

Измерительные решения



Диполь - ОТРАСЛЕВОЙ ИНТЕГРАТОР



Компания «Диполь», основанная в 1992 году, создает и реализует высокотехнологичные проекты

В рамках этой деятельности компания осуществляет:

- решение ключевых задач при создании и техническом перевооружении промышленных предприятий;
- поиск инновационных технологий и их адаптацию для промышленного комплекса России;
- проектирование и строительство производственных помещений, инженерных сетей и коммуникаций;
- инжиниринг, управление проектами, функции технического заказчика, генподрядчика;
- комплексное оснащение технологическим, измерительным и испытательным оборудованием;
- научно-технический и технологический консалтинг;
- аудит производственных процессов предприятий, внедрение стандартов и методов контроля качества;
- образовательные и обучающие программы для специалистов предприятий;
- метрологический консалтинг и аудит.

Предприятия под ключ

Компания «Диполь» обладает богатым опытом реализации проектов под ключ: от идеи до сдачи объекта в эксплуатацию. Мы осуществляем подбор оптимальной технологии производственного процесса и соответствующего решения для предприятий различных отраслей промышленности: оборонной, авиационной, космической, радиоэлектронной, химической, медицинской и других. Специалисты компании выполняют проектирование и строительство помещений, коммуникаций и инженерной инфраструктуры, в том числе специального назначения (например, чистых производственных помещений). Компания берет на себя функции технического заказчика и генерального подрядчика, контроль за соблюдением стандартов выполняемых работ.

Технологическое, измерительное и испытательное оборудование

Мы предоставляем полный спектр решений для разработки, производства и испытаний электронной техники.

Среди них:

- программное обеспечение для управления производством;
- средства автоматизированного проектирования для разработки электронных компонентов и модулей;
- измерительное оборудование для анализа ВЧ- и СВЧ-сигналов, сбора данных;
- технологическое оборудование для микроэлектроники;
- технологическое и контрольное оборудование для сборки печатных плат;
- системы нанесения защитных покрытий;
- технологические материалы;
- решения для производства кабельных сборок и жгутов;
- оборудование для климатических и механических испытаний;
- оборудование для испытаний на электромагнитную совместимость;
- аддитивные технологии 3D-печати и 3D-сканирования;
- промышленная мебель и антистатическое оснащение.

Компания «Диполь» имеет огромный опыт внедрения данных решений на предприятиях, занимающихся разработкой и производством ответственной и высоконадежной электроники в единичных и крупносерийных масштабах. Высококвалифицированные специалисты сервисной службы осуществляют гарантийное и постгарантийное обслуживание и техническую поддержку в течение всего срока эксплуатации оборудования.



Знания

Компанией «Диполь» разработан комплекс образовательных программ, предназначенных для подготовки кадров, повышения уровня знаний инженеров и технических специалистов электронной промышленности. Сегодня мы проводим тренинги по следующим программам: современные технологии сборки электроники, стандарты IPC, защита электронных устройств от электростатики. Также мы регулярно делимся экспертными знаниями на проводимых нами научно-технических конференциях и семинарах. Другим аспектом деятельности компании в этой области являются образовательные программы по подготовке специалистов в техникумах, колледжах и вузах. Нами реализованы проекты создания учебно-производственных центров во многих образовательных учреждениях Российской Федерации.

Партнеры

Осуществляя деятельность по оснащению предприятий передовыми технологиями, «Диполь» сотрудничает с ведущими мировыми технологическими центрами и институтами прикладных исследований.

Нас связывают официальные партнерские отношения и годы совместной работы с ведущими мировыми производителями инновационного оборудования и технологических материалов: Keysight Technologies, Asscon, Balver Zinn, Dima, Ekra, Fluke, HAKKO, Heller, Koh Young, Mycronic, Nordson Dage, Schleuniger, Teseq, Thermotron.

Компания «Диполь» является активным членом общественных и отраслевых союзов и ассоциаций, среди которых Союз промышленников и предпринимателей, Санкт-Петербургская ассоциация предприятий радиоэлектроники, совместно с которыми участвует в реализации различных проектов, в том числе социального значения.

Заказчики и проекты

Мы накопили огромный опыт работы с предприятиями оборонной, аэрокосмической, радиоэлектронной и электротехнической отраслей промышленности, контрактными предприятиями, научно-исследовательскими институтами и образовательными учреждениями. Со многими из них нас связывают долгие годы плодотворного сотрудничества и успешно реализованные проекты.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| САПР для всех этапов разработки электроники | 5 |
| Источники питания и электронные нагрузки | 13 |
| Линейные и импульсные источники питания | 13 |
| Анализаторы питания и мощности | 22 |
| Мультиметры/токоизмерительные клещи | 28 |
| Системы сбора данных и коммутации | 41 |
| Генераторы сигналов | 47 |
| Частотомеры и стандарты частоты | 70 |
| Измерители и преобразователи мощности | 75 |
| Анализаторы спектра/сигналов | 84 |
| Осциллографы | 106 |
| Логические анализаторы | 126 |
| Решения для тестирования передачи данных | 129 |
| Анализаторы цепей | 132 |
| Приборы для измерения импеданса | 150 |
| Анализаторы параметров полупроводников | 153 |
| Решения для входного контроля | 156 |
| Антенны и вспомогательное оборудование | 163 |

Условные обозначения:

 – сертифицированный тип средства измерения



EMPro



IC-CUP



MQA



WaferPro Express

САПР ДЛЯ ВСЕХ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОНИКИ

Инженеры, занимающиеся разработкой и моделированием высокочастотных и высокоскоростных цифровых устройств, измерением целостности сигнала и качества электропитания, созданием моделей компонентов, обработкой сигналов и проектированием радиочастотных схем смогут быстрее создавать требуемые устройства, используя технологическую платформу на основе средств проектирования систем, компонентов и элементов на физическом уровне. Мы предлагаем полные интегрированные решения для проектирования таких устройств, как сотовые телефоны, беспроводные сети, радиолокационные системы, системы спутниковой связи и высокоскоростные цифровые проводные устройства.

Приложения компании Keysight включают решения для проектирования на системном уровне (ESL), средства для оценки целостности сигналов и качества электропитания, аналоговых и смешанных схем, решения для моделирования ВЧ/СВЧ устройств для коммерческой беспроводной связи, аэрокосмической и оборонной промышленности. САПР Keysight совместимы с собственным контрольно-измерительным оборудованием Keysight и также используется для его разработки.

Пакеты САПР предлагают широчайший спектр гибких решений, легко адаптируемых к Вашему маршруту проектирования и бюджету, и при необходимости могут быть расширены: Вы можете добавлять необходимые методики расчета (симуляторы), модели и библиотеки. Мы предоставим вам высококлассное программное обеспечение и поддержку, необходимые для повышения производительности [проектирования](#).

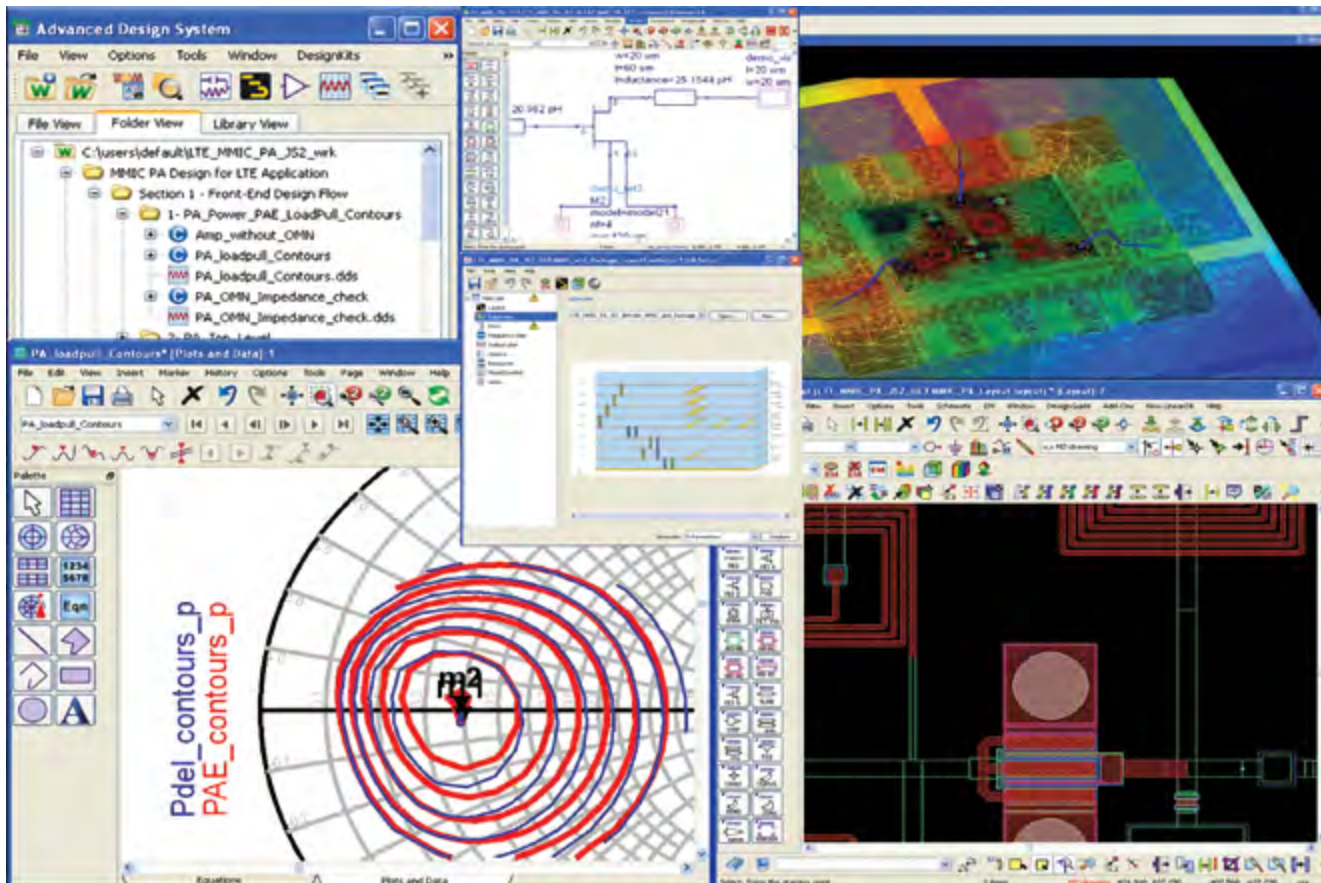


ДИПОЛЬ

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ KEYSIGHT TECHNOLOGIES EESOF

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ADS

ADS является лучшей в отрасли САПР электронных устройств, ориентированной на беспроводную связь, компьютерные сети, аэрокосмическую и оборонную промышленность, а также на приложения, обеспечивающие целостность сигнала.



Система ADS является самой передовой в отрасли системой автоматизированного проектирования ВЧ-, СВЧ- и высокоскоростных цифровых электронных устройств. В САПР ADS впервые использованы такие инновационные и коммерчески успешные технологии, как X-параметры и 3D электромагнитное моделирование, применяемые ведущими компаниями в сфере беспроводной связи, компьютерных сетей, в аэрокосмической и оборонной промышленности.

Благодаря широкому набору библиотек и косиммуляции на уровне «схема-система-анализ электромагнитной обстановки» в едином программном пакете, система ADS обеспечивает полный цикл проектирования и верификации устройств WiMAX, LTE, высокоскоростных устройств передачи данных, радиолокационных и спутниковых систем.

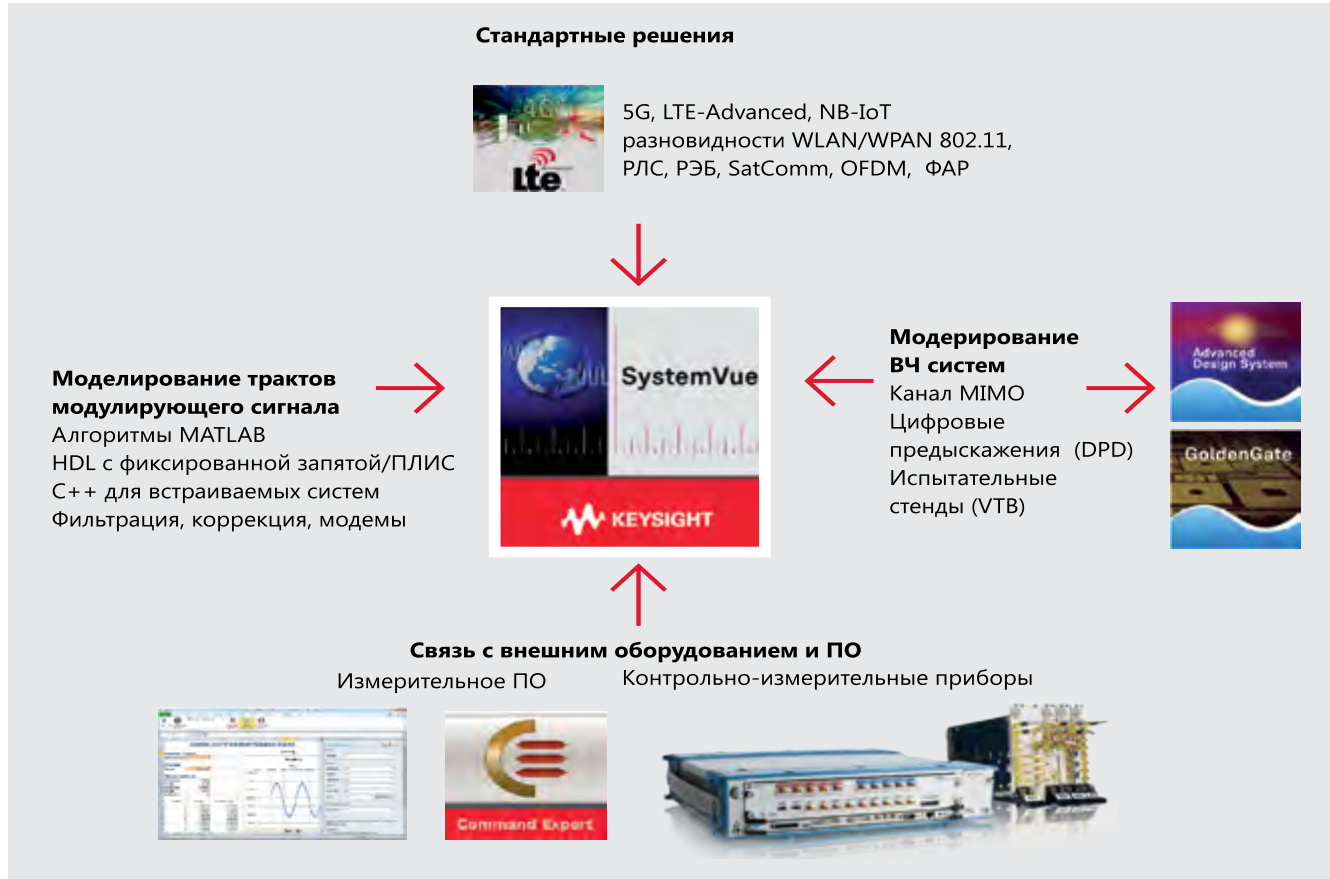
Основные преимущества САПР ADS

- Полный интегрированный набор простых в использовании программ для точного моделирования систем, схем и электромагнитного моделирования
- Специализированные Помощники конструктора (DesignGuides) для различных приложений аккумулируют многолетний опыт проектирования электронных устройств
- В отличие от других систем проектирования, САПР ADS обеспечена эксклюзивной ранней поддержкой ведущими производителями микросхем и компонентов

Ключевые возможности

- Полнофункциональная среда для создания схем и топологий
- Инновационные и лучшие в отрасли схемотехнические и системные симуляторы
- Прямой доступ к 2.5D планарным и 3D ЭМ методам моделирования
- Точный и эффективный электротермический анализ для моделирования цепей, чувствительных к температуре
- Библиотеки для технологических процессов (PDK), создаваемых и поддерживаемых ведущими производителями компонентов
- Интеграция с маршрутом проектирования устройств в САПР других компаний
- Панель оптимизации, поддерживающая управление процессом оптимизации в реальном времени
- Создание модели на основе X-параметров по принципиальной схеме и по результатам измерений, полученных с помощью нелинейного векторного анализатора NVNA
- Обширные библиотеки беспроводных устройств, позволяющие проектировать и проверять на соответствие новейшим стандартам беспроводной связи

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА СИСТЕМНОМ УРОВНЕ SYSTEMVue



Основные преимущества САПР SystemVue

- Лучшая в своем классе точность моделирования среди существующих средств проектирования физического уровня, ВЧ и цифровой частей устройств
- Интеграция с измерительным оборудованием позволяет сократить сроки разработки и оптимизировать основанный на модели маршрут проектирования от создания архитектуры до верификации проекта
- Возможность взаимодействия различных групп инженеров при работе над единым проектом позволяет увеличить эффективность разработки систем со смешанными сигналами



SystemVue

Программное обеспечение SystemVue представляет собой специализированную среду САПР, предназначенную для проектирования электронных устройств на системном уровне. САПР SystemVue позволяет системным инженерам и разработчикам алгоритмов оптимизировать физический уровень (PHY) беспроводных систем следующего поколения и средств связи аэрокосми-

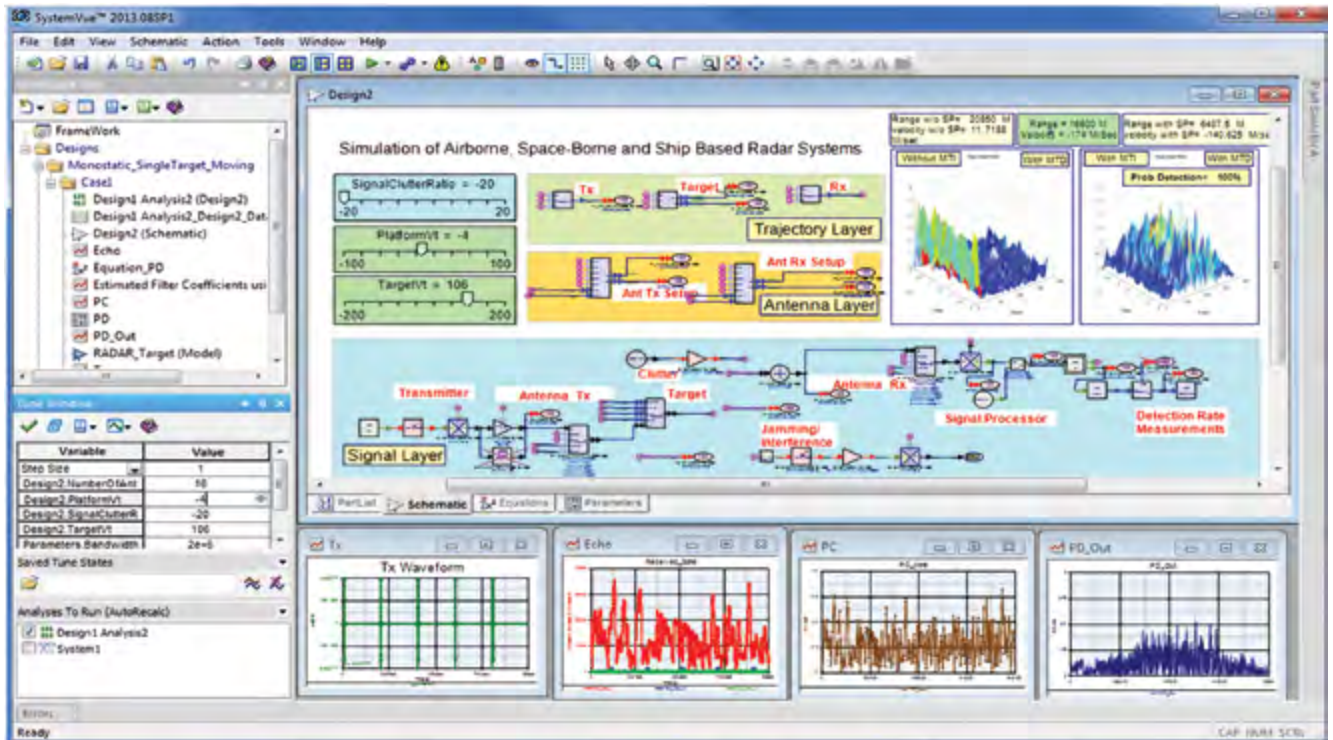
ческой/оборонной отрасли, а также обеспечивает уникальные интегрированные возможности для разработчиков, которые применяют ВЧ-компоненты, цифровые сигнальные процессоры, ПЛИС и специализированные интегральные схемы. Являясь специализированной платформой для проектирования на системном уровне и обработки сигналов, SystemVue заменяет цифро-

вые, аналоговые и математические среды общего назначения. SystemVue позволяет вдвое сократить время проектирования на физическом уровне и верификации устройств, а также обеспечивает возможность импортирования результатов в основной маршрут проектирования.

Использование программного обеспечения SystemVue компании Keysight для создания реалистичных сценариев испытания систем РЛС и РЭБ

Среда SystemVue может использоваться для моделирования, имитации, контроля и испытания в процессе разработки и реализации систем РЛС и РЭБ. Это программное обеспечение обладает также достаточной гибкостью, чтобы объединять модели, созданные с использованием других программных средств, таких как C++, MATLAB и HDL.

Ориентированное на разработку РЛС, SystemVue с библиотеками Radar Model Library обладает четырьмя ключевыми возможностями: генерация специальных форм сигналов, поддержка расширенных измерений, управление аппаратными и программными средствами приборов и эмуляция идеальных передатчиков, детекторов и приёмников. Будь то генератор цели для РЛС или платформа для испытания системы, желаемая РЛС конструируется в среде SystemVue.



При моделировании многих типов систем это программное обеспечение позволяет задавать технические требования для индивидуальных компонентов структурных схем:

- Источники сигнала: линейная ЧМ (LFM), нелинейная ЧМ (NLFM), кодирование по Баркеру/Франку, сверхширокая полоса (UWB), частотномодулированная непрерывная несущая (FMCW), импульсный сигнал
- Модули передатчика и приёмника: ЦАП (DAC), АЦП (ADC), цифровой повышающий преобразователь (DUC), цифровой понижающий преобразователь (DDC), прямой цифровой синтез (DDS), маломощный усилитель (LNA), цифровые элементы
- Антенны: модели, антенные решётки, распространение волн
- ВЧ/ПЧ модули: передатчики, приёмники, фильтры, усилители мощности, генераторы, частотные синтезаторы
- Радиолокационная среда: цель, эффективная площадь рассеяния (ЭПР), мешающие эхосигналы (1D и 2D), станции активного радиоэлектронного подавления, радиопомехи, отражения от морской поверхности
- Обработка сигнала: цифровое сжатие импульса, селекция движущихся целей (MTI), обнаружение движущихся целей (MTD), постоянная вероятность ложной тревоги (CFAR), цифровое формирование луча, STAP, радар с синтезированной апертурой (SAR), калмановская фильтрация
- Измерения: форма сигнала, спектр, чувствительность, избирательность, динамический диапазон, скорость обнаружения, частота ложных тревог, уравнение для максимальной дальности действия РЛС

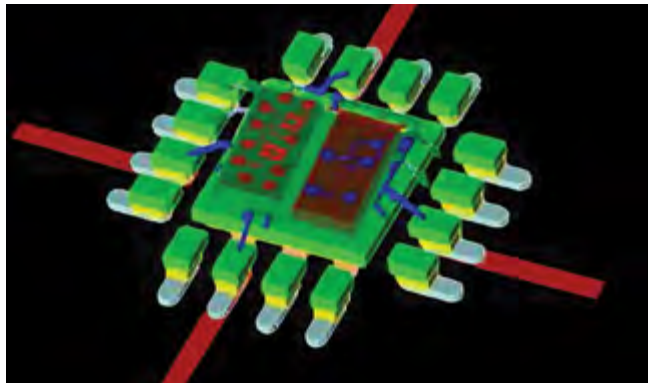
SystemVue позволяет создавать сложные модулирующие сигналы или последовательности и загружать их в память векторных генераторов сигналов компании Keysight, таких как генераторы серии MXG, которые могут генерировать модулированную несущую на частоте до 6 ГГц с полосой модуляции до 160 МГц. SystemVue также позволяет загружать сигналы в широкополосные генераторы сигналов произвольной формы, например M8190A, 81180A, M8241A и M9330A. Сигнал широкополосного генератора сигналов произвольной формы подаётся на широкополосные модуляционные I/Q-входы векторного генератора сигналов, такого как E8267D серии PSG компании Keysight для создания широкополосного или сверхширокополосного (UWB) сценария. В результате генерируется модулированная несущая с частотой до 44 ГГц с полосой модуляции

В реальных условиях РЛС приходится работать в сложной сигнальной среде: много целей, мешающие отражения от земной или морской поверхности, преднамеренные активные помехи, радиопомехи, сигналы беспроводных систем связи и другие виды электромагнитных помех. Комбинация SystemVue и его библиотеки Radar Model Library составляет мощное ядро моделирования при создании сложных и реалистичных радиолокационных сценариев, имитирующих до трёх эхосигналов от цели. Система, включающая SystemVue и генератор сигналов произвольной формы компании Keysight, представляет универсальное решение для испытания передатчиков, приёмников, подсистем и компонентов РЛС. Этот подход может использоваться для широкого круга существующих и разрабатываемых РЛС: импульсно доплеровских, РЛС, использующих антенную решётку с цифровым сканированием, широкополосных, сверхширокополосных (UWB), с частотномодулированной непрерывной несущей (FMCW), РЛС с синтезированной апертурой (SAR) и других.

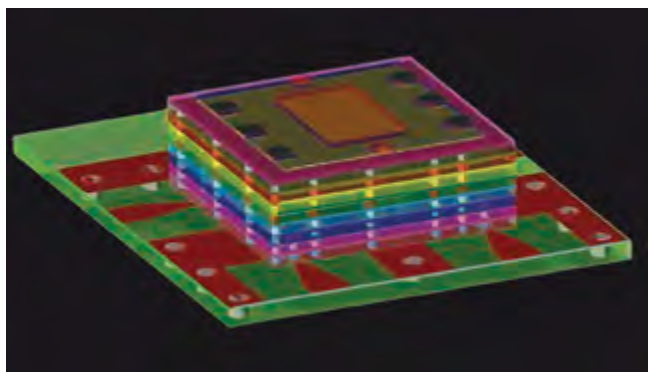
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ EMPro

EMPro используется в разнообразных приложениях для 3D ЭМ моделирования

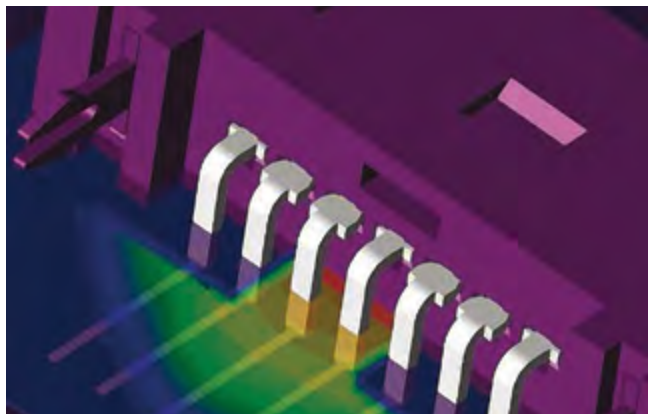
Корпусирование ИС



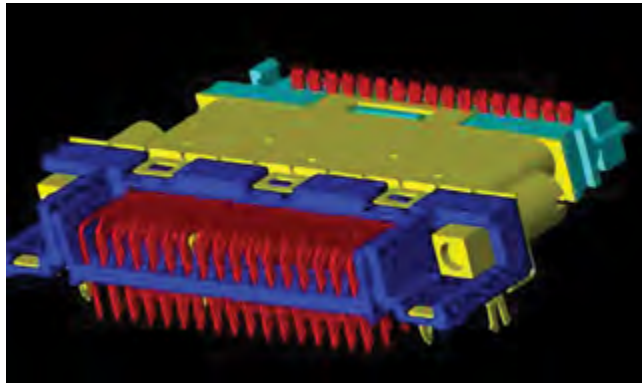
Многослойные ВЧ модули



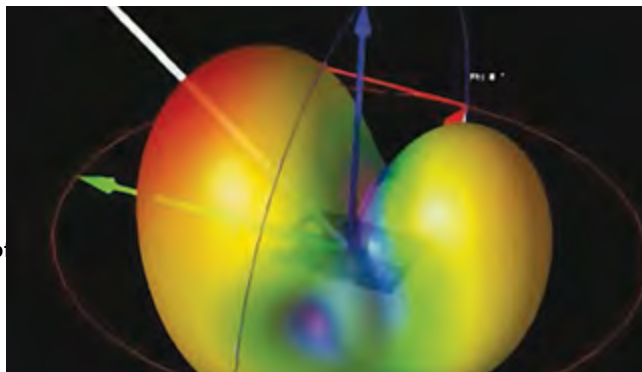
Анализ ЭМП/ЭМС



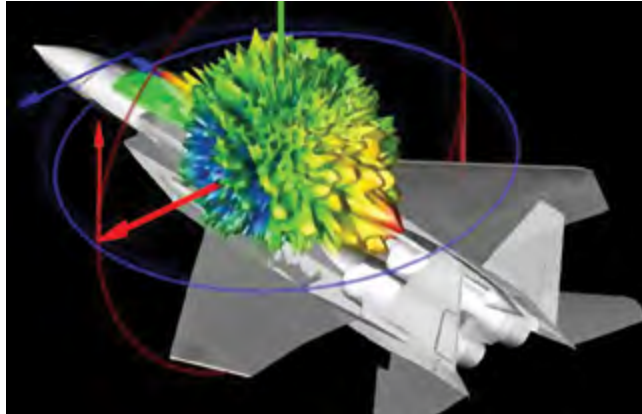
Разъёмы высокоскоростных шин и ВЧ разъёмы



Антенны



Аэрокосмические/оборонные приложения



Программное обеспечение Electromagnetic Professional (EMPro) компании Keysight EESof EDA представляет собой программную платформу электромагнитного трехмерного моделирования для анализа объемных электромагнитных эффектов различных электронных компонентов, включая корпуса высокоскоростных и ВЧ микросхем, соединительные провода, антенны, внутрисхемные и внешние пассивные элементы, а также соединения печатных плат. Программа EMPro характеризуется наличием современных средств проектирования, моделирования и анализа, высокопроизводительными технологиями моделирования, а также возможностью интеграции в САПР ADS — лучшую в отрасли систему разработки ВЧ и СВЧ устройств.

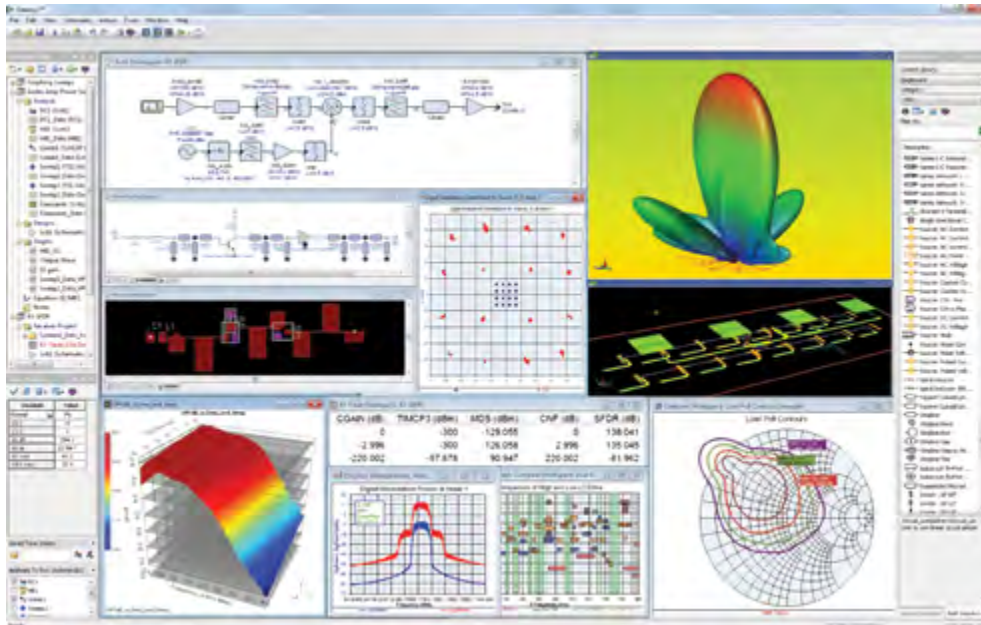
Основные преимущества программы электромагнитного моделирования EMPro

- Интеграция маршрута проектирования. Создание 3D компонентов, которые могут моделироваться совместно с топологиями и схемами средствами САПР ADS при использовании ко-симуляции «электромагнитная схема»
- Широкий набор технологий моделирования. Настройка и запуск анализа с использованием технологий 3D электромагнитного моделирования как в частотной, так и во временной областях: метод конечных элементов (FEM) и метод конечных разностей во временной области (FDTD)
- Удобный конструкторский интерфейс. Быстрое создание произвольных объемных структур с помощью современного простого в использовании интерфейса; расширенные возможности по созданию скриптов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЧ И СВЧ УСТРОЙСТВ GENESYS

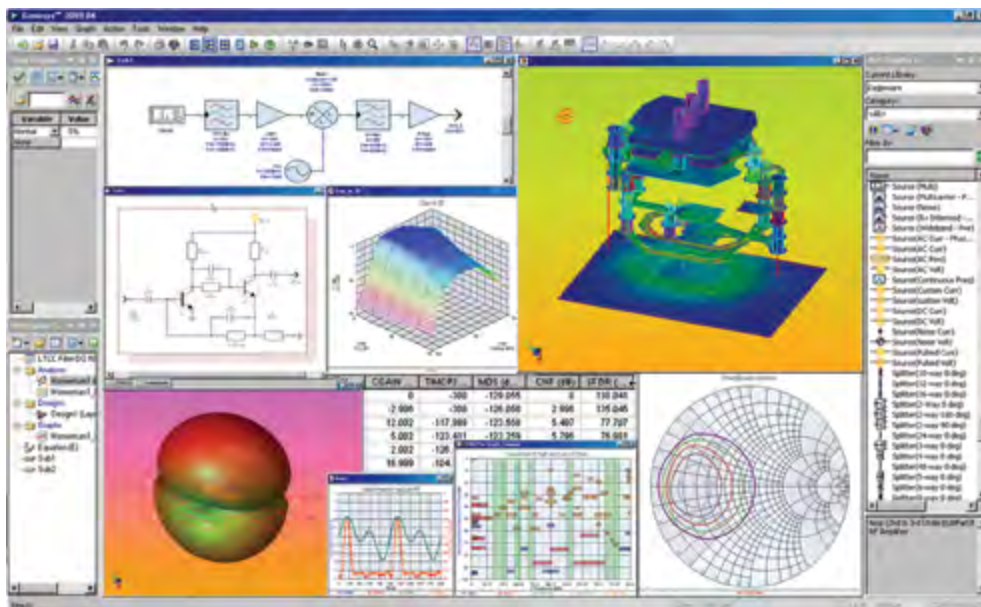
Genesys является недорогим и точным инструментом для разработки и моделирования ВЧ/СВЧ печатных плат и подсистем.

Программное обеспечение Genesys компании Keysight представляет собой доступное по цене, простое в использовании, высокопроизводительное средство проектирования, предназначенное для разработчиков ВЧ и СВЧ плат и модулей. Экономическую эффективность пакета могут подтвердить более 5000 пользователей. ПО Genesys окупается уже в первый год эксплуатации, исключая необходимость в лишних стадиях прототипирования за счет точного автоматизированного синтеза схем.



Основные преимущества САПР Genesys

- Самый широкий в отрасли набор средств для автоматизированного синтеза ВЧ/СВЧ фильтров, схем и цепей согласования
- Моделирование ВЧ систем и частотное планирование, позволяющее анализировать исходные причины проблем
- Линейные и нелинейные схемотехнические симуляторы ВЧ цепей с возможностью оптимизации параметров схемы и статистического анализа выхода годных изделий
- 3D-планарный электромагнитный симулятор, позволяющий анализировать топологию печатных плат и планарных антенн до изготовления



В 3 раза дешевле и функциональнее по сравнению с конкурентными продуктами!



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЧ СХЕМ GOLDENGATE

Помимо традиционных аналоговых симуляторов GoldenGate поддерживает инновационные методы моделирования ВЧ цепей, предлагая множество решений для проектирования, анализа и проверки ВЧ ИС.



Программное обеспечение для моделирования ВЧ схем GoldenGate представляет собой высокоэффективное решение для моделирования и анализа высокочастотных интегральных схем и интегральных схем смешанных сигналов, полностью интегрированное в среду проектирования аналоговых устройств (Analog Design Environment, ADE) компании Cadence. Программа GoldenGate является частью комплексного решения компании Keysight, которое предназначено для моделирования, верификации и анализа проектов ВЧ интегральных схем и включает программу Momentum для планарного электромагнитного 3D моделирования, ПО SystemVue и Ptolemy для верификации разрабатываемых устройств на системном уровне, а также модуль Data Display САПР ADS для расширенного анализа данных. Этот комплект программ объединяет разработку и анализ ВЧ устройств на уровне систем, подсистем и компонентов в единый комплексный маршрут проектирования.

Основные преимущества программы GoldenGate

- Высокая эффективность и точность проектирования ВЧ интегральных схем позволяют своевременно выполнить работу
- Обеспечение высокой технологичности проектов с помощью метода Монте-Карло, метода краевых эффектов и анализа выхода годных изделий
- Уникальные возможности по верификации устройств 3G и 4G с использованием основанных на стандартах установок для испытаний на системном уровне

Решения для моделирования устройств

Наши продукты и передовые решения обеспечивают моделирование и определение характеристик КМОП устройств и приборов на основе полупроводниковых соединений. Компания Keysight является единственным производителем, который предоставляет законченные решения для моделирования — от автоматических измерений, точной экстракции параметров моделей устройств и комплексной оценки качества модели до окончательной аттестации библиотек технологических процессов (PDK). Универсальные средства моделирования поддерживаются высококвалифицированными специалистами Keysight и самыми передовыми исследовательскими лабораториями. Решения для моделирования и определения характеристик устройств включают как программные, так и аппаратные средства.

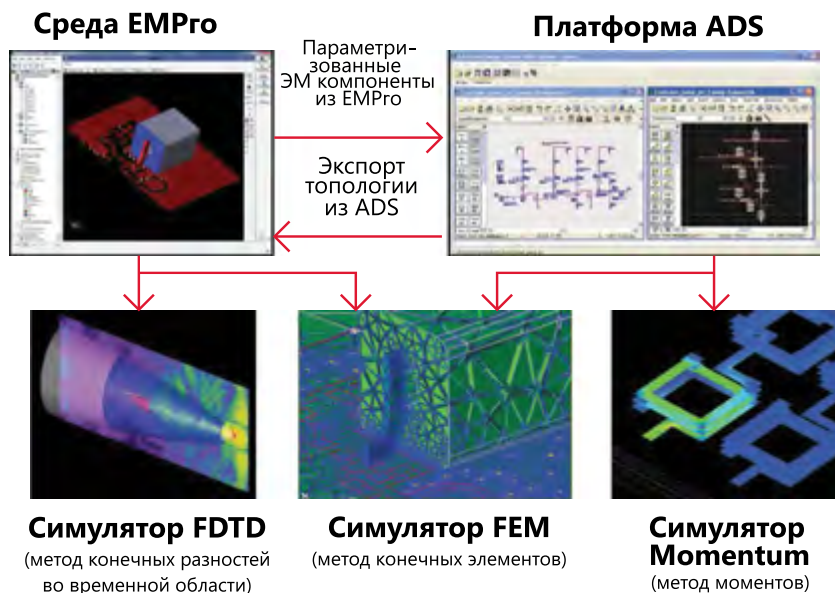
Основные преимущества решений для моделирования устройств

- Программное обеспечение для определения характеристик и анализа полупроводниковых приборов (Integrated Circuit Characterization and Analysis Program, IC-CAP) является отраслевым стандартом САПР для моделирования полупроводниковых устройств
- Программа Model Builder (MBP) представляет собой универсальное решение для моделирования полупроводниковых устройств на основе кремния
- Программа обеспечения качества моделей (Model Quality Assurance, MQA) является отраслевым стандартом для аттестации, сравнения и документирования моделей SPICE
- Программа WaferPro Express для автоматизации измерений на пластине и программирования процедур испытаний; может использоваться с различными измерительными приборами, пробниками и зондовыми станциями

Усовершенствованный анализатор низкочастотного шума (Advanced Low-Frequency Noise Analyzer, A-LFNA) позволяет выполнять измерения на пластине, а также анализ фликкерного шума и произвольного телеграфного шума (RTN).

ПРОГРАММА ПЛАНАРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ MOMENTUM

Компания Keysight предлагает различные технологии ЭМ моделирования, интегрированные с маршрутом проектирования в САПР ADS. EMPro добавляет в этот маршрут среду для 3D моделирования



Программа планарного 3D электромагнитного моделирования Momentum используется для моделирования и анализа пассивных схем. Программа допускает произвольную геометрию проекта, в том числе, многослойные структуры. Для точного моделирования сложных электромагнитных эффектов, включая взаимовлияние и паразитные наводки, используется метод моментов в частотной области.

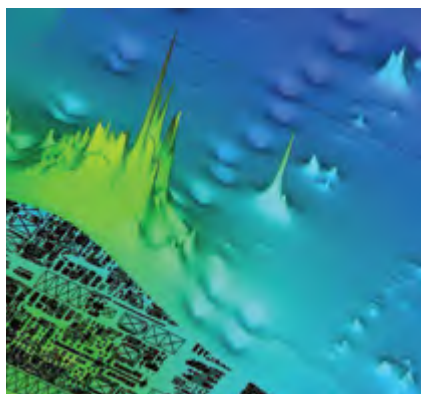
Точное электромагнитное моделирование позволяет разработчикам ВЧ и монолитных интегральных схем, ВЧ и высокоскоростных плат, ВЧ модулей типа «система в корпусе» и антенн улучшать характеристики схемы и повышать достоверность того, что изготовленное изделие будет соответствовать спецификации проекта. Программа Momentum входит в состав САПР ADS и Genesys, наряду с инструментами от компаний Cadence, Mentor и Zuken.

Основные преимущества программы Momentum

- Сочетание полноволнового и квазистатического режимов электромагнитного моделирования пассивных ВЧ элементов, межкомпонентных соединений и паразитных эффектов
- Эффективные методы генерации сетки, адаптивного частотного разбиения, а также многопоточный NlogN решатель позволяют сократить время моделирования
- Возможность моделирования сложных электромагнитных эффектов, включая скин-эффект и влияние подложки, металлических проводников конечной толщины и нескольких слоев диэлектрика

ПРОГРАММА HEATWAVE

Диаграмма поверхностных температур, демонстрирующая пики, рассчитанные по реальной мощности, рассеиваемой каждым устройством, и каналы теплопередачи, обусловленные теплопроводностью бугорков припоя.



Программа электро-термического анализа HeatWave представляет собой температурный симулятор для кристаллов микросхем и многокристалльных систем-в-корпусе (SiP). Программа HeatWave позволяет рассчитывать полный тепловой профиль чипа с пространственным разрешением ваших моделей устройств и межсоединений, а затем транслировать эти данные в симулятор схем, что

в результате обеспечивает точность моделирования с учетом степени нагрева. Так как источники энергии и каналы теплопередачи внутри кристалла микросхемы имеют геометрические размеры порядка долей микрона, разрешение термического моделирования и методов численного решения должно иметь сопоставимую величину. Результаты моделирования представляют собой трехмерное изображение

распределения температуры с необходимым разрешением и точностью. Программа HeatWave может работать с различными средствами проектирования интегральных микросхем, например, с программой Cadence Virtuoso. Кроме того, одна из версий решателя HeatWave включена в состав САПР ADS для разработки ВЧ интегральных схем и монолитных СВЧ интегральных схем.

Основные преимущества программы HeatWave

- Программа HeatWave позволяет учитывать при моделировании схем влияние температуры на характеристики микросхемы, что помогает нейтрализовать отрицательные тепловых эффекты до передачи изделия в производство
- Благодаря возможности построения точного распределения температуры внутри микросхемы программа HeatWave позволяет выявить зоны максимальных температур и чрезмерные колебания температуры в прецизионных электронных схемах
- Программа HeatWave расширяет возможности по выявлению проблем надежности и износа/срока службы изделий благодаря точным и реалистичным данным термического анализа

Источники питания и электронные нагрузки

Линейные и импульсные источники питания

Линейные источники питания

Принцип действия линейных источников питания основан на том, что сетевое напряжение понижается через трансформатор, затем выпрямляется и сглаживается конденсатором. После сглаживания производится регулирование напряжения, обычно с помощью силового транзистора. Силовой транзистор работает в режиме переменного сопротивления и регулируется таким образом, чтобы выходное напряжение и ток оставались постоянными.

Из-за высоких потерь в силовом транзисторе линейные блоки питания с плавной регулировкой имеют коэффициент полезного действия всего лишь около 50%. Остаток энергии выделяется в виде тепла, что приводит к необходимости хорошей вентиляции блока питания. В отличие от импульсных источников питания остаточная пульсация выходного напряжения очень мала и лежит в диапазоне нескольких милливольт. Линейные блоки питания с плавной регулировкой используются в случаях, когда требуется очень точное выходное напряжение, например, в прецизионных медицинских приборах.

Преимущества

- Быстрое время регулировки
- Малая остаточная пульсация
- Простая схема

Недостатки

- Низкий коэффициент полезного действия
- Большие габариты
- Большой вес

Импульсные блоки питания

В импульсном блоке питания приложенное сетевое напряжение сначала выпрямляется, сглаживается и затем подвергается дискретизации (преобразованию в импульсную форму). Под дискретизацией понимается разложение постоянного напряжения на импульсы с частотой 40 - 200 кГц. Дискретизация осуществляется с помощью силового транзистора. В противоположность к линейным блокам питания силовой транзистор не является регулируемым сопротивлением, а представляет собой быстродействующий переключатель. Благодаря этому возникает переменное напряжение прямоугольной формы, которое через высокочастотный трансформатор передается во вторичную цепь. Там оно выпрямляется и сглаживается. Передаваемое во вторичную цепь количество энергии регулируется в зависимости от нагрузки путем изменения времени дискретизации.

Чем дольше транзистор остается закрытым, тем больше энергии передается (широтно-импульсная модуляция). Импульсные блоки питания имеют большое преимущество, которое заключается в том, что за счет высокочастотного напряжения размеры и вес трансформатора становятся намного меньше, чем при низкочастотной передаче напряжения. В результате уменьшается вес и тепловые потери всего прибора. Коэффициент полезного действия лежит в пределах от 85 до 95%. Так как выходное напряжение напрямую не зависит от входного напряжения, возможен большой диапазон входных напряжений. Эти блоки питания хорошо подходят, например, для электроснабжения электронных узлов любого вида, а также для питания различных электромеханических устройств.

Преимущества

- Малые габариты
- Малый вес
- Большой диапазон входных напряжений
- Легкое регулирование
- Высокий коэффициент полезного действия

Недостатки

- Высокие затраты на дискретизацию
- Высокий уровень шумов
- Обратное действие на электросеть
- Большие затраты на подавление помех

Источники питания постоянного тока KEYSIGHT TECHNOLOGIES

E3631A-34A/40A-49A

Программируемые источники питания



В серию входят программируемые линейный одноканальные и многоканальные двунаправленные источники питания E3600A с выходной мощностью до 200 Вт. Они соответствуют высоким требованиям, предъявляемым в среде разработки или в производственных условиях, обладают высокими техническими характеристиками и весьма привлекательной ценой. Серия со стандартными PC-интерфейсами и короткими переходными периодами оптимально подходит для подключения к тестовой системе благодаря наличию PC-совместимых средств в качестве стандартного GPIB и интерфейса RS232

Серия E36100

Программируемые источники питания

Серия E36100 относится к недавно разработанным источникам питания компании Keysight, входящим в линейку, состоящую из пяти моделей с дисплеем OLED 30-40 Вт с макс. напряжением 100 В и макс. 5 А.

Все блоки питания отличаются современными интерфейсами ввода/вывода: USB и LAN (поддержка LXI), совместимыми с веб-интерфейсом. Блоки питания данной серии предназначены для проведения тестовых испытаний для ручных или автоматизированных процессов. Приборы зарекомендовали себя как безопасные и надежные блоки питания.



Прецизионные источники питания постоянного тока KEYSIGHT TECHNOLOGIES

B2961/B2962

6½-разрядные, четырехквadrантные источники питания с очень низким уровнем шума



Модели серии B2961 и B2962 от Keysight представляют собой одно- и двухканальные биполярные источники питания последнего поколения с разрешением 6½-разрядов.

Во всем диапазоне от 100 нВ до 210 В и от 10 фА до 10,5 А обеспечивают сигнал с исключительно низким уровнем собственного

шума 10 мкВ(СКЗ) и 1 нВ(СКЗ)/√ Гц (при доступных 10 кГц). Блоки питания содержат инновационные детали, такие как графический интерфейс пользователя и функция генерации прецизионных сигналов произвольной формы с полосой пропускания от 10 мГц до 10 кГц.

Серия E36300A

Платите меньше – получайте больше

Источники питания серии E36300 с тремя выходами предлагают все преимущества высоких технологий по самой доступной цене.



E36311A: модель выходной мощностью 80 Вт отличается более удобным управлением и самой низкой ценой в серии. К основным преимуществам относятся управление объединенными каналами 2 и 3 только в режиме Tracking, интерфейс USB, подключение по 2-проводной схеме.

E36312A: модель выходной мощностью 80 Вт предлагает расширенный набор функций, включая гальванически развязанные независимые каналы 2 и 3. К дополнительным функциям относятся интерфейс USB, LAN и GPIB (опция), подключение по 2- и 4-проводной схеме, регистрация данных, создание последовательностей включения/выключения выходов, генерация произвольных сигналов по списку и автоматическое параллельное и последовательное включение для увеличения выходного напряжения или тока.

E36313A: модель выходной мощностью 160 Вт отличается вдвое большим выходным током по сравнению с другими моделями, предлагая такой же расширенный набор функций, как и модель E36312A.

Источники питания серии E36200 с автоматическим выбором диапазона

Специально созданы для питания устройств с высоким энергопотреблением



Лабораторные источники питания Keysight серии E36200 с автоматическим выбором диапазона позволяют обеспечивать энергией устройства, для питания которых требуются источники повышенной мощности. Источники питания серии E36200 с одним выходом способны питать устройства мощностью до 200 Вт, а источники с двумя выходами обеспечивают две независимые линии питания по 200 Вт, которые могут быть объединены в один выход мощностью до 400 Вт. Для обеспечения максимального тока при всех значениях выходного напряжения используются функции автоматического выбора диапазона, автоматического последовательного и автоматического параллельного подключения выходов. Все четыре модели оснащены функцией автоматического выбора диапазона для обеспечения максимального выходного тока при любых напряжениях. Функция автоматического последовательного или параллельного подключения позволяет объединить выходы двухканальных моделей для получения одного выходного канала мощностью до 400 Вт. Приборы обеспечивают выходной ток до 40 А (модель Keysight E36233A) или напряжение до 120 В (модель Keysight E36234A) за счет функции автоматического параллельного или последовательного подключения **выходов**.

| МОДЕЛЬ | ОБЩАЯ МОЩНОСТЬ | ВЫХОД 1 | ВЫХОД 2 | ВЫХОД 3 | ИНТЕРФЕЙСЫ |
|---------|----------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|
| E36311A | 80 Вт | 30 В, 6 В, 5 А | 25 В, +25 В, 1 А | 25 В, -25 В, 1 А | USB |
| E36312A | | | 25 В, 25 В, 1 А | | |
| E36313A | | | 50 В, 25 В, 2 А | | |
| E36231A | 200 Вт | 30 В, 20 А | - | - | LAN/LXI, USB, GPIB |
| E36232A | 200 Вт | 60 В, 10 А | - | - | |
| E36233A | 400 Вт | 30 В, 20 А | - | - | |
| E36234A | 400 Вт | 60 В, 10 А | - | - | |

Источники питания постоянного тока импульсные Б5-71/1/2/4-ПРО



- Регулируемые импульсные источники питания с высокостабильными выходными характеристиками
- Цифровая индикация установленного и реального значения, напряжения и тока (4 разряда, LED)
- Электронное включение/выключение нагрузки
- Защита от перегрузки, короткого замыкания, перегрева и переплюсовки
- Низкая пульсация выходного напряжения менее 2 мВ
- Низкая пульсация выходного тока менее 5 мА
- Минимальная дискретность установки выходного напряжения и тока 0,007/0,005
- Режимы работы: стабилизация U и I, динамическая нагрузка
- Интерфейс RS-232

Технические характеристики

| МОДЕЛИ | Б5-71/1 | Б5-71/2 | Б5-71/4 |
|---|-----------|----------|----------|
| Диапазон установки выходного напряжения постоянного тока, В | 0,1 – 30 | 0,2 – 50 | 0,2 – 75 |
| Диапазон установки выходного постоянного тока, А | 0,01 – 10 | 0,02 – 6 | 0,03 – 4 |

ОБЗОР НАСТОЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ KEYSIGHT TECHNOLOGIES



| МОДЕЛЬ | МОЩНОСТЬ, ВТ | НАПРЯЖЕНИЕ, В | ТОК, А | КОЛ-ВО КАНАЛОВ | КОЛ-ВО ДИАПАЗОНОВ | ИНТЕРФЕЙСЫ | ПУЛЬСАЦИИ И ШУМ, МВ ПИК-ПИК | РАЗРЕШЕНИЕ, МВ | РАЗМЕР (Ш X В) |
|-----------|--------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| E36311A | 80 | 6 В / +25 В / -25 В | 5 А / 1 А / 1 А | 3 | 1 | USB | 2 | 1 | ½19"×3U |
| E36312A | 80 | 6 В / +25 В / -25 В | 5 А / 1 А / 1 А | 3 | 1 | LAN, USB, GPIB | 2 | 1 | |
| E36313A | 160 | 6 В / +25 В / -25 В | 10 А / 2 А / 2 А | 3 | 1 | Авто | 2 | 1 | ½19"×3U |
| E36231A | 200 | 30 В | 20 А | 1 | LAN, USB, GPIB | | 4,5 | 1 | |
| E36232A | 200 | 60 В | 10 А | 1 | | | 3,5 | 3 | |
| E36233A | 400 | 30 В / 30 В | 20 А / 20 А | 2 | | | 4,5 | 1 | |
| E36234A | 400 | 60 В / 60 В | 10 А / 10 А | 2 | 2 | 3,5 | 3 | ½19"×2U | |
| E36102A/B | 30 | 6 | 5 | 1 | 1 | LAN, USB | 10 | | 1 |
| E36103A/B | 40 | 20 | 2 | 1 | 1 | | 30 | | 1 |
| E36104A/B | 35 | 35 | 1 | 1 | 1 | | 60 | | 2 |
| E36105A/B | 36 | 60 | 0,6 | 1 | 1 | | 100 | | 3 |
| E36106A/B | 40 | 100 | 0,4 | 1 | 1 | 150 | 6 | | |
| E3632A | 120 | 15 В r1 / 30 В r2 | 7 А r1 / 4 А r2 | 1 | 2 | GPIB | 2 | 1 | ½19"×3U |
| E3633A | 200 | 8 В r1 / 20 В r2 | 20 А r1 / 10 А r2 | 1 | 2 | | 3 | 1 | |
| E3634A | 200 | 25 В r1 / 50 В r2 | 7 А r1 / 4 А r2 | 1 | 2 | | 3 | 3 | |
| E3640A | 30 | 8 В r1 / 20 В r2 | 3 А r1 / 1,5 А r2 | 1 | 2 | GPIB | 5 | 5 | ½19"×2U |
| E3641A | 30 | 35 В r1 / 60 В r2 | 0,8 А r1 / 0,5 А r2 | 1 | 2 | | 8 | 5 | |
| E3642A | 50 | 8 В r1 / 20 В r2 | 5 А r1 / 2,5 А r2 | 1 | 2 | | 5 | 5 | |
| E3643A | 50 | 35 В r1 / 60 В r2 | 1,4 А r1 / 0,8 А r2 | 1 | 2 | | 8 | 5 | |
| E3644A | 80 | 8 В r1 / 20 В r2 | 8 А r1 / 4 А r2 | 1 | 2 | | 5 | 5 | |
| E3645A | 80 | 35 В r1 / 60 В r2 | 2,2 А r1 / 1,3 А r2 | 1 | 2 | | 8 | 5 | |
| E3646A | 60 | 8 В r1 / 20 В r2 | 3 А r1 / 1,5 А r2 | 2 | 2 | GPIB | 5 | 5 | ½19"×3U |
| E3647A | 60 | 35 В r1 / 60 В r2 | 0,8 А r1 / 0,5 А r2 | 2 | 2 | | 8 | 5 | |
| E3648A | 100 | 8 В r1 / 20 В r2 | 5 А r1 / 2,5 А r2 | 2 | 2 | | 5 | 5 | |
| E3649A | 100 | 35 В r1 / 60 В r2 | 1,4 А r1 / 0,8 А r2 | 2 | 2 | | 8 | 5 | |
| U8001A | 90 | 30 | 3 | 1 | 1 | Нет | 12 | 10 | ½19"×2U |
| U8002A | 150 | 30 | 5 | 1 | 1 | Нет | 12 | 10 | |
| U8031A | 375 | 30 | 6 | 3 | 1 | Нет | 10 | 10 | ½19"×4U |
| U8032A | 375 | 60 | 3 | 3 | 1 | | 10 | 10 | |

Модульные блоки питания компании KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Серия N6700 Модульная система



Модульная система, которая может произвольно конфигурироваться по блочному принципу

Модульные источники питания серии N6700 могут найти свое применение в лабораториях и на производстве, они могут комплектоваться максимум 4 модулями.

Основной прибор, рассчитанный на 4 модуля, выпускается с мощностями 400, 600 и 1200 Вт.

Для составления оптимальной системы могут выбираться любые из имеющихся 24 различных модулей.



Обзор базовых блоков модульных источников питания серии N6700

| КОРПУС ОСНОВНОГО ПРИБОРА | МОЩНОСТЬ, ВТ | МАКС. ЧИСЛО МОДУЛЕЙ | ИНТЕРФЕЙСЫ | ГАБАРИТЫ, ММ (Ш × В × Г) |
|--------------------------|--------------|---------------------|------------------|--------------------------|
| N6700C | 400 | 4 | GPIB / USB / LAN | 432 × 44 × 586 |
| N6701C | 600 | | | |
| N6702C | 1200 | | | 432 × 44 × 634 |

Модули источников питания для базовых блоков серии N6700 и N6705

| МОДЕЛЬ | МАКС. НАПРЯЖЕНИЕ, В | МАКС. ТОК, А |
|--|---------------------|--------------|
| Базовые модули источников питания постоянного тока мощностью 50 Вт | | |
| N6731B | 5 | 10 |
| N6732B | 8 | 6,25 |
| N6733B | 20 | 2,5 |
| N6734B | 35 | 1,5 |
| N6735B | 60 | 0,8 |
| N6736B | 100 | 0,5 |
| Базовые модули источников питания постоянного тока мощностью 100 Вт | | |
| N6741B | 5 | 20 |
| N6742B | 8 | 12,5 |
| N6743B | 20 | 5 |
| N6744B | 35 | 3 |
| N6745B | 60 | 1,6 |
| N6746B | 100 | 1 |
| Базовые модули источников питания постоянного тока мощностью 300 Вт | | |
| N6773B | 20 | 15 |
| N6774B | 35 | 8,5 |
| N6775B | 60 | 5 |
| N6776B | 100 | 3 |
| N6777B | 150 | 2 |

| МОДЕЛЬ | МАКС. МОЩНОСТЬ, ВТ | МАКС. НАПРЯЖЕНИЕ, В | МАКС. ТОК, А |
|--|--------------------|---------------------|--------------|
| Высокопроизводительный модуль с автоматическим переключением пределов | | | |
| N6751A | 50 | 50 | 5 |
| N6752A | 100 | | 10 |
| N6753A | 300 | 20 | 50 |
| N6754A | | 60 | 20 |
| N6755A | 500 | 20 | 50 |
| N6756A | | 60 | 17 |
| Прецизионный модуль источника питания | | | |
| N6761A | 50 | 50 | 1,5 |
| N6762A | 100 | | 3 |
| N6763A | 300 | 20 | 50 |
| N6764A | | 60 | 20 |
| N6765A | 500 | 20 | 50 |
| N6766A | | 60 | 17 |

Модули источников/измерителей и специализированные модули

| МОДЕЛЬ | МАКС. МОЩНОСТЬ, ВТ | МАКС. НАПРЯЖЕНИЕ, В | МАКС. ТОК, А | ОПИСАНИЕ |
|------------|--------------------|---------------------|--------------|--|
| N6781A | | 20 | | 2-квадрантный модуль источника/измерителя для анализа процесса разряда батареи |
| N6782A | 20 | | ±3 | 2-квадрантный модуль источника/измерителя для функционального тестирования |
| N6784A | | ±20 | | 4-квадрантный модуль источника/измерителя общего назначения |
| N6785A | | | ±8 | 2-квадрантный модуль источника/измерителя для анализа процесса разряда батареи |
| N6786A | 80 | 20 | | 2-квадрантный модуль источника/измерителя для функционального тестирования |
| N6783A-MFG | 18 | 6 | +3A /-2 | 2-квадрантный модуль источника питания постоянного тока для тестирования устройств мобильной связи |
| N6783A-BAT | 24 | 8 | | 2-квадрантный модуль для тестирования заряда/разряда батареи |

Блоки питания постоянного тока компании KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Источники питания постоянного тока общего назначения серий N5700 и N8700



Компактные источники питания с современными интерфейсами

Получите до 5200 Вт мощности в компактном корпусе высотой 2U (серия N8700) или до 1560 Вт мощности в компактном корпусе высотой 1U (серия N5700). Обе серии обладают стабильными характеристиками и широким набором базовых и расширенных возможностей.

- Дистанционное управление через интерфейсы GPIB, LAN и USB с помощью набора команд SCPI (имеются драйверы)
- Аналоговое управление и мониторинг выходного тока и напряжения
- Параллельное или последовательное соединение нескольких источников для получения большего тока или напряжения соответственно
- Встроенные функции измерения
- Управление с передней панели и расширенные возможности программирования
- Встроенные функции защиты от перенапряжения, сверхтока, пониженного напряжения и перегрева
- Совместимость со стандартом LXI Core

Источники питания постоянного тока импульсные Б5-71/1/2/4-ПРО

| МОДЕЛЬ | МОЩНОСТЬ, ВТ | МАКС. НАПРЯЖЕНИЕ, В | МАКС. ТОК, А | КОЛ-ВО ВЫХОДОВ | КОЛ-ВО ДИАПАЗОНОВ | ПУЛЬСАЦИИ И ШУМ, МВПК-ПИК | ПОГРЕШНОСТЬ ПРОГРАММИРОВАНИЯ, (% + МВ) | ВРЕМЯ ОТКЛИКА, МС | РАЗМЕР (Ш X В) | |
|--------|--------------|---------------------|--------------|----------------|-------------------|---------------------------|--|-------------------|----------------|----------|
| N5741A | 600 | 6 | 100 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 3 | ≤ 1,5 | 19" x 1U | |
| N5742A | 720 | 8 | 90 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 4 | ≤ 1,5 | | |
| N5743A | 750 | 12,5 | 60 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 6,25 | ≤ 1,5 | | |
| N5744A | 760 | 20 | 38 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 10 | ≤ 1 | | |
| N5745A | 750 | 30 | 25 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 15 | ≤ 1 | | |
| N5746A | 760 | 40 | 19 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 20 | ≤ 1 | | |
| N5747A | 750 | 60 | 12,5 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 30 | ≤ 1 | | |
| N5748A | 760 | 80 | 9,5 | 1 | 1 | 80 | 0,5 + 40 | ≤ 1 | | |
| N5749A | 750 | 100 | 7,5 | 1 | 1 | 80 | 0,5 + 50 | ≤ 1 | | |
| N5750A | 750 | 150 | 5 | 1 | 1 | 100 | 0,5 + 75 | ≤ 2 | | |
| N5751A | 750 | 300 | 2,5 | 1 | 1 | 150 | 0,5 + 150 | ≤ 2 | | |
| N5752A | 780 | 600 | 1,3 | 1 | 1 | 300 | 0,5 + 300 | ≤ 2 | | |
| N5761A | 1080 | 6 | 180 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 3 | ≤ 1,5 | | 19" x 1U |
| N5762A | 1320 | 8 | 165 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 4 | ≤ 1,5 | | |
| N5763A | 1500 | 12,5 | 120 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 6,25 | ≤ 1,5 | | |
| N5764A | 1520 | 20 | 76 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 10 | ≤ 1 | | |
| N5765A | 1500 | 30 | 50 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 15 | ≤ 1 | | |
| N5766A | 1520 | 40 | 38 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 20 | ≤ 1 | | |
| N5767A | 1500 | 60 | 25 | 1 | 1 | 60 | 0,5 + 30 | ≤ 1 | | |
| N5768A | 1520 | 80 | 19 | 1 | 1 | 80 | 0,5 + 40 | ≤ 1 | | |
| N5769A | 1500 | 100 | 15 | 1 | 1 | 80 | 0,5 + 50 | ≤ 1 | | |
| N5770A | 1500 | 150 | 10 | 1 | 1 | 100 | 0,5 + 75 | ≤ 2 | | |
| N5771A | 1500 | 300 | 5 | 1 | 1 | 150 | 0,5 + 150 | ≤ 2 | | |
| N5772A | 1560 | 600 | 2,6 | 1 | 1 | 300 | 0,5 + 300 | ≤ 2 | | |
| N8731A | 3200 | 8 | 400 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 4 | < 1 | 19" x 2U | |
| N8732A | 3300 | 10 | 330 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 5 | < 1 | | |
| N8733A | 3300 | 15 | 220 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 7,5 | < 1 | | |
| N8734A | 3300 | 20 | 165 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 10 | < 1 | | |
| N8735A | 3300 | 30 | 110 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 15 | < 1 | | |
| N8736A | 3400 | 40 | 85 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 20 | < 1 | | |
| N8737A | 3300 | 60 | 55 | 1 | 1 | 60 | 0,05 + 30 | < 1 | | |
| N8738A | 3360 | 80 | 42 | 1 | 1 | 80 | 0,05 + 40 | < 1 | | |
| N8739A | 3300 | 100 | 33 | 1 | 1 | 100 | 0,05 + 50 | < 1 | | |
| N8740A | 3300 | 150 | 22 | 1 | 1 | 100 | 0,05 + 75 | < 2 | | |
| N8741A | 3300 | 300 | 11 | 1 | 1 | 300 | 0,05 + 150 | < 2 | | |
| N8742A | 3300 | 600 | 5,5 | 1 | 1 | 500 | 0,05 + 300 | < 2 | | |
| N8754A | 5000 | 20 | 250 | 1 | 1 | 75 | 0,025 + 15 | < 1 | | 19" x 2U |
| N8755A | 5100 | 30 | 170 | 1 | 1 | 75 | 0,025 + 22,5 | < 1 | | |
| N8756A | 5000 | 40 | 125 | 1 | 1 | 75 | 0,025 + 30 | < 1 | | |
| N8757A | 5100 | 60 | 85 | 1 | 1 | 75 | 0,025 + 45 | < 1 | | |
| N8758A | 5200 | 80 | 65 | 1 | 1 | 100 | 0,025 + 60 | < 1 | | |
| N8759A | 5000 | 100 | 50 | 1 | 1 | 100 | 0,025 + 75 | < 1 | | |
| N8760A | 5100 | 150 | 34 | 1 | 1 | 120 | 0,025 + 112,5 | < 2 | | |
| N8761A | 5100 | 300 | 17 | 1 | 1 | 300 | 0,025 + 225 | < 2 | | |
| N8762A | 5100 | 600 | 8,5 | 1 | 1 | 500 | 0,025 + 450 | < 2 | | |

Высокопроизводительные источники питания компании KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Серия N6900



Высокопроизводительные источники питания

Блоки питания серии N6900A — это больше, чем просто источники питания, они обеспечивают возможность 2-квadrантного режима работы. При этом могут использоваться до 10% негативного номинального тока. Благодаря применению опционально имеющегося в распоряжении блока рассеяния мощности блоки питания серии N6900A становятся полноценными приборами для снижения потребляемого тока.

