

## Keysight Technologies

7 вещей, о которых должны знать  
все опытные пользователи осциллографов



Руководство по  
применению

Опытные пользователи осциллографов знают, что работа с этим прибором - непростая задача. Знания основ работы с осциллографом нередко оказывается недостаточно, и для обеспечения точности и эффективности измерения необходимо учитывать ряд других факторов. Приведенные ниже семь основных понятий, которые должны знать все опытные пользователи осциллографов, помогут вам существенно сэкономить время и повысить эффективность работы, тем самым подняв ваш исследовательский потенциал на качественно новый уровень.

1. Качественный и количественный подход к измерению
2. Суммарная полоса пропускания и полоса пропускания осциллографа
3. Расширенный запуск по условию
4. Режимы захвата
5. Опорные осциллограммы
6. Удаленное подключение
7. Дополнительные команды SCPI

## 1. Качественный и количественный подход к измерению

Измерения, выполняемые с помощью осциллографа, можно разделить на два основных типа: качественные и количественные измерения. Понимая, какое именно измерение вы выполняете в данный момент, вы сможете оптимально использовать рабочее время.

### Качественные измерения

Качественные измерения как правило выполняются при отладочных работах (например, работа с пробниками) для обеспечения того, что оборудование функционирует нормально. В данном случае важны только два состояния - работает или нет. Каковы характеристики соединения с оборудованием, составляет ли время нарастания сигнала тактовой частоты 10 или 12 нс, не так важно, как уверенность в том, что оборудование исправно.

### Количественные измерения

При количественных измерениях в дело вступают цифры. В данном случае время нарастания сигнала тактовой частоты 10 или 12 нс - уже не пустяк, ведь от этого зависит соответствие требованиям к моментам установки и удержанию вашего принимающего устройства. Другой пример - разница между сигналами напряжения размахом 5 В и 5,5 В играет важную роль, так как от этого зависит насыщение вашего усилителя.

### Что в итоге?

Теперь, когда вы понимаете, что такое качественные и количественные измерения, вы сможете самостоятельно решить, для какого вида работ требуется тот или иной вид измерений.

## 1. Качественный и количественный подход к измерению (продолжение)

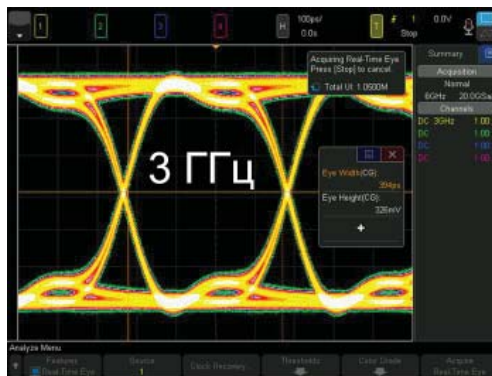
Что вы должны делать всегда? – Перед началом работы.

Первое и самое главное, что необходимо сделать перед началом измерений, - изучить возможности вашего осциллографа и его конфигурацию. Работа с оборудованием в привычной конфигурации поможет сэкономить время независимо от того, выполняете ли вы критически важные или повседневные измерения. Нажмите на кнопку Default Setup или загрузите пользовательские настройки, чтобы каждый раз приспосабливаться к работе с одной и той же знакомой конфигурацией прибора.

Также важно проверить полосу пропускания осциллографа, пробника и суммарную и убедиться в том, что прибор подходит для измерения исследуемых сигналов. Общее правило для полосы пропускания осциллографа: суммарная полоса пропускания (осциллографа и пробника) должна в 5 раз превышать наибольшую частоту цифрового сигнала и/или в 3 раза превышать наибольшую частоту аналогового сигнала. Только в этом случае можно быть уверенным в точности измерений. Сказанное в особенности относится к количественным измерениям, для которых обязательна достаточная полоса пропускания исследуемого сигнала, в противном случае результаты временных измерений получатся недостоверными. Подробнее о суммарной полосе пропускания в разделе *Суммарная полоса пропускания и полоса пропускания осциллографа* настоящего документа.



