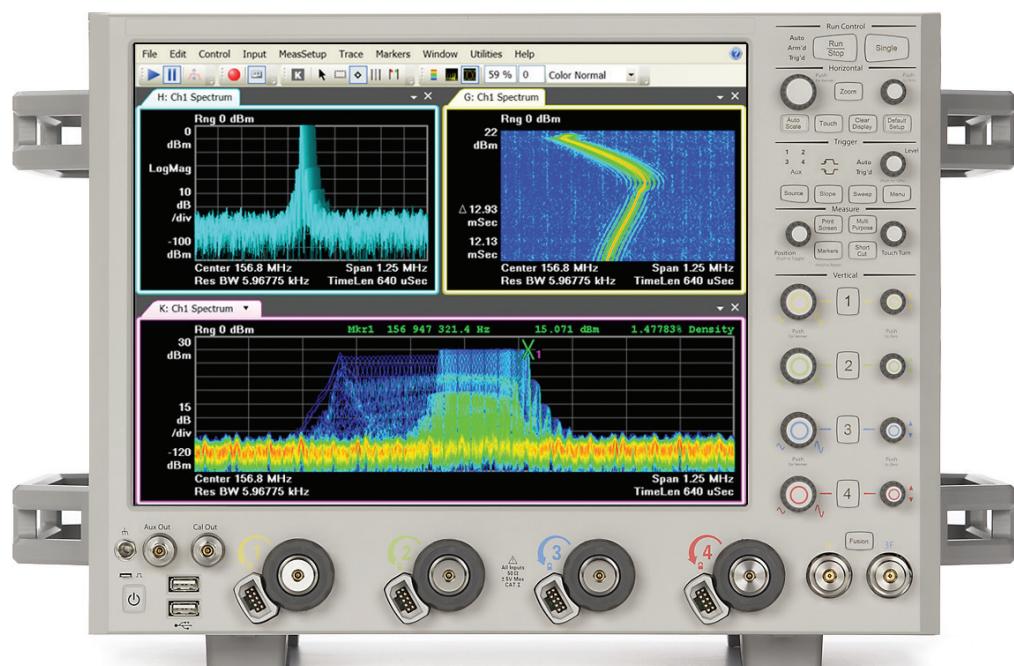


Keysight Technologies

Измерение широкополосных сигналов РЛС и спутниковых систем связи

Заметки по применению

Использование широкополосных осциллографов для непосредственного измерения и анализа сигналов передатчиков РЛС и спутниковых систем связи X-, Ku- и Ка-диапазонов до 32 ГГц



Обзор

Возрастающей тенденцией в системах спутниковой связи и радиолокации на рынке аэрокосмической и оборонной промышленности является потребность в расширении полосы частот сигналов и анализа и увеличении коэффициента расширения спектра сигналов. Развитие систем спутниковой связи обусловлено требованиями увеличения скорости передачи данных, тогда как современные радиолокационные системы (РЛС) требуют большего коэффициента расширения спектра, чтобы улучшить разрешающую способность по дальности, что, в свою очередь, ведёт к более широким полосам частот модуляции. Современные РЛС также используют более сложные форматы модуляции сигналов, чтобы улучшить разрешающую способность по дальности и уменьшить вероятность перехвата и создания (постановки) помех. Многие РЛС и системы спутниковой связи работают на сверхвысоких частотах (например, в X-, Ku- или Ка-диапазоне), что способствует поддержке более широких полос частот модуляции, увеличению разрешающей способности, а также получению выгоды от использования антенн меньшего размера.

В ряде случаев требования к ширине полосы частот превышают значения полос ПЧ имеющихся на рынке РЧ-анализаторов спектра и векторных анализаторов сигналов. В сочетании с более высокими рабочими частотами это создаёт серьёзный набор проблем для инженеров, занимающихся испытанием передатчиков РЛС и спутниковых систем связи.

Проблема

Быстрое, точное и эффективное с точки зрения затрат измерение характеристик передатчиков РЧ/СВЧ диапазона современных РЛС и спутниковых систем связи является очень сложной задачей. В некоторых случаях (например, при измерении модуля вектора ошибки (EVM) передатчика систем спутниковой связи) выход передатчика не всегда можно измерить непосредственно. Инженеры часто должны надеяться на изготовленный по заказу преобразователь с понижением частоты для переноса сигналов РЧ/СВЧ-диапазона на частоту ПЧ с целью последующего измерения с помощью имеющегося в продаже оборудования.

