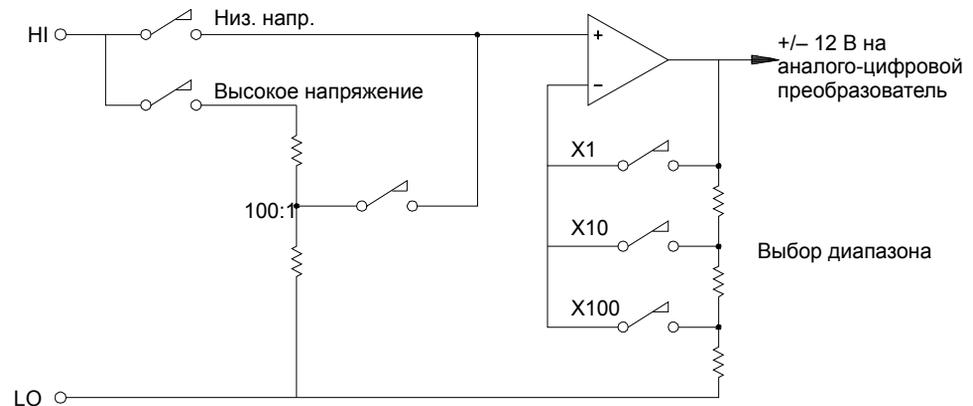
Преобразованию напряжения термопары в значение температуры присуща определенная погрешность. Обычно эти погрешности очень малы по сравнению с погрешностями, обусловленными самой термопарой, подключениями проводов и эталонным спаем (см. [страницу 287](#)).

## Измерения постоянного напряжения

В практически применимом вольтметре постоянного напряжения необходим входной интерфейс, который будет выполнять предварительную обработку входного сигнала перед его аналого-цифровым преобразованием. Преобразование сигнала повышает входное сопротивление, усиливает слабые сигналы и ослабляет сильные, реализуя ряд поддерживаемых диапазонов измерений.

### Преобразование сигналов для измерений постоянного тока

Преобразование входного сигнала для измерений постоянного напряжения включает и усиление, и ослабление. Упрощенная схема подачи входа на внутренний ЦММ показана ниже.



Для входных напряжений ниже 12 В постоянного тока замыкается переключатель низкого напряжения, и входной сигнал подается непосредственно на входной усилитель. Для более высоких напряжений замыкается переключатель Высокое напряжение, и сигнал ослабляется в соотношении 100:1 перед его подачей на входной усилитель. Усиление входного усилителя выбирается равным одному из трех значений ( $\times 1$ ,  $\times 10$  или  $\times 100$ ), чтобы обеспечить подачу на аналого-цифровой преобразователь сигнала в диапазоне  $\pm 12$  В пост.

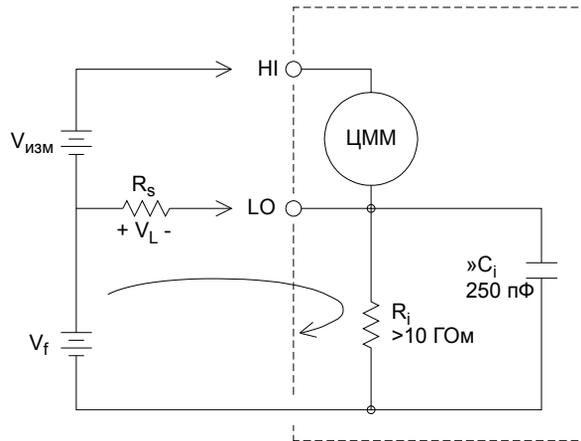
Для более низких диапазонов напряжений входное сопротивление внутреннего ЦММ фактически равно сопротивлению входного усилителя. Во входном усилителе используется входной каскад на полевых транзисторах с низким током смещения (менее 50 пА), обеспечивающий входное сопротивление выше 10 ГΩ. Для диапазонов входного сигнала 100 В и 300 В входное сопротивление определяется суммарным сопротивлением делителя 100:1. Можно также установить входное сопротивление равным 10 МОм, постоянно замкнув переключатель высокого напряжения (*дополнительные сведения о сопротивлении входа постоянного тока см. на странице 142*).

## Источники погрешностей при измерениях постоянного напряжения

### Подавление синфазного сигнала

В идеальном случае внутренний ЦММ будет полностью изолирован от схем, использующих заземление. В то же время между клеммой входа LO и заземлением существуют сопротивление и емкость, которые не бесконечны. Если на обе клеммы воздействует сигнал относительно земли,  $V_f$ , то через  $R_S$  будет протекать ток, вызывающий падение напряжения  $V_L$ , как показано ниже.

Такое возникающее напряжение  $V_L$  будет складываться с входным сигналом внутреннего ЦММ. По мере приближения значения  $R_S$  к нулю падает и погрешность измерений. Кроме того, если  $V_f$  имеет частоту сети питания (50 Гц или 60 Гц), этот шум можно значительно уменьшить, установив на внутреннем ЦММ время интеграции равным 1 периоду сети питания (ПСП) или большим (*см. описание времени интеграции на странице 133*).



Здесь

$V_f$  = синфазное плавающее напряжение

$R_s$  = сопротивление проводника LO

$R_i$  = сопротивление изоляции

$C_i$  = емкость изоляции

$Z_i$  = параллельный импеданс  $R_i + C_i$

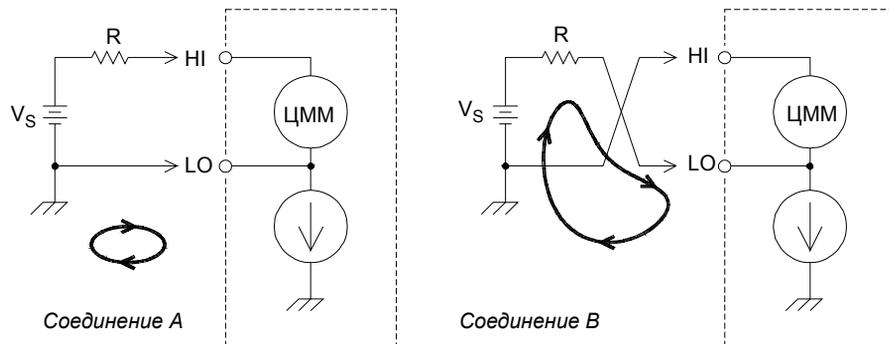
$$\text{Погрешность } (V_L) = \frac{V_f \times R_s}{R_s + Z}$$

## Шум, вызываемый инжектируемым током

Остаточные емкости в трансформаторе питания прибора обуславливают протекание небольших токов от клеммы LO внутреннего ЦММ на заземление. Частота «инжектируемого тока» может быть равна частоте сети питания или, возможно, гармоникам частоты сети питания. Величина инжектируемого тока зависит от конфигурации и рабочей частоты сети питания. Упрощенная схема этого явления показана ниже.



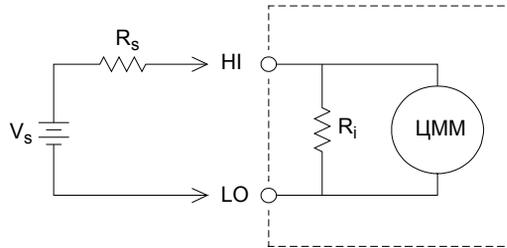
По соединению *A* (см. схему ниже) инжектируемый ток протекает от соединения с заземлением, реализованного в схеме, на клемму LO внутреннего ЦММ. В такой конфигурации шум в измерения не добавляется. Однако в случае *соединения B* инжектируемый ток протекает через резистор *R* и добавляет в измерения шум. При соединениях по схеме *B* большие величины сопротивления *R* ухудшают ситуацию.



Шум в измерениях, вносимый инжектируемым током, можно значительно уменьшить, установив на внутреннем ЦММ время интеграции в периодах сети питания (ПСП) равным 1 или более (см. описание времени интеграции на [странице 133](#)).

### Погрешности от нагрузки из-за входного сопротивления

Погрешности измерений от нагрузки возникают, когда сопротивление объекта измерений составляет значимую долю от собственного сопротивления входов прибора. Этот источник погрешности показан на схеме ниже.



Здесь

$V_s$  = идеальное напряжение на объекте измерений

$R_s$  = внутреннее сопротивление объекта измерений

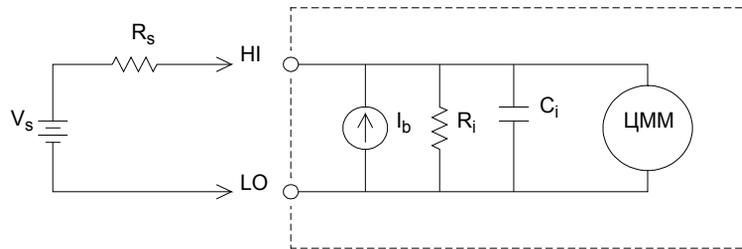
$R_i$  = сопротивление входа (10 МОм или > 10 ГОм)

$$\text{Погрешность (\%)} = \frac{-100 \times R_s}{R_s + R_i}$$

Для минимизации связанных с нагрузкой погрешностей при необходимости установите сопротивление входа постоянного тока ЦММ большим, чем 10 ГОм (*дополнительные сведения о сопротивлении входа постоянного тока см. на [странице 142](#)*).

### Погрешности от нагрузки из-за входного тока смещения

У полупроводниковых устройств, используемых во входных схемах внутреннего ЦММ, могут быть незначительные токи утечки, называемые *токами смещения*. Действие тока смещения на входе обуславливает погрешность от нагрузки на входных клеммах внутреннего ЦММ. Ток утечки приблизительно удваивается при каждом увеличении температуры на 10 °С, из-за чего он представляет намного более заметную проблему при высоких температурах.



Здесь

$I_b$  = ток смещения ЦММ

$R_s$  = внутреннее сопротивление объекта измерений

$R_i$  = сопротивление входа ( $10\text{ M}\Omega$  или  $> 10\text{ G}\Omega$ )

$C_i$  = емкость входа ЦММ

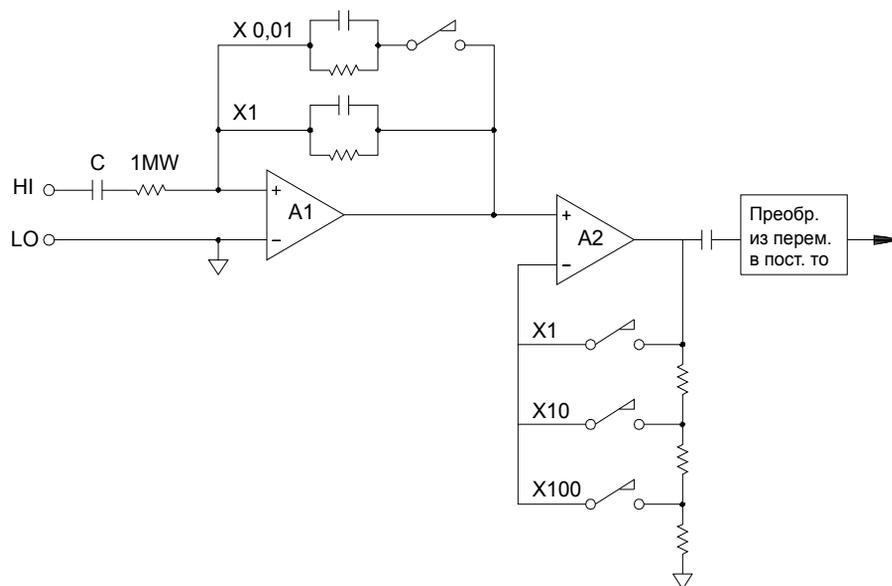
Погрешность (V) =  $I_b \times R_s$

## Измерения переменного напряжения

Основная функция входных каскадов переменного тока — преобразование входного переменного напряжения в постоянное напряжение, которое может измеряться аналого-цифровым преобразователем.

### Преобразование сигнала для измерений переменного тока

Преобразование входного сигнала для измерений переменного напряжения включает как ослабление, так и усиление. Входной разделительный конденсатор (C) блокирует постоянную составляющую входного сигнала, оставляя только составляющую переменного тока, которую необходимо измерить. Выбор диапазонов обеспечивается посредством комбинирования ослабления сигналов в усилителе первого каскада и усиления в усилителе второго каскада.

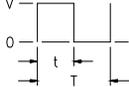


Первый каскад реализует переключаемый компенсированный аттенюатор с высоким импедансом (1 МОм). Второй каскад обеспечивает переменный коэффициент усиления сигнала, позволяя масштабировать вход преобразователя тока до полной амплитуды уровней преобразователя. Любые остаточные смещения постоянного тока каскадами ослабления и усиления блокируются конденсатором.

Для измерений переменного тока также используется блок входных каскадов переменного напряжения, подобный описанному выше. Шунтирующие резисторы преобразуют переменный ток в переменное напряжение, которое затем может быть измерено. Токовые шунты могут переключаться, обеспечивая возможность выбора разных диапазонов переменного тока.

### Измерения истинной среднеквадратичной величины переменного тока

Мультиметры, измеряющие истинное среднеквадратичное значение, измеряют «нагревательный потенциал» приложенного напряжения. В отличие от измерений «средних значений» измерения истинного среднеквадратичного значения позволяют определить рассеиваемую на резисторе мощность. Мощность пропорциональна квадрату измеренного истинного среднеквадратичного напряжения, вне зависимости от формы сигнала. Мультиметр средних значений переменного тока калибруется для вывода тех же показаний, что и у датчика истинного среднеквадратичного значения, но *только для входов с синусоидальной формой сигнала*. Для других форм сигнала вольтметр средних значений будет выдавать значительные погрешности, как показано ниже.

Waveform Shape	Crest Factor (C.F.)	AC RMS	AC+DC RMS	Average Responding Error
	1.414	$\frac{V}{1.414}$	$\frac{V}{1.414}$	Calibrated for 0 error
	1.732	$\frac{V}{1.732}$	$\frac{V}{1.732}$	-3.9%
	$\sqrt{\frac{T}{t}}$	$\frac{V}{C.F.} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1}{C.F.}\right)^2}$	$\frac{V}{C.F.}$	-46% for C.F. = 4

Функции измерений переменного напряжения и переменного тока во внутреннем ЦММ измеряют истинные среднеквадратичные значения, связанные по переменному току. Они отличаются от истинных среднеквадратичных значений суммы переменного и постоянного тока, показанных выше. Измеряется только «нагревательное значение» переменной составляющей входного сигнала (постоянная составляющая отфильтровывается). У синусоидальных, треугольных и прямоугольных сигналов значения переменной (AC) компоненты и суммы переменной и постоянной компоненты

(AC+DC) равны, поскольку сигналы этих типов не содержат постоянные смещения. Несимметричные сигналы, такие как последовательности импульсов, содержат постоянные напряжения, которые отфильтровываются при измерениях истинного среднеквадратичного значения со связью по переменному току.

Измерения истинного среднеквадратичного значения со связью по переменному току предпочтительны в ситуациях, когда измеряются малые сигналы переменного тока в присутствии больших смещений постоянного тока. Например, такая ситуация типична при измерениях величины переменных пульсаций на выходе источников питания постоянного тока. Однако в других ситуациях может быть необходимо узнать истинное среднеквадратичное значение суммы переменных и постоянных токов. Его можно определить путем комбинирования результаты измерений постоянного и переменного тока описанным ниже образом. Измерения постоянного тока следует выполнять с интеграцией в течение как минимум 10 периодов сети питания (режим 6½ разряда) для оптимальной фильтрации составляющей переменного тока.

$$AC + DC = \sqrt{AC^2 + DC^2}$$

#### Выполнение высокоскоростных измерений переменного тока

Функции измерений переменного напряжения и переменного тока во внутреннем ЦММ работают с использованием трех низкочастотных фильтров. Эти фильтры позволяют выбрать компромисс между точностью низкочастотных измерений и скоростью сканирования. *Быстрый фильтр* стабилизируется за 0,12 секунды и полезен для измерений с частотой выше 200 Гц. *Средний фильтр* стабилизируется за 1 секунду и полезен для измерений с частотой выше 20 Гц. *Медленный фильтр* стабилизируется за 7 секунд и полезен для измерений с частотой выше 3 Гц.

Приняв некоторые меры предосторожности, можно производить измерения переменного тока со скоростью до 100 показаний в секунду (используйте выбор диапазона вручную, чтобы исключить задержки, связанные с автовыбором диапазона). При установке нулевой предварительно программируемой задержки для стабилизации каналов каждый из фильтров может работать с числом каналов до 100 в секунду. Однако измерения могут быть не очень точны, так как фильтр будет не успевать полностью стабилизироваться. В задачах сканирования, в которых уровни разных

выборок сильно различаются, средний фильтр (20 Гц) стабилизируется со скоростью 1 показание в секунду, а быстрый фильтр (200 Гц) — со скоростью 10 показаний в секунду.

Если же уровни выборок близки между собой, то для каждого нового измерения требуется намного меньшее время стабилизации. В таких особых условиях средний фильтр (20 Гц) сможет выдавать результаты пониженной точности со скоростью 5 показаний в секунду, а быстрый фильтр (200 Гц) будет выдавать результаты пониженной точности со скоростью 50 показаний в секунду. Если уровень постоянного напряжения у разных выборок отличается, стабилизация может потребовать дополнительного времени.

У схемы блокирования постоянного тока во внутреннем ЦММ время стабилизации постоянно и равно 0,2 секундам. Это время стабилизации влияет на точность измерений лишь в случае, когда уровни смещения постоянного тока в разных выборках различаются. Если в системе сканирования требуется максимальная скорость измерений, может иметь смысл добавить внешнюю схему блокирования постоянного тока для каналов, на которых присутствуют значительные постоянные напряжения. Эта схема может быть простой, даже состоящей из одного резистора и одного конденсатора.