Обзор блоков питания серии N6900A

| МОДЕЛЬ | НАПРЯЖЕНИЕ, В | ТОК, А | МОЩНОСТЬ, Вт |
|--------|---------------|--------|--------------|
| N6950A | 9 | 100 | 1000 |
| N6970A | | 200 | 2000 |
| N6951A | 20 | 50 | 1000 |
| N6971A | | 100 | 2000 |
| N6952A | 40 | 25 | 1000 |
| N6972A | | 50 | 2000 |
| N6953A | 60 | 16,5 | 1000 |
| N6973A | | 33 | 2000 |
| N6954A | 80 | 12,5 | 1000 |
| N6974A | | 25 | |
| N6976A | 120 | 16,7 | 2000 |
| N6977A | 160 | 12,5 | |

Серия N7900



Высокопроизводительные источники питания с контрольными функциями

Источники питания серии N7900A фирмы «Keysight Technologies» обладают неоспоримыми технологическими преимуществами по сравнению с обычными стандартными источниками питания благодаря применению архитектуры «VersaPower». Эта серия блоков питания класса APC ориентирована на пользователей, которые предъявляют высокие требования к своим источникам питания.

Обзор блоков питания серии N7900A

| МОДЕЛЬ | НАПРЯЖЕНИЕ, В | ТОК, А | МОЩНОСТЬ, Вт |
|--------|---------------|--------|--------------|
| N7950A | 9 | 100 | 2000 |
| N7970A | | 200 | |
| N8733A | 15 | 220 | 3300 |
| N7951A | 20 | 50 | 1000 |
| N7971A | | 100 | 2000 |
| N7952A | 40 | 25 | 1000 |
| N7972A | | 50 | 2000 |
| N7953A | 60 | 16,5 | 1000 |
| N7973A | | 33 | 2000 |
| N7954A | 80 | 12,5 | 1000 |
| N7974A | | 25 | |
| N7976A | 120 | 16,7 | 2000 |
| N7977A | 160 | 12,5 | |

Высокопроизводительные блоки питания компании KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Серия N8900

Высокопроизводительные блоки питания с функцией автоматического переключения диапазонов (Autorange)



Блоки питания серии N8900 выпускаются в классах мощности 5, 10 или 15 кВт.



Обзор блоков питания серии N8900A

Выберите Ваш прибор из 14 различных моделей. При этом в распоряжении имеются блоки питания до 1500 В или 510 А. Все модели имеют мощный блок управления с гибким выходным каскадом (autoranging-output).

Типичная область применения испытательные и контрольные стенды в промышленности для преобразователей напряжения, панелей солнечных батарей, альтернативных приводов, испытаний аккумуляторов, промышленных применений на мощности до 60 кВт.

| МОДЕЛЬ | НАПРЯЖЕНИЕ, В | ТОК, А | МОЩНОСТЬ, Вт |
|----------|---------------|--------|--------------|
| N8940A | 80 | 170 | 5000 |
| N8945A | | 340 | 10000 |
| N8951A | | 510 | 15000 |
| N8941A | 200 | 70 | 5000 |
| N8946A | | 140 | 10000 |
| N8952A | | 210 | 15000 |
| N8943A | 500 | 30 | 5000 |
| N8948A | | 60 | 10000 |
| N8954A | | 90 | 15000 |
| N8944A | 750 | 20 | 5000 |
| N8949A | | 40 | 10000 |
| N8955A | | 60 | 15000 |
| N8950A | 1000 | 30 | 10000 |
| N8957A | 1500 | | 15000 |
| N8957APV | | | |

Эмуляторы фотовольтаических систем PV8900



Эмуляторы фотовольтаических систем PV8900 – это источники питания с автовыбором диапазона, которые эмулируют кривую ВАХ фотовольтаических систем в различных условиях (температура, освещенность, возраст, тип ячеек и т.д.), позволяя быстро и точно тестировать алгоритмы MPPT (отслеживания точки максимальной мощности) и эффективности ин-верторов.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ RP7970

Семейство RP7970 – это 20 кВт двухквадрантные источники питания постоянного тока с рекуперацией энергии. Встроенная система рекуперации позволяет возвращать энергию в сеть, не нарушая ее работы, снижая затраты электроэнергии и затраты на охлаждение.

Основная техническая характеристика



| МОДЕЛЬ | НАПРЯЖЕНИЕ, В | ТОК, А | МОЩНОСТЬ, Вт |
|---------|---------------|--------|--------------|
| PV8921A | 1500 | 30 | 20 |
| PV8922A | 2000 | | |
| RP7972A | 1000 | ±60 | 20 |
| RP7973A | 2000 | ±30 | |

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

СЕРИЯ AC6800

Источники питания переменного тока



Источники переменного тока серии AC6800 обеспечивают стабильную и надежную мощность для проверки приборов в процессе их разработки и изготовления. Эта серия охватывает четыре модели с выходной мощностью от 500 до 4000 ВА, каждая из которых обладает требуемым качеством и возможностью проведения основных испытаний.

Области применения: для испытания аккумуляторов/ систем для зарядки аккумуляторов в диапазоне 500 ВА, самых различных бытовых электроприборов, например, стиральных машин, и систем управления двигателями (50 / 60 Гц), для испытания блоков бесперебойного электроснабжения (UPS), систем освещения.

Обзор источников питания переменного тока компании Keysight Technologies

| МОДЕЛЬ | МОЩНОСТЬ, ВА | ТОК, А | ЧАСТОТА, ГЦ | ФАЗА |
|---------|--------------|--------|-------------|------|
| AC6801A | 500 | 2,5 | 40...500 | 1 |
| AC6802A | 1000 | 5 | | |
| AC6803A | 2000 | 10 | | |
| AC6804A | 4000 | 20 | | |

НАГРУЗКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

N3300A

Модули нагрузок постоянного тока



Шасси для модулей нагрузок постоянного тока может содержать до 6 нагрузочных модулей с общей мощностью макс. 1800 Вт. Нагрузочные модули постоянного тока серии N3300A компании Keysight удовлетворяют практически всем требованиям, предъявляемым к современным потребителям, которые используются в лабораториях и на производстве.

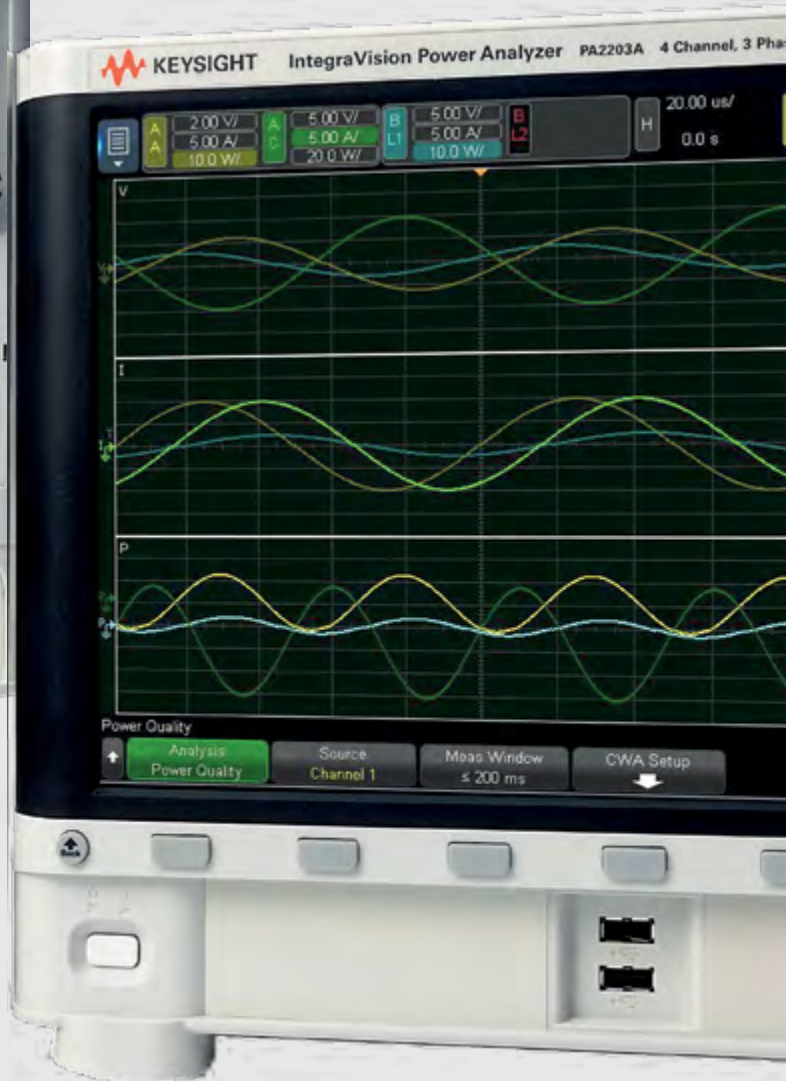
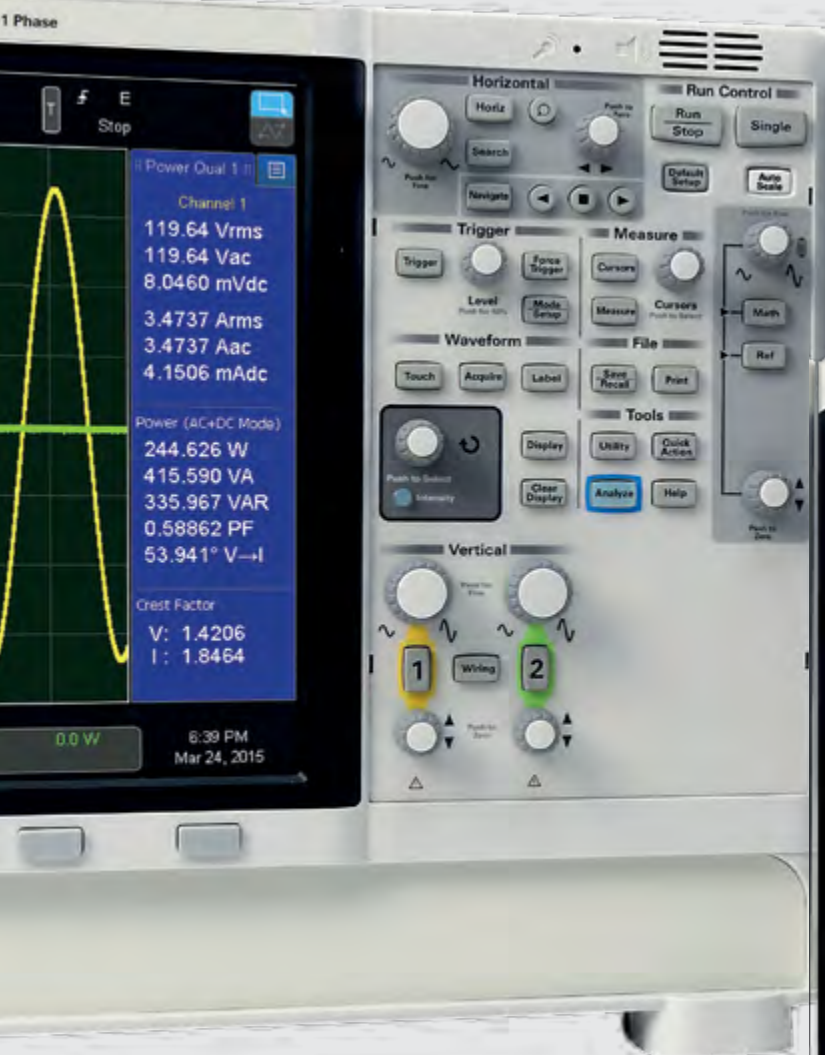
Обзор электронных нагрузок

Обзор базовых блоков нагрузок постоянного тока компании Keysight Technologies

| ОСНОВНОЕ ШАССИ | МАКС. МОЩНОСТЬ (Вт) | МАКС. ЧИСЛО МОДУЛЕЙ | ВЕС, КГ | РАЗМЕРЫ, ММ (Ш×В×Г) |
|----------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------|
| N3300A | 1800 | 6 | 13,2 | 426×191×625 |
| N3301A | 600 | 2 | 7,3 | 213×191×625 |

| МОДЕЛЬ | ТОК, А | НАПРЯЖЕНИЕ, В | МОЩНОСТЬ, Вт |
|--------|--------|---------------|--------------|
| N3303A | 10 | 240 | 250 |
| N3302A | 30 | 60 | 150 |
| N3307A | | 150 | 250 |
| N3304A | 60 | 60 | 300 |
| N3305A | | 150 | 500 |
| N3306A | 120 | 60 | 600 |

АНАЛИЗАТОРЫ ПИТАНИЯ И МОЩНОСТИ



АНАЛИЗАТОРЫ МОЩНОСТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

N6705C / N6715C

4-канальный блок питания и анализатор мощности



Анализаторы мощности постоянного тока представляют собой универсальные измерительные приборы, которые объединяют в себе до четырех блоков питания постоянного тока, цифровой мультиметр, осциллограф, генератор сигналов произвольной формы и регистратор данных.

Приборы поддерживают модули с общей мощностью до 600 Вт, на выбор в распоряжении имеются 23 различных модуля. Возможна модуляция выходных напряжений. Благодаря очень короткому времени реакции модели пригодны также для исследования быстрых переходных процессов. С помощью внутреннего регистратора данных результаты измерений могут синхронно записываться во внутреннюю память объемом 4 Гб. Для более продолжительных записей может применяться флэш-память USB.

Благодаря наличию многочисленных функций, прибор N6705C / N6715C может универсально использоваться при исследованиях, разработках и на производстве.

Например, при использовании модуля N6781A SMU с помощью анализатора мощности Вы сможете производить бесперебойное измерение тока, протекающего в динамических потребителях, без переключения диапазонов, что идеально для измерения характеристик, например, мобильных оконечных устройств.

Тем самым, становится возможным динамическое измерение тока, начиная с диапазона в состоянии покоя и кончая рабочим диапазоном. Это идеально для быстрых тестовых прогонов динамических потребителей. Программирование может выполняться через уже встроенные интерфейсы GPIB, USB и LAN. Кроме того, прибор N6705B обладает предохранительными гнездами на выходе.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | N6705C / N6715C |
|-----------------------------|---|
| Макс. число модулей | 4 |
| Макс. выходная мощность | 600 Вт |
| Скорость на выходе | Изменения напряжения со скоростью мин. 160 мкс на один шаг |
| Точность вольтметра | до 0,016 % + 1,5 мВ с разрешающей способностью до 18 бит |
| Точность амперметра | до 0,5 % + 100 нА с разрешающей способностью до 18 бит |
| Сигнал произвольной формы | Ширина полосы частот до 4500 Гц с выходной мощностью до 500 Вт |
| Функция осциллографа | Дискретизация напряжения и тока до 100 кГц с оцифровкой до 256 килоточек и разрешающей способностью до 18 бит |
| Функция регистратора данных | Скорость считывания от 1 мс до 60 с при максимум 500 измерениях на одну запись |
| Конфигурация | Память для настройки приборов |
| Безопасность | Клавиша аварийного выключения |
| Защитные функции | могут настраиваться для всех выходов (защита от перенапряжений, избыточных токов и превышения температуры) |
| Выходы | Выключатель / включатель (при отдельных силовых модулях постоянного тока) |
| Интерфейсы | GPIB / USB / LAN (LXI-C) |
| Размеры в мм (Ш×В×Г) | 426×195×273 |

АНАЛИЗАТОРЫ МОЩНОСТИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

ПРИБОР INTEGRAVISION СЕРИИ PA2200

Одно- и трехфазные анализаторы мощности с 2 или 4 каналами

Анализаторы мощности IntegraVision PA2201A и PA2203A компании Keysight предлагают инженерам-конструкторам правильное измерительное решение для оптимизации потребляемой мощности напряжений электропитания (переменного (AC) или постоянного тока (DC)), импульсных блоков питания, преобразователей напряжения (на-

пример, DC/DC или AC/DC), инверторов для солнечной батареи или систем батарейного питания. Таким образом, доступно динамическое высокоточное измерение мощности, коэффициента мощности, частоты, угла сдвига фаз, гармонических составляющих и т.д., причем основная точность составляет 0,05%.

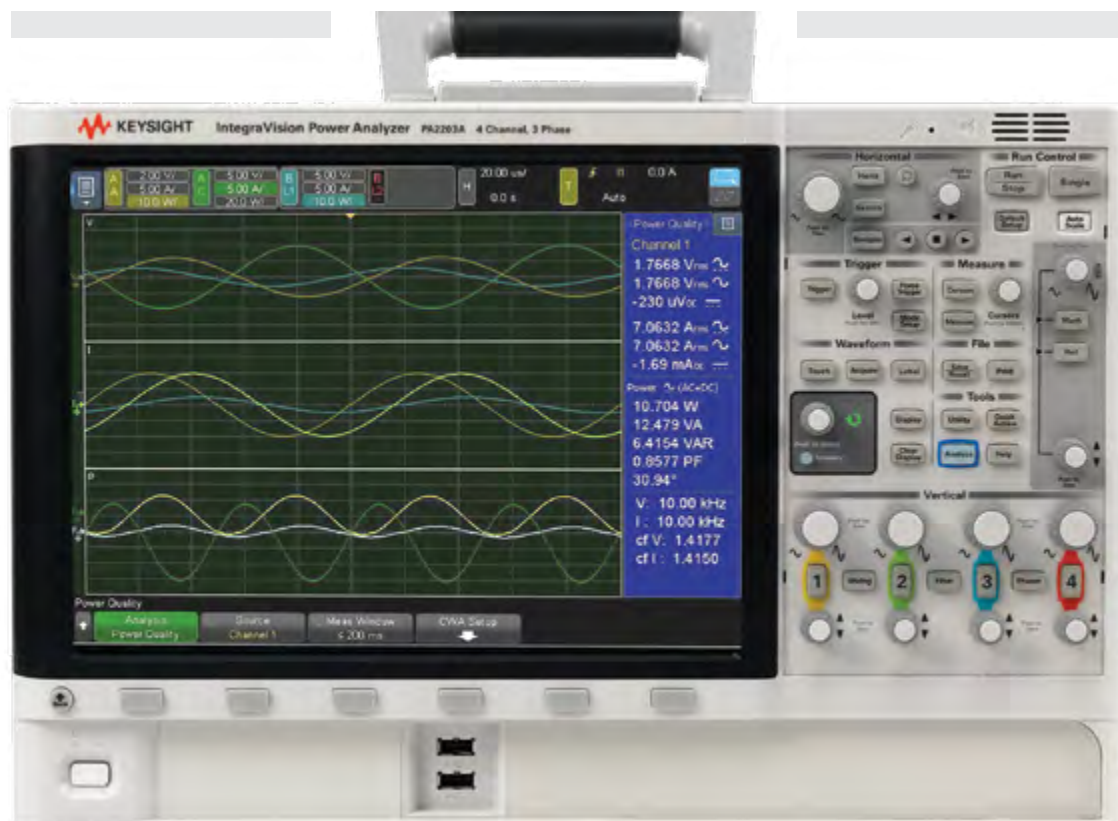
Типичные области применения:

Аттестация блоков питания переменного и постоянного тока, преобразователей DC/DC, инверторов DC/AC, инверторов для солнечной батареи, устройств управления батареями/аккумуляторами, устройств контроля мощности в производстве электромобилей, мощности спутниковых антенн, в беспроводных сетях, в промышленности силовых полупроводниковых приборов, при разработке энергоэффективных установок, в авиационной промышленности, в железнодорожном транспорте, в производстве осветительного и светодиодного оборудования.

С помощью анализатора мощности можно измерять и сопоставлять входную и выходную мощность электрической схемы, чтобы определять коэффициент мощности или КПД. Кроме того, можно снимать характеристики силовых исполнительных элементов или модулей при включении и выключении, определять потребление электрической схемы по переменному и постоянному току, определять эффективность передачи мощности, а также такие основные параметры, как напряжение, ток, частота, фаза и входящие гармоники.

Технические характеристики

- Применение в качестве осциллографа
- 1-фазная система (2-канальная версия)
- 3-фазная система (4-канальная версия)
- Измерение переменного и постоянного напряжения
- Измерение параметров мощности блока электропитания
- Измерение напряжения и тока
- Измерение частоты, фазы и гармонической составляющей (THD, Total Harmonic Distortion, суммарный коэффициент нелинейных искажений)
- Измерение между фазами, фазой и нулевым проводом или между фазой и проводом заземления
- Подходит для измерения мощностей от милливольт до 100 кВт



АНАЛИЗАТОРЫ ПАРАМЕТРОВ ТОКА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

АНАЛИЗАТОРЫ ПАРАМЕТРОВ ТОКА CX3320A

Анализаторы параметров тока, рассчитанные на силу тока от 100 пА до 10 А, с разрешающей способностью до 16 бит

С помощью анализаторов семейства CX3300 можно измерять токи величиной от 100 пА до 10 А. Эти измерительные приборы считывают измеряемые значения со скоростью выборки 1 Гвыб/с в динамическом диапазоне 14 или 16 бит. Тем самым, можно определять характеристики приборов с высокочастотными переходными токами. Приборы обладают 14,1-дюймовым сенсорным WXGA-экраном, работающим по технологии «мультитач». С помощью этих приборов можно с очень большой точностью измерять переходные токи, даже если речь идет об очень коротких импульсах длительностью < 100 нс.



Приборы серии CX3320A особенно актуальны для разработчиков полупроводниковых элементов или высокотехнологичных модулей памяти, потому что позволяют визуализировать сигналы, которые до сих пор невозможно было измерить. Кроме того, анали-

заторы определяют временные характеристики рабочих токов электронных приборов независимо от того, в каком состоянии находится испытуемый прибор — в режиме сна / ожидания или в активном режиме. Благодаря этому разработчики имеют лучшие воз-

можности для определения и минимизации потребляемого тока и потребляемой мощности своих изделий. До сих пор для этой цели им приходилось использовать целый ряд измерительных приборов, например, осциллограф, анализатор спектра и сетевой анализатор

совместно. Однако такой набор приборов всегда имеет ограничения по динамическому диапазону, шумам измерительной системы и ширине полосы частот. Благодаря применению одного единственного анализатора тока семейства CX3300 эти ограничения [отпадают](#).

Основные характеристики базовых блоков

| МОДЕЛИ | CX3322A | CX3324A |
|---|--------------|---------|
| Количество каналов | 2 | 4 |
| Аналоговая полоса анализа, МГц | От 50 до 200 | |
| Максимальная частота дискретизации, Гвыб/с | 1 | |
| Динамический диапазон (разрядность АЦП) | | |
| ■ в высокоскоростном режиме, бит | 14 | |
| ■ в режиме высокой разрешающей способности, бит | 16 | |
| Глубина памяти, Мвыб | От 16 до 256 | |
| Наличие цифровых каналов | Нет | Да |

Основные характеристики датчиков тока

| МОДЕЛИ | CX1101A | CX1102A | CX1103A |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Тип датчика | Одноканальный датчик тока | Двухканальный датчик тока | Датчик тока нижнего плеча |
| Максимальная полоса анализа, МГц | 100 | | 200 |
| Максимальный измеряемый ток, А | 10 | 1 | 0,02 |
| Погрешность измерения постоянного тока (с базовым блоком) | ± (0,6 % + 0,3 %) | | |
| СКЗ шума при ширине полосы шумов 20 МГц, nA | 40 | | 0,15 |

ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

От теста компонентов через комбинированный системный тест к испытанию всего автомобиля

На пути от классических приводов к гибридным и электрическим приводам изменяется классический подход к испытанию автомобиля во всем процессе его разработки и изготовления.

Классически электрические и механические компоненты испытываются отдельно. В гибридных автомобилях и прежде всего, в автомобилях с чисто электрическим приводом должны учитываться новые аспекты, как например, испытания на электрическую безопасность, на соответствие новым требованиям в области электромагнитной совместимости (ЭМС). Внизу схематично представлены различные компоненты, которые должны контролироваться.

Тест аккумуляторных батарей автомобиля

Здесь необходимо проводить тест элементов аккумуляторов, тест модулей, тест заряда и разряда батарей, тест на электрическую безопасность по стандартам и т.д.

Тест преобразователей постоянного тока (DC-DC)

Здесь необходимо контролировать различные параметры, такие как регулирование нагрузки, регулирование мощности, защиту от перенапряжений, проверку на короткое замыкание и другие параметры.

Тест систем управления аккумуляторных батарей (BMS)

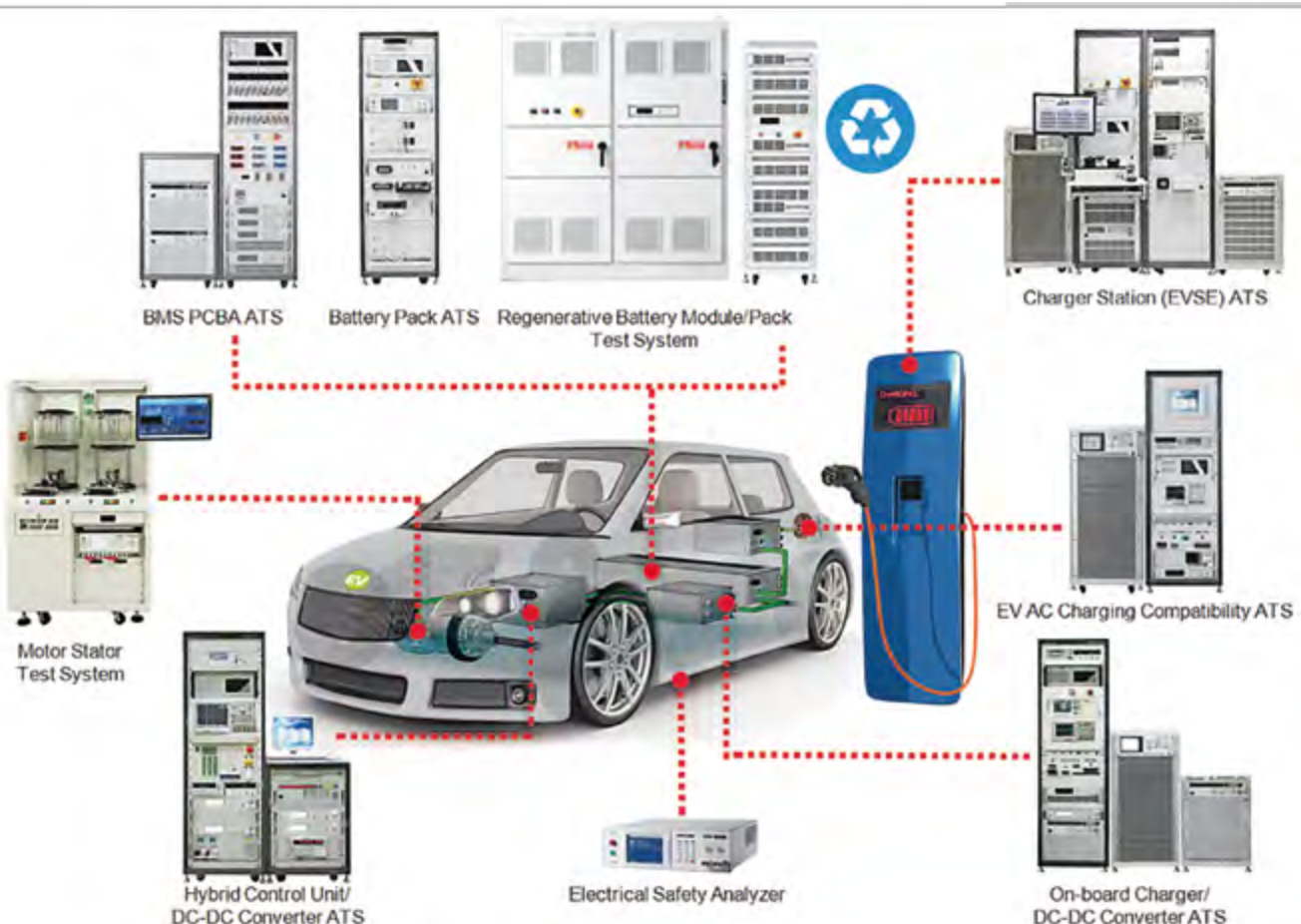
Управление дальностью пробега, контроль температуры аккумуляторных батарей и т.д.

Тест электродвигателей

Контроль синхронных и асинхронных электродвигателей, включая управляющую силовую электронику.

Испытание на электрическую безопасность бортового оборудования и внешних зарядных систем

Здесь необходимо произвести контроль соответствия, испытание на безопасность при перенапряжениях (режимы CV и CC) и регулировании нагрузки, входной и выходной контроль и т.д.



ТЕСТОВОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ TS-8989

Испытательная платформа для контроля электрооборудования кузова автомобиля и его электрической безопасности для использования в области автомобилестроения

Для контроля электронных компонентов кузова автомобиля и его электробезопасности необходимо также проводить испытания с большими токами нагрузки. Компания Keysight предлагает здесь свою испытательную платформу TS-8989, которая позволяет протестировать самые разные модули, которые используются в автомобиле. Эту систему можно согласовать с соответствующими условиями испытания.

Для этой цели тестовая система TS-8989 предлагает различные модули нагрузки с силой тока до 40 А. Благодаря открытой платформе PXI в зависимости от «сценария» теста могут использоваться испытательные приборы PXI для тока и напряжения, коммутационные платы, дигитайзеры и т.д. Со стороны программного обеспечения наряду с программой TestExec SL и библиотекой TS5000 в распоряжении имеются все компоненты для быстрого создания испытательного стенда как в области проверки и сертификации, так и в сфере производства. Программа Test Exec SL наряду с тестовым секвенсором обеспечивает также генерацию заказных отчетов о проведении испытаний. Таким же образом в зависимости от предъявляемых требований через библиотеку TS5000 могут создаваться коммуникационные платы стандарта

CAN/LIN для оптимизированной испытательной среды с реальными данными управления.

Компактная конструкция аппаратных средств позволяет получать компактные одиночные испытательные места или — при использовании стойки с несколькими основными шасси платформы TS-8989 — гибко образовывать параллельные испытательные системы или более сложные многоканальные испытательные системы. Эта система является очень гибкой, благодаря чему она может очень легко согласовываться с соответствующими модулями — при этом со стороны аппаратных средств при необходимости заменяются отдельные модули, а со стороны программного обеспечения загружаются соответствующие тестовые программы.

Глобальные центры технического обслуживания и технической поддержки гарантируют высокую готовность оборудования в распределенной производственной среде с единой концепцией аппаратных средств и программного обеспечения.

Оснащение и важнейшие характеристики:



- Все необходимые модули, такие как контроллеры и измерительные платы, размещены на 8-слотовом шасси PXI и в 11-слотовом блоке для переключателей / мультиплексоров и модулей нагрузки
- Поддерживается переключение больших токов до 40 А с защитой обратной связи
- Эмуляция различных датчиков с выходными напряжениями до 30 В и источником 20 мА, включая тест с подводимым током, который может составлять до 20 мА до макс. 100 В или 200 мА до макс. 16 В
- Могут измеряться испытываемые устройства (DUTs) или испытываемые блоки (UUTs) с числом соединительных выводов до 100

Пример системы для испытания электронного блока управления с отчетом о проведении испытания и графическим интерфейсом пользователя (GUI).

Мультиметры/ Токоизмерительные Клещи

Цифровые мультиметры
и токоизмерительные клещи высокой
точности и разрешающей способности

Мультиметры/токоизмерительные клещи

Настольные мультиметры

- Настольные приборы обеспечивают высокую точность и разрешающую способность
- Разнообразные измерительные задачи шире, чем просто измерение напряжения и тока
- Сопротивления и конденсаторы в двух- или четырехпроводной схеме измерения
- Ручные мультиметры
- Большой выбор мультиметров предлагает правильное решение для любых задач
- Разные производители предлагают для мобильной работы измерительные приборы в самых разных ценовых категориях

Дистанционное снятие измерений

- Получение измеренных значений по радиолиниям и выдача для последующего использования
- Возможность уверенного приема измеренных значений для индикации из труднодоступных или опасных мест

Токоизмерительные клещи

- Удобное измерение токов современными токоизмерительными клещами без разрыва цепи
- Токоизмерительные клещи для измерения токов утечки
- Калибраторы
- Милли-/микроомметры
- Измерители освещенности и яркости
- Спектрометры
- Двухполюсные индикаторы наличия напряжения

ОТ ТРЕХ ДО ВОСЬМИ С ПОЛОВИНОЙ

РАЗРЯДНОСТЬ, РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ПОГРЕШНОСТЬ — ЭТО РАЗНЫЕ ВЕЩИ



Разрешающая способность

Разрешающая способность тесно связана с разрядностью и заданным диапазоном измерения. В приведенном выше примере цифровая последовательность +1999 в диапазоне измерения 10 В означала бы максимальное отображаемое значение 19,99 В. Разрешающая способность составляет 10 мВ. Если напряжение больше, диапазон измерения необходимо переключить, например на напряжение 100 В, причем, теперь индикатор мог бы показать, например, 200,0 В. Разрешающая способность равна 100 мВ.

Следует ясно понимать: последний разряд имеет погрешность, поскольку он «скачет», и неизвестно, сделал он скачок на верхний или нижний пик волны; в последнем примере эта погрешность составляет 100 мВ.

Погрешность

Часто погрешность указывается производителями по-разному. Приведем немного арифметики: компания Keysight для 7½-разрядного прибора 34470A и диапазона измерения по постоянному напряжению 100 мВ указывает точность на год $\pm 0,0040\%$ от показания прибора, $+0,0035\%$ от диапазона измерения, с предельными (и другими) условиями, что прибор включен не менее 1 ч для прогрева до рабочей температуры, а автоматическая балансировка нуля выполнялась не позже двух дней назад. Если суммировать эти погрешности, погрешность этого DMM получается $\pm 7,5$ мкВ.

Другой производитель, например компания Chauvin Arnoux, указывает точность по-другому: «0,8% (reading) + 4D», что означает «0,8% от считанного значения + 4 цифры». Эти четыре цифры относятся к самым младшим разрядам диапазона измерения. В диапазоне измерения 100 мВ младший разряд имеет цену 0,1 мВ. Например, если считанное напряжение 100 мВ, то расчет точности в этом примере дает $(0,8 \text{ мВ} + 0,4 \text{ мВ}) = 1,2 \text{ мВ}$.

Четырехпроводная схема измерения

Название «четырехпроводная схема измерения» уже говорит о количестве измерительных проводов объекта измерения. Здесь требуется четыре провода: одна пара для электропитания, другая — собственно для измерения.

Если не подключить измерительный провод, в токоведущей ветви сопротивление провода вызвало бы ошибку измерения напряжения. Четырехпроводные схемы измерения нужны всегда, если через объект измерения проходит ток большой силы. Это важно, например, для измерений характеристик диодов или для измерений прецизионных сопротивлений. Приложенный ток, протекающий через измеряемый объект, создает падение напряжения на подводящих проводах. Чтобы измерять не это дополнительно увеличенное напряжение, а только падение напряжения непосредственно на объекте, вводится вторая пара проводов, которая подключается к самому измеряемому объекту.

Небольшой пример: расстояние от измеряемого объекта до измерительного прибора 1 м, соединение проводом сопротивлением 0,0547 Ом/м, приложенный ток 1 мА, измеряемое номинальное сопротивление 1 кОм. Измерение показало бы напряжение 1,0001094 В при двухпроводной схеме измерения. Ошибка измерения в этом случае составила 0,01094%.

Через измерительные провода, подключенные для измерения напряжения на измеряемом объекте, ток не протекает. Для измерения неизвестного сопротивления мультиметр делит измеренное напряжение на известный (приложенный) ток.

Получайте и визуализируйте измеренные значения быстрее

Часто цифровые мультиметры (DMM) характеризуются разрядностью. Например, можно прочесть: «3½-разрядный» — но что это означает? Цифровая последовательность, которую может отобразить DMM с такой маркировкой, задана от -1999 до +1999, т.е. все цифры от 0 до 9 могут показать только последние три разряда, а первый разряд может показать только две цифры: 0 и 1, выступая в качестве «индикатора переполнения» при переходе от 0999 к 1000.

| ЦИФРЫ | БИТЫ | РАЗРЯДНОСТЬ |
|-------|-------|-------------|
| 3 | 10,97 | 3 |
| 3,3 | 11,97 | 3½ |
| 3,6 | 12,97 | 3¾ |
| 3,8 | 13,55 | 3⅝ |
| 3,8 | 13,77 | 3⅞ |
| 4 | 14,29 | 4 |
| 4,3 | 15,29 | 4½ |
| 4,6 | 16,29 | 4¾ |
| 4,8 | 17,1 | 4⅞ |
| 5 | 17,61 | 5 |
| 5,6 | 19,61 | 5¾ |
| 6 | 20,93 | 6 |
| 6,3 | 21,93 | 6½ |
| 7 | 24,25 | 7 |
| 7,3 | 25,25 | 7½ |
| 8 | 27,58 | 8 |
| 8,3 | 28,58 | 8½ |

Описание

Три полных разряда справа: 0–9

½ разряда слева: 0–1 → ½

Диапазон индикации: 0–1999

Описание

Три полных разряда справа: 0–9

¾ разряда слева: 0–3 → ¾

Диапазон индикации: 0–3999

НАСТОЛЬНЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

МУЛЬТИМЕТР 34450A

6-разрядный настольный мультиметр с OLED-дисплеем



Настольный мультиметр нового поколения с ярким OLED-дисплеем 34450A, быстродействующий, эффективный, точный, подходит для многих прикладных задач, помогая в различных метрологических ситуациях. Со скоростью 190 измерений в секунду и точностью 0,015% при измерении постоянных напряжений, он открывает новые границы. Большое число триггерных возможностей входов и выходов обеспечивает высокую гибкость на производстве для анализа полученных результатов измерения.

Оснастка/особенности:

- яркий двойной OLED-дисплей и угол обзора 160°;
- одновременная индикация измерений постоянного и переменного тока;
- 190 измерений в секунду;
- точность измерения постоянных напряжений — 0,015%;
- 11 измерительных функций, включая двух- и четырехпроводные схемы измерения сопротивлений, температуры и емкости;
- интерфейсы USB, RS232, опционально GPIB.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | 34450A |
|--|--------------------------|
| Разрядность | 5½, OLED двойной дисплей |
| Среднеквадратическое значение | AC |
| Напряжение постоянного тока | От 50 мкВ до 1 000 В |
| Точность | От 0,015% +5 |
| Разрешающая способность | От 10 мкВ |
| Напряжение переменного тока | От 100 мкВ до 750 В |
| Точность | От 0,2% +10 |
| Разрешающая способность | От 10 мкВ |
| Диапазон частот (В) | От 20 Гц до 100 кГц |
| Постоянный ток | От 100 нА до 10 А |
| Переменный ток | От 100 нА до 10 А |
| Сопротивление | От 100 МОм до 100 МОм |
| Выбор двух- или четырехпроводной схемы | Да/да |
| Частота | От 5 Гц до 500 кГц |
| Емкость | От 1 пФ до 10 мкФ |
| Температура | - 80...+150 °C |
| RS232/USB/GPIB/LAN | Да/да/опция /нет |

НАСТОЛЬНЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ TRUEVOLT КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES СЕРИЯ TRUEVOLT 344xxA

6½-/7½-разрядные настольные мультиметры

Цифровые мультиметры 34460A, 34461A, 34465A и 34470A с технологией Truevolt компании Keysight предлагают большое число метрологических возможностей и представлений результатов измерения, уникальных для DMM (Digital Multi Meter, цифровые мультиметры).

За названием «Truevolt» скрывается инновационная запатентованная технология аналого-цифрового преобразователя (АЦП) позволяющая ослабить влияние таких внешних факторов, как шум и загрязнение точки измерения: технология, сокращающая время измерения. Получаемая с ее помощью точность измерения 0,0016% по постоянному напряжению является недостижимой для других DMM этого ценового класса. Программное обеспечение приборов серии Truevolt полностью совместимо с цифровым мультиметром 34401A.

Измерения температуры можно проводить с RTD/PT100 (резисторный термодатчик/платиновый терморезистор), терморезисторами и термоэлементами.

Цифровой индикатор представляет результат измерения в общепринятом виде. Столбчатая индикация поддерживает визуализацию измеренных значений, подобную аналоговой шкале. Гистограмма показывает статистическое распределение результатов измерения.

Технология Truevolt компании Keysight потребляет примерно на 30% меньше измерительный ток, чем другие сравнимые продукты. Благодаря этому цифровые мультиметры серии Truevolt создают почти на 100% **меньший шум**.



Оснастка/особенности:

- 10,9-см цветной дисплей с высокой разрешающей способностью для отображения столбцовых диаграмм, гистограмм, статистических данных и трендов;
- 1000 измерений в секунду и точность от 0,09% по напряжению постоянного тока;
- запатентованная технология АЦП (технология Truevolt) для исключения внешних факторов;
- легкость управления и настройки благодаря интуитивно понятному интерфейсу, основанному на системе меню;
- 11 измерительных функций, включая двух- и четырехпроводные схемы измерения сопротивлений, температуры и емкости;
- перенос данных методом Drag-and-drop («перетаскивание») по USB/LAN (опционально GPIB).

Технические характеристики серии Truevolt 344xxA

| МОДЕЛЬ | 34460A | 34461A | 34465A | 34470A |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Разрядность | 6½, двустрочный дисплей | | | 7½, двустрочный дисплей |
| Измерение СКЗ | АС/АС + DC | | | |
| Напряжение постоянного тока | От 10 мкВ до 1 000 В | | | |
| Точность | От 0,0075% +5 | От 0,0035% +5 | 0,003% | 0,0016% |
| Разрешающая способность | От 10 мкВ | | 0,1 мкВ | 10 нВ |
| Напряжение переменного тока | От 100 мкВ до 750 В | | От 100 мВ до 1 000 В | |
| Точность | От 0,09% +3 | От 0,06% +3 | 0,06% | |
| Разрешающая способность | От 10 мкВ | | 0,1 мкВ | 10 нВ |
| Диапазон частот (В) | От 3 Гц до 300 кГц | | | |
| Постоянный ток | От 10 нА до 3 А | От 10 нА до 10 А | От 1 мкА до 10 А | |
| Переменный ток | От 10 нА до 3 А | | От 100 мкА до 10 А | |
| Сопротивление | От 10 МОм до 100 МОм | | От 100 Ом до 1 000 МОм | |
| Выбор 2- или 4-проводной схемы | Да/да | | | |
| Частота | От 3 Гц до 300 кГц (В) | | | |
| Емкость | От 1 нФ до 100 мкФ | | | |
| Температура | Нет | Да (в зависимости от датчика) | | |
| RS232/USB/GPIB/LAN | Нет/да/опция/да | | | |

ПРЕЦИЗИОННЫЙ МУЛЬТИМЕТР 3458A

Высокопроизводительный мультиметр с разрешением в 8,5 разряда



Лидер по производительности:
максимальная скорость считывания — 100 000 измерений/с

- 8,5-разрядное разрешение с погрешностью передачи 5×10^{-6}
- Измерительные функции включают: напряжение, силу постоянного и переменного тока, 2- и 4-проводное сопротивление, частоту и период

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | 3458A |
|---|---------------------------------------|
| Разрядность | 8,5 |
| Погрешность измерения напряжения по пост. току в течение 1 года | 0,0008% (8 ppm) / 0,0004% опционально |
| Макс. скорость измерения (замеров/с) | 100 000 |
| Диапазоны напряжений пост. тока и реальных ср.-кв. напряжений перем. тока | 100 мВ – 1000 В |
| Диапазоны для силы пост. тока и реальных ср.-кв. силы перем. тока | 100 мА – 1 А |
| Диапазоны 2- и 4-проводных сопротивлений | 10 Ом – 1 ГОм |
| Диапазон частот | 1 Гц – 10 МГц |
| Прочие измерения | Период |
| Подключения | GPIB |

ФЕМТО-/ПИКОАМПЕРМЕТРЫ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Серия B2980A



Фемто-/пикоамперметры

Компания Keysight представляет семейство приборов серии B2980A — не имеющих аналогов в мире измерительных инструментов с цифровым и графическим дисплеем, показывающим значения от 0,01 фА и от 10 пОм.

Работа от батареи, приборы не имеют помех по напряжению электропитания. На графическом дисплее можно наблюдать значения непосредственно во время измерения. Гистограмма позволяет оперативно получить обзор статистического анализа. С этими приборами открываются новые возможности применения в конструировании, научных исследованиях и при контроле качества. Области применения — от электроники, измерений на полупроводниковых элементах и до испытаний [материалов](#).

Почему разрешающая способность 0,01 фА так важна?

Малые токи важно измерять во многих случаях, например, в потоках ионов, солнечных батареях, электронных датчиках, органических материалах, эластомерах. Обычные DMM (цифровые мультиметры) не могут охватить этот диапазон. С прежними пикоамперметрами и электрометрами такие измерения можно было проводить лишь с большим трудом. Приборы серии B2980A прекрасно оснащены для измерения токов, даже с прицелом на будущее, и являются лучшими в классе от 2 мкА до 20 мА. Внутреннее напряжение 1000 В обеспечивает разрешающую способность до 0,01 фА и до **10 пОм**.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | B2981 A | B2983A | B2985A | B2987A |
|--------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| Разрядность | 6½ | | | |
| Напряжение постоянного тока, В | – | – | – | 20 |
| Точность, % | – | – | – | 0,025 |
| Разрешающая способность | – | – | – | 1 мк В |
| Постоянный ток | От 2 мкА до 20 мА | | | |
| Точность, % | 1–0,05 | | | |
| Разрешающая способность | 1 аА | | | |
| Сопротивление | – | – | – | 10 пОм |
| Точность, % | – | – | – | 0,13–2,6 |
| Разрешающая способность | – | – | – | 1 Ом |
| Температура, °С | – | – | – | –25...+150 |
| Точность | – | – | – | 0,2% +2 °С |
| Разрешающая способность | – | – | – | 0,1 °С |
| RS232/USB/GPIB/LAN | Нет/да/да/да | | | |
| Масса, кг | 4,3 | 4,9 | 4,5 | 5,1 |
| Размеры, мм (Ш×В×Г) | 104x261x374 | 104x261x375 | 104x261x376 | 104x261x377 |
| Электропитание, В | 90–264 | | | |
| Питание от батареи | Нет | Да | Нет | Да |

Работа от батареи позволяет проводить измерения без шумов.

Встроенная самодиагностика обеспечивает высокую достоверность и точность измерений.

РУЧНЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

СЕРИЯ U1230A

Четырехразрядные цифровые мультиметры TrueRMS

Эргономичные ручные мультиметры TrueRMS серии U1230A обладают выдающимися свойствами для работы в жестких, шумных или слабо освещенных условиях. Встроенная в заднюю стенку светодиодная лампа или удобно настраиваемая подсветка фона помогают при сервисной эксплуатации и проведении измерений в слабо освещенных местах.

- 6000 отсчетов + гистограмма
- До 600 В/10 А (переменный/постоянный ток)
- Мигающая индикация при прозвонке цепи
- Встроенный фонарик
- Опциональный интерфейс Bluetooth/USB с программным обеспечением



СЕРИЯ U1240B

Четырехразрядные цифровые мультиметры TrueRMS

Мультиметры U1241B/U1242B позволяют охватить всю полосу пропускания измерений. На индикаторе с 10 000 отсчетов мультиметры показывают эффективное значение. Любые задачи по техническому обслуживанию решаются с помощью встроенного универсального счетчика, функции измерения коэффициента гармоник (частота), функции измерения температуры по двум каналам и разницы температур.

- 10 000 отсчетов
- До 1000 В/10 А (переменный/постоянный ток)
- Точность от 0,09%
- Измерение разницы температур (U1242B)
- Опциональный интерфейс Bluetooth/USB с программным обеспечением

СЕРИЯ U1240C

4½-разрядные цифровые мультиметры TrueRMS

Мультиметры серии U1240C — это особо прочные цифровые ручные приборы с метрологическими возможностями, обычно востребованными в промышленности. Серия сертифицирована по IP67, выдерживает падение с высоты около 3 м (10 футов). Длительность работы от батареи составляет 400 ч. Кроме того, приборы этой серии обеспечивают уникальное сохранение данных с функцией создания протоколов соответствующих результатов измерения.

- Двойной дисплей с 10 000 отсчетов
- Базовая точность измерений постоянного тока — 0,09%
- Измерение среднеквадратического значения TrueRMS (переменный и постоянный ток)
- Влаго- и пылезащищенный согласно IP67, испытан падением с высоты до 3 м
- Продолжительность работы от батареи 400 ч
- Класс безопасности CAT III 1000 В/CAT IV 600 В
- Комплект для беспроводной связи U1118A (опция): адаптер «ИК/Bluetooth» и Remote Logging Display («дисплей удаленного входа») для индикации результатов измерения на расстоянии до 100 м (подходит для применения в помещениях и под открытым небом)

Технические характеристики

| СЕРИЯ | U1230A | U1240B | U1240C |
|--|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Количество позиций | 4 | | 4½ |
| Разрешение дисплея | 6 000 | 10 000 | |
| Фоновая подсветка | Да | | |
| Аналоговая сегментная индикация | Да | | |
| Измерения истинных среднеквадратичных значений | AC | | |
| Базовая погрешность | От 0,5% +2 | От 0,09% +2 | |
| Измерение напряжений AC/DC | От 1 мВ до 600 В | От 100 мкВ до 1 000 В | |
| Измерение тока AC/DC | От 0,1 мкА до 10 А (кроме U1231A) | От 0,1 мкА до 10 А | От 0,01 мкА до 10 А |
| Измерение сопротивления | От 1 Ом до 60 МОм | От 100 мОм до 1 000 мОм | |
| Измерение мощности | От 1 мкВт до 10 мВт | От 0,1 нВт до 10 мВт | |
| Температура с PT100 / тип K / тип J | Нет/да/нет (кроме U1231A) | Нет/да/да (кроме U1241B) | Нет/да/нет |
| Измерение частоты | От 0,1 Гц до 99,999 кГц | От 0,01 Гц до 200 кГц | От 0,01 Гц до 99,999 кГц |
| Счетчик частоты | Нет | | |
| Целостность цепей/проверка диодов | Да/да | | |
| ЗУ (записывающее устройство) | Нет | Нет | Да/да |
| RS232/USB/Bluetooth | Опция (кроме U1231A) | Опция | Нет/да/нет |
| Запись Min/Max | Да | | |
| Функции Display-Hold/Auto-Hold | Да | | |
| Класс защиты | CAT II 600 В до CAT III 600 В | CAT IV 600 В/CAT III 1 000 В | |
| Размеры, мм (ШxВxГ) | 86x169x52 | 92,2x193,8x58 | 96x198x57 |
| Вес, г | 365 (U1231A)/371 с батарей | 450 с батарей | 545 с батарей |

СЕРИЯ U1280A

4½-разрядные цифровые мультиметры TrueRMS

Мультиметры серии U1280A — это особо прочные цифровые ручные мультиметры с метрологическими возможностями, обычно востребованными в промышленности. Серия сертифицирована по IP67 выдерживает падение с высоты около 3 м (10 футов). Длительность работы от батареи составляет 800 ч. Кроме того, приборы этой серии обеспечивают уникальное сохранение данных с функциями создания протоколов соответствующих результатов измерения.

- Двустрочный дисплей с 60 000 отсчетов
- Базовая точность измерений постоянного тока — 0,025%
- Измерение среднеквадратического значения TrueRMS (переменный и постоянный ток)
- Влаго- и пылезащищенный согласно IP67, испытан падением с высоты до 3 м
- Продолжительность работы от батареи 800 ч
- Класс безопасности CAT III 1000 V/CAT IV 600 V
- Комплект для беспроводной связи U1118A (опция): адаптер «ИК/Bluetooth» и Remote Logging Display («дисплей удаленного входа») для индикации результатов измерения на расстоянии до 100 м (подходит для применения в помещениях и под открытым небом).



СЕРИЯ U1270A

4½-разрядные цифровые мультиметры TrueRMS

Мультиметры серии U1270A имеют оптимальную форму и идеально лежат в руке. Увеличенный поворотный переключатель на мультиметре, а также большие кнопки упрощают обращение с прибором, позволяя работать даже в защитных перчатках. Производительность повышают интеллектуальные функции, например, Qik-V — функция определения наличия переменного и/или постоянного напряжения. Приборы моделей U1273A/U1273AX обладают OLED-дисплеем.

- 30 000 отсчетов
- До 1000 В/10 А (переменный/постоянный ток)
- Двойной/OLED-дисплей (U1273A/U1273AX)
- Температура окружающей среды до -40 °C (U1273AX)
- Опциональный интерфейс Bluetooth/USB с программным обеспечением

СЕРИЯ U1250B

4½-разрядные цифровые мультиметры TrueRMS

Приборы серии U1250B обеспечивают оптимальную универсальность, прочность и надежность в эксплуатации. С этими мультиметрами Вы будете оснащены для решения как текущих, так и будущих задач. Приборы располагают двустрочным дисплеем и обеспечивают точность измерения до 0,03%. Прибор U1253B обладает ярким OLED-дисплеем с хорошей резкостью и высокой контрастностью.

- 50 000 отсчетов
- До 1000 В/10 А (переменный/постоянный ток)
- Двойной/OLED-дисплей (U1253B)
- Внутренний генератор прямоугольных импульсов (Pulse-Width Modulation, PWM — широтно-импульсная модуляция) и счетчик-частотомер (до 20 МГц)
- Опциональный интерфейс Bluetooth/USB с программным обеспечением

Технические характеристики

| СЕРИЯ | U1250B | U1270A | U1280A |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--|
| Разрешение дисплея | 30 000 до 50 000 | 30 000 | 60 000 |
| Фоновая подсветка | Да | | |
| Аналоговая сегментная индикация | Да | | |
| Измерения истинных СКЗ | AC + DC | | |
| Базовая погрешность | От 0,025 до 0,03% +2 | От 0,05% +2 | От 0,025% +2 |
| Измерение напряжений AC/DC | От 10 мкВ до 1 000 В | | |
| Измерение тока AC/DC | От 10 нА до 10 А | От 100 нА до 10 А | От 10 нА до 10 А |
| Измерение сопротивления | От 100 мОм до 500 МОм | От 100 мОм до 100 МОм | От 1 мОм до 100 МОм |
| Измерение мощности | От 10 пФ до 100 мФ | | |
| Температура с RT100/тип К/тип J | В зависимости от модели | | |
| Измерение частоты | От 0,01 Гц до 1 МГц | От 1 Гц до 999,99 кГц | От 0,001 Гц до 9,9999 МГц |
| Счетчик частоты | От 0,01 Гц до 9,9 МГц (кроме U1251B) | Нет | От 0,001 Гц до 99,9 МГц (кроме U1281B) |
| ЗУ/логгер | Да | | |
| RS232/USB/Bluetooth | Нет/опция/опция | | |
| Запись min/max | Да | | |
| Функции Display-Hold/Auto-Hold | Да | | |
| Класс защиты | CAT IV 600 V/CAT III 1 000 V | | |

АКСЕССУАРЫ ДЛЯ МУЛЬТИМЕТРОВ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

U1173B

ИК-USB кабель для подключения к ПК

Через U1173B можно подключать мультиметры компании Keysight к ПК. Программное обеспечение входит в комплект поставки мультиметра (для мультиметров серии U1200A).

- Максимальная скорость передачи данных: 19200 бит/с
- Дистанционное управление и регистрация/передача данных на ПК
- Поддержка ОС Windows 8

U1168A

Расширенный комплект измерительных проводов с зажимами и щупами

Комплект измерительных проводов Keysight U1168A дополняет комплектацию всех мультиметров серии U1200. Использование такого комплекта существенно расширяет возможности приборов и упрощает работу с ними.

- Измерительные провода CAT III 1000 В, CAT IV 600 В, 15 А
- Щупы (19 мм): CAT III 1000 В, CAT IV 600 В, 15 А
- Щупы (4 мм): CAT III 1000 В, CAT IV 600 В, 15 А
- Зажимы типа «крокодил» CAT III 1000 В, 10 А
- Зонды Fine Tip Test: CAT II 300 В, 3 А
- Захваты SMT: CAT II 300 В, 3 А
- Минизахват (черный) Cat II 300 В, 3 А

U1185A

Термопарный пробник типа J с адаптером

Проволочный температурный зонд в виде термопары типа J, с диапазоном температур $-20...+200$ °С. Можно подключать к мультиметрам с измерением температуры.

Внимание! Для точности измерений при использовании не следует прикасаться к поверхности зонда и точке измерения.

- Диапазон рабочих температур $-20...+200$ °С
- Точность $\pm 1,1$ °С
- Поставляется с адаптером 4 мм U1184A для мультиметров с измерением температуры

U1171A

Комплект для крепления и подвески

Комплект для крепления состоит из магнита, регулируемого ремня с петлей и вставного адаптера для мультиметров серии U1200 компании Keysight. На магните или ремне можно размещать мультиметр на уровне глаз, т.е. руки полностью освобождаются для выполнения измерения.

- Комплект для крепления
- Штекерный адаптер
- Магнит
- Петля для подвешивания

U1174A

Мягкая сумка для переноски мультиметров

Сумка предназначена для безопасной и удобной переноски приборов. В нее можно сложить также измерительные провода, чтобы хранить или переносить их вместе с мультиметром. Для мультиметров серии U1200A.

U1164A

Зонды игольчатой формы

U1164A состоит из пары (один черный и один красный) зондов, которые можно использовать для всех цифровых мультиметров. Соответствуют требованиям CAT II, 300 В, 3 А.

34136A

Зондирующая головка для высоких напряжений

34136A может подключаться ко всем мультиметрам. Передаточное отношение 1000:1, т.е. можно измерять напряжения до 40 кВ постоянного тока.

- Внутреннее сопротивление мультиметра 10 МОм
- Точность (DC): 2% от 1 кВ до 20 кВ, 3% до 40 кВ
- Точность (AC): 5% при 60 Гц; уменьшается с частотой до -3 дБ при 300 Гц
- Входное сопротивление 1000 МОм
- Максимальное напряжение 40 кВ DC
- Длина кабеля 1 м
- Подключение: кабель 4 мм и зажим на массу

U1594A

Формованный жесткий чемодан

- Жесткий корпус с двумя отсеками
- Подходит для серии U1280A с аксессуарами
- Размеры (ВхШхГ) 350x289x9,9 мм



УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ТОКОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КЛЕЩИ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

U1190A

Цифровой мультиметр-клещи для измерения истинных среднеквадратичных значений

U1191A, U1192A, U1193A, U1194A обеспечивают эргономичное, удобное и безопасное измерение. Имеют различные микрометрические функции.

- Измерение тока AC
- Измерение напряжения переменного и постоянного тока
- Целостность цепей/проверка диодов
- Измерение сопротивления
- Измерение частоты (кроме U1191A)
- Измерение емкостей (кроме U1191A)
- CAT III 600 В/CAT IV 300 В
- Встроенный светодиодный фонарик для подсветки рабочей зоны (кроме U1191A)
- Датчик напряжения (кроме U1191A)



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | U1191A | U1192A | U1193A | U1194A |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| Обхват, мм | 27 | | 35 | |
| Метод измерения | Усредненный отклик | | TrueRMS | |
| Диапазон величин тока AC/DC | От 1 до 400 А (AC) | | От 0,1 до 600 А (AC) | От 1 мкА до 600 А (AC/DC) |
| Точность | от 2 % +5 | | | |
| Разрешение | От 0,1 А | От 0,01 А | От 1 мкА | |
| Диапазон величин напряжения AC/DC | От 1 до 600 В | | От 0,1 до 600 В | |
| Точность | От 0,12% +5 | | | |
| Разрешение | От 0,1 В | От 0,01 В | | |
| Целостность цепей/проверка диодов | Да/да | | | |
| Сопротивление | От 1 Ом до 6 кОм | От 1 Ом до 60 кОм | | |
| Частота | Нет | От 99,99 Гц до 99,99 кГц | | |

U121xA

Цифровой мультиметр-клещи для измерения истинных среднеквадратичных значений

U1211A кроме измерения тока, имеет также некоторые другие функции мультиметра.

С прибором U1212A можно не только измерять величины тока, но и выполнять широкодиапазонные измерения множества параметров. Отлично подходит для выездных работ.

С прибором U1213A можно не только измерять величины тока, но и выполнять широкодиапазонные измерения множества параметров. Универсальный измерительный прибор для многих областей.

- Измерение тока AC (U1211A), AC + DC (U1212A и U1213A)
- Измерение напряжения переменного и постоянного тока
- Расчет коэффициента мощности $\cos \phi$ (U1211A)
- Целостность цепей/проверка диодов
- Измерение сопротивления
- Измерение частоты
- Измерение емкостей
- Измерения температуры, тип K (U1212A и U1213A)



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | U1211A | U1212A | U1213A |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Обхват, мм | 52 | | |
| Метод измерения | TrueRMS | | |
| Диапазон величин тока AC/DC | От 0,1 до 1.000 А (AC) | От 0,1 до 1 000 А (AC) | |
| Точность | От 1% +5 | От 2% +5 | От 1,5% +3 |
| Разрешение | От 0,01 А | | |
| Диапазон величин напряжения AC/DC | От 1 до 1 000 В | | От 0,01 до 1 000 В |
| Точность | От 0,5% +3 | | От 0,2% +5 |
| Разрешение | От 0,1 В | | От 0,001 В |
| Целостность цепей/проверка диодов | Да/да | | |
| Сопротивление | От 1 Ом до 4 кОм | | От 1 Ом до 40 кОм |
| Частота | От 0,1 Гц до 999,9 кГц | | |
| Измерение температуры | Нет | Да | |
| Измерение мин./макс. | Да/да | | |

СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И КОММУТАЦИИ

СОВЕТЫ ПО ВЫБОРУ

ВСЕ, ЧТО НУЖНО ДЛЯ ВЫБОРА НОВОГО РЕГИСТРИРУЮЩЕГО ПРИБОРА, РЕГИСТРАТОРА ДАННЫХ ИЛИ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Регистрация результатов измерения по времени

Система сбора данных — это электронный метрологический прибор, с помощью которого, синхронно или асинхронно, в течение некоторого времени одновременно можно регистрировать и сохранять большое количество точек измерения со многими физическими измеряемыми величинами.

Виды систем сбора данных

Существуют регистраторы данных, записывающие в электронную память измеренные значения, которые можно прочитать позже. Другая возможность — передача результатов измерений непосредственно к подключенному ПК для последующего расчета или отображения.

Кроме того, все чаще выдвигается требование, чтобы манипулировать данными было невозможно или очень сложно. Благодаря непосредственному документированию на контрольный лист возможность манипуляций сильно затруднена.

Для этого требования существуют регистраторы данных со встроенным блоком записи/печати. В этих традиционных регистраторах, называемых также графическими регистрирующими устройствами или устройствами регистрации данных, измеренные значения иногда даже записываются на бумагу.

О работе расширенного мультиметра

Мультиметр уже можно назвать регистратором данных. Многие модели могут измерять напряжения, токи, температуру, частоту, сопротивление, емкость и индуктивность. Однако эти приборы могут измерять и отображать только по одной из этих величин.

