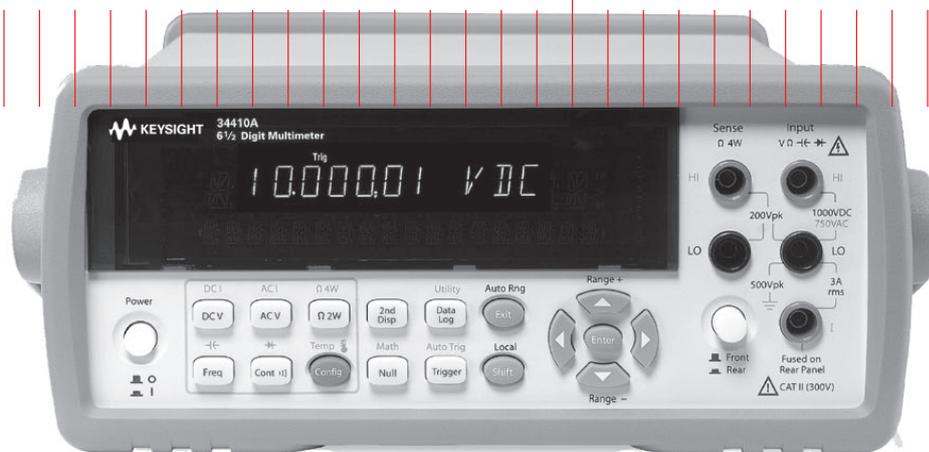


Keysight Technologies

8 советов по оптимизации измерений с помощью цифрового мультиметра

Рекомендации по применению



Совет 1: избегайте погрешностей, связанных с контактами и соединительными проводами

Простейший способ устранения погрешностей, связанных с контактами и соединительными проводами, заключается в выполнении нулевого измерения. При измерении постоянного напряжения или сопротивления выберите подходящий измерительный диапазон, замкните пробники между собой и выполните измерение – результат должен быть близок к нулю, – после чего нажмите на кнопку «Ноль». Результат этого измерения будет вычитаться из последующих показаний. Нулевое измерение эффективно работает при измерении постоянного напряжения и сопротивлений. К сожалению, эта методика не годится для измерения переменного напряжения. Преобразователи переменного напряжения не рассчитаны на точную работу в самой нижней части диапазона. Например, параметры аналогового преобразователя в цифровом мультиметре Keysight 34401A нормируются только в диапазоне более 10 % от полной шкалы. Мультиметры Keysight 34410A и 34411A используют цифровые преобразователи и могут работать в диапазоне от 1 % полной шкалы, но и они не могут выполнять измерение при замкнутых пробниках.

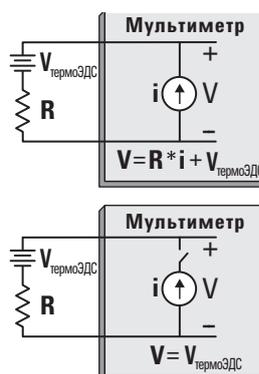


Рис. 1. Компенсация смещения с помощью двух измерений. Первое измерение является стандартным измерением сопротивления, а второе измеряет смещение, создаваемое термоЭДС. Показания прибора представляют собой разность между этими двумя измерениями, поделенную на известное значение тока.

Контакты

Когда два разнородных металла контактируют между собой, в точке контакта образуется термопара. Термопара генерирует напряжение, которое зависит от температуры. Это напряжение мало, но если вы измеряете малые напряжения или в вашей системе присутствует много контактов, его нужно учитывать. Эффект термопары может возникать в точках соединения с тестируемым устройством, реле (мультиплексорами) и самим мультиметром. Применение соединений медь-медь поможет свести этот эффект к минимуму.

При измерении сопротивления можно использовать функцию компенсации смещения для измерения напряжения смещения и компенсации погрешности. На рис. 1 показаны две схемы, используемые для измерений с компенсацией – одна с источником тока, другая без источника тока. Вычитание результатов второго измерения из первого и деление на известное значение тока дает корректное значение сопротивления. Поскольку для каждого показания выполняется два измерения, это снижает скорость измерений, но повышает их точность. Компенсацию смещения можно использовать как в измерениях по двухпроводной схеме, так и в измерениях по четырехпроводной схеме.

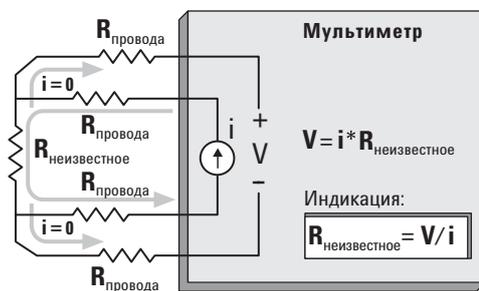


Рис. 2. Ток по проводам, измеряющим напряжение, не течет. Мультиметр делит измеренное напряжения на известный ток, вычисляя неизвестное сопротивление.

Провода

Наиболее точным методом измерения малых сопротивлений является четырехпроводная схема. Этот метод автоматически компенсирует сопротивление соединительных проводов и контактов. Четырехпроводная схема измерения показана на рис. 2. Подавая известное значение тока от источника и измеряя падение напряжения на неизвестном резисторе, можно рассчитать его сопротивление. Один комплект проводов подает ток на неизвестный резистор. На этом резисторе падает напряжение, измеряемое через другую пару проводов. Ток по проводам, измеряющим напряжение, не течет, поэтому дополнительное падение напряжения в этих проводах не возникает.