Фильтр пер. тока	Задержка канала	Время стабилизации
200 Гц (быстрый)	AUTO (ABTO)	0,12 секунды
20 Гц (средний)	AUTO (ABTO)	1 секунда
3 Гц (медленный)	AUTO (ABTO)	7 секунд
200 Гц (быстрый)	0	0,02 секунды
20 Гц (средний)	0	0,2 секунды
3 Гц (медленный)	0	1,5 секунды

*Время стабилизации схемы блокировки пост. тока (1 постоянная времени) = 0,2 секунды.*

## Источники погрешностей при измерениях переменного напряжения

Многие из погрешностей, связанных с измерениями постоянного напряжения, также имеют место и при измерениях переменного напряжения. В этом разделе описываются дополнительные погрешности, свойственные исключительно измерениям переменного напряжения.

Погрешности, связанные с пик-фактором (несинусоидальные входные сигналы)

Существует распространенное заблуждение, что «поскольку внутренний ЦММ измеряет истинное среднеквадратичное значение, характеристики его точности для синусоидальных сигналов применимы к сигналам любой формы». В действительности же форма входного сигнала может принципиально влиять на точность измерений. Один из распространенных способов описать форму сигнала — это *пик-фактор*. Пик-фактор представляет соотношение пикового значения и среднеквадратичного значения сигнала.

Например, для цепочки импульсов пик-фактор приблизительно равен корню квадратному из обратного коэффициента заполнения, как указано в таблице на [странице 305](#). В общем случае чем больше пик-фактор, тем больше энергии приходится на гармоники более высоких частот. У всех мультиметров имеются погрешности измерений, зависящие от пик-фактора. Погрешности, связанные с пик-фактором, указаны в [Главе 8 \(«Технические характеристики»\)](#). Учтите, что связанные с пик-фактором погрешности *не возникают* для входных сигналов с частотой ниже 100 Гц при использовании *медленного* фильтра переменного тока.

Оценить погрешность измерений, связанную с пик-фактором, можно по следующему уравнению:

$$\text{Суммарная погрешность} = \text{Погрешность}_{\text{синусоиды}} + \text{Погрешность}_{\text{пик-фактора}} + \text{погрешность}_{\text{полосы пропускания}}$$

Здесь

$\text{Погрешность}_{\text{синусоиды}}$  = точность ЦММ при измерениях синусоидального сигнала (см. [Главу 8, «Технические характеристики»](#))

$\text{Погрешность}_{\text{пик-фактора}}$  = пик-фактор ЦММ (см. [Главу 8, «Технические характеристики»](#))

Погрешность<sub>полосы пропускания</sub> = оценочная погрешность полосы пропускания, рассчитываемая следующим образом:

$$\text{Погрешность}_{\text{полосы пропускания}} = \frac{-\text{C.F.}^2 \times F}{4\pi \times \text{BW}}$$

Здесь

C.F. = пик-фактор сигнала (см. *таблицу на странице 305*)

F = основная частота входного сигнала

BW = полоса пропускания при -3 дБ ЦММ (1 МГц для 34970A/34792A)

Пример: Расчет погрешности измерений

Необходимо рассчитать приблизительную погрешность измерений для входа последовательности импульсов с пик-фактором 3 и основной частотой 20 кГц. Внутренний ЦММ настроен на диапазон 1 В. В этом примере будем использовать характеристики *90-дневной точности*, составляющие  $\pm (0,05\%$  от показания  $+ 0,04\%$  от диапазона), как показано в *Главе 8*.

$$\text{Погрешность}_{\text{синусоиды}} = \pm(0,05\% + 0,04\%) = \pm 0,09\%$$

$$\text{Погрешность}_{\text{пик-фактора}} = 0,15\%$$

$$\text{Погрешность}_{\text{полосы пропускания}} = \frac{-3^2 \times 20000}{4 \times 3,14159 \times 1000000} * 100 = 1,4\%$$

$$\text{Суммарная погрешность} = 0,09\% + 0,15\% + 1,4\% = 1,6\%$$

### Погрешности, связанные с нагрузкой переменного тока

При работе с функцией измерений переменного напряжения вход внутреннего ЦММ действует, как сопротивление в 1 МΩ, подключенное параллельно конденсатору емкостью 150 пФ. Проводка, используемая для подачи сигналов на прибор, также обусловит дополнительную емкость и нагрузку. В таблице ниже приведены приблизительные величины сопротивления входа при различных частотах.

Входная частота	Сопротивление входа
100 Гц	700 кОм
1 кГц	600 кОм
10 кГц	100 кОм
100 кГц	10 кОм

Для низких частот:

$$\text{Погрешность (\%)} = \frac{-100 \times R_s}{R_s + 1 \text{ М}\Omega}$$

Дополнительная погрешность для высоких частот:

$$\text{Погрешность (\%)} = 100 \times \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi \times F \times R_s \times C_{in})^2}} - 1 \right]$$

F = входная частота

R<sub>s</sub> = внутреннее сопротивление

C<sub>in</sub> = входная емкость (150 пФ) + емкость кабелей

*Используйте кабели с низкой емкостью при измерениях высокочастотных сигналов переменного тока (см. [страницу 277](#)).*

## Погрешности измерений переменного тока низкого уровня

При измерениях переменных напряжений ниже 100 мВ учитывайте, что такие измерения особенно подвержены погрешностям, вносимым внешними источниками шумов. Незащищенный измерительный наконечник действует как антенна, и внутренний ЦММ будет измерять принимаемые на нее сигналы. Весь измерительный контур, включая линию питания, действует как петлевая антенна. Циркулирующие в контуре токи будут создавать напряжения погрешности во всех источниках импеданса, подключенных последовательно с входом прибора. По этой причине подавать низкоуровневые переменного напряжения на прибор следует по экранированным кабелям. Также следует подсоединять экран к клемме LO входа.

Обязательно минимизируйте площадь всех земляных петель (контуров возврата через землю), которые невозможно устранить полностью. Источники с высоким импедансом более подвержены шумовым наводкам, чем источники с низким импедансом. Можно понизить высокочастотный импеданс источника, подключив конденсатор параллельно входным клеммам прибора. Чтобы определить правильное значение емкости для вашей задачи по измерениям, может понадобиться несколько экспериментов.

Большая часть внешних шумов не коррелирует с входным сигналом. Определить погрешность можно по следующему уравнению.

$$\text{Измеренное напряжение} = \sqrt{V_{in}^2 + \text{Noise}^2}$$

В то время как коррелированный шум редок, он исключительно сильно ухудшает точность измерений. Коррелированный шум всегда складывается с входным сигналом непосредственно. Типичная ситуация, в которой могут возникать погрешности этого вида — это измерения низкоуровневого сигнала, частота которого совпадает с частотой в местной сети питания.

При коммутации сигналов высокого и низкого уровня в одном и том же модуле следует проявлять осторожность. Возможна ситуация, когда напряжения высокого уровня или заряды, оставшиеся после воздействия этих напряжений, будут разряжены в канал низкого уровня. Рекомендуется либо использовать для них два разных модуля, либо разделять сигналы высокого и низкого уровня, оставив между ними неиспользуемый канал, подключенный к заземлению.

### Измерения при уровне ниже полного

Самые точные измерения переменного тока обеспечиваются, когда внутренний ЦММ в полной мере использует амплитуду выбранного диапазона. Автовыбор диапазона переключает диапазон при достижении уровней сигнала в 10% и 120% от полной шкалы текущего диапазона. Таким образом, некоторые входные сигналы можно измерять как при полной шкале одного диапазона, так и при уровне 10% от полной шкалы следующего, большего диапазона. Учтите, что точность измерений в этих двух случаях будет существенно различаться. Для максимальной точности следует использовать *выбор диапазона вручную* и выбирать наименьший диапазон, в котором возможны измерения.

### Погрешности, связанные с температурным коэффициентом и перегрузкой

Во внутреннем ЦММ используется схема измерений переменного тока, которая периодически измеряет и убирает внутренние напряжения смещения при выборе новых функции измерений или диапазона измерений. При выборе вручную нового диапазона в *состоянии перегрузки* измерения внутренних смещений для выбранного диапазона могут быть ухудшены. Обычно может возникнуть дополнительная погрешность диапазона, составляющая 0,01%. Эта дополнительная погрешность будет сохраняться до следующего периодического удаления погрешности (как правило, через 15 минут).

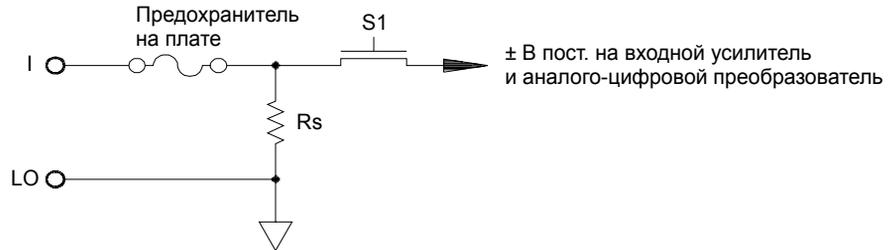
## Измерения тока

*Измерения тока возможны только при использовании модуля 34901A.*

Амперметр измеряет ток, протекающий через его входные клеммы — его режим работы близок к короткому замыканию между входными клеммами. Амперметр должен подключаться последовательно с измеряемыми схемой или устройством, чтобы один и тот же ток протекал и через прибор, и через измеряемую схему.

Между входными клеммами подключается резистор ( $R_s$  на схеме ниже), на котором происходит падение напряжения, пропорциональное входному току. Значение  $R_s$  выбирается как можно меньшим, чтобы минимизировать *напряжение нагрузки*, или падение напряжения  $IR$  прибора. При выполнении измерений это падение напряжения измеряется внутренним ЦММ

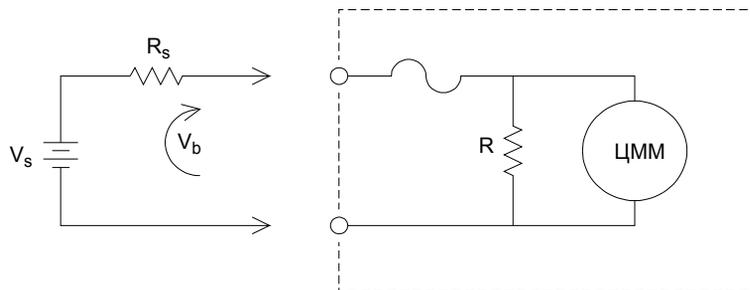
и масштабируется для преобразования в соответствующее значение тока (*см. описание на следующей странице*).



Измерения переменного тока очень сходны с измерениями постоянного тока. Сигнал на выходе сенсора, преобразующего ток в напряжение, измеряется вольтметром переменного тока. Входные клеммы непосредственно связаны с шунтом (по переменному и постоянному току), так что внутренний ЦММ не нарушает прохождения постоянного тока по измеряемой схеме. Выполнение измерений переменного тока требует особого внимания. *Напряжение нагрузки* меняется в зависимости от частоты и входной индуктивности, нередко вызывая непредвиденное поведение в измеряемой схеме (*см. описание на следующей странице*).

## Источники погрешностей при измерениях постоянного тока

При последовательном подключении внутреннего ЦММ с измеряемой схемой для измерений величины тока в нее вносится погрешность измерений. Эта погрешность обусловлена *напряжением нагрузки* последовательного подключения ЦММ. Разность напряжений возникает в связи с сопротивлением проводов и сопротивлением токового шунта внутреннего ЦММ.



$V_s$  = напряжение источника

$R_s$  = внутреннее сопротивление

$V_b$  = напряжение нагрузки

$R$  = напряжение на токовом шунте

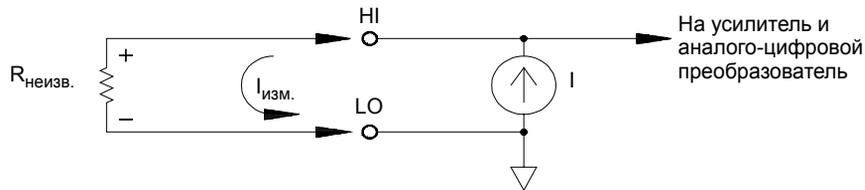
$$\text{Погрешность (\%)} = \frac{-100\% \times V_b}{V_s}$$

## Источники погрешностей при измерениях переменного тока

Погрешности из-за напряжения нагрузки, возникающие при измерениях постоянного тока, также возникают и при измерениях переменного тока. Однако напряжение нагрузки для переменного тока выше из-за индуктивности последовательных цепей внутреннего ЦММ и измерительных соединений. Напряжение нагрузки возрастает с ростом входной частоты. В некоторых схемах могут возникать периодические колебания при измерениях величины тока, связанные с индуктивностью при последовательном подключении внутреннего ЦММ и измерительными соединениями.

## Измерения сопротивления

Омметр измеряет сопротивление, оказываемое постоянному току устройством или схемой, которые подключены к его входам. При измерениях сопротивления через неизвестное сопротивление пропускается известный постоянный ток и измеряется падение напряжения.



Внутренний ЦММ поддерживает два способа измерений сопротивления: *2-проводные* и *4-проводные* измерения. При обоих способах измерительный ток протекает от клеммы HI входа через измеряемый резистор. При двухпроводных измерениях сопротивления падение напряжения на измеряемом резисторе определяется внутри ЦММ. Таким образом, вместе с ним измеряется и сопротивление измерительных наконечников. Для 4-проводных измерений сопротивления требуются дополнительные измерительные подключения. Поскольку через эти измерительные проводники не протекает ток, сопротивление этих проводников не вызывает погрешности измерений.

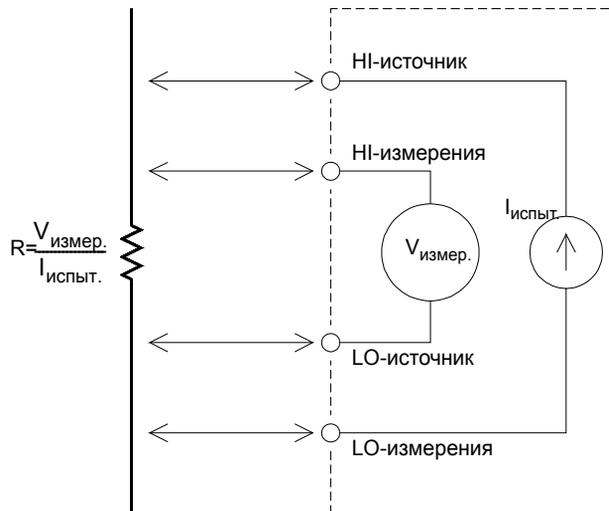
### 4-проводные измерения сопротивления,

4-проводное измерение сопротивления — это самый точный способ измерений малых сопротивлений. При использовании этого способа погрешность, связанная с сопротивлением измерительных наконечников, мультиплексора и контактов автоматически снижается. Способ 4-проводных измерений сопротивления часто применяется в задачах автоматизированных измерений, когда между внутренним ЦММ и объектом измерений располагаются кабели большой длины, входные разъемы и мультиплексор.

Рекомендуемая схема подключений при 4-проводных измерениях сопротивления показана на следующей странице. Источник тока постоянной величины пропускает ток  $I$  через неизвестное сопротивление  $R$ , на котором

возникает перепад напряжения, измеряемый блоком входных каскадов постоянного напряжения. Затем неизвестное напряжение рассчитывается по *закону Ома*.

Способ 4-проводных измерений сопротивления используется в системах, где сопротивления проводов могут быть велики, а также в задачах автоматизированных измерений с кабелями большой длины. Очевидный недостаток 4-проводных измерений сопротивления заключается в том, что для них требуется в два раза больше коммутаторов и проводов, чем для 2-проводных измерений. Способ 4-проводных измерений практически во всех областях используется исключительно для измерений низких величин сопротивления, особенно значений ниже 10 Ом, а также для требующих высокой точности измерений, например, для измерений сопротивления РДТ-преобразователей.



## Компенсация смещения

В большинстве соединений в системах используются материалы, при контакте которых возникают небольшие постоянные напряжения из-за контакта разнородных металлов (эффект термопары) или образования электрохимической «батареи» (*описание эффекта термопары см. [странице 280](#)*). Эти постоянные напряжения также добавляют свои погрешности при измерениях сопротивления. Функция измерений с компенсацией смещения предназначена для обеспечения измерений сопротивления при наличии небольших постоянных напряжений.

Компенсация смещений производит два измерения по схеме, подключенной к каналу ввода. Первое измерение — это обычное измерение сопротивления. Второе аналогично первому, за исключением того, что источник испытательного тока внутреннего ЦММ прибора отключается (в сущности, производится обычное измерение постоянного напряжения). Затем результаты второго измерения вычитаются из результатов первого перед масштабированием, что обеспечивает более точное измерение сопротивления. *Дополнительные сведения см. в [разделе «Компенсация смещения» на странице 145](#).*

Компенсация смещения может использоваться для 2-проводных или 4-проводных измерений сопротивления (но не для измерений температуры с помощью резистивного датчика температуры (РДТ) или термистора). Прибор 34970A/34792A отключает компенсацию смещения после изменения функции измерений, а также при выполнении сброса до заводских настроек (команда \*RST). Сброс прибора в предустановленное состояние (команда SYSTem:PRESet), а также сброс платы (команда SYSTem:CPON) *не изменяют* выбор фильтра.

Если измеряемый резистор не успевает быстро отреагировать на изменения тока, то компенсация смещения *не обеспечит* точности измерений. К этой категории относятся резисторы с очень большой индуктивностью и резисторы с очень большой параллельной емкостью. В таких случаях можно увеличить параметр задержки канала, чтобы выделить дополнительное время для стабилизации сигнала после включения или выключения источника тока, или же можно отключить компенсацию смещения. *Дополнительные сведения о задержке канала см. на [странице 119](#).*

## Источники погрешностей при измерениях сопротивления

### Внешние напряжения

Любые напряжения, присутствующие в системных кабелях или подключениях, повлияют на измерения сопротивления. Воздействие некоторых из этих напряжений можно нейтрализовать с помощью компенсации смещения (как описано на [предыдущей странице](#)).