К сожалению, разовые расходы на инженерные работы, связанные с разработкой, изготовлением и испытанием преобразователя, могут оказаться непродуктивными. Аппаратура преобразователя с понижением частоты также добавляет свои собственные РЧ-искажения, которые могут маскировать реальные характеристики испытуемого передатчика сигналов РЧ/СВЧ диапазона. Более того, может возникнуть искажение, вносящее дополнительный вклад в суммарное значение измеряемого EVM. В результате сложно понять, какая часть значения EVM получена с реального выхода передатчика. При отсутствии других доступных вариантов инженеры остаются с этой неопределённостью в определении погрешности измерения, которая проистекает от этого далеко не идеального подхода.

Решение

Разрешение этой проблемы заключается в нахождении решения, которое позволит непосредственно измерять и анализировать сигналы на выходе передатчиков РЧ/СВЧ-диапазона без использования заказного преобразователя с понижением частоты. Идеальным решением для данной задачи является широкополосный осциллограф, который может непосредственно измерять и анализировать сигналы X-, Ku- и Ka-диапазонов (до 32 ГГц) передатчиков современных РЛС и систем спутниковой связи. Использование такого осциллографа не только исключает затраты времени и средств из-за использования заказного преобразователя с понижением частоты, но и освобождает от решения других проблем, таких как калибровка аппаратных средств и коррекция системных искажений и погрешностей в результатах измерений.

Другие аспекты измерения широкополосных сигналов РЛС и систем спутниковой связи, которые обычно представляют некоторую трудность для инженеров, следующие.

- Создание специализированных/собственных широкополосных сигналов. Традиционно создавать такие сигналы для испытания передатчиков было сложно, поскольку часто они не поддерживались имеющимися в продаже оборудованием. В результате инженеры были вынуждены разрабатывать специализированное испытательное оборудование, затрачивая на это много времени и средств.
- Анализ специализированных/собственных широкополосных сигналов. Сигналы РЛС и систем спутниковой связи могут иметь специализированные или собственные форматы, и могут потребовать до некоторой степени специализированный анализ сигналов

Нахождение технического решения для испытаний на основе оборудования, имеющегося в продаже, с помощью которого можно создавать и анализировать специализированные/собственные сигналы с использованием встроенных программных средств, является поэтому первостепенной задачей.

Одно такое техническое решение, предлагаемое компанией Keysight включает высокопроизводительный осциллограф серии 90000X семейства Infiniium, векторный генератор сигналов серии PSG, генератор сигналов произвольной формы (СПФ) M8190A и программное обеспечение

векторного анализа сигналов (VSA). В сочетании эта комбинация аппаратных и программных средств обеспечивает инженеров возможностями и гибкостью, которые им необходимы для проведения измерений широкополосных сигналов РЛС и систем спутниковой связи.

Широкополосный осциллограф серии 90000X позволяет непосредственно измерять и анализировать широкополосные сигналы на выходах передатчиков РЛС и систем спутниковой связи. С истинной аналоговой полосой пропускания 32 ГГц он обеспечивает точность измерения в реальном времени для непосредственного измерения сигналов на выходах передатчиков, не требуя использования внешнего преобразователя с понижением частоты. Анализ во временной области может использоваться для измерения характеристик передатчика в импульсных режимах (например, фронта/реза, длительности импульса).

M8190A - это модульный измерительный прибор, скомпонованный в базовом блоке шины AXIe. Он используется для генерации широкополосных сигналов при испытаниях новых РЛС и систем спутниковой связи. В качестве прецизионного 1- или 2-канального генератора СПФ с разрешением ЦАП, равным 14 бит при частотах дискретизации до 8 Гвыб/с и 12 бит - до 12 Гвыб/с (от 2 до 4 бит больше в сравнении с тем, что доступно в настоящее время), он обеспечивает преосходительные характеристики сигналов. M8190A также включает память сигналов до 2 Гвыб/канал (в 30 раз больше, чем у имеющихся генераторов СПФ), что позволяет инженерам

создавать длинные реалистичные сценарии, такие как имитация сигналов РЛС. Выходной тракт с шириной полосы частот 5 ГГц (на уровне -3 дБ) позволяет использовать его в качестве и генератора модулированных I/Q сигналов, и генератора сигналов ПЧ.