Сигнал частотой 1,2 ГГц на экране осциллографа с полосой пропускания 1,5 ГГц



Тот же сигнал частотой 1,2 ГГц на экране осциллографа с полосой пропускания 3 ГГц

Выбор подходящих пробников также играет важную роль. При использовании обычного пассивного пробника и более современного активного пробника результаты измерения могут значительно отличаться. Для качественных измерений низкочастотных сигналов вполне подходят обычные пассивные пробники (как правило из комплекта поставки осциллографа). Однако для проведения количественных измерений высокочастотных сигналов рекомендуется использовать активные пробники с меньшей емкостной нагрузкой и надежным соединением. Подробную информацию о типах и характеристиках пробников см. по ссылке: <http://electronicdesign.com/test-measurement/how-pick-right-oscilloscope-probe>.

## 1. Качественный и количественный подход к измерению (продолжение)

Что вы должны делать время от времени? – Калибровка и пусконаладка

Регулярная поверка и калибровка осциллографа призвана обеспечить требуемую точность измерений. Если осциллограф используется для обычных отладочных работ (качественные измерения), требования к калибровке стоят не так остро. Однако для соответствия строгим требованиям заводских испытаний (количественные измерения) подходит только должным образом откалиброванный и поверенный прибор.

Кроме самого прибора необходимо также принимать во внимание рабочие условия и принимать меры, чтобы внешние факторы не привносили дополнительные искажения в сигнал. Освещение, вентиляторы и другое оборудование, используемое на рабочем месте, может наводить помехи на прибор. Это не составляет проблемы, если вы выполняете качественные измерения. Однако количественные измерения, затрудняемые помехами, могут занять неоправданно много времени.

Что вы должны делать иногда? – Проверка и диагностика

В некоторых случаях нельзя обойтись без глубокого понимания работы схемы (например, при проведении проверочных и диагностических работ, наблюдении за сигналом при подавлении шумов, а также при проведении испытаний на соответствие отраслевым стандартам). Пользуйтесь встроенными средствами измерения своего осциллографа, чтобы проще, глубже, а в некоторых случаях даже автоматизированно, исследовать устройства. Не поленитесь изучить и испытать все измерительные возможности вашего осциллографа.

Приведенные краткие рекомендации, конечно же, не могут охватить весь диапазон возможностей такого прибора, как осциллограф. Для начала постарайтесь понять, в каких случаях вам достаточно поверхностных качественных измерений, а когда нужны более глубокие количественные измерения характеристик схемы или оборудования. Это поможет вам более рационально использовать время.

## 2. Суммарная полоса пропускания и полоса пропускания осциллографа

Суммарной полосой пропускания называется эффективная полоса пропускания осциллографа и пробника, используемого во время измерения. Как осциллограф, так и пробник имеют собственную полосу пропускания. Однако суммарная полоса пропускания обоих устройств может несколько отличаться от ожидаемой.

Чтобы определить суммарную полосу пропускания, сначала нужно узнать амплитудно-частотную характеристику входного фильтра осциллографа. В осциллографах с полосой пропускания меньше 1 ГГц обычно используются входные фильтры Гаусса, а в осциллографах с полосой пропускания от 1 ГГц могут использоваться так называемые sinc-фильтры. Поскольку суммарная полоса пропускания вычисляется по-разному в зависимости от входного фильтра, используемого в вашем осциллографе, важно знать, какого именно типа входной фильтр используется в вашем приборе. Тип фильтра можно посмотреть в паспорте осциллографа или позвонить в службу техподдержки производителя. Другой способ быстро узнать, используется ли в вашем осциллографе входной фильтр Гаусса, - воспользоваться следующей формулой:  $0,35 / \text{расчетное время нарастания осциллографа} = \text{полоса пропускания осциллографа}$ .

К примеру, при полосе пропускания 200 МГц и расчетном времени нарастания сигнала 1,75 нс формула принимает следующий вид:  $0,35/1,75 \text{ нс} = 200 \text{ МГц}$ . Если в формулу необходимо подставить значение больше 0,35, значит АЧХ фильтра осциллографа ближе к sinc-фильтру.