### Воздействие времени стабилизации

Внутренний ЦММ может добавлять автоматические задержки для стабилизации измерений (чтобы сигнал успел установиться). Такие задержки достаточны для измерений сопротивления, когда совместная емкость кабелей и устройства составляет менее 200 пФ. Это особенно важно при измерениях сопротивлений, превышающих 100 кОм. Сигнал может устанавливаться довольно долго из-за воздействия постоянной времени RC (колебательного контура). В некоторых прецизионных резисторах и многофункциональных калибраторах для фильтрации шумовых токов, инжектируемых их внутренними схемами, применяются параллельные конденсаторы большой емкости (от 1000 пФ до 0,1  $\mu$ ) с большими величинами сопротивления. Воздействия неидеальных емкостей из-за эффекта остаточной поляризации (поглощения) в диэлектрике могут обуславливать намного большее время стабилизации сигнала, чем можно было бы ожидать, исходя только из постоянной времени RC. В случае измерений сразу после начального подключения, после изменения диапазона, пока сигнал еще не стабилизировался, или с использованием компенсации смещения измерения будут проведены с погрешностью. Время задержки канала перед измерениями в таких случаях может потребоваться увеличить (*дополнительные сведения о задержке канала см. на [странице 119](#)*).

## Погрешности при измерениях больших сопротивлений

При измерениях больших сопротивлений значительные погрешности могут возникать в связи с сопротивлением изоляции и в зависимости от чистоты поверхностей. Следует принять необходимые меры предосторожности, чтобы сохранить «чистую» систему с высоким сопротивлением. В измерительных наконечниках и испытательных приспособлениях могут возникать утечки из-за абсорбции влажности воздуха изолирующими материалами, а также из-за «грязных» поверхностных пленок. Нейлон и поливинилхлорид являются относительно плохими изоляторами ( $10^9$  Ом) по сравнению с тефлоновыми (Teflon® , ПТФЭ) изоляторами ( $10^{13}$  Ом). Утечки через нейлоновую или поливинилхлоридную изоляцию легко могут обеспечить погрешность в 0,1% при измерениях сопротивления 1 МОм в условиях высокой влажности. В следующей таблице приведены типичные величины сопротивлений для нескольких распространенных типов изолирующих материалов.

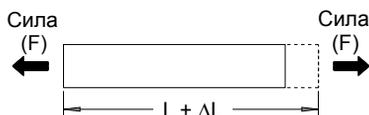
Изолирующий материал	Диапазон сопротивлений	Гигроскопичность
Тефлон/Teflon® (ПТФЭ)	от 1 ТОм до 1 ПОм	Н
Нейлон	от 1 ГОм до 10 ТОм	Д
ПВХ	от 10 ГОм до 10 ТОм	Д
Полистирол	от 100 ГОм до 1 ПОм	Н
Керамика	от 1 ГОм до 1 ПОм	Н
Эпоксидный стеклопластик (FR-4, G-10)	от 1 ГОм до 10 ТОм	Д
Фенольная смола, бумага	от 10 МОм до 10 ГОм	Д

## Тензометрические измерения

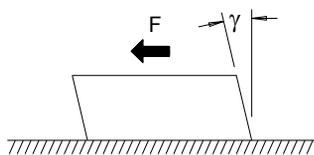
Хотя прибор не поддерживает тензометрические измерения непосредственно, их можно выполнять с помощью 4-проводных измерений сопротивления с масштабированием. В то же время в программное обеспечение *BenchLink Data Logger 3* встроена возможность тензометрических измерений.

Приложение к предмету силы вызывает его деформацию. Изменение длины на единицу длины называется *относительным удлинением* ( $\epsilon$ ). Относительное удлинение может быть либо положительным (+) при растяжении,

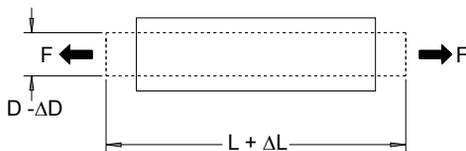
либо отрицательным (-) при сжатии. Практически применимые значения относительного удлинения довольно малы (обычно меньше 0,005 см/см для большинства металлов) и часто указываются в миллионных долях относительной деформации ( $\mu\epsilon$ ). Существует три основных типа измерений деформации, перечисленных ниже.



**Нормальная деформация ( $\epsilon$ )** — это мера удлинения вдоль оси приложения силы.  $\epsilon = \Delta L/L$



**Сдвиговая деформация ( $\gamma$ )** — это мера угловой деформации тела. Она приблизительно оценивается по тангенсу угла, образуемого при расхождении двух сегментов линий, которые были параллельны в недеформированном состоянии.



**Деформация по Пуассону ( $\nu$ )** измеряет свойство материалов, называемое *коэффициентом Пуассона*. Это отрицательное соотношение нормальных поперечной и продольной деформаций, происходящих при приложении к телу продольной силы натяжения.  $\nu = -\epsilon_t/\epsilon$ , где  $\epsilon_t = \Delta D/D$  и  $\epsilon = \Delta L/L$

## Напряжение

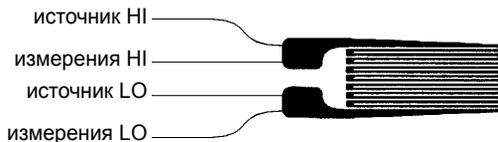
Напряжение — это термин, используемый для сравнения нагрузки, приложенной к материалу, и его способности выдерживать нагрузку. Напряжение ( $\sigma$ ) в материале невозможно измерить непосредственно; его необходимо вычислять, зная свойства материала и измеряемые количественно величины, такие как деформация и сила.

## Тензодатчики

Самый распространенный сенсор для измерений деформации — это резистивный тензодатчик из металлической фольги. Он состоит из тонкой сетки из металлической фольги, соединенной с толстой изолирующей клеящей подкладкой. Сопротивление фольги линейно меняется вместе с деформацией. Деформация тела — это просто соотношение сопротивлений фольги в деформированном и недеформированном состояниях:  $\varepsilon = \Delta R / R$ .

*Коэффициент тензочувствительности (GF)* определяет чувствительность тензодатчика и указывает, в какой мере меняется сопротивление при деформации:  $GF = (\Delta R / R) / \varepsilon$ . Сопротивление устройств с более высоким коэффициентом тензочувствительности сильнее меняется при деформации.

Тензодатчики доступны во многих различных конфигурациях, с разным числом и взаимным расположением элементов. Самый распространенный тип — это односторонний тензодатчик (он показан ниже). Также доступны многоэлементные тензодатчики, так называемые *розетки*, которые используются для измерений составляющих деформации в различных направлениях. Наиболее распространены двухэлементные ( $90^\circ$ ) и трехэлементные ( $45^\circ$  или  $60^\circ$ ) конфигурации



## Типовые варианты использования тензодатчиков

Тензодатчики используются для измерений многих видов физических величин. Тензодатчик — это, в первую очередь, прибор для измерений силы. Сила измеряется косвенно, путем измерений деформации пробного объекта, сопротивление которого известным образом меняется пропорционально приложенной к нему силе. Путем измерений силы можно изменять многие другие физические величины. Тензодатчики широко используются для измерений веса, давления, расхода и уровня.

### Выполнение тензометрических измерений

*Мостик Уитстона* часто применяется для измерений на приборах с низкой чувствительностью измерений малых изменений сопротивления, которые типичны для тензометрии. Приборы с высоким разрешением при измерениях сопротивления, такие как внутренний ЦММ в 34970A/34792A, могут измерять небольшие изменения сопротивления непосредственно, с высокой точностью и линейностью. При выполнении тензометрических измерений также следует использовать способ 4-проводных измерений, чтобы устранить связанные с системными кабелями погрешности.

Начальные тензометрические измерения без нагрузки используются в качестве эталонных измерений ( $R_0$ ), на основе которых измеряется деформация ( $\Delta R / R_0$ ). Для получения наилучших результатов следует выполнять эти эталонные измерения после того, как тензодатчик будет смонтирован на объект измерений. В следующей таблице приведены изменения сопротивления, соответствующие деформации 1  $\mu\epsilon$  для типичных значений тензометрического коэффициента и сопротивления недеформированного датчика.

Тензометрия	GF	$R_0$	$\Delta R$	Чувствительность ЦММ
1 $\mu\epsilon$	2,0	120 Ом	0,24 мОм	0,1 мОм (0,4 $\mu\epsilon$ )
1 $\mu\epsilon$	2,0	350 Ом	0,70 мОм	1,0 мОм (1,4 $\mu\epsilon$ )
1 $\mu\epsilon$	2,0	1000 Ом	2,0 мОм	1,0 мОм (0,5 $\mu\epsilon$ )

Используя функцию масштабирования типа  $Mx+B$  в сочетании с приведенными ниже уравнениями, можно выводить на дисплей на передней панели 34970A/34792A непосредственно величину деформации. Можно добавить пользовательскую метку измерений для вывода показаний на дисплее непосредственно в  $\mu\epsilon$  (мкм/м). Прибор будет автоматически добавлять префикс микро ( $\mu$ ) в соответствии с фактически вычисленными значениями. *Дополнительные сведения о масштабировании см. на [странице 150](#).*

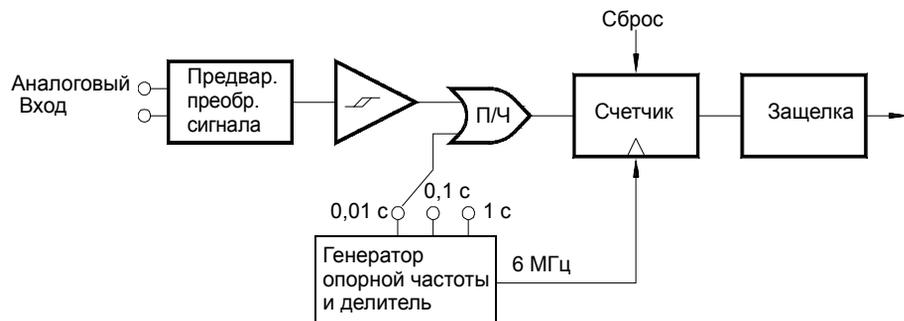
$$M = \frac{1}{GF \times R_0} \quad B = -\frac{1}{GF}$$

## Воздействие температуры

Сопротивление резистивного элемента тензодатчика будет меняться ( $\Delta R$ ) как в связи с измеряемой деформацией, так и в связи с измерениями температуры датчика. При этом будет возникать нежелательное «кажущееся» изменение деформации. Можно использовать второй датчик того же типа, чтобы обнаруживать изменения температуры и устранить данный источник погрешности. Второй датчик следует разместить вблизи первого, но под углом  $90^\circ$  к нему, чтобы датчик реагировал на местные изменения температуры, но не на изменения деформации. При вычитании показаний, измеренных на втором датчике, можно будет убрать все нежелательные погрешности определения деформации.

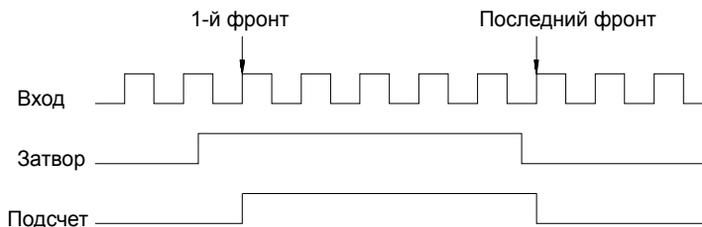
## Измерения частоты и периода

Во внутреннем ЦММ для измерений частоты и периода используется схема обратного подсчета. Эта схема обеспечивает постоянное разрешение измерений для любых входных частот. Блок измерений переменного напряжения во внутреннем ЦММ производит предварительную обработку сигнала для измерений частоты и периода.



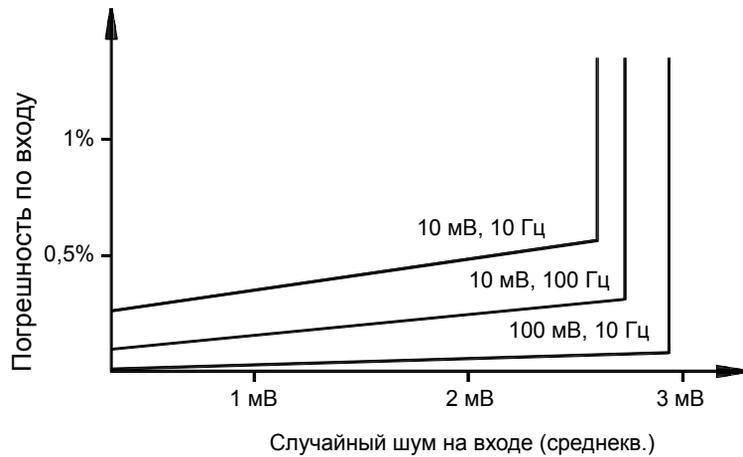
Опорная частота делится для генерирования стробирующего сигнала. Стробирующий и входной сигналы комбинируются и активируют счетчик. Во время «включения» счетчик производит отсчет сигнала опорной частоты 6 МГц. В конце каждого периода стробирования значение на счетчике фиксируется в защелке и делится на известную опорную частоту, что позволяет определить входную частоту. Затем счетчик сбрасывается до следующего периода стробирования. Разрешение измерений привязывается к опорной частоте, а не к частоте сигнала на входе. Это повышает скорость измерений, особенно при низких частотах.

У схемы обратного счетчика имеется преимущество: число отображаемых разрядов неизменно, оно не зависит от входной частоты. При использовании обратного счетчика число разрядов разрешения масштабируется вместе с длиной периода стробирования. Если 1-секундное стробирование обеспечивает разрешение в шесть разрядов, то стробирование на 0,1 секунды обеспечит пять разрядов и т. д.



#### *Источники погрешностей при измерениях частоты и периода*

Блок измерений переменного напряжения во внутреннем ЦММ производит преобразование сигнала. Все счетчики частоты подвержены погрешностям при измерениях сигналов с низким напряжением и низкой частотой. Воздействие как внутреннего шума, так и наводок внешнего шума крайне значимо при измерениях «медленных» сигналов. Погрешность обратно пропорциональна частоте. Погрешности измерений также будут возникать при попытке измерить частоту (или период) сигнала на входе после изменения напряжения смещения постоянного тока. Необходимо дать полностью стабилизироваться конденсатору блокирования постоянного тока на входе внутреннего ЦММ, прежде чем производить измерения частоты.



Если наводки внешних шумов окажутся достаточно велики для преодоления гистерезиса измерительных схем, то функцию измерений частоты может оказаться практически невозможно использовать. В этом случае могут помочь внешнее экранирование и фильтры пропускания низких частот.

## Низкоуровневые мультиплексирование и коммутация сигналов

Доступны мультиплексоры низкого уровня следующих типов: *однопроводные, 2-проводные и 4-проводные*. В следующих разделах этой главы описываются все эти типы мультиплексоров. Для модели 34970A доступны следующие модули низкоуровневых мультиплексоров.

- 20-канальный мультиплексор на якорных реле 34901A
- 16-канальный герконовый мультиплексор 34902A
- 34908A, 40-канальный однонаправленный мультиплексор

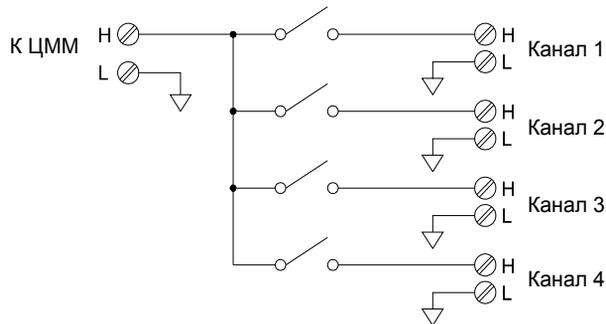
Важная особенность мультиплексоров, используемых в качестве каналов ввода ЦММ — это возможность одновременного подключения только одного канала. Например, используя модуль мультиплексора и внутренний ЦММ, можно настроить измерения напряжения в канале 1 и измерения температуры в канале 2. Сначала прибор замыкает реле канала 1, производит измерения температуры, а затем размыкает реле, прежде чем начинать работу с каналом 2 (это называется коммутацией с *разрывом перед замыканием*).

Также для моделей 34970A/34792A доступны другие низкоуровневые коммутационные модули:

- 34903A, 20-канальный актуатор
- Двухпроводной матричный коммутатор 4x8 34904A

## Однопроводные (однонаправленные) мультиплексоры

На мультиплексоре 34908А у всех 40 каналов коммутируется только вход HI, а вход LO является общим для всего модуля. В модуле также предусмотрен эталонный спай терморпары для выполнения измерений с помощью терморпары (*дополнительные сведения о предназначении изотермального блока см. на [странице 293](#)*).

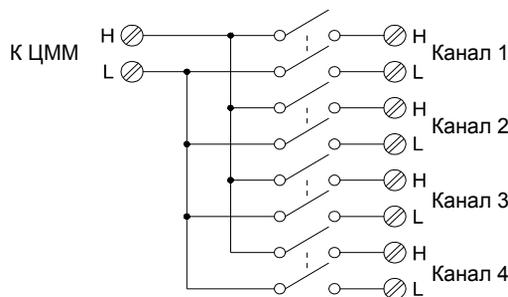


### ПРИМЕЧАНИЕ

Одновременно может быть замкнут (установлен) только один канал; при замыкании другого канала ранее замкнутый канал размыкается.

## Двухпроводные мультиплексоры

На мультиплексорах 34901А и 34902А переключаются и входы HI, и входы LO, то есть обеспечивается полная развязка входов, подключаемых ко внутреннему ЦММ или внешнему измерительному прибору. В этих модулях также предусмотрен эталонный спай терморпары для выполнения измерений с помощью терморпары (*дополнительные сведения о предназначении изотермального блока см. на [странице 293](#)*).