Проще говоря, регистратор данных состоит из многих цифровых мультиметров, но может измерять многие их каналы одновременно и сохранять измеренные значения в течение некоторого времени.

Практически для любой области применения имеется подходящая модель/тип.

- На стационарных приборах матричным дешифратором можно выбрать, например, до 1120 каналов и снимать показания с помощью высокоточного измерительного блока. Стационарные приборы применяются в конструировании или в производственных условиях.
- Модульные регистраторы данных, называемые еще системами регистрации/коммутирования результатов измерения, обеспечивают гибкую и надежную платформу с числом модулей до 20, например, коммутация постоянного тока с частотой до 3 ГГц, цифровые входы/выходы со счетчиком или цифроаналоговый преобразователь с терминальным блоком. Таким образом, регистраторы данных можно подобрать индивидуально, в зависимости от условий эксплуатации и применения, и задать произвольную конфигурацию или расширение.

Критерии выбора регистратора данных

- Для какой области эксплуатации или применения требуется регистратор данных?
- Сколько необходимо каналов?
- Какова должна быть скорость считывания (число измеренных значений в секунду)?
- Какое максимальное/минимальное входное напряжение должно подаваться на регистратор данных?
- Какие интерфейсы применяются для передачи данных?
- Должны ли все каналы считываться одновременно (синхронно) или можно считывать их асинхронно (последовательно)?
- Нужен ли вход для внешнего триггерного запуска?



СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ/КОММУТАЦИИ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ KEYSIGHT DAQ970A И DAQ973A



Оцифровывайте больше сигналов, быстрее и динамичнее

Описание «Системы сбора данных DAQ970A / DAQ973A представляет собой комбинацию высококачественного коммутатора и встроенного цифрового мультиметра с разрешением $6 \frac{1}{2}$ разряда, который позволяет выполнять точные измерения.

Функция автокалибровка обеспечивает компенсацию дрейфа нуля во встроенном цифровом мультиметре, многофункциональном модуле DAQM907A или модуле дигитайзера DAQM909A, вызванные изменением температуры в течение времени.

- Встроенная функция внутренняя калибровка модуля снижает ошибки смещения теплового напряжения
- Возможность измерения диапазонов очень низких значений тока (1 мкА постоянного тока и 100 мкА переменного тока) и более высоких диапазонов сопротивления (1000 МОм)
- Ключевые особенности «Базовые блоки на 3 слота со встроенным цифровым мультиметром с $6 \frac{1}{2}$ разряда
- Основная погрешность 0,003% напряжения постоянного тока
- 9 подключаемых модулей коммутации, ВЧ и управления, в том числе новый 4-канальный
- дигитайзер для одновременной оцифровки
- Скорость сканирования до 450 каналов / с;
- До 120 каналов на систему
- Память сканирования до миллиона точек
- Измеряет и преобразует 14 различных входных сигналов: Температура с термодпары, RTD и термистора; напряжение постоянного / переменного тока; 2- и 4-проводные сопротивления; частота и период; постоянный / переменный ток, диод и емкость; деформация и мост Уитстона
- Большой цветной дисплей с диагональю 4,3 дюйма для простоты настройки и просмотра данных
- LAN и USB для легкого подключения к компьютеру (DAQ973A поставляется с дополнительным GPIB)
- Код программирования, совместимый с 34970A / 34972A;
- Поддержка USB-накопителя для копирования / регистрации данных в автономных приложениях
- ПО BenchVue DAQ с улучшенным измерением во временной / частотной области включено в комплект поставки

Основные возможности DAQ970A и DAQ973A

| ФУНКЦИИ | ОПИСАНИЕ |
|-------------------------|--|
| Виды измерений | Температура, напряжение, ток, сопротивление, частота, диод и емкость, деформация и мост Уитстона |
| Цифровой ввод / вывод | До 48 бит |
| Аналоговый выход | От -10 В до +10 В, 20 мА |
| Мультиплексирование | Максимум 120 (1-проводный), 60 (2-проводный) каналов |
| Матричная коммутация | Максимум 96 точек пересечения |
| Общее назначение | Максимум 60 переключателей |
| РЧ мультиплексирование | Максимум 24 канала, 2 ГГц |
| Одновременная оцифровка | Максимум 12 каналов, до 800 квыб / с, разрешение 24 бита |
| Интерфейс | Графический веб, USB на передней / задней панели, LAN / LXI, GPIB (только для DAQ973A) |

Подключаемые модули DAQ970A и DAQ973A

| Артикул | ОПИСАНИЕ |
|----------|---|
| DAQ970A | Базовый блок с интерфейсами USB и LAN |
| DAQ973A | Базовый блок с интерфейсами USB, LAN и GPIB |
| DAQM900A | 20-канальный твердотельный мультиплексор |
| DAQM901A | 20-канальный мультиплексор с якорными реле + 2 токовых канала |
| DAQM902A | 16-канальный герконовый мультиплексор |
| DAQM903A | 20-канальный привод / переключатель общего назначения |
| DAQM904A | Матрица 4 x 8 |
| DAQM905A | Двойной 4-канальный РЧ-мультиплексор, 50 Ом |
| DAQM907A | Многофункциональный модуль |
| DAQM908A | 40-канальный якорный мультиплексор |
| DAQM909A | 4-канальный 24-битный дигитайзер с одновременной выборкой |

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ/КОММУТАЦИИ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ 34980A

Модульная система сбора результатов измерений

Устройство 34980A — это восьмислотовое шасси систем сбора данных, мультиплексирования, регистрации данных и автоматизированная тестовая система. Пользователю предлагается большая свобода в вопросе создания структуры решения, принимаемого с учетом потребностей заказчика.



Модульная система сбора результатов измерений 34980A предлагает гибкую и надежную платформу, основанную более чем на 20 модулях, что позволяет адаптировать тестовые системы пользователя к конкретным требованиям. С помощью 6,5-разрядного (22-битного) мультиметра

можно напрямую регистрировать результаты измерений. При этом дополнительные сменные модули позволяют реализовать различные функции, например цифровые входы/выходы, ЦАП, счетчик и переключатель (постоянный ток частотой до 26,5 ГГц).



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | 34980A |
|--|--|
| Цифровые показания | 6 ½ |
| Диапазон напряжений постоянного тока | От 100 мВ до 300 В |
| Диапазон напряжений переменного тока/переменного тока + постоянного тока | От 100 мВ до 300 В при частоте от 3 Гц до 300 кГц |
| Диапазон измерения постоянного тока | От 10 мА до 1 А (только для 34921A) |
| Диапазон измерения переменного тока/переменного тока+постоянного тока | От 10 мА до 1 А В при частоте от 3 Гц до 5 кГц (только для 34921A) |
| Диапазон измерения величины сопротивления | От 100 Ом до 100 МОм |
| Измерение частоты | От 3 Гц до 300 кГц |
| Измерение температуры в диапазоне, °С | -210...+1820 |
| ЗУ для накопления результатов измерений внутреннее | 500 000 результатов измерений |

Модули для системы сбора данных результатов измерений/коммутации 34980A

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | СКОРОСТЬ СКАНИРОВАНИЯ (КАНАЛОВ/С) | МАКС. НАПРЯЖЕНИЕ, В | МАКС. ТОК, А | ФУНКЦИЯ | СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ АДАПТЕР |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|
| 34921A 40-канальный мультиплексор | 100 | ±300 | 1/2 | 4 канала для измерения тока (всего 44 канала), конфигурируется на двух- или четырехпроводных каналах | 34321T |
| 34922A 70-канальный мультиплексор | 100 | ±300 | 1/2 | конфигурируется на двух- или четырехпроводных каналах | 34922T-001 / 34922T-002 |
| 34923A 40-/80-канальный мультиплексор на основе язычковых реле | 500 | ±150 | 0,5/1,5 | Конфигурируется на одно-, двух- или четырехпроводных каналах | 34923T-001 / 34923T-002 |
| 34924A 70-канальный мультиплексор на основе язычковых реле | 500 | ±150 | 0,5/1,5 | Конфигурируется на двух- или четырехпроводных каналах | 34924T-001 / 34924T-002 |
| 34925A 40-/80-канальный мультиплексор с оптоэлектронной развязкой на основе полевых транзисторов | 1 000 | ±80 | 0,002 | Конфигурируется на одно-, двух- или четырехпроводных каналах | 34925T-001/34925T-002 |
| 34931A Сдвоенная матрица 4×8 на основе реле | 100 | ±300 | 1/2 | расширяемая | нет |
| 34932A Сдвоенная матрица 4×16 на основе реле | 100 | ±300 | 1/2 | расширяемая | нет |
| 34933A Сдвоенная/счетверенная матрица 4x8 на основе язычковых реле | 500 | ±150 | 0,5/1,5 | расширяемая, конфигурируется на одно- или двухпроводных каналах | 34933T-001/34933T-002 |
| 34934A четверенная матрица 4×32 на основе язычковых реле | 500 | ±100 | 0,5/0,5 | расширяемая, конфигурируется на одно- или двухпроводных каналах | 34934T-001/34934T-002 |
| 34937A Коммутатор на основе реле | нет | ±300 (Тип C) ±250 AC (Тип A) | 1 (Тип C)/ 5 (Тип A) | Коммутатор 28x с топологией типа C, коммутатор 4x с топологией типа A | нет |
| 34938A Коммутатор на основе реле | нет | ±250 | 5 | Коммутатор 20x с топологией типа A | нет |
| 34939A Коммутатор на основе реле | нет | ±100 | 1 | Коммутатор 64x с топологией типа A | нет |
| 34941A Счетверенный 1x4 ВЧ-мультиплексор, 50 Ом | 55 | 30 | 0,5 | Полоса пропускания 3 ГГц | нет |
| 34942A Счетверенный 1x4 ВЧ-мультиплексор, 75 Ом | 55 | 30 | 0,5 | Полоса пропускания 1,5 ГГц | нет |
| 34945A Коммутатор/Система управления с аттенуатором | нет | 30 | 0,6 | Система управления до 64 внешних коммутаторов | нет |
| 34946A Коммутатор сдвоенный 1x2 SPDT, 50 Ом | >65 | 7 DC | Н/Д | Полоса пропускания до 26,5 ГГц | нет |
| 34947A Коммутатор строенный 1x2 SPDT, 50 Ом | >65 | 7 DC | Н/Д | Полоса пропускания до 26,5 ГГц | нет |
| 34950A Модуль цифрового ввода/вывода со счетчиком | нет | 5 | 0,4 | 8x8-разрядный модуль цифрового ввода/вывода, счетчик 2x10 МГц | 34950T |
| 34951A Четырехканальный ЦАП | нет | 16 | 0,02 | 4x16-разрядный ЦАП | нет |
| 34952A Многофункциональный модуль | 95 | 42 | 0,4 | 32-разрядный модуль цифрового ввода/вывода, двухканальный ЦАП, суммирующее устройство | нет |
| 34959A Модуль, конфигурируемый пользователем | нет | 42 | 0,1 | Индивидуальная конструкция с доступом к источнику напряжения +12/+5 В, 2x8-разрядных входа/выхода, управляющая шина на основе 28 реле | нет |

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ

Генераторы сигналов являются одними из основных инструментов, предназначенных для проведения исследований и измерений в различных областях науки, производства и промышленности, а так же при проведении ремонта и обслуживания устройств.

Генераторы сигналов используются при:

- научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах
- тестировании систем спутниковой связи
- тестировании бортового оборудования
- тестировании средств сотовой связи
- тестировании систем беспроводной связи
- тестировании средств телевидения
- создании и тестировании фазокогерентных систем и систем MIMO
- тестировании навигационных систем
- тестировании радиолокационных систем
- создании и тестировании средств радиоэлектронной борьбы

По функциональным возможностям генераторы сигналов можно разделить на следующие группы:

- При тестировании устройств на всех этапах от НИОКР до производства, а так же при выявлении неисправностей и ремонте оборудования существует потребность в создании сигналов различных форм. Для сокращения времени тестирования используемые источники сигналов должны обеспечивать максимальные функциональные возможности, и проще всего такие задачи решаются с использованием **генераторов импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума**.
- При разработке и тестировании приемников, радиолокационных систем и систем спутниковой связи, тестировании ФАР, для параметрического тестирования широкополосных фильтров, усилителей и многих других устройств важны такие показатели источников сигналов как широкий диапазон частот, чистота спектра и точность генерации, широкий динамический диапазон и высокая скорость перестройки по частоте. Решить данный круг задач могут **аналоговые генераторы сигналов**.
- В современном мире все большее распространение получают сигналы с цифровой модуляцией и большой скоростью передачи. Они используются в различных областях науки и связи — от цифрового теле- и радиовещания и стандартов беспроводной и сотовой связи до систем военного назначения. При разработке и производстве радиоэлектронных устройств как стандартные, так и специализированные форматы I/Q-модуляции. Все эти задачи помогут решить **векторные генераторы сигналов**.



СОВЕТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ

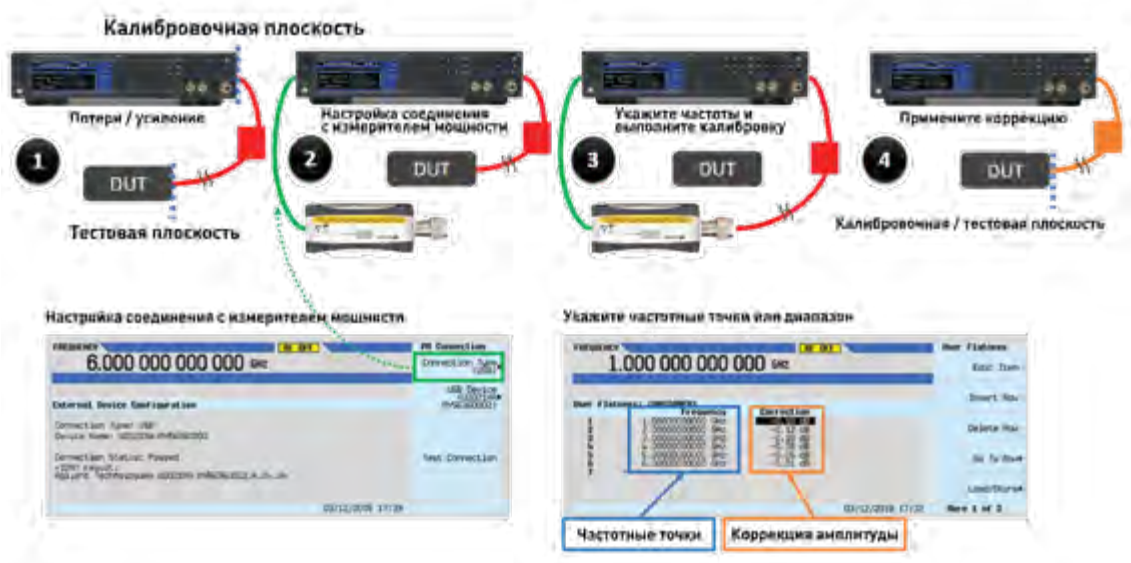
Совет: Используйте коррекцию неравномерности



Когда вы добавляете компоненты между генератором сигналов и тестируемым устройством, плоскость калибровки и тестовая плоскость не находятся в одной плоскости. Вы должны исправить разницу между двумя плоскостями.

Коррекция неравномерности пользователя позволяет осуществлять цифровую подстройку амплитуды РЧ-выхода для компенсации внешних потерь в кабелях, коммутаторах или других устройствах. Используя измеритель мощности и датчик для калибровки измерительной системы, можно автоматически создать таблицу поправок уровней мощности.

USB-датчик мощности (серии Keysight U2000) может напрямую подключаться к генератору сигналов Keysight серии X. Генератор работает как измеритель мощности и измеряет мощность в тестовой плоскости. Значения коррекции можно сохранить в памяти генератора и применить при следующем использовании этой тестовой конфигурации

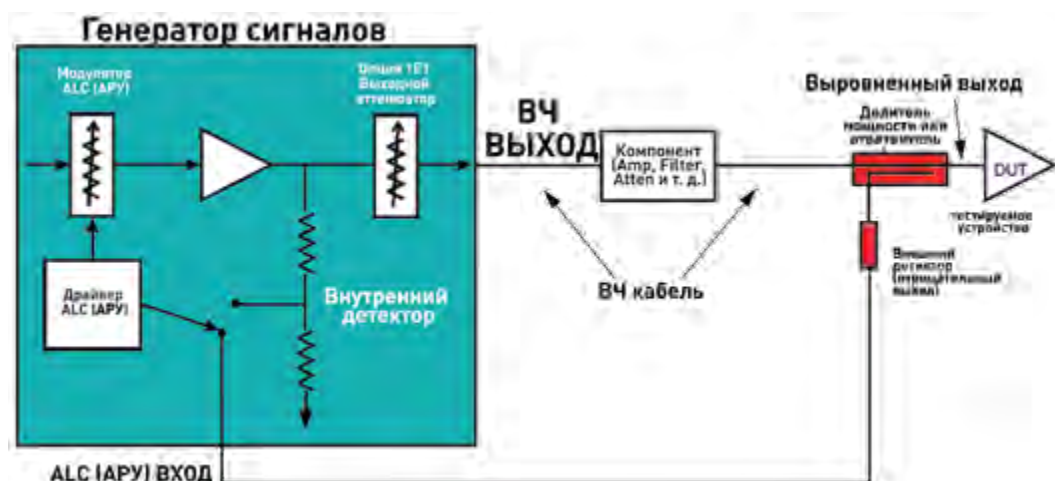


Совет: Используйте регулировку уровня по внешнему детектору



Выходная мощность генератора сигналов постоянно контролируется схемой ALC (APU – Автоматическая Регулировка Уровня), чтобы гарантировать, что выходная мощность не дрейфует со временем или из-за колебаний температуры. Если свойства внешних компонентов, таких как усилители, изменяются со временем и температурой, исправление фиксированной неравномерности не может устранить дрейф амплитуды, вызванный внешними компонентами.

Регулировка уровня по внешнему детектору позволяет вам переместить источник обратной связи ALC ближе к тестируемому устройству, чтобы он учитывал большую часть неопределенностей в электропитании, присущих кабелю и компонентам в тестовой установке. При изменении уровня РЧ-мощности на входе ответвителя/сплиттера внешний детектор возвращает компенсирующее отрицательное напряжение. Схема ALC использует это отрицательное напряжение для выравнивания выходной мощности РЧ путем увеличения или уменьшения мощности генератора сигналов. Это обеспечивает постоянный уровень мощности на входе ответвителя/сплиттера.



Совет: Используйте внутреннюю коррекцию канала при генерации широкополосных сигналов



Большинство новых векторных генераторов сигналов поддерживают процедуру внутренней калибровки, которая собирает данные коррекции по амплитуде и фазе для всех частот и уровней мощности внутри полосы модуляции. Данные коррекции включают в себя параметры фильтра коррекции, применяемого к сигналам полосы модуляции в реальном времени. Эта коррекция в реальном времени важна, особенно для генерации широкополосных сигналов. Когда коррекция включена, генератор сигналов выравнивает амплитуду и фазовую характеристику системы во всей полосе модуляции, поддерживаемой прибором. Это позволяет улучшить нелинейность АЧХ и снизить значение вектора ошибок (EVM).



Измерение сигнала 5G NR с включенной внутренней коррекцией канала

Совет: Используйте пользовательскую коррекцию канала



Пользовательская коррекция канала позволяет перенести плоскость калибровки канала от выходного порта генератора к входному порту DUT. Вы можете использовать датчик мощности USB для выполнения калибровки. Вам необходимо указать начальную и конечную частоты, а затем выполнить калибровку.



ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ, СИГНАЛОВ СТАНДАРТНОЙ/ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ И ШУМА

Несколько лет назад при выполнении измерительных задач нам приходилось иметь на рабочем месте несколько специализированных генераторов, каждый из которых имел возможность создать только определенный вид, а создание специализированного пользовательского сигнала было крайне трудоемким. Требования к генераторам сигналов со стороны инженеров постоянно ужесточаются в направлении расширения частотного диапазона, увеличение числа генерируемых форм, включая возможности моделирования сигналов произвольных форм, расширение видов модуляций, включая цифровые виды модуляций и других вспомогательных возможностей. В настоящий момент существуют генераторы сигналов стандартной/произвольной, которые объединяют в себе все функции, которые необходимы инженерам.



Современные генераторы импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума построены с использованием технологии прямого синтеза сигналов (DDS). Преимуществами данной технологии являются дискретность изменения частоты до 1 мГц, быстрая перестройка и высокая стабильность установки частоты выходного сигнала, а так же возможность создания сверхширокополосных сигналов.

- Для решения задач отладки устройств на этапах разработки, производства и постобслуживания инженерам необходимо подавать на тестируемое устройство различные виды сигналов: от стандартного синусоидального сигнала до специализированных пользовательских или модулированных сигналов. С данными задачами могут справиться генераторы сигналов стандартной/произвольной формы общего назначения. Благодаря использованию запатентованной технологии Trueform, которую можно назвать следующим шагом развития технологии DDS, генераторы общего назначения компании Keysight обеспечивают исключительную чистоту спектра и воспроизведение формы создаваемого сигнала. Технология Trueform обеспечивает лучшую целостность сигнала, уменьшая погрешность измерений. Это особенно важно в задачах, использующих синхронизацию по фронтам, таких как генерация сигналов тактовой частоты, сигналы запуска или коммуникационные сигналы.
- В некоторых случаях при тестировании устройств может потребоваться непрерывная подача импульсных сигналов с возможностью изменения временных параметров тестового сигнала. При этом тестовое устройство должно работать без перезапусков, а изменение сигнала должно проходить без пропаданий. При тестировании цифровых устройств и последовательных шин данных может потребоваться создание импульсных и кодовых последовательностей и пакетов данных. Для тестирования устройств в предельных режимах может потребоваться генерирование шума с настраиваемым коэффициентом амплитуды. Все эти задачи решаются с помощью генераторов импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума.
- Для тестирования различных устройств — от РЛС обнаружения малозаметных целей до телекоммуникационных систем с высокой плотностью каналов — необходимо имитировать сложные реалистичные сигналы, независимо от того, требуются ли точные сигналы для измерения характеристик разрабатываемого устройства или нужно проводить тестирование устройств в предельных условиях. В решении данных задач помогут генераторы сигналов произвольной формы высшего класса.

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ TRUEFORM СЕРИИ 33500B/33600A

Генераторы сигналов произвольной формы для лабораторных и тестовых систем

Генераторы сигналов произвольной формы серии 33500B/33600A с уникальной технологией TrueForm от компании Keysight обеспечивают высочайшее качество выходного сигнала, широкие возможности и гибкость применения. Технология TrueForm использует эксклюзивный метод дискретизации, обеспечивающий непревзойденные характеристики при относительно низкой стоимости оборудования.

Основные характеристики и преимущества:

- Широкие возможности по генерации различных сигналов для самых ответственных измерений
- Исключительная чистота сигналов: уровень гармонических искажений синусоидальных сигналов в 5 раз ниже, чем у аналоговых приборов
- Создание и соединение до 512 сегментов сигнала



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | 33509B 33510B | 33511B 33512B | 33519B 33520B | 33521B 33522B | 33611A 33612A | 33621A 33622A |
|--|--|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| Дисплей | 10,9 см цветной TFT (WQVGA) 480x272 пикс. | | | | | |
| Диапазон частот от 1 мГц | До 20 МГц | | До 30 МГц | | До 80 МГц | До 120 МГц |
| Канал | 1/2 | | | | | |
| Сигналы произвольной формы | Нет | Да | Нет | Да | | |
| Длина сигнала | 1 Мвыб (опционально 16 Мвыб) | | | | 4 Мвыб (опционально 64 Мвыб) | |
| Разрешение по амплитуде | 16 бит | | | | 14 бит | |
| Частота дискретизации | 250 Мвыб/с | | | | 660 Мвыб/с | 1 Гвыб/с |
| Выходная частота | | | | | | |
| Синусоидальный сигнал: от 1 мГц | До 20 МГц | | До 30 МГц | | До 80 МГц | До 120 МГц |
| Прямоугольный сигнал: от 1 мГц | До 20 МГц | | До 30 МГц | | До 50 МГц | До 100 МГц |
| Треугольный и пилообразный сигналы: от 1 мГц | До 200 кГц | | | | До 800 кГц | |
| Импульсные сигналы: от 1 мГц | До 20 МГц | | До 30 МГц | | До 50 МГц | До 100 МГц |
| Гауссов шум: от 1 мГц | До 20 МГц, переменная | | До 30 МГц, переменная | | До 80 МГц, переменная | До 120 МГц, переменная |
| Псевдослучайная двоичная последовательность: от 1 мбит/с | До 50 Мбит/с | | | | До 80 Мбит/с | До 120 Мбит/с |
| Выходные характеристики | | | | | | |
| Амплитуда (50 Ом) от 1 мВ (размах) | До 10 В (размах) | | | | | |
| Свободный прямоугольник, цикл | 0,01 до 99,99 % | | | | | |
| Импульс | От 8,4 нс до 1 пс, разрешение 100 пс | | | | | |
| Модуляция | AM, FM, PM, FSK, BPSK, PWM, SUM (несущая + модуляция) | | | | | |
| Интерфейс | USB, LAN, GPIB | | | | USB, LAN, GPIB опционально | |
| Программное обеспечение | Программное обеспечение BenchLink Waveform Builder Pro позволяет создавать и редактировать специализированные сигналы / BenchLink Waveform Builder Pro | | | | | |

ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ, СИГНАЛОВ СТАНДАРТНОЙ/ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ И ШУМА 81150A / 81160A

- 1 или 2-канальный генератор импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума с полосой до 240 / 500 МГц

На генераторах 81150A и 81160A в диапазоне частот от 1 мГц до 240/500 МГц возможно генерировать синусоидальные сигналы, а также импульсы с частотой до 120/330 МГц с заданным формированием переднего и заднего фронтов. Произвольные сигналы могут быть сгенерированы с разрешением 14 бит и частотой дискретизации до 2 или 2,5 Гвыб/с. Прибор выдает как калиброванный и детерминированный шум для воспроизведения сигналов при проведении стресс-теста, так и случайный шум.



| МОДЕЛЬ | 81150A / 81160A |
|---|---|
| Каналы | 1 или 2 |
| Виды сигналов | Импульсный, синусоидальный, прямоугольный, пилообразный, шумовой сигналы произвольной формы |
| Полоса пропускания | от 1 мГц до 240 / 500 МГц (синусоида) от 1 мГц до 120 / 330 МГц (импульсы) |
| Выходная мощность / Амплитуда выходного сигнала | от 100 мВ до 10 В |
| Вертикальное разрешение | 14 бит |
| Частота дискретизации | 2 / 2,5 Гвыб/с |
| Память произвольных сигналов | 512 / до 256 тыс. выб. |
| Разрешение по времени | 100 пс |
| Разрешение по частоте | 1 мГц |

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ P9336A С ШИННОЙ USB СЕРИИ KEYSIGHT STREAMLINE



Трехканальный генератор сигналов произвольной формы P9336A, использующий уникальную технологию Trueform, обеспечивает разрешение 16 разрядов с максимальной полосой модуляции 540 МГц на канал (полоса I/Q модуляции 1080 МГц) и максимальной встроенной памятью 4 Гб. Области применения – от стандартного тестирования до генерации сложных I/Q - сигналов для тестирования приёмопередатчиков и модуляторов. Простое создание сложных сигналов за счет совместимости USB-генератора сигналов произвольной формы с ПО [Signal Studio](#).

| МОДЕЛЬ | P9336A |
|---|---|
| Канал | 3 |
| Виды сигналов | Сигналы произвольной формы |
| Поддерживаемые форматы | P9336A двоичный формат (.bin), CSV, файлы Signal Studio (.wfm), и N5110 формат (.bin) |
| Полоса модуляции | 540 МГц на канал (полоса I/Q модуляции 1080 МГц) |
| Выходная мощность / Амплитуда выходного сигнала | до 1,65 В |
| Вертикальное разрешение | 16 бит |
| Частота дискретизации | 1,28 Гвыб/с |
| Память произвольных сигналов | до 4 Гб |

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ KEYSIGHT TECHNOLOGIES В ФОРМАТЕ AXIe

Использование прецизионных генераторов сигналов произвольной формы позволяет повысить реалистичность тестирования различных устройств — от систем обнаружения малозаметных целей до телекоммуникационных систем с высокой плотностью каналов. Генераторы сигналов произвольной формы обеспечивают одновременно высочайшую точность воспроизведения сигналов, высокое разрешение и широкий диапазон частот. Такое уникальное сочетание функциональных возможностей обеспечивает создание сложных сценариев сигналов, которые позволяют осуществлять более глубокий анализ характеристик разрабатываемых устройств, что повышает эффективность тестирования новых продуктов.

Генераторы сигналов произвольной формы предполагают новый уровень универсальности, благодаря чему становится возможно имитировать сложные реальные сигналы, независимо от того, требуются ли точно определённые сигналы для измерения характеристик разрабатываемого устройства или нужно проводить тестирование устройства в предельных режимах. Тестирование различных устройств — от РЛС обнаружения малозаметных целей до телекоммуникационных систем с высокой плотностью каналов — становится более реалистичным с использованием генератора прецизионных сигналов произвольной формы. Генераторы сигналов произвольной формы Keysight обеспечивают высокую разрешающую способность и широкую полосу частот. Такое уникальное сочетание функциональных возможностей

позволяет создавать сценарии сигналов для испытания разрабатываемых устройств в предельных режимах и обеспечивает более глубокий анализ их характеристик. Более высокое разрешение и широкая полоса частот повышают уровень реалистичности испытаний. Высокое качество формируемых сигналов — основа надёжных и воспроизводимых измерений. Генератор M8190A компании Keysight гарантирует точность и стабильность результатов измерений, обеспечивая разрешение 14 бит при частоте дискретизации до 8 Гвыб/с и динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих (SFDR), до 90 дБн. Благодаря широкому динамическому диапазону и превосходному разрешению по вертикали вы можете быть уверены в том, что тестируете собственное устройство, а не источник сигналов. Например,

большая величина модуля вектора ошибки (EVM), обнаруживаемая при измерении параметров испытательной установки, может помешать обнаружить проблемы, связанные с тестируемым устройством (ТУ). Использование M8190A минимизирует риск возникновения подобных проблем.

Прямой доступ к индивидуальным сегментам памяти в реальном времени обеспечивается с помощью входа динамического управления последовательностью. Пользователь может создавать сигналы, используя программные приложения, такие как Signal Studio Pulse Builder, Multi-tone и WLAN; SystemVue, MATLAB, LabView, либо свои собственные программы, написанные на языках C++, C# или Visual Basic, и затем загружать эти сигналы в M8190A.

M8190A

- 2-канальный генератор сигналов произвольной формы в формате AXIe с полосой частот до 5 ГГц с разрешением 12 бит при частоте дискретизации 12 Гвыб/с или с разрешением 14 бит при частоте дискретизации 8 Гвыб/с

Генератор сигналов произвольной формы может моделировать различные сценарии сигналов. Такие возможности, как удобное переключение между выходом с разрешением 14 бит при частоте дискретизации 8 Гвыб/с и выходом с разрешением 12 бит при частоте дискретизации 12 Гвыб/с позволяют использовать генератор для широкого круга приложений.

Поскольку каждое приложение предъявляет различные требования к характеристикам сигналов, генератор M8190A компании Keysight содержит три усилителя, которые оптимизированы для генерации I/Q-сигналов, вывода ПЧ/ВЧ-сигналов, либо обеспечения чистых сигналов во временной области. По мере необходимости можно переключаться

между этими усилителями с помощью программных команд. Некоторые приложения требуют поддержки многоканальных конфигураций системы. Для обеспечения синхронизации до 12 каналов можно установить в шасси модуль M8192A в формате AXIe.

M8190A может адаптировать сами сигналы, чтобы соответствовать новым требованиям к искажениям сигналов. Это позволяет

имитировать аналоговые искажения, которые возникают в реальных условиях эксплуатации, используя математические определения, предоставляемые такими инструментальными средствами, как MATLAB. Это устраняет необходимость использования дополнительного оборудования и сохраняет возможность реалистично имитировать сигналы.

В процессе разработки радиолокационных систем (РЛС)

тестирование в реальных условиях является очень дорогостоящей процедурой. Имитация сигналов с высокой степенью реалистичности помогает уменьшить стоимость тестирования системы. Генератор сигналов произвольной формы M8190A компании Keysight обладает тремя ключевыми характеристиками: широкой полосой частот, высоким разрешением и длительным временем воспроизведения **сигналов**.



M8195A / M8196A / M8194A

- M8195A 4-канальный генератор сигналов произвольной формы в формате AXIe с полосой частот 20 ГГц при частоте дискретизации 65 Гвыб/с
- M8196A 4-канальный генератор сигналов произвольной формы в формате AXIe с полосой частот 32 ГГц при частоте дискретизации 92 Гвыб/с
- M8194A 4-канальный генератор сигналов произвольной формы в формате AXIe с полосой частот 45 ГГц при частоте дискретизации 120 Гвыб/с

С приборами M8195A / M8196A / M8194A компания Keysight предлагает гибкое решение для генерации сигналов произвольной формы с разрешением 8 бит и частотой дискретизации до 65 / 92 / 120 Гвыб/с при аналоговой полосе пропускания до 20 / 32 / 45 ГГц с количеством каналов до 4. Благодаря этому можно реализовать самые сложные модуляции сигнала и производить



генерацию многоканальных сигналов. Благодаря высокому динамическому диапазону, данные генераторы подходят для решения задач при тестировании спутниковых и радиолокационных систем. Приборы M8195A / M8196A / M8194A – это модули в формате AXIe, на которых в шасси 5ти слотовом шасси можно построить систему с числом каналов до 16.



M8195S

- Многоканальная система на основе генератора сигналов произвольной формы M8195S, 65 Гвыб/с

Многоканальная система на основе быстродействующего генератора сигналов произвольной формы Keysight M8195S может включать от 1 до 4 модулей M8195A, содержащий до четырех выходных каналов, и двух- или пятислотовое шасси в формате AXIe (M9502A или M9505A соответственно), а также модуль многоканальной синхронизации M8197A. Встраиваемый контроллер M9536 может быть включен в систему в качестве опции. Система поставляется в виде готовой конфигурации.

M8199A

- Генератор сигналов произвольной формы в формате AXIe с частотой дискретизации 256 Гвыб/с и аналоговой полосой частот 65 ГГц

Генератор сигналов произвольной формы Keysight M8199A с частотой дискретизации 256 Гвыб/с и полосой пропускания 65 ГГц (которую можно повысить до 80 ГГц) обеспечивает инженеров-исследователей высокоэффективным источником произвольных сигналов, позволяя разрабатывать решения, выходящие за рамки текущих ограничений. Для преодоления трудностей, связанных с разработкой передовых решений в отрасли — будь то тестирование дискретных компонентов оптических систем когерентной передачи или эксперименты с терабитными технологиями передачи для ЦОД — инженерам необходима высокая частота выборки в сочетании с широкой полосой пропускания, точностью и гибкостью. M8199A позволяет создавать новые формы волн для оптических и радиоси-



стем, тестировать алгоритмы предсказаний, создавать входные сигналы для экспериментов в физике и генерировать радиолокационные импульсы с широкой полосой частот модуляции.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | M8190A | M8195A / M8196A | M8195S | M8194A | M8199A |
|---|----------------------------|-------------------------|--------|-----------------|----------------------------|
| Каналы | 1 или 2 | 1, 2 или 4 | До 16 | 1, 2 или 4 | 1, 2 или 4 |
| Виды сигналов | сигналы произвольной формы | | | | сигналы произвольной формы |
| Полоса пропускания | 5 ГГц | 20 / 32 ГГц | 25 ГГц | 45 ГГц (50 ГГц) | 65 ГГц (80 ГГц) |
| Выходная мощность / Амплитуда выходного сигнала | до +10 дБм | размах амплитуды до 2 В | | Размах 1,6 В | Размах 1,4 В |
| Вертикальное разрешение | 12 или 14 бит | 8 бит | | 8 бит | 8 бит |
| Частота дискретизации | 8 или 12 Гвыб/с | до 65 Гвыб/с | | До 120 Гвыб/с | До 256 Гвыб/с |
| Память произвольных сигналов | до 2 Гвыб. | до 16 Гвыб. | | До 512 кВыб | До 1 Мвыб. |
| Разрешение по времени | 50 фс | <18 пс | | 6 пс | 30 фс |
| Разрешение по частоте | | - | | - | - |

АНАЛОГОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Аналоговые генераторы сигналов обладают широким диапазоном частот и позволяют создавать чистые или преднамеренно искаженные сигналы.

- Для проверки чувствительности приемников, радиолокационных систем и систем локации и навигации необходимо создавать сигналы достаточно низкого уровня. Выполнение этой задачи осуществляется с использованием встроенного в генератор аттенюатора.
- При необходимости создания сигнала несущей для смесителей с внешним гетеродином, тестировании длинных линий связи, фильтров и усилителей, а так же при проведении измерений интермодуляционных искажений и тестировании устройств в предельных режимах, нам необходим сигнал высокой мощности. Аналоговые генераторы сигналов позволяют создавать сигналы с мощностью до 1 Вт. В случае, если необходимы более мощные сигналы, можно использовать внешние усилители.
- Любой источник сигналов имеет фазовые шумы, которыми, в конечном итоге, определяется точность воспроизведения сигнала. Фазовый шум источника влияет на возможность приемника обрабатывать сигналы, а так же отделить полезный сигнал от сигнала помехи. Фазовый шум снижает возможность обработки доплеровской информации в импульсных РЛС. Современные генераторы сигналов обеспечивают низкие значения фазовых шумов, так же предусмотрена возможность опционального улучшения этой характеристики.
- Сегодня повсеместно используются импульсные сигналы. Они требуются при тестировании РЛС, систем сбора информации, дальномерного оборудования, систем распознавания «свой-чужой» и телеметрических систем. Аналоговые генераторы сигналов позволяют создавать импульсные сигналы, в том числе и ЛЧМ, и импульсные последовательности
- Скорость изменения таких параметров, как частота, амплитуда и тип создаваемого сигнала, важны при разработке средств РЭБ при имитации угроз. Аналоговые генераторы обеспечивают высокую скорость перестройки параметров уже в базовом оснащении.
- При создании сложных форм пользовательских сигналов остро встает вопрос о сохранности секретных данных при отправке прибора на поверку или в ремонт. В генераторах сигналов компании Keysight предусмотрена возможность сохранения всех пользовательских данных на внешнюю SD карту.

АНАЛОГОВЫЙ ГЕНЕРАТОР ВЧ-СИГНАЛОВ N9310A



Генератор N9310A представляет собой универсальный генератор ВЧ-сигналов с диапазоном частот от 9 кГц до 3 ГГц. Благодаря невысокой стоимости, надежности и широкому набору функциональных возможностей он подходит для использования при разработке, производстве и обслуживании электронных устройств

(беспроводных телефонов, цифровых приемопередатчиков, модулей системы GPS, устройств радиочастотной идентификации и устройств беспроводных локальных сетей), а также в образовательном процессе.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | N9310A |
|---|--|
| Тип | Аналоговый |
| Диапазон частот | от 9 кГц до 3 ГГц |
| Разрешение по частоте | 0,1 Гц |
| Максимальная выходная мощность | 13 дБм |
| Минимальная выходная мощность | -130 дБм |
| Разрешение по уровню | 0,1 дБ |
| Точность уровня | +0,6 дБ при 2 ГГц |
| Фазовый шум при 1 ГГц (смещение 20 кГц) | -127 дБн/Гц |
| Виды модуляции | Амплитудная, частотная, фазовая, импульсная, входы аналоговых I/Q сигналов |
| Интерфейсы | USB |

АНАЛОГОВЫЕ ВЧ И СВЧ ГЕНЕРАТОРЫ СЕРИИ EXG/MXG

ВЧ- и СВЧ- генераторы

Чтобы лучше изучить характеристики тестируемого устройства, необходим широкий спектр испытаний, и здесь помогут генераторы сигналов серии X компании Keysight. Они создают все необходимые сигналы для испытания разрабатываемых устройств в пределах и за пределами их рабочих условий: простые и сложные, спектрально чистые и преднамеренно искаженные.

Сигналы, создаваемые генераторами серии X, подходят для тестирования самых высококачественных устройств. Вся серия X — и генераторы MXG со спектрально чистыми и точными сигналами, и генераторы эконом-класса EXG — помогает генерировать сигналы с проверенными рабочими характеристиками.

Генераторы сигналов серии X отличаются высокой надежностью, быстродействием, простотой калибровки, технического обслуживания и ремонта. Современные генераторы MXG и EXG на новом



уровне используют технологии, применявшиеся в генераторах MXG предыдущего поколения, которые по праву считаются наиболее надежными источниками сигналов за всю историю компании Keysight.

Генераторы сигналов MXG серии X, обеспечивающие спектрально чистые и точные сигналы, в максимальной степени соответствуют требованиям, предъявляемым к образцовым передатчикам при проведении НИОКР. Независимо от того, приходится ли заниматься отладкой линейных РЧ

цепей или оптимизацией энергетического баланса линий связи, аналоговые генераторы MXG обеспечат все необходимые функциональные возможности и рабочие характеристики: низкие значения фазового шума и относительного уровня мощности в соседнем канале (ACPR), канальное кодирование и многое другое.

Генераторы MXG могут использоваться для проверки чувствительности приемников РЛС, определения отношения сигнал/шум в АЦП или смесителе, оценки способности приемника обеспечивать подав-

ление внеполосных сигналов. Лучший в отрасли уровень фазовых шумов -146 дБн на частоте 1 ГГц и уровень паразитных составляющих -96 дБн на частоте 1 ГГц позволяют получить отличные результаты измерений. Генераторы также можно применить для возбуждения усилителей мощности и определения параметров их нелинейного поведения, используя передовой в отрасли уровень выходного сигнала $+27$ дБ при относительном уровне мощности в соседнем канале (ACPR), равном -73 дБн.

СЕРИЯ UXG

СВЧ генераторы с быстрой перестройкой частоты N5191A



С помощью генератора сигналов с быстрой перестройкой частоты N5191A компании Keysight Вы можете создавать

сложные сценарии сигналов, необходимые при проведении испытаний систем РЭБ. Генератор может использоваться

в качестве надежного генератора или настраиваемого имитатора работы радиоэлектронных средств. С помощью

генератора сигналов N5191A можно создавать сложные модели, максимально приближенные к реальным условиям.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ СЕРИИ X

| МОДЕЛЬ | EXG N5171B | MXG N5181B | EXG N5173B / MXG N5183B | UXG N5191A |
|---|---|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Тип | Аналоговый | | | |
| Диапазон частот | от 9 кГц до 1 / 3 или 6 ГГц | от 9 кГц до 3 или 6 ГГц | от 9 кГц до 13 / 20 / 31,8 или 40 ГГц | от 10 МГц до 20 или 40 ГГц |
| Разрешение по частоте | 0,01 Гц | | 0,001 Гц | 10 кГц (опция 0,001 Гц) |
| Максимальная выходная мощность | 21 дБм | 24 дБм | 20 дБм | 10 дБм |
| Минимальная выходная мощность | -144 дБм | | | -130 дБм |
| Разрешение по уровню | 0,01 дБ | | | |
| Точность установки уровня | +0,6 дБ при 1 ГГц | | +0,9 дБ при 20 ГГц | ±1,4 дБ при 20 ГГц |
| Фазовый шум при 1 ГГц (смещение 20 кГц) | -122 дБн/Гц | -141 дБн/Гц | -118 дБн/Гц / -130 дБн/Гц | -132 дБн/Гц |
| Виды модуляции | Амплитудная, частотная, фазовая, импульсная | | | Амплитудная, частотная, фазовая, импульсная, ЛЧМ, многофункциональный генератор, импульсные последовательности |
| Интерфейсы | GPIB, LAN, USB | | | |

АНАЛОГОВЫЕ ВЧ И СВЧ ГЕНЕРАТОРЫ ВЫСШЕГО КЛАССА СЕРИИ PSG



PSG является самым надёжным в отрасли генератором СВЧ сигналов. Тысячи приборов этой серии используются в сотнях измерительных систем по всему миру. Аналоговый генератор сигналов PSG сочетает точность уровня и частоты метрологического класса с минимальным уровнем искажений и паразитных состав-

ляющих, что позволяет тестировать самые требовательные схемы с помощью сигналов высочайшего качества. Укомплектуйте измерительную систему моделью с максимальной частотой 3,2, 9, 20, 31,8, 40, 50 или 67 ГГц, обладающей возможностью добавления модулей расширения частоты вплоть до 1,1 ТГц.

Обладая широким диапазоном частот и высокой чистотой спектра, аналоговый генератор PSG идеально подходит для формирования сигналов гетеродинов и задающих генераторов с малым джиттером. Удовлетворите жёсткие требования тестирования доплеровских РЛС и измерения уровня блокировки приёмников

за счёт чрезвычайно низкого фазового шума, максимально повышающего чувствительность приёмника: -91 дБн/Гц при отстройке от несущей 100 Гц и -126 дБн/Гц при отстройке от несущей 10 кГц (10 ГГц). Добавьте к этому малый уровень паразитных составляющих и минимизируйте искажения, приводящие к возникновению продуктов смешения, повысив качество сигнала и точность измерений. Кроме того, PSG предлагает отличные характеристики тактового генератора за счёт встроенных делителей частоты, которые обеспечивают чрезвычайно малый джиттер для аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, работающих на частотах от МГц до ГГц.

Технические характеристики генераторов сигналов серии PSG

| МОДЕЛЬ | PSG E8663D | PSG E8257D |
|---|---|--|
| Тип | Аналоговый | |
| Диапазон частот | от 100 кГц до 3, 2 или 9 ГГц | от 250 кГц до 20 / 31,8 / 40 / 50 или 67 ГГц |
| Разрешение по частоте | 0,001 Гц | |
| Максимальная выходная мощность | 24 дБм | 28 дБм |
| Минимальная выходная мощность | -135 дБм | -130 дБм |
| Разрешение по уровню | 0,01 дБ | |
| Точность уровня | +0,6 дБ при 2 ГГц | |
| Фазовый шум при 1 ГГц (смещение 20 кГц) | -134 дБн/Гц | |
| Виды модуляции | Амплитудная, частотная, фазовая, импульсная | |
| Интерфейсы | GPIB, LAN, RS232 | |

ВЕКТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Векторные генераторы сигналов помимо функций аналоговых генераторов, имеют встроенный I/Q-модулятор, позволяющий создавать цифровые сигналы.

- Широкий набор возможностей цифровой модуляции (PSK, QAM, FSK, MSK и др.) включает форматы, соответствующие современным промышленным стандартам (1xEV-DO, 802.11 WLAN, 802.16 WiMAX, Bluetooth, EDGE Evolution, GPRS/EGPRS, GSM/EDGE, HSPA, HSPA+, NADC, PDC, PHS, DECT, TD-SCDMA, TETRA, APCO, UWB, W-CDMA, cdma2000, cdmaOne), а также изменяемые пользовательские I/Q форматы, что позволяет разрабатывать самые современные системы связи.
- Для решения таких задач как тестирование ФАР и MIMO, необходимо формирование когерентных по фазе сигналов. Векторные сигналы могут быть объединены в когерентную систему для решения данной задачи.
- Для спутникового оборудования, а так же систем цифровой связи возникает потребность подачи длинных или бесконечных последовательностей данных. Векторные генераторы позволяют работать со сложными I/Q-сигналами в режиме реального времени.
- При тестировании цифровых систем связи необходимо создавать как стандартизированные, так и пользовательские сигналы. Векторные генераторы Keysight позволяют выполнять формирование сигналов как с экрана прибора, так и с помощью внешнего программного обеспечения Signal Studio или MATLAB.
- Высокая эффективность параметрического и функционального тестирования, высокая производительность и длительное время безотказной работы делают векторные генераторы идеальным решением для производственных испытаний.

ВЕКТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СЕРИИ EXG/MXG



Чтобы лучше изучить характеристики тестируемого устройства, необходим широкий спектр испытаний, и здесь помогут генераторы сигналов серии X компании Keysight. Они создают все необходимые сигналы для испытания разрабатываемых устройств в пределах и за пределами их рабочих условий: простые и сложные, спектрально чистые и преднамеренно искаженные.

Сигналы, создаваемые генераторами серии X, подходят для тестирования самых высококачественных устройств. Вся серия X — и генераторы MXG со спектрально чистыми и точными сигналами, и генераторы эконом-класса EXG — помогает генерировать сигналы с проверенными рабочими характеристиками.

Для быстрого создания сигналов, соответствующих требованиям конкретных стандартов и измерений, вы можете использовать пакет приложений Signal Studio компании

Keysight, ориентированный на системы сотовой связи, беспроводные сети, аудио- и видеосигналы, системы обнаружения, определения местоположения, слежения и навигации и другие прикладные задачи общего назначения.

Генераторы сигналов серии X отличаются высокой надежностью, быстродействием, простотой калибровки, технического обслуживания и ремонта. Современные генераторы MXG и EXG на новом уровне используют технологии, применявшиеся в генераторах MXG предыдущего поколения, которые по праву считаются наиболее надежными источниками сигналов за всю историю компании Keysight.

Благодаря высокой производительности и длительному времени безотказной работы, экономичные генераторы сигналов EXG серии X являются оптимальным решением для использования в ходе

производственных испытаний. Генераторы EXG обеспечивают формирование всех необходимых сигналов для параметрических испытаний компонентов, функционального тестирования приемников и других аналоговых целей.

Проверяйте характеристики компонентов, используя выходной сигнал уровня +27 дБм при относительном уровне мощности в соседнем канале (ACPR), равном -73 дБн (сигнал W-CDMA, тестовая модель 1, 64 DPCH). Одновременное переключение частоты, уровня и типа сигнала менее чем за 900 мкс позволяет обеспечить максимальную производительность испытаний.

Серия X рассчитана на модернизацию: приобретая генератор с требуемым на текущий момент уровнем рабочих характеристик и функциональных возможностей, вы впоследствии можете легко его улучшить.

Есть также возможность приобретения только нужных видов сигналов благодаря гибкой системе лицензирования.

Если для вас важно, сколько места занимает прибор, рассмотрите возможность приобретения генератора EXG — этот прибор высотой всего 2U имеет такие опции, как встроенный многофункциональный генератор и возможность подключения внешних измерителей мощности с шиной USB.

Генераторы сигналов MXG серии X, обеспечивающие спектрально чистые и точные сигналы, в максимальной степени соответствуют требованиям, предъявляемым к образцовым передатчикам при проведении НИ-ОКР.

Независимо от того, придется ли заниматься отладкой линейных РЧ цепей или оптимизацией энергетического баланса линий связи,

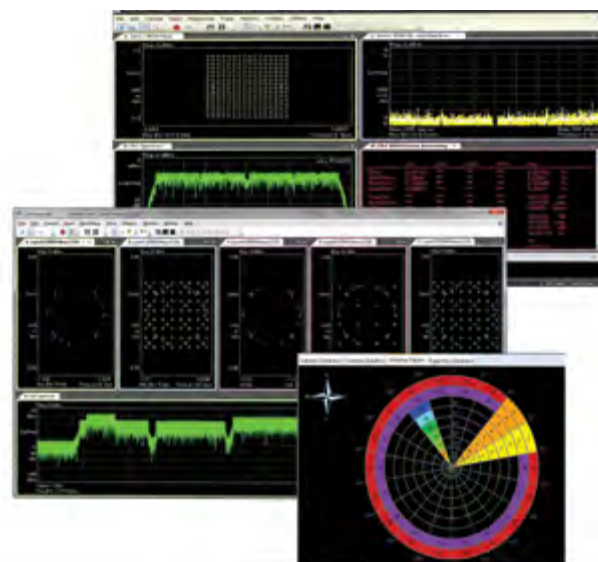
векторные генераторы MXG обеспечат все необходимые функциональные возможности и рабочие характеристики: низкие значения фазового шума и относительного уровня мощности в соседнем канале (ACPR), канальное кодирование и многое другое.

Генераторы MXG могут использоваться для проверки чувствительности приемников РЛС, определения отношения сигнал/шум в АЦП или смесителе, оценки способности приемника обеспечивать подавление внеполосных сигналов. Лучший в отрасли уровень фазовых шумов -146 дБн на частоте 1 ГГц и уровень паразитных составляющих -96 дБн на частоте 1 ГГц позволяют получить отличные результаты измерений. Генераторы также можно применить для возбуждения усилителей мощности и определения параметров их нелинейного поведения, используя передовую в отрасли

уровень выходного сигнала $+27$ дБ при относительном уровне мощности в соседнем канале (ACPR), равном -73 дБн (сигнал W-CDMA, тестовая модель 1, 64 DPCH).

Обеспечивая модуль вектора ошибки (EVM) до $0,4\%$ (для сигналов 802.11ac и LTE) и полосу модуляции 160 МГц с неравномерностью АЧХ не более чем $\pm 0,2$ дБ (в результате заводской коррекции), генератор MXG позволяет проводить испытания и определять характеристики усилителей мощности с множественными несущими или широкополосных приемников и компонентов, например используемых в устройствах стандарта 802.11ac WLAN.

Генераторы MXG и EXG обеспечивают полосу модуляции до 120 или 160 МГц соответственно. При такой широкой полосе модуляции модуль вектора ошибки (EVM) не превышает $0,4\%$, а неравномерность АЧХ держится в пределах $\pm 0,2$ дБ, что делает эти приборы отличным реше-



нием для самых ответственных задач.

Такое сочетание широкой полосы частот и точности в генераторах серии X достигается благодаря использованию патентованной специализированной ИС и коррекции канала с использованием заводских массивов калибровочных коэффициентов,

которая распространяется на тракт от квадратурного модулятора до РЧ выхода в полосе модуляции. Все это вместе минимизирует ошибки I/Q и обеспечивает высокую точность и широкую полосу модуляции без вмешательства пользователя, например ручной настройки параметров I/Q.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ СЕРИИ X

| МОДЕЛЬ | EXG N5172B / MXG N5182B |
|---|---|
| Тип | Векторный генератор |
| Диапазон частот | от 9 кГц до 3 / 6 ГГц |
| Разрешение по частоте | 0,01 Гц |
| Максимальная выходная мощность | 21 / 24 дБм |
| Минимальная выходная мощность | -144 дБм |
| Разрешение по уровню | 0,01 дБ |
| Точность установки уровня | $+0,6$ дБ при 1 ГГц |
| Фазовый шум при 1 ГГц (смещение 20 кГц) | -122 дБн/Гц / -141 дБн/Гц |
| Виды модуляции | Амплитудная, частотная, фазовая, импульсная, ASK, FSK, MSK, PSK, QAM, I/Q |
| Модуль вектора ошибки (EVM) (векторный генератор) для сигналов 802.11ac/LTE | 0,4% |
| Полоса модуляции | 160 МГц |
| Память сигналов произвольной формы | 1024/512 Мвыб |
| Интерфейсы | GPIB, LAN, USB |

ВЕКТОРНЫЙ АДАПТЕР С БЫСТРОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ N5194A

Векторный адаптер Keysight N5194A UXG X-Series обеспечивает самую высокую в отрасли точность параметров выходного сигнала от задающего генератора из линейки устройств UXG серии X, используемых при моделировании сигнальных сценариев РЭБ.

С выходом нового устройства это моделирование может быть осуществлено с применением серийно выпускаемого решения (адаптер + генератор сигналов из линейки UXG серии X с быстрой перестройкой частоты) для тестирования вновь разрабатываемых систем в аэрокосмической и оборонной промышленности.



Ключевые нововведения, связанные с адаптера Keysight N5194A UXG X-Series

- Генерация импульсных сигналов со сложной квадратурной модуляцией. Время перестройки частоты, амплитуды и фазы не более 170 нс
- Моделирование реалистичных углов прихода и перекрестного сканирования с быстрой перестройкой амплитуды в динамическом диапазоне 120 дБ.

Технические характеристики векторного адаптера N5194A

| МОДЕЛЬ | UXG N5194A |
|---|-------------------------------|
| Тип | Векторный адаптер |
| Диапазон частот | от 50 МГц до 20 ГГц |
| Разрешение по частоте | 0,001 Гц |
| Максимальная выходная мощность | 10 дБм |
| Минимальная выходная мощность | -120 дБм |
| Разрешение по уровню | 0,01 дБ |
| Точность установки уровня | +0,5 дБ при 20 ГГц |
| Фазовый шум при 1 ГГц (смещение 20 кГц) | -132 дБн/Гц |
| Виды модуляции | Импульсная IQ-модуляция (PDW) |
| Интерфейсы | GPIO, LAN, USB |

ВЕКТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СЕРИИ PSG



Векторный генератор сигналов E8267D PSG – это полностью интегрированный генератор СВЧ сигналов высочайшего качества с диапазоном частот от 100 кГц до 44 ГГц, позволяющий создавать реалистичные широкополосные сигналы РЛС, систем РЭБ и спутниковой связи (SATCOM). Встроенный генератор сигналов произвольной формы и генератор модулирующих сигналов позволяют имитировать сигналы сотовой связи, беспроводных сетей, GPS и специальные сигналы, создаваемые с помощью ПО Signal Studio, SystemVue или MATLAB. Для расширенных военных или научных измерительных систем можно добавить широкополосный генератор сигналов произвольной формы Keysight M8190A с полосой модуляции до 4 ГГц. Кроме того, можно имитировать сигналы нескольких РЛС или излучателей для проверки алгоритмов формирования диаграммы направленности или для калибровки антенных решёток с помощью когерентных по фазе сигналов.

Векторный генератор PSG с опциональным генератором модулирующего сигнала с полосой 80 МГц и объёмом памяти 64 млн. выборок (опция 602) объединяет генерацию сигналов произвольной формы (режим ARB) со сложной генерацией I/Q-данных в режиме реального времени. Этот режим идеально подходит для тестов приёмника, требующих подачу длинных или бесконечных последовательностей данных, например, при тестировании спутникового оборудования. Секвенсор с большим объёмом памяти и системой сжатия памяти идеален для создания длинных, неповторяющихся последовательностей сигналов. В качестве альтернативы можно объединить PSG с модулем интерфейса цифровых сигналов N5102A для непосредственного ввода или вывода сигналов IQ. В режиме вывода можно моделировать ПЛИС или ЦАП с использованием потоковой подачи последовательных или параллельных сигналов IQ. В режиме ввода происходит преобразование потока данных IQ, поступающего с ПЛИС или АЦП, в калиброванный аналоговый ПЧ, ВЧ или СВЧ-сигнал.

Технические характеристики векторных генераторов сигналов серии PSG

| МОДЕЛЬ | PSG E8267D |
|---|---|
| Тип | Векторный |
| Диапазон частот | от 100 кГц до 20 / 31,8 или 44 ГГц |
| Разрешение по частоте | 0,001 Гц |
| Максимальная выходная мощность | 18 дБм |
| Минимальная выходная мощность | -130 дБм |
| Разрешение по уровню | 0,01 дБ |
| Точность уровня | +0,6 дБ при 2 ГГц |
| Фазовый шум при 1 ГГц (смещение 20 кГц) | -134 дБн/Гц |
| Виды модуляции | Амплитудная, частотная, фазовая, импульсная, PSK, QAM, FSK, MSK, ASK, I/Q |
| Полоса модуляции | до 2 ГГц |
| Интерфейсы | GPIO, LAN, RS232 |

ВЕКТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СЕРИИ VSG

Векторный генератор сигналов M9384B VSG предназначен для самых сложных применений. Благодаря широкой функциональности, универсальности, гибкости конфигурации, и интуитивно понятному интерфейсу он является идеальным инструментом для формирования сложных, высококачественных сигналов

с цифровой модуляцией. Двухканальный генератор M9384B с частотным диапазоном до 44 ГГц и полосой модуляции до 2 ГГц — это превосходное решение для тестирования модулей фазированных антенных решеток (ФАР) и систем, имитирующих технологию со многими входами/выходами (MIMO).



Основные возможности:

- Двухканальный векторный генератор сигналов миллиметрового диапазона с сенсорным дисплеем и полосой модуляции 2 ГГц, выполненный в виде единого прибора
- Высокая выходная мощность для компенсации системных потерь и для обеспечения возможности тестирования 5G усилителей и тестирования через эфир (OTA)
- Фазово-когерентный гетеродин (LO) и синхронизация модулирующих сигналов для испытания в многопользовательском режиме и в режиме формирования луча MIMO при тестировании через эфир
- Сокращение сроков разработки и испытаний за счет использования программного обеспечения для генерирования сигналов PathWave
- Генерация сигналов стандарта 3GPP 5G NR с канальным кодированием и поддержкой многоантенных систем

| МОДЕЛЬ | M9384B |
|---|--------------------|
| Количество каналов | 1 или 2 |
| Частотный диапазон | От 1 МГц до 44 ГГц |
| Полоса модуляции | До 2 ГГц |
| Максимальная выходная мощность | +23 дБм |
| Точность установки уровня (10 ГГц) | ±0.5 дБ |
| Фазовый шум при 10 ГГц (отстройка 10 кГц) | -126 дБн/Гц |
| Гармоники (10 ГГц) | -32 дБн |
| EVM (28 ГГц, 5G NR 100 МГц) | 0,96% |
| ACPR (28 ГГц, 5G NR 100 МГц) | -48 дБн/Гц |

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ SIGNAL STUDIO



Сотовая связь

- 3GPP LTE FDD/TDD
- 3GPP W-CDMA HSPA/HSPA+ TD-SCDMA
- cdmaOne cdma2000/1xEV GSM/EDGE/EDGE Evo



Беспроводные сети

- 802.11 WLAN (a/b/g/j/p/n/ac/ah)
- 802.16e Mobile WiMAX™
- 802.16d Fixed WiMAX
- Bluetooth®
- 802.15 MB-OFDM UWB Специальные виды модуляции



Звуковое и ТВ-вещание

- DVB-C/H/S/S2/T/T2
- J.83 A/B(DOCSIS DS)/C ISDB-T
- ATSC DTMB CMMB T/S-DMB
- FM Stereo/RDS DAB, DAB+



Обнаружение, определение местоположения, слежение и навигация

- Создание импульсных последовательностей
- Спутниковые системы GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, SBAS, QZSS



ВЧ/СВЧ-сигналы общего назначения

- Набор инструментальных средств
- Расширенные возможности создания многоканальных сигналов
- Коэффициент мощности шума (NRP)
- Имитация замираний сигналов в реальном времени
- Генерация сценариев, имитирующих несколько источников излучений

Signal Studio

Компания Keysight упрощает решение проблемы комплексного моделирования сигналов. Набор разнообразных, независимых и простых в использовании программных продуктов компании Keysight по созданию сигналов упрощает моделирование сигналов для современных приёмопередатчиков как на уровне компонентов, так и на уровне систем в диапазонах НЧ, ВЧ и СВЧ.

Программное обеспечение Signal Studio дополняет основные возможности лидирующих в отрасли векторных генераторов сигналов серий ESG и PSG. Это ПО, запускаемое как на внешнем ПК, так и в самом генераторе сигналов, преобразует его в чрезвычайно гибкое и проблемно-ориентированное средство проведения испытаний. Программное обеспечение для создания сигналов компании Keysight сокращает время, затрачиваемое на моделирование специальных сигналов пользователя, позволяя ему лучше оценить и оптимизировать разработку в разных условиях параметрических и функциональных **испытаний**.



Сотовая связь

Программный пакет Signal Studio приобрёл репутацию надёжного средства формирования эталонных тестовых стимулов в индустрии сотовой связи, предлагая всеобъемлющий набор технических решений, совместимых со стандартами, для существующих и развивающихся систем сотовой связи поколений 2G, 3G и 4G.



Беспроводные сети

Спрос на средства широкополосного беспроводного доступа постоянно растёт. Программное обеспечение Signal Studio предлагает технические решения по созданию сигналов на самых ранних этапах развития новых технологий. Так как появление и быстрое развитие стандартов беспроводных сетей идёт опережающими темпами в направлении поддержки всё более высоких скоростей передачи данных, Signal Studio стремится обеспечить пользователей средствами, необходимыми для оптимизации разработок и ускорения выпуска новой продукции.



Звуковое и ТВ-вещание

Спутниковые, наземные, кабельные и мобильные аудио/видео широкоэмитательные системы и соответствующие стандарты интенсивно совершенствуются в направлении поддержки более высоких скоростей передачи данных для телевидения высокой чёткости, более надёжного качества обслуживания и мобильности; пользователь может рассчитывать на Signal Studio с целью создания экономичных технических решений для проверки правильности разработок и их испытаний в процессе производства.