Определив АЧХ входного фильтра осциллографа, можно определить суммарную полосу пропускания по следующей формуле:

Фильтр Гаусса	Суммарная полоса пропускания =	$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\text{полоса пропускания осциллографа}^2} + \frac{1}{\text{полоса пропускания пробника}^2}}}$
или		
Sinc-фильтр	Суммарная полоса пропускания = мин.	{полоса пропускания осциллографа, полоса пропускания пробника}

Рис. 1.

Приведенные рекомендации помогут вам вычислить суммарную полосу пропускания осциллографа и пробника, который будет использоваться при измерениях. Зная суммарную полосу пропускания, вы всегда сможете понять, подходит ли ваш прибор для измерения изучаемых сигналов, и избежать спада сигнала на высоких частотах.

### 3. Расширенный запуск по условию

Для измерений некоторых простых сигналов подходит стандартный режим запуска, однако для более глубокого анализа сложных сигналов или глитчей на физическом уровне рекомендуется изучить расширенный запуск по условию и измерительные возможности, которые он предлагает. Умение пользоваться расширенным запуском по нескольким условиям позволит легко выделить и изучить интересующий вас сигнал, чтобы быстро устранить неисправность. Ниже приведены примеры условий запуска:

#### Запуск по ширине импульса

Режим запуска по ширине импульса предназначен для захвата сигнала, нарастающего выше и спадающего ниже определенного уровня напряжения в течение указанного времени. Укажите ширину и полярность импульса (положительный или отрицательный), по которым будет осуществляться запуск. На Рис. 2 и 3 ниже приведены два изображения с экрана осциллографа: на первом показаны два сигнала, захваченные по положительному фронту, на втором - по ширине импульса (в данном случае 150 нс). Запуск по ширине импульса позволяет захватывать именно интересующий сигнал для более подробного изучения и быстрого устранения неисправности.

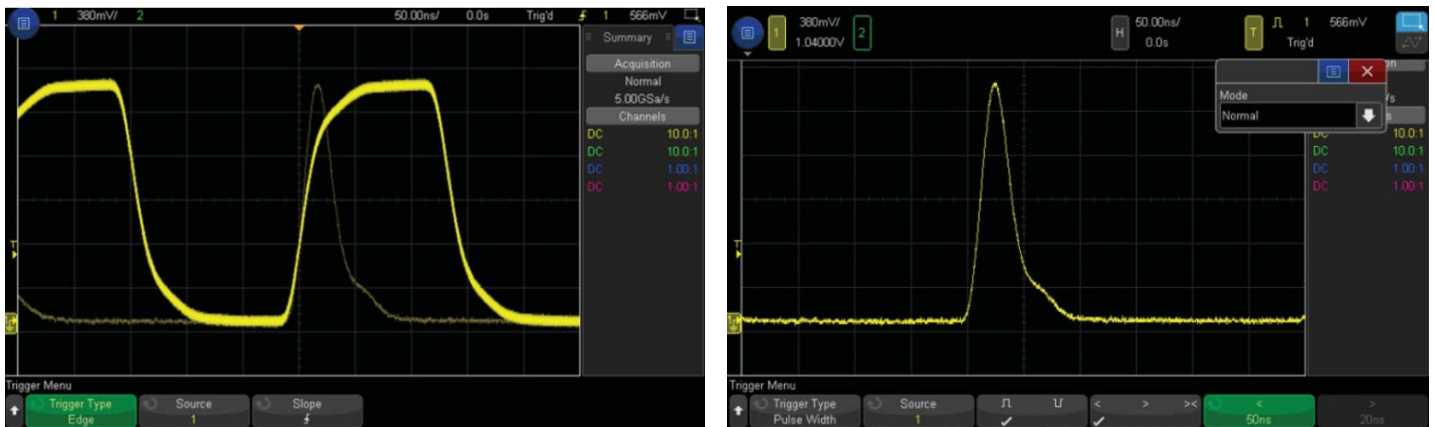


Рис. 2 и 3. Запуск по ширине импульса принимаемого сигнала

#### Режим запуска «первый фронт, N-ый фронт»

В режиме «первый фронт, N-ый фронт» осциллограф выводит на экране N-ый по счету сигнал, появляющийся после первого (заданного) через указанное время задержки.