Внутренние смещения мультиметра

Для компенсации источников погрешности внутри мультиметра используется функция автоматической установки нуля. Если эта функция включена, мультиметр после каждого измерения отключает входной сигнал и регистрирует нулевые показания. Затем он вычитает нулевые показания из предыдущих показаний. Это позволяет компенсировать напряжение смещения, присутствующее на входе мультиметра и влияющее на точность измерения. В четырехпроводных измерениях функция автоматической установки нуля включена всегда, но для двухпроводных измерений ее можно отключить для повышения скорости измерений.

Если функция автоматической установки нуля отключена, мультиметр однократно регистрирует нулевое показание и вычитает его из всех последующих измерений. Новое нулевое измерение выполняется при каждом переключении вида измерения, диапазона или времени интегрирования.

Совет 2: Измерение больших сопротивлений

Влияние переходных процессов

Емкость, включенная параллельно резистору, порождает переходные процессы, возникающие после начального подключения и после переключения диапазона. Чтобы дать время для завершения переходных процессов, современные мультиметры имеют задержку запуска. Величина этой задержки зависит от выбранного вида измерения и диапазона. И хотя такие задержки достаточны для измерения сопротивления при суммарной емкости кабеля и устройства порядка сотен пикофарад, стандартные значения задержки могут не подойти, если параллельно резистору включена большая емкость или если измеряемое сопротивление больше 100 кОм. Переходные процессы, характеризующиеся постоянной времени RC, могут быть достаточно продолжительными. Некоторые прецизионные мосты и многофункциональные калибраторы содержат параллельно включенные конденсаторы (от 1000 пФ до 100 мкФ) и большие сопротивления для фильтрации шумовых токов, инжектируемых внутренними цепями. Неидеальные емкости, обусловленные диэлектрическими потерями в кабелях и других устройствах, могут увеличить постоянную времени RC и значительно затянуть переходные процессы. Перед выполнением измерения в таких ситуациях может понадобиться увеличить задержку запуска.

Компенсация смещения при наличии емкости

Если параллельно резистору включена емкость, то может оказаться полезным отключить компенсацию смещения. Когда функция компенсации смещения выполняет второе измерение с отключенным источником тока, измеряется имеющееся напряжение смещения. Но если устройство характеризуется длительным переходным процессом, он может внести погрешность в измерение смещения. Пытаясь избежать влияния переходного процесса, мультиметр будет использовать ту же задержку запуска для измерения смещения. Поэтому альтернативное решение заключается в увеличении задержки запуска, чтобы в устройстве полностью завершились переходные процессы.

Соединения в высокоомных измерениях

При измерении больших сопротивлений значительные погрешности могут быть вызваны утечкой через сопротивление изоляции и загрязненные поверхности. Старайтесь содержать высокоомные системы в чистоте. Соединительные провода и тестовая оснастка могут обладать утечкой из-за поглощения влаги изоляционными материалами и загрязнения поверхности. Нейлон и ПВХ являются сравнительно плохими изоляторами (10^9 Ом) по сравнению с тефлоном (10^{13} Ом). При измерении сопротивления 1 МОм в условиях повышенной влажности, утечка нейлоновых или ПВХ изоляторов может породить погрешность 0,1 %.

Совет 3: измерение переменного напряжения с постоянным смещением

Многие сигналы содержат переменную и постоянную составляющие. Например, асимметричный меандр содержит оба компонента. Многие аудиосигналы имеют постоянное смещение, созданное постоянным током смещения, подаваемым на транзисторы выходного каскада. В некоторых ситуациях желательно измерить сумму постоянного и переменного напряжения, тогда как в других случаях вам может понадобиться измерить только переменную составляющую. Например, для упомянутого выше аудиосигнала коэффициент усиления усилителя определяется отношением выходного переменного напряжения к входному.

Большинство современных мультиметров используют на входе преобразователя переменного тока блокировочный конденсатор. Блокировка постоянного напряжения позволяет измерять только переменную составляющую. Но более важно то, что мультиметр может масштабировать переменный

сигнал для максимального повышения качества измерения. Например, при измерении пульсаций источника питания мультиметр блокирует большое постоянное напряжение и усиливает сигнал переменного тока путем выбора диапазона на основе одной только переменной составляющей.

Для выполнения максимально точных измерений суммы постоянного и переменного напряжения, обе эти составляющие должны измеряться независимо. Мультиметр можно настроить так, чтобы он выполнил максимально точное измерение постоянного напряжения на соответствующем диапазоне с оптимальным временем интегрирования для подавления переменной составляющей. При измерении переменного напряжения нужно выбрать диапазон, подходящий именно для переменной составляющей. Суммарное среднеквадратическое значение постоянного и переменного напряжения можно вычислить по следующей формуле:

$$V_{\text{ср.кв. (перем.+пост.)}} = \sqrt{(V_{\text{перем.}}^2 + V_{\text{пост.}}^2)}$$

Новые мультиметры Keysight 34410A и 34411A используют при измерении переменного напряжения блокировочный конденсатор. Измерение переменного напряжения выполняется цифровым методом, который характеризуется малым временем установления и может работать с большими пик-факторами, свойственными импульсным последовательностям. При измерении импульсных сигналов следите за тем, чтобы они не содержали частот, лежащих за пределами полосы пропускания мультиметра. Мультиметры 34410A и 34411A могут измерять сигналы переменного тока частотой до 300 кГц. Если большая часть частотного спектра измеряемого сигнала лежит ниже 8 кГц, 34410A и 34411A могут точно измерить и постоянную и переменную составляющие, используя для этого функцию измерения постоянного напряжения с пиковым детектором. Для сигналов большей частоты переменную составляющую можно измерить отдельно и использовать формулу для вычисления суммы переменной и постоянной составляющих.