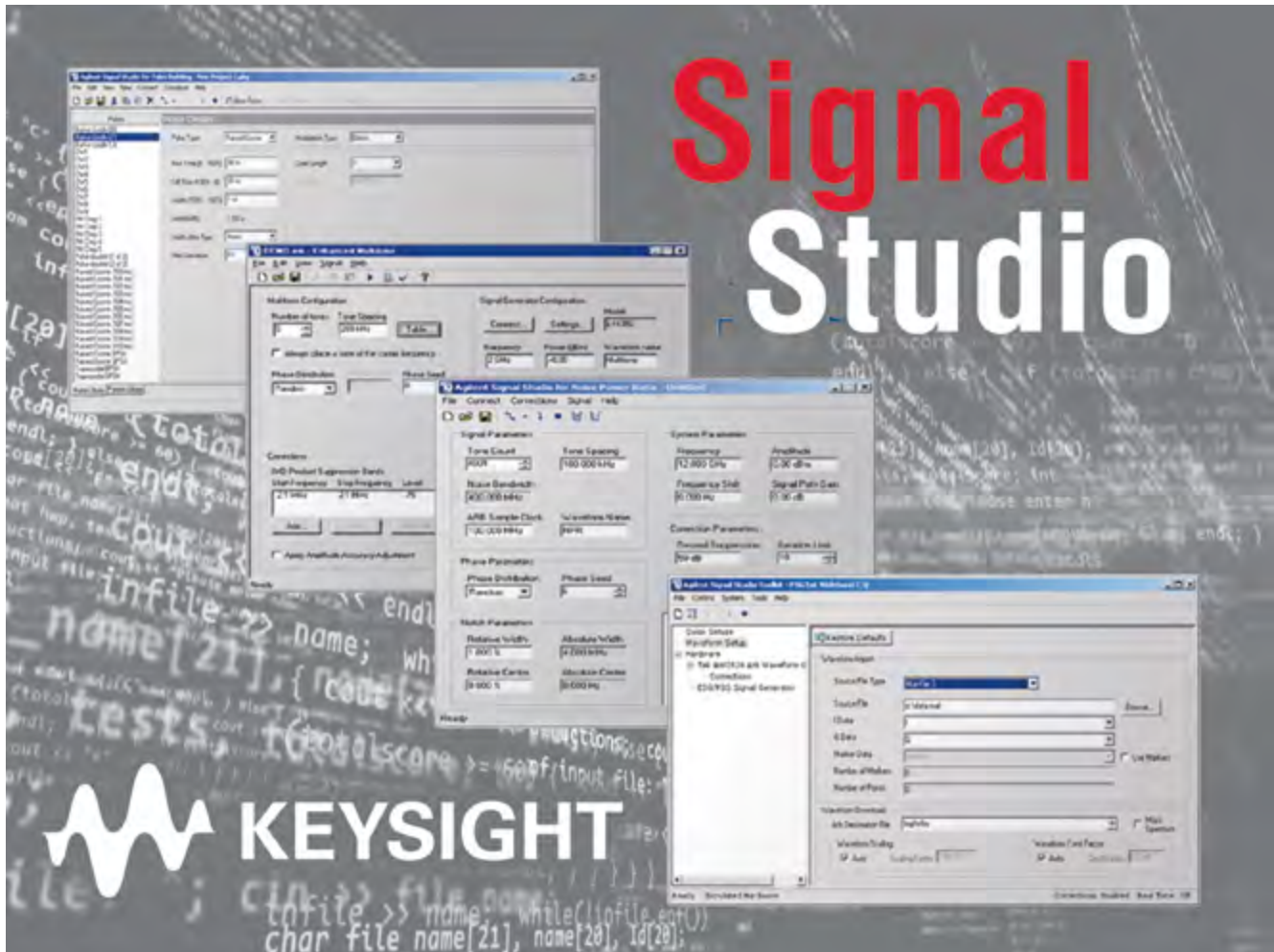
Обнаружение, определение местоположения, локация и навигация

Современные системы обнаружения, определения местоположения, локации и навигации требуют развитых средств создания сигналов для моделирования реалистичных рабочих сред при верификации приёмников. К таким сигналам могут относиться импульсные последовательности сканирования антенны и сигналы GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, SBAS или QZSS со сценариями, имитирующими движение. Стойки, содержащие испытательное оборудование, которые раньше требовались для разработки и производства радаров и систем глобальной спутниковой навигации, могут быть сегодня заменены более дешёвыми коммерческими, имеющимися в продаже приборами и пакетом Signal Studio.



ВЧ/СВЧ-сигналы общего назначения

Прикладные программы Signal Studio для ВЧ/СВЧ-сигналов общего назначения позволяют сократить срок разработки за счёт упрощения схемы измерений и снижения общей трудоёмкости испытаний. Компания Keysight представляет передовые программные средства создания сигналов и оптимизации их рабочих характеристик для использования в разработках и производстве ВЧ/СВЧ-передатчиков и компонентов, входящих в их состав. Создание многотоновых сигналов и сигналов с известным коэффициентом мощности шума (NPR) для определения уровня искажений и использования возможности коррекции сигнала с целью минимизации нелинейных искажений испытательных стимулов и в конечном счёте уменьшения погрешности измерений.



Сводная информация по программным продуктам SIGNAL STUDIO и совместимым измерительным приборам

Сотовая связь

| | |
|---------------|--|
| N7600C | W-CDMA/HSPA+ |
| N7601C | cdma2000/1xEV-DO |
| N7602C | GSM/EDGE/Evdo |
| N7612C | TD-SCDMA/HSDPA |
| N7624C | LTE/LTE-Advanced FDD |
| N7625C | LTE/LTE-Advanced TDD |
| N7630C | Pre-5G |
| N7631C | 5G New Radio (NR) |
| N7649B | Программа Test Case Manager для тестирования приемников базовых станций (eNB) LTE и LTE-Advanced FDD/TDD |

Звуковое и ТВ-вещание

| | |
|---------------|--------------------|
| N7611C | Радиовещание |
| N7623C | Цифр. видеовещание |

Обнаружение, определение местоположения, локация и навигация

| | |
|---------------|--|
| N7609C | Системы глобальной спутниковой навигации |
| N7620C | Создание импульсных последовательностей |

Беспроводные сети

| | |
|---------------|--|
| N7606C | Bluetooth |
| N7607C | Создание сигналов РЛС для тестирования функции динамической частотной селекции (DFS) |
| N7608C | Специальные виды модуляции |
| N7610C | Wi-SUN и ZigBee |
| N7615C | Mobile WiMAX |
| N7617C | WLAN 802.11a/b/g/n/ac |
| N7637C | WLAN 802.11ad или 802.11ay |

ВЧ/СВЧ-сигналы общего назначения

| | |
|-------------------|---|
| E8267D-SP1 | Введение джиттера |
| N7605C | Имитация замираний сигналов в реальном времени |
| N7614C | Тестирование усилителей мощности |
| N7621B | Многотоновые искажения (широкая/узкая полоса) |
| N7622B | Утилита для загрузки сигналов Signal Studio |
| N7660C | Генерация сценариев, имитирующих несколько источников излучений |

N7620C SIGNAL STUDIO ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИМПУЛЬСОВ

Программа Signal Studio для создания импульсов предназначена для формирования сложных тестовых последовательностей, исходящих из одного источника, для испытания и проверки радиолокационных приёмников. Задание форм импульсов, форматов модуляции, диаграмм направленности антенн и импульсных последовательностей, определяемых пользователем, легко достигается с помощью графического интерфейса пользователя, либо с помощью собственной пользовательской программы управления испытаниями, использующей встроенный интерфейс прикладного программирования (API) на основе модели компонентных объектов (COM).

Создание импульсов достигается путём установки параметров импульсов, таких как длительность фронта/среза, длительность импульса и формат модуляции.

Обзор программы Signal Studio для создания импульсов

Программа Signal Studio для создания импульсов использует высокую частоту дискретизации и возможности воспроизведения выбранного генератора сигналов произвольной формы для достижения гибкости при формировании импульсов. Профили импульсов, создаваемые пользователями, точно определяются с разрешением до 1 нс между выборками сигнала.

Программа Signal Studio для создания импульсов обладает также уникальной возможностью синхронизации I/Q-модуляции с аналоговым импульсным модулятором. Это гарантирует, что гибкие возможности формирования импульсов, обеспечиваемые внутренним НЧ-генератором модуляции, будут достигнуты не за счёт динамического диапазона. При создании импульсов с помощью этой программы обеспечивается значение подавления в паузе более 80 дБ.

Создание библиотеки последовательностей

Используя данное программное обеспечение, можно создать библиотеку последовательностей, составленных из отдельных импульсов. Кроме того, сигналы, созданные в других средах, и/или записи сигналов от других источников также могут быть вызваны из библиотеки импульсов и встроены в пользовательские последовательности импульсов. Такие возможности адаптации позволяют быстро конфигурировать тестовые последовательности, определяемые пользователем, начиная от простых повторяющихся импульсов до сложных случаев, связанных с множеством уникальных импульсов (например, при сканировании антенны).

При создании последовательностей для каждого импульса и/или вложенной последовательности можно установить следующие параметры.

- Число повторений
- Период повторения
- Джиттер периода повторения с максимальной девиацией, определяемой пользователем
- Модели изменения периода повторения импульсов (постоянное значение, постоянное значение для пачки импульсов, линейное увеличение или уменьшение, зигзагообразное изменение, ступенчатое изменение)
- Вобуляция периода повторения импульсов (пилообразная, синусоидальная, треугольная)
- Масштабирование по амплитуде, смещение по частоте и фазе
- Дополнительная длительность паузы

Установка сигналов маркеров и запуска

К любой импульсной последовательности можно применить сигналы начала последовательности, начала импульса и маркер строб-импульса, а также сигналы запуска. Маршрутизация, определяемая пользователем, позволяет направить каждый сигнал маркера/запуска на один из портов event 1, event 2 или event 3 векторного генератора сигналов серии PSG.

Модуляция сигнала диаграммой направленности антенны

Опция QFP, включающая расширенный набор функций создания импульсов, учитывает диаграмму направленности антенны при имитации режима сканирования, которую можно применить к любому импульсу в последовательности. Точные амплитудные значения автоматически изменяются с учётом множества доступных параметров сканирования и модуляции. Форма диаграммы направленности антенны может быть настроена в соответствии с желаемой конфигурацией.

Функция импорта/экспорта файлов в формате .CSV

Опция QFP программы Signal Studio для создания импульсов обеспечивают возможность импорта или экспорта сложных сценариев импульсных последовательностей с использованием файлов в формате .CSV (значения, разделенные запятыми). Данные в этом формате могут быть сохранены из электронных таблиц Excel. Такой файл в формате .CSV использует управление номером версии, поэтому он может быть изменён в будущем. Такая возможность предлагает простой способ как для сохранения, так и совместного использования ключевых свойств сигнала. Редактирование параметров в формате .CSV является простым и может использоваться техническими специалистами для эффективного изменения ключевых параметров с целью ускорения испытаний.

Достижение более высокого качества сигналов

Автоматическое конфигурирование аппаратных средств позволяет пользователям быстро загружать и воспроизводить сигналы с помощью генераторов сигналов произвольной формы или генераторов сигналов с исключительной точностью. Кроме того, программа Signal Studio для создания импульсов имеет возможность замены (отмены) свойств автоматического конфигурирования аппаратных средств для ещё большей оптимизации работы. Например, пользователь может настроить перекоп I/Q и баланс усиления I/Q с целью подавления зеркального отклика, что может улучшить точность в точке, в которой калибровка может не потребоваться для генерации широкополосного сигнала.

Технические характеристики

Доступные форматы внутриимпульсной модуляции

- Ступенчатая АМ: возможность установки смещения амплитуды и размера шага
 - Коды Баркера: семь различных кодов Баркера (2, 3, 4, 5, 7, 11, 13)
 - BPSK (двоичная фазовая манипуляция): последовательность чередующихся битов "1" и "0" с определяемым пользователем размером шага
 - Пользовательская BPSK: последовательность битов, определяемая пользователем, размер шага зависит от числа битов в последовательности
 - ЛЧМ (линейная частотная модуляция), определяемая пользователем: девиация до ± 80 МГц и более (в зависимости от модели генератора) и размер шага
 - НЧМ (нелинейная частотная модуляция), определяемая пользователем: представление зависимости мгновенного значения частоты от времени в виде коэффициентов полинома
 - Пользовательская QPSK (квадратурная фазовая манипуляция): определяемый пользователем размер шага с символами на 45° , 135° , 225° , 315°
 - Пользовательская QPSK: определяемая пользователем последовательность битов с фазовым сдвигом в любом квадранте
 - Многофазные коды: Фрэнк, P1, P2, P3, P4, Custom 1 Это часть расширенного набора функций опции QFP.
- Свойства сканирования и модуляции антенн
- Тип сканирования: без сканирования, круговой, конический, определяемый пользователем, двунаправленный растровый, однонаправленный растровый и двунаправленный секторный



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ WAVEFORM CREATOR

- Возможность использования подключаемых файлов сигналов, поддерживающих популярные форматы цифровой модуляции, импорта сигналов ПО Signal Studio (.wfm) и специализированных сигналов
- Простой интерфейс установки требуемых параметров сигналов для компоновки сегментов сигнала
- Возможность выбора из перечня предоставляемых подключаемых файлов сигналов или разработанных самим пользователем
- Ввод предварительной коррекции или искажений для моделирования поведения тестируемого устройства
- Создание сложных сигналов посредством объединения сегментов сигналов в треки
- Составные треки сигналов могут иметь разные значения частоты модуляции и несущей частоты, поэтому на заключительном шаге проводится повторная дискретизация для обеспечения точного воспроизведения сигнала
- Просмотр окончательно собранного сигнала во временной или частотной области перед его выводом в генератор сигналов произвольной формы, векторный генератор сигналов или в виде файла
- Воспроизведение сигналов в векторных генераторах сигналов N5182A/B MXG, N5172B EXG, E4438C ESG, M9381A, генераторах сигналов произвольной формы M8190A/95A, M9330/31A, 81180A/B или N8241A/42A компании Keysight
- Генерация незашифрованных файлов с целью экспорта сигналов для использования в конкретной испытательной системе (опция)
- Возможность использования команд языка SCPI для дистанционного управления в измерительных системах

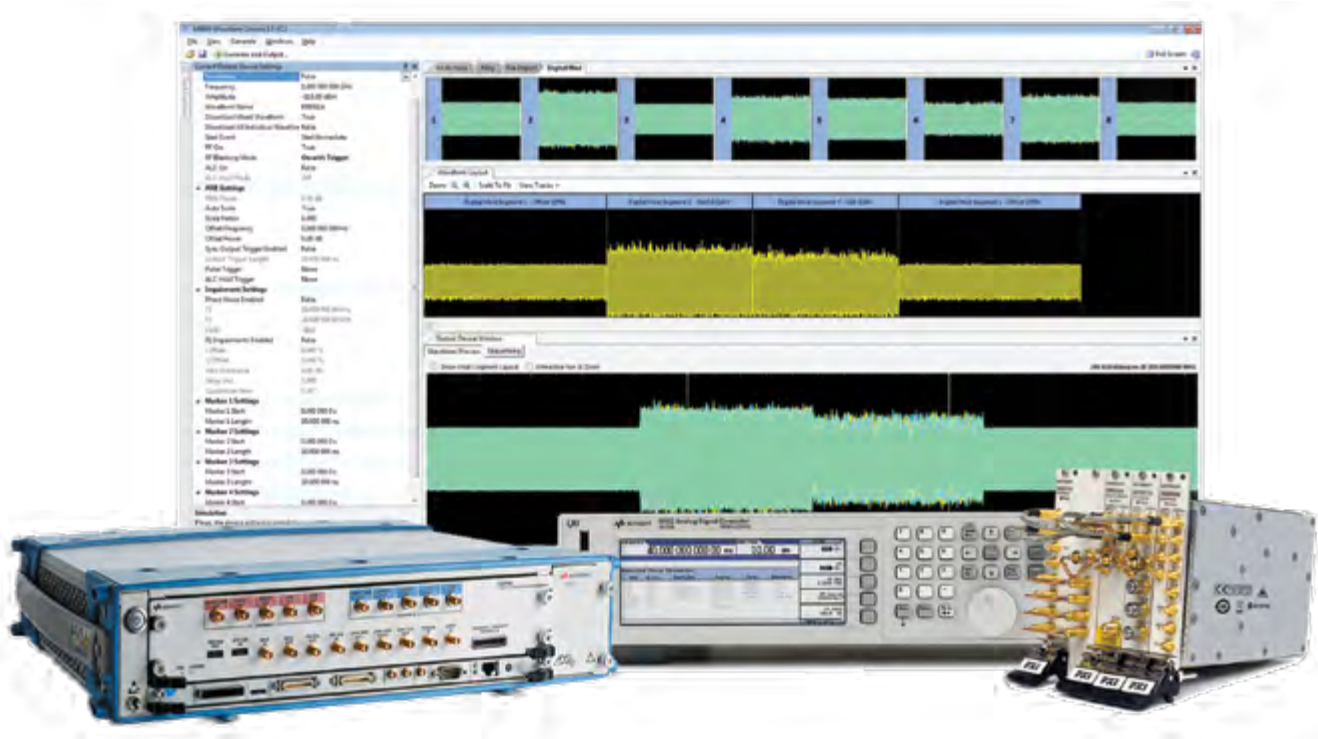
Программное обеспечение (ПО) Waveform Creator M9099 – модульное программное приложение, предназначенное для упрощения разработки и повторного использования сложных модулирующих и векторных сигналов, используемых при аттестации и тестировании устройств цифровой связи. Построенное на базе графического интерфейса пользователя с функцией переноса и размещения, ПО Waveform Creator обеспечивает быструю разработку многоформатных, многотрековых сигналов с сегментами сигналов, отображаемыми как в частотной, так и во временной области. ПО Waveform Creator поддерживает множество типов сигналов (входных подключаемых модулей) и ряд векторных генераторов сигналов и генераторов сигналов произвольной формы. Нарастаемая архитектура ПО обеспечивает поддержку будущих типов сигналов, векторных генераторов сигналов и генераторов сигналов произвольной формы.

Для создания сигналов в полосе частот модуляции и на ВЧ-частотах предлагаются различные программные инструментальные средства. В качестве наиболее популярных вариантов можно использовать инструментальные средства САПР электроники (ADS или SystemVue компании Keysight), инструментальные средства разработки алгоритмов (MATLAB компании The MathWorks) или языки написания сценариев/ программирования (C++, Python или LabView). Каждый из этих вариантов имеет свои сильные стороны и недостатки.

Базовая часть (ядро) ПО Waveform Creator (M9099T-LIC)

Основные свойства базовой части (ядра)

- Интерфейс создания сигналов, использующий функцию переноса и размещения, управляемую графическим интерфейсом пользователя
- Смешивание сигналов и повторная дискретизация для точного воспроизведения
- Добавление искажений I/Q-сигналов и гауссова шума
- Предыскажения: сложные или $\sin(x)/x$
- Калибровка фильтра предварительной коррекции (требуется ПО 89600 VSA, версия v15 или более поздняя)
- Вывод непосредственно в векторные генераторы сигналов N5182A/B MXG, N5172B EXG, E4438C ESG, M9381A и генераторы сигналов произвольной формы M8190A/95A, M9330/31A, N8241A/42A, 81180A/B компании Keysight
- Возможность использования команд языка SCPI для дистанционного управления в измерительных системах
- Сглаживающие фильтры минимизируют подрост и загрязнение спектра из-за нарушений непрерывности между собираемыми сегментами сигнала
- Просмотр спектра окончательно собранного сигнала
- Маркер обеспечивает отсчёт значений частоты и амплитуды
- Масштабирование графика для увеличения требуемых деталей спектра
- Выбираемый размер (число точек) БПФ для оптимизации разрешения по частоте (256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 и 65536 точек)
- Новые функциональные возможности в версии 3.0:
- Итоговое окно сигнала: выделение операций в собранном выходном сигнале
- Неограниченное число сегментов и треков

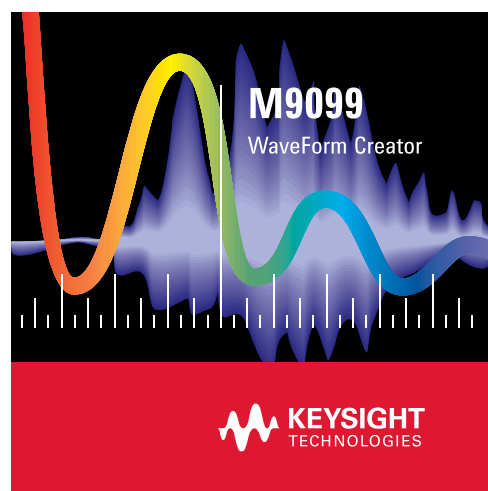


Информация для заказа

Программное обеспечение Waveform Creator (M9099) компании Keysight лицензируется на основе приобретаемых опций. Лицензии приобретаются как бессрочные и перемещаемые.

Это даёт пользователю возможность перенести лицензию на другой ПК с операционной системой MS Windows, предоставляя ему гибкость для наиболее эффективного использования приобретённого ПО и модернизации настольного ПК или встроенного контроллера в формате PXI в любое время.

Лицензия привязывается к ПК или встроенному контроллеру. Поэтому одна лицензия на Waveform Creator может использоваться для нескольких векторных генераторов сигналов или генераторов сигналов произвольной формы.



ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ В ФОРМАТЕ PXI

Сегодня во многих отраслях промышленности производители переходят от автономных настольных измерительных платформ к модульным. Решение о переходе к модульным платформам очень

важно, поскольку помогает решить проблемы многоканального тестирования, сократить затраты и ускорить продвижение на рынок новых продуктов.

Переход к модульной конструкции сулит массу преимуществ:

Во-первых, модульные приборы занимают меньше места. Несколько каналов уместаются в небольшом пространстве без громоздких дисплеев и передних панелей.

Во-вторых, открытая система позволяет инженерам гибко конфигурировать модули разных производителей и объединять в систему разнообразные измерительные приборы.

Масштабируемость модульных систем очень удобна для многоканальных приложений, поскольку позволяет выполнять синхронизированные когерентные измерения. Кроме того, оптимизированные драйверы обеспечивают высокую производительность, позволяя в полной мере использовать скорость объединительной платы. Всё это предоставляет возможность существенно сократить эксплуатационные расходы.

ВЕКТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ KEYSIGHT TECHNOLOGIES СИГНАЛОВ В ФОРМАТЕ PXI

M9381A

1-канальный векторный генератор сигналов в формате PXI с максимальной частотой до 6 ГГц



Прибор M9381A — это векторный генератор сигналов в формате PXI. Стандартная конфигурация генератора M9381A включает четыре отдельных модуля в формате PXIe — цифровой векторный модулятор M9311A, источник выходных сигналов M9310A, синтезатор M9301A и генератор опорной частоты M9300A. Управление сенсорное, обеспечивается с лицевой панели. Кроме того, имеются различные программные интерфейсы для согласования с Вашей средой разработки.

M9383A

PXIe векторный генератор сигналов в формате PXI с диапазоном частот от 1 МГц до 44 ГГц

M9383A PXIe – это векторный генератор сигналов в формате PXI, предназначенный для формирования на выходе сигналов сложной формы, которые необходимы на этапе тестирования вновь разрабатываемых устройств на соответствие требованиям новых технологий беспроводной связи поколения 5G, а также для оборонных и аэрокосмических приложений. Генератор сигналов M9383A PXIe обеспечивает амплитуду вектора ошибок (EVM) не превышающую 1 % для сигналов pre-5G с полосой 800 МГц, что соответствует критически важным требованиям к данным сигналам. Векторный генератор сигналов M9383A PXIe интегрирован в типовое решение Keysight для тестирования устройств беспроводной связи поколения 5G, выбранное несколькими группами



ми разработчиков, занимающихся проектированием в этом формате, для отладки перспективных изделий в диапазонах частот с границей до 44 ГГц.

Технические характеристики векторных генераторов сигналов в формате PXI

| МОДЕЛЬ | M9381A | M9383A |
|---|--------------------------------|----------------------------------|
| Каналы | 1 | 2 |
| Виды сигналов | НГ, сигналы произвольной формы | НГ, сигналы произвольной формы |
| Полоса пропускания | от 1 МГц до 3, 6 ГГц | от 1 МГц до 14, 20, 31,8, 44 ГГц |
| Выходная мощность / Амплитуда выходного сигнала | от -130 до +19 дБм | -90 до +19 дБм на частоте 1 ГГц |
| Память произвольных сигналов | до 1024 млн. выб. | до 1024 млн. выб |
| Разрешение по частоте | 0,01 Гц | 0,01 Гц |

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ В ФОРМАТЕ PXI

M9330A



Генератор сигналов произвольной формы, 15 бит, 1,25 Гвыб./с

Генератор сигналов произвольной формы Keysight M9330A обеспечивает высокую производительность при создании сложных широкополосных сигналов. Высокая частота дискретизации и разрешение позволяют разработчикам создавать идеальные сигналы для тестирования радиолокационных систем, устройств спутниковой связи и систем с быстрой перестройкой частоты. Генератор M9330A обеспечивает полосу частот модуляции 500 МГц на каждый канал и динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих, свыше 65 дБн. При использовании M9330A совместно с широкополосным I/Q повышающим преобразователем можно получить полосу модуляции до 1 ГГц в диапазоне СВЧ для достоверного моделирования сигналов для тестирования устройств ПЧ и ВЧ диапазона.

Основными сферами применения генератора сигналов произвольной формы M9330A является тестирование радиолокационных систем и систем РЭБ, систем сверхширокополосной и беспроводной связи, аэрокосмическая и оборонная отрасли, а также различные приложения в промышленности.

M9331A



Генератор сигналов произвольной формы, 10 бит, 1,25 Гвыб./с

Генератор сигналов произвольной формы Keysight M9331A обеспечивает высокую производительность при создании сложных сверхширокополосных (Ultra-Wideband, UWB) сигналов. Высокая частота дискретизации и разрешение позволяют разработчикам создавать идеальные сверхширокополосные сигналы для испытаний систем и подсистем с высокой точностью. Генератор M9331A обеспечивает полосу частот модуляции 500 МГц на каждый канал и динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих, свыше 50 дБн. При использовании M9331A совместно с широкополосным I/Q повышающим преобразователем можно получить полосу модуляции до 1 ГГц в диапазоне СВЧ для достоверного моделирования сигналов для тестирования устройств ПЧ и ВЧ диапазона.

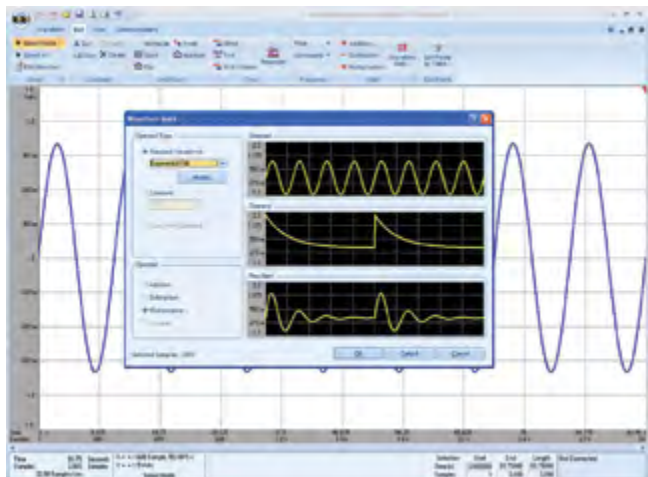
Основными сферами применения генератора сигналов произвольной формы M9331A является тестирование радиолокационных систем и систем РЭБ, систем сверхширокополосной и беспроводной связи, аэрокосмическая и оборонная отрасли, а также различные приложения в промышленности.

Технические характеристики генераторов сигналов произвольной формы в формате PXI

| МОДЕЛЬ | M9330A | M9331A |
|---|----------------------------|--------|
| Каналы | 2 | |
| Виды сигналов | сигналы произвольной формы | |
| Полоса модуляции | до 1 ГГц | |
| Выходная мощность / Амплитуда выходного сигнала | размах амплитуды до 1 В | |
| Вертикальное разрешение | 15 бит | 10 бит |
| Частота дискретизации | 1,25 Гвыб./с | |
| Память произвольных сигналов | до 16 Мвыб | |

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ BENCHLINK / BENCHVUE

33503A



Программа BenchLink Waveform Builder Pro работает на базе операционной системы Microsoft Windows® и содержит широкий набор инструментов для создания сигналов, в том числе, редактор формул, математические операции с сигналами, инструменты для рисования, а также библиотеку встроенных сигналов. Кроме того, программа дает возможность задавать последовательности, определять фильтры и оконные функции, что позволяет легко модифицировать и более точно задавать форму сигнала.

Лицензионное программное обеспечение BenchLink Waveform Builder Pro

Программное обеспечение Keysight 33503A BenchLink Waveform Builder Pro является первым полнофункциональным программным обеспечением для генераторов импульсов и сигналов стандартной/произвольной формы, обеспечивающим создание и редактирование сигналов.

Это программное обеспечение разработано специально для генераторов сигналов произвольной формы 33200A, 33500B, 33600A, импульсных генераторов моделей 81150A, 81160A, высокопроизводительных генераторов сигналов произвольной формы M8190A и всех серий осциллографов InfiniiVision и Infiniium-S.

Программное обеспечение BenchLink Waveform Builder Pro поддерживает следующие приборы Keysight:

- генераторы сигналов стандартной/произвольной формы 33210A, 33220A, 33250A;
- генераторы сигналов стандартной/произвольной формы 33521A, 33522A;
- генераторы сигналов стандартной/произвольной формы, импульсов и шума 81150A, 81160A, 81180A;
- генератор сигналов произвольной формы M8190A;
- осциллографы серий InfiniiVision 2000X, 3000X, 3000T, 4000X

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ BENCHVUE

Программа BenchVue для компьютера упрощает подключение приборов, регистрацию данных и документирование результатов измерений с использованием множества приборов без дополнительного программирования.

Программа BenchVue представляет собой универсальное приложение, которое обеспечивает:

- наглядное представление результатов измерений, полученных одновременно с помощью нескольких приборов;
- удобный инструмент для регистрации данных, снимков экрана и настроек системы;
- вызов последних настроек испытательной установки для достоверного воспроизведения результатов измерений;
- быстрое создание моделей специализированных алгоритмов испытаний;
- быстрый экспорт измерительных данных в нужных форматах;
- быстрый доступ к руководствам, драйверам, прошивкам, ответам на часто задаваемые вопросы и видеороликам;
- контроль и управление испытательной установкой с помощью мобильных устройств.

Базовая версия программы доступна для скачивания на официальном сайте компании Keysight Technologies и позволяет использовать основные возможности всех специализированных приложений.

Так же предусмотрены приложения с расширенными возможностями управления и измерений:



- BV1001A** автоматизация пользовательских измерений, создание тестовой последовательности
- BV0001A** управление цифровыми мультиметрами и отображение результатов измерений
- BV0002A** управление генераторами сигналов произвольной формы
- BV0003A** управление источниками питания
- BV0004A** управление осциллографами
- BV0005A** управление анализаторами сигналов
- BV0006A** управление системами сбора данных
- BV0007A** управление измерителями мощности
- BV0008A** управление анализаторами цепей
- BV0010A** управление портативными анализаторами FieldFox
- BV0011A** управление частотомерами
- BV0012A** управление генераторами сигналов

ЧАСТОТОМЕРЫ И СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ



ЧАСТОТОМЕРЫ КОМПАНИИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Компания Keysight Technologies предлагает широкий выбор электронно-счётных частотомеров и счётчиков/таймеров. Электронно-счётные частотомеры используются во многих отраслях для измерения и анализа частотных и фазовых параметров, а также временных интервалов сигнала. Широкий выбор, предлагаемый компанией Keysight, позволяет выбрать оптимальное решение для конкретных задач.

Частотомеры Keysight – это:

- высокая производительность
- самая высокая точность измерения
- интуитивно-понятный интерфейс
- инсталлированный анализатор данных, построенный на технологии цифровой обработки сигналов
- возможность использования в системах, управляемых ПК (в наличии интерфейс GPIB)
- легкий доступ к часто используемым функциям
- современный дизайн

Применение в решении самых различных задач:

- проверка точности установки частоты радиочастотных диапазонов в электрических цепях;
- тестирование телекоммуникационных систем;
- проведение измерений в сетях передачи данных;
- проверка беспроводных сетей связи;
- лабораторные испытания;
- настройка и контроль испытываемого оборудования на производстве.

Модельный ряд частотомеров Keysight представлен ВЧ, СВЧ и универсальными электросчетными приборами. Область применения каждого из них определяется техническими параметрами и встроенным функционалом.

СЕРИЯ 53200A

Высокочастотные и универсальные счетчики-частотомеры/таймеры представлены серией 53200A

Счетчики-частотомеры используются в области разработки и производства и отвечают за точность измерений частоты и временного интервала. Три счетчика, относящиеся к линейке продукции 53200A, позволяют произвести измерения по одному или двум каналам до 350 МГц, опционально — по трем каналам от 6 до 15 ГГц с разрешением до 2 цифр/с, и отдельные измерения с разрешением до 20 пс. Прибор оснащен 11-см (4,3-дюймовым) цветным дисплеем, способным отображать графически линии трендов и гистограммы. Дополнительные измерения микроволновых импульсов (53230A) в качестве несущей частоты, импульсов частотной повторяемости (PRF), интервал повторения импульсов и ширина луча дополняют перечень стандартных измерений. Режим «Непрерывное измерение» позволяет провести до 1 млн измерений значений модуляции.

Счетчики серии 53200 обеспечивают высокую точность и скорость при проведении измерения, а также предоставляют возможность использовать универсальные параметры измерения и различные

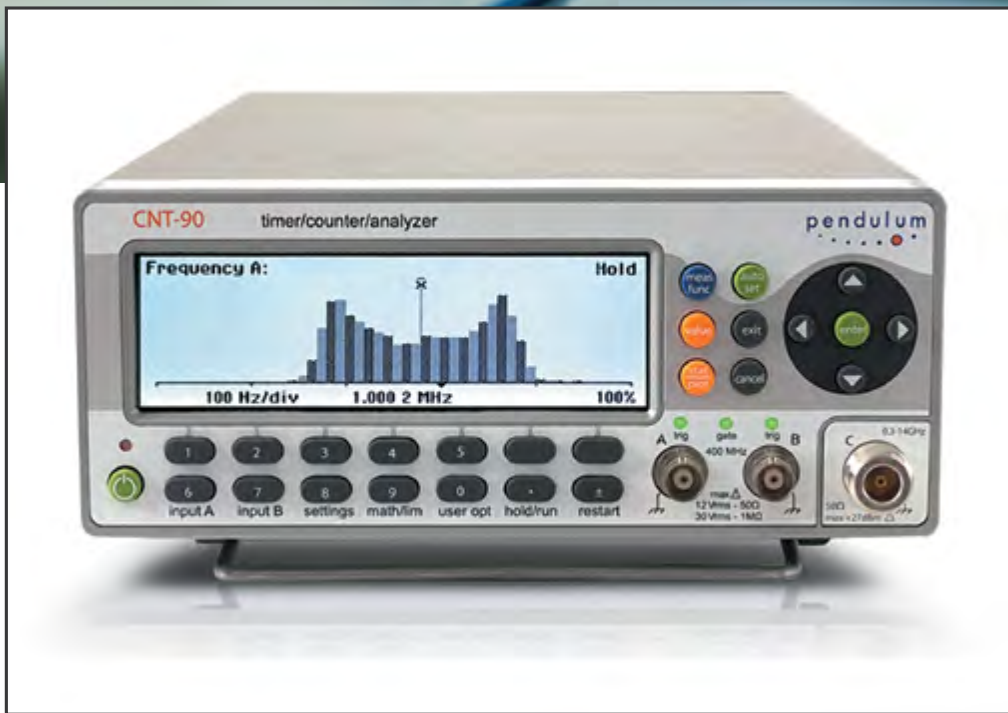
способы отображения результатов, что значительно ускоряет процесс оценки результатов измерений. Режим работы от батареи доступен в качестве [опции](#).



| МОДЕЛЬ | 53220A | 53230A | 53210A |
|---|--|--------|---|
| Тип частотомера | Универсальный электронно-счетный частотомер | | Высокочастотный электронно-счетный частотомер |
| Количество каналов (опция) | 3 | 3 | 2 |
| Диапазон частот (расширение) | 350 МГц (6 или 15 ГГц) | | |
| Разрешение при измерении частоты (время измерения 1 с), | 12 разрядов | | 10 разрядов |
| Наилучшая чувствительность | 7 мВ СКЗ | | |
| Разрешение при измерении временных интервалов | 100 пс | 20 пс | - |
| Дополнительные свойства | USB, LAN, GPIB (опция), графический дисплей, память отсчетов 1 М | | USB, LAN, GPIB (опция) |
| | непрерывные измерения без пропуска сигнала, измерения параметров импульсов в микроволновом диапазоне | | |

ЧАСТОТОМЕРЫ И СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ PENDULUM

ЧАСТОТОМЕР CNT-90



- Диапазон измерений: 10 Гц – 300 МГц. Опциональное расширение до 3, 8, 14 и 20 ГГц
- Стабильность опорного генератора: 5×10^{-7} . Опциональная установка опорного генератора ОСХО со стабильностью 1×10^{-8} и 3×10^{-9}
- Высокая скорость: 250 К измерений в секунду во внутреннюю память и 2 К в секунду через GPIB (универсальную интерфейсную шину)
- Высокая разрешающая способность: 12 цифр/с (частота), 100 пс (время), $0,001^\circ$ (фаза)
- Стандартная функция USB (универсальная последовательная шина) и GPIB (универсальная интерфейсная шина)
- Программное обеспечение Timeview for Windows (опция)

ЧАСТОТОМЕРЫ СЕРИИ CNT-90XL

Два инструмента в одном: частотомер/анализатор СВЧ-диапазона и универсальный частотомер с диапазоном 300 МГц



- Самые быстродействующие частотомеры СВЧ-диапазона
- Диапазон частот: 27, 40, 46 или 60 ГГц
- Измерение мощности СВЧ-сигналов
- Стабильность опорного генератора: 5×10^{-7} . Возможна опциональная установка опорного генератора ОСХО со стабильностью 1×10^{-8} и 3×10^{-9}
- Высокая скорость: 250К измерений в секунду во внутреннюю память
- Разрешение: 14 цифр
- Статистический анализ сигналов
- Графическое представление результатов измерения
- Интерфейсы USB и GPIB
- Программное обеспечение Timeview for Windows (опция)

pendulum

ЧАСТОТОМЕРЫ CNT-91 и CNT-91R

- Диапазон измерений: 10 Гц – 300 МГц. Опциональное расширение до 3, 8, 14 и 20 ГГц
- Стабильность опорного генератора: 5×10^{-7} . Возможна опциональная установка опорного генератора ОСХО со стабильностью 1×10^{-8} и 3×10^{-9} . CNT-91R – 5×10^{-11} (месяц)
- Высокое разрешение: **50 пс (время)**, 12 разрядов/с (частота)
- Быстрая передача данных с помощью GPIB/USB: 2,6 кБ/с (режим источника данных), 15 кБ/с (режим обмена пакетами), передача данных во время измерений
- Графический анализатор колебаний (jitter), отклонений (trend) и модуляции
- 250 К измерений/с с записью во внутреннюю память (до 35 М)
- Встроенный программируемый импульсный выход (0,5 Гц – 50 МГц)
- Измерительные функции, включая все обычные функции таймера/счетчика, плюс частота/период времени задержки от начала отсчета
- Программное обеспечение Timeview for Windows (опция)



| ОПЦИИ | |
|---------------|--|
| ДЛЯ CNT-90/91 | |
| Опция 10 | Расширение до 3 ГГц (для CNT-85/85R/90/91) |
| Опция 11/90 | Установка входов на задней панели |
| Опция 13 | Расширение до 8 ГГц |
| Опция 14 | Расширение до 14 ГГц |
| Опция 14B | Расширение до 20 ГГц |
| Опция 30/90 | Генератор опорной частоты ОСХО со стабильностью 10^{-8} |
| Опция 40/90 | Генератор опорной частоты ОСХО со стабильностью 3×10^{-9} |
| Опция 29/90 | Программное обеспечение Timeview for Windows |

Симуляторы GPS и ГЛОНАСС-сигналов PENDULUM



Симуляторы GPS- и ГЛОНАСС-сигналов предназначены для тестирования приемников без ограничений условиями окружающей среды. Симуляторы генерируют сигналы, получаемые приемником, и моделируют для него практически любые условия окружающей среды с точной повторяемостью. Линейка симуляторов GPS-сигналов Pendulum экономит ваше время и деньги, позволяя проводить испытания в заданных воспроизводимых условиях.

Модель GSG L1 идеальна для производственных испытаний, она симулирует сигнал одного спутника и позволяет с высокой повторяемостью просто и быстро проверить обнаружение сигнала и качество сборки.

Многоканальные симуляторы сигналов и созвездий GSG позволяют испытывать системы позиционирования и навигации, симулируя сигнал от нескольких спутников, а также работу на движущемся по земле, воздуху или морю объекте.

Симуляторы Pendulum позволяют как выбирать готовый сценарий испытания, так и создавать и редактировать свои собственные с помощью ПО GSG Studio View.

Таблица сравнения симуляторов серии GSG

| МОДЕЛЬ | GSG-6 SERIES | GSG-5 SERIES | GSG-51 |
|--|---|-------------------------------|---------------------------|
| Сигнал | | | |
| Количество каналов | 32, 48, 64 | 4, 8, 16 | 1 |
| Количество частот | 2, 3, 4 | 1 | 1 |
| Навигационные системы | GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou | | |
| Типы сигнала | L1, L2, P-code, псевдо P(Y), L2C, L5, E1, E5, E6 | L1, E1 | L1 |
| Параметры | Выходной уровень: от -65 до -160 дБм Разрешение: от 0,1 до -150 дБм, от 0,3 до -160 дБм Точность: ±1 дБм | | |
| Размеры | 210×90×395 мм | | |
| Имитация траекторий | + | | - |
| SBAS | + | | - |
| Белый шум | + | | - |
| Имитация интерференции | + | | - |
| Траектория | Все модели серии | Модели 54/55/56 | - |
| Тип данных | Протокол NMEA (GGA-, RMC-сообщения) | | |
| Построение | ПО GSG StudioView с помощью Google Maps/Earth | | |
| Пределы имитации | Ускорение от 4g, скорость до 20 000 м/с, рывок от 30 м/с ³ | | |
| Сценарии | | | |
| Предопределенные | 12, включая 3-GPP | | - |
| Пользовательский | Без ограничений | | - |
| Параметры | Возможность регулировки: даты, времени, продолжительности, траектории, числа спутников, уровня сигнала, моделирование атмосферы и антенны | | - |
| Редактирование сценария в режиме реального времени | + | Только у 16-канальных моделей | - |
| Динамические события | | | |
| Параметры | Время, спутники, динамическая и абсолютная мощность, дублирование, смещение сигнала на другой канал для имитации траекторий | | - |
| Удаленное редактирование | С помощью ПО для Windows GSG StudioView | | - |
| Интерфейсы | | | |
| Интерфейсы | GPIB, USB, Ethernet, PC software, интерфейс веб-браузера | | GPIB, USB, Ethernet |
| Управление данными | С помощью ПО для Windows GSG StudioView | | С помощью прилагаемого ПО |
| Функции синхронизации | Встроенный высокостабильный кварцевый генератор, частота 10 МГц, выход 1PPS, внешний запуск | | |

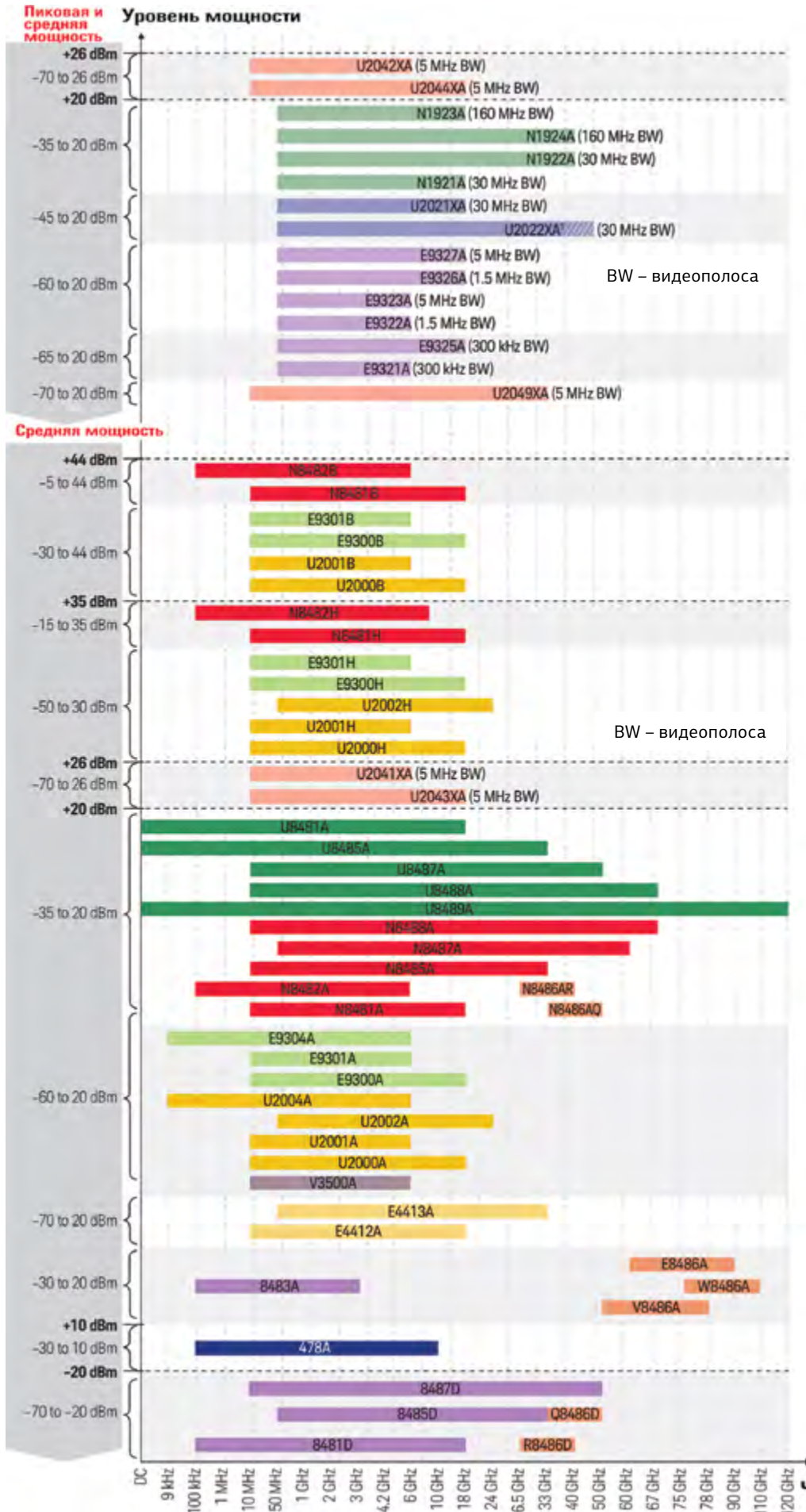
ИЗМЕРИТЕЛИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МОЩНОСТИ

Линейка преобразователей мощности Keysight включает термопарные преобразователи средней мощности серии N8480, преобразователи пиковой/средней мощности серии E, широкополосные преобразователи серии P и преобразователи мощности с шиной USB.



ИЗМЕРИТЕЛИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МОЩНОСТИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

ТАБЛИЦА ПОДБОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ МОЩНОСТИ



| | |
|--------|---|
| U2040 | Измерители мощности с широким динамическим диапазоном серии U2040 X |
| U848x | Термопарные измерители мощности с шиной USB серии U8480 |
| U2020 | Измерители пиковой и средней мощности с шиной USB серии U2020 X |
| N192x | Широкополосные преобразователи мощности серии P |
| E932x | Преобразователи пиковой и средней мощности серии E9320 |
| N848x | Термопарные преобразователи мощности серии N8480 |
| 848x | Диодные и термопарные преобразователи мощности серии 8480 |
| 8486 | Волноводные преобразователи мощности |
| E441x | Преобразователи мощности непрерывных сигналов серии E |
| E930x | Преобразователи средней мощности серии E9300 |
| 478A | Термисторные преобразователи мощности |
| U200x | Измерители средней мощности с шиной USB серии U2000 |
| V3500A | Ручной измеритель ВЧ мощности |

ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ СЕРИИ U2000 С ШИННОЙ USB



- Простое и быстрое подключение через порт USB 2.0
- Установка нуля без отключения от испытуемого устройства
- Облегчение текущего контроля и поиска неисправности с помощью специализированного программного обеспечения
- Точные измерения мощности с использованием других приборов

Измерители мощности с шиной USB серии U2000 компании Keysight позволяют отображать результаты измерения на мониторе компьютера или на других приборах компании Keysight.

Серия U2000 представляет собой законченное техническое решение, которое упрощает измерительную установку и удовлетворяет всем требованиям к измерению. Для питания измерителя мощности используется мощность, получаемая от порта USB.

Измеритель мощности серии U2000 имеет встроенную схему запуска, которая обеспечивает синхронизацию измерений с внешним прибором или событием, например, для управления тактированием захвата импульсного сигнала.

Внутренняя установка нуля и не требующая калибровки конструкция исключают операции подключения и отключения измерителя мощности к или от источника калибровочного сигнала.

Точность измерения обеспечивается заводской калибровкой. Это сокращает время испытаний, уменьшает погрешность измерения, износ и возможность повреждения соединителя. Измерители мощности с шиной USB могут быть встроены в измерительное приспособление без устройства переключения эталонных сигналов.

Удобное управление измерителями мощности возможно с помощью ПО BenchVue Power Meters/Sensors App.

ИЗМЕРИТЕЛИ ПИКОВОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ШИННОЙ USB СЕРИИ U2020X

- Измерение пиковой и средней мощности
- Диапазон частот: от 50 МГц до 18 ГГц (U2021XA)/ до 40 ГГц (U2022XA)
- Динамический диапазон: от -30 дБм до +20 дБм (пиковая мощность в режиме временного стробирования), от -45 дБм до +20 дБм (только измерение средней мощности)
- Полоса пропускания видеопрофильтра 30 МГц
- Захват однократных сигналов в реальном времени с частотой дискретизации 80 Мвыб/с
- Функция внутренней установки нуля и калибровки, вход и выход внешнего запуска
- Высокая скорость измерений: более 3500 отсчетов в секунду при автоматическом запуске в режиме буферизации



Измерители пиковой и средней мощности с шиной USB серии U2020X компании Keysight имеют высокие рабочие характеристики и свойства, необходимые для решения многих прикладных задач, связанных с измерением мощности в НИОКР и производстве, позволяя проводить измерения со скоростью более 3500 отсчетов в секунду, что сокращает время и стоимость испытаний.

Эти измерители мощности поставляются в двух модификациях: U2021XA (от 50 МГц до 18 ГГц) и U2022XA (от 50 МГц до 40 ГГц), предлагая функции компактного, портативного прибора для измерения пиковой мощности.

Динамический диапазон измерения пиковой мощности измерителей мощности серии U2020X от -30 до +20 дБм позволяет выполнять точный анализ очень слабых сигналов для широкого круга задач, свя-

занных с измерением пиковой мощности в аэрокосмической, оборонной промышленности и беспроводной связи.

Каждый измеритель мощности серии U2020X имеет встроенный опорный источник напряжения постоянного тока и схемы коммутации, с помощью которых установка нуля и калибровка преобразователя выполняются автоматически при подключении к испытуемому устройству.

ИЗМЕРИТЕЛИ ПИКОВОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ШИНОЙ USB ИЛИ ИНТЕРФЕЙСОМ LAN СЕРИЙ U2040/53/63 И L2050/60



- Самый широкий в мире динамический диапазон (от -70 до +26 дБм) для измерения сигналов низкого уровня
- Диапазон частот от 10 МГц до 6 ГГц (серии 41, 42, 51, 61), до 18 ГГц (серии 43, 44, 52, 62), до 33 ГГц (серии 53, 63, 49)
- Сверхвысокая скорость непрерывных измерений в режиме реального времени (до 10 000 отсчетов в секунду)
- Измерение параметров каждого следующего импульса в реальном времени, гарантируемое нулевым временем нечувствительности
- Режим усреднения с избирательностью по времени для измерения средней мощности и средней мощности в заданные интервалы времени во всем динамическом диапазоне
- Функция внутренней установки нуля и автоматической калибровки для экономии времени и уменьшения погрешности измерений
- Интерфейс LAN, поддерживающий питание прибора через Ethernet по технологии PoE, для дистанционного мониторинга систем на расстоянии до 100 метров
- Возможность проведения измерений в термобарокамерах (U2049XA-TVA)
- Лучшие в своем классе показатели по долговременному дрейфу параметров
- Удобство настройки параметров с помощью интуитивно-понятного программного обеспечения BenchVue для быстрого начала измерений

Модели измерителей мощности серий U2040/53/63 и L2050/60 имеют самый широкий в мире динамический диапазон (от -70 дБм до +26 дБм). Они обеспечивают точные и стабильные измерения параметров любых модулированных сигналов со сверхвысокой скоростью более

10000 отсчетов в секунду, что позволяет повысить производительность тестирования в процессе производства. С помощью функции внутренней установки нуля и калибровки можно повысить скорость выполнения измерений и уменьшить погрешность измерений. Измерители мощ-

ности серий U2040/53/63 и L2050/60 позволяют выполнять в режиме реального времени непрерывные измерения параметров очень быстрых импульсов с частотой следования до 10 кГц без периодов нечувствительности.

ТЕРМОПАРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ШИНОЙ USB СЕРИИ U8480

- Диапазон частот: от 0/10 МГц до 67 ГГц (в зависимости от модели измерителя)
- Лучшая в своем классе нелинейность: менее чем 0,8%
- Широкий динамический диапазон: от -35 дБм до +20 дБм
- Высочайшая для термопарного преобразователя скорость измерений: 900 отсчетов в секунду (автоматический запуск/быстрый режим с буферизацией)
- Встроенный вход внешнего запуска
- Точная калибровка и прослеживаемость до эталонов Национального института стандартов и технологии (NIST, США) или Национальной физической лаборатории (NPL, Великобритания)
- Функция вычисления погрешности измерений в режиме реального времени



Серия U8480 – это первые измерители мощности компании Keysight, которые способны выполнять измерения на частотах вплоть до постоянного тока. Измерители мощности U8481A (от 10 МГц до 18 ГГц) и U8485A (от 10 МГц до 33 ГГц) могут поставляться с опцией 200, которая расширяет диапазон частот, сдвигающая нижнюю границу диапазона частот с 10 МГц до постоянного тока.

Эта функция особенно полезна при калибровке источников сигналов и анализаторов цепей, а также в приложениях по оценке электромагнитной совместимости. Измерители мощности серии U8480 являются одним из самых экономичных решений для измерения мощности, обеспечивая высокие технические характеристики по приемлемой цене.

Термопарные измерители средней мощности U8489A с шиной USB с частотным диапазоном до 120 ГГц



- Широкий диапазон частот до 120 ГГц
- Лучшая в своем классе нелинейность: менее чем 0,6 %
- Широкий динамический диапазон: от -35 дБм до +20 дБм
- Функция вычисления погрешности измерений в режиме реального времени
- Функция коррекции S-параметров и гаммакоррекция

U8489A предоставляет широкий частотный диапазон от DC до 120 ГГц и коаксиальный разъем 1 мм для проведения измерений. Это позволяет осуществлять быстрые и точные ВЧ-измерения мощности. Вы можете подключать U8489A к анализаторам цепей через USB порт для калибровки [мощности](#).

ПАКЕТ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯМИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ МОЩНОСТИ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ BENCHVUE SOFTWARE BV90007B POWER METER/SENSOR APP



Основные возможности

- Удобное управление измерителями и преобразователями мощности в измерительной системе, состоящей из одного или нескольких измерителей мощности
- Интуитивно понятная регистрация данных и возможность просмотра результатов измерений в режиме реального времени обеспечивают более эффективный анализ данных
- Экспорт данных в MATLAB и Microsoft Excel или Word для последующего анализа с помощью всего нескольких щелчков мышью
- Быстрая настройка измерений за счет встроенных предустановок для сигналов беспроводной связи и РЛС
- Упрощенная автоматизация испытаний с помощью программы Command Expert и тестовых последовательностей Test Flow

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МОЩНОСТИ С ВОЛНОВОДНЫМ ВХОДОМ



- Очень низкое значение KCBN для уменьшения погрешности рассогласования
- Порт для подачи калибровочного сигнала 50 МГц
- Точная калибровка и прослеживаемость до эталонов Национального института стандартов и технологии США (NIST)
- Совместимость с измерителями мощности серий EPM (N1913A/14A), EPM-P (E4416A/17A) и P (N1911A/12A)
- Измерение средней мощности: от -30 дБм до +20 дБм
- Диапазон частот: от 50 ГГц до 110 ГГц
- Первичный преобразователь мощности на основе диода

При измерении ВЧ- и СВЧ-мощности основной причиной погрешности измерений является рассогласование преобразователя мощности и источника сигнала. Для уменьшения погрешности измерения, связанной с рассогласованием, преобразователи мощности с волноводным входом компании Keysight обеспечивают превосходное значение KCB, равное 1,06 (обратные потери более 30 дБ).

Для упрощения калибровки с использованием измерителя мощности преобразователи мощности с волноводным входом компании Keysight оснащены портом для подачи калибровочного сигнала с частотой 50 МГц. Это дает возможность устранить разброс результатов при проведении измерений с помощью разных сочетаний измерителей и преобразователей мощности, а также погрешности, обусловленные изменениями [температуры](#).

Ручной измеритель мощности V3500A

Ручной измеритель ВЧ-мощности V3500A представляет собой компактный переносной прибор для измерения высокочастотной мощности, как в полевых, так и производственных условиях.

С абсолютной точностью $\pm 0,21$ дБ, широким диапазоном частот от 10 МГц до 6 ГГц и измерительным диапазоном от -63 дБм до +20 дБм прибор для измерения мощности V3500A наилучшим образом подходит для многих областей применения. Для еще большей оптимизации и гибкости в применении прибор V3500A может получать питание, как от батарей, так и от блока питания или USB-кабеля [компьютера](#).



Термисторный измеритель мощности N432A

Прибор N432A компании Keysight представляет собой одноканальный радиочастотный прибор для измерения средней мощности, который использует термисторные измерительные головки типа 8478B и 478A.

Эта комбинация из термисторного датчика мощности и измерителя мощности N432A идеальна для применения, например, в метрологии или в калибровочных лабораториях, где требуется очень высокая точность измерений.

Прибор N432A обладает жидкокристаллическим дисплеем и удобной для пользователя панелью управления. В отличие от старых моделей он имеет уже записанные в память данные калибровки, благодаря чему отпадает необходимость в ручной передаче калибровочной таблицы для каждого [датчика](#).



Широкополосные измерители мощности серии P N1911A / N1912A

Измерители мощности N1911A/N1912A серии P обеспечивают широкополосные и высокопроизводительные измерения, которые требуются Вам для определения характеристик мощности Ваших изделий.

Эти приборы для измерения мощности могут использоваться с датчиками семейства 8480 серий E и P. Однако необходимо учитывать, что измерители мощности серии P обладают другим входным соединительным разъемом, чем приборы серии EPM и EPM-P, из-за чего для подключения некоторых датчиков требуется специальный переходной кабель. Благодаря встроенным разъемам LAN и GPIB приборы для измерения мощности серии P могут также применяться для автоматизированных [измерений](#).



ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МОЩНОСТИ N192xA СЕРИИ P

- Работают с новыми измерителями мощности серии P (N1911A и N1912A)
- Установка нуля и калибровка при подключенном ТУ
- Измерения в диапазоне частот до 40 ГГц
- Широкий динамический диапазон измерения максимальной мощности



Преобразователи мощности N1921A (от 50 МГц до 18 ГГц) и N1922A (от 50 МГц до 40 ГГц) работают только с измерителями мощности серии P.

Эти преобразователи мощности имеют свой кабель, постоянно подключенный к преобразователю, чтобы обеспечить соответствие самым строгим требованиям к неравномерности характеристики в широком диапазоне частот.

Преобразователи мощности серии P являются первыми преобразователями, обеспечивающими "установку нуля и калибровку", которая устраняет при проведении калибровки необходимость использования внешнего опорного источника.

Защищенная патентом технология компании Keysight в каждом преобразователе мощности объединяет опорный источник постоянного напряжения с переключающими схемами, что позволяет производить установку нуля и калибровку преобразователя мощности, когда он подключен к тестируемому устройству.

Это свойство устраняет необходимость подключения и отключения источника для калибровки, тем самым уменьшая время контроля, неопределенность измерений, а также износ и отрыв соединителей. Это особенно полезно в производстве и в условиях автоматического контроля, где каждая секунда на счету. Преобразователи мощности могут быть встроены в измерительную систему, не требуя переключения опорных сигналов.

1- и 2-КАНАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ N1913A / N1914A СЕРИИ EPM



При использовании измерителей мощности N1913A / N1914A серии EPM компании Keysight Вы получите повторяемые и надежные результаты измерения в Ваших полевых или лабораторных условиях.

Измеритель мощности EPM совместим со всеми датчиками мощности семейства E9300, E4410, N8480 и даже с широко распространенными датчиками семейства 8480.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МОЩНОСТИ 8480, N8480, E4412A, E4413A и E9300 СЕРИЙ E



- Работают с измерителями мощности E4418A/B, E4419A/B, E4416A, E4417A, N1911A и N1912A
- Широкий динамический диапазон от -70 до +44 дБм в зависимости от типа преобразователя мощности

- Диапазон частот от 9 кГц до 26,5 ГГц в зависимости от типа преобразователя мощности
- Высокая скорость измерения (до 200 отсчетов в секунду при работе измерителя мощности E4418A/B по GPIB)
- Поправочные коэффициенты калибровки, данные о линейности и температурной компенсации, хранящиеся в EEPROM

Диодные преобразователи мощности серии E имеют широкий динамический диапазон (максимум 90 дБ), который обеспечивается при работе с измерителями мощности EPM и EPM-P серий. Преобразователи мощности E4412A и E4413A применяются для измерения мощности непрерывных сигналов в диапазоне от -70 до +20 дБм, в то время как семейство преобразователей мощности E9300 измеряет среднее значение мощности ВЧ- и СВЧ-сигналов независимо от типа модуляции с максимальным диапазоном 80 дБ.

СЕМЕЙСТВО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ 8480



Преобразователи мощности 8480 используются с измерителями мощности серий EPM, EPM-P и P, с измерителем мощности E1416A, со снятым с производства измерителем мощности 70100A и семейством измерителей мощности 43X. Эти преобразователи мощности на термопарах и диодах обеспечивают исключительно высокую точность, стабильность и КСВН в широком диапазоне частот (от 100 кГц до 110 ГГц) и уровней мощности (от -70 до + 44 дБм).

АНАЛИЗАТОР ПИКОВОЙ МОЩНОСТИ 8990В С АНАЛИЗОМ МОЩНОСТИ ДО 40 ГГц

Анализатор пиковой мощности 8990В представляет собой инструмент для индикации, анализа и определения характеристик импульсной высокочастотной мощности во временном диапазоне.

Благодаря комбинации функций осциллографа и измерителя мощности путем простого переключения может определяться временная характеристика мощности. Наряду с применением в области радиолокационной техники этот анализатор пиковой мощности может также применяться для измерения и анализа импульсов в области беспроводных стандартов. Он позволяет пользователям проводить измерения без дополнительных затрат.



1- и 2-КАНАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ E4416A / E4417A СЕРИИ EPM-P

- Частота дискретизации 20 Мвыб/с для надежных измерений параметров широкополосных сигналов в однократном и непрерывном режиме
- Измерение мощности в автономном режиме и режиме с временным стробированием
- Бесплатное программное обеспечение «Analyzer» для анализа параметров импульсов и статистического анализа
- 8 предварительно настроенных конфигураций для измерений параметров сигналов беспроводной связи форматов GSM, EDGE, NADC, iDEN, Bluetooth, IS-95 CDMA, W-CDMA и cdma2000.



Измерители мощности E4416A / E4417A обеспечивают измерение пиковой и средней мощности, отношения пиковой к средней мощности, а также измерения с временным стробированием с использованием преобразователей мощности серии E9320.

Модульный измеритель мощности N8262A серии P (стандарт LXI, класс C)



Измеритель мощности Keysight N8262A серии P позволяет автоматизировать измерения пиковой и средней мощности, а также отношения пиковой к средней мощности. Измерители N8262A помогают уменьшить размеры измерительной установки и упростить ее конфигурацию. Приборы соответствуют классу C стандарт LXI и совместимы с существующим испытательным оборудованием, поэтому ваша система будет сразу готова к работе.

Благодаря интерфейсу LAN измерители мощности Keysight N8262A обеспечивают более низкую стоимость обслуживания, чем приборы стандартов PXI или VXI.

Другие ключевые возможности приборов включают ширину полосы частот видеосигнала 30 МГц и совместимость по кодам с измерителями мощности Keysight серий EPM-P и P.

Основные параметры настольных приборов для измерения мощности

| МОДЕЛЬ | V3500A | N432A | N1913A / N1914A | N1911A / N1912A |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|--|---|
| Диапазон мощности, дБм | от -63 до +20 | от -30 до +10 | от -70 до +44 (в зависимости от датчика) | |
| Диапазон частот | от 10 МГц до 6 ГГц | от 100 кГц до 18 ГГц | от 9 кГц до 110 ГГц (в зависимости от датчика) | |
| Скорость измерения, считываний/с | до 23 | 3 | более 1 500 | до 400 |
| Совместимые измерительные датчики | нет | 8478B, 478A | 848x, E441xA, E930x, N848x, U200x, U848xA, X8486 | 848x, E441xA, E930x, E932xA, N192xA, N848x, X8486 |
| Измерительные каналы | 1 | | 1 / 2 (+2 датчика USB) | 1 / 2 |
| Измеряемые характеристики | среднее значение мощности | | | пиковое, от пикового до среднего, среднее значение мощности, время нарастания / время спада |
| Интерфейсы | mini-B USB | LAN, USB, GPIB | | |

Основные параметры настольных приборов для измерения мощности:

| МОДЕЛЬ | 8990B | E4416A / E4417A | N8262A |
|---|--|--|---|
| Диапазон мощности, дБм (в зависимости от датчика) | от -35 до +20 | от -70 до +44 | от -35 до +20 |
| Диапазон частот (в зависимости от датчика) | от 50 МГц до 40 ГГц | от 9 кГц до 110 ГГц | от 50 МГц до 40 ГГц |
| Скорость измерения, считываний/с | 100 | до 1000 | более 1 500 |
| Совместимые измерительные датчики | N192xA, U200x, U202xA, U204xA, U848xA | 848x, E930x, E932xA, N848x, а также датчики мощности серии E для измерения мощности немодулированной радиоволны | N1921A / N1922A |
| Измерительные каналы | 4 (2 ВЧ + 2 аналоговых канала) | 1 / 2 канала | 2 канала |
| Измеряемые характеристики | время нарастания / время спада, минимум, среднее значение, пиковое значение мощности, значение от пикового до среднего, рабочий цикл, PRI, PRF, и т.д. | измерение пиковой, средней мощности, отношения пиковой к средней мощности, а также измерений с временным стробированием с использованием преобразователей мощности серии E9320 | измерение пиковой, средней мощности, а также отношения пиковой к средней мощности |
| Интерфейсы | LAN, USB | GPIB, RS232/422 | LAN |

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА/ СИГНАЛОВ

Анализаторы спектра представляют собой измерительные приемники, которые обеспечивают возможность анализа сигналов в частотной области для решения различных прикладных задач. Сюда можно отнести производство и техническое обслуживание оборудования беспроводных систем связи, радиолокаторов, телекоммуникационного оборудования, кабельного телевидения, радиовещания, систем связи с подвижными объектами, диагностические испытания аппаратуры на электромагнитную совместимость, испытания ЭКБ и радиомодулей, контроль радиоэфира и идентификацию сигналов.