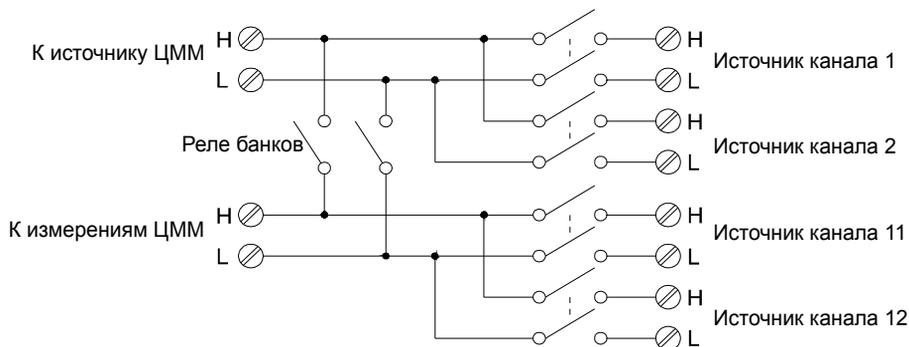
**ПРИМЕЧАНИЕ**

Если какие-либо каналы настроены на работу в списке сканирования, то замыкание сразу нескольких каналов невозможно; при замыкании (установке) одного канала размыкается (разрывается) ранее замкнутый канал.

## Четырехпроводные мультиплексоры

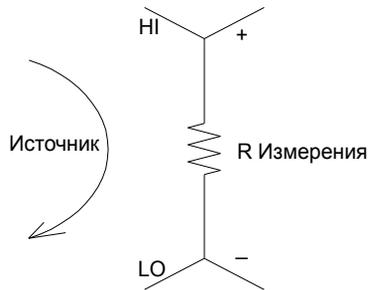
С помощью мультиплексоров 34901A и 34902A можно выполнять 4-проводные измерения сопротивления. Для 4-проводных измерений сопротивления каналы разделяются на два независимых банка посредством размыкания реле банков каналов.

При 4-проводных измерениях прибор автоматически спаривает канал  $n$  и канал  $n+10$  (34901A) или  $n+8$  (34902A) для реализации подключений источника и измерений. Например, можно установить подключение *источника* к клеммам HI и LO канала 2, а подключение *измерений* к клеммам HI и LO канала 12.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Если какие-либо каналы настроены на работу в списке сканирования, то замыкание сразу нескольких каналов невозможно; при замыкании (установке) одного канала размыкается (разрывается) ранее замкнутый канал.

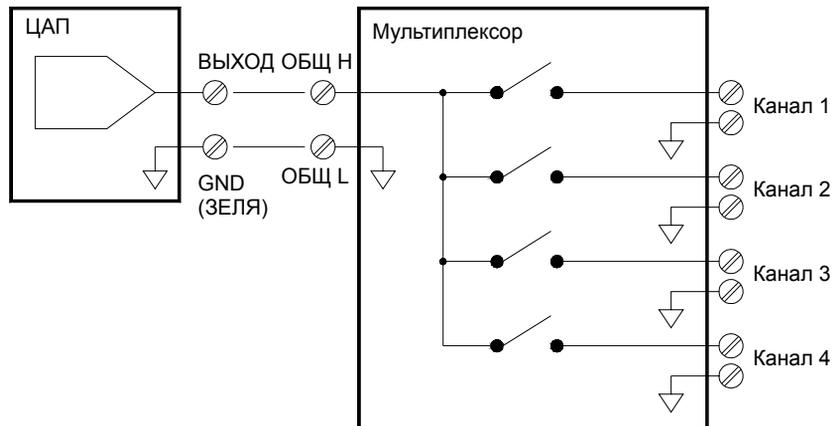
При проведении 4-проводного измерения испытательный ток протекает от разъемов *источника*, от клеммы HI и через измеряемый резистор. Чтобы устранить влияние сопротивления измерительных наконечников, также используется отдельный набор соединений *измерений*, как показано ниже.



## Маршрутизация и мультиплексирование сигналов

При автономном использовании для маршрутизации сигналов (но не для сканирования и без подключения ко внутреннему ЦММ) на мультиплексорах 34901A и 34902A можно одновременно замыкать (устанавливать) более одного канала. Нужно проявлять осторожность, чтобы не создать опасной ситуации (например, при замыкании между собой двух источников питания).

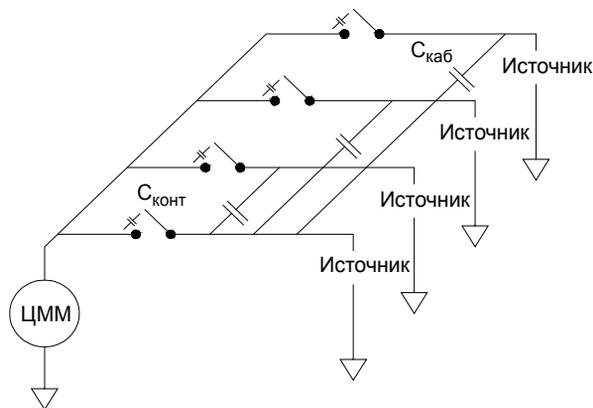
Учтите, что мультиплексор *не является направленным*. Например, мультиплексор можно использовать с источником сигнала (таким, как ЦАП) для подключения одного источника сигнала ко многим точкам измерений, как показано ниже.



## Источники погрешностей при мультиплексировании и коммутации

Шум внутри коммутатора может наводиться при работе схем приводов, за счет термоэдс внутри коммутатора или вследствие наводок между путями прохождения сигналов. Также шум может возникать вне сети, а затем попадать на коммутатор через проводники или при наводках. Хотя связанные с шумами проблемы относятся ко всей системе, они могут проявляться особенно сильно при коммутации. В сетях коммутации имеет место большая концентрация сигналов, что увеличивает погрешности. Большинство проблем, связанных с электрическим шумом, в конечном итоге обусловлено неправильным заземлением или экранированием (*дополнительные сведения о заземлении и экранировании см. на [странице 278](#)*).

Шум может наводиться по емкостной связи на физически расположенные рядом каналы в системе коммутации. Шум также может наводиться между контактами самих переключателей ( $C_{\text{конт}}$ ) или между соседними кабелями ( $C_{\text{каб}}$ ).



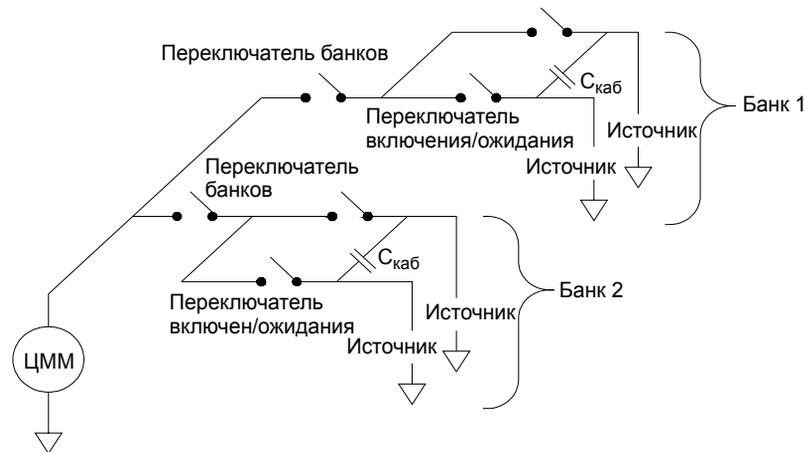
Емкостная шумовая связь зависит от площади и расстояния. Простой способ уменьшить шумовую связь — это физическое разнесение коммутаторов и кабелей между собой. Однако это решение практично не во всех случаях.

Другое решение состоит в разделении между собой сигналов с большой и малой амплитудой. Объединяйте в группы сигналы сходного типа (высоких напряжений, низких напряжений, аналоговые и цифровые). Если это возможно, используйте два отдельных модуля коммутатора, один для

высокоуровневых сигналов и один для низкоуровневых. Если используется один модуль для смешанной коммутации сигналов, оставьте один неиспользуемый заземленный канал между этими группами сигналов. Также заземлите все неиспользуемые каналы в модуле.

В мультиплексорах 34901A и 34902A имеется дополнительное реле, называемое *переключателем банков* или *древовидным переключателем*, которое помогает уменьшить перекрестный шум между каналами ( $C_{\text{каб}}$ ).

Каналы мультиплексора делятся на два банка. Переключатель банков изолирует один банк каналов от другого, фактически устраняя все параллельные соседние емкости в изолированном банке. Во время сканирования прибор автоматически управляет переключателями банков.

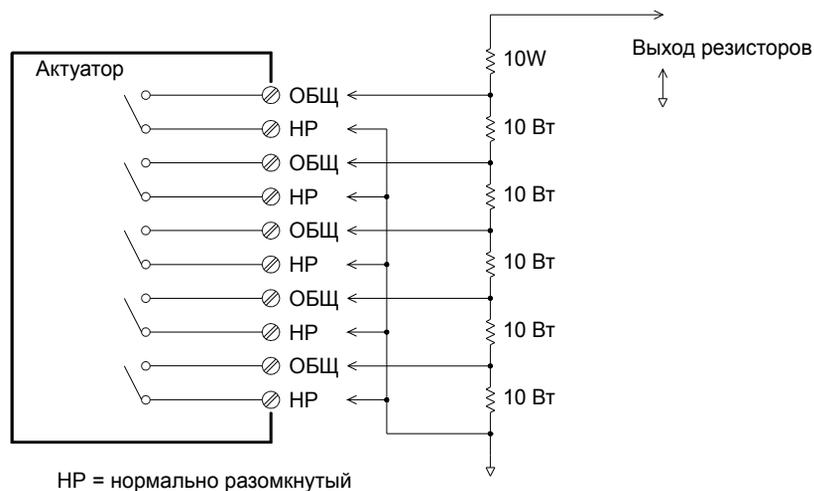


Если используются не все каналы мультиплексора, распределите используемые входные каналы поровну между банком 1 и банком 2. Например, если с помощью 16-канального мультиплексора производится мультиплексирование восьми каналов, используйте четыре канала в нижнем банке и четыре — в верхнем. Для еще большего подавления шумом оставьте по одному неиспользуемому заземленному каналу между каждым из каналов ввода.

Модуль	Банк 1	Банк 2
34901A	Каналы с 1 по 10	Каналы с 11 по 20
34902A	Каналы с 1 по 8	Каналы с 9 по 16
34908A	Каналы с 1 по 20	Каналы с 21 по 40

## Актуаторы и коммутация общего назначения

В модуле актуатора 34903A реализовано 20 независимых, гальванически развязанных переключателей типа С (*однополюсных двунаправленных*). Этот модуль выполняет простые операции включения и выключения, с помощью которых можно управлять силовыми устройствами или использовать его для специальных задач коммутации. Например, с помощью актуатора можно построить простую резисторную схему лестничного типа, как показано ниже.

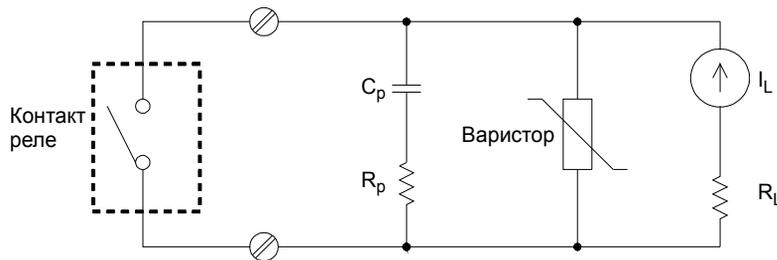


На вышеприведенной схеме сопротивление составляет  $60\Omega$ , когда все каналы актуатора разомкнуты (не подсоединены к общему выводу ОБЩ). Учтите, что когда каналы актуатора разомкнуты, как показано выше, то к общему выводу ОБЩ подключены нормально замкнутые контакты (*которые на схеме не показаны*). Значения от  $10\Omega$  до  $50\Omega$  выбираются посредством замыкания соответствующих каналов на модуле.

## Демпфирующие цепи

При каждом замыкании или размыкании контактов реле может произойти электрический пробой или возникнуть дуга между контактами. Эти явления могут вызвать излучение высокочастотного шума, резкие скачки напряжения и тока, а также физически повредить контакты реле.

На модуле 34903А предусмотрена область макетной платы для реализации пользовательских схем, таких как простые фильтры, демпферы и делители напряжения. В области макетной платы имеется место для вставки пользовательских компонентов, но на ней нет дорожек печатных плат. Здесь можно организовать схемы, которые обеспечат защиту контактов при включении питания от сети переменного тока для реактивных нагрузок. Хотя можно применять многие виды схем защиты контактов, в этом разделе описываются только RC-контуры и варисторы.



## Защитные RC-контуры

При разработке защитных RC-схем номинал защитного резистора  $R_p$  выбирается как компромисс между двумя значениями сопротивления. Минимальное значение  $R_p$  определяется максимальным допустимым током через контакты реле ( $I_{max}$ ). Для модели 34903А максимальный допустимый ток через реле ( $I_{max}$ ) составляет 1 А пер. или пост. (СКЗ). Таким образом, минимальная величина  $R_p$  равна  $V/I_0$ , где  $V$  — пиковый уровень подаваемого напряжения.

$$R_p = \frac{V}{I_{max}} = \frac{V}{2}$$

Максимальную величину  $R_p$  обычно приравнивают к сопротивлению нагрузки  $R_L$ . Тогда ограничения  $R_p$  можно записать следующим образом:

$$\frac{V}{I_{\max}} < R_p < R_L$$

Учтите, что фактическое значение тока ( $I_o$ ) в схеме определяется следующим уравнением:

$$I_o = \frac{V}{R_L}$$

, где  $V$  — пиковое напряжение источника напряжения, а  $R_L$  — сопротивление нагрузки. Значение  $I_o$  будет использоваться для определения номинала защитного предохранителя ( $C_p$ ).

При определении номинала защитного предохранителя в контуре ( $C_p$ ) необходимо учитывать несколько факторов. Во-первых, суммарная емкость схемы ( $C_{\text{tot}}$ ) должна быть такой, чтобы пиковое напряжение на разомкнутых контактах реле не превышало 300 В скз. Уравнение для расчета минимальной допустимой емкости в схеме следующее:

$$C_{\text{tot}} \geq (I_o/300)^2 \times L$$

, где  $L$  — индуктивность нагрузки, а  $I_o$  — рассчитанное выше значение тока.

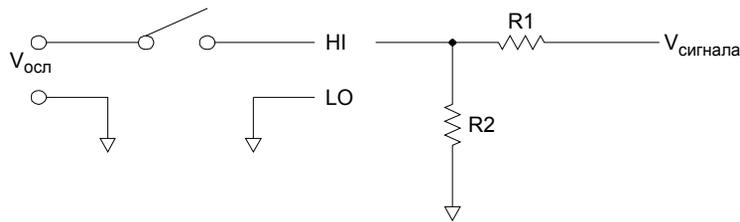
Суммарная емкость схемы ( $C$ ) в действительности состоит из емкости проводов плюс номинала конденсатора защитного контура  $C_p$ . Поэтому минимальным значением  $C_p$  будет рассчитанное значение суммарной емкости схемы ( $C$ ). Учтите, что фактическое используемое значение  $C_p$  должно быть значительно большим расчетного значения  $C$ .

## Использование варисторов

Используйте варистор, чтобы реализовать ограничение абсолютного напряжения на контактах реле. Варисторы доступны в широком диапазоне номиналов по напряжению и рассеиваемой энергии. Когда в схеме достигается номинальное напряжение варистора, сопротивление варистора резко падает. Варистор может дополнять RC-контур и особенно полезен в случае, когда требуемая емкость ( $C_p$ ) слишком велика.

## Использование аттенюаторов

На плате 34903A предусмотрена возможность установки простых аттенюаторов или фильтрующих контуров. Аттенюатор состоит из двух резисторов, действующих как делитель напряжения. Типичная схема аттенюатора показана ниже.



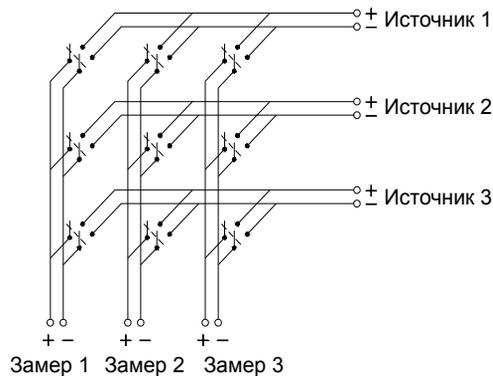
Для выбора компонентов аттенюатора воспользуйтесь следующим уравнением:

$$V_{\text{att}} = V_{\text{signal}} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Один из типовых способов использования аттенюатора — это использование в качестве шунтирующего компонента для преобразователей с уровнями выходов 4-20 мА. В положение R2 можно установить резистор на 50 Ом ( $\pm 1\%$ ) рассеиваемой мощностью 0,5 Вт. Возникающее в результате падение напряжения (при протекании тока от преобразователя через резистор) можно измерять внутренним ЦММ. Таким образом, резистор на 50 Ом преобразует токи от 4 до 20 мА в сигнал напряжения от 0,2 до 1 В.