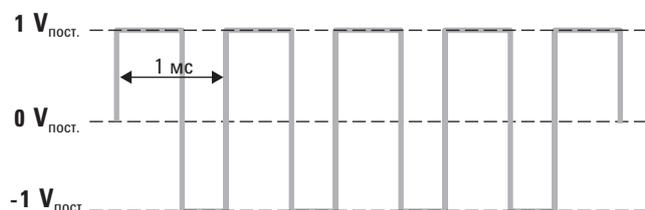


Рис. 3. Асимметричный прямоугольный сигнал со скважностью, не равной 2. Для измерения и переменной, и постоянной составляющих можно использовать мультиметр.



Рис. 4. Выходное напряжение источника питания постоянного тока содержит небольшие пульсации. Выходное напряжение источника можно охарактеризовать, измерив постоянную и переменную составляющие.

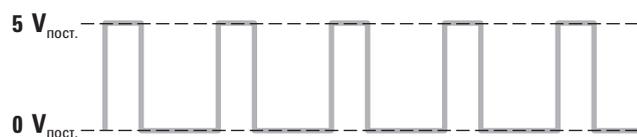


Рис. 5. Последовательность импульсов содержит постоянную и переменную составляющие. При измерении импульсов старайтесь не выходить за пределы полосы пропускания мультиметра.

Совет 4: измерение сигналов низкой частоты цифровым мультиметром

Большинство современных мультиметров могут измерять переменные напряжения частотой от 20 Гц. Но в некоторых ситуациях может потребоваться измерение сигналов с еще более низкими частотами. Для выполнения таких измерений нужно выбрать соответствующий мультиметр и правильно его настроить. Вот несколько примеров.



Мультиметры Keysight 34410A и 34411A используют метод дискретизации для измерения истинных среднеквадратических значений частотой от 3 Гц. Применение цифровых методов сокращает время установления до 2,5 с для самого медленного фильтра. Для получения наилучших результатов нужно учесть некоторые рекомендации:

1. Важно правильно выбрать фильтр переменного тока. Этот фильтр сглаживает выходное напряжение истинно среднеквадратического преобразователя. Для частот ниже 20 Гц лучше выбрать значение «LOW». При выборе фильтра «LOW» мультиметр вставляет задержку запуска измерения 2,5 с, чтобы дождаться окончания переходного процесса. Для выбора низкочастотного фильтра используйте команду **VOLTage:AC:BANDwidth MIN**.
2. Если вам известен максимальный уровень измеряемого сигнала, скорость измерения можно повысить, выбрав диапазон вручную.

Более длительное время установления при низкочастотных измерениях может существенно замедлить автоматическое переключение диапазонов.

3. Чтобы не допустить проникновения сигналов постоянного тока в среднеквадратический преобразователь переменного тока, мультиметр 34401A использует блокировочный конденсатор. Это позволяет выбирать оптимальный диапазон для измерения переменной составляющей. При измерении источника с большим выходным сопротивлением, вызванный блокировочным конденсатором переходной процесс может быть достаточно длительным. Причем, на время установления влияет не частота сигнала переменного тока, а изменения сигнала постоянного тока.



Мультиметр Keysight 3458A может измерять среднеквадратические значения переменного напряжения тремя способами, а его режим синхронной субдискретизации позволяет измерять сигналы частотой от 1 Гц. Чтобы настроить мультиметр на измерение низких частот:

1. Выберите режим синхронной субдискретизации: SETACV: SYNC
2. При использовании режима синхронной субдискретизации измерения только переменного напряжения и переменного напряжения с постоянной составляющей выполняются с открытым входом (со связью по постоянному току). При измерении только переменного напряжения постоянная составляющая математически вычитается из показаний. Это важно учитывать, поскольку суммарный уровень постоянного и переменного напряжения может вызвать перегрузку, даже несмотря на то, что уровень переменного напряжения лежит в допустимом диапазоне.

3. Выбор соответствующего диапазона может ускорить измерения, поскольку функция автоматического выбора диапазона может вызвать задержки при измерении низкочастотных сигналов.
4. Для оцифровки сигнала мультиметр должен определить его период. Для определения значений таймаута используйте команду ACBAND. Если не использовать команду ACBAND, мультиметр может перейти в режим ожидания до повторения сигнала.
5. Режим синхронной субдискретизации использует запуск по уровню для синхронизации с сигналом. При этом шум входного сигнала может вызвать ложные срабатывания и, как результат, неточные показания. Поэтому важно выбрать уровень, обеспечивающий надежный запуск от источника. Например, старайтесь не использовать пиковые значения синусоиды, поскольку сигнал в этой области меняется медленно, и шум может легко вызвать ложные срабатывания.
6. Для получения точных результатов следите за тем, чтобы вблизи не было источников электромагнитных помех и применяйте экранированные измерительные кабели. Включение фильтрации (LFILTER ON) повышает помехоустойчивость.



Настройка мультиметра 34401A выполняется так же, как и настройка мультиметров 34410A и 34411A. Для получения истинного среднеквадратического напряжения мультиметр 34401A использует аналоговую схему с блокировочным конденсатором. 34401A предназначен для выполнения измерений, начиная с 3 Гц. Для максимального повышения качества измерений включите фильтр нижних частот, используйте ручной выбор диапазона и убедитесь в стабильности постоянного смещения. При использовании медленного фильтра мультиметр вставляет 7-секундную задержку для пропуска переходного процесса.