Генератор сигналов серии PSG обеспечивает высокое качество сигналов. Широкополосные I/Q входы упрощают его использование при измерениях сигналов РЛС и систем спутниковой связи. При соединении генератора сигналов серии PSG и M8190A обеспечивается гибкость, необходимая для создания специализированных/собственных сигналов РЛС и широкополосных модулированных сигналов (например, QPSK и 16QAM) для систем спутниковой связи. Эти сигналы могут использоваться для испытаний оборудования в лабораториях, не требуя применения дорогостоящего специализированного испытательного оборудования.

При испытании компонентов испытуемого устройства (ИУ) M8190A генерирует широкополосные I/Q сигналы, которые поступают на I/Q входы генератора серии PSG. Генератор серии PSG генерирует затем СВЧ сигнал, который будет использоваться для ИУ в качестве сигнала стимула. Затем выход ИУ подключается к осциллографу 90000X, где и проводятся измерения сигналов (рисунок 1). При измерении сигналов функционально законченного передатчика нужно просто подключить осциллограф к его выходу

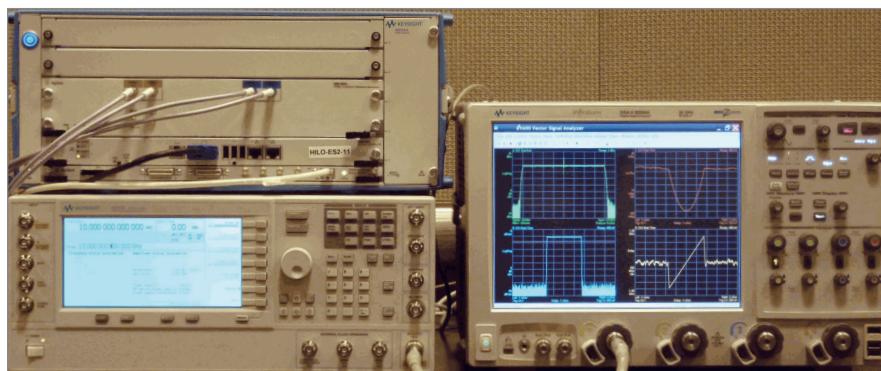


Рисунок 1: Здесь показана типичная испытательная установка, используемая для создания и анализа широкополосных сигналов РЛС и систем спутниковой связи. Широкополосный генератор сигналов произвольной формы показан слева вверху, генератор сигналов серии PSG с широкополосными I/Q входами - слева внизу, а широкополосный осциллограф серии 90000X с программным обеспечением векторного анализа сигналов - справа

Специализированные/ собственные измерения

Создание специализированных/
собственных сигналов и проведение
специализированных/собственных
измерений сигналов РЛС и систем
спутниковой связи можно значительно
упростить, используя MATLAB при
генерации сигналов с целью создания
моделируемых форм сигналов, которые
затем загружаются в генератор
СПФМ8190А. Здесь они синтезируются
в дифференциальные I/Q сигналы,
которые поступают на внешние I/Q
входы генератора сигналов PSG. После
этого генерируются модулированные
РЧ/СВЧ-испытательные сигналы.

Специализированные, определяемые
пользователем, функции MATLAB
также можно использовать внутри
осциллографа 90000Х и применить к
отображаемому сигналу (например,
для вычисления огибающей
импульсного РЧ-сигнала). За счёт этого
огибающую импульсного РЧ-сигнала
можно измерить и отобразить.
Предварительно сконфигурированные
измерения осциллографа 90000Х
можно использовать для измерения
фрона, среза, длительности импульса
и выброса на фронте импульсных
РЧ сигналов РЛС (рисунок 2). В
этом случае глубокая память сбора
данных осциллографа 90000Х
(2 Гвыб) играет важную роль в
обеспечении способности захватывать
и анализировать большое число
импульсов РЛС.

Сегментированная память оптимизирует
число импульсов РЛС, которое можно
захватить и проанализировать,
учитывая объём доступной памяти
осциллографа. Важно, что она
позволяет увеличивать масштаб
изображения импульса и выполняет
захват данных только во время
включенного состояния импульса,
а при выключенном состоянии
- игнорирует. Заметим, что пока
сегментированная память может
использоваться функциями MATLAB,
определенными пользователем,
такая возможность недоступна для
программы векторного анализа.