## Матричная коммутация

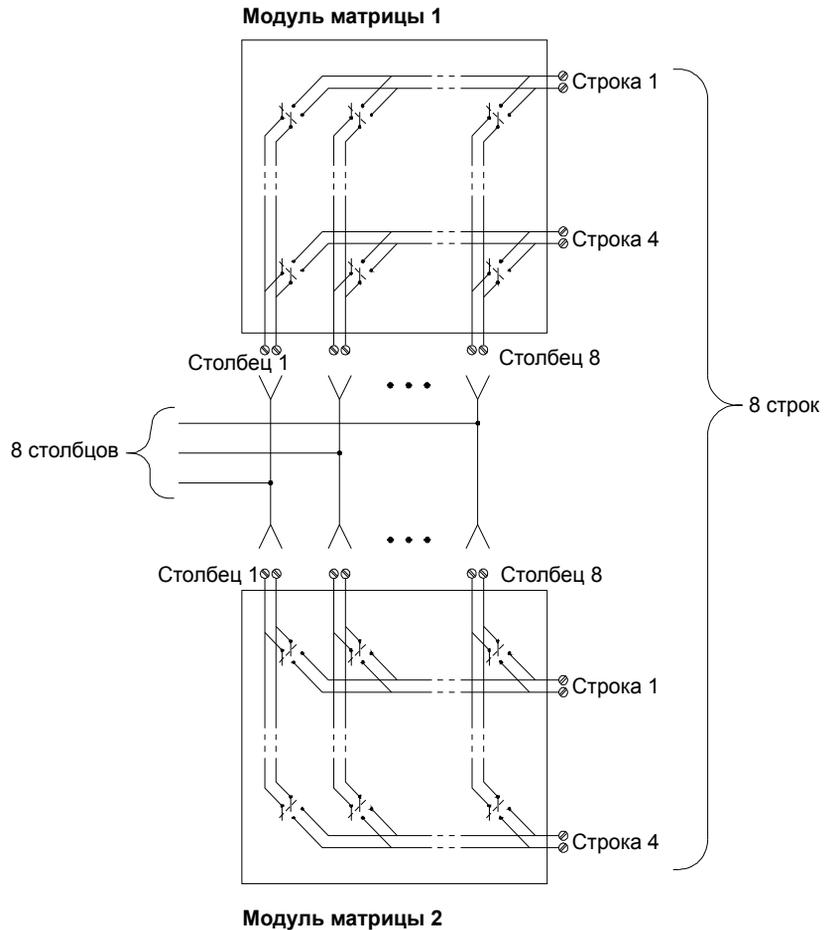
Матричный коммутатор соединяет сразу много входов со многими выходами, тем самым обеспечивая большую гибкость коммутации по сравнению с мультиплексором. Используйте матричные коммутаторы только для коммутации низкочастотных сигналов (с частотой ниже 10 МГц). Матрица строится из строк и столбцов. Например, простую матрицу 3x3 можно использовать для подключения трех источников к трем точкам замера, как показано ниже.



Любой из источников сигнала может быть подключен к любому из входов замера. Учтите, что в топологии матрицы физически возможно одновременное подключение более одного источника. Важно убедиться, что при таких подключениях не возникнет опасности или нежелательных ситуаций.

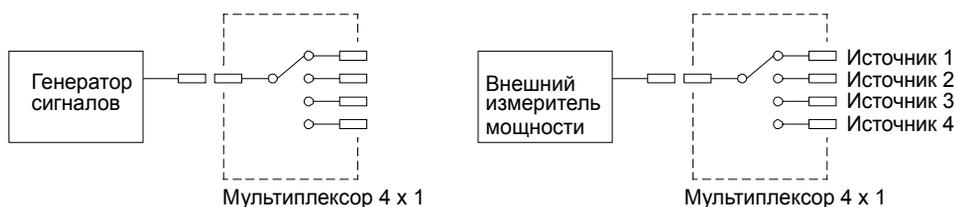
## Комбинирование матриц

Можно совместить два и более матричных коммутатора для обеспечения более сложной коммутации. Например, в модуле 34904A реализована матрица на 4 строки, 8 столбцов. Два таких модуля можно совместить, получая матрицу либо на 4 строки, 16 столбцов, либо на 8 строк, 8 столбцов. Ниже показана матрица 8x8.

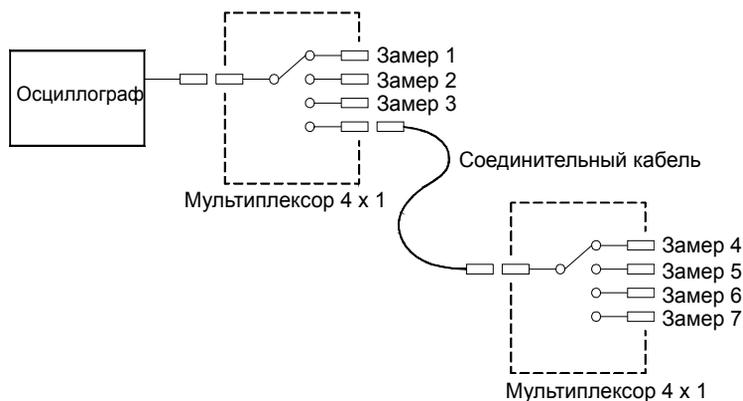


## Мультиплексирование ВЧ-сигналов

ВЧ-мультиплексор — это особый тип мультиплексоров. В таких мультиплексорах применяются специальные компоненты, обеспечивающие сохранение импеданса в 50 или 75 Ом на коммутируемой сигнальной линии. В испытательных системах такие коммутаторы часто используются для направления испытательного сигнала от источника сигнала к объекту измерений. Эти коммутаторы двунаправленные. На схеме ниже показаны два примера ВЧ-мультиплексоров «4 к 1» в испытательных системах.



Используя соединительные кабели, можно расширять ВЧ-мультиплексоры, реализуя дополнительные испытательные входы или выходы. Например, можно объединить два мультиплексора «4 к 1», получив мультиплексор «7 к 1», как показано ниже.



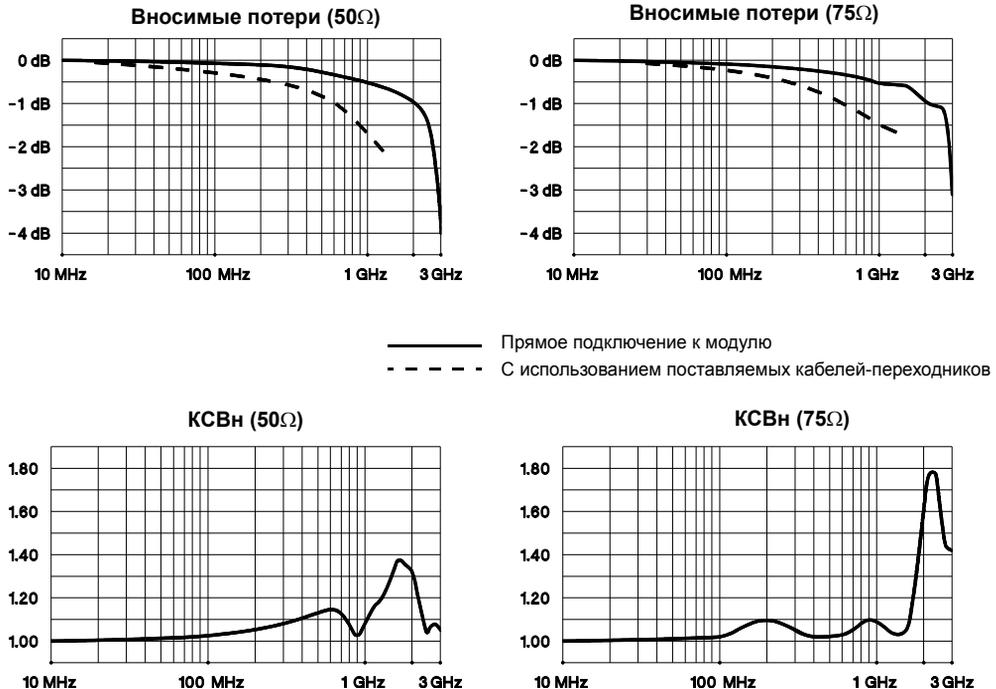
На ВЧ-мультиплексорах 34905A (50Ω) и 34906A (75Ω) одновременно можно замыкать (устанавливать) только один канал в банке каналов; при замыкании другого канала ранее замкнутый канал будет разомкнут. Эти модули выполняют *только* команду CLOSE (ЗАМКНУТЬ), команда OPEN (РАЗОМКНУТЬ) для них неприменима. Чтобы разомкнуть канал, подайте команду CLOSE (ЗАМКНУТЬ) на другой канал в том же банке.

## Источники погрешностей при коммутации ВЧ-сигналов

Несоответствие импедансов может вызывать ряд ошибок в системе мультиплексирования ВЧ-сигналов. Эти ошибки могут приводить к искажению форм сигналов, превышению допустимых напряжений или появлению слишком низких напряжений.

Для минимизации несоответствий импедансов в ВЧ-диапазоне:

- Используйте правильные типы кабелей и разъемов, соответствующие импедансу схемы (50 или 75 Ом). Учтите, что визуально разъем на 50 Ом сложно отличить от разъема на 75 Ом.
- Убедитесь, что все выводы и пути сигнала надлежащим образом терминированы. Нетерминированные участки линий при ВЧ-частотах могут действовать как почти короткозамкнутые. Учтите, что модули 34905А и 34906А *не выполняют* автоматического терминирования открытых (разомкнутых) каналов.

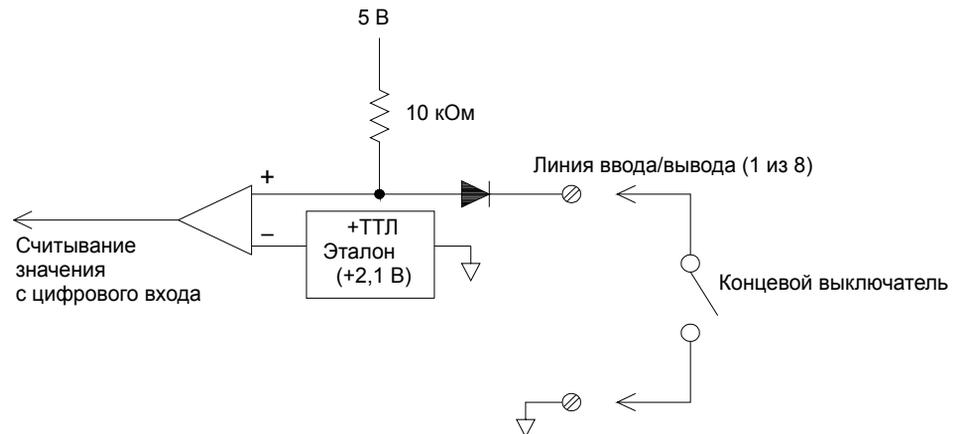


## Многофункциональный модуль

### Цифровой вход

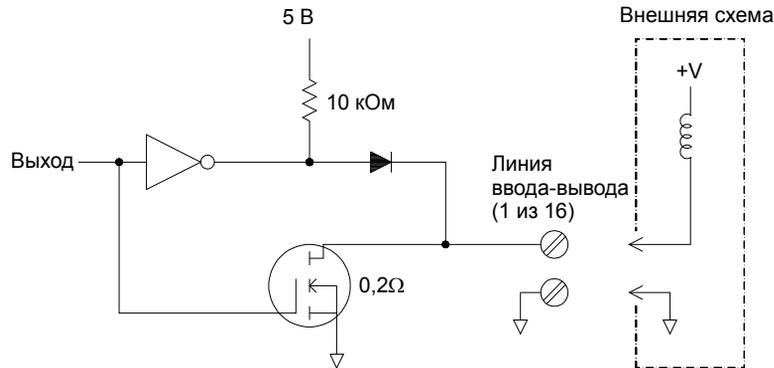
В модуле 34907A имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для считывания цифровых последовательностей.

- Можно либо считывать состояние установки битов в порту, либо настроить сканирование, включив в него считывание цифрового значения.
- Сигнал уведомления можно выдавать в случае обнаружения определенного набора битов или обнаружения изменений набора битов в канале цифрового ввода. Каналы *не обязательно должны* входить в список сканирования, чтобы по ним могло выдаваться уведомление.
- Внутренние схемы подтягивания до +5 В позволяют использовать цифровой вход для обнаружения замыканий контактов, например, при использовании микропереключателей или концевых переключателей. Напряжение на разомкнутом входе поднимается до +5 В и считывается как логическая «1». Закороченный на землю вход считывается как логический «0». Пример канала с обнаружением замыкания контактов приведен ниже.



## Цифровой выход

В модуле 34907A имеется два 8-битных порта ввода-вывода без гальванической развязки, которые можно использовать для вывода цифровых последовательностей. Можно объединить два порта для вывода 16-битного слова. Упрощенная схема вывода отдельного бита приведена ниже.



- Каждый из битов выхода может непосредственно управлять нагрузками ТТЛ, до 10 нагрузок (менее 1 мА). Буфер для каждого из портов используется для подачи сигнала высокого уровня на выход от внутреннего источника напряжения +5 В через диод. Номинал выхода составляет не менее +2,4 В при 1 мА.
- Каждый из выходных битов также является активным втеканьем и обеспечивает втеkanie до 400 мА тока от внешнего источника питания. Для втекающих токов используется полевой транзистор с номинальным сопротивлением  $0,2\Omega$  во «включенном» состоянии.
- При использовании логики, отличной от ТТЛ, потребуются реализовать внешнее подтягивание. Описание расчета подтягивания приведено на следующей странице.
- При использовании с внешним источником питания и подтягивания напряжение внешнего источника должно быть больше +5 В пост., но меньше +42 В пост..

## Использование внешнего подтягивания

В общем случае использование внешнего подтягивания необходимо лишь тогда, когда «высокий» уровень на выходе должен быть больше уровней ТТЛ-логики. Например, для использования внешнего источника питания на +12 В номинал внешнего подтягивающего резистора рассчитывается следующим образом:

$$V_{CC} = 12 \text{ В пост.}$$

$$I_{\text{макс}} = I_{\text{вых. низ}} \times \text{коэффициент безопасности} = 1 \text{ мА} \times 0,5 + 0,5 \text{ мА}$$

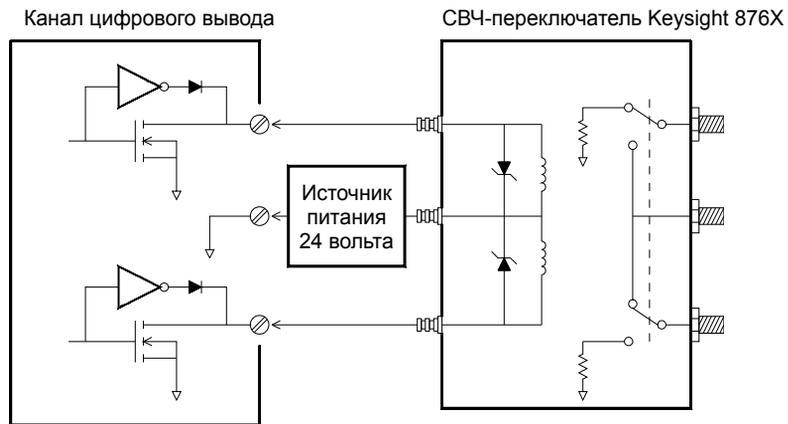
$$R = \frac{V_{CC}}{I_{\text{макс}}} = \frac{12}{0,0005} = 24 \text{ кОм}$$

Значение «высокого» уровня логики при использовании внешнего подтягивающего резистора на 24 кОм рассчитывается следующим образом:

$$V_{\text{выс}} = V_{CC} \times \frac{R_{\text{external}}}{R_{\text{external}} + R_{\text{external}}} = 12 \times \frac{24 \text{ кОм}}{24 \text{ кОм} + 10 \text{ кОм}} = 8,47 \text{ В пост.}$$

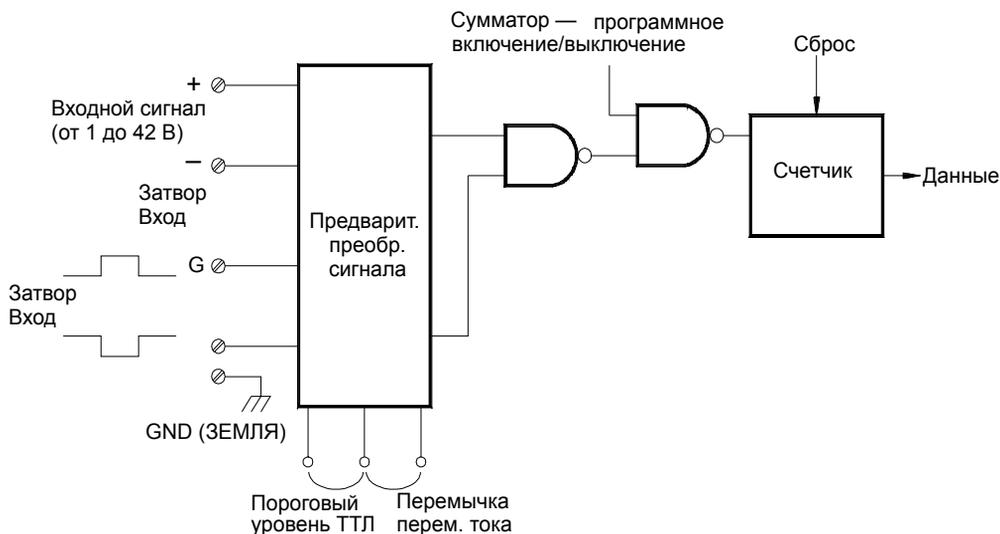
## Управление внешними переключателями

Два канала цифрового вывода можно использовать для управления внешним переключателем. Например, можно управлять СВЧ-переключателем серии Keysight 876X, используя внешний источник питания и два канала цифрового вывода. Состояние мультиплектора «2 к 1» меняется посредством установки соответствующего бита выхода в низкий уровень (0).

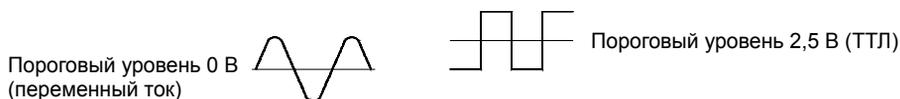


## Сумматор

В модуле 34907A имеется 26-битный суммирующий счетчик, который может подсчитывать импульсы, поступающие с частотой 100 кГц. Суммирующий счетчик можно считывать вручную, или же можно настроить считывание счетчика в составе сканирования.