Совет 5: выбор датчиков для измерения температуры с помощью цифрового мультиметра

Для измерения температуры с помощью цифрового мультиметра широко применяются четыре типа датчиков: термометры сопротивления (ТС), термисторы, интегральные датчики и термопары. Каждый тип датчиков обладает своими достоинствами и недостатками.

Используйте термисторы для повышения чувствительности

Термисторы выполнены из полупроводниковых материалов и обеспечивают превосходную чувствительность, но имеют ограниченный температурный диапазон, обычно от -80 до +150 °С. Термисторы имеют сильно нелинейную зависимость сопротивления от температуры, поэтому алгоритмы преобразования их сигнала достаточно сложны. Для обеспечения точного преобразования с типовым разрешением 0,08 °С в мультиметрах Keysight используется стандартная аппроксимация Харта-Штайнхарта.

Используйте ТС для повышения точности

Термометры сопротивления (ТС) обладают очень точной высоколинейной зависимостью сопротивления от температуры в диапазоне примерно от -200 до +500 °С.

Современные мультиметры, такие как Keysight 34410A, позволяют выполнять измерения с помощью ТС, соответствующего стандарту IEC751, который обладает чувствительностью 0,0385 Ом/Ом/°С.

Интегральные датчики обеспечивают линейную зависимость от температуры

Многие изготовители выпускают пробники, обеспечивающие линейную зависимость напряжения от температуры, выраженной в градусах Цельсия или Фаренгейта. В этих пробниках обычно используется интегральный датчик, такой как National Semiconductor LM135. Измеряемая температура интегрального датчика может перекрывать диапазон от -50 до +150 °С. Вы можете легко рассчитать температуру по выходному напряжению пробника, отображаемому на дисплее мультиметра. Например, напряжение 270 мВ соответствует температуре 27 °С.

Термопары позволяют измерять экстремальные температуры

Термопары могут измерять температуры в широчайшем диапазоне от -210 до +1100 °С, а благодаря прочной конструкции, они идеально подходят для работы в жестких условиях. В отличие от других температурных датчиков, термопары выполняют относительные измерения, а для выполнения абсолютных измерений им необходим холодный спай. Для большинства приложений это непрактично. Мы рекомендуем использовать систему сбора данных Keysight 34970A с 20-канальным мультиплексором 34901A, у которого есть специальные входы для подключения термопар, имеющие встроенный холодный спай. Кроме того, 34970A имеет встроенные алгоритмы расчета температуры для широко распространенных термопар.

Заключение

Для мониторинга температуры в одной точке можно использовать простое и недорогое решение из термистора и такого мультиметра, как 34410A. Для более точного измерения температуры используйте ТС. Для мониторинга температуры в нескольких точках или измерения высоких температур лучше использовать специальную систему сбора данных.

	ТС	Термистор	Интегральный датчик	Термопара
Тип измерения	Абсолютный	Абсолютный	Абсолютный	Относительный
Достоинства	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая стабильность - Высокая точность - Большая линейность, чем у термопар 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая чувствительность - Высокое быстродействие - 2-проводная схема измерения 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая линейность - Максимальное выходное напряжение - Дешевизна 	<ul style="list-style-type: none"> - Широкий диапазон температур - Прочность - Отсутствие питания - Дешевизна - Широкое разнообразие исполнений
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> - Дороговизна - Малое быстродействие - Необходимость источника тока - Узкий диапазон изменения сопротивления - 4-проводная схема измерения - Саморазогрев 	<ul style="list-style-type: none"> - Нелинейность - Ограниченный температурный диапазон - Хрупкость - Необходимость источника тока - Саморазогрев - 4-проводная схема измерения высоких температур 	<ul style="list-style-type: none"> - Верхний предел температуры +250 °С - Необходимость источника питания - Малое быстродействие - Саморазогрев - Ограниченный выбор 	<ul style="list-style-type: none"> - Нелинейность - Малое выходное напряжение - Малое быстродействие - Необходимость в холодном спае - Подключение, окисление - Минимальная чувствительность

Табл. 1. Сравнение широко распространенных типов датчиков температуры

Совет 6: выполнение групповых измерений с помощью мультиметра

В мультиметрах часто применяется двухуровневая система запуска – для выполнения измерения необходимо удовлетворение обоим условиям запуска. На рис. 6 показана модель двухуровневого запуска мультиметра 34401A. Обычно число измерений и число событий запуска установлено в единицу, т.е. при поступлении события запуска выполняется одно измерение. Число измерений можно увеличить так, чтобы выполнять N измерений при поступлении одного события запуска. Если число измерений оставить равным единице, а число событий запуска увеличить до значения N, то для каждого измерения потребуется одно событие запуска. В обоих случаях между измерениями вставляется задержка запуска.

По умолчанию мультиметр выбирает такую задержку запуска, чтобы дать завершиться переходному процессу, и эта задержка зависит от диапазона и вида измерения. Задержку запуска можно установить вручную. Важно отметить, что задержка реализована программным способом и может иметь разброс по времени. Кроме того, может изменяться само время измерения, поэтому эта схема малоприспособна для выполнения измерений с регулярными интервалами. На рис. 7 показана серия измерений, выполненных с применением задержки запуска.

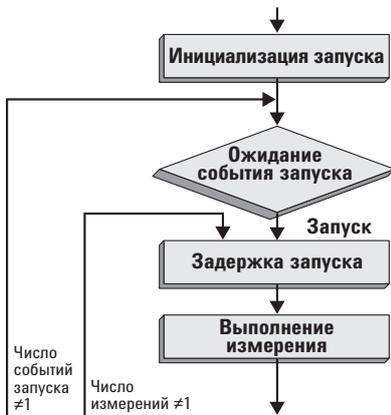


Рис. 6. Простая схема запуска, использующая задержку запуска для разнесения измерений по времени.