#### Запуск по схеме

Запуск по схеме основан на логической комбинации состояний каналов. На экран будет выводиться только сигнал, соответствующий указанной схеме. Каждый канал может иметь следующее состояние: 1 (высокий уровень), 0 (низкий уровень) или X (не имеет значения). Задается опорное напряжение, по которому определяется уровень сигнала: высокий (выше заданного значения) или низкий (ниже заданного значения). Каналы, имеющие состояние X (не имеет значения), не участвуют в запуске.

Ознакомившись с расширенным запуском по условию, вы легко поймете, в каких случаях он должен применяться. Расширенный запуск позволяет более эффективно выделить и изучить интересующий сигнал, чтобы быстрее устранить неисправность. Подробная информация о расширенном запуске приведена в статье «[Расширенный запуск по условию и выделение сигнала](#)».

## 4. Режимы захвата

Не только опытные, но и начинающие пользователи осциллографов должны иметь представление о режимах захвата сигнала. Зная, в каких случаях необходим каждый из режимов захвата (нормальный, с усреднением, с высоким разрешением, детектирование пика), можно добиться оптимального отображения сигнала на экране. Сложные алгоритмы генерации выборки, лежащие в основе режимов захвата, выбирают определенные точки, позволяя подробно изучить интересные характеристики сигнала. Ниже приведены более подробные рекомендации по выбору режимов захвата.

### Нормальный режим

Нормальный режим захвата сигналов используется по умолчанию. Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) производит выборки сигнала, осциллограф берет требуемое количество точек и строит осциллограмму. Отличаясь хорошими характеристиками отображения сигнала, нормальный режим захвата подходит для ежедневных отладочных работ. Этот режим исключительно надежен и не требует дополнительных разъяснений по использованию.

### Захват с усреднением

В данном режиме выполняется захват нескольких осциллограмм с их последующим усреднением. Основное преимущество этого режима в том, что усреднение позволяет устранить фоновый шум, оставив только изучаемый сигнал. Рекомендуется использовать этот режим в стандартном режиме запуска и только для анализа стабильных периодических сигналов.

### Захват с высоким разрешением

Захват с высоким разрешением представляет собой разновидность захвата с усреднением, отличаясь тем, что усреднение в данном случае выполняется не по сигналам, а по точкам выборки. АЦП производит большую выборку сигнала и усредняет соседние точки. Для минимизации фонового шума используется алгоритм усреднения с узкополосным фильтром в реальном времени. К преимуществам данного режима также можно отнести большую разрешающую способность в битах.

Захват с высоким разрешением уступает захвату с усреднением в эффективности устранения фонового шума, однако имеет ряд преимуществ. Поскольку в данном режиме не выполняется захват нескольких сигналов, он лучше подходит для анализа непериодических нестабильных сигналов и поэтому более эффективен для обычных отладочных работ, чем захват с усреднением.

### Детектирование пика

Режим детектирования пика аналогичен режиму захвата с высоким разрешением. АЦП так же производит большую выборку сигнала и выводит на экран осциллографа выбранное количество точек, однако не выполняет их усреднение, а выводит на осциллограмму максимальные и минимальные (пиковые) точки. Основное преимущество данного режима - возможность изучить нерегулярные пики, которые не отображаются в других режимах. Рекомендуется для обнаружения глитчей или очень узких импульсов.

## 5. Опорные осциллограммы

Опорные осциллограммы позволяют экономить время анализа сигналов нескольких изучаемых устройств одного типа. Осциллограф может захватывать нужный сигнал и сохранять его в качестве опорной осциллограммы. Затем при необходимости опорную осциллограмму можно вывести на экран и сопоставить с изучаемой, а также наложить осциллограммы друг на друга, чтобы наглядно изучить различия между ними.