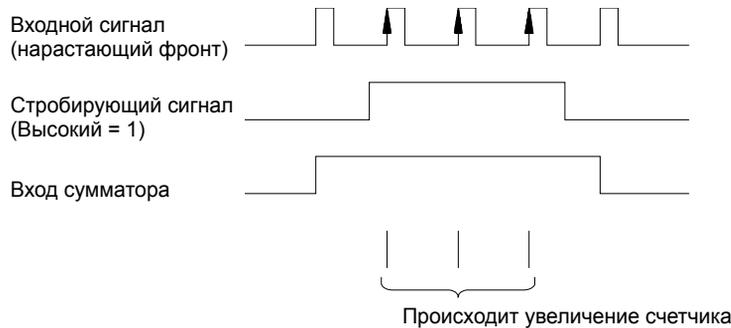


- Счетчик импульсов можно настроить на срабатывание по нарастающему (переднему) или спадающему (заднему) фронту входного сигнала.
- С помощью аппаратной перемычки с меткой Totalize Threshold (Порог суммирования) на модуле можно управлять пороговым значением, при котором происходит обнаружение фронта. Переключите перемычку в положение АС, чтобы обнаруживать переходы через уровень 0 вольт. Переключите перемычку в положение TTL (заводская настройка), чтобы обнаруживать переходы между уровнями TTL-логики.



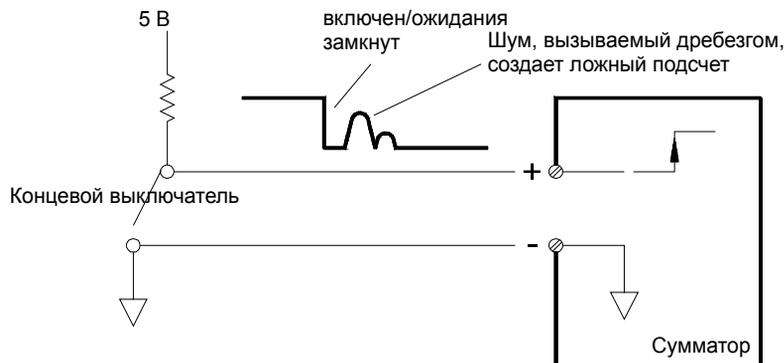
- Максимальное значение счетчика составляет 67 108 863 ( $2^{26} - 1$ ). После достижения максимального разрешенного значения счетчик возвращается к нулю (0).

- Можно управлять моментом, когда сумматор будет фактически производить подсчет, подавая *стробирующий сигнал* (клеммы G и  $\bar{G}$  на модуле). Сигнал с высоким уровнем ТТЛ-логики, поданный на клемму «G», разрешает подсчет, а низкий уровень сигнала отключает подсчет. Сигнал с низким уровнем ТТЛ-логики, поданный на клемму « $\bar{G}$ », разрешает подсчет, а высокий уровень сигнала отключает подсчет. Сумматор производит подсчет только при наличии разрешений на обеих клеммах. Можно использовать либо клемму G, либо клемму  $\bar{G}$ , либо обе клеммы одновременно. *Когда стробирующий вывод не подключен, плавающая клемма стробирования переходит во включенное состояние, фактически включая режим «постоянного стробирования».*



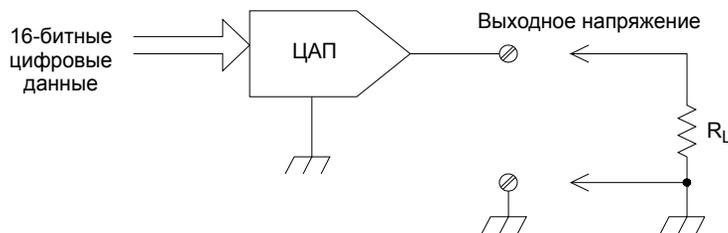
## Погрешности сумматора

- Шум на входах сумматора может представлять проблему, особенно в случае медленно нарастающих сигналов. Такой шум может вызывать ложные обнаружения пересечения порогового уровня. *Дополнительные сведения о шумах в кабелях см. на [странице 276](#).*
- Дребезг контактов внешних переключателей также может приводить к ошибочному подсчету импульсов. Во всех механических переключателях при замыкании и размыкании происходит дребезг контактов. Используйте для фильтрации дребезга контактов внешний конденсатор.



## Выход напряжения (ЦАП)

В модуле 34907A имеется два аналоговых выхода, обеспечивающих выдачу калиброванных напряжений в диапазоне  $\pm 12$  вольт с разрешением 16 бит. Каждый канал ЦАП (*цифро-аналогового преобразователя*) может использоваться, как программируемый источник напряжения для подачи аналоговых входных сигналов на других устройства.



- На выходах можно устанавливать любое значение напряжения между +12 В и -12 В пост. с шагом 1 мВ. Все ЦАП формируют напряжение относительно заземления; *они не могут быть плавающими.*
- Каждый канал ЦАП способен выдавать ток до макс. 10 мА.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Выходной ток по всем трем слотам (шести каналам ЦАП) необходимо ограничить суммарной величиной в 40 мА.

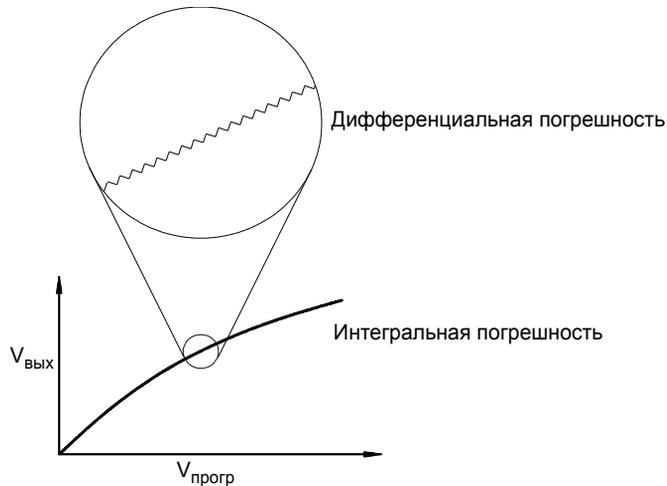
- Для поддержания номинальной точности выхода нагрузка ( $R_L$  на схеме выше) должна превышать 1 кОм.

## Погрешности ЦАП

Уровень на выходе ЦАП изменяется в зависимости от температуры. По возможности используйте прибор в как можно более стабильных температурных условиях и при температуре, как можно более близкой к температуре калибровки ЦАП, чтобы повысить точность.

На выходе ЦАП также присутствуют погрешности двух других типов: *дифференциальная погрешность* и *интегральная погрешность*.

- *Дифференциальная погрешность* связана с наименьшим возможным изменением напряжения. Выход ЦАП не является линейным, он изменяется скачками (шагами) при указании все больших (или все меньших) величин напряжения. Размер шага составляет 1 мВ.
- *Интегральная погрешность* представляет разность между запрограммированным напряжением и фактическим напряжением на выходе ЦАП. Эта погрешность учитывается в технических характеристиках выхода, приведенных в [Главе 8](#).



## Срок службы реле и профилактическое обслуживание

*Система обслуживания реле в 34970A/34792A автоматически подсчитывает количество срабатываний каждого из реле в приборе и сохраняет их общее число в энергонезависимой памяти, расположенной на каждом из модулей коммутации. Используйте эту функцию для отслеживания отказов реле и прогнозирования требований системы к обслуживанию. **Дополнительные сведения об использовании этой функции см. в разделе «Счетчик срабатываний реле» на странице 180.***

Реле — это электромеханические устройства, подверженные отказам в связи с износом. Срок службы реле или число фактических срабатываний до его отказа зависят от способа использования реле — от прикладываемой нагрузки, частоты коммутации и условий среды.

По графикам, приведенным в этом разделе, можно примерно оценить срок службы реле в вашем варианте использования. Также в нем приводится дополнительная информация, помогающая лучше понять процессы износа реле. В общем случае срок службы реле в значительной степени зависит от типов коммутируемых сигналов и от типов выполняемых измерений.

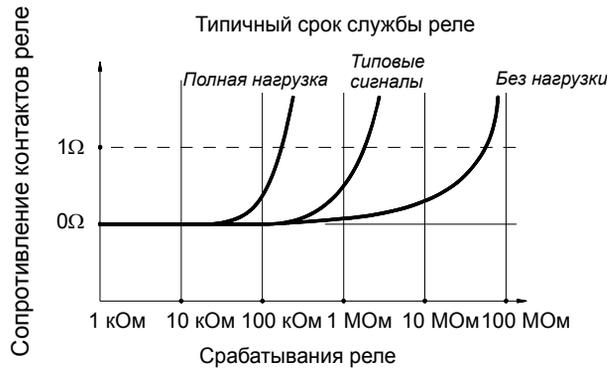
- При коммутации типичных уровней сигналов срок службы реле будет составлять от 1 000 000 до 10 000 000 срабатываний.
- Коммутация сигналов высокой мощности (>25% от номинала) или высокого напряжения (>100 В) приведет к сокращению сроков службы реле, которые составят от 100 000 до 1 000 000 срабатываний.
- При коммутации низких напряжений (<30 В) и малых токов (<10 мА) срок службы реле может увеличиться до 10 000 000 срабатываний.
- В задачах коммутации ВЧ-сигналов срок службы реле редко превышает 1 000 000 срабатываний из-за более жестких требований к сопротивлению контактов (обычно оно не должно превышать 0,2 Ом).

В следующей таблице указано время, проходящее до достижения указанного числа срабатываний реле при нескольких скоростях коммутации.

Скорость непрерывной коммутации	Число операций коммутации		
	100 000	1 000 000	10 000 000
1 в час	12 лет		
1 в минуту	10 недель	2 года	
1 в секунду	1 день	12 дней	4 месяца
10 в секунду	3 часа	1 день	12 дней

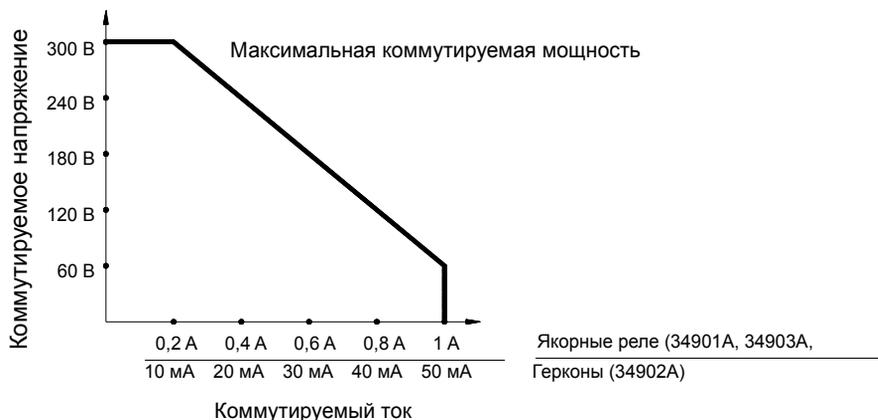
## Срок службы реле

При использовании реле его контакты начинают изнашиваться, и сопротивление при замкнутых контактах возрастает. Типичное начальное сопротивление контактов реле составляет 50 мОм (плюс сопротивление подводящих проводников). Когда сопротивление контактов возрастает в 20–50 раз по сравнению с начальным значением, величина сопротивления становится крайне непредсказуемой, и такое реле следует заменить. Для большинства вариантов применения следует заменять реле с сопротивлением контактов более 1 Ом. На графике ниже показаны типичные характеристики сопротивления контактов реле, используемых в модулях коммутации 34970A/34792A.



## Нагрузка на реле

Для большинства вариантов применения самый важный фактор, влияющий на срок службы реле — это коммутируемая реле нагрузка. Как видно из графика ниже, максимальный срок службы реле достигается при коммутации малых мощностей. По мере роста коммутируемой мощности срок службы реле сокращается.



## Частота коммутации

При коммутации значительных мощностей контакты реле нагреваются. Тепло рассеивается через выводы и корпус реле. По мере повышения частоты коммутации до максимальной тепло не успевает рассеяться до следующего срабатывания. Температура контактов увеличивается, а срок службы реле сокращается.

## Стратегия замен

Существует две стратегии, которые можно применять при профилактическом техническом обслуживании реле на модулях коммутации. Выбор стратегии зависит от задач, для которых используется оборудование, последствий отказа реле в системе и числа срабатываний реле в ходе сеанса измерений.

Первая стратегия заключается в замене каждого из реле по мере необходимости, после его отказа или когда оно начнет работать ненадежно. Этот подход допустим при коммутации более высоких нагрузок всего

на нескольких реле в модуле. Недостаток этой стратегии состоит в том, что когда приближается конец срока службы реле, их приходится заменять непрерывно, в разное время.

Вторая стратегия — это замена всех реле на модуле или приобретение нового модуля, когда срок службы реле приближается к концу. Эта стратегия лучше всего подходит для вариантов применения, в которых все реле на модуле коммутируют сравнимые нагрузки. В этом случае отказ нескольких реле в течение сравнительно короткого периода времени может указывать на неизбежный близящийся отказ других реле, коммутирующих сходные нагрузки. Эта стратегия снижает риск отказа во время фактического использования ценой замены некоторых реле, у которых еще мог оставаться некоторый неизрасходованный срок службы.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

В обоих описанных выше случаях можно использовать *Систему обслуживания реле 34970A/34792A* для отслеживания и даже прогнозирования отказов реле.

---

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

Система сбора данных/коммутации  
Keysight 34970A/34792A  
Руководство по эксплуатации

# 8 Технические характеристики

Технические характеристики и спецификации 34970A/34792A Система сбора данных/коммутации см. в техническом обзоре, доступном по адресу <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5965-5290EN.pdf>

ЭТА СТРАНИЦА НАМЕРЕННО ОСТАВЛЕНА ПУСТОЙ

# Алфавитный указатель

## Символы

), синтаксис, 103  
\*RST команда, 206  
\*TRG команда, 113

## Цифры

2-проводные измерения  
сопротивления, 315  
34970A

    блок-схема, 78  
    версия  
    микропрограммы, 179

4W индикатор, 15  
4-проводные измерения  
сопротивления, 315

## A

ABORT команда, 109  
ADRS индикатор, 14  
Advanced кнопка, 55, 134  
Alarm Out кнопка, 161  
ALARM индикатор, 155  
ALARM индикатор, 15  
Alarm кнопка, 61, 156  
Alarms разъем, 159  
AWG, калибр сечений  
проводов, 277

## B

B (смещение в  
масштабировании Mx+B), 150  
BenchLink Data Logger, ПО  
интерактивная справка, 37

## C

Card Reset кнопка, 46  
Close кнопка, 46  
CONFIG индикатор, 14  
CONFigure команда, 109

## D

DATA:LAST? команда, 124  
DATA:POINTs? команда, 124

DATA:REMove? команда, 124  
DHCP, 199  
DIN/IEC 751, 136  
DNS-сервер, 200  
DTR/DSR режим управления  
потоком (RS-232), 196  
Dynamic Host Configuration  
Protocol, 199

## E

ERROR индикатор, 14, 175,  
233  
EXT индикатор, 14

## F

FETCh? команда  
описание, 109

## G

GET (Group Execute Trigger,  
«Групповой запуск»), 113  
GPIB (IEEE-488)  
    выбор адреса, 16, 67, 69,  
    194  
    выбор интерфейса, 67, 69,  
    194  
    заводская настройка  
    адреса, 186, 192, 194, 198  
    кабель, 75  
    настройка адреса, 186,  
    192, 194, 198  
    разъем, 16

## I

IEEE-488 (GPIB)  
    выбор адреса, 67, 69, 194  
    выбор интерфейса, 67, 69,  
    194  
    заводская настройка  
    адреса, 194, 198, 199, 200  
    кабель, 75  
    настройка адреса, 194,  
    198, 199, 200

    разъем, 16  
INITiate команда  
    описание, 109  
INPut:IMP:AUTO команда, 143  
Interface кнопка, 56, 67, 69, 194  
Interval кнопка, 55, 111, 127  
IP-адрес, 199

## L

LAN, сброс, 198  
LAN-соединение, 198  
LAST индикатор, 14

## M

M (усиление в масштабировании  
(Mx+B), 150  
MAC-адрес, 200  
MAX индикатор, 14  
Measure кнопка, 41, 54, 108  
MEASure? команда, 109  
MEM индикатор, 14  
Microsoft Visual C++, 271  
MIN индикатор, 14  
Mon кнопка, 57, 184  
MON индикатор, 14  
Mx+B кнопка, 54, 59

## O

OS индикатор, 15  
ONCE индикатор, 14

## P

PLC  
    и задержки каналов, 120  
PT100 (RTD), 139  
PT100 (резистивный датчик  
температуры), 288

## R

R0 (RTD)  
    диапазон, 139  
    по умолчанию, 139  
Read кнопка, 63, 65

READ? команда, 109  
RMT индикатор, 14  
ROUTe:CHAN:ADV:SOUR команда, 128  
ROUTe:CHAN:DElay команда, 120  
ROUTe:CHAN:FWIRe команда, 128  
ROUTe:MON:DATA? команда, 184  
ROUTe:MON:STATe команда, 184  
ROUTe:SCAN команда, 109  
RS-232 (последовательный) интерфейс  
    выбор интерфейса, 195  
    режим управления потоком, 196  
    скорость передачи, 195  
    четность, 195  
RTS/CTSрежим управления потоком (RS-232), 197

## S

SCAN индикатор, 14  
Scan кнопка, 109  
SHIFT индикатор, 14, 33  
Shift кнопка, 33  
Step клавиша, 108  
Sto//Rcl кнопка, 56, 71  
SYSTem:ERRor? команда, 234  
SYSTem:PRESet команда, 208

## T

TRIG:SOUR команда, 112, 113, 115, 116  
TRIGger:COUNt команда, 118

## U

UNIT:TEMP команда, 136  
USB на передней панели, 192  
USB, импорт конфигурации прибора, 193  
USB, форматирование показаний, 192  
USB, экспорт показаний, 192  
Utility кнопка, 55