Вторая модель запуска показана на рис. 8. Эта модель используется в мультиметрах 34410A, 34411A и 3458A. Она позволяет независимо устанавливать задержку запуска и время между измерениями. Кроме того, измерительный цикл (п показаний) реализован так, чтобы измерения выполнялись быстро и с минимальным разбросом по времени. Большая часть измерительного цикла реализована аппаратно с минимальным применением программных функций, что гарантирует стабильные временные характеристики. Мультиметры 34410A, 34411A и 3458A можно настроить так, чтобы они выполняли измерения с максимальной скоростью или по таймеру.

При выполнении пакетных измерений установите задержку запуска так, чтобы она пропускала переходной процесс после события запуска и заканчивалась до первого измерения. Для установки точного интервала между измерениями используйте таймер. Мультиметры 34410A и 34411A имеют на передней панели клавишу включения регистрации данных, которая упрощает настройку пакетных измерений.



Рис. 7. Измерения, выполненные с задержкой запуска, причем на выполнение каждого измерения ушло разное время. Эта модель малоприспособна для дискретизации сигнала, поскольку время между измерениями варьируется.

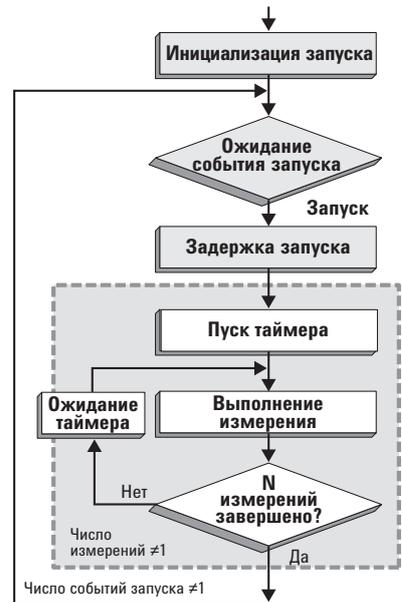


Рис. 8. Модель запуска, примененная в мультиметрах 34410A и 34411A, обеспечивает точные интервалы времени между измерениями.

Совет 7: обнаружение пиковых значений с помощью мультиметра

Мультиметры можно использовать для измерения низкочастотных сигналов в режиме измерения постоянного напряжения. Как правило, полоса сигнала ограничивается при этом 8 кГц или меньше. Традиционно для захвата и удержания пикового напряжения для его измерения аналого-цифровым преобразователем используется аналоговая схема детектирования пиковых значений. Этот метод обладает широкой полосой и может использоваться для регистрации пиков очень малой длительности. Кроме того, он применяется в многоканальных системах, где один АЦП используется в сочетании с пиковыми детекторами в каждом канале. Более распространенный метод заключается в очень быстром измерении сигнала и сохранении самого большого и самого малого значения.

Во многих случаях шумовые выбросы, едва заметные на экране осциллографа, практически не имеют никакого значения. Но часто шум, создаваемый мощными источниками электромагнитных помех, может маскировать полезный сигнал – например, таким источником является двигатель автомобиля. Рабочие параметры, измеряемые, например, датчиками уровня масла или температуры, меняются, как правило, относительно медленно. Поэтому можно подавить высокочастотный шум с помощью фильтра и медленного АЦП. Для дискретизации выходного сигнала фильтра быстрый АЦП не нужен.

Очень часто мультиметр оказывается весьма подходящим прибором

для детектирования и измерения пиковых значений. Мультиметр предлагает необходимые функции обработки сигнала (усиление, ослабление и фильтрацию нижних частот), а также приемлемую частоту дискретизации (от 1 до 50 квыб/с). Большинство мультиметров имеют встроенные математические функции, которые можно использовать для обнаружения максимальных и минимальных значений. Для получения максимальной скорости измерений вам потребуется постобработка данных, поскольку математические функции могут замедлить скорость работы. Другие способы повышения скорости измерений включают выбор малого времени интеграции, отключение функции автоматической установки нуля и отключение дисплея.

Измерение сигнала с регистрацией его пиковых значений является очень распространенной задачей, поэтому новые мультиметры Keysight 34410A и 34411A оснащены функцией детектирования пиковых значений. Во время наблюдения сигнала постоянного тока вы можете использовать вторую строку дисплея для отображения максимальных пиковых, минимальных пиковых значений или размаха сигнала от пика до пика. Функция детектирования пиковых значений всегда выполняет дискретизацию с частотой 50 квыб/с, независимо от установленного времени интеграции мультиметра, и не требует математической обработки. На рис. 9 показано, что пиковое значение обычно обновляется для каждого измерения.

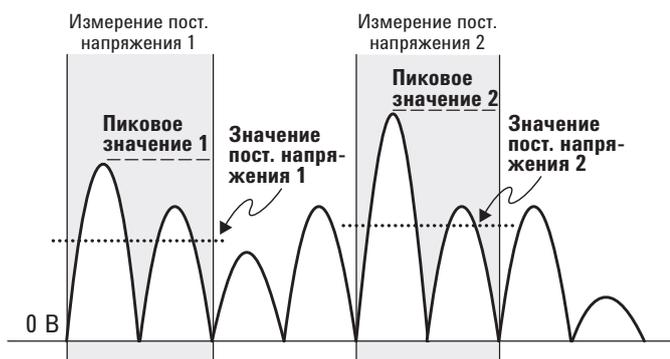


Рис. 9. Пиковое значение определяется в каждом измерении.