Анализаторы спектра предназначены для проведения измерений следующих параметров:

- Частота
- Уровень мощности
- Фазовый шум
- Коэффициент шума
- Побочные и паразитные составляющие
- Измерение продуктов искажений
- Параметры сигналов с модуляцией
- Измерения по принципу стимул-отклик
- Параметры ЭМС

Анализаторы спектра представлены тремя основными видами исполнения для использования в самых различных условиях:

- 1** Для решения задач, связанных с измерениями в полевых условиях, при низких температурах, для удаленного контроля параметров антенн (достаточно один раз разместить прибор на объекте), – анализаторы спектра представлены портативными решениями.
- 2** Для решения задач разработки и тестирования самой современной радиоаппаратуры в лабораторных условиях и на производстве, а также для тестирования опытных образцов с высочайшим уровнем характеристик, – предлагаются настольные анализаторы спектра.
- 3** Если основными задачами являются минимизация массо-габаритных параметров измерительной аппаратуры, обеспечение высокой скорости обмена данными при потоковом производстве, создание компактного комплекса для всестороннего тестирования приемопередатчиков в одном корпусе или стойке, многоканальный анализ сигналов, – следует обратить внимание на модульные анализаторы спектра в формате PXI.

Анализаторы спектра обладают множеством приложений для решения полного объема измерительных задач:

- При тестировании приемопередатчиков одной из критичных задач является обнаружение слабых сигналов на фоне шума и помех. Для решения подобных задач доступна установка предусилителя, электронного аттенюатора и опции понижения собственного шума. Это позволит получить прибор более высокого уровня производительности при минимальных затратах.
- При анализе импульсных и широкополосных сигналов систем радиолокации и РЭБ очень важно обеспечить достаточную полосу анализа, чтобы охватить весь спектр сигнала. Для этого доступны опции расширения полосы анализа до 25, 40, 85, 125, 160, 255, 510 МГц и 1 ГГц, а при совместном использовании осциллографа S-серии – до 5 ГГц¹.
- При тестировании систем беспроводной связи невозможно предугадать поведение мешающих сигналов. Для захвата и анализа редких, непериодических, кратковременных² сигналов, а также сигналов помехи, скрытых за полезным сигналом, доступна опция анализа сигналов в реальном времени.
- При тестировании оборудования беспроводной связи на соответствие стандарту по спектральной маске очень важно иметь возможность автоматически определять параметры излучения³. Для частотной селекции сигналов и автоматизации тестирования систем беспроводной связи по спектральной маске излучения доступна опция триггера по частотной маске.
- При потоковом производстве обслуживания систем подвижной связи очень важно сократить время проведения испытаний каждой единицы. Для проведения быстрых измерений мощности сигнала в канале связи, в соседних каналах, а также мощности гармоник, доступна опция ускорения измерений мощности.
- Когда стоят задачи анализа сигналов систем радиолокации, НИОКР, разработки и тестирования перспективного медицинского оборудования, тестирования систем безопасности и спектроскопии газов, максимального диапазона частот самых современных анализаторов становится недостаточно. Для решения подобных задач необходима опция расширения частотного диапазона до 500 ГГц при помощи внешних преобразователей частоты.
- При разработке и тестировании радиопередатчиков требуется проводить анализ модулирующих сигналов. Для решения подобной задачи доступна установка на анализатор аналоговых I/Q-входов⁴.
- При анализе спутниковых сигналов и сигналов радиолокации приходится работать со слабыми высокочастотными сигналами⁵. Для повышения динамического диапазона и понижения уровня шумов при работе на частотах свыше 3 ГГц доступна опция тракта с пониженным уровнем шумов.
- При решении задач анализа перестройки частоты в военных системах связи и системах РЭБ и реакции на сигналы радиоэлектронного подавления возникают определенные сложности. Процесс обнаружения и измерения помех затрудняет их ратковременная природа и непредсказуемость. Для решения подобных задач применяется системный подход: запись захваченных данных в реальном времени, поиск воздействующей помехи, повторный захват и запись с учетом информации о помехе, анализ средствами ПО VSA. Для записи и воспроизведения захваченных данных доступна опция регистратора спектра в реальном времени.
- Для измерения электромагнитных помех при проведении испытаний на соответствие требованиям стандартов по электромагнитной совместимости доступно специализированное приложение для анализаторов спектра. Приложение для ЭМС измерений активирует встроенные типы детекторов, а также содержит предустановки полос пропускания и полос измерения, соответствующие требованиям промышленных и военных стандартов. Для выполнения международных требований к квалификационным измерениям ЭМП предназначен измерительный приемник МХЕ.
- При тестировании антенн, кабелей, преобразователей частоты, фильтров и усилителей очень важно проводить измерения коэффициента передачи в диапазоне частот. Для решения подобной задачи могут использоваться анализаторы цепей. Но если не требуются расширенные возможности анализатора цепей, то доступно решение на базе анализатора спектра и генератора сигналов при помощи опции контроля внешнего источника.

1. При заказе анализатора спектра с полосой анализа 40 МГц и более требуется заказ опции обхода микроволнового преселектора; при использовании внешнего оцифровщика требуется наличие установленной опции широкополосного выхода ПЧ.
 2. Обнаружение сигналов длительностью 3,33 нс, 100% вероятностью захвата (POI) сигналов длительностью от 17,3 мкс.
 3. Включена в опцию анализа сигналов в реальном времени. Может устанавливаться отдельно.
 4. Опция доступна для значений полосы анализа до 40 МГц включительно.
 5. Требуется наличие опции обхода микроволнового преселектора.

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА И АНАЛИЗАТОРЫ СИГНАЛОВ

Что необходимо учесть при проведении измерений с помощью анализатора спектра

Совет: выбирайте оптимальную полосу пропускания разрешающего фильтра (Resolution bandwidth, RBW)

1

Полоса пропускания должна быть достаточно узкой, чтобы:

- разделить сигналы
- измерить ширину полосы частот сигнала
- обеспечить низкий уровень шумов и достаточно широкой, чтобы:
- корректно демодулировать сигналы
- обнаруживать далеко отстоящие друг от друга сигналы

.....

Совет: для повышения точности измерений пользуйтесь встроенными программами автоподстройки

2

Выявляйте мешающие факторы на пути прохождения сигнала и компенсируйте их корректировочными коэффициентами

.....

Совет: при измерении малых сигналов

3

уменьшите значение входного аттенюатора или выключите его подключите предусилитель поставьте как можно более низкое значение разрешающего фильтра (RBW) используйте логарифмическое или линейное усреднение

.....

Совет: добивайтесь оптимального динамического диапазона

4

при измерении искажений для обеспечения оптимального уровня сигнала на смесителе учитывайте: отображаемый средний уровень шумов (Displayed Average Noise Level, DANL) внутренние искажения:

второго порядка (Second Order Distortion, SOD)

третьего порядка (Third Order Distortion, TOD)

.....

Совет: при идентификации внутренних искажений

5

изменяйте значение входного аттенюатора и проводите ряд измерений при различных значениях

.....

Совет: для достижения оптимальной скорости измерения при обнаружении непериодических сигналов

6

достигайте компромисса между разрешающей способностью, скоростью измерения и частотным диапазоном для малых полос обхода используйте альтернативный способ анализа: режим FFT (Fast-Fourier-Transform-Algorithmus, алгоритм быстрого преобразования Фурье)

.....

Совет: выбирайте правильный детектор

7

Для различных задач доступны пиковый максимальный, пиковый минимальный или нормальный детектор

.....

Совет: при измерении импульсных сигналов

8

измеряйте частоту сигнала только во время его активности при помощи функции Time Gated Spectrum Analysis (спектральный анализ с синхронизацией по времени).

Краткое пояснение для основных понятий спектрального анализа

Average noise level («средний уровень шума»):

См. Displayed average noise level (DANL).

Constellation diagram («диаграмма созвездий»):

Этот режим индикации выбирают, чтобы представить символы на IQ-диаграмме при цифровом модулировании сигналов.

Delta marker:

Здесь измеряется разница между фиксированным маркером начала отсчета и текущим маркером.

Digital IF:

В современных анализаторах спектра промежуточная частота выходного каскада является полностью цифровой

Displayed average noise level (DANL):

Средний уровень шума без входного сигнала показывает собственный шум анализатора спектра, определяя наименьший измеряемый уровень сигнала.

Dynamic range:

Динамический диапазон в дБ показывает максимальную разницу между уровнями двух одновременно отображаемых сигналов.

FFT (Fast Fourier Transform, быстрое преобразование Фурье):

Быстрое преобразование Фурье рассчитывает спектр сигнала по его кривой в диапазоне временной развертки.

Frequency accuracy («точность частоты»):

Точность частоты определяет погрешность измерения частоты.

Frequency range («диапазон частот»):

Диапазон частот показывает минимальную и максимальную частоты сигнала на входе. Диапазон частот можно расширить в сторону высоких частот, применяя внешние смесители.

Frequency resolution («разрешение по частоте»):

Разрешение по частоте показывает минимальное расстояние между двумя сигналами, которые можно разделить. Разрешение по частоте зависит от значения полосы разрешающего фильтра.

Gain compression («компрессия усиления»):

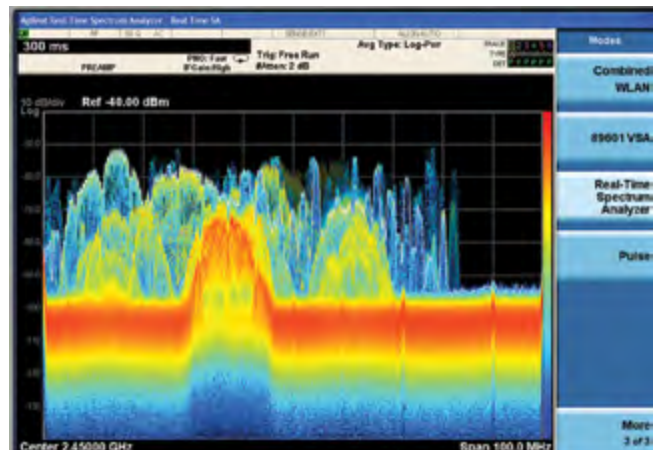
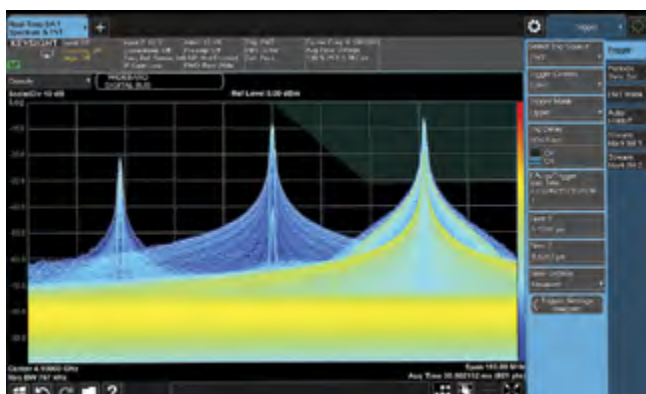
Показывает степень насыщения первого смесителя, при которой измеренный сигнал искажается не более чем на «икс» дБ.

Harmonic distortion («гармонические искажения»):

Гармоническими искажениями называют сигналы, которые появляются при прохождении сигнала в анализаторе спектра. Они являются четными гармониками измеряемого сигнала.

Input attenuator («входной аттенуатор»):

Входной аттенуатор расположен непосредственно на входе. Значение входного аттенуатора влияет на параметры измеряемого сигнала. Благодаря ему уменьшаются нежелательные искажения. Точное согласование импеданса при помощи входного аттенуатора (с шагом 2 дБ или 10 дБ) важно для качественного анализа сигнала.



Input impedance («входной импеданс»):

Входной импеданс показывает номинальное значение сопротивления, которым обладает вход анализатора спектра. Обычно это 50 Ом, реже 75 Ом. Отклонение действительного входного импеданса от номинального показывает значение VSWR (Voltage Standing Wave Ratio, коэффициент стоячей волны по напряжению, КСВН).

Marker («маркер»):

Маркеры — это указатели, выделенные на отображаемой кривой измерений. Показывают значение частоты и амплитуды.

Phase noise («фазовый шум»):

Фазовый шум отображает относительно заданной частоты прочие частотные составляющие, позволяет оценить «чистоту» наблюдаемого тона. Фазовый шум характеризует все источники сигналов, он является мерой их качества.

Preamplifier («предусилитель»):

С помощью предусилителя можно повысить чувствительность анализатора спектра ценой ухудшения динамического диапазона.

Preselector («преселектор»):

С помощью согласованной предварительной селекции отфильтровываются сигналы, находящиеся вне наблюдаемого диапазона измерения. Благодаря этому повышается чувствительность и убираются искажения.

Resolution bandwidth (RBW, «полоса разрешающего фильтра»):

Значение полосы разрешающего фильтра, расположенного после первого смесителя, влияет на уровень отображаемого шума, разрешение по частоте и скорость измерения. См. также «Digital IF».

Sweep time («время развертки»):

Время развертки — это время, необходимое для перекрытия заданного диапазона измерения. Оно зависит от диапазона измерения и разрешающей способности по полосе пропускания.

Time gating («временное стробирование»):

Для импульсных сигналов обычное измерение спектра часто бывает невозможным, если время измерения превышает длительность импульсов. В этом случае процесс измерения синхронизируется дополнительным сигналом (стробом).

Zero span: режим «нулевого обзора».

В этом режиме вход настраивается на фиксированную частоту. Ширину полосы измеряемых частот определяет полоса разрешающего фильтра. Сигнал представляется и обрабатывается в диапазоне временной развертки.

БАЗОВЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА KEYSIGHT TECHNOLOGIES С ЧАСТОТНЫМ ДИАПАЗОНОМ ДО 7 ГГц

N9320B/N9322C

Анализаторы спектра с частотным диапазоном от 9 кГц до 3/7 ГГц

- Базовые анализаторы спектра N9320B/N9322C разработаны для применения в лабораториях или на производстве.
- Они работают в диапазоне частот от 9 кГц до 3/7 ГГц при минимальном уровне шумов -162 дБм/Гц (с включенным предусилителем), полосе пропускания разрешающего фильтра от 10 Гц до 3 МГц и долговременной стабильности опорного генератора 0,1 миллионных долей в год.
- Опциональный следящий генератор со встроенным измерителем КСВН позволяет проводить измерения по методу отраженных волн, что дает лучшее представление о схеме или модуле.



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | N9320B | N9322C |
|--|--|---------------------------------------|
| Диапазон частот | от 9 кГц до 3 ГГц | от 9 кГц до 7 ГГц |
| Стабильность частоты | 1 миллионных долей | 0,1 миллионных долей |
| Фазовый шум | -112 дБн/Гц при 1 МГц | -119 дБн/Гц при 1 МГц |
| Диапазон измерений | от -148 до $+30$ дБм | от -152 до $+20$ дБм |
| Точность амплитуды | 0,5 дБ | 0,3 дБ |
| DANL (отображаемый средний уровень шума) | -148 дБм с предусилителем | -152 дБм с предусилителем |
| Ширина полосы разрешающего фильтра | от 10 Гц до 1 МГц, от 1 до 3 ступеней ЭМС: 200 Гц, 9 кГц, 120 кГц, 1 МГц | от 10 Гц до 3 МГц, от 1 до 3 ступеней |

НАЗНАЧЕНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА KEYSIGHT TECHNOLOGIES СЕРИИ X

Для проведения высокоточных измерений, повышения диапазона частот измерений и анализа сигналов с цифровой модуляцией можно применять анализаторы спектра X-серии от компании Keysight Technologies. При этом анализаторы спектра X-серии представляют собой целый комплекс, который учитывает методики измерений и включает прикладные программы, что позволяет предвосхитить будущие технологические требования.

Помимо множества функций и измерительных приложений, в анализаторах X-серии присутствует возможность еще более расширить диапазон частот, дооснастить более мощным процессором, более глубокой и производительной памятью и многими другими опциями. Благодаря этому Вы можете поддерживать актуальность своих тестовых приборов.

Неизменный интерфейс пользователя позволит быстрее осуществлять разработку, не отвлекаясь на изучение нового прибора.

Основанный на многолетнем опыте интерфейс управления сохраняется из поколения в поколение — интерфейс пользователя, программный код, вывод результатов тестирования. В результате процесс измерений унифицируется, значительно повышая производительность.

Обширный спектр приложений и программ, отвечающий всем Вашим требованиям к тестированию.

С внушительным набором, состоящим из более чем 25 прикладных измерительных программ, с поддержкой программного обеспечения для работы в открытой операционной системе Windows, — в новых проектах Вы всегда готовы следовать за изменениями технологических требований.

N9000B SXA: ОВЛАДЕЙТЕ АЗАМИ

Анализатор сигналов SXA представляет собой недорогое решение для измерения базовых характеристик сигналов. Кроме того, он является незаурядным учебным пособием для освоения высокочастотной техники и анализа сигналов.

N9010B EXA: БРОСЬТЕ ВЫЗОВ ТРУДНОСТЯМ

Быстродействующий и гибкий анализатор сигналов, отвечающий самым разным требованиям — и все это в одном приборе. Анализатор сигналов EXA представляет собой оптимальное сочетание скорости и производительности.



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | SXA N9000B | EXA N9010B |
|--|-------------------|-----------------|
| Диапазон частот | 9 кГц до 26,5 ГГц | 10 Гц до 44 ГГц |
| Фазовые шумы при частоте 1 ГГц (отстройка 10 кГц) | -106 дБн/Гц | -107 дБн/Гц |
| Интермодуляционные искажения третьего порядка (TOI), 1 ГГц | +13 дБм | +15 дБм |
| Средний уровень собственных шумов при 1 ГГц | | -161 дБм |
| Стандартный аттенюатор | 50 дБ | 60 дБ |
| Шаг перестройки аттенюатора | | 10 дБ |
| Погрешность измерения амплитуды при 1 ГГц | | ±0,45 дБ |
| Ширина полосы пропускания (RBW) | | 1 Гц до 8 МГц |
| Максимальная ширина полосы анализа | 25 МГц | 40 МГц |
| Интерфейсы | GPIB, LAN, USB | |

N9020B/N9021B MXA: УСКОРЯЙТЕ ПРОДВИЖЕНИЕ РАЗРАБОТОК

Анализатор сигналов MXA обеспечивает необходимую гибкость для быстрого реагирования на изменяющиеся требования к тестированию. Тем самым он ускоряет процесс разработки и способствует быстрому внедрению в производство и выводу на рынок.



N9030B PXA: УСКОРЯЙТЕ ВЫХОД НОВЫХ РАЗРАБОТОК

Анализатор сигналов PXA идеален для всех областей высокопроизводительного анализа сигналов. Он поможет Вам поддерживать уровень достижений, совершенствовать текущие проекты и ускорять внедрение инноваций.



N9040B/N9041B/N9042B UXA: БЕСКОМПРОМИССНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРА ДО 110 ГГц



UXA — это флагманская модель в линейке анализаторов сигналов серии X, которая обладает наиболее высокими характеристиками и дает самое глубокое представление о трудноуловимых и широкополосных сигналах. Высочайшая производительность UXA предоставляет возможность измерять параметры наиболее сложных на сегодняшний день сигналов — с ППРЧ, широкополосных сигналов стандартов 5G, 802.11ax/ay, спутниковых сигналов, РЛС, комплексов РЭБ и других. Вы сможете в полной мере оценить чистоту спектра сигналов разрабатываемых устройств благодаря наилучшему в отрасли уровню фазовых шумов и широкому динамическому диапазону, свободному от паразитных составляющих.

- Добейтесь высочайших характеристик существующих и перспективных систем радиолокации и РЭБ
- Анализируйте сигналы современных развивающихся стандартов связи с высокими требованиями к ширине полосы частот анализа, например 5G и автомобильных радаров, используя собственную полосу до 4 ГГц или внешние аналого-цифровые преобразователи с полосой до 11 ГГц
- Диагностируйте малейшие ошибки проектирования гетеродинов и синтезаторов частот
- Получите возможность обнаружения трудноуловимых сигналов длительностью всего 3,51 мкс с использованием функций анализа спектра в режиме реального времени (RTSA)
- Записывайте и анализируйте реальную сигнальную обстановку с помощью функции записи без пропусков в полосе до 255 МГц

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | MXA N9020B/ N9021B | PXA N9030B | UXA N9040B/ N9041B/N9042B | UXA N9042B |
|--|-----------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Диапазон частот | 10 Гц до 50 ГГц | 2 Гц до 50 ГГц | 2 Гц до 50/ 110 ГГц/110 ГГц | 2 Гц до 50 / 110 ГГц (с V3050A) |
| Фазовые шумы при частоте 1 ГГц (смещение 10 кГц) | -114 дБн/Гц | -136 дБн/Гц | | -135 дБн/Гц |
| Интермодуляционные искажения третьего порядка (TOI), 1 ГГц | +16 дБм | +20 дБм | +22 дБм | +20 дБм |
| Средний уровень собственных шумов при 1 ГГц | -166 дБм | -171 дБм | | -177 дБм |
| Стандартный аттенуатор | | 70 дБ | | 70 дБ |
| Шаг перестройки аттенуатора | | 2 дБ | | 2 дБ |
| Погрешность измерения амплитуды при 1 ГГц | ±0,46 дБ | ±0,38 дБ | ±0,32 дБ | ±0,30 дБ |
| Ширина полосы пропускания (RBW) | | 1 Гц до 8 МГц | | 1 Гц до 8 МГц |
| Максимальная ширина полосы анализа | 160/510 МГц | 510 МГц | 1 ГГц | 4 ГГц/ 11 ГГц (внеш.) |
| Интерфейсы | | GPIB, LAN, USB | | GPIB, LAN, USB |

В каждом анализаторе спектра бесплатный набор полезных и простых функций измерения мощности PowerSuite

Это совокупность видов измерений мощности сигналов, включающая в себя: измерения мощности в соседнем канале, измерения мощности в канале, измерения мощности выбросов, определение занимаемой полосы частот по нахождению 99% мощности сигнала, сбор статистики отклонений кривой графика интегральной функции распределения мощности сигнала от Гауссовского распределения, измерения с использованием спектральной маски излучений, измерения побочных излучений.

| ВИД ИЗМЕРЕНИЯ POWER SUITE | ОПИСАНИЕ |
|--|--|
| Измерения мощности в соседнем канале | Позволяет при тестировании радиопередатчиков определить, какая мощность интересующего сигнала попадает в соседний канал, что необходимо учитывать при разработке любых систем радиосвязи. |
| Измерения мощности в канале | Позволяет при тестировании радиопередатчиков определить, какой процент мощности интересующего сигнала находится в заданной полосе частот. |
| Измерения мощности передачи | Позволяет определить мощность тестируемого радиоканала, поступающую в антенную систему. Данное измерение необходимо для проверки точности установки средней мощности передачи на несущей частоте. В приложении устанавливается допустимый средний уровень сигнала и измеряется отклонение от этого уровня. Приложение также известно как измерение мощности пакета; применимо, в первую очередь, в системах с временным разделением каналов (GSM, Bluetooth etc). |
| Определение занимаемой полосы частот | Определяет полосу сигнала, в которой находится 99% мощности, что требуется при разработке архитектуры радиотракта для контроля энергетических параметров тестируемого устройства. |
| Статистика отклонений кривой графика интегральной функции распределения мощности сигнала от Гауссовского распределения (Power Stat CCDF). Известна также как комплементарная интегральная функция распределения. | Данная функция применима для обнаружения шумоподобных сигналов с цифровой модуляцией (CDMA2000, WCDMA и т.д.). Шумоподобный сигнал трудно идентифицировать во временной и частотной областях, поэтому для его обнаружения необходимо сравнить график интегральной функции распределения мощности в полосе сигнала с Гауссовским распределением. Если кривая функции выше Гауссовской кривой, то в этой полосе присутствует сигнал. По горизонтали указано, на сколько дБ сигнал превышает по мощности средний уровень. По вертикали указан % времени нахождения сигнала в состоянии превышения среднего уровня (вероятностная характеристика). |
| Измерения с использованием спектральной маски излучений | Тестирование на соответствие стандартам радиосвязи (GSM, WCDMA, LTE и т.д.) по спектральной маске. Данное приложение позволяет определить внеполосные излучения. |
| Измерения побочных излучений | Поиск и измерение побочных излучений нелинейных устройств и компонентов при тестировании приемопередатчиков. |
| Измерение гармоник | Измерение уровней гармоник сигналов при тестировании радиоустройств. Данное приложение позволяет просто и наглядно определить уровень гармонических составляющих до 10 порядка. |
| Измерение интермодуляционных искажений 3 порядка | Интермодуляции 3 порядка оказывают наибольшее влияние на качество выходного сигнала, поскольку эти продукты находятся в непосредственной окрестности исследуемого сигнала. Измерение проводится в два этапа. Сначала находятся частоты продуктов интермодуляции и определяется приблизительный уровень. При необходимости измерения точного значения выставляется частота конкретного продукта и определяется точный уровень сигнала помехи. |

Приложение N9063EMOE для демодуляции и анализа аналоговых видов модуляции

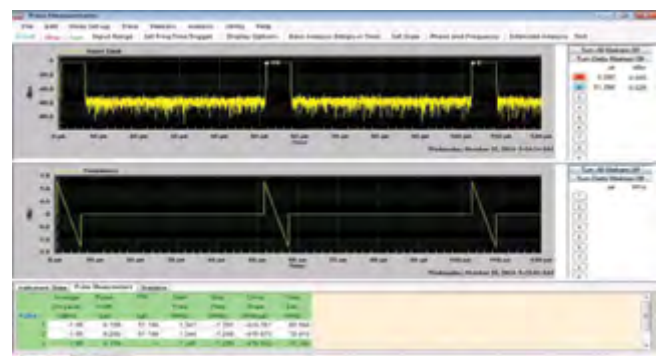
Основные особенности:

- Демодулирование AM, ЧМ, ФМ
- Отображение 4x окон
- ВЧ спектр сигнала
- Демодулированный сигнал
- спектра низкочастотного модулирующего сигнала
- Параметры модуляции (глубина модуляции, девиация, искажения)
- Аудио-фильтры
- Анализ сигналов с выбором типа детектора: положительный или отрицательный пик, среднее или среднеквадратическое значение
- Прослушивание модулирующего сигнала через динамик



Приложение N9067EMOE для анализа радиоимпульсных сигналов

- Простое в использовании приложение для снятия временных параметров радиоимпульсных сигналов (до 1000 импульсов в пачке)
- Различные виды представления результатов: зависимость мощности, частоты, фазы от времени
- Измерение частоты следования импульсов, длительности импульса, скважности, времени нарастания/спада, выбросов, пульсаций, фазы и частоты, межимпульсных сдвигов, полосы частот, Девиация импульсов с линейной частотной модуляцией etc.
- Разрешение 5 нс
- Статистический анализ до 200 000 импульсов, построение гистограмм



АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ДИАПАЗОНОМ ЧАСТОТ ДО 110 ГГц

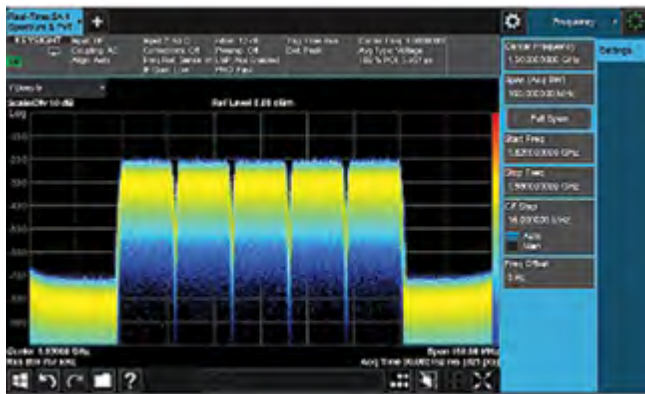
Назначение и основные параметры анализаторов сигналов в реальном времени

Для серий UXA, PXA или MXA ширина полосы анализа до 1 ГГц!

Анализатор сигнала серии UXA / PXA / MXA, благодаря имеющимся опциям, может стать анализатором спектра, работающим в реальном масштабе времени. Используя такой метод измерения, анализаторы UXA / PXA / MXA прекрасно подходят для контроля спектра в радиолокационных устройствах, оборудовании мобильной связи, воздушно-космической и оборонной технике. Опция анализа сигналов в реальном времени используется для проверки правильности занимаемых полос частот при скачкообразной их перестройке и при проверке заданных значений последовательности скачкообразных перестроек **частоты**.

Анализ сигналов может производиться в диапазоне частот до 110 ГГц* при полосе анализа до 1 ГГц и полосе анализа в реальном времени до 510 МГц. Минимальное время, в течение которого производится захват сигнала со 100% вероятностью (POI), составляет 3,51 пс**. В сочетании с программным обеспечением VSA (89600B) для векторного анализа сигналов компании Keysight можно еще глубже анализировать принятые комплексные сигналы с помощью инструментальных средств для временного, частотного анализа и анализа модуляции **сигналов**.

СЕРИЯ MXA



Анализатор спектра среднего класса до 50 ГГц

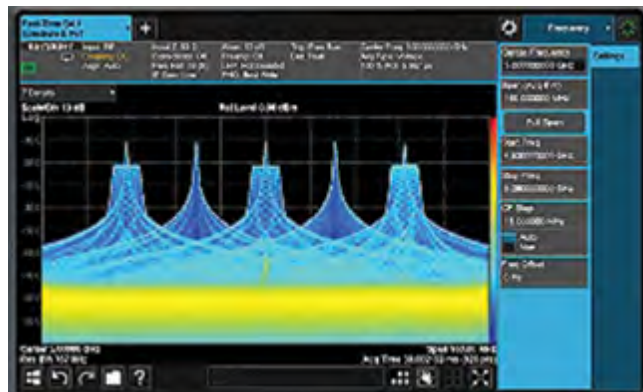
Анализатор сигнала MXA обладает наилучшими характеристиками анализатора среднего класса. Этот прибор устраняет компромисс между скоростью и рабочими характеристиками при точных измерениях. Обладая разнообразными возможностями применения, широкими возможностями демодуляции, интуитивно понятным интерфейсом с сенсорным управлением и приложениями для «одноклавишных» измерений, MXA является идеальным измерительным прибором для разработки новых изделий и решения производственных задач.

СЕРИЯ PXA

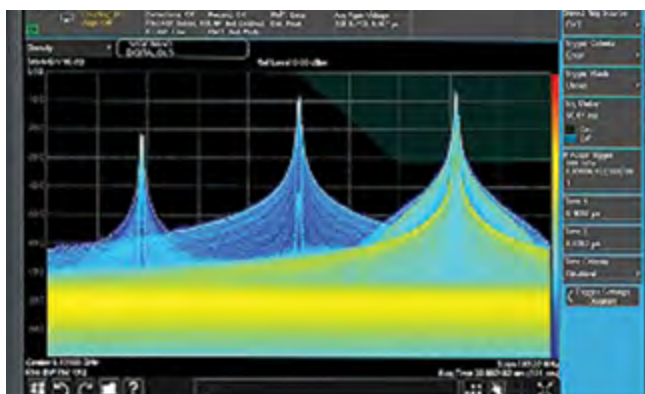
Эффективный анализатор спектра до 50 и 325 Гц с внешними смесителями

Анализатор спектра PXA предлагается в различных исполнениях с частотным диапазоном до 50 ГГц. С помощью многочисленных опций прибор может быть приспособлен для решения самых сложных измерительных задач, благодаря чему возможно его универсальное и перспективное применение в будущем.

Этот анализатор обладает исключительно высокими рабочими характеристиками, которые уменьшают погрешности измерения. Со свободным от помех динамическим диапазоном до 75 дБн при ширине полосы анализа 510 МГц Вы переходите на совершенно новый уровень анализа Ваших сигналов.



СЕРИЯ UXA



Эффективный анализатор спектра до 110 ГГц* с двумя входами!

Анализатор спектра N9041B является флагманом среди анализаторов сигнала серии X.

С шириной полосы анализа до 1 ГГц он обеспечивает высшую точность измерения в сочетании с измерениями по ширине полосы 510 МГц в реальном масштабе времени и недостижимым экстремально низким уровнем фазовых шумов. Большой сенсорный экран с технологией «мультитач» позволяет производить оптимальную оценку измеренных сигналов.

* В России доступно до 90 ГГц без экспортной лицензии

** В России до 17,1 нс

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

Программа векторного анализа сигналов Keysight VSA 89600 — это уникальная возможность наглядного анализа истории изменения кратковременных сигналов и переходных процессов одновременно в частотной, фазовой, временной областях и в области модуляции. Программа VSA 89600 позволяет выявлять и устранять самые сложные ошибки в современных системах радиолокации и беспроводной связи.



Программа векторного анализа сигналов 89600 VSA может использоваться в следующих приложениях:

- Системы сотовой связи
- Системы беспроводной связи
- Аэрокосмическая и оборонная отрасли



Совместимость со многими платформами

Программное обеспечение анализа векторных сигналов (VSA) работает на портативных компьютерах или на приборах на базе ПК. За счёт поддержки более чем 30 моделей, пользователь может иметь доступ к сигналам в любой точке функциональной схемы своего устройства: от модулирующего сигнала (аналогового или цифрового) до сигналов ПЧ и ВЧ, в диапазоне частот от 0 до 50 ГГц и с шириной полосы от 1 Гц до 30 ГГц.

Поддерживаемые платформы

- Универсальные анализаторы спектра и сигналов серий UXA, PXA,
- MXA, EXA, CXA, PSA
- Осциллографы серий Infiniium и InfiniiVision
- Логические анализаторы серий: 16800/16900 или 1680/1690
- Модульные приборы, в т.ч. приборы с шиной LXI и N7109
- Дискретизаторы Acqiris
- ПО моделирования, включая SystemVue и Simulink
- Программное обеспечение VSA может также загружать захваченные сигналы в генераторы сигналов Keysight

Программа векторного анализа сигналов 89600 это:

- Поддержка более 75 стандартов сигналов и видов модуляции
- Аэрокосмическая и оборонная промышленность: AM/ЧМ/ФМ, FSK, BPSK, QPSK, QAM, StarQAM, APSK, VSB
- Мобильная связь: LTE, W-CDMA, HSPA+, GSM/EDGE Evolution, cdma2000®, TD-SCDMA
- Беспроводная связь: 802.11a/b/g, 802.11n, 802.16 OFDMA, Bluetooth®, Zigbee, UWB, RFID
- Тестирование систем со специфическими OFDM-сигналами
- Поддержка MIMO
- Поддержка стандарта LTE-Advanced: диаграмма направленности антенны
- Возможность одновременного отображения неограниченного количества трасс и маркеров в каждом окне
- Мощные средства анализа и демодуляции
- Спектрограммы
- Конституционные диаграммы
- EVM (значение вектора ошибки)
- CCDF
- Стробирование по времени
- Запись/воспроизведение сигналов и др.
- Захват и анализ кратковременных сигналов
- Режим цифрового послесвечения для всех отображаемых областей (частота, время, IQ, демодуляция)
- Режим анализа истории изменения для всех отображаемых областей (частота, время, IQ, демодуляция)
- Частота появления (кодирование цветом)
- История за продолжительное время (часы)
- Анализ редких событий

Программное обеспечение 89600 VSA имеет различные формы лицензий

- **Лицензия на один ПК/прибор** – даёт право работать на ПК пользователя или на приборе, базирующемся на ПК
- **Перемещаемая лицензия** – включает типовые положения лицензии на один ПК/прибор, но с правом перемещения между приборами или ПК. Если прибор направлен в поверку или в ремонт, можно переместить программное обеспечение VSA на другой анализатор и продолжить работу
- **Плавающая лицензия** – допускает использование программного обеспечения несколькими пользователями
- **Пробная лицензия** (30 дней бесплатного опробования) – позволяет загрузить программное обеспечение с сайта www.keysight.com и опробовать в течение 30 дней все его функциональные возможности, используя любые аппаратные средства пользователя (или работать с записанным сигналом, если аппаратные средства недоступны)

АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА KEYSIGHT TECHNOLOGIES, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЗАДАЧАХ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ЭМС

Продвижение электрических и электронных приборов на рынке обязывает давать гарантию электромагнитной совместимости (ЭМС). Это касается как производителей, так и импортеров. Для измерения электромагнитной эмиссии, как передаваемой по проводам, так и излучаемой, компания Keysight предлагает многочисленные решения. Ниже приводится краткое сравнение.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА KEYSIGHT N9320B С ОПЦИЕЙ ЭМС | АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА KEYSIGHT СЕРИИ X С ОПЦИЕЙ ЭМС (ХАРАКТЕРИСТИКИ УКАЗАНЫ ДЛЯ EXA) | ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИЕМНИК И АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА KEYSIGHT MXX/PXE |
|--|---|--|--|
| Диапазон частот | от 9 кГц до 3 ГГц | от 10 Гц до 3,6 / 7 / 13,6 / 26,5 / 32 или 44 ГГц | от 2/3 Гц до 3,6 / 8,4 / 26,5 или 44 ГГц |
| DANL с предусилителем для 3 ГГц | -148 дБм | -160 дБм | -161 дБм |
| Фазовый шум для 1 ГГц, смещение 10 кГц | -99 дБн/Гц | -107 дБн/Гц | -113 дБн/Гц |
| Фазовый шум для 1 ГГц, смещение 10 МГц | -130 дБн/Гц | -134 дБн/Гц | -135 дБн/Гц |
| Точность амплитуды до 3 ГГц | +0,40 дБ | +0,27 дБ | +0,33 дБ |
| Полоса анализа | от 10 Гц до 1 МГц | от 10 Гц до 10 МГц / 25 МГц / 40 МГц | от 10 Гц до 10 / 25 / 85 / 350 МГц |
| ЭМС-опция | Опция EMF с ЭМС-фильтром | Расширенная ЭМС-опция N6141EMOE | Включает все возможности по тестированию на ЭМС |

ЭМС-ПРИЕМНИКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МЕШАЮЩИХ СИГНАЛОВ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 2 ГЦ ДО 44 ГЦ

N9038A MXX



Приборы N9038A MXX и N9048B PXE компании Keysight – это больше, чем ЭМС-приемники, соответствующие требованиям стандарта CISPR. Они также являются анализаторами сигналов серии X, с помощью которых может производиться большое число прикладных измерений. Если испытывается новое изделие, то Вы как инженер-испытатель можете дать конструкторам четкие указания о том, где необходимо внести улучшения в конструкцию изделия.

N9048B PXE



Оснащение и технические характеристики

- Диапазон частот от 3 Гц до 44 ГГц (MXX) и от 2 Гц до 44 ГГц (PXE)
- Значения ширины полос CISPR: 200 Гц, 9, 120 кГц и 1 МГц
- 3 детектора для параллельного испытания 3 сигналов в режиме реального времени
- Выполняет требования стандарта CISPR 16-1-1 2010 и MIL-STD-461F к приемникам ЭМП
- Средний уровень собственных шумов (1 ГГц) -167 дБм/Гц (MXX) и -169 дБм/Гц (PXE)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ (ЭМС)



Приложение для предварительного измерения электромагнитной совместимости с помощью анализаторов спектра серии X.

С программным обеспечением для измерения электромагнитной совместимости N6141EMOE ваш анализатор сигнала серии X становится полноценной испытательной системой для предварительного контроля уровня электромагнитных помех. При этом программное обеспечение может выполнять все испытания по стандарту CISPR 16-1-1 и MIL-STD. Таким образом, уже на стадии разработки могут обнаруживаться возможные источники помех. Можно также быстро и эффективно оценивать влияние изменений, введенных в схему.

Логарифмическое или линейное представление сигналов также помогает найти и оценить источники помех. Результаты проведенных измерений могут автоматически трансформироваться в протоколы испытаний, которые легко запоминаются и документируются.

Среди прочих могут также выполняться следующие функции: частотное сканирование, таблица сканирования, спектрограмма (опция N90EMEDPB).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ВОЛНОВОДНЫЕ СМЕСИТЕЛИ НА ГАРМОНИКАХ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРОВ СИГНАЛОВ

ВОЛНОВОДНЫЕ СМЕСИТЕЛИ KEYSIGHT TECHNOLOGIES НА ГАРМОНИКАХ M1970E/V/W и M1971E



Волноводные смесители на гармониках M1970V/W и M1971E компании Keysight представляют беспреселекторные смесители, предназначенные для расширения диапазона частот анализаторов сигналов N9040B UXA, N9030A PXA, N9020A MXA или N9010A EXA компании Keysight в область миллиметровых волн до 110 ГГц.

Смесители позволяют оборудовать самую эффективную испытательную установку и обеспечить высокую точность измерений. Эти интеллектуальные смесители используют простое подключение через порт USB с функцией автоматического

конфигурирования (plug-and-play), что позволяет анализатору UXA, PXA, MXA или EXA автоматически обнаруживать подключённый смеситель, используя его специфические особенности, включая загрузку данных потерь преобразования, и автоматически компенсировать потери в тракте сигнала гетеродина. Это значительно сокращает операцию запуска и технически улучшает общие характеристики испытательной системы по уровню собственных шумов (DANL) и точке пересечения третьего порядка (TOI) при отличных характеристиках по потерям преобразования и амплитудной погрешности.

Технические характеристики

| ХАРАКТЕРИСТИКА | M1970E | M1970V (ОПЦИЯ 001) | M1970V (ОПЦИЯ 002) | M1970W | M1971E (ОПЦИЯ 001) | M1971E (ОПЦИЯ 002) |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Диапазон частот | от 60 до 90 ГГц | от 50 до 75 ГГц | От 50 до 80 ГГц | От 75 до 110 ГГц | От 60 до 90 ГГц | От 55 до 90 ГГц |
| Номер гармоники гетеродина | 6/8 | 6 | | 8 | 6/8 | |
| Диапазон частот гетеродина | От 9,42 до 12,56 ГГц | От 8,39 до 12,56 ГГц | От 8,39 до 13,39 ГГц | От 9,42 до 13,8 ГГц | От 8,3 до 12,4 ГГц | |
| Макс. потери преобразования | 27 дБ | 23 дБ | | 25 дБ | 27 дБ | |
| Погрешность калибровки | ±2,2 дБ | | | | | |
| КСВ для ВЧ-входа | 2,6 | | | | 2,1 | |
| Уровень компрессии усиления на 1 дБ (ном.) | 0 дБм | | | | | |
| Коэффициент шума (ном.) | 40 дБ | 36 дБ | | | | |
| Средний уровень собственных шумов системы (DANL) при полосе ПЧ 1 Гц (ном.) | -136 дБм | -141 дБм | | -138 дБм | | |

КАЛИБРАТОРЫ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРОВ СИГНАЛОВ

КАЛИБРАТОРЫ RCal СЕРИИ U9361



Модуль калибратора приемников RCal серии U9361 состоит из калибровочных стандартов для конкретных разъемов для обнаружения и исправления систематических ошибок, вызванных дополнительной оснасткой, подключенной к анализатору сигналов. RCal может корректировать потери в тракте и частотную характеристику системы для точного измерения параметров передатчика на выходе тестируемого устройства.

Благодаря возможности перемещать плоскость калибровки к тестируемому устройству, RCal может передавать абсолютную точность мощности и генерировать поправки неравномерности ПЧ (комплексные амплитуды и фазы) в полосе ПЧ до 5 ГГц в частотном диапазоне до 110 ГГц.

Калибратор приемника RCal позволяет повысить точность, эффективность и ценность вашего анализатора сигналов.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | ЧАСТОТНЫЙ ДИАПАЗОН |
|--------|-----------------------|
| U9361C | от 10 МГц до 26.5 ГГц |
| U9361F | от 10 МГц до 50 ГГц |
| U9361G | от 10 МГц до 67 ГГц |
| U9361M | от 10 МГц до 110 ГГц |

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

В процессе измерения параметров радиотехнических устройств одним из ключевых моментов является измерение коэффициента шума (КШ). Измерение коэффициента шума необходимо для того, чтобы определить, какой шумовой вклад вносит устройство при прохождении сигнала, что требуется для определения результирующего отношения сигнал/шум на выходе устройства.

Коэффициент шума, выраженный в линейных единицах, называется фактором шума (F) цепи. Фактор шума представляет собой отношение значения С/Ш на входе к значению С/Ш на выходе.

Существует два основных метода измерения КШ, отличающихся по диапазону измерения КШ, точности, скорости, цене, простоте использования и калибровки: метод Y-фактора и метод холодного источника:

- Метод Y-фактора (метод горячего/холодного источника) позволяет определять КШ испытуемого устройства путем вычисления отношения значений выходной мощности, соответствующих включенному и выключенному состояниям источника шума. Данный метод является самым распространенным методом измерения КШ, он используется в анализаторах коэффициента шума, а также в технических решениях на базе анализаторов сигналов.
- Метод холодного источника (метод прямого измерения шума) позволяет определять КШ испытуемого устройства (ИУ) без подключения источника шума, используется одно согласованное подключение ко входу ИУ. Данный метод позволяет определять КШ по известным значениям выходной мощности ИУ, шумовой полосы и коэффициента передачи (S21). Используется, когда требуется выполнить измерения КШ с точностью до десятых долей дБ, что достигается путем коррекции рассогласования по входу при помощи модуля электронной калибровки ECal, либо измерения высоких уровней КШ.

Руководство по выбору решения для измерения КШ:

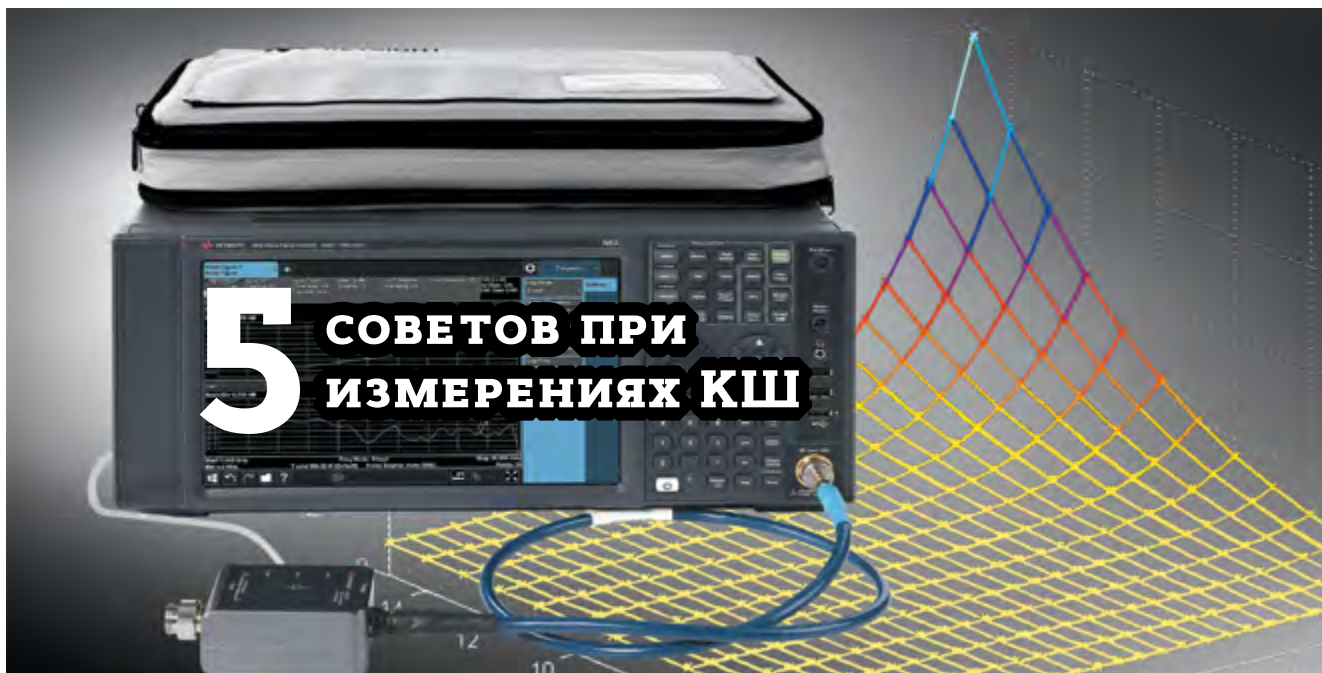
- Анализатор КШ серии NFA разработан таким образом, чтобы обеспечить минимальный уровень собственного КШ, что критично для измерения устройств с низким КШ.
- Анализатор сигналов в совокупности с источником шума, предусилителем и опцией N9069EM0E является самым экономичным решением. Помимо измерений КШ обеспечивает широкие измерительные возможности. Указанное решение также может быть полезно при измерении КШ узкополосных устройств, поскольку значение шумовой полосы настраивается от 1 Гц.
- Анализатор цепей с опцией измерения КШ позволяет обеспечить наивысшую точность измерений за счет использования метода холодного источника и коррекции входного импеданса. Для компенсации эффектов рассогласования, связанных с неполным согласованием в источнике и неполным согласованием в нагрузке, а также погрешностей, связанных с неравномерностью частотной характеристики измерительной системы, используется векторная коррекция ошибок. Помимо измерений КШ позволяет проводить комплекс измерений при одном подключении. Указанное решение также рекомендуется при измерении высоких уровней КШ.

Таким образом:

- если приоритетными задачами являются измерение низких уровней шумов и измерение КШ на высоких частотах (до 110 ГГц), рекомендуется анализатор КШ серии NFA;
- если приоритетными задачами являются измерение КШ с высокой точностью и скоростью, а также измерение КШ устройств с очень узкой полосой пропускания, рекомендуется анализатор спектра;
- если приоритетными задачами являются измерение низких уровней коэффициента шума и точность измерения (важны доли дБ), рекомендуется анализатор цепей.



**Анализатор
коэффициента
шума Keysight
NFA N8975B**



Данные советы помогут минимизировать погрешности при измерениях КШ

1 СОВЕТ. Выбор соответствующего источника шума

- Выбор источника шума зависит от частотного диапазона и требуемого значения ENR.
- Источники шума SNS серии N4000A самые простые в использовании, поскольку позволяют произвести установку параметров измерения за счёт автоматической загрузки в прибор данных калибровки, работающей на частотах до 26 ГГц.
- Источники шума серии 346 являются самым экономичным решением, расширяющим частотный диапазон до 50 ГГц.
- Источники шума серии 347 предназначены для работы с волноводными трактами.
- Для большинства случаев, когда ожидаемое значение КШ лежит в пределах от 15 до 30 дБ, рекомендуется использовать источник шума с ENR 15 дБ. Источник с ENR 6 дБ рекомендуется в следующих случаях: когда измеряется КШ устройства, КУ которого сильно зависит от стабильности импеданса источника; когда испытываемое устройство имеет КШ ≤ 15 дБ.
- Рекомендуется выбирать источник шума с наименьшей разницей во входном импедансе между состояниями ON/OFF.

2 СОВЕТ. Минимизация погрешностей рассогласования

Погрешности, вызванные неидеально согласованной нагрузкой источника, приводят к тому, что возникают множественные переотражения шумов источника и испытываемого устройства, что затрудняет определение реальной величины КШ. Существует два метода для сокращения множественных переотражений: расположение изолятора в РЧ части между источником шума и испытываемым устройством; добавление хорошо согласованного аттенюатора между источником шума и испытываемым устройством.

3 СОВЕТ. Использование усреднений для минимизации отображаемого джиттера

Шум может быть представлен как последовательность случайных событий. Цель любого измерения шума состоит в нахождении среднего значения уровня мощности шума на выходе устройства, которое может использоваться для вычисления фактического КШ устройства. В силу этого для нахождения истинного среднего значения шума требуется бесконечно большое время при проведении бесконечно большого количества усреднений. На практике усреднение шума выполняется за ограниченный интервал времени. Мера сокращения джиттера пропорциональна квадратному корню от количества измерений в усреднении (джиттер уменьшается на 70% при усреднении по 10 показаниям). При калибровке следует использовать как можно больше усреднений.

4 СОВЕТ. Выбор оптимального значения шумовой полосы

Значение шумовой полосы частот должно быть меньше полосы частот испытываемого устройства. По умолчанию используется шумовая полоса шириной 4 МГц.

5 СОВЕТ. Подсчет потерь на трассе

Необходимо контролировать вносимые потери адаптеров, кабелей, фильтров, изоляторов и проч., а также их температуру и температуру испытываемого устройства.

АНАЛИЗАТОР КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА KEYSIGHT TECHNOLOGIES N897xB С ДИАПАЗОНОМ ЧАСТОТ ДО 40 ГГц

Лучшее решение для быстрых, точных и повторяющихся измерений коэффициента шума



Анализаторы коэффициента шума N897xB серии X разработаны для быстрых, точных и повторяющихся измерений коэффициента шума в диапазоне частот до 40 ГГц. Высокие Технические характеристики и возможность использования внешних предусилителей позволяет значительно снизить погрешность измерений коэффициента шума.

Дисплей с технологией «мультитач» обеспечивает быстрое управление жестами для оптимального представления измерительных кривых на экране. Большинство меню можно вызывать кратковременным касанием экрана пальцем.

- Диапазон частот: от 10 МГц до 3,6 / 7 / 26,5 или 50 ГГц
- Современный сенсорный экран с технологией «мультитач»
- Поддержка внешних предусилителей USB на диапазон частот с 10 МГц до 4 ГГц
- Встроенный анализатор спектра и IQ-анализатор в базовом режиме
- Встроенные стандартные опции: встроенный предусилитель, ширина полосы анализа 25 МГц, высокостабильный опорный источник и ступенчатый аттенуатор

Сравнение средств измерения КШ

| СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ КШ | АНАЛИЗАТОР КШ NFA N8975A/B | АНАЛИЗАТОР СИГНАЛОВ СЕРИИ X (данные приведены для PXA) | АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ PNA-X |
|--|--|---|---|
| Средство измерения КШ | Анализатор КШ NFA N8975A/B | Анализатор сигналов серии X (данные приведены для PXA) | Анализатор цепей PNA-X |
| Метод измерения КШ | Метод Y-фактора | | Метод холодного источника |
| Частотный диапазон | От 10 МГц до 40 ГГц (до 110 ГГц с понижающими конвертерами серии K) | От 2 Гц до 50 ГГц | От 10 МГц до 67 ГГц |
| Дополнительные опции и оборудование | Требуется источник шума серии SNS, 346 или 347 | Требуется источник шума (серии SNS, 346 или 347), предусилитель и опция N9069EMOE | Требуется опция 029. Рекомендуется ECal для коррекции входного импеданса. Источник шума не обязателен для калибровки. |
| Собственный КШ прибора на частоте 26,5 ГГц | 16 дБ | С использованием встроенного предусилителя: 23,25 дБ | 17 дБ |
| Погрешность измерения КШ на частоте 26 ГГц | ± 0,9 дБ (до ± 0,15 дБ при использовании с внешним предусилителем U7227A/C/F) | ± 2,2 дБ | ± 0,1 дБ |
| Скорость измерения на точку | 11 мс | < 19 мс | < 4 мс |
| Значения шумовой полосы частот | От 100 нГц до 4 МГц | От 1 Гц до 8 МГц | С опцией 029: 0,8; 2; 4; 8; 24; 36 МГц |
| Особенности | <ul style="list-style-type: none"> - Наилучшие показатели собственного КШ, что критично для измерений низких значений КШ - Возможность измерения КШ на частотах до 110 ГГц - Помимо измерения КШ доступны все измерительные возможности анализаторов спектра, доступна функция цифровой демодуляции - Сенсорный дисплей с поддержкой мультитач | <ul style="list-style-type: none"> - Помимо измерения КШ доступны все измерительные возможности анализаторов спектра - Проведение измерений при значении шумовых полос от 1 Гц - Проведение измерений КШ на частотах от 3 Гц с использованием источников шума сторонних производителей | <ul style="list-style-type: none"> - Наименьшие погрешности измерения КШ - Самая высокая скорость измерения КШ - Помимо измерения КШ доступны все измерительные возможности анализаторов цепей - Для измерений КШ не нужен источник шума, что дает возможность проводить измерения в труднодоступных местах |

Сравнение источников шума

| МОДЕЛЬ | ЧАСТОТНЫЙ ДИАПАЗОН | ENR | АВТО-ЗАГРУЗКА ENR | ТЕМПЕРАТУРНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ | СОВМЕСТИМОСТЬ |
|--------------|--------------------|------------|-------------------|---------------------------|---|
| U1831C (USB) | 10 МГц – 26,5 ГГц | 12-17 дБ | да | да | NFA, ESA-E серия, PSA-серия, X-серия (UXA, PXA, MXA, EXA, CXA), M9391A/3A |
| N4000A (SNS) | 10 МГц – 18 ГГц | 4,6-6,5 дБ | да | да | NFA, серия ESA-E, серия X (UXA, PXA, MXA, EXA, CXA) |
| N4001A (SNS) | 10 МГц – 18 ГГц | 14-16 дБ | да | да | |
| N4002A (SNS) | 10 МГц – 26,5 ГГц | 12-17 дБ | да | да | NFA, серия ESA-E, серия X (PXA, MXA, EXA, CXA) |
| 346A | 10 МГц – 18 ГГц | 5-7 дБ | нет | нет | NFA, серия ESA-E, PNA-X, серия PSA, серия X (UXA, PXA, MXA, EXA, CXA), FieldFox |
| 346B | 10 МГц – 18 ГГц | 14-16 дБ | нет | нет | |
| 346C | 10 МГц – 26,5 ГГц | 12-17 дБ | нет | нет | |
| 346CK40 | 1 ГГц – 40 ГГц | 5 – 14 дБ | нет | нет | |
| 346CK01 | 1 ГГц – 50 ГГц | 21 дБ | нет | нет | |
| R347B | 26,5 ГГц – 40 ГГц | 10-13 дБ | нет | нет | NFA, серия X (UXA, PXA, MXA, EXA, CXA) |
| Q347B | 33 ГГц – 50 ГГц | 6-13 дБ | нет | нет | |

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

Для измерения фазового шума используются 3 метода:

- Прямое измерение спектра
- Метод фазового детектора
- Перекрестная корреляция двух каналов

Для измерения ФШ первым методом прямого измерения могут использоваться анализаторы спектра с установленной опцией измерения ФШ.



Параметры анализаторов, которые необходимо учесть при измерении ФШ

| МОДЕЛЬ | UXA N9041B | UXA N9040B | PXA | MXA | EXA | CXA | CXA-M | MXE |
|--|---|------------|---------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Опция | N9068EMOE | | | | | | | |
| Частотный диапазон | 3 Гц – 90 ГГц | | 2 Гц – 50 ГГц | 10 Гц – 50 ГГц | 10 Гц – 44 ГГц | 9 кГц – 26,5 ГГц | 10 Гц – 26,5 ГГц | 3 Гц – 44 ГГц |
| Расширение частотного диапазона с помощью внешних смесителей | Опция EXM, ТГц | | | | | Недоступно | | Опция EXM, до 1,1 ТГц |
| Диапазон частот отстройки | От 1 Гц до (f _{opt} - f _{cf}) Гц, где f _{opt} — максимальная частота анализатора, а f _{cf} — несущая частота сигнала | | | | | | | |
| Уровень фазовых шумов специфицируемый на частоте несущей 1 ГГц на частотах отстройки, дБн/Гц | | | | | | | | |
| 10 Гц | -90 | - | - | - | - | - | - | - |
| 100 Гц | -107 | -94 | -91 | -87 | - | - | - | -91 |
| 1 кГц | -125 | -121 | - | - | -98 | -102 | - | - |
| 10 кГц | -134 | -129 | -113 | -107 | -102 | -106 | - | -113 |
| 100 кГц | -139 | -129 | -116 | -115 | -108 | -108 | - | -116 |
| 1 МГц | -145 | -145 | -135 | -134 | -130 | -130 | - | -135 |
| 10 МГц | -155 | -155 | - | - | - | - | - | - |

Для измерения ФШ вторым методом фазового детектора используется система E5505A

Решения для измерения фазового шума серии Keysight E5500 предлагают наиболее гибкий набор измерений параметров однопортовых устройств, например, генераторов, управляемых напряжением (ГУН), генераторов на диэлектрических резонаторах, кварцевых генераторов и синтезаторов. Система позволяет также измерять параметры двухпортовых устройств, включая усилители и преобразователи частоты, а также характеристики непрерывных, импульсных и паразитных сигналов. Приборы серии E5500 обеспечивают измерение абсолютного и остаточного фазового шума, амплитудного шума и слабых помех. Автономная архитектура системы легко конфигурируется для различных методов измерения, включая методы опорного источника/ФАПЧ и частотного дискриминатора.



Благодаря возможности измерений в широком диапазоне частотных отстроек от 0,01 Гц до 100 МГц приборы серии E5500 обеспечивают высокую производительность и универсальность при решении постоянно меняющихся сложных задач, стоящих перед инженерами.

Архитектура E5500 включает стандартные приборы, устройства для измерения

фазового шума и прикладные программы для компьютера, что обеспечивает максимальную гибкость системы и возможность повторного использования оборудования.

Специализированные установки собственной разработки обладают меньшей гибкостью, так как выбор опорных источников и анализаторов накладывает ограничения на измерения фазового шума.

Программное обеспечение для E5500 допускает работу различных автономных приборов совместно с этой системой.

Построенные на основе 35-летнего опыта измерений низкого уровня фазового шума, приборы серии E5500 обеспечивают высокую точность, достоверность и воспроизводимость измерений.

Для измерения ФШ третьим методом перекрестной корреляции двух каналов используется анализатор источников сигналов E5052B



Анализатор источников сигналов Keysight E5052B работает в диапазоне частот от 10 МГц до 7 ГГц и имеет высокие характеристики и широкие функциональные возможности

Анализатор E5052B обеспечивает самую высокую в мире производительность измерений и удобство использования при определении характеристик генераторов, управляемых напряжением (ГУН) и других типов источников высокочастотных сигналов, а также при измерении джиттера тактовых сигналов в высокоскоростных системах передачи данных.

Диапазон частот анализатора E5052B может быть расширен до 26,5 ГГц при использовании совместно с СВЧ преобразователем с понижением частоты Keysight E5053A и до 110 ГГц при использовании совместно с преобразователем Keysight E5053A и гармоническими смесителями Keysight серии 11970.

Данный прибор предназначен для решения различных прикладных задач, включая тестирование генераторов ВЧ, СВЧ и миллиметрового диапазона, ГУН, системных генератор тактовых сигналов, модулей LAN, быстродействующих модулей формирования синхросигналов, микросхемы последовательно-параллельного преобразования (SerDes), а также высокоскоростные преобразователи данных (АЦП/ЦАП).

РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗОВЫХ ШУМОВ N5511A (PNTS)

Решение для измерения фазовых шумов N5511A (PNTS) является заменой «золотого стандарта» системы Keysight E5505A для измерения фазового шума. PNTS позволяет измерять фазовый шум до кТ (-177 дБм при комнатной температуре). Это минимальное значение теплового фазового шума является теоретическим пределом для любых измерений. Фазовый шум —



это нежелательные флуктуации фазы, которые возникают почти от всех радиочастотных (RF) и микроволновых устройств, включая генераторы, смесители, делители частоты, умножители частоты и усилители. PNTS предназначено для опытных пользователей, потребности которых не удовлетворяются имеющимися в продаже контрольно-измери-

тельными приборами для тестирования фазового шума, такими как комплексные интегрированные решения для тестирования. Доступны измерения абсолютных и вносимых фазовых шумов с использованием метода фазового детектора как в одноканальной, так и в двухканальной конфигурации. Два канала позволяют использовать кросс-корреляцию

для повышения чувствительности до «кТ», минимального значения теплового фазового шума (-177 дБм). Поддерживаются измерения однопортовых устройств (ГУН, кварцевые генераторы, синтезаторы и т.д.) и двухпортовых устройств (усилители, преобразователи частоты, делители частоты и т.д.), как в непрерывном, так и в импульсном режиме.