Специализированные/ собственные измерения

Хотя для испытания РЧ-устройств
традиционно использовались
анализаторы спектра и векторные
анализаторы сигналов, проблемы,
связанные с проведением

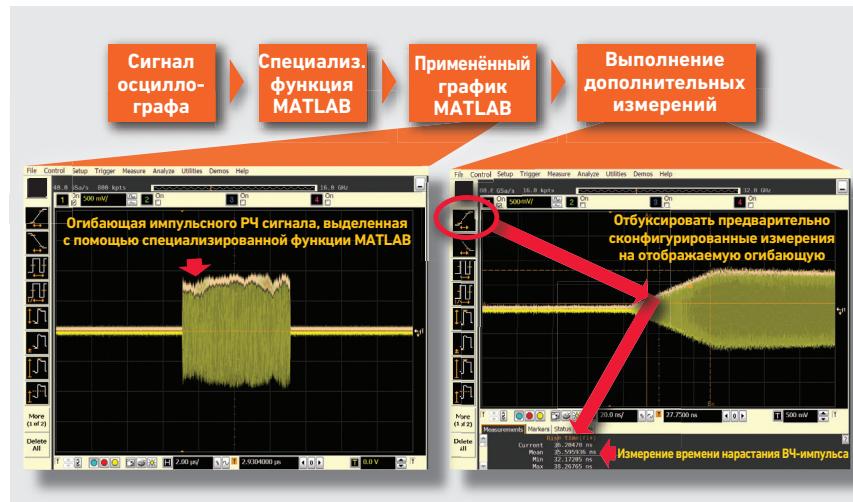


Рисунок 2 – Огибающая импульсного РЧ сигнала и измерение длительности фронта на огибающей

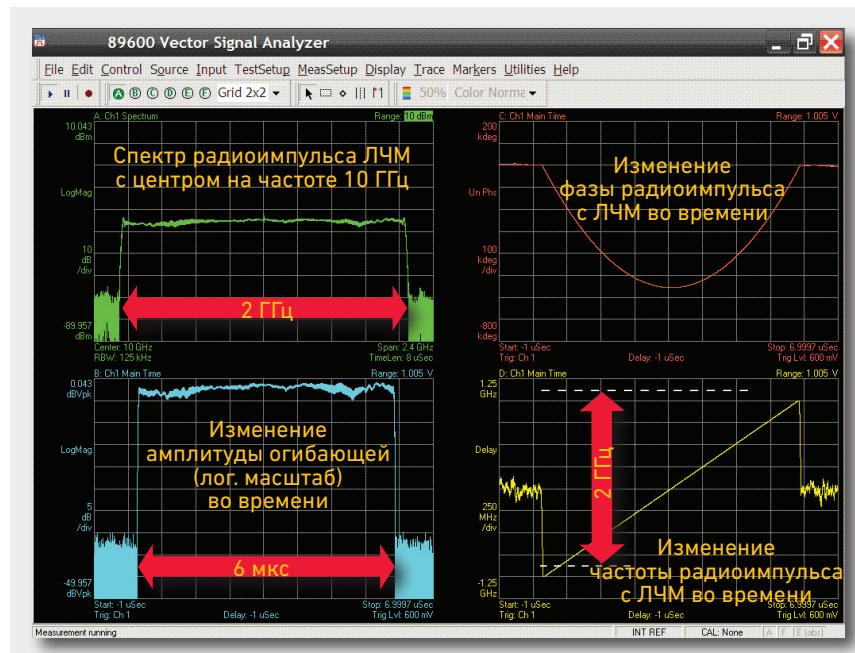


Рисунок 3 – Здесь показан пример измерения характеристик широкополосного радиоимпульса с ЛЧМ
РЛС с использованием программного обеспечения векторного анализа сигналов в осциллографе 90000Х.