Альтернативой одиночному измерению является выполнение группы измерений, когда учитывается одно пиковое значение для нескольких измерений постоянного напряжения, как показано на рис. 10.

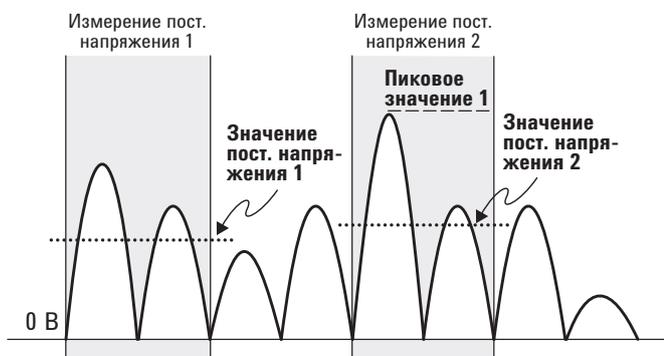


Рис. 10. Учитывается одно пиковое значение для группы измерений.

Третий альтернативный способ заключается в изменении времени интеграции мультиметра и выполнении одного продолжительного измерения. Этот метод иллюстрируется на рис. 11. Для такого длительного измерения учитывается одно пиковое значение.

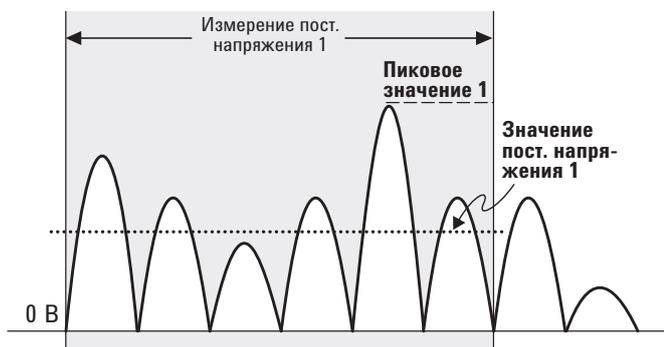


Рис. 11. Учитывается одно пиковое значение для измерения, но само измерение выполняется в течение длительного времени.

Функция детектирования пиковых значений мультиметров 34410А и 34411А выполняет измерения каждые 20 мкс. Пиковое значение удерживается до следующего запуска. Чтобы удерживать пиковое значение дольше, можно изменить время интеграции. Каждое пиковое измерение дает значение размаха от пика до пика, максимальное и минимальные пиковые значения.

Совет 8: для достижения максимальной эффективности измерений используйте специальные принадлежности



Упрощение доступа к контрольным точкам

Очень часто для того, чтобы присоединить пробник к контрольной точке на печатной плате, нужны обе руки и оба глаза, а когда вы переводите взгляд на экран мультиметра, пробник может соскользнуть. Некоторые мультиметры, такие как 34401A, 34410A и 34411A, предлагают функцию удержания, которая фиксирует достоверное показание. Фиксация показаний позволяет полностью сконцентрироваться на пробнике. Применение прецизионных измерительных кабелей Keysight 34133A может существенно упростить работу. Измерительные кабели имеют небольшой размер и вес и используют патентованную головку-браузер Keysight, в которой применен пружинный контакт



Храните пробники и руководство вместе с прибором

Вам приходилось тратить время на поиски пробников или руководства по эксплуатации? Если хранить их вместе с прибором, они никогда не потеряются. Keysight предлагает нейлоновые карманы двух размеров, которые соответствуют габаритам наших самых популярных мультиметров. Карман 34162A специально предназначен для коротких приборов, таких как мультиметры 34410A и 34411A, а карман 34161A подходит для мультиметров 34401A и 34420A.



с коронкой. Подпружиненный наконечник компенсирует небольшие сдвиги, а коронка врезается в припой.

Пробники для большого тока и напряжения

Высоковольтные пробники позволяют безопасно измерять мультиметром высокие напряжения. Высоковольтный пробник Keysight 34136A предназначен для работы с мультиметрами 34401A, 34410A и 34411A в режиме фиксированного входного сопротивления (входное сопротивление 10 МОм). Пробник оснащен делителем 1000:1, который расширяет диапазон измерения мультиметра до 40 кВ постоянного напряжения.



Измеряете сопротивление по четырехпроводной схеме? Закажите дополнительные пробники

Если вам нужно выполнять измерения сопротивления по четырехпроводной схеме, вам потребуется дополнительный комплект измерительных кабелей. Измерительные кабели 34138A идентичны тем, которые входят в комплект поставки мультиметров 34410A и 34411A. Они комплектуются тонкими наконечниками и минизахватами. В расширенный комплект Keysight 34132A входят два измерительных кабеля, подпружиненные выдвижные крючки, зажимы типа «крокодил», наконечники с иглой и нейлоновый чехол.



Если вы собираетесь измерять постоянные токи и переменные токи малой частоты (до 30 А и 15 А, соответственно), воспользуйтесь токовым шунтом Keysight 34330A, который представляет собой показанный выше прецизионный резистор 0,001 Ом в пластиковом корпусе, залитом эпоксидной смолой. Коэффициент преобразования шунта равен 1 мВ/А. Измеряемый ток подается на шунт через соединительные зажимы. Просто вставьте провод и затяните зажимы – что может быть проще.



Создание аккуратных жгутов и минимизация погрешности смещения

Комплект входных разъемов цифрового мультиметра Keysight 34171B представляет собой набор из двух разъемов, которые обеспечивают удобное и надежное подключение ко всем пяти входным гнездам. Контакты выполнены из медного сплава, обеспечивающего минимальную термоэдс при контакте с разнородными металлами. Разъемы совместимы с мультиметрами 34401A, 34410A и 34411A. Для минимизации термоэдс используйте для всех соединений медные провода одинакового сечения без покрытия.