Технические характеристики

| ХАРАКТЕРИСТИКИ | E5052B С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ E5053A | E5505A | N5511A |
|---|---|--|---|
| Частотный диапазон | от 10 МГц до 7/26,5/110 ГГц (с смесителем) | от 50 кГц до 26,5 ГГц/ до 110 ГГц (с смесителем) | от 50 кГц до 40 ГГц/ до >100 ГГц (с смесителем) |
| Отстройки по частоте | от 1 Гц до 100 МГц | от 0,01 Гц до 100 МГц | от 0,01 Гц до 160 МГц |
| Измерение абсолютного фазового и амплитудного шума непрерывного сигнала | да | да | да |
| Измерение абсолютного фазового и амплитудного шума импульсного сигнала | нет | да | да |
| Измерение вносимого фазового и амплитудного шума | нет | да | да |
| Кросскорреляция | да | нет | да |
| Чувствительность дБн/Гц (на 1 ГГц, отстройки 10кГц/1МГц, 1 корреляция) | -137/-170 | -170/-170 | -170/-170 |
| Погрешность, дБ | ± 4 дБ (отстройка от 1 Гц до 100 Гц) ± 3 дБ (отстройка от 100 Гц до 1 кГц) ± 2 дБ (отстройка от 1 кГц до 40 МГц) ± 3 дБ (отстройка от 40 МГц до 100 МГц) | ±2 (отстройка < 1,0 МГц) ±4 (отстройка от 1 МГц до 100 МГц) | ±2 (отстройка <1 МГц) ±4 (отстройка от 1 до 160 МГц) |

СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА N5531X

- Компактная моноблочная система на базе высокопроизводительного анализатора сигналов
- Проведение измерений в диапазоне частот до 50 ГГц
- Калибровка ВЧ- и СВЧ-генераторов и ступенчатых аттенуаторов с метрологической точностью
- Измерение параметров сигналов авионики (VOR, ILS, ADF)
- Измерения частоты и мощности ВЧ-сигналов, анализ аудиосигналов, демодуляция АМ/ФМ/ЧМ-сигналов



Измерительная система N5531X на основе анализатора сигналов N9030B PXA, встроенного приложения измерительного приемника N9091EM0E и специализированного USB-датчика мощности U5532C, обеспечивает моноблочное решение для калибровки генераторов сигналов и ступенчатых аттенуаторов. В единой комплексной системе сочетается целый ряд прецизионных измерительных функций, которые устанавливают новый стандарт качества метрологии в области измерения ВЧ- и СВЧ-сигналов до 50 ГГц. Так же, доступны основные виды измерений: измерение частоты электронно-счетным частотомером, измерение мощности ВЧ-сигнала (широкополосное и селективное), глубины модуляции АМ-сигналов, девиации частоты ЧМ-сигналов, девиации фазы ФМ-сигналов, частоты и искажений модуляции, измерение параметров сигналов авионики VOR, ILS, ADF и др.

Измерительная система N5531X имеет превосходную точность, широкий динамический диапазон, обеспечивает высокую повторяемость результатов и может служить в качестве переносчика размера единицы физической величины, подмандатного метрологическим и поверочным лабораториям.

Технические характеристики

| ХАРАКТЕРИСТИКИ | СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА N5531X |
|---|---|
| Частотный диапазон | от 2 Гц до 50 ГГц |
| Основные измерения | частота, широкополосная мощность, селективная мощность, ослабление, глубина АМ, девиация ЧМ, девиация ФМ, частота модуляции, КНИ, SINAD, аудиоизмерения |
| Относительная погрешность измерения ослабления аттенуатора на 60 дБ на частоте 50 ГГц (RBW=10 Гц, уровень входного сигнала = +20 дБм) | ± 0,045 дБ |
| Абсолютная погрешность измерения уровня мощности -40 дБм на частоте 50 ГГц (RBW=10 Гц, начальный уровень измерений = 0 дБм) | ± 0,336 дБ |



ПОРТАТИВНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОРТАТИВНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СЕРИИ FIELDFOX

Комбинируемый портативный анализатор с частотой до 50 ГГц



При использовании комбинируемых портативных анализаторов серии FieldFox разработчики получают многофункциональный измерительный инструмент для решения самых разнообразных задач. Анализатор FieldFox можно гибко конфигурировать и использовать в качестве кабельного и антенного тестера, 2-портового векторного анализатора цепей, анализатора спектра (опционально со следящим генератором), генератора немодулированных сигналов, измерителя мощности, векторного вольтметра, анализатора помех и счетчика-частотомера.

При этом анализаторы обеспечивают точность измерения, не уступающую точности высококачественных настольных приборов, обладая всеми преимуществами легких и компактных портативных приборов. В зависимости от модели прибора диапазон частот простирается до 50 ГГц.

- Анализатор спектра: от 5 кГц до 50 ГГц
- Погрешность измерения уровня $\pm 0,5$ дБ
- Динамический диапазон ≥ 100 дБ
- Высокая точность без необходимости прогрева перед началом работы
- Следящий генератор во всем диапазоне частот
- Независимый источник, векторный вольтметр (VVM), измеритель мощности и другие встроенные возможности измерения:
- высокочастотный источник: от 30 кГц до 50 ГГц, НГ, следящий генератор
- Векторный вольтметр: от 30 кГц до 26,5 ГГц или от 300 кГц до 50 ГГц, измерения балансировки кабелей, фазового сдвига и электрической длины
- Измерение мощности через датчик мощности USB: от 9 кГц до 67 ГГц (зависит от типа применяемого датчика)
- Встроенный измеритель мощности от 5 кГц до 50 ГГц
- Измерение КШ с помощью источника шума



Основные технические характеристики

| МОДЕЛЬ | FIELDFOX N991XA N993XA | FIELDFOX N995XA N996XA | FIELDFOX N99XXB |
|---|-------------------------------|------------------------|----------------------|
| Диапазон частот (в зависимости от модели) | от 30 кГц до 26,5 ГГц | от 9 кГц до 50 ГГц | от 9 кГц до 26,5 ГГц |
| Фазовый шум при частоте 1 ГГц (отстройка 10 кГц) | -106 дБн/Гц | | -117 дБн/Гц |
| Интермодуляционные искажения третьего порядка (TOI), 1 ГГц | +15 дБм | | +11 дБм |
| Средний уровень собственных шумов на частоте 1 ГГц, дБм | -155 | -159 | -163 |
| Стандартный аттенюатор | 30 дБ | | 40 дБ |
| Шаг перестройки аттенюатора | 1 дБ | | 5 дБ |
| Погрешность измерения амплитуды | $\pm 0,5$ дБ | | $\pm 0,3$ дБ |
| Ширина полосы пропускания (RBW) | от 10 Гц до 5 МГц | | |
| Диапазон рабочих температур | от -10 до 55 °C | | |
| Встроенный GPS приемник | Опционально | | |
| Полоса анализа спектра в режиме реального времени (опционально) | 10 МГц | 10, 40, 100 МГц | |
| Интерфейсы | USB, LAN, USB, SD-FlashCard | | |
| Время работы от батареи, ч | до 3,5 | до 4 | |
| Исполнение | Ударопрочный, влагозащищенный | | |

ТЕСТЕР РАДИОСТАНЦИЙ M8920A



- Тестирование аналоговых радиостанций (АМ/ЧМ/ФМ)
- Тестирование стандартных цифровых радиостанций (APCO25 P1/2, DMR, dPMR, TETRA I)
- Тестирование нестандартных цифровых радиостанций (FSK, ASK, MSK, PSK, QPSK, QAM и т.д.)



M8920A представляет собой тестер радиостанций на базе платформы PXIe. Он включает в себя векторный приемопередатчик M9421A VXT, интерфейсный модуль M9470A, аудиоанализатор M9260A и ПО N9093 для тестирования радиостанций. Комплекс позволяет генерировать и анализировать сигналы всех современ-

ных аналоговых и цифровых стандартов радиостанций, а также проводить измерения параметров ППМ (чувствительность, соотношение сигнал-шум, КНИ, SINAD и др.). Архитектура PXIe позволяет изменять конфигурацию и добавлять любые модули в систему.

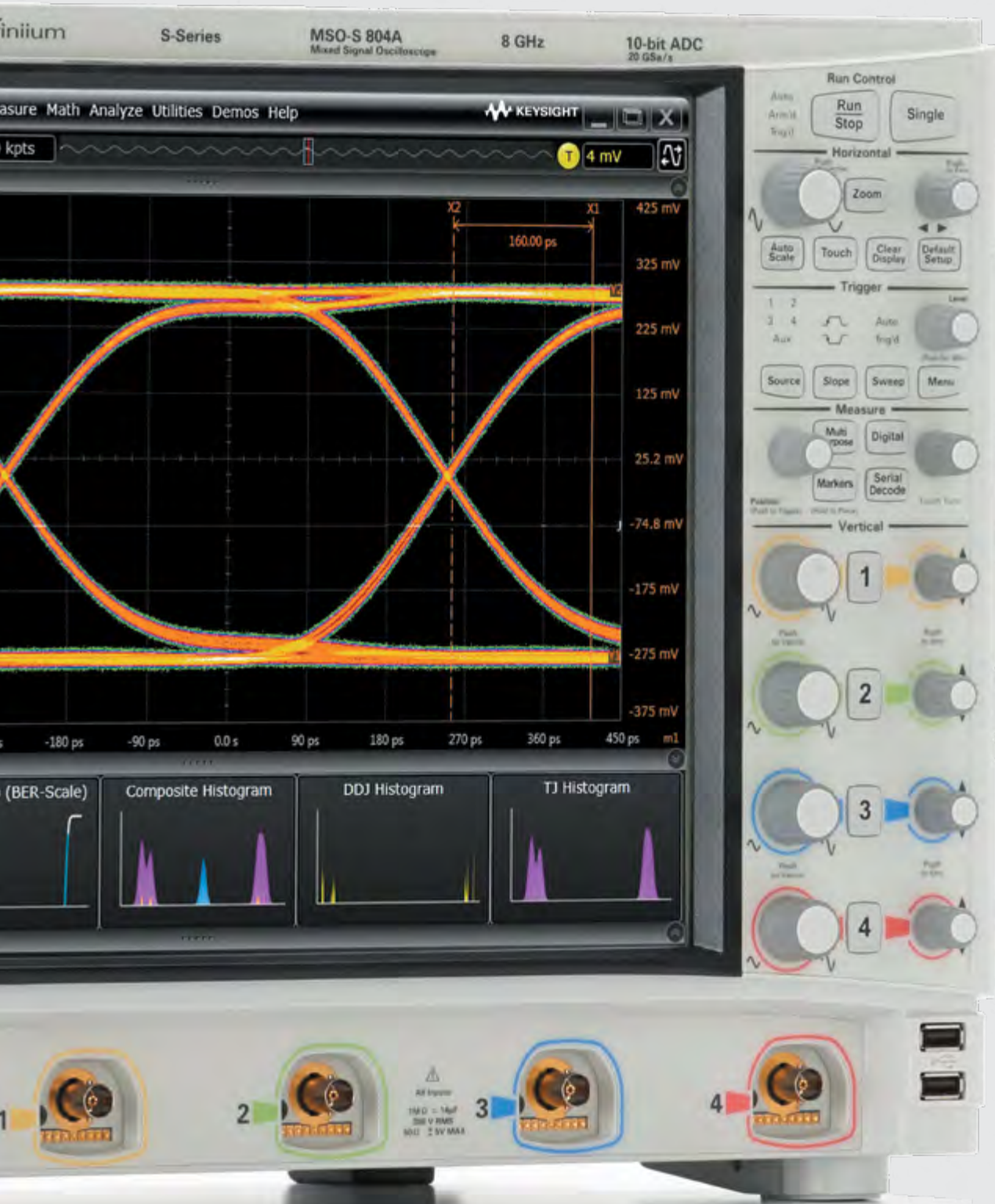
Основные технические характеристики

| ХАРАКТЕРИСТИКИ | ТЕСТЕР РАДИОСТАНЦИЙ M8920A |
|---|----------------------------|
| Частотный диапазон | от 10 кГц до 3,8/6 ГГц |
| Полоса анализа/модуляции | до 160 МГц |
| Средний уровень собственных шумов (900 МГц) | -144 дБм |
| Фазовый шум анализатора (несущая 500 МГц, отстройка 10 кГц) | -111 дБн/Гц (тип) |
| Фазовый шум генератора (отстройка 10 кГц) | -112 дБн/Гц (тип) |
| Выходная мощность | от -130 до +13 дБм |

ТАБЛИЦА ПЕРЕКРЁСТНЫХ ССЫЛОК ДЛЯ ПРОДУКТОВ, СНЯТЫХ С ПРОИЗВОДСТВА

| ПРИБОР, СНЯТЫЙ С ПРОИЗВОДСТВА | РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЗАМЕНА | ОПЦИИ |
|--|--|--|
| 8566A/B Анализатор спектра, от 100 Гц до 22 ГГц | N9030B PXA или N9020B MXA | Опция 526 |
| 8568A/B Анализатор спектра, от 100 Гц до 1,5 ГГц | N9030B PXA или N9020B MXA | Опция 503 |
| 8560E/EC Анализатор спектра, от 30 Гц до 2,9 ГГц | N9020B MXA или N9030B PXA | Опция 503 |
| 8561E/EC Анализатор спектра, от 30 Гц до 6,5 ГГц | N9020B MXA или N9030B PXA | Опция 508 |
| 8562E/EC Анализатор спектра, от 30 Гц до 13,2 ГГц | N9020B MXA или N9030B PXA | Опция 513 |
| 8563E/EC Анализатор спектра, от 30 Гц до 26,5 ГГц | N9020B MXA или N9030B PXA | Опция 526 |
| 8564E/EC Анализатор спектра, от 30 Гц до 40 ГГц | N9030B PXA | Опция 543 или 544 |
| 8565E/EC Анализатор спектра, от 30 Гц до 50 ГГц | N9030B PXA | Опция 550 |
| 8590A Анализатор спектра, от 10 кГц до 1,5 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опция 503 |
| 8590B Анализатор спектра, от 9 кГц до 1,8 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опция 503 |
| 8591E Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 1,8 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опции 503, PRC |
| 8591EM Анализатор ЭМС, от 9 кГц до 1,8 ГГц | N9038A или N9038B | Опции 503 |
| 8592L Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 22/26,5 ГГц | N9010B EXA | Опции 526, PRC |
| 8593E Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 22 ГГц | N9010B EXA | Опции 526, PRC |
| 8593EM Анализатор ЭМС, от 9 кГц до 22 ГГц | N9038A или N9038B | Опции 526 |
| 8594E Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 2,9 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опции 503, PRC |
| 8594L Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 2,9 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опции 503, PRC |
| 8594EM Анализатор ЭМС, от 9 кГц до 2,9 ГГц | N9038A или N9038B | Опции 503 |
| 8594Q Анализатор квадратурной амплитудной модуляции (QAM), 9 кГц до 2,9 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опции 503, 89601B |
| 85107E Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 6,5 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опции 507, PRC |
| 85107EM Анализатор ЭМС, от 9 кГц до 6,5 ГГц | N9038A или N9038B | Опции 508 |
| 8596E Портативный анализатор спектра, от 9 кГц до 12,8 ГГц | N9010B EXA | Опции 513, PRC |
| 8596EM Анализатор ЭМС, от 9 кГц до 12,8 ГГц | N9038A или N9038B | Опции 526 |
| 89441A Векторный анализатор сигналов, от 0 до 2,65 ГГц | N9000B CXA или N9010B EXA | Опции 503, 89601B |
| 89610S Векторный НЧ-анализатор сигналов на базе VXI | N9020B MXA | Опции 503, BBA, 89601B |
| 89640S Векторный ВЧ-анализатор сигналов на базе VXI, от 0 до 2,7 ГГц МХА: 104 | N9020B MXA или N9010B EXA | Опции 503, B25, 89601B |
| 89641S Векторный ВЧ-анализатор сигналов на базе VXI, от 0 до 6,0 ГГц (EXA), МХА: 104 | N9020B MXA или N9010B EXA | Опции 508 (MXA) или 507 (EXA), B25, 89601B |
| E4401B Анализатор спектра серии ESA-E, от 9 кГц до 1,5 ГГц | N9010B EXA | Опция 503 EXA |
| E4411A Портативный анализатор спектра серии ESA-L, от 9 кГц до 1,5 ГГц | N9000B CXA | Опция 503 |
| E4406A Векторный анализатор сигналов, от 7 МГц до 4 ГГц | N9020B MXA или N9010B EXA | Опция 508 (MXA) или 507 (EXA) |
| N9320A ВЧ-анализатор спектра, от 9 кГц до 3 ГГц | N9320B | |
| N9340A Ручной анализатор спектра, от 100 кГц до 3 ГГц | N9340B или N9342C | |
| 8903A Аудиоанализатор | U8903B | |
| ESA-L Портативные анализаторы сигналов серии ESA-L | N9000B CXA или N9320B | |
| ESA Портативные анализаторы сигналов серии ESA | N9000B CXA или N9010B EXA или FieldFox | |
| M9392A Векторный анализатор сигналов в формате PXI, 26,5 ГГц | M9393A | Опция F27 |

ОСЦИЛЛОГРАФЫ



Осциллограф — это измерительный прибор, позволяющий наблюдать электрические сигналы на экране и проводить измерения амплитудных и временных параметров. Помимо измерений во временной области, осциллограф позволяет проводить анализ частотного спектра сигналов, векторный анализ сигналов с цифровой модуляцией, тестирование на соответствие стандартам, декодирование данных последовательных и параллельных шин, а также захват данных с отладочных портов ПЛИС.

Осциллографы используются при разработке, проектировании, отладке и ремонте электронных и оптических устройств. Возможности осциллографов находят применение в различных сферах, где требуется не просто измерять значения токов и напряжений, а проводить подробный анализ работы устройств в динамике.

К основным сферам применения можно отнести следующие: тестирование бытовой и промышленной электроники, производство и тестирование радиопередатчиков и приемников, анализ импульсных сигналов радиолокационных систем, разработка и тестирование волоконно-оптических систем. В телевидении осциллографы используются для оперативного контроля качественных показателей телевизионного тракта.

По типу исполнения и условиям эксплуатации на портативные осциллографы и лабораторные (настольные). По архитектуре работы осциллографы делятся на осциллографы реального времени и стробоскопические осциллографы.

Для решения измерительных задач в полевых условиях, при работе в ограниченном пространстве или при работе с высокими напряжениями на производстве, — осциллографы представлены портативными решениями.

Осциллографы реального времени представлены двумя линейками: InfiniiVision и Infiniium. Все они идеально отвечают требованиям поставленных перед ними задач. Эти осциллографы выпускаются с разными значениями полосы пропускания для гибкого выбора решения под каждую конкретную задачу, позволяют захватывать однократные и периодически повторяющиеся сигналы для охвата полного

комплекса измерений, все чаще применяются для выполнения высокочастотных измерений, например, для измерения джиттера и параметров передатчиков.

Осциллографы линейки InfiniiVision предназначены для решения задач отладки электронных устройств, когда скорость обновления сигналов на экране — один из важнейших параметров, который характеризует способность осциллографа выявлять редкие случайные события.

Осциллографы Infiniium предназначены для решения задач анализа широкополосных сигналов, где требуется одновременно и широкая полоса анализа, и высокая частота дискретизации для обеспечения достоверности измерения в этой полосе. Осциллографы серии Infiniium обладают самой высокой частотой дискретизации в отрасли. Однако, при работе с сигналами при высоких частотах дискретизации требуется захватить все полученные отсчеты, для чего осциллографы серии Infiniium оснащены также самой глубокой памятью в отрасли. Использование сочетания данных параметров позволяет исследовать сигнал при меньшей развертке, что повышает точность измерения.

Стробоскопические осциллографы следует выбирать, если требуется провести измерение характеристик оптических сигналов при разработке и производстве приемопередатчиков, измерение характеристик электрических сигналов при разработке и тестировании специализированных интегральных схем и ПЛИС, измерение параметров передачи и отражения во временной области (S-параметры) при тестировании кабелей и печатных плат, а также при решении задач, связанных с разработкой последовательных шин.

Стробоскопическим называется осциллограф, использующий для получения изображения формы сигнала мгновенные значения исследуемого сигнала и осуществляющий его временное преобразование. Принцип работы стробоскопического осциллографа основан

на измерении мгновенных значений периодических сигналов с помощью коротких стробирующих импульсов и базируется на стробоскопическом эффекте. Он позволяет обеспечить самую широкую полосу пропускания, самый низкий уровень джиттера, наилучший динамический диапазон и высокую чувствительность осциллографа при стоимости ниже, чем у осциллографов реального времени с аналогичной полосой. Стробоскопический осциллограф представлен базовым блоком и набором модулей.

Базовый блок обеспечивает основу для глубокого анализа разработки, включая функцию компенсации эффектов воздействия кабелей и тестовых приспособлений, что позволяет повысить точность измерений и дает возможность определить реальные характеристики разрабатываемых устройств

Модульная конструкция позволяет наращивать возможности системы по мере необходимости. Стробоскопический осциллограф поддерживает широкий набор модулей для тестирования оптических и электрических устройств.

Стробоскопический осциллограф обладает самой широкой полосой анализа в отрасли, что позволяет проводить точные измерения характеристик оптических и электрических устройств со скоростью передачи данных от 50 Мбит/с до 80 Гбит/с.

Если ваше устройство использует периодически повторяющиеся сигналы, характеризующиеся малым джиттером и широким динамическим диапазоном, то следует выбрать стробоскопический осциллограф. Кроме того, стробоскопические осциллографы обладают меньшей начальной стоимостью и поддерживают модульное обновление, что делает их пригодными для производственного тестирования электрических и оптических параметров.



ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ



Полоса пропускания осциллографа определяет частотный диапазон, который прибор способен корректно отображать и в котором будут проводиться правильные измерения интересующих сигналов. Если полоса пропускания недостаточно широка, то осциллограф не сможет точно представить реальный сигнал (например, амплитуда сигнала может быть искажена, фронты осциллограммы окажутся не вполне чистыми, а некоторые детали сигнала могут быть потеряны). Полоса пропускания осциллографа — это самое низкое значение частоты, на которой входной сигнал ослабляется на 3 дБ (частота, на которой измеренная амплитуда сигнала составляет 70,7% фактической амплитуды сигнала).

Частота дискретизации — количество выборок, которые осциллограф может захватить в единицу времени. Рекомендуется, чтобы частота дискретизации осциллографа была, по крайней мере, в 2,5 раза больше полосы пропускания прибора. Если частота дискретизации слишком низкая, сигнал может не совсем точно отображаться на экране осциллографа.

Глубина памяти указывает, какое точное количество выборок или точек могут быть сохранены. Чем больше глубина памяти, тем больше информации может захватить осциллограф. Математически это можно представить следующим выражением: Глубина памяти = (частота дискретизации) × (продолжительность временного интервала)

Скорость обновления сигналов на экране показывает, насколько быстро осциллограф способен запустить сбор данных, обработать захваченную информацию, отобразить ее, а затем подготовиться к следующему запуску. Иногда человеческому глазу может казаться, что осциллограф отображает «живой» сигнал, но это происходит потому, что обновления происходят так быстро, что человеческий глаз просто не успевает заметить изменения. На самом деле, между захватами сигнала существует некоторое мертвое время. В течение этого мертвого времени часть осциллограммы не отображается на экране осциллографа. В результате, если какое-либо редкое событие или глитч про-

изойдут именно в этот момент времени, то их невозможно будет увидеть. Чем выше скорость обновления сигналов, тем меньше у него величина мертвого времени, что обеспечивает более высокую вероятность того, что осциллограф сможет захватить и отобразить редкую аномалию или глитч.

Количество каналов осциллографа определяет, какое количество сигналов можно проанализировать одновременно. Каналы осциллографа могут быть аналоговыми или цифровыми. Аналоговые каналы применяются при решении большинства задач. Обычно осциллографы имеют 2 или 4 аналоговых канала, но это не предел: при использовании ПО MultiScore можно объединить в единую измерительную систему до 10 осциллографов, получив тем самым до 40 аналоговых каналов.

Когда присутствует необходимость анализа цифровых сигналов, а также при решении задач, когда аналоговые и цифровые сигналы необходимо наблюдать одновременно — применяются осциллографы смешанных сигналов. Преимущество таких осциллографов заключается в том, что они позволяют настроить запуск измерений по комбинации аналоговых и цифровых сигналов и отображают их в едином формате времени.

Система запуска обеспечивает стабильное, удобное для работы представление сигнала и позволяет синхронизировать систему захвата осциллографа с той частью осциллограммы, которую необходимо исследовать. Запуск осциллографа может осуществляться, например, по фронту сигнала, длительности импульса, глитчу, по последовательным протоколам и пр.

Так же в некоторых осциллографах предусмотрен зонный триггер (ZoneTrigger). Данная функция позволяет «нарисовать» на экране осциллографа зону, в которой нас интересует появление того или иного события. Зонный триггер значительно упрощает настройку системы запуска.

Разрешающая способность АЦП по вертикали — показатель точности, с которой АЦП преобразует аналоговое напряжение в цифровой двоичный код.

Эффективная разрядность (ENOB) — общий показатель качества сигнала любой аналого-цифровой системы, в том числе осциллографа. Упрощенно говоря, ENOB показывает, на сколько эффективно работает АЦП. ENOB зависит от частоты, проявляется в виде повышенного шума при измерении амплитуд сигнала и повышенного джиттера при измерении джиттера.

Осциллографические пробники являются неотъемлемой частью измерительной системы. Они предназначены для подключения осциллографа к тестируемому устройству играют важнейшую роль в обеспечении целостности сигнала, поэтому необходимо уделить особое внимание подбору правильного пробника. Пробники могут быть пассивными и активными.

Пассивные пробники обычно недороги, просты в использовании и имеют прочную конструкцию. Пробники этого типа характеризуются универсальностью и точностью измерений. Пассивные пробники, как правило, создают относительно высокую емкостную нагрузку и низкую резистивную нагрузку. Они рекомендуются к использованию для измерения сигналов в полосе частот до 600 МГц. В случае превышения указанной частоты необходимо использовать активные пробники.

Активные пробники используют активные компоненты для усиления или формирования сигнала и для работы требуют наличия питания. Они поддерживают значительно более высокие частоты сигналов. По сравнению с пассивными, активные пробники существенно дороже и имеют более тонкую конструкцию. Как правило, активные пробники создают меньшую нагрузку, чем пассивные. Пассивные пробники отлично подходят для выполнения качественных измерений, таких как проверка тактовых частот, поиск ошибок и т. д. Активные пробники, напротив, отличаются превосходными показателями в количественных измерениях, например, пульсаций выходного сигнала или времени нарастания. Несмотря на более высокую стоимость активных пробников по сравнению с пассивными, для обеспечения точности измерений именно они могут сыграть решающую роль.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

СОВЕТ 1

Убедитесь, что имеющийся осциллограф подходит для измерения исследуемых сигналов:

- Суммарная полоса пропускания измерительной системы (осциллограф и пробник) должна минимум в 5 раз превышать наибольшую частоту цифрового сигнала и/или минимум в 3 раза превышать наибольшую частоту аналогового сигнала.

СОВЕТ 2

Правильно настраивайте условия запуска:

- Выбор канала запуска, настройка уровня срабатывания, установка типа фронта, по которому будет происходить срабатывание запуска (нарастающий, спадающий), управление положением сигнала по горизонтали и вертикали — настройка всех этих параметров обеспечит запуск осциллографа именно по тому событию, которого Вы ждете
- Для более тонкой настройки используйте расширенные условия запуска: по времени нарастания или спада, по времени настройки и удержания, по встроенным протоколам и пр.

СОВЕТ 3

Правильно подбирайте пробники для решения задач

- Полоса пропускания пробника определяет максимальную частоту сигнала, которую пробник может передать на осциллограф. Максимальная частота пробника должна быть как минимум в 3—5 раз выше частоты исследуемого сигнала.
- Ни один пробник не может идеально передать сигнал, потому что при подключении к схеме он становится ее частью. Это называется подключением нагрузки. Подключение ненужной нагрузки к измерительной системе может привести к искажению результатов измерения и даже изменить форму сигнала на экране осциллографа!

Подключение резистивной нагрузки: для снижения амплитуды до менее чем 10% желательно, чтобы величина сопротивления пробника более чем в 10 раз превышала величину сопротивления источника.

Подключение емкостной нагрузки: убедитесь в том, что указанная величина емкости пробника соответствует расчетным параметрам.

Подключение индуктивной нагрузки: уменьшите индуктивную нагрузку (проявляющуюся как «звон» в сигнале) за счет использования с пробником проводов минимальной длины.

СОВЕТ 4

Используйте верный режим сбора данных:

Чтобы быть уверенным в показаниях осциллографа, нужно понимать сильные и слабые стороны разных режимов сбора данных: нормального, с усреднением, с высоким разрешением и обнаружением пиков сигнала. Режимы сбора данных представляют собой точно настроенные алгоритмы генерации выборки. Меняя частоту дискретизации аналого-цифрового преобразователя (АЦП) осциллографа и выборочно нанося на графике или объединяя точки выборки, можно наблюдать различные особенности сигнала.

- **Нормальный режим сбора данных** подходит для выполнения повседневных задач по отладке
- **Режим сбора данных с усреднением** целесообразно использовать для удаления случайных помех из периодических стабильных сигналов
- **Режим высокого разрешения** рекомендуется использовать для максимально возможного увеличения разрядности разрешения при выполнении отладки периодических и непериодических сигналов
- **Режим сбора данных с обнаружением пиков сигнала** позволяет проанализировать любые точки необычно высокого или низкого уровня, которые, как правило, не видны

Ручные осциллографы

При выполнении измерений в полевых условиях, когда необходимо перемещаться между объектами измерений, незаменимыми будут ручные осциллографы.

Данные приборы могут сочетать несколько приборов:

- осциллограф
- цифровой мультиметр
- регистратор данных.

Ручные осциллографы могут иметь 2 или 4 гальванически развязанных канала



KEYSIGHT U1610A / U1620A

Ручные осциллографы. Функция «три в одном»

Приборы данной серии являются надежными многофункциональными мобильными сервисными осциллографами. Дополнительно они предоставляют цифровые функции мультиметра, расширенные функции триггера и функции анализа посредством быстрого преобразования Фурье. Кроме того, эти осциллографы имеют в распоряжении внушительный объем памяти, что позволяет записывать на протяжении длительного времени данные измерений в высоком разрешении. U1610A и U1620A оснащены двумя гальванически разделенными каналами.

Технические характеристики

| СЕРИЯ | KEYSIGHT U1610A / U1620A |
|--|---|
| Дисплей | 14,5-см дисплей с цветным изображением с высокой разрешающей способностью |
| Количество каналов | 2 |
| Ширина полосы пропускания, МГц | 100...200 |
| Частота дискретизации на канал, Мвыб/с | до 1 |
| Объем памяти на канал, мегаточек | до 1 |
| Триггерное соединение | Переменный ток, постоянный ток, заземление |
| Функция мультиметра | Да |
| Измеряемые величины | От 100 мВ до 1 кВ |
| Сопротивление | От 0,1 Ом до 100 МОм |
| Частота | От 10 Гц до 15 кГц, от 40 до 70 Гц |
| Испытание целостности цепи | Да |
| Диодный тест | Да |
| Функция рекордера | 10 000 данных измерений в режиме мультиметра |
| Срок службы от батареи, часов | до 3 |
| Класс защиты по электробезопасности | CAT III 600 В |
| Вес, кг | <2,5 |
| Размеры (Ш×В×Г), мм | 183×270×65 |

Осциллографы с шиной USB серии KEYSIGHT STREAMLINE

Функциональные возможности настольного прибора при компактных размерах



Оптимальное сочетание точных и стабильных измерений, функций автоматического декодирования данных и единообразного интуитивно понятного пользовательского интерфейса

Поддержка широкого спектра пробников и инструментов для анализа

Включает все достоинства настольных приборов, в том числе, тестирование на соответствие маске и анализ частотной характеристики

Возможность совместного использования компактного переносного осциллографа исследовательскими и испытательными лабораториям

- Идентичный пользовательский интерфейс, измерения и автоматическое кодирование, как у настольных приборов InfiniiVision
- Быстрая скорость обновления 1,000,000 осциллограмм в секунду
- Расширенные возможности декодирования последовательных протоколов
- Аппаратный зонный триггер
- Стандартная сегментированная память и расширенная математика
- Прибор 6-в-1: анализ протоколов, АЧХ-метр, генератор сигналов произвольной формы, 3-разрядный цифровой вольтметр, 8-разрядный счетчик / частотомер
- Стробированное БПФ и поиск пиков

Технические характеристики

| НАИМЕНОВАНИЕ | ОПИСАНИЕ |
|---------------------------------------|---|
| Полоса пропускания | 200, 500 МГц, 1 ГГц |
| Кол-во каналов | 2 |
| Макс. частота дискретизации | 5 Гвыб/с |
| Глубина записи | |
| Скорость обновления осциллограмм | До 1 000 000 осциллограмм в секунду |
| Запуск | Зональный триггер + 20 аппаратных триггеров для сигнала и протокола |
| Измерения | 31 автоматическое измерение, плюс анализ частотной характеристики (Боде) |
| Генератор сигналов | Генератор сигналов произвольной формы 20 МГц, включая модуляцию AM / FM / FSK |
| Поддержка последовательных протоколов | I2C, RS-232 / UART, CAN, CAN-FD, CAN символический, SENT, LIN, MIL-STD1553, ARINC429, USB-PD, NFC, Манчестер, NRZ |
| Связь | Требуется USB 3.0 |
| Размер (ШхГхВ) | 177 мм X 335 мм X 50 мм (7 x 13 x 2 дюйма) |
| Вес | 2,5 кг (5,5 фунта) |

Осциллографы реального времени KEYSIGHT TECHNOLOGIES INFINIIVISION

Осциллографы InfiniiVision представлены моделями от 50 МГц до 6 ГГц и подходят для решения широкого круга задач. Функциональные возможности этих осциллографов легко расширяются с помощью лицензионных ключей. Для решения своих задач Вы можете выбрать подходящую Вам серию из линейки InfiniiVision.

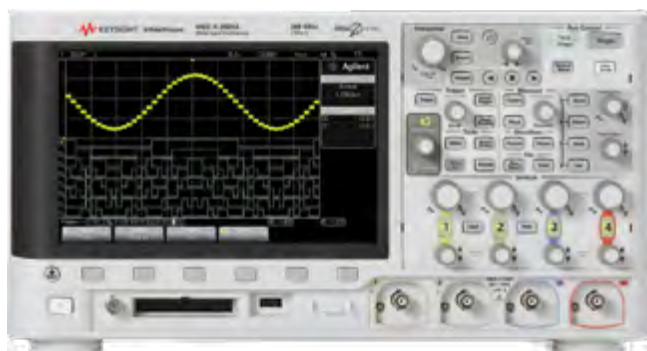
СЕРИЯ INFINIIVISION 1000X

Осциллограф эконом-класса с профессиональными возможностями



- Полоса пропускания от 50 МГц до 200 МГц, 2 или 4 аналоговых канала
- Отображение мельчайших подробностей сигналов благодаря скорости обновления сигналов на экране до 200 000 осциллограмм в секунду
- Выполнение измерений на профессиональном уровне, включая построение диаграммы Боде (только для моделей с индексом G), тестирование на соответствие маске, математические функции, быстрое преобразование Фурье, представление сигналов аналоговых шин, запуск по протоколу и декодирование данных последовательных шин (все в стандартной комплектации)
- Быстрое обучение работе с осциллографом; встроенная справочная система и демонстрационные сигналы для обучения
- Удобство подготовки и выполнения лабораторных работ с помощью бесплатного комплекта материалов для преподавателя по обучению работе с осциллографами

Серия InfiniVision 2000X



Серия 2000 X относится к начальному классу, но при этом предлагает полный набор рабочих характеристик и возможностей. В одном устройстве имеется пять измерительных устройств: осциллограф, логический и протокольный анализатор, вольтметр и генератор сигналов стандартной формы WaveGen с диапазоном частот 20 МГц. Данные шин, полученные осциллографом, могут быть быстро и просто отображены. Опция последовательного декодирования DSOX2EMBD (I2C и SPI) для серии 2000 X предоставляет коррелированное по времени декодирование. Так как опция базируется на аппаратном обеспечении, она предлагает наискорейшее решение для запуска и анализа со стороны ПК и SPI-шин в широком спектре встраиваемых систем. Таким образом, можно легко и просто изолировать источник погрешности в последовательных пакетах для выявления ошибки в аппаратном или программном обеспечении. Эта опция работает на всех двух- и четырехканальных (DSO и MSO) моделях серии InfiniVision 2000 X.

Серия InfiniVision 3000T/X

Осциллографы смешанных сигналов серии 3000T/X предоставляют пользователям максимально комфортные условия работы благодаря емкостному сенсорному экрану, обеспечивающему более быстрое отображение измерительной информации. Циф-

ровые запоминающие устройства обладают повышенной производительностью. Осциллографы совмещают функции шести измерительных устройств, а также оснащены двойной шиной для декодирования и для одновременного анализа различных шин:

- двух- (2+16) и четырех- (4 + 16) каналные с полосой пропускания до 1 ГГц;
- до 1 000 000 обновлений в секунду; до 5 Гвыб/с частота дискретизации;
- «6-в-1»: осциллограф, логический анализатор и анализатор протоколов, вольтметр, восьмиразрядный счетчик и генератор сигналов;
- InfiniScan — сенсорная зона срабатывания с использованием емкостного 21,6-см (8,5") сенсорного экрана;
- аппаратный и временной синхронный анализ двух последовательных шин;



Серия InfiniVision 4000 X

Цифровые запоминающие осциллографы и осциллографы смешанных сигналов



- Расширяемая полоса пропускания до 1,5 ГГц
- 16 цифровых каналов (для осциллографа смешанных сигналов, серия MSO)
- 2-канальный генератор произвольных функций 20 МГц
- 3-разрядный вольтметр

Осциллографы InfiniVision серии 4000 X позволяют еще быстрее выводить данные измерений на экран благодаря управлению с емкостного сенсорного экрана. Они объединяют в себе функции 5 измерительных приборов: осциллографа, логического анализатора / анализатора протоколов, вольтметра и двухканального произвольной формы. В дополнение к последовательному декодированию опция DSOX4PWR предлагает полную характеристику импульсных блоков питания.

Встроенное приложение позволяет быстро и просто проанализировать надежность и эффективность импульсных блоков питания. С помощью встроенного генератора функций можно легко определить коэффициент подавления помех по цепям питания (PSSR).

СЕРИЯ INFINIIVISION 6000 X



Осциллографы серии 6000X исключительно универсальны, ведь они объединяют в себе функции 6 измерительных приборов: осциллографа, логического анализатора, анализатора протоколов, вольтметра, счетчика-частотомера и двухканального генератора произвольных функций.

Все эти опции – в том числе полосу пропускания – можно активировать с помощью лицензионных [ключей](#).

- Диапазон шириной 6 ГГц позволяет измерять время нарастания 100 пс (20 - 80 %) при погрешности < 3 %
- Широкая полоса пропускания для определения полного спектра частот сигнала; диапазон позволяет отображать истинную форму сигнала и оценивать его целостность
- Самый низкий уровень шума из всех приборов со встроенными операционными системами
- Первое решение для анализа джиттера для осциллографов со встроенной ОС
- Гистограмма джиттера и его параметры
- Аппаратный зонный триггер позволяет быстро и просто выделять компоненты сигнала прямо на многофункциональном сенсорном экране. Таким образом, не требуется проведение дополнительных действий в меню триггера. Управление жестами позволяет легко и просто изменять индикации сигналов, например, изменять масштаб на оси времени или амплитуды.
- Сегментированная память ведет селективный сбор данных и сохраняет участки сигнальной активности
- Голосовое управление: Если Вам для позиционирования пробников требуются обе руки, то благодаря голосовому управлению Вы можете давать осциллографу простые команды по измерению, например, "Начать измерение" или "Остановить измерение".

СЕРИЯ INFINIIVISION M924xA В ФОРМАТЕ PXIe

Осциллографы серии InfiniiVision M924xA сочетают в себе характеристики осциллографов серии InfiniiVision 3000T/X с модульной архитектурой. Модульная архитектура будет играть ключевую роль в случае, если нам важны массо-габаритные свойства оборудования. Данное решение будет интересно для инженеров, которые рассматривают создание измерительной стойки с использованием оборудования в формате PXIe.

Для управления осциллографами в формате PXIe используется программное обеспечение на базе ОС Windows. При необходимости их можно объединить в многоканальную систему.

Например, нам необходимо провести анализ по 10 каналам. Для этого нам потребуется 5 модулей M924xA, для каждого модуля потребуется запустить свой графический интерфейс. Модули объединяются по триггерным входам/выходам. В ПО управления для каждого модуля потребуется указать условия запуска следующим образом:

- Первый модуль запускается, например, по уровню напряжения на одном из входов
- Остальные модули запускаются по сигналу на входе Trigger In

Таким образом будет осуществляться синхронный сбор данных по всем каналам. Обработать результаты измерений можно в ПО управления (по парам каналов) либо единым массивом в ПО MatLAB.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЦИЛЛОГРАФОВ INFINIIVISION

| СЕРИИ | 1000X | 2000X | 3000TX | 4000X | 6000X | M924XA В ФОРМАТЕ PXIE |
|---|--|--|--|---|---|---|
| Аналоговые каналы | 2 | | 2 или 4 | | | 2 |
| Цифровые каналы | – | 8 | 16 | | | – |
| Полоса пропускания | От 50 до 100 МГц | От 70 до 200 МГц | От 100 МГц до 1 ГГц | От 200 МГц до 1,5 ГГц | От 1 до 6 ГГц | от 200 МГц до 1 ГГц |
| Максимальная частота дискретизации | 2 Гвыб/с | | 5 Гвыб/с | | 20 Гвыб/с | 5 Гвыб/с |
| Максимальная глубина памяти | 1 Мвыб | | 4 Мвыб | | | |
| Максимальная скорость обновления сигналов на экране | 50000 осц/с | | 1000000 осц/с | | 450000 осц/с | 1000000 осц/с |
| Разрядность АЦП, бит | 8 | | | | | |
| Запуск и декодирование протоколов | I ² C, SPI, UART, CAN, LIN (в зависимости от модели) | CAN, LIN, I ² C, SPI, RS232/422/485/UART | USB PD, I ² C, SPI, RS232/UART, I ² S, CAN, LIN, FlexRay, MIL-STD1553, ARINC 429, CAN-FD, SENT | USB PD, USB 2/0, I ² C, SPI, RS232/UART, I ² S, CAN, LIN, FlexRay, MIL-STD1553, ARINC 429, CAN-FD, SENT | | I ² C, RS-232/422/UART, CAN, LIN, MIL-STD 1553, ARINC 429, SENT, CXPI, NFC |
| Тестирование по маске | Стандартно для моделей DSO | | Да, опция | | | |
| Зоновый триггер | Нет | | Да | | | |
| Встроенные возможности (опции) | <ul style="list-style-type: none"> – Функциональный генератор с полосой 20 МГц – Вольтметр – Частотомер – Анализ протоколов – Анализатор частотного отклика (в зависимости от модели) | <ul style="list-style-type: none"> – Логический анализатор – Анализ протоколов – Вольтметр – Частотомер – Генератор сигналов стандартной формы WaveGen с диапазоном частот 20 МГц | | | <ul style="list-style-type: none"> – Анализ протоколов – Вольтметр – Частотомер – Генератор сигналов стандартной формы WaveGen с диапазоном частот 20 МГц | |
| Расширение полосы пропускания | Доступно для некоторых моделей | | Да | | Нет | |
| Встроенная операционная система | Да | | | | Нет (ОС устанавливается на контроллере) | |
| Размер дисплея | 7 дюймов | 8,5 дюймов | 12,1 дюйма | | – | |

ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФОВ СЕРИИ INFINIIVISION

Расширение возможностей осциллографа с помощью мощного прикладного программного обеспечения

Самый широкий в отрасли выбор специализированных прикладных программ для отладки устройств и испытаний на соответствие требованиям стандартов, которые помогают проводить точные измерения и анализ параметров [сигналов](#).

| ПРИЛОЖЕНИЯ | 1000X | 2000X | 3000TX | 4000X | 6000X | M924XA |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|----------------------|
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины USB 2.0 | | | | ■ | ■ | |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины USB PD | | | ■ | ■ | ■ | |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины CXPI | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины Manchester/NRZ | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины I ² C/SPI | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ (I ² C) |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины RS-232/UART | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины CAN/LIN | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины SENT | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины I ² S | | | ■ | ■ | ■ | |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины MIL-STD, 1553/ARINC 429 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Запуск по сигналам и декодирование данных шины FlexRay | | | ■ | ■ | ■ | |
| Анализ видеосигналов HDTV | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Измерение и анализ цепей питания | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Динамический пробник ПЛИС Xilinx | | | | ■ | ■ | |
| Тестирование качества сигналов USB | | | | ■ | ■ | |

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ KEYSIGHT TECHNOLOGIES INFINIUM

Широкополосные осциллографы семейства Infiniium имеют полосы пропускания от 500 МГц до 63 ГГц. Правильно выбранная полоса пропускания осциллографа обеспечивает точность измерений. При слишком широкой полосе пропускания в результате измерений вносятся шумы осциллографа. При слишком узкой полосе пропускания неправильно отображаются фронты сигналов. Правильно подобранная полоса пропускания особенно важна при анализе высокоскоростных сигналов. С помощью таблицы ниже вы сможете правильно подобрать полосу пропускания осциллографа в зависимости от технологии цифровой передачи [данных](#).

Рекомендуемая полоса пропускания осциллографа

| ТЕХНОЛОГИЯ | СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ | НАИМЕНЬШЕЕ ВРЕМЯ НАРАСТАНИЯ | ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Ethernet 10BASE-T | 10 Мбит/с | 30 нс | 600 МГц |
| Ethernet 100BASE-T | 100 Мбит/с | 3 нс | 600 МГц |
| Ethernet 1000BASE-T | 250 Мбит/с x 4 | 1,2 нс | 1 ГГц |
| USB 2.0 | 480 Мбит/с | 300 пс | 2,5 ГГц |
| USB 3.0 | 5 Гбит/с | 50 пс | 12 ГГц |
| USB 3.1 | 10,3125 Гбит/с | 25 пс | 25 ГГц |
| DDR1 | 400 Мпередач/с | 500 пс | 2 ГГц |
| DDR2 | 1066 Мпередач/с | 250 пс | 4 ГГц |
| DDR3 | 2133 Мпередач/с | 100 пс | 8 ГГц |
| DDR4 | 3200 Мпередач/с | 75 пс | 12 ГГц |
| GDDR5 | 8 Гбит/с | 30 пс | 16 ГГц |
| SATA 3G | 3 Гбит/с | 67 пс | 12 ГГц |
| SATA 6G | 6 Гбит/с | 33 пс | 16 ГГц |
| SAS-2 | 6 Гбит/с | 42 пс | 16 ГГц |
| SAS-3 | 12 Гбит/с | 21 пс | 30 ГГц |
| Оптический канал 16G | 14,025 Гбит/с | 24 пс | 30 ГГц |
| HDMI 1.4 | 3,4 Гбит/с | 50 пс | 8 ГГц |
| DisplayPort 1.2 | 17,28 Гбит/с | 50 пс | 13 ГГц |
| 10G Ethernet | 10 Гбит/с | 60 пс | 12 ГГц |
| 10Gbase-KR | 10,3125 Гбит/с | 24 пс | 25 ГГц |
| XAUI | 3,75 Гбит/с | 60 пс | 12 ГГц |
| MIPI M-PHYR | 5,83 Гбит/с | 17,2 пс | 24 ГГц |
| MIPI D-PHYSM | 2,5 Гбит/с | 100 пс | 6 ГГц |
| PCI Express 2 | 5 Гбит/с | 30 пс | 12,5 ГГц |
| PCI Express 3 | 8 Гбит/с | 25 пс | 20 ГГц |
| Оптический канал 28/32G | 28 Гбит/с | 18 пс | 45 ГГц |
| Thunderbolt 10G | 10,3125 Гбит/с | 22 пс | 25 ГГц |
| SFP + | 10 Гбит/с | 34 пс | 16 ГГц |
| MHL | 2,25 Гбит/с | 75 пс | 8 ГГц |
| InfiniBand II | 2,5 Гбит/с, 5 Гбит/с | 75 пс | 8 ГГц |

Используя передовые технологии, осциллографы Infiniium имеют высокие характеристики для решения поставленных задач, обеспечивают низкие уровни собственных [шумов](#).

Операционная система Windows позволяет превратить осциллограф в целый измерительный комплекс:

- EZJIT: анализ джиттера (тренды измерений, захват сигналов с распределенным спектром тактовой частоты (SSC))
- EZJIT Plus: анализ джиттера (разделение на компоненты RJ/DJ и т.д.)
- EZJIT Complete: анализ джиттера + вертикального шума
- Equalization: коррекция цифровых данных (FFE, CTLE иDFE)
- InfiniiScan: программнорасширенные возможности запуска (в том числе, запуск по зонам)
- InfiniiSim: аппаратное устранение влияния тестовой оснастки, преобразование сигналов (embedding/de-embedding)
- SDA: восстановление тактового сигнала и анализ глазковой диаграммы)
- User Defined Function: функция, определяемая пользователем (интеграция с Matlab)
- VSA: программный пакет векторного анализа сигналов (цифровые форматы модуляции, радиоимпульсы и др.)
- Manchester: запуск и декодирование по протоколу
- Power Measurement: полный набор измерений и анализа параметров мощности

Осциллографы INFINIUM EXR/MXR



- В 4 раза лучшее разрешение по вертикали, чем у 8-разрядных осциллографов
- До 16 разрядов в режиме высокого разрешения
- Уровень шума не более 43 мкВ и эффективное число разрядов, равное 9,0, с аппаратной фильтрацией

Осциллографы Infiniium серии EXR и MXR в базовой комплектации обладают двумя полезными инструментами, позволяющими просматривать предыдущие и будущие осциллограммы. Режим истории позволяет просто остановить осциллограф в любое время и просмотреть до 1024 предыдущих событий, вызвавших запуск. С сегментированной памятью вы можете захватить для анализа до 5025 событий с задержкой запуска без ограничений по времени между событиями. Если в вашей схеме появляется «неуловимое» событие, которое, как кажется, происходит только тогда, когда вы отвлеклись от экрана, эти инструменты могут помочь вам настроить осциллограф для его поиска, а затем просмотреть то, что было захвачено в ваше отсутствие.

Infiniium серии EXR и MXR – это больше чем просто осциллографы, это множество приборов в одном. Компания Keysight Technologies, Inc. стала первой в области объединения функций приборов, выпустив в 1996 году осциллограф смешанных сигналов. С осциллографами InfiniiVision серии 2000/3000/4000X мы в 2011 году перешли на следующий уровень, объединив пять приборов в одном. Теперь Infiniium серии EXR и MXR объединяют несколько приборов в одном корпусе, устанавливая новый стандарт интеграции, а в осцилло-

графах Infiniium серии MXR, кроме того впервые реализован в анализатор спектра реального времени.

- Осциллограф
- Логический анализатор
- Анализатор сигналов последовательных шин
- Генератор сигналов произвольной формы 50 МГц
- Измеритель частотной характеристики 50 МГц
- Цифровой вольтметр
- частотомер
- Анализатор спектра реального времени (MXR)

В Infiniium серии EXR и MXR применяется специализированная СБИС, которая разработана для нашего осциллографа серии UXR, благодаря чему он работает как «осциллограф на кристалле». Поскольку основные функции осциллографа реализованы аппаратно, производительность некоторых из них возросла в 100 раз или более по сравнению с приборами предыдущих поколений.

Новая функция анализа Fault Hunter – это инновационная экспертная программа для проверки цифровых систем. Она автоматически оценивает характеристики сигнала в соответствии с определяемыми пользователем критериями, быстро нахо-

дит и сохраняет ошибки для последующего просмотра. Имеется возможность гибкой настройки длительности теста от 60 секунд до 48 часов. Запустите тестирование своего устройства вечером в пятницу, а вернувшись в понедельник утром, получите полный отчет о выполнении миллионов тестов.

Осциллографы Infiniium серии EXR и MXR — первые в мире осциллографы, которые обладают возможностью апгрейда количества каналов. Так же по хорошей традиции осталась возможность модернизации полосы пропускания, памяти, различных приложений и инструментов для анализа сигналов.

Каждая модель оснащена 10-разрядным АЦП с частотой дискретизации 16 Гвыб/с одновременно по всем каналам. Эффективность АЦП высокого разрешения достигается за счет маломощного входного тракта, который обеспечивает дополнительные уровни квантования. Наши маломощные входные каскады включают в себя специальные ИС, изготовленные по технологии БиКМОП 130 нм, в которых реализованы выбираемые пользователем аналоговые фильтры и возможность расширения полосы пропускания с помощью программной лицензии. Это обеспечивает:

Осциллографы Infiniium серии MXR позволяют выполнять глубокий анализ ВЧ спектра одновременно по 8 когерентным по фазе каналам. Полоса анализа спектра в реальном масштабе времени в осциллографе Infiniium серии MXR составляет от 40 МГц до 320 МГц. Поскольку данные поступают со входов аналоговых каналов, они по определению являются когерентными по фазе, поэтому для обеспечения точности требуется только стандартная калибровка. Благодаря максимальной центральной частоте 6 ГГц осциллографы Infiniium серии MXR легко поддерживают приложения от ZigBee до 5G FR1.

Осциллографы Infiniium серии EXR и MXR — первые в мире осциллографы, которые обладают возможностью апгрейда количества каналов. Так же по хорошей традиции осталась возможность модернизации полосы пропускания, памяти, различных приложений и инструментов для анализа сигналов.

Осциллографы Infiniium серии MXR позволяют выполнять глубокий анализ ВЧ спектра одновременно по 8 когерентным по фазе каналам. Полоса анализа спектра в реальном масштабе времени в осциллографе Infiniium серии MXR составляет от 40 МГц до 320 МГц. Поскольку данные поступают со входов аналоговых каналов, они по определению являются когерентными по фазе, поэтому для обеспечения точности требуется только стандартная калибровка. Благодаря максимальной центральной частоте 6 ГГц осциллографы Infiniium серии MXR легко поддерживают приложения от ZigBee до 5G FR1.

СЕРИЯ INFINIUM S

S-серия обеспечивает новый уровень высококачественных измерений. Используемая в осциллографах S-серии плата захвата позволяет обеспечить непревзойденную целостность сигналов. 10-разрядный АЦП обеспечивает разрешение по вертикали в 4 раза больше по сравнению с 8-разрядными осциллографами. Эффективность используемого АЦП определяется уровнем шумов входного тракта, позволяющим получить дополнительные уровни квантования. Во всех осциллографах S-серии используются входные тракты с самым низким уровнем шума в отрасли среди портативных осциллографов с полосой пропускания до 8 ГГц.

Исключительная целостность сигналов обеспечивает повышенную точность измерений, в частности времени нарастания. Чрезвычайно низкий собственный джиттер (100 фс) приводит к тому, что сам осциллограф вносит наименьший вклад в результаты измерения джиттера, и вы можете использовать этот «запас» по джиттеру для вашего устройства.

Осциллографы S-серии построены на основе передовой ПЛИС, предназначенной для быстрой и точной обработки сигналов. Эта технология обеспечивает самое малое в отрасли время отклика при большой глубине памяти и дополнительную аппаратную фильтрацию для выполнения высококлассных измерений. Фильтры частотной коррекции формируют равномерные характеристики, как АЧХ, так и ФЧХ, что обеспечивает получение более точной осциллограммы.

Осциллографы S-серии оснащены глубокой памятью с самой высокой в отрасли скоростью отклика. При глубине памяти в стандартной комплектации 100 Мвыб на всех четырех каналах одновременно можно захватывать сигналы большой длительности при сохранении высокой частоты дискретизации. Высокие скорости обновления сигналов на экране означают, что ваш осциллограф будет обладать малым временем отклика даже при большой глубине памяти, обеспечивая точное воспроизведение аналоговых сигналов.

Благодаря режиму отображения спектра, элементам управления, оконному БПФ, 10-разрядному АЦП и отличным значениям динамического диапазона, свободного от паразитных составляющих, осциллографы S-серии предоставляют прекрасную платформу для спектральных измерений на основе БПФ.



Благодаря наличию более 50 стандартных автоматических измерений со статистикой и 16 независимых математических функций у вас появляется возможность проводить анализ большого количества тестов. Используйте любое из 16 независимых окон, чтобы ограничить измерения или их математическую обработку определенным временным окном.

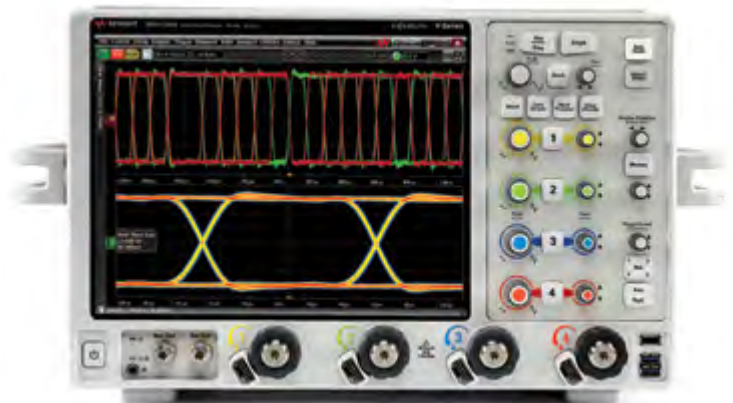
- полосы пропускания от 500 МГц до 8 ГГц, программно расширяемая
- 10-разрядный АЦП
- лучшие в классе значение ENOB и динамический диапазон
- идеально подходит в качестве приемника ВЧ-сигналов с возможностью анализа в ПО VSA
- Самый низкий уровень собственных шумов в классе (90 мкВ СКЗ на 1 ГГц)
- 15-дюймовый емкостной «мультикас» экран

СЕРИЯ INFINIUM V

V-серия обеспечивает самую высокую в отрасли точность измерений, позволяя проводить более глубокий анализ сигналов и отладку высокоскоростных устройств. При разработке высокоскоростных цифровых устройств инженерам требуется осциллограф для отладки, проверки правильности и оптимизации проектных решений, выполнения предварительного тестирования на соответствие требованиям стандартов, обнаружения основных причин неисправностей и увеличения пределов допусков при проектировании.

Осциллографы V-серии включают функцию аппаратного запуска, которая обеспечивает запуск при скорости передачи данных до 12,5 Гбит/с по кодовым последовательностям длиной до 160 бит.

Осциллографы серии используются для подтверждения правильности проектных решений или отладки при разработке устройств каналов связи, включающих несколько последовательных линий, так и интерфейсов многоразрядных параллельных шин.



- полосы пропускания от 8 до 33 ГГц
- аппаратный запуск по кодовым последовательностям длиной до 160 бит
- модели осциллографов смешанных сигналов; высококачественные цифровые каналы поддерживают скорость передачи до 20 Гбит/с
- низкий пороговый уровень измерения джиттера (менее 100 фс)

Серия INFINIUM Z



- Полоса пропускания от 20 до 63 ГГц.
- Возможность восстановления тактового сигнала при передаче данных без возврата к нулю (NRZ) на скоростях до 120 Гбит/с.
- Встроенная функция БПФ для анализа в частотной области с возможностью управления полосой анализа и разрешением в полосе анализа. Автоматические измерения и маркеры позволяют измерять частоты и амплитуды пиков спектра, а также расстояния между пиками. Для измерения времени нарастания и спада по всей огибающей используется амплитудная демодуляция (режим огибающей).
- Осциллографы серии Z могут работать совместно с анализатором модуляции оптических сигналов N4391A

С появлением технологий, позволяющих передавать данные со скоростями сотни гигабит в секунду, появилась потребность в осциллографах с широкой полосой пропускания, низкими шумами и высокой скоростью обработки данных. Осциллографы Z-серии имеют верхнюю границу полосы пропускания в режиме реального времени до 63 ГГц и наименьшие в отрасли характеристики уровня собственных шумов и порога измерения джиттера.

В осциллографах серии Z эффективно используются технологии, применявшиеся в осциллографах Infiniium серий 90000X и 90000Q, которые отличались передовыми характеристиками для анализа целостности сигналов. В серии Z используются преимущества передовой технологии интегральных микросхем на основе фосфида индия и специализированной технологии корпусирования микросхем с применением тонких пленок, что в конечном счете привело к созданию осциллографа реального времени с наименьшими в мире шумами.

как полноценный, готовый к использованию прибор для исследований каналов передачи с 400-гигабитными и терабитными скоростями.

- Благодаря технологии PrecisionProbe Advanced вы можете определять характеристики кабелей на частотах до 63 ГГц и устранять влияние потерь, которые они вносят. В технологии PrecisionProbe Advanced выдаются сигналы с одной из самых коротких длительностей фронта – менее 5 пс – и с помощью данного фронта выполняется измерение параметров передачи во временной области. Затем на основе вносимых кабелем потерь в вашу измерительную систему вносится компенсация, возвращая вам тот ценный запас пределов измерений, который обычно теряется из-за кабелей.

Серия INFINIUM UXR

Осциллографы UXR – это высокопроизводительные осциллографы седьмого поколения серии Infiniium.



Это уникальные приборы, поддерживающие измерения в режиме реального времени при терабитных скоростях передачи данных в полосе до 110 ГГц с максимальной в отрасли частотой дискретизации 256 Гвыб/с и превосходной целостностью сигнала, гарантируемой минимальными значениями уровня собственных шумов и джиттера.

Требования к скорости и объему передаваемых данных непрерывно возрастают, поэтому допуски в системах передачи данных закономерно сужаются. Контрольно-измерительное оборудование должно соответствовать задачам исследователей, стремящихся к технологическим прорывам.

Осциллографы серии UXR предлагают расширенные возможности, которые позволят ускорить вывод на рынок новых изделий, использующих технологии PAM-4, 5G и технологии для волоконно-оптической связи, за счет более чистых сигналов и точных результатов измерений. Кроме того, при использовании этого осциллографа с внешним интерфейсом нового анализатора оптической модуляции в диапазоне частот до 110 ГГц и ПО анализа оптической модуляции на основе ПО VSA, реализуется комплексное решение для оптических исследований.

Осциллографы серии UXR обеспечивают:

- разрешение 10 разрядов и лучшую в отрасли целостность сигналов, чтобы пользователи могли использовать максимальное эффективное число разрядов (ENOB) при измерении параметров постоянно усложняющихся стандартов модуляции;
- 2 или 4 канала с полной полосой пропускания
- четыре широкополосных канала для уменьшения временной ошибки при исследовании когерентных модулированных сигналов с двойной поляризацией;
- внутреннюю калибровку, гарантирующую повышение точности измерений без прерывания работы;
- сверхширокую полосу пропускания и существенное снижение уровня собственных шумов за счет использования многокристалльных модулей на основе фосфида индия собственной разработки Keysight.

Обладая полосой пропускания до 110 ГГц, позволяющей захватывать фронты длительностью от 2,8 пс, и способностью восстановления тактового сигнала при передаче данных без возврата к нулю (NRZ) на скоростях до 220 Гбит/с, осциллографы серии UXR являются самыми высокоскоростными в мире осциллографами реального времени. Максимальная полоса пропускания в осциллографах серии UXR доступна сразу на всех каналах, а минимальный уровень шума и самый низкий в отрасли джиттер позволяют проводить наиболее точные измерения.

Осциллографы серии UXR имеют функцию быстрого преобразования Фурье (БПФ) для выполнения частотного (спектрального) анализа. Встроенная функция БПФ выступает альтернативой отдельному анализатору спектра. БПФ используется для вычисления как амплитуды, так и фазы. При выполнении БПФ имеется возможность управления полосой анализа и разрешением в полосе анализа. Автоматические измерения и маркеры позволяют измерять частоты и амплитуды пиков спектра, а также расстояния между пиками. Для измерения времени нараста-

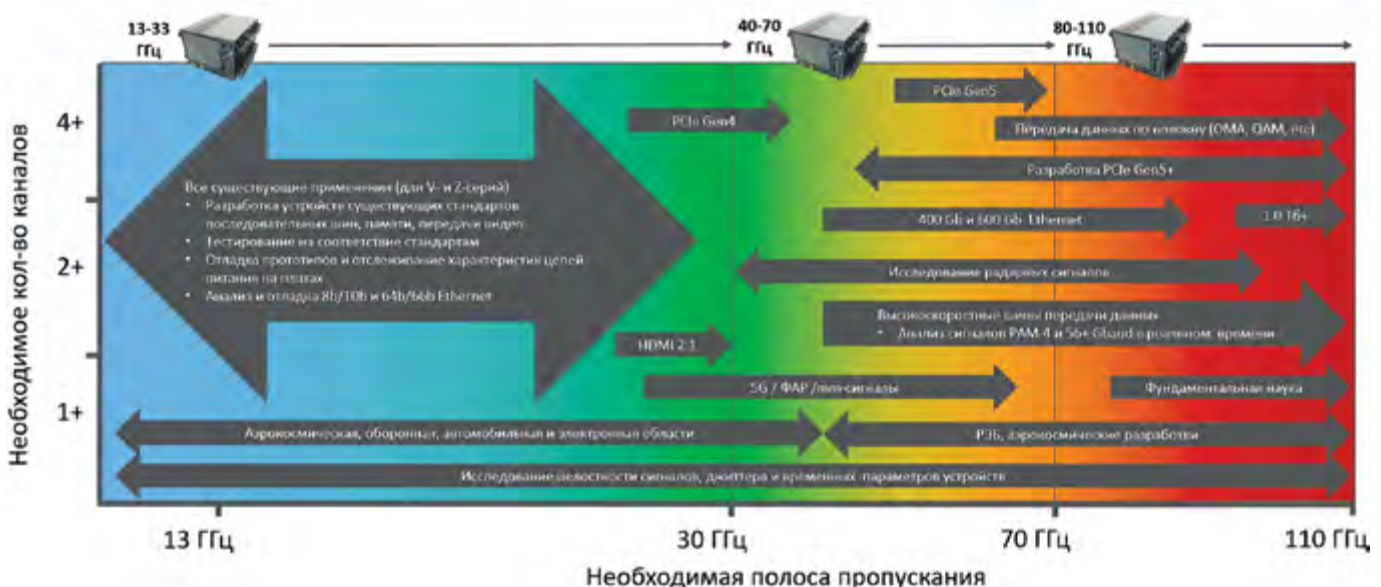
ния и спада по всей огибающей используется амплитудная демодуляция (режим огибающей).