## V

VIEW индикатор, 14  
View кнопка, 56, 123, 158  
Visual Basic, пример, 263

## X

XON/XOFF индикатор, 196

## Z

ZERO:AUTO команда, 135  
абсолютное время, 118  
автовывбор диапазона, пороговые значения, 129

## A

Автоматическая регистрация, 192  
автоматическая установка нуля и время интеграции, 135  
    определение, 135  
автоматические задержки каналов, 120  
автоматическое восстановление, состояние до отключения, 71, 107  
адрес (GPIB)  
    выбор, 12, 194, 198, 199, 200  
    заводская настройка, 194, 198, 199, 200  
адрес, номер канала, 41  
альфа (а) для РДТ значения, 139  
    по умолчанию, 139  
аналого-цифровое преобразование  
    интегрирующий метод, 89  
    неинтегрирующий метод, 89  
    описание, 89  
аппаратные линии выходов (уведомления), 159

## Б

базовый блок версия

    микропрограммы, 179  
биты данных (RS-232)  
    выбор, 195  
    заводские настройки, 195  
блок предохранителей, 16, 17, 49  
блок-схема  
    34970A, 78  
    внутренний ЦММ, 88  
большой тайм-аут, 149  
буферизация запуска, 114  
быстрый фильтр перем. тока, 143, 147, 148, 306

## В

ванна со льдом, 291  
варистор, 335  
версия микропрограммы 34970A, 179  
    подключаемые модули, 179  
вертикальная линия ( | ), синтаксис, 103  
внешнее сканирование подключения, 125  
    с цифровыми каналами, 127  
внешний запуск интервал сканирования, 110  
    разъем, 16, 17, 114, 125  
внешний запуск разъем, 16, 17, 114, 125  
внешний ЦММ  
    подключения, 125  
    сканирование с помощью, 125  
внешний эталон (термопара), 137  
вносимые потери, 339  
внутренний таймер, интервал сканирования, 137  
внутренний ЦММ  
    блок-схема, 285  
    включение/выключение, 179  
    считывание числа срабатываний реле, 180

- внутренний эталон (термопара), 137
  - восстановление состояния до отключения питания, 173
  - восстановление состояния до отключения, 71, 107, 173
  - время (часы)
    - заводская настройка, 178
    - настройка, 40, 178
  - время интеграции
    - выбор, 133
    - и задержки каналов, 120
    - и разрешение, 133
    - и число битов, 133
    - и число разрядов, 133
    - определение, 133
  - время обратного отсчета, 111
  - время стабилизации переменного тока, 143, 147
  - время стабилизации, 318
  - время стабилизации, переменное напряжение, вставка, конфигурация канала, 44
  - втекающий ток, цифровой выход, 341
  - высокочастотная коммутация, 338
  - выход напряжения (ЦАП)
    - дифференциальная погрешность, 347
    - запись, 66
    - интегральная погрешность, 347
    - ограничения по току, сброс платы, 172
    - сброс, 66
    - упрощенная схема, 346
  - Выход ЦАП (34907A)
    - дифференциальная погрешность, 347
    - интегральная погрешность, 347
    - упрощенная схема, 346
  - выход ЦАП (34907A)
    - запись, 66
  - выходные линии уведомлений
    - разводка разъема, 159
  - расположение разъемов, 16, 17
  - режим защелки, 160
  - режим отслеживания, 160
  - сброс, 161
  - фронт (полярность), 161
- Г**
- градусы Кельвина, единицы настройки, 136
  - градусы Фаренгейта, единицы настройки, 136
  - градусы Цельсия, единицы настройки, 136
- Д**
- дата (календарь)
    - заводские установки, 178
    - настройка, 40, 178
  - двоичный формат, цифровое считывание, 63, 165
  - двухпроводные мультиплексоры, 85, 326
  - делители напряжения, 333
  - демпфирующие цепи, 333
  - десятичный формат (цифровой вход), 63, 165
  - деформация по Пуассону, 320
  - диапазон
    - автовывбор диапазона, 129
    - выбор, 130
    - перегрузка, 129
  - диапазон измерений
    - автовывбор диапазона, 129
    - выбор, 130
    - перегрузка, 129
  - диапазоны по функциям
    - двухпроводные измерения сопротивления, 145
    - переменное напряжение, 142
    - переменный ток, 147
    - постоянное напряжение, 142
    - постоянный ток, 147
    - четырёхпроводные измерения сопротивления, 145
- Е**
- единицы измерения
    - в показаниях, 118
    - температура, 136
  - единицы измерения температуры, 136
  - емкостная связь, 279, 329
  - емкость, кабель, 277
- Ж**
- журнал проводов
    - 34901A, 215
  - задержка (задержка канала), 119
- З**
- задержка канала
    - автоматическая, 120
    - значения по умолчанию, 119
    - настройки, 119
    - определение, 119
  - задержка стабилизации
    - автоматическая, 120
    - значения по умолчанию, 119
    - настройки, 119
    - определение, 119
  - задержки по умолчанию (задержки каналов), 120
- Дисплей**
- включение/выключение, 177
  - вывод текстового сообщения, 177
  - индикаторы, 14
  - дисплей на передней панели
    - включение/выключение, 177
    - вывод текстового сообщения, 177
  - дифференциальная погрешность, (ЦАП), 347
  - древовидный переключатель, 331

задняя панель  
внешнее  
сканирование, 125  
графический обзор, 16, 17  
Заземление корпуса, 16, 17  
заземление, 278  
запуск  
буферизация, 114  
внешний, 114  
сканирование, 110  
защита контактов реле, 333  
защита от калибровки, 203  
Защитные RC-контуры, 333  
земляные петли, 278, 282

## И

излучение РЧ-помех, 280  
*Измер. напр. завершено*  
сигнал, 126  
*Измерение завершено*  
сигнал, 126  
измерения напряжения, 142  
время стабилизации  
переменного тока, 143  
низкочастотный фильтр  
переменного тока, 143  
измерения перемен. напряжения  
фильтр перемен. тока, 143,  
306  
измерения переменного  
напряжения  
время стабилизации, 143,  
306  
диапазоны, 142  
измерения истинной  
среднеквадратичной  
величины, 305  
низкочастотный  
фильтр, 143, 306  
погрешности от  
нагрузки, 310  
преобразование  
сигнала, 304  
измерения периода  
источники  
погрешности, 324  
Измерения с помощью РДТ  
альфа (а), 139

Измерения с помощью  
РДТ, 139  
измерения с помощью РДТ,  
единицы измерения, 136  
поддерживаемые  
типы, 136  
точность  
преобразования, 287  
учебное руководство по  
измерениям, 288, 289  
измерения сопротивления  
2-проводные измерения  
сопротивления, 315  
4-проводные измерения  
сопротивления, 315  
компенсация  
смещения, 145, 317  
номинального (RTD), 139  
измерения температуры  
резистивные датчики  
температуры (РДТ), 139  
термисторы, 141  
термопары, 137  
измерения тока  
время стабилизации  
переменного тока, 147, 306  
диапазоны измерений, 147  
допустимые каналы, 147  
напряжение нагрузки, 314  
низкочастотный фильтр  
переменного тока, 147, 306  
низкочастотный  
фильтр, 147, 306  
измерения частоты  
источники  
погрешности, 324  
тайм-аут низкой  
частоты, 149  
изотермальный блок, 137  
изотермический блок, 293  
имя, сохраненные  
состояния, 71  
Индикатор выборки (\*), 14  
индикаторы, 14, 155  
инжектируемый ток, постоянное  
напряжение, 301  
интегральная погрешность  
(ЦАП), 347

интегрирующий АЦП, 89  
интервал выборки  
выбор, 133  
определение, 133  
интервал сканирования  
значение по  
умолчанию, 58, 111  
настройка с передней  
панели, 111  
настройка через удаленный  
интерфейс, 112  
разрешение, 111  
интервал, между  
сканированиями, 58, 110  
интерфейс RS-232  
(последовательный)  
кабель, 34, 75  
расположение разъема, 16  
интерфейс, GPIB (IEEE-488)  
выбор адреса, 67, 69, 195  
выбор интерфейса, 67, 69,  
195  
заводская настройка  
адреса, 194  
кабель, 75  
настройка адреса, 194  
разъем, 16  
интерфейс, RS-232  
(последовательный)  
кабель, 75  
скорость передачи, 68  
стоп-биты, 68  
управление потоком, 68  
четность, 68  
истинное среднеквадратичное  
значение, 305

## К

кабели  
RS-232, 34, 75  
витая пара, 81, 279  
емкость, 277  
калибр сечений  
проводов, 277  
коаксиальные, 81  
напряжение электрической  
прочности изоляции, 276

номинальный импеданс, 276  
ослабление, 277  
плоские ленточные, 81  
погрешности, 280  
сопротивление, 277  
типы, 81  
характеристики, 276  
экранирование, 279  
экранированные коаксиальные, 279  
кабели с витой парой, 81  
календарь  
заводская настройка, 178  
настройка, 40, 178  
калибр, сечение проводов, 277  
калибровка  
защита, 203  
код безопасности, 201  
обзор, 201  
снятие защиты, 202  
считывание счетчика, 205  
текстовое сообщение, 204  
калибровочный сертификат, 34  
Канал замкнут (внешнее сканирование)  
работа, 126  
канал замкнут (внешнее сканирование)  
разъем, 16, 17  
квитирование (RS-232)  
DTR/DSR режим, 196  
Modemрежим, 197  
None (без управления потоком), 196  
RTS/CTS режим, 197  
XON/XOFF режим, 196  
выбор, 68, 196  
заводская настройка, 68, 196  
коаксиальные кабели, 81, 279  
код безопасности (калибровка)  
заводская настройка, 201  
изменение, 203  
коммутаторы,  
погрешности, 329

коммутация SPDT (однополюсная двунаправленная, типа C), 87, 332  
коммутация актуатором, 87, 332  
коммутация РЧ-сигналов 50 Вт, 338  
коммутация РЧ-сигналов 75 Вт, 338  
коммутация с разрывом перед замыканием, 326  
коммутация типа C (SPDT, однополюсная двунаправленная), 87, 332  
компенсаторы натяжения, 276  
компенсация смещения, 145, 317  
Комплект для быстрого начала работы, 34  
контакты  
защита, 333  
сопротивление, 348  
устранение дребезга (сумматор), 345  
конфигурация канала  
копирование, 44  
Конфигурация прибора, импорт, 193  
конфигурация сканирования, копирование, 44  
координатная коммутация, 86  
копирование, конфигурация канала, 44  
короткий тайм-аут, 149  
коррелированный шум, 282, 311  
коэффициент тензочувствительности (деформация), 321  
коэффициент, температура, 312  
КСВн, 339  
Л  
ленточные кабели, 81  
линии выходов, уведомления, 155, 159

## М

максимальное показание, во время сканирования, 180  
Маска подсети, 199  
масштаб, единицы измерения, 136  
масштабирование (Mx+B)  
взаимодействие с сигналами уведомлений, 150  
во время сканирования, 105, 150  
допустимые значения смещения («В»), 151  
допустимые значения усиления («М»), 151  
значение нуля, сохраненное в качестве смещения, 150  
измерения деформации, 322  
используемое уравнение, 150  
настройка смещения («В»), 59, 152  
настройка усиления («М»), 59, 152  
пользовательская метка, 59, 151  
смещение по умолчанию («В»), 150, 152  
усиление по умолчанию («М»), 150, 152  
масштабирование Mx+B  
взаимодействие с сигналами уведомлений, 150  
во время сканирования, 105, 150  
допустимые значения смещения («В»), 151  
допустимые значения усиления («М»), 151  
значение нуля, сохраненное в качестве смещения, 150  
измерения деформации, 322  
используемое уравнение, 150

- настройка смещения («В»), 59, 152
  - настройка усиления («М»), 59, 152
  - пользовательская метка, 59, 151
  - смещение по умолчанию («В»), 150, 152
  - усиление по умолчанию («М»), 150, 152
  - матричная коммутация, комбинирование, 336
  - медленный фильтр перем. тока, 143, 306
  - меню
    - передняя панель, 12
    - справка, 54
  - метка времени
    - абсолютная, 118
    - относительная, 118
  - метки
    - масштабирование Mx+B, 59, 151
    - сохраненные состояния, 71
  - минимальное показание, в ходе сканирования, 105
  - модем
    - режим управления потоком (RS-232), 197
  - модуль 34901A
    - журнал проводов, 215
    - нумерация каналов, 213
    - обзор модуля, 19, 213
    - описание, 213
    - схема винтовых клемм, 215
    - упрощенная схема, 213
  - модуль 34902A
    - нумерация каналов, 216
    - обзор модуля, 20, 216
    - описание, 216
    - упрощенная схема, 216
  - модуль 34903A
    - демпфирующие цеп, 333
    - защитные RC-схемы, 333
    - нумерация каналов, 219
    - обзор модуля, 20, 219
    - описание, 219, 332
    - упрощенная схема, 219
  - модуль 34904A
    - комбинирование матриц, 337
    - нумерация каналов, 221
    - обзор модуля, 21, 221
    - описание, 221, 336
    - упрощенная схема, 221
  - Модуль 34905A (50 Вт)
    - обзор модуля, 21
  - модуль 34905A (50 Вт)
    - нумерация каналов, 223
    - обзор модуля, 223
    - описание, 223, 338
    - упрощенная схема, 223
  - Модуль 34906A (75 Вт)
    - обзор модуля, 21
  - модуль 34906A (75 Вт)
    - нумерация каналов, 223
    - обзор модуля, 223
    - описание, 223, 338
    - упрощенная схема, 223
  - модуль 34907A
    - Totalize Threshold*
    - перемычка, 167
    - двоичный формат, 63, 165
    - десятичный формат, 63, 165
    - добавление в список сканирования, 165, 169
    - использование уведомлений, 161
    - максимальное значение суммирующего счетчика, 168
    - нумерация каналов, 226
    - обзор модуля, 22, 226
    - обнуление счетчика (сумматор), 169
    - ограничения по току (ЦАП), 172, 346
    - описание, 226
    - переменный ток и пороговые уровни ТТЛ, 167
    - работа в 8-битном и 16-битном режимах, 165, 170
    - режим сброса сумматора, 169
  - стрибирующий сигнал, 167
  - управление СВЧ-переключателями, 343
  - упрощенные блок-схемы, 226
  - модуль 34908A
    - нумерация каналов, 230
    - обзор модуля, 22, 230
    - описание, 230
    - упрощенная схема, 230
  - мониторинг одного канала, 183, 184
  - монтаж в стойку
    - набор для жесткого соединения, 52
    - набор полки с направляющими, 52
    - набор фланцев, 52
    - панель-заглушка, 52
  - мост, тензодатчик, 322
  - мостик Уитстона (деформация), 322
  - мультиплексоры
    - двухпроводные, 84, 326
    - однопроводные (однаправленные), 84, 326
    - погрешности, 329
    - СВЧ, 85
    - четырепроводные, 84, 328
  - мультиплексоры с общим выходом LO, 84, 326
- ## Н
- набор для жесткого соединения (монтаж в стойку), 52
  - набор полки с направляющими (монтаж в стойку), 52
  - набор фланцев (монтаж в стойку), 52
  - напряжение (тензодатчик), 319
  - напряжение нагрузки, 314
  - напряжение сети
    - модуль селектора, 16, 49
    - предохранитель, 48
  - напряжение сети питания
    - выбор, 48

заводская настройка, 48  
модуль селектора, 49  
напряжение электрической  
прочности изоляции, 276  
напряжения смещения, 135  
настройка канала  
передняя панель, 41  
настройка сканирования,  
передняя панель, 41  
непрерывный режим  
сканирования, 117  
нижняя граница частоты  
переменный ток, 147  
номер версии (микропрограмма)  
34970A, 179  
подключаемые  
модули, 179  
номер канала, с  
показаниями, 118  
номинальное сопротивление  
(RTD)  
значения, 139  
по умолчанию, 139  
номинальный импеданс,  
кабели, 276  
нуль, сохранение как смещения  
(«В»), 151  
нумерация каналов, 41  
34901A, 213  
34902A, 216  
34903A, 219  
34904A, 221  
34905A, 223  
34906A, 223  
34907A, 226  
34908A, 230  
нумерация слотов, 16, 17

## О

обзор сбора данных, 74  
оборудование, монтаж в  
стойку, 52  
образцы программ  
С и С++, 271  
Excel 7.0, 263  
обслуживание  
сброс числа срабатываний  
реле, 180

считывание числа  
срабатываний реле, 180,  
348  
ограничение по низкой частоте  
частота, 149  
описание модуля  
34901A, 213  
34902A, 216  
34903A, 219  
34904A, 221  
34905A, 223  
34906A, 223  
34907A, 226  
34908A, 230  
описание подключаемого модуля  
34901A, 213  
34902A, 216  
34903A, 219  
34904A, 221  
34905A, 223  
34906A, 223  
34907A, 226  
34908A, 230  
ослабление, 277, 287, 335  
отключение внутреннего  
ЦММ, 126  
относительное время, 118  
очередь уведомлений,  
сохранение  
уведомлений, 153  
формат вывода, 158  
число уведомлений, 153  
очистка памяти показаний, 105  
ошибки  
очистка, 175  
считывание очереди  
ошибок, 175, 233

## П

память  
считывание  
просканированных  
показаний, 122  
память показаний, сохранение  
уведомлений, 153  
память состояний  
до отключения питания,  
восстановление, 173