Представляем новое поколение мультиметров, ставших отраслевым стандартом



Цифровые мультиметры 34410A и 34411A предлагают повышенную скорость, лучшие характеристики, дополнительную память и больше вариантов подключения к ПК, чем 34401A.

34401A 6 1/2-разрядный цифровой мультиметр	34410A 6 1/2-разрядный цифровой мультиметр высокой производительности	34411A 6 1/2-разрядный цифровой мультиметр повышенной производительности
1000 изм/с при разрешении 4 1/2 разряда	10 000 изм/с при разрешении 5 1/2 разрядов	Все возможности 34410A плюс: 50 000 изм/с при разрешении 4 1/2 разряда
Память на 512 измерений	Энергонезависимая память на 50 000 измерений	Память на 1 млн. измерений
Погрешность для пост. тока 0,0035 %	Погрешность для пост. тока 0,0030 %	Запуск по уровню аналогового сигнала
Стандартные интерфейсы GPIB и RS-232	Стандартные интерфейсы LAN, USB и GPIB	Упреждение и задержка запуска
	Измерение емкости и температуры	
	Функция регистрации данных	
	Двухстрочный дисплей	

Получите большую точность и производительность, чем ожидали

6 1/2-разрядные цифровые мультиметры Keysight 34410A и 34411A – новейшее поколение мультиметров от Keysight – опираются на исключительный успех мультиметра Keysight 34401A, давно ставшего отраслевым стандартом. Эти новые измерительные приборы предлагают повышенную точность, расширенные измерительные функции, существенно большую скорость измерения и производительность, а также современные компьютерные интерфейсы, включая LAN и USB, что позволяет выполнять быстрые, точные измерения и сразу передавать результаты в ПК. Двухстрочный дисплей предоставляет возможность выполнять два измерения одновременно и упрощает настройку мультиметра. Мы всесторонне усовершенствовали 34401A, чтобы сделать хорошее еще более лучшим, где бы вы его ни использовали – на рабочем столе или в составе измерительной системы.

Значительное повышение скорости

В чем бы вы ни нуждались – в быстром получении необработанных значений или в высокой производительности измерительной системы – мультиметр 34410A удовлетворит самые высокие требования. Благодаря применению новой технологии аналого-цифрового преобразования, 34410A достигает впечатляющей скорости 10 000 измерений в секунду при разрешении 5 1/2 разрядов, и с этой же скоростью может непрерывно передавать измерения в компьютер. Мультиметр имеет быструю и точную систему запуска с возможностью задержки, причем джиттер запуска не превышает 1 мкс, тогда как ответ на запрос по шине занимает менее 500 мкс. Быстрее выполняются и измерения переменного напряжения. Это достигается за счет применения цифровых технологий, которые дополнительно повышают точность на низких и высоких частотах. А если вам нужны еще более быстрые измерения,

выбирайте 34411A, который достигает скорости 50 000 измерений в секунду при разрешении 4 1/2 разряда.

Производительность, которая вам нужна

Мультиметры 34410A и 34411A позволяют измерять емкость и температуру, а также предлагают стандартный набор измерений: постоянный и переменный ток и напряжение, измерение сопротивления по 2-проводной и 4-проводной схеме, измерение частоты, периода, непрерывности цепи и проверка диодов. Кроме того, вы можете измерять сопротивление с компенсацией смещения, что позволяет точно измерять сопротивление под напряжением. Были также расширены и измерительные диапазоны; например, диапазоны измерения постоянного и переменного тока начинаются теперь со 100 мкА, что обеспечивает разрешение 100 пА. Также мультиметр выполняет математическую обработку и статистические расчеты в режиме реального времени, а функция детектирования пиковых значений позволяет регистрировать выбросы длительностью от 20 мкс.

Выполнение автоматических измерений с помощью функции регистрации данных

Включаемая с передней панели функция регистрации данных позволяет настроить мультиметр на выполнение автоматических периодических измерений в течение заданного времени или для заданного числа событий с сохранением полученных результатов для последующего просмотра или для передачи в компьютер для анализа. Настройте мультиметр на выполнение измерений через каждые 10 секунд в течение часа и идите на обед, а когда вернетесь, проверьте результаты. Контекстное программирование последовательностей с передней панели позволяет быстро настраивать прибор и легко считывать показания.

Технические характеристики 6½-разрядных цифровых мультиметров 34410A/34411A

Функция	Диапазон	Частота, измерительный ток или падение напряжения	Погрешность в течение года, $T_{\text{кал.}} \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Постоянное напряжение	100,0000 мВ		0,0050 + 0,0035
	1,000000 В		0,0035 + 0,0007
	10,00000 В		0,0030 + 0,0005
	100,0000 В		0,0030 + 0,0005
	1000,000 В		0,0040 + 0,0006
Переменное напряжение, истинное среднеквадратическое значение	от 100,0000 мВ до 750,000 В	3 Гц – 5 Гц	0,50 + 0,03
		5 Гц – 10 Гц	0,10 + 0,03
		10 Гц – 20 кГц	0,06 + 0,03
		20 кГц – 50 кГц	0,10 + 0,05
		50 кГц – 100 кГц	0,40 + 0,08
Сопротивление	100,0000 Ом	1 мА	0,010 + 0,004
	1,000000 кОм	1 мА	0,010 + 0,001
	10,00000 кОм	100 мкА	0,010 + 0,001
	100,0000 кОм	10 мкА	0,010 + 0,001
	1,000000 МОм	5 мкА	0,012 + 0,001
	10,00000 МОм	500 нА	0,040 + 0,001
	100,0000 МОм	500 нА – 10 М	0,800 + 0,001
	1,000000 ГОм	500 нА – 10 М	8,000 + 0,001