Осциллографы серии UXR могут работать совместно с анализатором модуляции оптических сигналов N4391B как полноценный, готовый к использованию прибор. Данное решение обладает самой широкой из имеющихся на рынке полосой пропускания и является самым современным средством тестирования для исследования каналов передачи с 400-гигабитными и терабитными скоростями. Даже при меньшей ширине полосы пропускания в 20 ГГц это простое в использовании решение является эталонной системой для исследования каналов со 100-гигабитными скоростями, что важно для научно-исследовательских лабораторий, которые работают с этими и более высокими скоростями.

Полосы пропускания постоянно растут, и все большей проблемой становятся потери в кабелях. Приборы серии UXR позволяют решить эту проблему за счет применения технологии PrecisionProbe Advanced. Благодаря технологии PrecisionProbe Advanced вы можете определять харак-

теристики кабелей на частотах до 63 ГГц и устранять влияние потерь, которые они вносят. В технологии PrecisionProbe Advanced выдаются сигналы с одной из самых коротких длительностей фронта — менее 5 пс — и с помощью данного фронта выполняется измерение параметров передачи во временной области. Затем на основе вносимых кабелем потерь в вашу измерительную систему вносится компенсация, возвращая вам тот ценный запас пределов измерений, который обычно теряется из-за кабелей.

Осциллографы серии UXR имеют множество приложений для тестирования устройств на соответствие стандартам протоколов, которые дают возможность полностью автоматизировать работу с любым коммутационным устройством, подключенным к вашей системе. Это программное обеспечение полностью совместимо с технологией компенсации PrecisionProbe Advanced, которая позволяет получать характеристики любого входа с помощью всего одного осциллографа серии UXR и затем автоматизировать любое измерение с применением приложений для тестирования протоколов на соответствие стандартам.



Осциллографы INFINIUM

| СЕРИИ | СЕРИЯ EXR | СЕРИЯ MXR | СЕРИЯ S | СЕРИЯ V | СЕРИЯ Z | СЕРИЯ UXR |
|--|---------------|-------------|-------------|------------|--------------|---------------|
| Полоса пропускания, ГГц | От 0,5 до 2,5 | От 0,5 до 6 | От 0,5 до 8 | От 8 до 33 | От 20 до 63* | От 13 до 110* |
| Аналоговые каналы | 4 или 8 | | 4 | | 2 или 4 | |
| Цифровые каналы | Да, 16 | | | | Нет | |
| Максимальная частота дискретизации, Гвыб/с | 16 | 20 | 80 | 160 | 256 | |
| Максимальная глубина памяти, Мвыб | 400 | 800 | 2000 | | | |
| Разрядность АЦП, бт | 10 | | 8 | | 10 | |

Для России максимальная полоса пропускания составляет 59 ГГц

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФОВ INFINIUM

Программное обеспечение для анализа сохраненных результатов измерений осциллографов Infiniium



С помощью комплекса программ анализа «N8900A Infiniium Offline», работающего на ПК, можно вызывать и автономно анализировать сохраненные формы сигнала осциллографа из серий Infiniium и InfiniiVision компании Keysight Technologies. При этом комплекс программ поддерживает большое число различных форматов данных других производителей. Доступны все стандартные функции серии Infiniium: до 60 встроенных видов измерения, 20 математических операций, включая быстрое преобразование Фурье и фильтры, а также до 4 математических функций. Возможно подключение расширений, например, алгоритмов декодирования протокола, анализа диаграммы джиттера, анализа глазковой диаграммы и восстановления тактовой последовательности.

Программное обеспечение MultiScope для увеличения количества аналоговых каналов осциллографов

Все больше приложений, например, запоминающие устройства DDR (Double Data Rate, двойная скорость передачи данных) или MIMO (Multiple Input, Multiple Output, многоканальный вход — многоканальный выход), — требуют количество аналоговых каналов осциллографа более четырех.

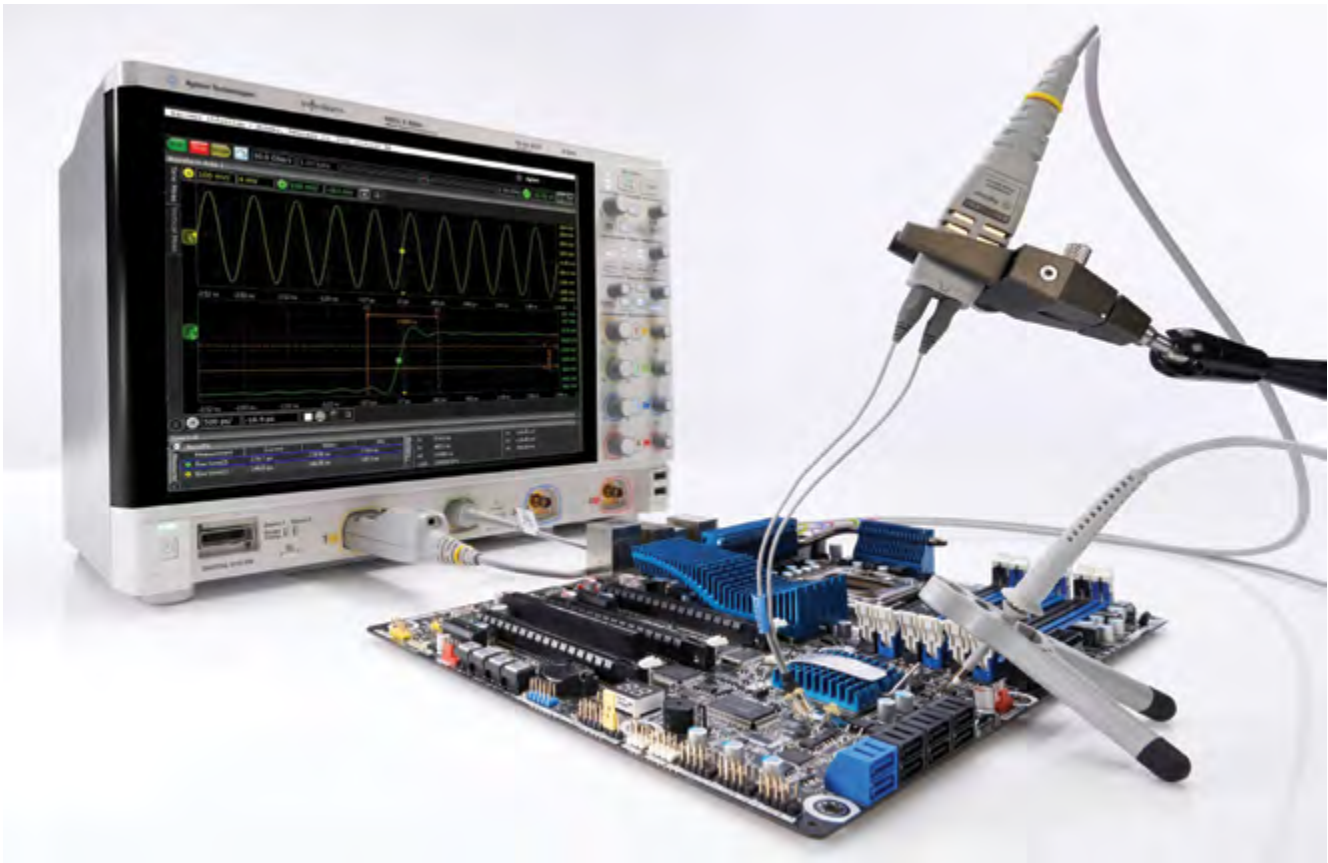
С помощью комплекса программ для ПК можно объединить до десяти 4канальных осциллографов серий Infiniium и InfiniiVision

компании Keysight Technologies, чтобы синхронно и с привязкой по времени отображать до 40 сигналов.

При этом всеми осциллографами управляет комплекс программ для ПК; результаты отображаются на ПК. Автоматическая автоподстройка обеспечивает синхронизацию канала на уровне 1 пс. При этом управление сопряженных осциллографов осуществляется через LAN или USB.



ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБНИКИ



Осциллограф представляет собой лишь часть системы, которая определяет, насколько точно вы можете отображать и анализировать сигналы. Пробники, которые предназначены для подключения осциллографа к тестируемому устройству, играют важнейшую роль в обеспечении целостности сигнала. Если к осциллографу с полосой пропускания 1 ГГц подключить пробник, который поддерживает полосу пропускания всего 500 МГц, то полоса пропускания осциллографа будет серьезно ограничена, и возможности прибора нельзя будет полностью реализовать. В этом разделе рассматриваются типы пробников и области применения каждого из них. Ни один пробник не в состоянии абсолютно правильно воспроизвести исследуемый сигнал, потому что при подключении пробника к схеме он становится частью этой схемы. Часть электрической энергии в цепи течет через пробник. Это явление называется нагрузкой. Различают три типа нагрузки: резистивная, емкостная и индуктивная.

Резистивная нагрузка может привести к некорректному отображению амплитуды сигнала. Она также является причиной неправильного функционирования исследуемой схемы при подключении к ней пробника. Рекомендуется убедиться, что сопротивление пробника не менее чем в десять раз превышает сопротивление источника, чтобы снижение амплитуды было не больше десяти процентов.

Емкостная нагрузка может привести к уменьшению скорости нарастания сигнала и сужению полосы пропускания. Для уменьшения емкостной нагрузки следует выбирать пробники, полоса пропускания которых, по крайней мере, в пять раз превышает максимальную частоту исследуемого сигнала.

Влияние индуктивной нагрузки приводит к искажению измеряемого сигнала и проявляется в виде «звона» в сигнале. Причиной ее возникновения является индуктивность провода заземления пробника, поэтому рекомендуется использовать провод заземления минимально возможной длины.

Надлежащее подключение к тестируемому устройству очень важно для проведения качественных осциллографических измерений, а пробник зачастую является первым звеном в цепи осциллографического измерения. Если характеристики пробника не соответствуют вашей прикладной задаче, вы будете наблюдать на экране осциллографа искаженные или вводящие в заблуждение сигналы. Выбор надлежащего пробника для решения конкретной задачи — это первый шаг в направлении к получению надёжных результатов измерений. То, как вы используете пробник, также влияет на возможность проводить точные измерения.

Пассивные пробники, как правило, недороги, надежны и просты в использовании. Они обеспечивают достаточную универсальность и точность измерений. Этот тип пробников включает низкоомные пробники с резистивным делителем напряжения, компенсированные высокоомные пробники с делителем напряжения и высоковольтные пробники. Пассивные пробники обычно обеспечивают относительно высокую емкостную и низкую резистивную нагрузку на исследуемую схему.

Для работы активного пробника требуется источник питания, обеспечивающий подачу напряжения на активные компоненты в самом пробнике. Необходимое питание иногда подается через кабель USB с внешнего источника, а иногда может осуществляться непосредственно от осциллографа. В активных пробниках для усиления или преобразования сигнала используются активные компоненты. Активные пробники поддерживают гораздо более широкие полосы пропускания, поэтому именно они являются оптимальным выбором для использования с высокопроизводительными осциллографами.

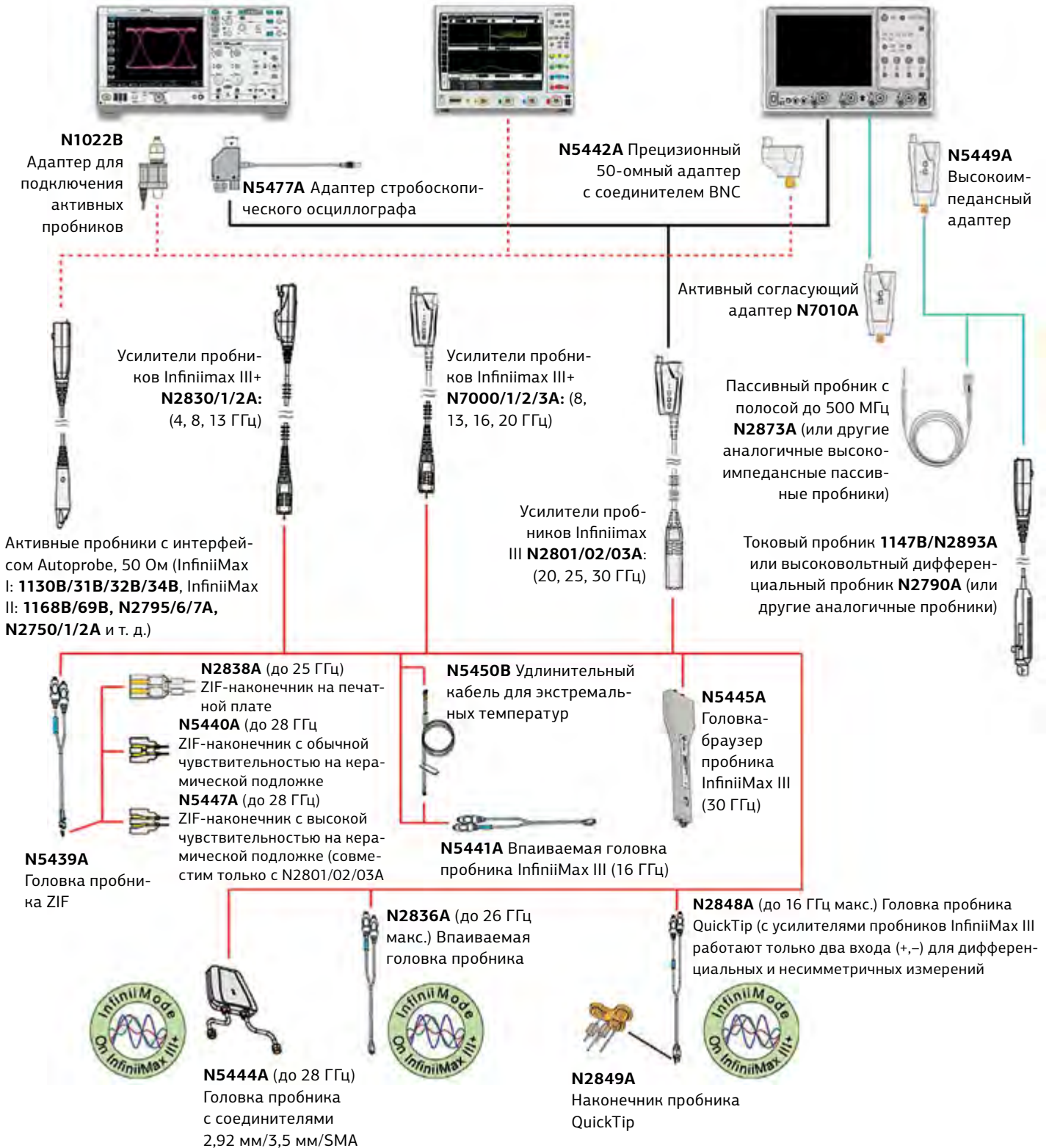
Токовые пробники используются для измерения тока, протекающего в цепи. Обычно они имеют довольно большие габаритные размеры и ограниченную полосу пропускания (до 100 МГц).

Руководство по конфигурированию активных пробников InfiniiMax III Plus

Многофункциональный инструмент анализа 86100D DCA-X

Осциллограф серии 90000A/S

Осциллограф серии 90000X/Q/Z/V, либо UXR (с полосой пропускания до 33 ГГц)



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ПРОБНИКОВ

СОВЕТ **1** **Пассивный или активный пробник**

Для стандартных измерений в диапазонах низких и средних частот хорошим выбором являются высокоимпедансные пассивные пробники с резисторным делителем. Эти прочные и недорогие пробники обладают широким динамическим диапазоном (более чем 300 В) и высоким входным сопротивлением для согласования с входным импедансом осциллографа. Однако они представляют более высокую ёмкостную нагрузку для тестируемого устройства и имеют менее широкие полосы пропускания, чем низкоимпедансные (z_0) пассивные и активные пробники. В целом, высокоимпедансные пассивные пробники являются отличным выбором для отладки и поиска неисправностей большинства аналоговых и цифровых схем. **Для** высокочастотных приложений, когда требуется точность измерений во всём широком диапазоне частот, необходимы активные пробники. Они дороже, чем пассивные пробники, и их входной динамический диапазон по напряжению ограничен, но вследствие значительно меньшей ёмкостной нагрузки для тестируемого устройства они обеспечивают возможность более точного исследования быстрых сигналов.

СОВЕТ **2** **Проверяйте нагрузку, создаваемую пробником**

Перед проведением измерений подсоедините наконечник используемого пробника к контрольной точке тестируемого устройства, а затем подсоедините второй такой же пробник к той же самой точке. В идеальном случае Вы не должны заметить никаких изменений в исследуемом сигнале. Если Вы наблюдаете изменения, их причиной является нагрузка пробника. Возможно, Вам потребуется внести коррективы в схему подключения или рассмотреть использование пробника с меньшей нагрузкой, чтобы улучшить результаты измерения. Например, в рассматриваемом случае уменьшение длины проводника заземления позволило добиться нужного результата.

СОВЕТ **3** **Компенсируйте пробник перед использованием**

Большинство пробников спроектированы таким образом, чтобы обеспечить соответствие входам конкретных моделей осциллографов. Однако незначительные изменения наблюдаются не только между отдельными образцами осциллографов, но даже между разными каналами одного и того же осциллографа. Убедитесь в том, что Вы проверили компенсацию пробника, когда в первый раз подключаете пробник ко входу осциллографа, поскольку, возможно, ранее он был настроен по отношению к другому входу. Чтобы решить эту проблему, большинство пассивных пробников имеют встроенные схемы резисторно-конденсаторного (RC) делителя. Компенсация пробника — это процесс настройки делителя, имеющий целью поддержание коэффициента деления пробника постоянным во всей его нормированной полосе пропускания.

Если осциллограф способен автоматически учитывать характеристики пробников, имеет смысл использовать эту функцию. В противном случае используйте ручную компенсацию для подстройки конденсатора переменной емкости пробника. Большинство осциллографов имеют выход опорного сигнала прямоугольной формы (меандра) на передней панели для компенсации пробников. Вы можете присоединить наконечник пробника к этому выходу сигнала для компенсации пробников, а пробник подключить ко входу осциллографа. Наблюдая вид опорного сигнала (меандра), выполните надлежащую настройку пробника, используя небольшую отвёртку, чтобы сигнал прямоугольной формы на экране осциллографа выглядел прямоугольным.

СОВЕТ **4** **Проверьте ослабление синфазных сигналов**

Одной из наиболее трудных для понимания проблем при использовании пробников является их способность подавлять синфазные сигналы, которая может снизить качество измерений. Как при использовании несимметричных, так и дифференциальных пробников всегда имеет смысл подсоединить оба конца пробника к точке заземления («земле») тестируемого устройства и проверить, появляются ли на экране какие-либо сигналы. Если сигналы появляются, они показывают уровень искажений сигнала из-за отсутствия ослабления синфазных сигналов. Токи синфазных помех, источники которых не связаны с измеряемым сигналом, могут протекать от «земли» тестируемого устройства через проводник заземления пробника и далее на экранирующую оболочку кабеля.

Источники синфазных помех могут находиться как внутри испытываемого устройства, так вне его. Примерами таких источников являются помехи в цепях питания, электромагнитные помехи или токи электростатических разрядов. Длинный проводник заземления несимметричного пробника может сделать эту проблему очень значительной. Недостатком несимметричного пробника является его неспособность подавлять синфазные сигналы. Дифференциальные активные пробники обеспечивают высокие значения коэффициента ослабления синфазного сигнала, обычно достигающие 80 дБ (10,000:1).

СОВЕТ **5** **Проверьте связь пробника**

Подсоединив пробник к сигналу, перемещайте кабель пробника и приподнимайте его руками. Если сигнал на экране изменяется значительно, значит, на экранирующей оболочке кабеля накапливается энергия, вызывающая эти изменения. Использование ферритового сердечника на кабеле пробника может помочь улучшить точность измерения за счёт уменьшения токов синфазных помех в экранирующей оболочке кабеля. Ферритовый сердечник на кабеле пробника создаёт последовательный импеданс параллельно резистору в проводнике. Добавление ферритового сердечника к кабелю пробника оказывает очень хорошее влияние на сигнал, поскольку он проходит сквозь сердечник по центральному проводнику и возвращается сквозь сердечник по экранной оболочке, в результате чего соблюдается нулевой баланс тока, протекающего сквозь сердечник.

Положение ферритового сердечника на кабеле очень важно. Из соображений удобства Вы можете решить поместить сердечник на том конце пробника, который подключается к осциллографу. За счёт этого головка пробника будет легче и удобнее в обращении. Однако при этом эффективность сердечника будет значительно снижена, если поместить сердечник на конце кабеля, где находится интерфейс пробника.

Уменьшение длины проводника заземления несимметричного пробника в некоторой степени может решить данную проблему. Замена его на дифференциальный пробник обычно помогает в значительно большей степени. Многие пользователи не понимают, что условия окружающей среды, в которых находится кабель пробника, могут вызывать изменения в результатах измерения, особенно на высоких частотах, а это может привести к тому, что повторяемость и качество результатов измерений окажутся неудовлетворительными.

СТРОБОСКОПИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ С ПОЛОСой ПРОПУСКАНИЯ БОЛЕЕ 100 ГГц

Модульный стробоскопический осциллограф с полосой пропускания более 100 ГГц N1000A



Решение обеспечивающее целостность сигнала Ваших электрических и оптических устройств, для скоростных последовательных интерфейсов, кабелей и печатных плат в полосе более 100 ГГц.

Имея до четырех высокопроизводительных устройств в одном, стробоскопический осциллограф N1000A является стандартом в технике оптической связи. Эти устройства предоставляют широкий спектр возможностей анализа: джиттер, RIN (Relative Intensity Noise, относительная интенсивность шумов), OM-Faktor (добротность), глазковая диаграмма, тестирование по маске, TDR/TDT (измерение параметров передачи/отражения), S-параметры, интерфейс MATLAB, и многие другие.

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | N1000A |
|------------------------------------|--|
| Система | модульная (оптическая / электрическая) |
| Каналы | до 16 |
| Аналоговая полоса пропускания | DC до 100 ГГц |
| Макс. глубина памяти на один канал | конфигурируемая |
| Дисплей | 26,4 см сенсорный экран |
| Вертикальное разрешение | 14-битный АЦП (аналого-цифровой преобразователь) |
| Триггер внутренний | автономный |
| Триггер внешний | От 50 МГц до 32 ГГц |

| МОДУЛЬ | ОПИСАНИЕ |
|--|---|
| Оптические/электрические модули | |
| N1030A | Модуль с одним оптическим каналом. Полоса пропускания: до 65 ГГц (для оптического канала) или до 95 ГГц (для электрического канала) |
| N1030B | Модуль с двумя оптическими каналами. Полоса пропускания: до 65 ГГц |
| Модули с 2/4 электрическими каналами | |
| N1040A | Модуль с двумя электрическими каналами, максимального значения полосы пропускания 33 ГГц или 60 ГГц |
| N1045B | Электрический модуль с выносными измерительными головками, 2/4 порта, 60 ГГц |
| N1046A | Электрический модуль с выносными измерительными головками, 1/2/4 порта, 75/85/100 ГГц |
| Модули TDR/TDT | |
| N1055A | Модуль для измерения параметров отражения/передачи с выносными головками, 2/4 порта, 35/50 ГГц |
| Модули прецизионных анализаторов сигналов | |
| N1060A | Прецизионный анализатор сигналов, полоса пропускания более 90 ГГц |
| Решения для восстановления тактового сигнала | |
| N1076B | Модули восстановления электрического тактового сигнала |
| N1077A/78A | Модули восстановления оптического/электрического тактового сигнала N1077A |

ОПТИЧЕСКИЙ СТРОБОСКОПИЧЕСКИЙ ОСЦИЛЛОГРАФ N1090A / N1092A/B/D DCA-M

N1092D



N1090A



N1092B



Анализаторы цифровой связи N109x предлагают оптические и электрические входы с частотным диапазоном до 42 ГГц для оптических и до 20 ГГц для электрических входов; предназначены для анализа оптических систем передачи данных.

Применяются в научных исследованиях, разработке и производстве для измерения всех параметров передачи данных по оптоволокну. Возможна установка фильтров для самых разных стандартов передачи данных: Ethernet 10, 100 или 400 G, Fibre Channel, OC-48/ STM-16 и [OC-192/STM-64](#).

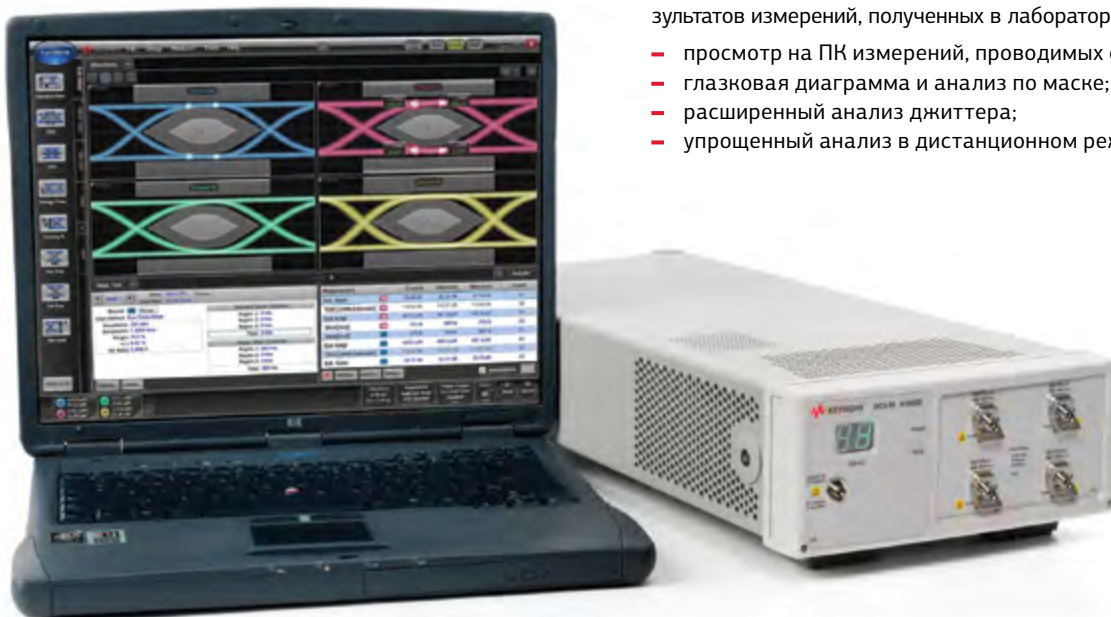
Доступные для заказа модули:

- N1090A:** 1 оптический канал, от 1 до 10 Гб/с (опционально до 11,3 Гб/с),
1 опциональный электрический канал с полосой пропускания 12,4 и 20 ГГц
- N1092A:** 1 оптический канал, от 20 до 28 Гб/с (опционально от 8 до 42 Гб/с)
- N1092B:** 2 оптических канала, от 20 до 28 Гб/с (опционально от 8 до 42 Гб/с)
- N1092D:** 4 оптических канала, от 20 до 28 Гб/с (опционально от 8 до 42 Гб/с)

ДИСТАНЦИОННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРИБОРОВ 86100C DCA-J, 86100D DCA-X, N9010A и N1092A/B/D

Это бесплатное программное обеспечение позволяет управлять приборами DCA-M, а также проводить обработку и анализ результатов измерений, полученных в лаборатории, например:

- просмотр на ПК измерений, проводимых осциллографом;
- глазковая диаграмма и анализ по маске;
- расширенный анализ джиттера;
- упрощенный анализ в дистанционном режиме.



ЛОГИЧЕСКИЕ АНАЛИЗАТОРЫ



Выбирая между осциллографом и логическим анализатором, многие инженеры отдают предпочтение осциллографу. Однако в некоторых случаях польза от осциллографа весьма невелика. Существует множество задач, где логический анализатор может оказаться куда полезней.

Осциллограф применяется, если:

- требуется увидеть небольшие выбросы на сигнале
- необходима высокая точность при определении временных интервалов

Логический анализатор применяется, если:

- необходимо увидеть много сигналов одновременно
- необходимо представить сигналы именно так, как видит их само оборудование
- необходимо синхронизироваться от определенной комбинации сигналов на нескольких линиях и увидеть результат

Когда сигнал в вашей системе пересекает пороговое значение, логический анализатор реагирует на него точно так же, как и сама логическая схема. Он распознает лишь два состояния сигнала — «ноль» или «единица». Кроме того, он может синхронизироваться по определенному сочетанию нулей и единиц исследуемых сигналов.

В общем случае логический анализатор применяется тогда, когда нужно увидеть больше сигналов, чем может показать осциллограф. Логические анализаторы очень полезны для определения временных соотношений или для исследования данных, передаваемых по шине, например, адресов, данных или управляющих сигналов на шине микропроцессора. Они могут декодировать информацию на шинах микропроцессоров и представлять ее в осмысленном виде.

Многие логические анализаторы состоят из двух анализаторов. Первый из них — это анализатор временных диаграмм (АВД), а второй — анализатор логических состояний (АЛС).

Анализатор временных диаграмм выводит информацию практически в том же виде, что и осциллограф, откладывая по горизонтальной оси время, а по вертикальной — уровень напряжения. Поскольку форма сигналов в обоих приборах зависит от времени, говорят, что они представляют сигнал во временной области.

Анализатор временных диаграмм подобен цифровому осциллографу с вертикальным разрешением один бит. При разрешении один бит анализатор видит только два состояния — «ноль» или «единицу». Для него существует лишь один, определенный пользователем порог напряжения.

Если сигнал в момент дискретизации превышает порог, анализатор отображает его как сигнал высокого уровня или «единицу». Если сигнал оказывается ниже порога, он отображается как «ноль» или сигнал низкого уровня. В результате создается список нулей и единиц, представляющий собой однобитное представление входного сигнала.

Что такое анализатор логических состояний?

«Логическим состоянием» логической схемы называется значение шины или линии в момент, когда данные достоверны.

Давайте рассмотрим обычный D-триггер. Данные на входе D недостоверны до тех пор, пока не появится положительный фронт тактового сигнала. Таким образом, состояние этого триггера соответствует моменту появления положительного фронта тактового сигнала. Теперь представьте, что у нас есть восемь таких триггеров. Все восемь подключены к одному и тому же тактовому сигналу. При появлении положительного фронта тактового сигнала все восемь триггеров захватывают данные со своих D-входов, и это происходит при каждом положительном фронте тактового сигнала. Эти восемь линий аналогичны шине микропроцессора. Если мы подключим к этим восьми линиям логический анализатор и скажем ему, регистрировать данные при каждом появлении положительного фронта тактового сигнала, анализатор как раз и будет анализировать логические состояния. Никакая активность на входе не будет регистрироваться, пока сигнал тактовой частоты не перейдет в единицу.



Анализатор временных диаграмм использует для управления дискретизацией встроенный генератор тактовой частоты, в результате он асинхронно дискретизирует сигналы исследуемой системы. Анализатор состояния дискретизирует сигналы синхронно, поскольку он получает тактовую частоту от самой системы. Как правило, анализатор состояния выводит данные в виде списка, тогда как анализатор временных диаграмм выводит данные в виде временной диаграммы.

ЛОГИЧЕСКИЕ АНАЛИЗАТОРЫ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

ПОРТАТИВНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ АНАЛИЗАТОРЫ СЕРИИ 16860



- Автоматическое определение порогового уровня/позиции сбора данных для точного измерения характеристик высокоскоростных шин
- Одновременное отображение глазковых диаграмм по всем каналам для более быстрого выявления проблемных сигналов
- Глубина памяти 2 Мбайт в стандартной комплектации

Технические характеристики

| МОДЕЛИ | 16861A | 16862A | 16863A | 16864A |
|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| Количество каналов | 34 | 68 | 102 | 136 |
| Скорость передачи данных (АЛС), Гбит/с | До 1,4 | | | |
| Частота тактового сигнала (АЛС), МГц | До 700 | | | |
| Частота сбора данных (АВД) (все каналы), ГГц | До 2,5 | | | |
| Частота сбора данных (АВД) (половина каналов), ГГц | До 5 | | | |
| Частота сбора данных (АВД) (четверть каналов), ГГц | До 10 | | | |
| Глубина памяти (АВД) (все каналы), Мбайт | До 128 | | | |
| Глубина памяти (АВД) (половина каналов), Мбайт | До 256 | | | |
| Глубина памяти (АВД) (четверть каналов), Мбайт | До 512 | | | |
| Частота сбора данных (АВД, функция Timing Zoom), ГГц | 12,5 (разрешение 80 пс) | | | |
| Глубина памяти (АВД, функция Timing Zoom), тыс. выборок | 256 | | | |
| Дисплей | Цветной сенсорный, 15 дюймов | | | |

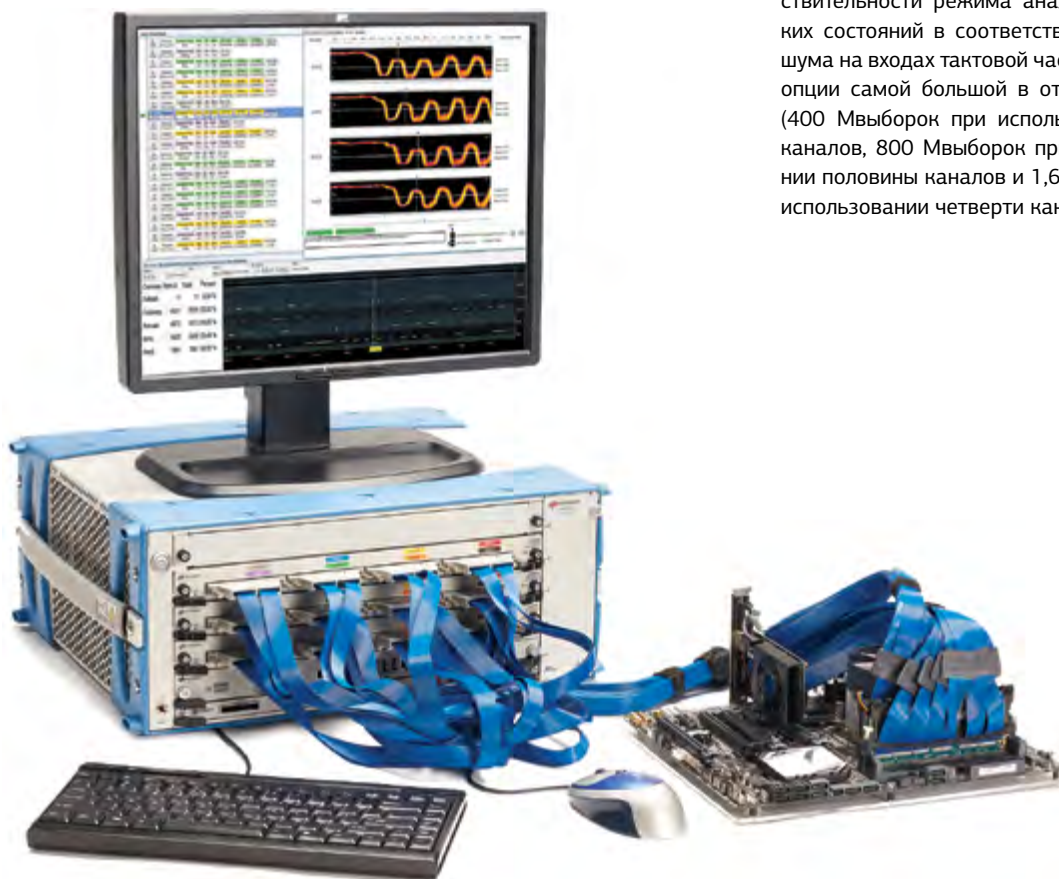
ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР В ФОРМАТЕ AXIe

Модуль логического анализатора U4164A

Модуль логического анализатора U4164A имеет два новых режима работы: режим анализа логических состояний (АЛС) с четырьмя выборками и режим анализа временных диаграмм (АВД) с использованием четверти каналов с частотой сбора данных до 10 ГГц. Режим анализа логических состояний с четырьмя выборками позволяет получить четыре различных позиции сбора данных на двух независимо настраиваемых пороговых уровнях из одной контрольной точки на каждом входе.

Режим анализа логических состояний с четырьмя выборками означает, что для измерения параметров высокоскоростных сигналов (например, LPDDR4 и DDR4, для которых нужны различные позиции сбора данных для считывания и записи данных и отдельные выборки для фронта/спада сигнала при скорости передачи данных более 2,5 Гбит/с) потребуется меньше памяти. Режим анализа временных диаграмм с использованием четверти каналов (10 ГГц) обеспечивает глубину памяти до 1,6 Гвыборок на каждый вход.

Помимо новых режимов работы, модуль логического анализатора U4164A предлагает ряд новых функций, которые помогают инженерам-разработчикам ускорить отладку быстродействующих цифровых схем и модулей памяти DDR/LPDDR. Новые функции включают управление компенсацией фазового сдвига в режиме анализа временных диаграмм, двойные пороги в режиме анализа логических состояний с двумя выборками, управление гистерезисом тактовой частоты для настройки чувствительности режима анализа логических состояний в соответствии с уровнем шума на входах тактовой частоты, а также опции самой большой в отрасли памяти (400 Мвыборок при использовании всех каналов, 800 Мвыборок при использовании половины каналов и 1,6 Гвыборок при использовании четверти каналов).



Технические характеристики

| МОДУЛЬ ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА | U4164A |
|---|--------|
| Количество каналов (в одном модуле) | 136 |
| Скорость передачи данных (АЛС), Гбит/с | До 4 |
| Частота сбора данных (АВД) (все каналы), ГГц | 2,5 |
| Частота сбора данных (АВД) (половина каналов), ГГц | 5 |
| Частота сбора данных (АВД) (четверть каналов), ГГц | 10 |
| Глубина памяти (АВД) (все каналы), Мбайт | До 400 |
| Глубина памяти (АВД) (половина каналов), Мбайт | До 800 |
| Глубина памяти (АВД) (четверть каналов), Гбайт | До 1,6 |
| Частота сбора данных (АВД, функция Timing Zoom), ГГц | 12,5 |
| Глубина памяти (АВД, функция Timing Zoom), тыс. выборок | 256 |

Решения для ТЕСТИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ



РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА БИТОВЫХ ОШИБОК (BERT) KEYSIGHT TECHNOLOGIES



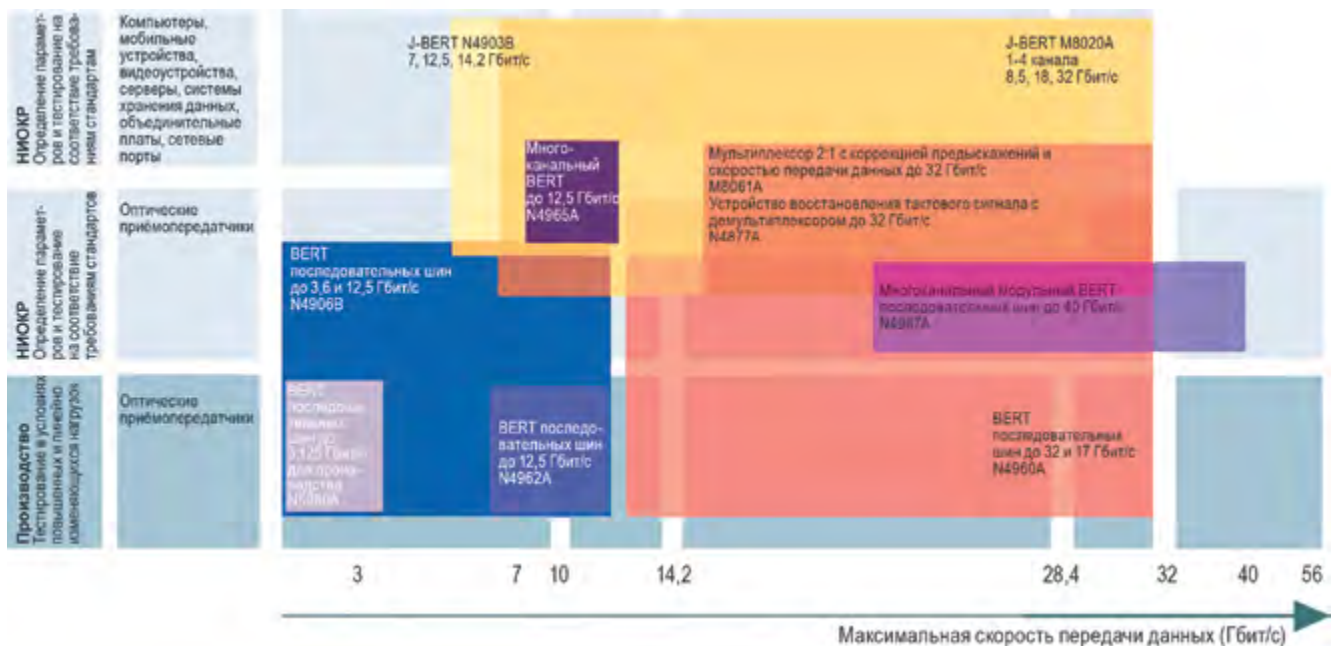
Имея выбор от удобных испытательных приборов для испытаний при производстве до высокопроизводительных приборов для снятия характеристик и проверки совместимости на скорости до 32 Гб/с, Вы всегда найдете необходимое оборудование.

Приборы BERT позволяют вести точную и эффективную проверку конструкции, снятие характеристик, проверку соответствия и производственное испытание высокоскоростных коммуникационных интерфейсов на актуальных микросхемах ASIC, компонентах и модулях в полупроводниковой промышленности, промышленности средств вычислительной техники и промышленности средств связи.

С четырьмя доступными семействами приборов BERT компания Keysight поддерживает широкий выбор разных скоростей для прикладных задач, обеспечивая гибкость решений для каждой задачи анализа входных сигналов.

Все приборы BERT предлагают эффективный инструмент для применения в решении критичных измерительных задач, которые возникают при проектировании и разработке современных и будущих устройств с гигабитными интерфейсами.

При этом для тестирования и снятия характеристик Вы можете использовать самые разные высокоскоростные цифровые интерфейсы, например: OMPI, FBDIMM, PCI Express®, SATA / SAS, USB, Thunderbolt, DisplayPort, HDMI, MHL, MIPI, UHSII, Fibre Channel, XAUI/10 Гб Ethernet, CAUI/100 GbE, CEI и другие шины, модули XFI/XFP/SFP+/OMSPF/CFP, OTN, и PONOLT, Serdes, DAC, ADC и др.



ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ BERT-ТЕСТЕРОВ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

| ТЕСТИРУЕМОЕ УСТРОЙСТВО | СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ | ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ | ТИПОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ | РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕСТЕРЫ KEYSIGHT | |
|---|---------------------------|---|--|--|----------------------------|
| | | | | ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ | ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА |
| Высокоскоростные последовательные приёмники компьютерных шин и объединительных плат | До 16 Гбит/с | QPI, PCI Express, SATA, SAS, USB3, TBT, DP, MIPI® D-PHY™/M-PHY®, HDMI, MHL, UHS II, SMI | Скорость передачи данных < 10..16 Гбит/с, калиброванный джиттер, генерация тактового сигнала с распределенным спектром (SSC), межсимвольных помех и синусоидальных помех, восстановление тактового сигнала, задание последовательностей кодовых комбинаций | J-BERT M8020A, J-BERT N4903B, ParBERT 81250 | Нет |
| Объединительные платы, устройства SerDes, AOC, повторители | От 10 Гбит/с до 28 Гбит/с | 100 Gbase-KR4/-CR4, CEI, IB, TBT, CAUI, CAUI 2/4, 10 Gbase-KR | Скорость передачи данных > 10 Гбит/с, коррекция передыскажений, перекрестные помехи, PRBS (псевдослучайные двоичные последовательности) | J-BERT M8020A, J-BERT N4903B, M8061A, N4960A, N4965A, N4877A | Нет |
| Межмикросхемные интерфейсы с модуляцией PAM-4 | 10 Гбод до 25 Гбод | 10 Gbase-KP, CEI 56G-VSR | Генерация сигналов сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией (PAM-4) | M8195A | Нет |
| Оптические приёмопередатчики и субкомпоненты: от 0,6 до 44 Гбит/с | От 25 Гбит/с | 40 G/100 GbE, 32 G FC, CFP 2/4 | Скорость передачи данных > 16 Гбит/с, чистые сигналы, PRBS | N4960A, N4967A, J-BERT M8020A/ N4903B + M8061A/ N4877A | N4960A, N4967A |
| | 10 Гбит/с | 10 G/40 GbE, PON, OTN, 8 G/16 G FC, QSFP, SFP+, QFP | Скорость передачи данных от 3 до 15 Гбит/с, PRBS, тестирование оптической нагрузки и чувствительности, структурированные последовательности импульсов | J-BERT M8020A, J-BERT N4903B, N4917A, ParBERT | N2101B, N4906B-012, N4962A |
| | До 4 Гбит/с | 1 GbE, XFP, PON, 1 G/2 G/4 G FC | Скорость передачи данных < 3,5 Гбит/с, быстрая синхронизация битов, PRBS или структурированные последовательности импульсов | N4906B-003, ParBERT 3.3 G | N5980A, ParBERT |

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ

Одной из наиболее важных измерительных задач в радиотехнике является анализ цепей (электрических схем). Анализ цепей представляет процесс измерения матрицы рассеяния (матрицы S-параметров), полученной с помощью тестирования по методу стимул в интересующем диапазоне частот. Анализаторы цепей позволяют проводить измерения параметров широкого спектра изделий — от пассивных компонентов до сложных устройств. Возможность измерения параметров материалов с помощью векторных анализаторов цепей, делает данные приборы незаменимыми в различных областях промышленности, науки и медицины.

Векторный анализатор цепей представляет собой сложное многоцелевое испытательное оборудование в области ВЧ и СВЧ радиотехники. Векторные анализаторы цепей позволяют измерять как амплитуду, так и фазу сигнала при прохождении через тестируемое устройство. Они используются на стадии научных исследований и разработок, а так же при проведении испытаний в промышленном производстве.



Анализаторы цепей предназначены для проведения таких измерений, как

- измерение S-параметров в непрерывном и импульсном режиме
- анализ полного импеданса (иммитанса)
- измерение коэффициента шума
- измерение компрессии коэффициента усиления
- измерение интермодуляционных искажений
- измерение потерь преобразователей частоты
- измерение группового времени запаздывания по фазе
- измерение АЧХ и ФЧХ устройств
- измерение с использованием истинных дифференциальных сигналов (дифференциальные измерения)
- анализ S-параметров устройств с временным стробированием
- измерения во временной области
- анализ спектра сигнала после прохождения через тестируемое устройство
- измерение S-параметров мощных нелинейных устройств (X-параметры)
- измерение параметров материалов
- антенные измерения

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Анализаторы цепей представлены четырьмя основными видами исполнения для использования в самых различных условиях:



1. Для решения задач, связанных с измерениями в полевых условиях, при низких температурах, для удаленного контроля параметров антенн (достаточно один раз разместить прибор на объекте), — анализаторы цепей представлены портативными решениями.
2. Для решения задач разработки и тестирования в лабораторных условиях и на производстве, а также для тестирования опытных образцов с высочайшим уровнем характеристик, — предлагаются настольные анализаторы цепей.
3. Если основными задачами являются минимизация массо-габаритных параметров измерительной аппаратуры, создание компактного комплекса для всестороннего тестирования многопортовых устройств в одном корпусе или стойке, — следует обратить внимание на модульные анализаторы цепей в формате PXIe.
4. В случаях, когда есть необходимость перемещать анализатор цепей между лабораториями, максимально эффективно использовать пространство на рабочих местах или оснастить рабочие места однотипным производственным оборудованием и при этом оптимизировать бюджет — рекомендуется рассматривать новую линейку USB анализаторов цепей StreamLine.

В учебных лабораториях технических ВУЗов при подготовке специалистов, а также во многих радиочастотных лабораториях для измерения S-параметров, мощности и параметров материалов для широкого круга пассивных и активных компонентов, имеющих как несимметричные, так и дифференциальные входы и выходы, требуются векторные анализаторы цепей

различного класса. Устройства могут измеряться с использованием коаксиального или волноводного тракта, или на пластине. На измерение всех необходимых параметров активных устройств, таких как усилители, смесители и преобразователи частоты, зачастую уходит очень много времени: переподключения тестируемых устройств, калибровка измерительного прибора,

настройка оборудования для решения специализированных задач и обработка полученных результатов. Под любые измерительные задачи можно подобрать векторные анализаторы цепей с необходимым набором измерительных приложений, которые позволяют в разы сократить временные затраты на настройку оборудования и обработку результатов [измерений](#).

Для современных систем часто требуются пассивные устройства с высокими характеристиками (фильтры, линии передачи, сумматоры и прочее). Основная задача при тестировании таких устройств — быстро получить точные достоверные данные при минимальных финансовых затратах.

Векторные анализаторы цепей используют передовые методы калибровки и имеют широкий диапазон частот (до ТГц), низкий уровень шума трассы графика, высокую стабильность используемых источников — все это помогает проводить измерения пассивных компонентов с высокой [точностью](#).



Все большее распространение получают **многопортовые устройства**. Чтобы полностью их охарактеризовать, инженерам приходится производить множество переключений тестируемых устройств. Это влечет за собой большие временные затраты и ошибки, вызванные человеческим фактором. Для упрощения проведения многопортовых измерений в векторных анализаторах цепей предусмотрена возможность расширения количества измерительных портов.

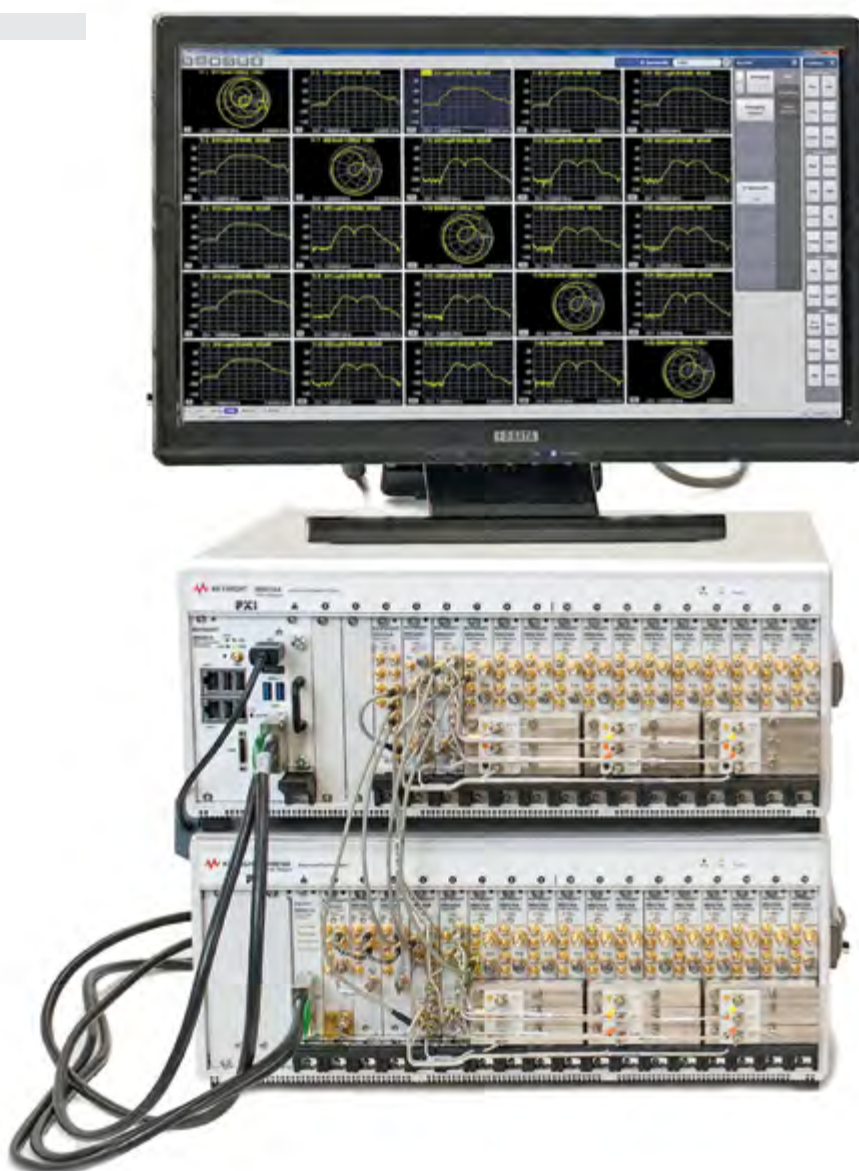
Проверка целостности электронных узлов может оказаться очень сложной задачей даже для опытного инженера. Мало просто провести измерения, их необходимо правильно интерпретировать. Для наглядного представления результатов измерений доступна возможность анализа во временной области, которая позволяет локализовать неисправность и понять ее природу быстро и точно. Возможность использования оконной функции позволяет наблюдать только те отклики, которые нас интересуют (опции измерения во временной области и рефлектометрии во временной области).

При тестировании усилителей требуется измерять такие параметры, как коэффициент усиления, компрессию коэффициента усиления, обратные потери, групповое время запаздывания, коэффициент шума и интермодуляционные искажения. Для упрощения выполнения данных измерений в анализаторах цепей предусмотрены специализированные приложения, позволяющие упростить настройку измерительного оборудования и сократить время, затрачиваемое на проведение измерений (опции измерения компрессии коэффициента усиления, интермодуляционных искажений, измерение коэффициента шума с векторной калибровкой, малошумящий приемник для измерения коэффициента шума).



При тестировании смесителей и преобразователей частоты возникает следующая проблема: частоту источников и приемников необходимо настраивать независимо друг от друга. Для этого анализаторы цепей могут обеспечивать режим измерений со смещением частоты (измерения со смещением частоты, измерение параметров преобразователей частоты со скалярной или векторной калибровкой, измерение преобразователей частоты со встроенным гетеродином).

При проведении измерений смесителей и преобразователей частоты с внешним гетеродином требуется использовать дополнительный источник тестового сигнала. Так же второй источник может понадобиться при измерении гармонических искажений, когда на тестируемое устройство нужно подать 2 сигнала. Решить данные задачи можно, используя дополнительный генератор. Однако это повлечет за собой дополнительные финансовые затраты. В векторных анализаторах цепей высшего класса есть возможность добавления второго встроенного источника и доступны специализированные приложения, упрощающие проведение измерений (добавление второго встроенного источника).



Помимо измерения S-параметров при проведении тестирования устройств, нам необходимо понимать, вносит ли тестируемое устройство искажения в спектр исследуемого сигнала. Для этого нам требуется дополнительное оборудование – анализаторы спектра. Использование дополнительных приборов увеличивает время проведения тестирования и влечет за собой финансовые затраты на приобретение и обслуживание дополнительного оборудования. Сократить время тестирования устройств поможет приложение анализа спектра на анализаторах цепей.

В связи с быстрым развитием радиолокационных технологий и их применений ужесточаются требования к длительности импульсных ВЧ сигналов. Для измерения параметров цепей в импульсных режимах анализаторы цепей обладают возможностью узкополосного и/или широкополосного детектирования импульсов. Метод широкополосного детектирования используется, если большая часть спектра ВЧ-импульса находится в пределах полосы пропускания



приемника. Сбор данных происходит только тогда, когда импульс находится во включенном состоянии. Необходимо использовать импульсный запуск, синхронизированный с частотой повторения импульсов. Узкополосное детектирование используется, если большая часть спектра

ВЧ-импульса находится за пределами полосы пропускания приемника. В случае узкополосного детектирования выборки анализатора не синхронизированы с входным потоком импульсов, сбор данных идет непрерывно. Для создания импульсов необходимы импульсные моду-

ляторы и генераторы. Современные анализаторы цепей могут оснащаться встроенными модуляторами и генераторами импульсов (опции внутренних импульсных модуляторов и генераторов, а так же измерение в импульсном режиме).

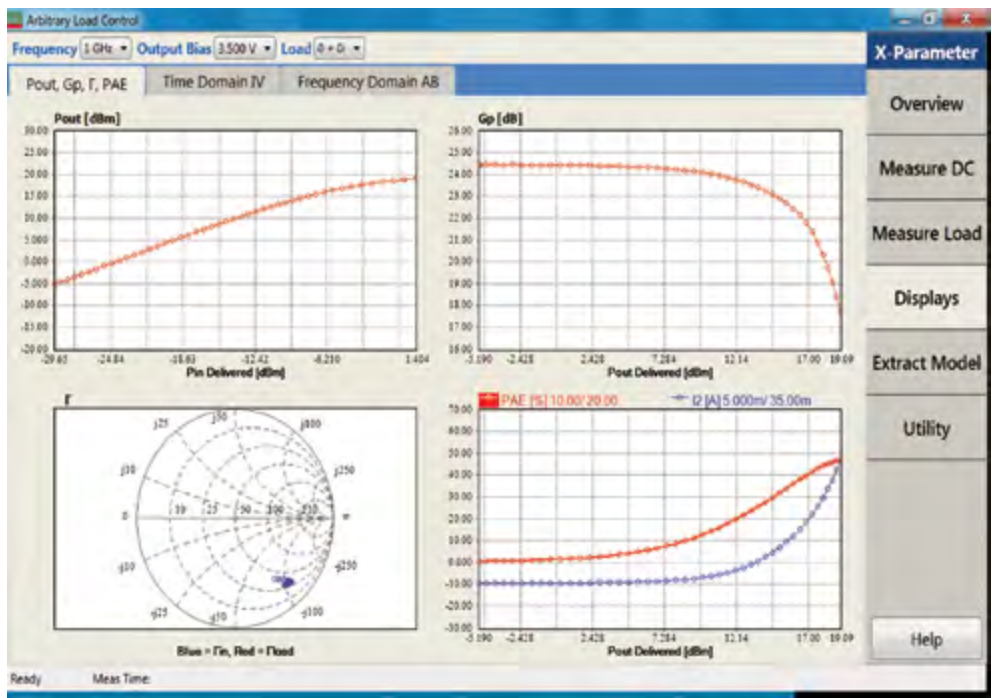
В настоящее время в СВЧ-технике все большее распространение получают дифференциальные устройства. При их тестировании могут возникнуть некоторые трудности. Традиционные 2-пор-

товые ВАЦ с симметрирующими трансформаторами не обеспечивают измерение характеристик в синфазном режиме, преобразование характеристик дифференциального режима в харак-

теристики синфазного режима и наоборот. Трансформаторы по своей сути являются узкополосными устройствами, поэтому для перекрытия широкого диапазона частот нужно несколько ис-

пытательных установок. Фазовые ошибки трансформаторов приводят к погрешностям при измерении дифференциальных характеристик. Современные 4-портовые ВАЦ обеспечивают измерение S-параметров смешанного режима, используя несимметричные сигналы стимулов, однако дифференциальные усилители могут реагировать по-разному, находясь в состоянии компрессии в реальных рабочих условиях. Используя 2 внутренних источника, анализаторы цепей высшего класса компании Keysight с установленным приложением iTMSA позволяют проводить измерения дифференциальных устройств в соответствии с реальными рабочими условиями, обеспечивая точное измерение S-параметров смешанного режима при всех условиях эксплуатации (опция управления фазой источника и приложение для тестирования устройств с дифференциальными и I/Q-входами).





Инженеры, занимающиеся разработкой активных компонентов (усилителей, смесителей и прочее) электрических цепей, сегодня все чаще сталкиваются с необходимостью моделировать их поведение при больших мощностях СВЧ-сигналов. В этом случае активные компоненты работают, как правило, в нелинейных режимах. Для корректного описания компонентов электрических цепей в нелинейном случае, соответствующем высоким уровням подаваемых сигналов, компания Keysight разработала технологию, основанную на новом наборе характеристик цепей, получивших название X-параметров. По сути, технология X-параметров – это расширение модели S-параметров на нелинейную область (опция измерения X-параметров).

С каждым годом диапазоны рабочих частот разрабатываемых устройств увеличиваются. В связи с этим возникает потребность в расширении диапазона частот контрольно-измерительной аппаратуры. Векторные анализаторы цепей способны проводить точные измерения в диапазоне частот до вплоть ТГц с использованием внешних преобразователей частоты различных производителей (опции конфигурируемого измерительного блока, выходы ПЧ).



Каждый материал обладает уникальным набором электрических характеристик, зависящих от его диэлектрических свойств. Точные измерения этих свойств могут обеспечить ученых и инженеров ценной информацией, позволяющей должным образом включить материал в его предполагаемую область применения. Измерение диэлектрических свойств материалов может дать информацию о параметрах, являющихся критическими при проектировании во многих приложениях электроники. Например, потери в изоляции кабеля, импеданс подложки или частота диэлектрического резонатора могут зависеть от их диэлектрических свойств. Эта информация также полезна для улучшения свойств ферритов, поглотителей, а также схем компоновки. Знание диэлектрических свойств материалов также дает преимущества в более современных приложениях

из областей промышленной микроволновой обработки продуктов питания, резины, пластика и керамики. Компания Keysight Technologies Inc. предлагает множество приборов, устройств подключения и программного обеспечения

для измерения диэлектрических свойств материалов. Измерительные приборы компании Keysight, такие как анализаторы цепей, измерители иммитанса и анализаторы импеданса, охватывают диапазоны частот до 325 ГГц.

Доступны устройства подключения для крепления испытываемого материала на основе подходов с использованием коаксиального пробника, коаксиальных/волноводных линий передачи и параллельных пластин.



АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ СЕМЕЙСТВА ENA

Серия ENA сочетает в себе высокие характеристики и быстродействие при относительно небольшой стоимости.

Данные приборы идеально подходят для обучения, решения базовых задач, таких как

- Тестирование ВЧ-компонентов
- Анализ целостности сигналов
- Измерение параметров материалов
- Производственные испытания антенн
- Тестирование фильтров в широком динамическом диапазоне
- Производственные испытания печатных плат
- Измерение пассивных интермодуляционных помех

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ ENA E5061B

Универсальный анализатор цепей серии ENA E5061B обеспечивает надежное измерение основных S-параметров в диапазоне частот до 3 ГГц.

Не требующий больших затрат анализатор цепей E5061B оптимизирован для проведения высокопроизводительных измерений с высокой надежностью и имеет оптимальное соотношение «цена – производительность». Вы можете выбрать решения для тестирования устройств с импедансом как 50, так и 75 Ом.

Опции анализатора цепей НЧ/ВЧ-диапазона представляют собой законченное техническое решение для анализа параметров НЧ-цепей, которое использует два типа измерительных портов.

Встроенный измерительный блок S-параметров обеспечивает свипирование по частоте от 5 Гц до 3 ГГц и имеет широкий динамический диапазон.

Порт для измерения амплитудно-фазовых характеристик обеспечивает прямой доступ к приемнику для НЧ-измерений в диапазоне от 5 Гц до 30 МГц.



Входной импеданс может переключаться между значениями 50 Ом и 1 МОм, что позволяет проводить, в том числе, внутрисхемные измерения схем усилителей и контуров управления

преобразователей постоянного тока. Со специализированной опцией анализатор цепей E5061B может выполнять функции анализатора импеданса.

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ ENA E5063A

E5063A представляет собой анализатор цепей, который прекрасно подходит для испытания пассивных

электронных компонентов, которые должны измеряться на частотах вплоть до 18 ГГц.

Анализатор цепей E5063A является залогом безопасности капиталовложений в будущее развитие и считается важным технологическим достижением, потому что он делает измерения быстрее и обеспечивает существенное повышение эффективности и производительности труда.

Для решения задач по тестированию печатных плат предусмотрена специализированная опция: «анализ во временной области/мастер тестирования» (опция 011).

Имея данные инструменты, Вы сможете проводить измерения в частотной области (обеспечивается анализатором цепей), а опция 011 добавит функции анализа во временной области и специализированный графический интерфейс для производственных испытаний печатных плат. Для подключений несимметричных или дифференциальных пробников число имеющихся портов можно увеличить до четырех путем добавления коаксиальных переключателей U1810B с шиной USB.

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ ENA E5072A

Анализатор цепей E5072A с конфигурируемым измерительным блоком обеспечивает доступ к трактам распространения сигналов между внутренним источником, приемниками, мостами и измерительными портами анализатора. Благодаря этому увеличивается чувствительность анализатора цепей. Конфигурируемый измерительный блок позволяет подключать компоненты и периферийные устройства при решении различных измерительных задач.

Все это обеспечивает гибкость измерительной системы и позволяет использовать анализатор цепей E5072A при определении параметров различных пассивных и активных устройств (например, антенн, усилителей и режекторных фильтров с большим коэффициентом подавления).

Анализатор цепей E5072A может использовать метод калибровки уровня мощности встроенного источника за счет использования специализированных алгоритмов изме-



рений. За счет данной функции анализатор цепей E5072A является недорогим решением

для измерения параметров ВЧ-усилителей.

ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ СЕРИИ ENA E5080B



- Поскольку устройства становятся высокоинтегрированными, для полной характеристики требуется комплексное решение для измерения ВЧ и СВЧ устройств. E5080B обеспечивает производительность и гибкость измерений на частотах до 53 ГГц. Лучший в своем классе динамический диапазон, зашумленность трассы и температурная стабильность гарантируют надежность и воспроизводимость результатов измерений. Интерфейс пользователя и применяемые для удаленного управления и автоматизации SCPI команды позволят в случае необходимости легко перейти к анализаторам цепей PNA более высокого класса.



- Анализатор цепей E5080B обеспечивает широкие функциональные возможности по измерению параметров различных активных и пассивных компонентов, например, усилителей, смесителей, фильтров, дуплексеров, антенн и кабелей, включая балансные измерения тестируемых устройств. Вы можете провести множество измерений за одно подключение за счет большого количества опций, таких как источники постоянного тока, цепи подачи смещения, встроенные генераторы импульсов и модуляторы импульсов. Получите более глубокое понимание работы тестируемого устройства помогут второй встроенный источник и такие программные приложения, как анализ спектра, измерения преобразователей частоты и приложение для измерения коэффициента шума. Выберите вариант с 2 или 4 портами с частотным диапазоном от 9 кГц до 20 ГГц или от 100 кГц до 53 ГГц.