Ниже приведен пример сопоставления модуляции сигналов стандарта ближней радиосвязи (NFC), поступающих с передающей антенны двух разных мобильных телефонов. Сигнал, первым захваченный по каналу 1 (оранжевая опорная осциллограмма), был сохранен в память осциллографа (R1). На канале 1 (желтая осциллограмма) показан такой же сигнал от другого телефона. Сместив сигналы по вертикали, можно сравнить их по амплитуде, ШИМ и времени перехода. Также может быть выполнено, например, автоматическое измерение размаха напряжения (см. рисунок) обоих изучаемых сигналов.

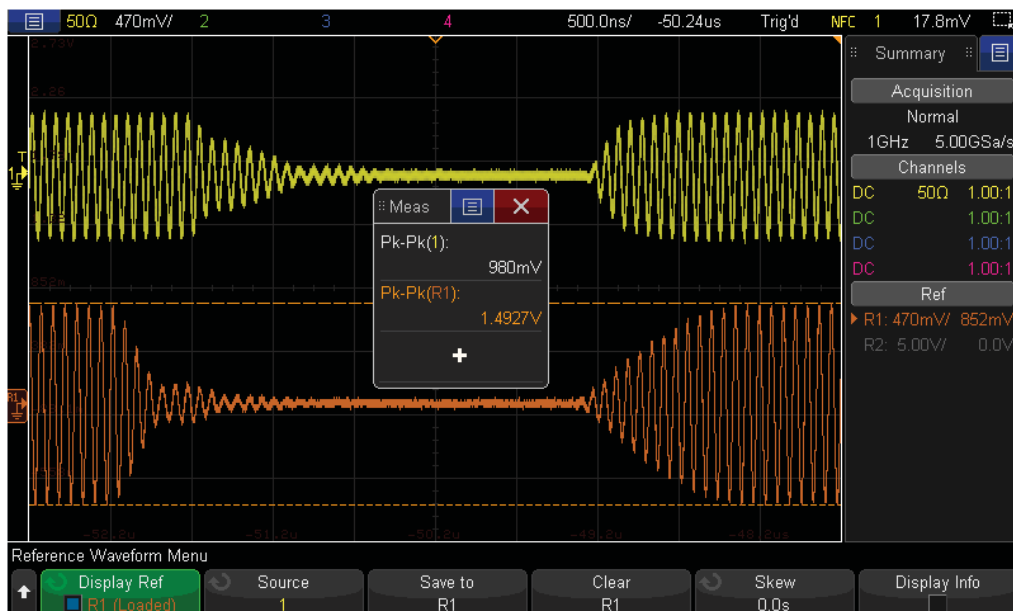


Рис. 4. Сопоставление сигналов двух мобильных телефонов с использованием опорной осциллограммы

Опорные осциллограммы - простой и наглядный способ сопоставления сигналов различных изучаемых устройств.



## 6. Удаленное подключение

Современные инженеры по испытаниям, как правило, стремятся автоматизировать свою работу, подключая свое оборудование, в том числе осциллографы, к компьютеру через интерфейсы LAN, USB или GPIB. Сегодня удаленное подключение устройств к компьютеру выполняется так же просто, как подключение обычной клавиатуры или мыши. Этим объясняется всё более широкое применение автоматизированных систем управления оборудованием. Автоматизация не только экономит время, но и обеспечивает воспроизводимость измерений и сопоставимость результатов анализа разных устройств. Преимущества автоматизации уже оценили инженеры по проектированию, разработке и производству различного оборудования.

Благодаря автоматизации инженеры по проектированию могут эффективнее отслеживать наличие отклонений в конструкции разрабатываемых устройств. Автоматизированные испытания, проводимые при каждом изменении конструкции оборудования, позволяют быстрее оценить влияние вносимых изменений, а также подтверждают и регистрируют (документируют) результаты. Инженеры, проверяющие разрабатываемое устройство на соответствие требованиям, проводят серии автоматизированных испытаний для изучения влияния на характеристики оборудования таких условий, как температура и влажность. Для изучения производственных условий проводятся автоматизированные испытания, почти не требующие участия персонала, которые позволяют максимально быстро и эффективно выполнять серии измерений и обрабатывать большие объемы данных. Автоматизированные испытания, проводимые на каждом этапе жизненного цикла продукции - от проектирования до производства, - позволяют экономить время, повысить точность и обеспечить воспроизводимость и повторяемость результатов.