измерений сигналов современных
РЛС и систем спутниковой связи,
стали катализатором перехода
инженеров к широкополосным
осциллографам. К счастью, программное
обеспечение векторного анализа (VSA)
компании Keysight работает внутри
осциллографа 90000Х и способно
упростить этот процесс перехода,
предоставляя инженерам наилучшее
из обоих областей: функциональность
и интерфейс пользователя векторного
анализатора сигналов и доступ к
широкополосным возможностям
осциллографа, который обеспечивает
проведение измерений на частотах до
32 ГГц для широкополосных измерений
сигналов РЛС и систем спутниковой
связи. С помощью знакомого интерфейса
пользователя VSA позволяет инженерам

задавать традиционные параметры
РЧ-сигналов (например, полосу обзора
и полосу пропускания) в осциллографе.
Затем VSA обрабатывает данные,
собранные осциллографом, и выводит
оцифрованные результаты на экран,
используя отображение амплитуды
и фазы векторного анализатора
сигналов. Программное обеспечение
VSA также способно проводить анализ
в частотной и временной областях для
измерения спектра РЧ/СВЧ-сигналов,
частотных и фазовых характеристик
(например, частотных и фазовых
характеристик радиоимпульса с ЛЧМ
или характеристик скачкообразной
перестройки частоты, отображаемых
на спектрограмме РЧ-сигнала) и EVM
(рисунок 3).

Кроме того, программное обеспечение VSA поддерживает многие виды стандартов сигналов и форматов модуляции с целью демодуляции таких форматов сигналов, как QPSK, 16QAM и 64 QAM, используемых в системах спутниковой связи и других приложениях. Такой анализ даёт инженерам больше средств изучения характеристик аппаратных средств передатчиков РЛС и систем спутниковой связи.

Пример: широкополосный сигнал с модуляцией 16QAM

Кроме измерения сигналов РЛС, то же самое измерительное оборудование, имеющееся в продаже, можно использовать для широкого круга других приложений, включая системы спутниковой связи. Рассмотрим, например, широкополосный сигнал (ширина полосы частот 1,76 ГГц) с модуляцией 16QAM. Он создается и анализируется с использованием той же самой испытательной установки, созданной на базе оборудования, имеющегося в продаже, как показано на рисунке 1. MATLAB используется для создания сигнала с модуляцией 16QAM, который загружается в генератор СПФ M8190A. Как показано на рисунке 4, программное обеспечение

VSA, работающее в осциллографе, используется для демодуляции сигнала с модуляцией 16QAM. Напомним, что EVM является индикатором амплитудных и фазовых искажений сигналов с цифровой модуляцией. В данном случае остаточное значение EVM приблизительно равно 1,17%, что очень хорошо для модулированного сигнала с шириной полосы частот 1,76 ГГц в X-диапазоне (10 ГГц). Если сравнивать с существующим оборудованием, то значение EVM, которое может быть достигнуто при такой скорости передачи данных, составляет обычно от 2 до 3%, что является результатом значительнобольших значений погрешности и неопределённости измерения.