определение, 71  
работа с передней  
панели, 174  
удаленное  
управление, 174  
установка имен  
состояний, 71, 173  
память состояний прибора  
до отключения питания,  
восстановление, 173  
именование состояний, 71,  
173  
определение, 71  
работа с передней  
панели, 174  
удаленное  
управление, 174  
панель-заглушка (монтаж в  
стойку), 52  
параллельный импеданс, 297  
передняя панель  
индикаторы, 14  
обзор меню, 12  
определение списка  
сканирования, 41  
схема, 11  
переключатель банков, 213,  
216, 230, 331  
переключение на следующий  
канал (внешнее сканирование)  
разъем, 16, 17  
переменный ток  
время стабилизации, 147,  
306  
диапазоны измерений, 147  
низкочастотный  
фильтр, 147, 306  
фильтр перем. тока, 147,  
306  
перемычка, *Totalize  
Threshold*, 167  
периодическое сканирование  
значение по  
умолчанию, 111  
настройка с передней  
панели, 111  
настройка через удаленный  
интерфейс, 112

- настройки, 111
- разрешение, 111
- периоды сети питания, 133, 285
- пик-фактор
  - определение, 308
- ПО (BenchLink Data Logger)
  - интерактивная справка, 37
  - установка, 36
- ПО BenchLink Data Logger
  - установка, 36
- погрешности
  - емкостная связь, 329
  - измерения периода, 324
  - измерения частоты, 324
  - кабели, 280
  - магнитные поля, 280
  - маршрутизация
    - и мультиплексирование, 329
  - мультиплексирование
    - РЧ-сигналов, 339
  - нагрузка переменного тока, 310
  - нагрузка, входной ток смещения, 302
  - нагрузка, постоянное напряжение, 302
  - переменный ток низких уровней, 282
  - погрешность, связанная с диффузией, 296
  - расчет термопары, 298
  - синфазный шум, 297
  - сумматор, 345
  - термоэдс, 280
  - эталонный спай термопары, 296
- погрешности измерения переменного тока, 282
- погрешности магнитных полей, 280
- погрешности от нагрузки
  - входной ток смещения, 302
  - переменное напряжение, 310
  - сопротивление входа постоянного тока, 302
- погрешности термоэдс, 280
- погрешность расчета, термопара, 298
- погрешность средних значений, 305
- погрешность, связанная с диффузией, 296
- подавление синфазного сигнала, 133, 285
- подавление шума, синфазный режим, 133
- подключения измерения (RTD), 139
- подключения измерения, 328
- подключения источника (RTD), 139
- подключения источника, 328
- подключения клемм
  - переменное напряжение, 40
  - переменный ток, 40
  - период, 40
  - постоянное напряжение, 40
  - постоянный ток, 40
  - РДТ, 40
  - сопротивление, 40
  - термисторы, 40
  - термопары, 40
  - частота, 40
- подключения проводов
  - РДТ, 40
  - термисторы, 40
  - термопары, 40
- показания, просмотр, 122
- полоса пропускания (пер. тока)
  - переменное напряжение, 143
- полоса пропускания (перем. ток) и задержки каналов, 121
- полоса пропускания (переменный ток)
  - переменный ток, 147
- полоса пропускания переменного тока
  - переменное напряжение, 143
  - переменный ток, 147
- пользовательская метка (Mx+B)
  - допустимые символы, 151
  - отображение символа «°», 151
- полярность, выходные линии уведомлений, 160
- пороговый уровень суммирования, 167
  - аппаратная переключатель, 344
- пороговый уровень, суммирование, 167—169
- последовательный (RS-232) интерфейс
  - выбор интерфейса, 194
  - кабель, 34, 75
  - расположение разъема, 16
  - режим управления потоком, 196
  - скорость передачи, 195
  - четность, 195
- постоянное напряжение
  - диапазоны измерения, 142
  - инжектируемый ток, 301
- погрешности
  - от нагрузки, 302
- преобразование сигналов, 298
- синфазный шум, 298
- сопротивление входа, 142, 302
- ток смещения, 302
- пределы (уведомлений)
  - настройка пределов, 61
  - настройка, 61
  - расположение выходных разъемов, 16, 17
- пределы (уведомления)
  - взаимодействие с Mx+B, 154
  - выходной сигнал (полярность), 160
  - индикаторы, 156
  - настройки по умолчанию, 156
  - разводка выходного разъема, 159

- режим защелок выхода, 160
- режим отслеживания выходов, 160
- с показаниями, 118
- сброс выходов уведомлений, 161
- сканирование по уведомлению, 115
- пределы для уведомлений взаимодействия с Mx+B, 154
- выходной наклон (полярность), 160
- индикаторы, 155
- настройка пределов, 61
- настройка по умолчанию, 156
- разводка выходного разъема, 159
- расположение выходных разъемов, 16, 17
- режим защелки выхода, 160
- режим отслеживания выходов, 160
- с показаниями, 118
- сброс выходов уведомлений, 161
- сканирование по уведомлению, 115
- предохранитель заводская настройка, 48
- замена, 49
- номер детали, 48
- расположение, 16, 17, 49
- Предупреждения 34901A, 215
- 34908A, 231
- предустановленное состояние прибора, 208
- предустановленное состояние, 208
- преобразование сигнала, 89
- переменное напряжение, 304
- преобразование сигналов, постоянное напряжение, 298
- преобразования по IPTS-68, 139, 288
- преобразования по ITS-90, 139, 288
- прерывание сканирования, 109
- прикладные программы С и С++, 271
- Excel 7.0, 263
- примеры макросов программ Excel, 263
- примеры программ С и С++, 271
- Excel 7.0, 263
- примеры программ на С и С++, 271
- примеры программирования С и С++, 271
- Excel 7.0, 263
- Проверка термопары* функция, 137
- программное обеспечение (BenchLink Data Logger) обзор, 18
- программное обеспечение BenchLink Data Logger обзор программного обеспечения, 18
- просмотр показания, 122
- проход (сканирование), определение, 108, 110
- проход сканирования, определение, 110
- ПСП и задержки каналов, 120
- ПСП, 133, 285
- Р**
- радиочастотные помехи, 280
- разводка разъема выход уведомлений, 159
- разнородные металлы, 280
- разрешение измерений выбор, 132
- и время интеграции, 133
- разряд «половина», 131
- разрешение, выбор, 132
- и время интеграции, 133
- разряд «половина», 131
- разряд «1/2», 131
- разряд «половина», 131
- разряды и время интеграции, 134
- число, 131
- расположение разъема внешний запуск, 16, 17, 114
- выход уведомления, 16, 17, 159
- расположение разъемов GPIB, 16
- RS-232, 16
- канал замкнут, 16, 17
- переключение на следующий канал, 16, 17
- рассогласование импедансов, 339
- режим защелки, выходные линии уведомлений, 160
- режим отслеживания, выходные линии уведомлений, 160
- режим сброса, сумматор, 106
- режим управления потоком (RS-232) DTR/DSR режим, 196
- Modem режим, 197
- None (без управления потоком), 196
- RTS/CTS режим, 197
- XON/XOFF режим, 196
- выбор, 68, 196
- заводская настройка, 68, 196
- реле основной шины, 213, 216, 331
- розетка (тензодатчик), 321
- ручка регулировка, 50
- ручка для переноски регулировка, 50
- снятие, 50
- ВЧ-мультиплексоры вносимые потери, 339

источники  
погрешности, 339  
КСВн, 339

## C

- самотестирование
  - включение питания, 35
  - полное, 35
  - сбой, 35
- сбой питания, во время сканирования, 107
- сведения о модуле
  - версия микропрограммы, 179
  - настройки по умолчанию, 210
  - считывание числа срабатываний реле, 180
- сведения о подключаемом модуле
  - считывание числа срабатываний реле, 180
- сведения о подключаемых модулях
  - версия микропрограммы, 179
  - настройки по умолчанию, 210
- СВЧ-переключатели, управление, 343
- сдвиговая деформация, 320
- сетевой предохранитель
  - заводская настройка, 48
  - замена, 49
  - номер детали, 48
  - расположение, 16, 17, 49
- сеть питания, подавление шумов, 285
- сечение проводов (калибр), 277
- синтаксис команд (SCPI)
  - запрос версии, 185
  - соглашения, 103
- синтаксис, соглашения SCPI, 103
- синфазный шум, 297
- система обслуживания реле
  - очистка числа срабатываний реле, 181
  - считывание числа срабатываний реле, 180, 348
- системные кабели, 81, 276
- системные часы
  - заводская настройка, 178
  - настройка, 40, 178
- сканирование
  - внешнее сканирование с цифровым входом, 127
  - внешний режим, 114
  - вручную (однократно), 112
  - задержка канала, 119
  - запуск интервала, 110
  - запуск с передней панели, 108
  - запуск через удаленный интерфейс, 109
  - обзор памяти, 105
  - однократное сканирование (вручную), 112
  - очистка памяти показаний, 105, 109
  - периодический режим (таймера), 111
  - по уведомлению, 115
  - правила, 104
  - прерывание сканирования, 109
  - просмотр показаний, 122
  - разрешенные модули, 104
  - режим таймера (периодический), 111
  - режим уведомлений, 115
  - с использованием внешнего прибора, 125
  - с каналами сумматора, 106
  - с каналами цифрового ввода, 106
  - с масштабированием Mx+B, 105
  - с уведомлениями, 106
  - с функцией мониторинга, 105
  - сбой питания, 107
  - снятие модулей во время, 106
  - сохранение показаний, 106
  - сохраненные в памяти показания, 105
  - статистика, 105
  - формат показаний, 118
- скорость передачи (RS-232)
  - выбор, 68, 70, 195
  - заводская настройка, 68, 70, 195
- Следующий канал (внешнее сканирование)
  - работа, 126
- случайный шум, 324
- смещение «B» в масштабировании (Mx+B), 59, 150
- снятие защиты калибровки, 202
- сообщение
  - дисплей передней панели, 177
  - калибровка, 204
- сообщение «OPEN T/C», 137
- сопротивление входа
  - погрешности от нагрузки по постоянному току, 302
  - постоянное напряжение, 142, 143, 302
- сопротивление контактов переключателя, 348
- сопротивление контактов реле, 348
- Состояние LAN-соединения, 198
- состояние заводских настроек, 206
- сохраненные состояния
  - определение, 71
  - при отключении питания, восстановление, 173
  - работа с передней панели, 174
  - удаленное управление, 174
  - установка имен состояний, 71, 173
- список каналов
  - определение с передней панели, 108

определение через удаленный интерфейс, 109  
правила, 103  
примеры, 103

список сканирования  
добавление каналов, 108  
определение с передней панели, 108  
определение через удаленный интерфейс, 109  
определение, 41—43  
правила, 103  
примеры, 103  
считывание суммирующего счетчика, 65  
считывание цифрового входа, 63

срабатывания  
очистка числа срабатываний реле, 181  
считывание числа срабатываний реле, 180, 348

среднее, в ходе сканирования, 105  
средний фильтр перем. тока, 143, 147, 306  
срок службы переключателя, 348  
срок службы реле, 349  
и коммутируемая нагрузка, 350  
система обслуживания реле, 348

статистика, в ходе сканирования, 105  
стробирующий сигнал(сумматора), 167, 345  
сумматор  
*Totalize Threshold*  
перемычка, 167  
блок-схема, 344  
добавление в список сканирования, 169  
дребезг контактов, 345  
максимальное значение, 168, 345

обнуление счетчика, 169  
переменный ток и пороговые уровни ТТЛ, 167  
погрешности, 345  
подсчет по нарастающему фронту, 167  
подсчет по спадающему фронту, 167  
режим сброса во время сканирования, 106  
режим сброса, 169  
сканирование, 106  
стробирующий сигнал, 167, 345

схема винтовых клемм 34901A, 215

счетчик  
добавление в список сканирования, 65  
калибровка, 205  
очистка срабатываний реле, 182  
режим сброса, 65  
сброс вручную, 65  
считывание срабатываний реле, 180, 348  
число показаний, 65

## Т

тайм-аут средней частоты, 149  
тайм-аут, низкая частота, 149  
температура спая, 290  
температурный коэффициент, 312  
тензодатчик  
измерения, 319  
коэффициент тензочувствительности, 32  
1  
мостик Уитстона, 322  
пуассоновская деформация, 320  
розетка, 321  
сдвиговая деформация, 320  
типовые варианты использования, 321

тензометрия  
измерения, 151  
уравнения  $Mx+B$ , 151

термисторы  
единицы измерения, 136  
поддерживаемые типы, 136  
точность преобразования, 288  
учебное руководство по измерениям, 141, 289

термопары  
внешний эталон, 137  
внутренний эталон, 137  
диапазон температур, 294  
единицы измерения, 136  
изотермальный блок, 137  
используемые металлы, 294  
параллельный импеданс, 297  
погрешность расчета, 298  
погрешность эталонного спая, 296  
погрешность, связанная с диффузией, 296  
*Проверка термопары*, 137  
точность датчиков, 294  
точность преобразования, 287  
учебное руководство по измерениям, 290  
фиксированный эталон, 137  
цветовое кодирование, 294  
экранирование, 297  
эталонный спай, 137

термоэлектрические напряжения, 280  
типы коммутаторов  
матрица, 86  
мультиплексор, 84, 326  
типы мультиплексоров, 326  
типы переключателей  
тип С (однополюсный двунаправленный), 87  
типы преобразователей, 82  
типы сенсоров, 82

ток смещения, погрешности  
от нагрузки по постоянному  
току, 302

тор, 280

точность преобразования

резистивный датчик  
температуры (РДТ), 287  
термистор, 287  
термопара, 287

точность преобразования  
температуры, 287

треугольные скобки {},  
синтаксис, 103

## У

уведомления

аппаратные линии  
выходов, 155, 159  
в ходе сканирования, 106  
взаимодействие  
с Mx+B, 154

выходной разъем, 159

индикаторы на передней  
панели, 155

индикаторы, 155

линии выходов  
уведомлений, 159

настройка пределов, 157

описание, 153

пределы по  
умолчанию, 156

со многофункциональным  
модулем, 161

сохранение в очереди

уведомлений, 153

сохранение в памяти

показаний, 153

удаленный интерфейс, 67, 69

удаленный интерфейс, GPIB  
(IEEE-488)

выбор адреса, 67, 69, 194

выбор интерфейса, 67, 69,  
195

кабель, 75

удаленный интерфейс, RS-232  
(последовательный)

кабель, 75

скорость передачи, 68, 70

стоп-биты, 68

управление потоком, 68

четность, 68

управление ТТЛ, цифровой  
выход, 341

упрощенная схема,

34901A, 213

34902A, 216

34903A, 219

34904A, 221

34905A, 223

34906A, 223

34907A, 226

34908A, 230

усиление «М»

в масштабировании

(Mx+B), 59, 150

установка

ПО BenchLink Data  
Logger, 36

## Ф

фигурные скобки ({}),  
синтаксис, 103

фиксированный входной  
диапазон (постоянное  
напряжение), 142

фиксированный эталон  
(термопара), 137

фильтр пер. тока и задержки  
каналов, 121

фильтр перем. тока  
определение, 143, 147, 306

фильтр, сигнал переменного  
тока, 143, 147, 148, 306

формат

данные очереди  
уведомлений, 158

просканированные  
показания, 118

формат вывода, данные  
очереди уведомлений, 158

формат показаний, 118

фронт, выходные линии  
уведомлений, 160

Функция мониторинга

сканирование  
по уведомлению, 116, 184

функция мониторинга

в ходе сканирования, 105

определение, 183

с масштабированием  
Mx+B, 183

с уведомлениями, 183

## Ц

цветовое кодирование,  
термопары, 294

цифровой вход (34907A)

блок-схема, 226

двоичный формат, 63, 165

десятичный формат, 63,  
165

добавление в список  
сканирования, 63, 165

использование

уведомлений, 161

работа в 8-битном  
и 16-битном режимах, 165

сброс платы, 165, 166

сканирование, 106

упрощенная схема, 340

цифровой выход (34907A)

втекающий ток, 341

двоичный формат, 64, 170

десятичный формат, 64,  
170

работа в 8-битном  
и 16-битном режимах, 170

сброс платы, 170

управление входом

ТТЛ, 341

управление

СВЧ-переключателями, 343

упрощенная схема, 341

цифровые каналы, внешнее

сканирование, 127

ЦММ (внутренний)

блок-схема, 285

включение/  
выключение, 179, 180

считывание числа

срабатываний реле, 180

## Ч

### часы

заводская настройка, **178**  
настройка, **40, 178**

### часы реального времени

заводская настройка, **178**  
настройка, **40, 178**

### четность (RS-232)

выбор, **68, 195**  
заводские настройки, **195**

### четырёхпроводное

подключение (RTD), **139**

### четырёхпроводные измерения

сопротивления, **145**

### четырёхпроводные

мультиплексоры, **84, 328**

### число (сканирований)

значение по умолчанию, **58**

настройки, **58**

непрерывное, **58, 117**

### число (сканирований)значение

по умолчанию, **117**

### число

(сканирований)настройки, **117**

### число битов

и время интеграции, **134**

### число битов, и время

интеграции, **133**

### число разрядов, **131**

### число разрядов,

и время интеграции, **134**

### число сканирований

значение по

умолчанию, **58, 117**

настройки, **58, 117**

непрерывное, **58, 117**

### число срабатываний реле

оценка срока службы

реле, **348**

очистка, **181**

считывание, **180, 348**

### ЧПСР, **133, 285**

## Ш

Шлюз по умолчанию, **200**

шум, вызываемый замыканиями

через цепи заземления, **282**

экранирование, **279**

экранирование, провод

термопары, **297**

## Э

Экспорт показаний на

USB, **192**

эталонная термопара, **292**

эталонный спай (термопара)

внешний эталон, **137**

внутренний эталон, **137**

определение, **137**

фиксированная

термопара, **137**

эталонный канал, **137**

## Я

язык SCPI

запрос версии, **185**

синтаксические

соглашения, **103**

язык, синтаксис SCPI

запрос версии, **185**

соглашения, **103**



Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления. Последнюю версию документа ищите на веб-сайте Keysight.

© Keysight Technologies 2009–2017  
Издание 4, 15 января 2018

Отпечатано в Малайзии



34972-90002

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