Однако автоматическое измерение всех характеристик тестируемого устройства - не всегда простая задача. Прежде для подключения и настройки испытательного оборудования привлекались опытные программисты. Сегодня доступно множество программных инструментов, помогающих инженерам настроить автоматизированное испытательное оборудование, независимо от того, являются ли они опытными или начинающими программистами, или вообще не являются ими.

Программное обеспечение BenchVue, разработанное компанией Keysight, отличается простотой и удобством и может использоваться не только профессиональными программистами, но и специалистами различного профиля. Удобный интерфейс управления и измерения, основанный на перетаскивании визуальных управляющих конструкций с помощью мыши, в отличие от традиционных команд не требует написания программного кода. Программное обеспечение BenchVue позволяет подавать команды приборам или, при необходимости, запускать внешние исполняемые файлы (.exe), но преимущественно предназначено для выбора программных циклов, развертки и задержки, а также управления некоторыми осциллографами. На рис. 5 показана среда испытаний, позволяющая создавать циклы испытаний и максимально быстро получать результаты. Работу в данной среде легко осваивают даже начинающие программисты и специалисты различного профиля.

## 6. Удаленное подключение (продолжение)



Рис. 5. Программное обеспечение BenchVue делает процесс автоматизации испытаний доступным не только для программистов, но и для инженеров различной специализации.

Опытные программисты по достоинству оценят универсальность графических и текстовых средств программирования, позволяющих настроить подключение любого оборудования и передачу любых данных. Для решения сложных измерительных задач требуется написание специальных программ, и здесь опытные программисты незаменимы. Разработка автоматизированной процедуры испытания (даже для опытных программистов) требует значительного времени не только на написание и тестирование программы, но и на ее настройку и отладку в ходе дальнейшего использования.

Независимо от того, насколько опытным программистом вы являетесь и какую среду разработки используете, возможность удаленного подключения и управления испытательным оборудованием через интерфейсы LAN, USB или GPIB экономит время и обеспечивает воспроизводимость результатов измерения.

## 7. Дополнительные команды SCPI

Помимо удаленного подключения через интерфейсы LAN, USB или GPIB, для управления испытательным оборудованием можно также использовать язык программирования SCPI (стандартные команды для программируемых приборов). Язык программирования SCPI, разработанный на базе ASCII, предназначен для конфигурирования приборов и создания команд, совместимых со всеми приборами, поддерживающими SCPI, и организованных в иерархическую структуру в зависимости от выполняемых функций.

Для работы с приборами, выполняющими одинаковые функции, как правило, используются одни и те же команды SCPI. Каждому типу измерения, например, частоты или напряжения, соответствует определенный набор команд. Преимущество такого подхода в том, что для управления двумя приборами, совместимыми с SCPI (разных производителей), можно использовать одни и те же команды измерения напряжения.

На рис. 6 показана иерархическая структура команды "Measure". Команда измерения напряжения постоянного тока, созданная с помощью данной иерархической структуры, будет иметь вид "MEASure:VOLTage:DC?" или "MEAS:VOLTDC?". Для более сложных команд, например, конфигурирования параметров определенного прибора, предлагается собственная настройка параметров.

```
:MEASure
  :VOLTage
    :DC?
    :AC?
  :CURRent
    :DC?
    :AC?
  ...
```

Рис. 6. Пример иерархической структуры команд SCPI

Четкая и понятная структура команд позволяет выполнять измерение частоты счетчика SCPI или осциллографа, пользуясь одними и теми же командами. Команды SCPI исключительно просты для запоминания, не требуют дополнительных разъяснений и могут использоваться как опытными, так и начинающими программистами. Освоив функции и структуру команд SCPI, можно эффективно программировать приборы независимо от основного используемого языка программирования. Благодаря простоте использования команд SCPI, предназначенных для конфигурирования и управления приборами, более 50 % программ, используемых для разработки автоматизированных испытаний, созданы с помощью языка SCPI.