Постоянный ток	от 100 мкА до 3 А
Переменный ток	от 100 мкА до 3 А
Частота (период)	от 3 Гц (0,333 с) до 300 кГц (3,33 с)
Емкость	от 1 нФ до 10 мкФ
Температура	ТС: от -220 до +600 °C Термистор: от -80 до +150 °C
Непрерывность цепи	Диапазон 1000 Ом, фиксированный порог 10 Ом
Проверка диодов	Диапазон 1 В, испытательный ток 1 мА
Математические и статистические функции	Нуль в каждом диапазоне, мин./макс./среднее, дБм, дБ, контроль граничных значений
Регистратор данных	Энергонезависимая память: 50 000 измерений
	Энергозависимая память: 50 000 измерений (34410A)
	1000 000 измерений (34411A)
	Время регистрации: от 0 до 3600 с, джиттер <100 нс
Интерфейсы	LAN, USB и GPIB (совместимость с LXI класс-C)
Максимальные входные значения	Постоянное/переменное напряжение: 1000 В _{пост.} / 750 В _{ср.кв.} (1100 В _{пик.}) Постоянный/переменный ток: 3 А, не более 250 В, защищен предохранителем
Удары и вибрация	Отвечает требованиям MIL-T-28800E, Тип III, Класс 5 (только синусоидальная вибрация)
Питание	100/120/220/240 В, 45-66 Гц, 360-440 Гц Потребляемая мощность 25 ВА (пиковая), 16 Вт (средняя)
Масса нетто	3,72 кг
Гарантия	3 года

6½-разрядный цифровой мультиметр 34401A

Тысячи инженеров во всем мире используют мультиметр 34401A для выполнения быстрых и надежных измерений, зная, что последнее измерение в конце дня будет таким же точным, как и первое: погрешность прибора в течение 24 часов составляет 0,0015 % для постоянного напряжения и 0,06 % для переменного. Доступ к широкому набору измерительных функций – от

постоянного напряжения и частоты до уровня в дБ и дБм – осуществляется одним или двумя нажатиями кнопок. Расширенные возможности включают контроль граничных значений, определение минимальных/максимальных/средних значений и вычисление отношения постоянных напряжений.

8½-разрядные цифровые мультиметры 3458A

Если вам нужны бескомпромиссная точность и быстрдействие, Keysight

3458A предложит вам скорость до 100 000 измерений в секунду, 110 автоматических переключений диапазона в секунду и более 340 переключений наборов настроек в секунду. Если в первую очередь вас интересует точность, выбирайте разрешение 8½ разрядов с точностью передачи $0,1 \cdot 10^{-6}$. Погрешность за 24 часа составляет $0,6 \cdot 10^{-6}$ для переменных напряжений среднего диапазона. Кроме того, для повышения точности можно использовать обширный набор математических функций и фильтров.

7½-разрядный нановольтметр 34420A

Нановольтметр/микроомметр Keysight 34420A оптимизирован для прецизионных низкоуровневых измерений с разрешением 7½ разрядов и шумом $1,3 \text{ нВ}_{\text{ср.кв.}} / 8 \text{ нВ}_{\text{пик-пик}}$. Два входных канала позволяют измерять напряжения независимо, или выполнять математические операции для дифференциальных измерений, или вычисления отношений. К прибору можно непосредственно подключать широкий диапазон датчиков температуры – стандартный платиновый термометр сопротивления (ТС), термисторы или термопары.

6½-разрядный цифровой мультиметр L4411A

6½-разрядный цифровой мультиметр L4411A с улучшенными характеристиками выпускается теперь в корпусе половинной стоечной ширины высотой 1 единицу (1U). Этот прибор обладает всеми возможностями и функциями мультиметра 34411A в компактном корпусе, оптимизированном для применения в условиях промышленного производства, где всегда ощущается дефицит свободного места.

	<p>myKeysight www.keysight.com/find/mykeysight Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.</p>	<p>Российское отделение</p>
	<p>www.axistandard.org AXIe представляет собой открытый стандарт, основанный на AdvancedTCA, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe.</p>	<p>Keysight Technologies 115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3</p>
	<p>www.lxistandard.org LXI представляет собой сетевой интерфейс, пришедший на смену интерфейсу GPIB и обеспечивающий более быстрый и эффективный обмен данными. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.</p>	<p>Тел.: +7 (495) 7973954 8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)</p>
	<p>http://www.pxisa.org PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) – это формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.</p>	<p>Факс: +7 (495) 7973902 e-mail: tmo_russia@keysight.com www.keysight.ru</p>
	<p>Трехлетняя гарантия www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение общей стоимости владения. Единственный производитель контрольно-измерительного оборудования, который предлагает стандартную трехлетнюю гарантию на все свое оборудование.</p>	<p>Сервисный Центр Keysight Technologies в России 115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3</p>
	<p>Планы Технической Поддержки Keysight www.keysight.com/find/AssurancePlans До пяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.</p>	<p>Тел.: +7 (495) 7973930 Факс: +7 (495) 7973901 e-mail: tmo_russia@keysight.com (BP-07-10-14)</p>
	<p>www.keysight.com/quality Система управления качеством Keysight Electronic Measurement Group сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008</p>	
	<p>Торговые партнеры компании Keysight www.keysight.com/find/channelpartners Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.</p>	

www.keysight.com/find/multimeters