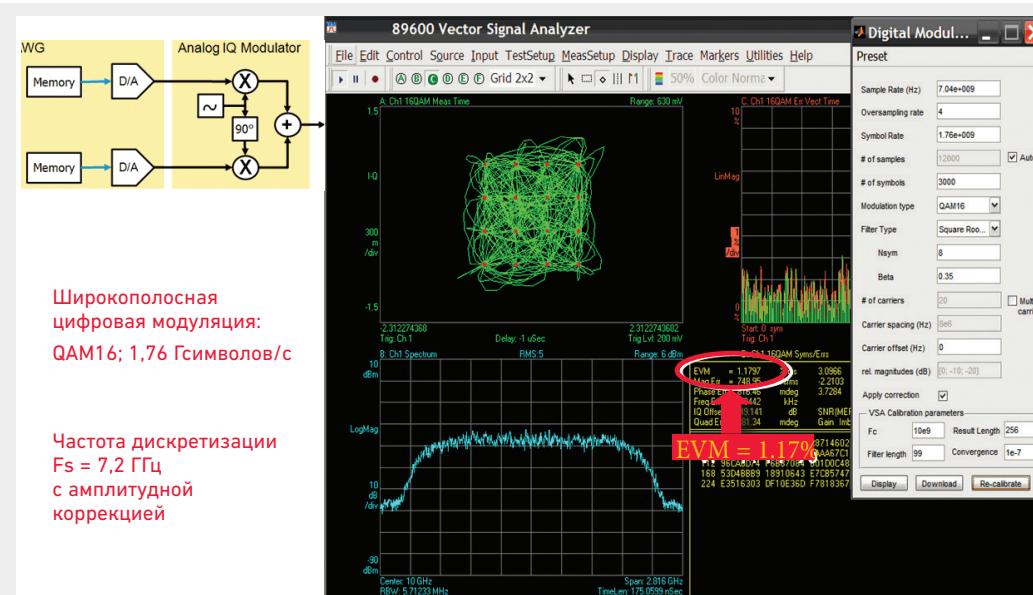


Рисунок 4 – В четырёх квадрантах дисплея программы векторного анализа сигналов (VSA) показаны: звёздная диаграмма (слева вверху), спектр сигнала X-диапазона (10 ГГц) (слева внизу), зависимость EVM от времени (справа вверху) и итоговое значение EVM (справа внизу). В данном примере остаточное значение EVM получено в результате объединения генератора СПФ, генератора сигналов серии PSG с широкополосными I/Q входами и цифрового осциллографа с полосой пропускания 32 ГГц.

Краткое изложение

результатов

Использование внешних преобразователей с понижением частоты для измерения характеристик сигналов широкополосных передатчиков РЛС и систем спутниковой связи может потребовать больших затрат времени и средств. Этот подход может оказаться неоптимальным для улучшения возможностей исследования истинных характеристик передатчиков РЧ/СВЧ-диапазона. Осциллограф 90000X компании Keysight предоставляет практическую альтернативу: средство непосредственного измерения и анализа характеристик передатчиков РЧ/СВЧ-диапазона для РЛС и систем спутниковой связи.

Осциллограф можно объединить с генератором СПФ M8190A и генератором сигналов серии PSG. Вместе они позволяют создавать и анализировать испытательные сигналы на физическом уровне. Специализированные/собственные формы сигналов можно сгенерировать с помощью MATLAB и затем загрузить в генератор СПФ M8190A, объединённый с генератором сигналов серии PSG, для создания испытательного сигнала. С помощью осциллографа 90000X сигналы на выходах передатчиков можно измерить, используя программное обеспечение VSA компании Keysight, функции MATLAB,

определенные пользователем, или встроенные возможности анализа во временной области осциллографа. Для современных РЛС и систем спутниковой связи, использующих более широкие полосы частот и более высокие рабочие частоты, непосредственное и точное измерение сигналов на выходе передатчиков с использованием осциллографа 90000X становится основным средством улучшения возможностей исследования истинных характеристик передатчиков, позволяющим сэкономить время и помогающим сократить число дорогостоящих циклов разработки .

Сопутствующие приложения

- Измерение сигналов систем MIMO, анализ и тестирование модуляции физического уровня

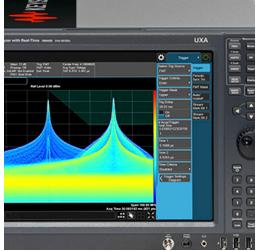
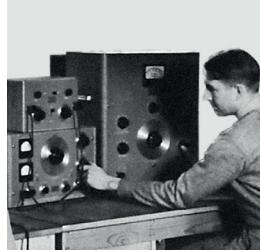
Сопутствующие изделия компании Keysight

- Цифровой осциллограф DSOX93204A с полосой пропускания 32 ГГц и опциями:
 - 02G, глубина памяти 2 Гвыб/канал
 - 062, MATLAB (базовый пакет)
 - 010, функция, определяемая пользователем
- Генератор сигналов произвольной формы M8190A
- Программное обеспечение векторного анализа сигналов 89601B/BN (VSA) с опциями:
 - 200, базовый векторный анализ сигналов
 - 300, подключение аппаратных средств
 - AYA, гибкий анализ модуляции
- Векторный генератор сигналов E8267D с опциями:
 - 520 или 532, диапазон частот от 250 кГц до 20 ГГц или 31,8 ГГц
 - 016, широкополосные дифференциальные внешние входы I/Q
 - H18, широкополосная модуляция в полосе не более чем 3,2 ГГц

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированная подборка только нужной вам информации.

http://www.keysight.com/find/emt_product_registration

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

www.keysight.com/find/service

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по поверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.



Планы технической поддержки Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые 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

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/ad

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

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

(BP-16-10-14)



www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.

Сертифицировано DEKRA на соответствие
стандарту ISO 9001:2015

Система управления качеством