## Хотите знать больше?

Начните с простого бюджетного осциллографа

Осциллографы Keysight InfiniiVision серии 1000X (полоса пропускания 50-100 МГц) - это высокое качество и признанные в отрасли технологии по невероятно низким ценам. Откройте для себя все возможности профессиональных измерительных приборов и приобщитесь к богатому опыту признанного лидера в области метрологии.



[Узнать больше](#)

Посетите наш центр обучения работе с осциллографом

В центре обучения работе с осциллографом компании Keysight вы сможете получить всю информацию, необходимую для работы с данным прибором, - от основных сведений до специальных рекомендаций, а также обратиться за консультацией к экспертам компании Keysight. У нас есть всё, что вам нужно!



[Зарегистрироваться](#)



**www.axiestandard.org**

Расширение AdvancedTCA® для измерительного и тестового оборудования (AXIe) представляет собой открытый стандарт, расширяющий функциональность платформы AdvancedTCA для решения общих задач испытаний и тестирования полупроводниковых приборов. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe. ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA – зарегистрированные в США товарные знаки компании PCI Industrial Computer Manufacturers Group.



**www.lxistandard.org**

Коммуникационный стандарт LAN eXtensions for Instrumentation (LXI) позволяет использовать все возможности технологий Ethernet и Web в ваших тестовых системах. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.



**www.pxisa.org**

Платформа для модульного электронного приборного оборудования PCI eXtensions for Instrumentation (PXI) позволяет создавать на основе персональных компьютеров надежные и высокопроизводительные системы измерения и автоматизации.

## Download your next insight

Программное обеспечение компании Keysight является воплощением профессионального опыта и знаний ее сотрудников. Мы готовы обеспечить вас инструментами, которые помогут сократить сроки сбора первичных данных и принятия решения на всех этапах – от предварительного моделирования изделия до отгрузки готового продукта заказчику.

- Системы автоматизированного проектирования (САПР) электронных устройств
- Прикладные программы
- Среды программирования
- Программные утилиты



Подробнее на сайте  
[www.keysight.com/find/software](http://www.keysight.com/find/software)

Бесплатная лицензия на 30 дней  
[www.keysight.com/find/free\\_trials](http://www.keysight.com/find/free_trials)

## Постоянное движение вперед

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, знаний и опыта наших инженеров позволит вам воплотить в жизнь новые идеи.

Мы открываем технологии будущего.



От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight



### myKeysight

#### myKeysight

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

Персонализированное отображение интересующей вас информации.

### KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

#### Услуги Keysight

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

Для того чтобы создавать передовые решения в области разработки, тестирования и измерений, мы привлекаем лучших в отрасли специалистов, применяем самые совершенные инструменты и процессы. Мы помогаем своим заказчикам внедрять новые технологии процессы, позволяющие снизить затраты.



#### Трехлетняя гарантия

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

Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение совокупной стоимости владения. Keysight — это единственный производитель контрольно-измерительного оборудования, который предоставляет стандартную трехлетнюю гарантию на все свое оборудование и во всех странах мира. Также мы предоставляем годовую гарантию на многие принадлежности, калибровочные устройства, системы и изделия, изготовленные на заказ.



#### Планы технической поддержки Keysight

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

До десяти 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.

#### Торговые партнеры Keysight

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

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

[www.keysight.com/find/1000X-Series](http://www.keysight.com/find/1000X-Series)

Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте: [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

### Российское отделение Keysight Technologies

115054, Москва,  
Космодамианская наб., 52, стр. 3  
Тел.: +7 (495) 7973954  
8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)  
Факс: +7 (495) 7973902  
E-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)  
[www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

### Сервисный Центр Keysight Technologies в России

115054, Москва,  
Космодамианская наб, 52, стр. 3  
Тел.: +7 (495) 7973930  
Факс: +7 (495) 7973901  
E-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

Контактные данные для стран, не перечисленных в списке, приведены на странице: [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)  
(BP-11-29-16)



[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)  
Keysight Technologies, Inc.  
Сертифицировано DEKRA на соответствие стандарту ISO 9001:2015  
Система управления качеством