- Наличие у E5080B второго встроенного источника позволяет проводить измерения смесителей и преобразователей частоты без использования дополнительного оборудования, что увеличивает скорость и снижает стоимость измерений
- E5080B использует тот же интерфейс пользователя и те же измерительные приложения, что и другие векторные анализаторы цепей Keysight (VNA), такие как PNA, PXI и USB VNA. Общая программная платформа позволяет легко выбрать правильный уровень производительности, соответствующий бюджету и потребностям измерения.

На новых анализаторах цепей E5080B доступен обширный набор измерительных приложений:

- **Автоматическое исключение влияния оснастки (S96007B)** облегчает проведение измерений устройств, не имеющих коаксиальных соединителей. С помощью данного приложения можно провести калибровку измерительной системы по нужной плоскости (например, при использовании зондовых станций)
- **Измерения во временной области (S96010B)** будет полезно при настройке фильтров, измерении сопротивления линий передачи, стробировании во временной области и пр.
- **Расширенный анализ во временной области с функцией TDR (S96011B)** открывает широкие возможности при решении задач, связанных с высокоскоростной передачей данных. Возможность построения глазковых диаграмм и масок позволяет выполнять более глубокий анализ тестируемых устройств.
- **Измерения в импульсном режиме (S96025B)** позволяет использовать встроенные импульсные модуляторы (опция O21 и O22) и проводить измерения с использованием метода широкополосного детектирования.
- **Измерения коэффициента шума с векторной коррекцией (S96029B)** для высокочастотных измерений КШ и мощности шума усилителей и преобразователей частоты.
- **Измерения преобразователей частоты со скалярной (S96082B) или векторной (S93083B)** калибровкой позволяет легко настроить и откалибровать анализатор цепей при измерении параметров преобразователей частоты. Приложение поддерживает управление внешними генераторами компании Keysight Technologies.



- **Приложение для измерения параметров преобразователей частоты со встроенным гетеродином (S96084B)** позволяет настроить приемник анализатора цепей на выходную частоту преобразователя частоты без необходимости доступа к внутренним гетеродидам, либо общему опорному сигналу.
- **Приложение для измерения компрессии усиления GCA (S96086B)** обеспечивает измерение уровней входной и выходной мощности, коэффициента усиления и фазы в точке компрессии усилителя/преобразователя частоты в заданном диапазоне частот. Режим SMART Sweeper позволяет выполнять эти измерения быстро и просто. Приложение GSA включает мастер калибровки, корректирующий абсолютные уровни мощности, АЧХ и ошибки рассогласования.
- **Приложение анализа спектра (S96090B)** на основе БПФ и оптимизированной обработки данных обеспечивает быстрый поиск паразитных сигналов в широких диапазонах частот.
- **Приложение тестирования устройств с дифференциальными и I/Q- входами (S96089B)** объединяет управление фазой нескольких внутренних или внешних источников с режимом смещения частоты, упрощая тестирование I/Q-модуляторов/преобразователей и дифференциальных смесителей, а также измерения гармонических составляющих дифференциальных усилителей.

Анализаторы цепей семейства ENA. Основные технические характеристики

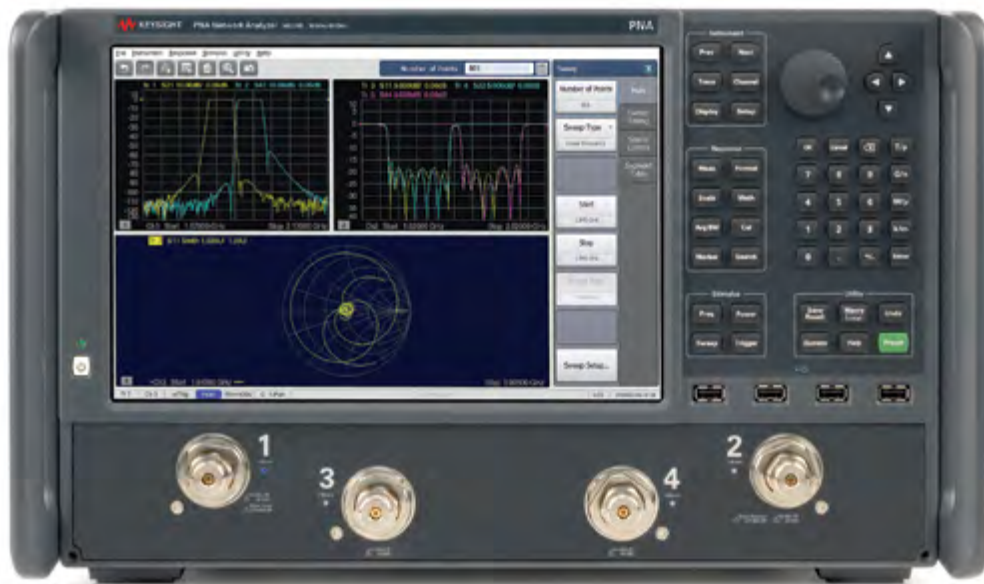
| | E5061B | E5063A | E5072A | E5080B |
|--|------------------------------|----------------------|----------------------|--|
| Диапазон частот | От 5 Гц или 100 кГц до 3 ГГц | От 100 кГц до 18 ГГц | От 30 кГц до 8,5 ГГц | От 9 кГц до 20 ГГц От 100 кГц до 53 ГГц |
| Количество измерительных портов | | 2 | | 2 или 4 |
| Системный импеданс, Ом | 50 или 75 | | 50 | |
| Число источников | | 1 | | 1 или 2 |
| Максимальная выходная мощность, дБм | 10 | 0 | 16 | 13 |
| Максимальный динамический диапазон (ТХ, при полосе ПЧ = 10 Гц), дБ | 120 | 117 | 123 | 140 |
| Уровень шумности графика, дБ СКЗ | 0,005 | 0,015 | 0,003 | 0,0015 |
| Режим смещения частоты | | Нет | Да | Да |

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ СЕМЕЙСТВА PNA

Анализаторы цепей семейства PNA построены на общей аппаратной платформе. Наличие обширного списка моделей позволяет выбрать измерительное оборудование для решения текущих задач, а возможность модернизации облегчает решение будущих задач.

Для расширения функциональных возможностей на анализаторах цепей семейства PNA предусмотрены опции конфигурируемых измерительных блоков.

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ PNA-L N523xA/B



Анализатор N523xB PNA-L был разработан для решения основных задач анализа цепей. При этом основное внимание было уделено получению эффективного соотношения «цена – производительность». Используя различные частотные опции до 50 ГГц, всегда можно получить подходящий прибор, позволяющий сократить и, тем самым, более эффективно использовать время, требуемое для разработки и испытания новых образцов техники.

Интуитивно понятный пользовательский интерфейс со встроенными подсказками в сочетании с сенсорным экра-

ном повышает производительность труда при разработке и изготовлении электронных устройств.

Анализаторы цепей PNA-L предназначены для решения широкого круга задач, включая измерение S-параме-

тров пассивных и активных устройств, измерение параметров материалов и анализ целостности **сигналов**.

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ PNA N522xB/ PNA-X N524xB



Учитывая количество параметров, определение характеристик ретрансляторов занимает дни и даже недели.

После выполнения измерений важно оценить, относятся ли паразитные составляющие или фазовый шум (ФШ) вы-

ходного сигнала к измеряемому устройству или к входному сигналу. Источники подобных ошибок невозможно устано-

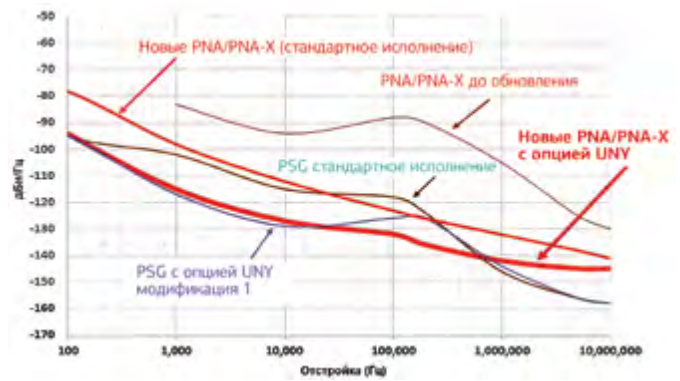
вить без применения подходящей и надежной измерительной системы.

Ультранизкий уровень фазового шума встроенных источников сигналов

Новые DDS источники сигналов в ВАЦ PNA и PNA-X отличаются ультранизким уровнем фазового шума, паразитных составляющих и обеспечивают быстрые измерения сложных компонентов.

Новые ВАЦ N522xB PNA и N524xB PNA-X используют DDS-источники сигналов. Обычно DDS-источники вносят в спектр сигнала паразитные составляющие, но патентованная технология DDS компании Keysight, разработанная для генераторов сигналов высшего класса, обеспечивает как низкий уровень фазового шума -122 дБн/Гц (тип.) на отстройке 100 кГц на несущей 10 ГГц, так и низкий уровень паразитных составляющих менее -80 дБн (тип.). Новые источники обеспечивают снижение фазового шума до 30 дБ, улучшая результаты измерений в приложениях, требующих использования сигналов с низким уровнем ФШ, таких как двухтоновые измерения ИМИ с малыми значениями расстройки частот входных сигналов.

Новые DDS-источники обеспечивают улучшенную стабильность измерений ФЧХ и повышают производительность в задачах, требующих стабильности ФШ: измерение скалярных параметров и



Сравнение показателей фазового шума на частоте 10 ГГц

фазы преобразователей частоты, измерение параметров дифференциальных и IQ устройств, измерение в режиме истинного дифференциального воздействия.

Увеличение скорости измерений

Измерение характеристик преобразователей частоты является времязатратной процедурой и требует оценки различных параметров, таких как КУ ГВЗ, ФЧХ, ИМИ, КШ и продукты преобразования. Одним из ключевых преимуществ новых DDS-источников сигналов является стабильность при измерении фазы. При измерениях ГВЗ или ФЧХ преобразователей частоты может потребоваться усреднение получаемых результатов измерений вследствие высокого значения шума трассы ФЧХ, что приводит к снижению скорости измерений. Новые источники обеспечивают превосходную стабильность при измерении фазы и устраняют необходимость использования усреднений. Сочетание увеличенной скорости перестройки частоты и превосходной стабильности при измерении фазы значительно сокращает время измерений, а в ряде случаев при измерении параметров преобразователей частоты радикально повышает производительность более чем в 50 раз с сохранением точности проводимых измерений.



Измерение ГВЗ смесителя с использованием приложения для измерения скалярных параметров и фазы преобразователей частоты (SMC+phase)

Дополнительный встроенный источник сигналов

Третий встроенный источник сигналов с диапазоном частот до 13.5 ГГц (опция XSB) может быть включен в конфигурацию 4-портовых векторных анализаторов цепей N524xB с аппаратными опциями 422 и 423. Третий источник обладает аналогичными характеристиками низкого уровня фазового шума, как и два других встроенных источника. Вы можете использовать третий встроенный источник в качестве гетеродина для двухтоновых измерений преобразователей частоты или для измерения параметров преобразователей частоты с двумя степенями преобразования. Это исключает необходимость использования внешнего генератора сигналов. Вы также можете использовать его в качестве независимого генератора аналогового сигнала. Например, третий источник может быть использован в качестве источника сигнала опорной частоты, подаваемого на измеряемое устройство, требующее внешнего сигнала синхронизации. Также третий источник может быть использован для подачи опорного сигнала на другое измерительное оборудование, например на векторный адаптер с быстрой перестройкой частоты Keysight UXG. Если вы включаете в конфигурацию векторного анализатора цепей опции UNY и XSB, то 4-портовый анализатор PNA-X будет иметь аппаратную конфигурацию с тремя встроенными источниками с ультранизкими характеристиками фазового шума. Вы получаете экви-



валент трех высокопроизводительных аналоговых генераторов сигналов, встроенных в 4-портовый векторный анализатор цепей PNA-X.

На базе анализаторов цепей PNA-X доступен измерительный приемник для тестирования антенн N5264B. Они предназначены для быстрого и точного измерения параметров антенн и эффективной площади рассеяния. Приемники для тестирования параметров антенн представлены двумя моделями с частотным диапазоном до 13 или $26,5$ ГГц, имеют пять измерительных портов и частоту сбора данных до 400000 точек в секунду по всем портам **одновременно**.

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ PNA МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Векторный анализатор цепей N5290A, обладающий высокой мощностью и непревзойденной производительностью, создает все условия для выполнения требований, предъявляемых при проведении коаксиальных измерений и проверке кристаллов на пластинках («оп-wafer») на частотах от 900 Гц до 110 ГГц. С помощью специально разработанной для этого и запатентованной техники калибровки достигается непревзойденная точность измерений.



Прибор N5290A состоит из следующих модулей:

- Анализатор цепей PNA или PNA-X до 26,5 или до 67 ГГц
- Контроллер модулей расширения частотного диапазона N5292A
- Модули расширения частотного диапазона с коаксиальными разъемами

Такая структура позволяет анализаторам цепей N5290A использовать все измерительные приложения, доступные на анализаторах цепей PNA/PNA-X.

Измерение устройств с высокой степенью интеграции в диапазоне гипервысоких частот ставит новые задачи. Поскольку для получения сигнала в миллиметровом диапазоне длин волн используется умножение частоты сигнала источника, умножение фазового шума источника приводит к снижению динамического диапазона проводимых измерений, выполняемых с использованием контроллера модулей миллиметрового диапазона N5292A и модулей расширения частотного диапазона. Новые источники

сигналов ВАЦ PNA/PNA-X с ультранизким уровнем фазового шума расширяют динамический диапазон проводимых измерений с 70 дБ до 100 дБ на гипервысоких частотах.

К контроллерам N5292A можно подключать волноводные модули расширения частотного диапазона для анализаторов цепей, что дает возможность проводить в диапазоне частот до ТГц для решения таких задач, как:

- Измерение S-параметров
- Измерения во временной области
- Дифференциальные измерения
- Измерения параметров материалов

Основные технические характеристики

| МОДЕЛЬ | PNA-L | PNA | PNA-X | PNA-MMWAVE |
|--|--|---------------|-------|--|
| Максимальный частотный диапазон | 300 кГц до 50 ГГц | 10 МГц 67 ГГц | | От 900 Гц до 110 ГГц (может расширяться до 1,15 ТГц) |
| Число портов | 2 или 4 | | | |
| Число источников | 1 | 1 или 2 | | |
| Максимальный динамический диапазон, дБ | 133 | 128 | 129 | >115 |
| Максимальная выходная мощность, дБм | 6 | 6,3 | 9,7 | 6 |
| Измерительные каналы | 13 | | | 0 |
| Анализ во временной области | До 32 (при использовании внешних контроллеров) | | | |
| Нелинейные измерения | да | | | |
| Интерфейсы | нет | | нет | |
| Интерфейсы | LAN, USB, GPIB, VGA, параллельный, RS232 | | | |

Совет экспертов:

при помощи электронных калибровочных модулей (ECal) Ваш анализатор цепей может калиброваться в 10 раз быстрее, чем с помощью классических механических калибровочных комплектов.

ОПЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ PNA

| ОПЦИИ | PNA-L | PNA | PNA-X |
|---|-------|-----|-------|
| Конфигурируемый измерительный блок | ■ | ■ | ■ |
| Аттенюаторы источника | ■ | ■ | ■ |
| Аттенюаторы приемника | - | ■ | ■ |
| Цепи подачи смещения | - | ■ | ■ |
| Второй внутренний источник | - | ■ | ■ |
| Третий встроенный источник | - | - | ■ |
| Внутренний сумматор | - | - | ■ |
| Механические коммутаторы | - | - | ■ |
| Внутренний импульсный генератор | - | ■ | ■ |
| Внутренние импульсные модуляторы | - | ■ | ■ |
| Измерения в импульсном режиме | - | ■ | ■ |
| Добавление входов ПЧ | - | ■ | ■ |
| Измерение коэффициента шума с векторной калибровкой | ■ | ■ | ■ |
| Малозумящий приемник для измерения коэффициента шума | - | - | ■ |
| Автоматическое удаление эффектов устройства подключения | ■ | ■ | ■ |
| Измерения во временной области | ■ | ■ | ■ |
| Измерение во временной области и функция TDR | ■ | ■ | ■ |
| Динамическое отображение погрешности на трассе измерения | ■ | ■ | ■ |
| Смещение частоты | ■ | ■ | ■ |
| Измерение параметров преобразователей частоты со скалярной калибровкой | ■ | ■ | ■ |
| Измерение параметров преобразователей частоты с векторной калибровкой | - | ■ | ■ |
| Измерения преобразователей частоты со встроенным гетеродином | - | ■ | ■ |
| Измерение компрессии коэффициента усиления | - | ■ | ■ |
| Измерение интермодуляционных искажений | - | ■ | ■ |
| Управление фазой источника | - | ■ | ■ |
| Приложение для тестирования устройств с дифференциальными и I/Q-входами | - | ■ | ■ |
| Измерения в режиме полноценного балансного входного воздействия | - | ■ | ■ |
| Измерение модуляционных искажений | - | - | ■ |
| Приложение анализа спектра на анализаторах цепей | ■ | ■ | ■ |
| Измерения фазовых шумов | - | ■ | ■ |
| Измерения с полной N-портовой калибровкой | ■ | ■ | ■ |
| Измерение «горячих» S-параметров | - | - | ■ |
| Измерение огибающей импульса в нелинейном режиме | - | - | ■ |
| Измерение X-параметров | - | - | ■ |

- Опция конфигурируемого измерительного блока обеспечивает к цепям распространения сигналов, позволяет подключать дополнительное измерительное оборудование и аксессуары для расширения измерительных возможностей анализаторов цепей.
- Встроенные аттенюаторы источника и приемника позволяют значительно расширить динамический диапазон измерительной системы
- Добавление встроенных цепей подачи смещения могут использоваться при тестировании активных устройств и компонентов для подачи на них питающего напряжения или напряжения смещения постоянного тока.
- Второй встроенный источник будет полезен при решении задач измерения интермодуляционных искажений, измерения S22 в горячем состоянии и измерений с высокой скоростью свипирования сигнала гетеродина
- Внутренний сумматор обеспечивает удобство измерений интермодуляционных искажений и S22 в рабочем режиме
- Механические коммутаторы обеспечивают дополнительную гибкость, предоставляя доступ к внутренним цепям распространения сигналов.
- Измерение в импульсном режиме упрощается за счет использования специализированной опции. Добавление внутренних импульсных модуляторов и импульсного генератора позволяет проводить измерения в импульсном режиме без использования внешних источников импульсов.
- Добавление выходов ПЧ требуется для антенных измерений расширения частотного диапазона измерительного оборудования в область миллиметровых длин волн
- Измерение коэффициента шума с векторной калибровкой обеспечивает наивысшую точность измерения КШ за счет исключения ошибок рассогласования при векторной коррекции и использования маломощного приемника.
- Автоматическое удаление эффектов устройства подключения необходимо в случае, если тестируемое устройство не имеет коаксиальных соединителей. Эта опция добавляет мастер приложения, который руководит действиями пользователя в процессе определения параметров устройства подключения и удаления их из результатов измерения.
- Представление характеристик во временной области помогает настраивать фильтры, исключать влияние на результат измерения устройств подключения и кабелей, определять волновое сопротивление линии передачи и т. д.
- Опция смещения частоты позволяет настраивать частоту источника независимо от настройки приемников. Требуется для измерения преобразователей частоты со встроенным и внешним гетеродином, измерения интермодуляционных искажений, анализа спектра на анализаторах цепей, тестирования устройств с дифференциальными и I/Q- входами
- Опция управления фазой источника позволяет устанавливать калиброванные, произвольные значения разности фаз между двумя источниками сигналов.
- Приложение для тестирования устройств с дифференциальными и I/Q- входами объединяет управление фазой нескольких внутренних или внешних источников с режимом смещения частоты, упрощая тестирование I/Q-модуляторов/преобразователей и дифференциальных смесителей, а также измерения гармонических составляющих дифференциальных усилителей.
- Опция анализатора спектра добавляет к анализаторам цепей серий PNA-X, PNA и PNA-L высокоэффективные функции анализа спектра СВЧ-сигналов. За счет быстрой скорости свипирования при пошаговом изменении частоты в случае анализа на основе БПФ и оптимизированной обработки данных опция анализатора спектра обеспечивает быстрый поиск паразитных сигналов в широких диапазонах частот.
- Приложение для измерения модуляционных искажений позволяет выполнять измерения модуля вектора ошибки (EVM), коэффициента мощности преобразованного шума (NPR) и уровня мощности в соседнем канале (ACPR) при использовании широкополосного модулированного воздействия. Использование техник векторной коррекции в приложении для измерения модуляционных искажений позволяет измерять очень низкие значения модуля вектора ошибки (EVM). Приложение позволяет проводить измерения параметров усилителей, смесителей и преобразователей частоты при использовании широкополосного модулирующего воздействия
- Приложение для измерения фазового шума позволяет выполнять измерения спектральной плотности мощности фазового шума при использовании анализаторов цепей PNA и PNA-X. Измерительное приложение использует преимущества новых DDS – источников сигналов с низким уровнем фазового шума, устраняя необходимость использования анализатора сигналов для измерения фазового шума. Приложение обеспечивает измерение фазового шума ВЧ источников сигналов и двухпортовых устройств, таких как преобразователи частоты со встроенным гетеродином. Вы также можете выполнять измерения спектральной плотности мощности аддитивного (вносимого) шума усилителей. Приложение для измерения фазового шума упрощает конфигурацию измерительной установки путем использования однократного подключения измеряемого устройства для выполнения комплекса измерений. Чувствительность анализаторов цепей PNA и PNA-X при измерении фазового шума сопоставима с чувствительностью высокопроизводительных анализаторов сигналов, таких как анализаторы UXA с приложением для измерения фазового шума. Однако приложение для измерения фазового шума на анализаторах PNA и PNA-X обеспечивает лучшие значения чувствительности при измерении аддитивного (вносимого) шума на малых отстройках от несущей. Дополнительно приложение позволяет выполнять измерения амплитудного (AM) шума, частоты и уровня гармонических составляющих (спуров), а также выполнять интегрирование шума в заданной полосе частот. При использовании приложения измерения фазовых шумов на ВАЦ мм-диапазона N5290A позволит проводить измерения в диапазоне частот до 110 ГГц без использования гармонических смесителей.
- Опция измерения X-параметров обеспечивает полное определение характеристик нелинейных компонентов

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ В ФОРМАТЕ PXIe

2-портовые векторные PXIe анализаторы цепей серии M937xA перекрывают диапазон частот от 300 кГц до макс. 26,5 ГГц и являются превосходным решением для тестирования пассивных устройств



Модули совершенно независимы друг от друга и могут использоваться в качестве нескольких анализаторов цепей. Однако все модули могут также гибко комбинироваться, чтобы создать возможности для многопортовых измерений.

Таким образом, при использовании нескольких модулей PXIe можно получить до 50 портов в одном шасси. Модули используют хорошо испытанные на практике технологии измерения и калибровки анализаторов цепей PNA и управляются

2-, 4- и 6-портовые векторные PXIe анализаторы цепей серии M980xA перекрывают диапазон частот от 9 кГц до макс. 20 ГГц или от 100 кГц до 53 ГГц, обладают более широким динамическим диапазоном и подходят для измерения как пассивных, так и активных устройств.

Они отличаются высокой скоростью измерений, стабильностью и широким динамическим диапазоном при низком уровне собственных шумов. Тем самым, эти анализаторы цепей являются идеальным решением для использования в условиях, когда важны массо-габаритные характеристики приборов. Системы PXI только с одним свободным слотом могут расширяться с использованием полноценного 2-портового модуля VNA со всеми функциями измерения S-параметров. Возможно также проведение многопортовых измерений при использовании нескольких модулей.

с помощью такого же интерфейса пользователя, как и настольные анализаторы цепей. Тем самым, становится возможным быстрый переход к PXI.

Основные технические характеристики

| | M937XA | M980XA |
|---|---|--|
| Максимальный частотный диапазон | От 300 кГц до 26,5 ГГц | От 9 кГц до 20 ГГц От 100 кГц до 53 ГГц |
| Число портов на 1 модуль | 2 | 2/4/6 |
| Максимальное число портов при объединении модулей в 1 шасси | 32 | 50 |
| Системный динамический диапазон, дБ (ПЧ 10 Гц) | 115 (2 ГГц) 110 (20 ГГц) | 140 (2 ГГц) 125 (20 ГГц) |
| Зашумленность графика, дБ СКЗ | От -40 до +7 (2 ГГц) От -40 до +2 (20 ГГц) | От -60 до +10 (2 ГГц) От -60 до +4 (20 ГГц) |
| Зашумленность графика, дБ СКЗ | 0,003 | 0,0015 |
| Скорость свипирования, мс (максимальная полоса, 401 точка) | 18,3 (ПЧ 600 кГц) | 5,7 (ПЧ 1 МГц) |



USB АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ STREAMLINE

Все большую актуальность приобретают приборы, управляемые по шине USB — именно поэтому в 2018 году компания Keysight Technologies представила серию USB приборов StreamLine. При небольших габаритах и весе около 2 кг, измерительные приборы StreamLine обладают высокой производительностью и характеристиками на уровне зарекомендовавших себя настольных приборов.

USB анализаторы цепей StreamLine представлены двумя сериями:

- 2-портовые векторные USB анализаторы цепей серии P937xA перекрывают диапазон частот от 300 кГц до макс. 26,5 ГГц и являются превосходным решением для тестирования пассивных устройств.
- 2-, 4- и 6-портовые векторные USB анализаторы цепей серии P50xxA перекрывают диапазон частот от 9 кГц до макс. 20 ГГц или от 100 кГц до 53 ГГц, обладают более широким динамическим диапазоном и подходят для измерения как пассивных, так и активных устройств.



Они отличаются высокой скоростью измерений, стабильностью и широким динамическим диапазоном при низком уровне собственных шумов. Тем самым, эти анализаторы цепей являются идеальным решением для использования в условиях, когда важны массо-габаритные характеристики приборов. Небольшие размеры и масса анализаторов цепей StreamLine позволяет оптимизировать рабочее пространство и, при необходимости, легко перемещать оборудование между лабораториями предприятия.

Так же в случае необходимости 2 анализатора цепей StreamLine могут быть объединены между собой, что позволяет получить полноценный 4х (серия P937xA) или 12ти портовый (серия P50xxA) анализатор цепей.

Основные технические характеристики

| | P937XA | P50XXA |
|---|---|--|
| Максимальный частотный диапазон | От 300 кГц до 26,5 ГГц | От 9 кГц до 20 ГГц От 100 кГц до 53 ГГц |
| Число портов на 1 модуль | 2 | 2/4/6 |
| Максимальное число портов при объединении модулей в 1 шасси | 32 | 50 |
| Системный динамический диапазон, дБ (ПЧ 10 Гц) | 115 (2 ГГц) 110 (20 ГГц) | 140 (2 ГГц) 125 (20 ГГц) |
| Выходная мощность источника, дБм | От -40 до +7 (2 ГГц) От -40 до +2 (20 ГГц) | От -60 до +10 (2 ГГц) От -60 до +4 (20 ГГц) |
| Зашумленность графика, дБ СКЗ | 0,003 | 0,0015 |
| Скорость свипирования, мс (макси-мальная полоса, 401 точка) | 18,3 (ПЧ 600 кГц) | 5,7 (ПЧ 1 МГц) |

Опции для анализаторов цепей StreamLine

| | P937XA | P500XA |
|--|--------|--------|
| Автоматическое удаление эффеентов устройства подключения | ■ | ■ |
| Измерения во временной области | ■ | ■ |
| Измерение во временной области и функция TDR | - | - |
| Измерения в импульсном режиме | - | ■ |
| Измерения коэффициента шума с векторной коррекцией | - | ■ |
| Измерение параметров преобразователей частоты со скалярной калибровкой | ■ | ■ |
| Измерение параметров преобразователей частоты с векторной калибровкой | - | ■ |
| Измерения преобразователей частоты со встроенным гетеродином | - | ■ |
| Измерение компрессии коэффициента усиления | - | ■ |
| Приложение для тестирования устройств с дифференциальными и I/Q- входами | - | - |
| Анализ спектра | - | ■ |
| Полная N-портовая калибровка | ■ | ■ |

СЕРИЯ FIELDFOX

Портативный комбинированный анализатор до 50 ГГц



При использовании портативных анализаторов FieldFox N991xA/B и FieldFox N995xA разработчики получают многофункциональный измерительный инструмент для решения самых разнообразных задач.

Прибор серии FieldFox может гибко конфигурироваться и использоваться в качестве кабельного и антенного тестера, 2-портового векторного анализатора цепей, анализатора спектра (опционально со следящим генератором), генератора НГ сигналов, измерителя мощности, векторного вольтметра, анализатора по-

мех и счетчика-частотомера. При этом приборы обеспечивают точность измерения высококачественного настольного прибора в компактном формате портативного прибора. В зависимости от модели прибора диапазон частот простирается до 50 ГГц.

Благодаря прочной, водоталкивающей и не требующей вентиляторов конструкции с большими клавишами и специальным дисплеем для работы на открытом воздухе анализатор серии FieldFox прекрасно подходит для выполнения измерений в жестких условиях окружающей среды.



Анализаторы FieldFox будут полезны при решении таких задач, как

- Тестирование в полевых условиях
- Измерение S-параметров
- Тестирование антенно-фидерных устройств
- Тестирование линий передачи
- Поиск помех

Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | FIELDFOX N991XA | FIELDFOX N995XA | FIELDFOX N991XB |
|---|--|----------------------------------|---|
| Диапазон частот | От 30 кГц до 4 / 6,5 / 9 / 14 / 18 или 26,5 ГГц | От 300 кГц до 32 / 44 или 50 ГГц | От 30 кГц до 4 / 6,5 / 9 / 14 / 18 или 26,5 ГГц |
| Число портов | 2 | 2 | |
| Число источников | 1 | 1 | |
| Анализатор антенно-фидерных устройств | | | |
| Измеряемые параметры | Расстояние до неоднородности, обратные потери, потери в кабеле | | |
| Векторный анализатор цепей | | | |
| Измеряемые S-параметры | S11, S21, S12, S22 (амплитуда и фаза) | | |
| Максимальный динамический диапазон, дБ | 100 | | 109 |
| Максимальная выходная мощность порта (на 10 ГГц), дБм | -3,5 | 4 | 7 |
| Уровень зашумленности графика (при ПП = 300 Гц), дБ | ±0,002 | ±0,004 | ±0,0014 |
| Максимальное число отображаемых трасс | | 4 | |
| Анализ во временной области | | да | |
| Анализатор спектра | | | |
| Полоса анализа, МГц | | 5 | |
| Полоса анализа в режиме анализатора спектра реального времени, МГц | 10 | | 10, 40 или 100 |
| Фазовый шум на частоте 1 ГГц при отстройке 10 кГц, дБн/Гц | -111 | | -117 |
| Средний уровень собственных шумов (на частоте 1 ГГц, с предусилителем), дБм | -148 | -159 | -163 |
| Суммарная погрешность измерения уровня, дБ | ±0,5 | | |

Анализаторы FieldFox могут быть оснащены следующими опциями:

- Векторный анализатор цепей в зависимости от выбранной опции позволяет проводить измерения параметров передачи/отражения (S11/S21) или полной матрицы S-параметров. В анализаторах FieldFox используется тот же механизм калибровки, что и в анализаторах цепей ENA и PNA компании Keysight, что гарантирует такую же стабильность измерений, как и у лабораторных приборов.
- Встроенная функция быстрой калибровки QuickCal позволяет не брать с собой на выезд наборы для калибровки и проводить измерения с высокой точностью в полевых условиях.
- Анализ цепей во временной области позволяет отобразить зависимость коэффициентов передачи или отражения от времени или применить стробирование по времени, чтобы устранить паразитные отклики, например, от неплотных соединений или потерь связи в кабеле.
- Анализатор антенно-фидерных устройств позволяет выполнять все необходимые измерения для диагностики и обслуживания антенно-фидерных систем.
- Измерение параметров кабелей с помощью рефлектометрии во временной области позволяет определить точки потери связи в соединительных линиях и дает информацию о характере неисправности (короткое замыкание, обрыв, попадание воды)
- Векторный вольтметр будет полезен при измерении фазового сдвига и электрической длины устройств. Измерение соотношения амплитуды и фазы двух каналов удобно применять для проверки амплитудной и фазовой разницы между несколькими путями прохождения сигнала.
- Анализ передачи на большие расстояния (ERTA) позволяет проводить измерения параметров установленных по месту СВЧ-кабелей большой длины (например, на кораблях). Для выполнения данных измерений требуются приборы с большим динамическим диапазоном и высокой скоростью измерений. Традиционно подобные измерения выполнялись на лабораторных скалярных анализаторах, которые слишком громоздки для полевых условий. Для работы данной функции необходимы два анализатора FieldFox один из них выполняет роль источника сигналов, второй – приемника.
- Анализатор спектра позволяет в полевых условиях контролировать качество излучаемых сигналов, а так же отслеживать сигнальную обстановку и контролировать паразитные сигналы.
- Анализ спектра реального времени позволяет обнаруживать любые сигналы длительностью от 6 мкс при полосе анализа до 100 МГц при сохранении точности измерения полной амплитуды. Для некоторых задач можно пожертвовать точностью измерения амплитуды, получая возможность обнаруживать сигналы длительностью от 22 нс.
- Опция аналоговой демодуляции позволяет проводить измерения аналоговых сигналов и демодулировать их.



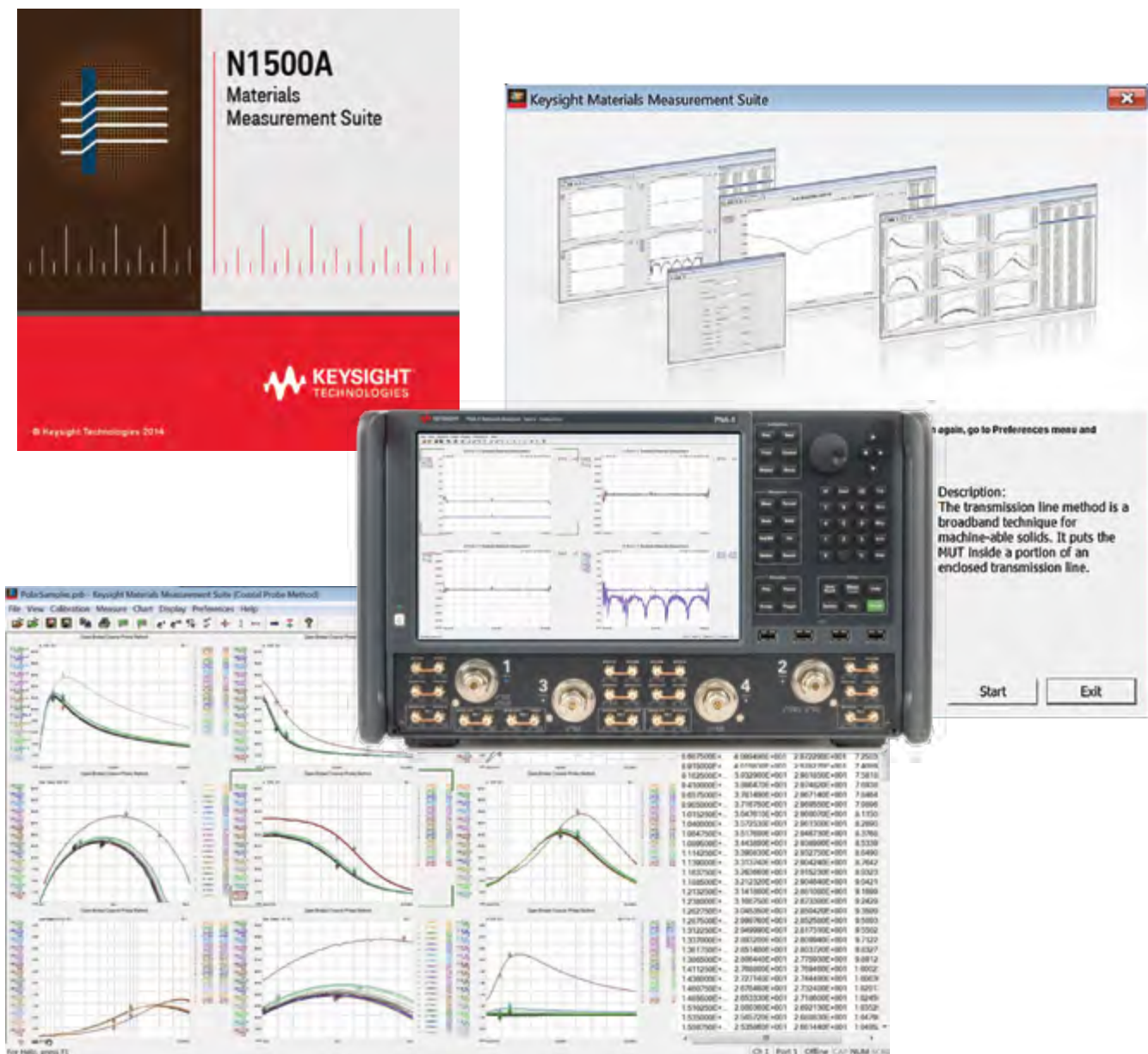
Комбинированные анализаторы FieldFox поддерживают удаленное управление с помощью устройств с операционной системой iOS. Данная функция будет полезна при выполнении измерений на объектах, когда один из инженеров подключается, например, к установленной

на мачте антенне или фильтру, и не имеет возможности управлять прибором. Другой инженер, находясь в более удобных условиях проводит все необходимые измерения. За счет относительно небольшой стоимости, малых габаритов и возможности собрать в одном корпусе несколько

измерительных приборов, комбинированные анализаторы FieldFox так же будут полезны в лабораториях. Характеристики данных анализаторов соизмеримы с характеристиками лабораторных приборов. Все анализаторы серии FieldFox имеют разъемы LAN и USB и поддержи-

вают управление с помощью SCPI команд. Все это позволяет сэкономить бюджет при создании измерительных стоек, а небольшие размеры анализаторов могут оказаться ключевыми в случае, когда важны массо-габаритные характеристики **оборудования**.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ



Измерение диэлектрической проницаемости материала может раскрыть критические параметры конструкции, как например, коэффициент потерь изоляционного материала кабеля, полное сопротивление субстрата или резонансную частоту диэлектрического колебательного контура. Эти параметры также имеют большое значение для улучшения характеристик ферритов, защитных экранов и материала корпуса. Так же данное ПО применяется в области авиационно-космической техники, автомобильной техники, а также в области пищевой и фармацевтической промышленности.

Программное обеспечение для испытания материалов N1500A упрощает процесс измерения при определении комплексной магнитной проницаемости и диэлектрической проницаемости материала с помощью анализатора цепей компании Keysight Technologies. Просто используемое программное обеспечение «ведет» Вас по всему процессу измерения и по отдельным измерительным операциям, необходимым для Ваших измерительных задач. При этом измерение S-параметров немедленно конвертируется в желаемый

формат данных, а результаты измерения представляются на экране в течение всего нескольких секунд. Затем эти результаты могут представляться в форматах ϵ' , ϵ'' , $\tan \delta m$, μ' , μ'' , $\tan \delta m$ и Cole-Cole

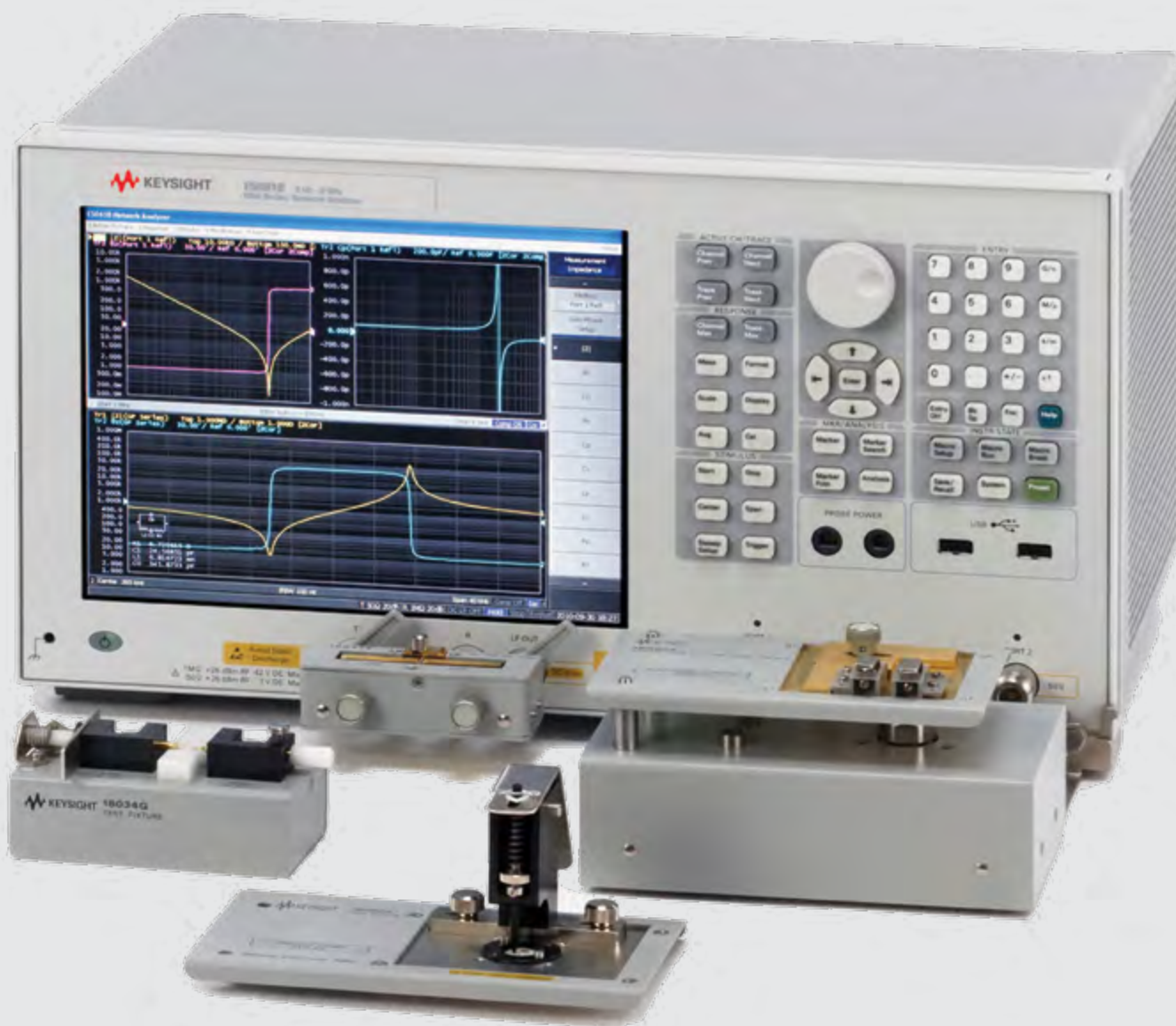
Для того чтобы перекрыть большинство условий и случаев применения, программное обеспечение предоставляет в распоряжение пользователя множество измерительных методов и математических моделей. В качестве опции для калибровки в свободном пространстве компания Keysight Technologies предлагает калибровку типа «exclusive gated reflect line (GRL) = разделительная стробируемая отражающая линия» для определения характеристик материалов в воздушном окружении. Опция собственного коэффициента отражения автоматизирует популярный дуговой метод NRL, чтобы определить отражение от поверхности материала. Опция полого резонатора обеспечивает наивысшую точность и максимальную разрешающую способность при измерении тангенса угла потерь.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА

Приборы для измерения импеданса, измерители емкости, измерители сопротивления и анализаторы импеданса компании Keysight предназначены для тестирования компонентов при осуществлении выходного контроля при производстве элементов или входного контроля закупаемых компонентов.

Измерение импеданса (индуктивности, емкости и сопротивления) данными приборами осуществляется только при фиксированных значениях частоты. Измерители емкости обеспечивают измерение емкости также на фиксированных частотах. Измерители сопротивления оптимизированы для измерения высокого или низкого сопротивления.

Анализатор импеданса представляет собой самый мощный прибор для измерения индуктивности, емкости и сопротивления в широком диапазоне частот.



ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА KEYSIGHT TECHNOLOGIES

E4980AL / E4980A

Прецизионный измеритель LCR, от 20 Гц до макс. 2 МГц

Измерители LCR типа E4980AL / E4980A обеспечивают наилучший симбиоз между точностью и скоростью измерения при определении относительной магнитной и диэлектрической проницаемости самых разнообразных материалов. Разумеется, могут также определяться основные электрические параметры, такие как сопротивление, емкость и индуктивность. Технические характеристики этих измерителей LCR позволяют использовать их как в качестве инструментов для входного или выходного контроля, так и в качестве поверочного оборудования в метрологических лабораториях.



E4981A

Прецизионный тестер емкостей с контрольными частотами от 120 Гц до 1 МГц

Измеритель емкостей типа E4981A с частотами 120 Гц / 1 кГц / 1 МГц обеспечивает быстрое и надежное измерение емкостей керамических конденсаторов для их применения на производстве.

При этом могут быть реализованы высокоточные измерения в широком диапазоне как малых, так и больших емкостей конденсаторов. Тем самым, тестер E4981A способствует существенному уменьшению времени контроля и достижению высокого качества при испытании Ваших керамических конденсаторов.



E4982A

Измеритель LCR, от 1 МГц до 3 ГГц

Измеритель LCR типа E4982A обеспечивает наилучшие результаты при измерении пассивных электронных компонентов, таких как компоненты для поверхностного монтажа (SMD), индуктивности и фильтры электромагнитных помех, на высоких частотах (от 1 МГц до 3 ГГц).

С помощью тестера E4982A Вы очень быстро получите значения полного сопротивления пассивных SMD-компонентов, и поэтому он особенно хорошо подходит для использования на производстве и при контроле качества изделий. Прибор может заказываться на диапазон частот от 1 до 300 / 500 МГц / 1 или 3 ГГц.



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | E4980AL | E4980A | E4981A | E4982A |
|-------------------------------|--|---|-------------------------|--|
| Измеряемые параметры | Z, Y, O, R, X, G, B, L, C, D, Q, ESR, (Rdc, V DC, Idc, только E4980A с опцией 001), девиация, % девиации | | Cs, Cp, D, Q, Rs, Rp, G | Z , Y , Ls, Lp, Cs, Cp, Rs, Rp, X, G, B, D, Q, θz [°], θz [рад], θy [°], θy [рад], определенные пользователем параметры |
| Тестовые частоты | от 20 Гц до 300 кГц / 500 кГц или 1 МГц | от 20 Гц до 2 МГц, регулируемые | 120 Гц, 1 кГц, 1 МГц | от 1 до 300 / 500 МГц / 1 или 3 ГГц, регулируемые |
| Тестовый уровень сигнала | от 0 до 2 Вскз / от 0 до 20 мАскз | от 0 до 2 Вскз / от 0 до 20 мАскз / от 0 до 100 мАскз (опция 001) | от 0,1 до 1 Вскз | от 4,47 до 502 мВскз / от 0,0894 до 10 мАскз |
| Основная погрешность | 0,05 % | | 0,07 % | 0,80 % |
| Смещение пост. тона | 0 / 1,5 и 2 В | -40 до 40 В | | нет |
| Компенсация длины кабеля | 1 / 2 / 4 м | | | 1 / 2 м |
| Интерфейс программы обработки | нет | опциональный | | нет |
| Интерфейс сканера | нет | опциональный | | нет |
| Интерфейсы | LAN, USB, GPIB | | | |

E4990A

Прецизионный анализатор импеданса от 20 Гц до 120 МГц

Анализатор импеданса E4990A работает в диапазоне частот от 20 Гц до максимум 120 МГц с точностью $\pm 0,08\%$ в широком диапазоне импедансов. Встроенный источник постоянного тока напряжением ± 40 В служит для питания испытуемых компонентов.

Функция эквивалентного анализа поддерживает семь различных моделей мультипараметров, с помощью которых могут имитироваться эквивалентные параметры специфических компонентов пользователя. Для упрощения процесса измерения в распоряжении имеется большое число принадлежностей.



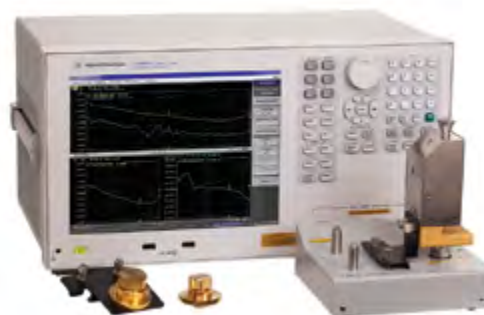
E4991B

ВЧ-анализатор импедансов и материалов от 1 МГц до 3 ГГц

ВЧ-анализатор импедансов и материалов обеспечивает наилучшие характеристики для измерения полного сопротивления и обладает высокопроизводительными встроенными аналитическими функциями. Комплект для подключения зондовых станций позволяет создать систему для точных измерений импеданса на пластине и параметров микрокомпонентов в диапазоне частот до 3 ГГц

Анализатор E4991B создан на базе техники RF-IV, которая в противоположность к классической технике измерения отражений позволяет производить гораздо более точные измерения полного сопротивления в широком диапазоне возможных значений.

В дополнение к этому анализатор E4991B обеспечивает комплексное решение задач измерения диэлектрической и магнитной проницаемости материалов в широком диапазоне частот от 1 МГц до 3 ГГц



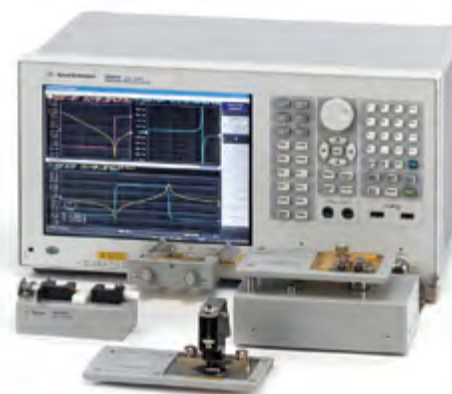
E5061B-005

Анализатор цепей от 5 Гц до макс. 3 ГГц со встроенной функцией анализа полного сопротивления (Опция 005)



Анализатор E5061B обеспечивает надежный, высокопроизводительный и точный анализ цепей в широком диапазоне частот от 5 Гц до макс. 3 ГГц. При этом он имеет превосходные высокочастотные характеристики серии ENA и к тому же обеспечивает возможность проводить низкочастотные измерения, например, такие как амплитудно-фазовые измерения со встроенным входом 1 МОм.

Случаи применения анализатора E5061B в диапазоне от низких до высоких частот включают в себя тестирование, например, конвертеров DC-DC, сетей распределения мощности (PDN) и высокочастотных схемных элементов, таких как фильтры и усилители. К тому же сочетание анализа цепей и анализа полных сопротивлений превращает прибор E5061B-005 в не имеющий себе равных инструмент для контроля и аттестации емкостей, катушек индуктивности и резонаторов.



Технические характеристики

| МОДЕЛЬ | E4990A | E4991B | E5061B-005 |
|---------------------------|--|--|--|
| Измеряемые параметры | $ Z , O_z, Y , O_y, C_p, C_s, L_p, L_s, R_p, R_s, D, Q, R, X, G, B, \text{Complex } Z, \text{Complex } Y$ | $ Z , Y , L_s, L_p, C_s, C_p, R_s, R_p, R, X, G, B, D, Q, O_z, O_y, n, r_x, r_y, O_r, V_{AC}, I_{AC}$ | $ Z , O_z, Y , O_y, C_p, C_s, L_p, L_s, R_p, R_s, D, Q, R, X, G, B$ |
| Параметры материалов | нет | $ \epsilon_r \epsilon_r', \epsilon_r'', \mu_r , \mu_r', \mu_r'', \tan \delta$ | нет |
| Тестовые частоты | 20 Гц до 10 / 20 / 30 / 50 или 120 МГц | 1 МГц до 500 МГц / 1 ГГц или 3 ГГц | 5 Гц до 500 МГц, 1,5 ГГц или 3 ГГц |
| Уровень тестового сигнала | 5 мВ до 1 Вскз / 200 пА до 20 мАскз | 4,47 мВ до 502 Вскз / 89,4 пА до 10 мАскз | -45 до +10 дБм |
| Основная погрешность | $\pm 0,08\%$ | $\pm 0,65\%$ | $\pm 3\%$ |
| Смещение пост. тока | 0 до ± 40 В / 0 до ± 100 мА | | |
| Интерфейсы | LAN, USB, GPIB | | |

АНАЛИЗАТОРЫ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

АНАЛИЗАТОРЫ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Параметрический тест включает электрическое тестирование и снятие характеристик полупроводниковых компонентов четырех типов: резисторов, диодов, транзисторов и конденсаторов. Это не означает, что параметрическому тестированию никогда не подвергаются компоненты других типов, однако подавляющее большинство параметрических

тестов выполняется для одной из указанных категорий компонентов или их комбинаций.

Все более важное значение приобретают сверхбыстрые измерения ВАХ и импульсной ВАХ, поскольку применение литографии для изготовления транзисторов сокращается, а в технологических процессах производства полупроводни-

ков используются все более экзотические материалы.

Важной частью параметрического тестирования является тестирование надежности. При проверке надежности тестируемые устройства, как правило, подвергают воздействию сильных токов и/или высоких напряжений (величина которых больше, чем при нормальной работе), чтобы уменьшить зна-

чение энергии активации и тем самым увеличить вероятность отказа. С этой же целью очень часто увеличивают температуру. В ходе теста подсчитывается интенсивность отказов, которая с помощью специальных алгоритмов статистической обработки экстраполируется для получения интенсивности отказов при работе в нормальных условиях.

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АНАЛИЗАТОРЫ B2900A / B2960A

Источники/измерители для прецизионного определения характеристик I-V и тестирования 4-квадрантных блоков питания с очень низким уровнем шумов



Источники/измерители серии B2900A объединяют в одном приборе прецизионные источники постоянного тока и возможности измерения на 1 или 2 каналах. Главными областями применения этих источников/измерителей являются определение характеристик электронных устройств и компонентов, возобновляемых источников энергии, а также использование в научных исследованиях и при обучении специалистов.

1- или 2-канальные источники питания с низким уровнем шумов серии B2960A обладают биполярным выходом. Разрешающая способность 6 1/2 разрядов позволяет получить прецизионную настройку напряжения (от 100 нВ до 210 В) и тока (от 10 фА до 3 А). Благодаря применению опционального фильтра и без того низкий уровень собственного шума может еще уменьшен до значения <5 мкВр-р.

| МОДЕЛИ | B2901A/B2902A | B2911A/B2912A | B2961A/B2962A |
|--|--------------------------------|---------------|---------------|
| Число каналов | 1 или 2 | | |
| Максимальное выходное напряжение, В | ±210 | | |
| Максимальный выходной ток, А | ± 3,03 (пост.) / ± 10,5 (имп.) | | |
| Минимальное разрешение при измерении напряжения, мкВ | 0,1 | | 10 |
| Минимальное разрешение при измерении тока, фА | 100 | 10 | 0,001 |

B1500A

Анализатор полупроводниковых приборов

Анализатор полупроводников B1500A представляет собой модульный прибор, который может иметь до 10 вставных модулей. Измерение ВАХ и ВФХ, быстрое измерение высоковольтных импульсов и очень малых значений тока и напряжения, а также измерение емкостей позволяют определять характеристики самых разнообразных полупроводниковых устройств. Сенсорный экран и удобный пользовательский интерфейс, базирующаяся на операционной системе «Windows», поддерживает программу «Easy-Expert» для гибкого и интуитивного проведения измерений. Анализатор B1500 позволяет также определять характеристики энергонезависимых ячеек памяти, а также высокоскоростные параметры (включая измерение шумов NBTI и RTS).



Примеры готовых к использованию библиотек тестирования

| ТИП УСТРОЙСТВА | ПРИКЛАДНЫЕ ТЕСТЫ |
|-------------------------|---|
| КМОП транзисторы | ВАХ (Id-Vg, Id-Vd), пороговое напряжение (Vth), напряжение пробоя, емкость, квазистатическая ВФХ и др. |
| Биполярные транзисторы | ВАХ (Ic-Vc), диод, график Гуммеля, напряжение пробоя, коэффициент усиления (hfe), емкость и др. |
| Дискретные устройства | ВАХ (Id-Vg, Id-Vd, Ic-Vc), диод и др. |
| Память | Пороговое напряжение (Vth), емкость, ресурсные испытания и др. |
| Силовые устройства | Импульсная ВАХ (Id-Vg, Id-Vd), напряжение пробоя и др. |
| Наноприборы | Сопротивление, ВАХ (Id-Vg, Id-Vd, Ic-Vc) и др. |
| Испытания на надежность | Нестабильность порогового напряжения при отрицательном/положительном смещении (NBTI/PBTI), подкачка зарядов, электромиграция, инжекция горячих носителей, заряд пробоя, времязависимый пробой диэлектрика и др. |

B1505A

Анализатор мощных устройств/характериограф



Анализатор мощных устройств/характериограф B1505A является одноблочным решением, которое позволяет определять характеристики мощных полупроводников в диапазоне от нескольких пикоампер до 40 А и 3000 В.

Тем самым, с помощью этого прибора можно также определять характеристики таких материалов, как SiC и GaN. Для этого в распоряжении имеются различные высокоамперные и высоковольтные питающие измерительные модули SMU (source measurement units), из которых до 10 модулей могут устанавливаться в анализатор B1505A.

Для обеспечения безопасности оператора (из-за высоких значений используемых напряжений и токов) и поддержки широкого спектра типов корпусов силовых устройств необходимо гарантировать надежное подключение тестируемых устройств к прибору.

Области применения характерографов предыдущих поколений были ограничены, так как из-за размеров некоторых типов мощных устройств их параметры было невозможно измерить, и иногда для их тестирования приходилось изготавливать специальные адаптеры.

В отличие от них, устройство подключения анализатора B1505A позволяет работать с самыми разнообразными силовыми устройствами: мощными полевыми транзисторами с МОП-структурой, диодами и биполярными транзисторами с изолированным затвором, независимо от их размера и формы.

Это стало возможным в результате использования адаптера устройства подключения с модульной архитектурой. Кроме того, встроенный механизм блокировки устройства подключения гарантирует безопасность подачи высоких значений напряжения и тока на тестируемое **устройство**.

Доступные к установке модули

| ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС | МОДУЛЬ/РАСШИРИТЕЛЬ | ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ |
|--|---|--|
| Источник/измеритель высокой мощности (HPSMU) | B1510A HPSMU | до 200 В/1 А, разрешение по току 10 фА |
| Источник/измеритель средней мощности (MPSMU) | B1511A MPSMU | до 100 В/100 мА, разрешение по току 10 фА |
| Источник/измеритель большой силы тока (HCSMU) | B1512A HCSMU | до 20 А/20 В в импульсном режиме или до 1 А/40 В по постоянному току |
| Высоковольтный источник/измеритель (HVSMU) | B1513B HVSMU | до 1500 В/8 мА или до 3000 В/4 мА в импульсном режиме и по постоянному току |
| Источник/измеритель средней силы тока (MCSMU) | B1514A MCSMU | до 1 А/30 В в импульсном режиме или до 100 мА/30 В по постоянному току |
| Многочастотный измеритель емкости (MFCMU) | B1520A MFCMU | от 1 кГц до 5 МГц; от 0 В до ±25 В при использовании смещения постоянного напряжения модуля MFCMU; от 0 В до 3000 В при использовании модуля MFCMU и тройника смещения высокого напряжения |
| Модуль высокого напряжения и среднего тока (HVMCU) | Расширитель диапазона тока M1266A HVSMU, модуль B1513B HVSMU и два модуля B1514A MCSMU/B1512A HCSMU | до 1500 В/2,5 А в импульсном режиме или до ±2200 В/1,1 А по постоянному току |
| Модуль сверхвысоких значений тока (UHCU) | Расширитель N1265A и два модуля B1514A MCSMU/B1512A HCSMU | до 1500 А/60 В в импульсном режиме или до 22,5 кВт пиковой мощности до ±500 А/60 В в импульсном режиме или до 7,5 кВт пиковой мощности |
| Модуль сверхвысоких значений напряжения (UHVU) | Расширитель N1268A и два модуля B1514A MCSMU или комбинация модулей B1512A HCSMU и B1514A MCSMU | до 10 кВ/10 мА по постоянному току или до 10 кВ/20 мА в импульсном режиме |

B1506A

Анализатор мощных полупроводниковых приборов

Анализатор мощных полупроводниковых приборов B1506A позволяет определять все параметры мощных устройств в широком диапазоне рабочих условий, в том числе, измерять вольт-амперные характеристики, напряжение пробоя, сопротивление в открытом состоянии, а также емкость трех выводов полевых транзисторов, заряд на затворе и потери мощности.

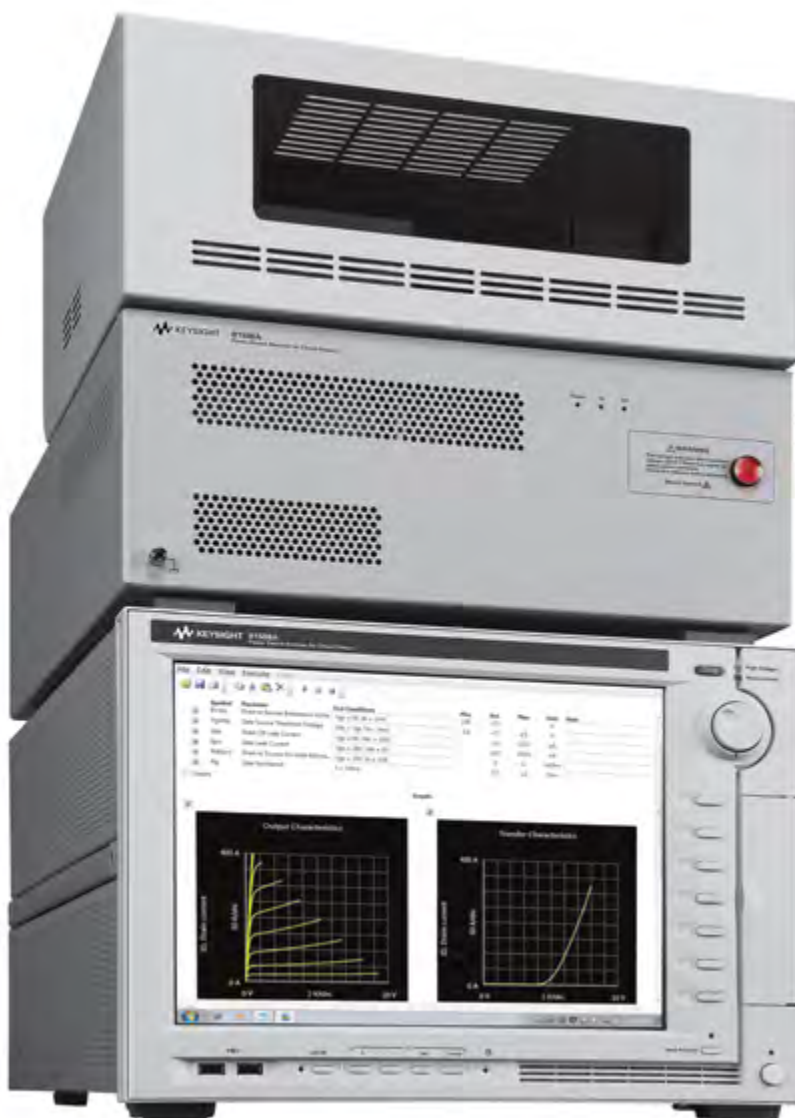
Анализатор B1506A имеет широкие функциональные возможности, включая тестирование в диапазоне напряжений до 3 кВ и тока до 1500 А, определение температурных зависимостей параметров в диапазоне от -50°C до $+250^{\circ}\text{C}$, измерение параметров быстрых импульсов и измерение тока с разрешением в доли наноампер, что позволяет уверенно распознавать нестандартные устройства в реальных условиях эксплуатации схем. Программный интерфейс прибора предоставляет пользователю возможность отображения результатов измерений в привычном формате, что упрощает определение характеристик тестируемых устройств без предварительного специального обучения. Встроенная в устройство подключения схема коммутации поддерживает полностью автоматизированные испытания с возможностью автоматического переключения между измерениями высокого напряжения и сильного тока, а также измерениями вольт-амперных (ВАХ) и вольт-фарадных (ВФХ) характеристик.

Кроме того, уникальный сменный переходник тестовой оснастки исключает подключение кабелей, что позволяет избежать ошибок, связанных с человеческим фактором. Анализатор B1506A поддерживает полную автоматизацию тепловых испытаний, которая обеспечивается с помощью систем Thermostream или Thermal Plate. Так как тести-

руемое устройство находится в непосредственной близости от измерительных портов B1506A, отсутствует влияние паразитных составляющих, вносимых кабелями, которые используются для подключения к камере для температурных испытаний. Благодаря этому прибор позволяет точно измерять очень большие значения тока — вплоть до 1500

А как при низкой, так и при высокой температуре.

Широкие возможности анализатора B1506A позволяют коренным образом изменить процесс создания устройств силовой электроники, помогая максимально повысить полезность конечных продуктов и сократить сроки их разработки.



МОДЕЛИ

| | B1500A | B1505A | B1506A |
|--|-----------|-------------|------------|
| Максимальное выходное напряжение, В | ± 200 | ± 10000 | ± 3000 |
| Максимальный выходной ток, А | ± 1 | ± 1500 | |
| Минимальное разрешение при измерении напряжения, мкВ | 0,5 | 0,2 | 0,5 |
| Минимальное разрешение при измерении тока, фА | | 0,1 | 10 |
| Возможность измерения вольт-фарадных характеристик | | Да | |

Решения для входного контроля



ТЕСТЕР МИКРОСХЕМ FORMULA 2K

Тестер FORMULA 2K — это автоматизированная универсальная контрольно-измерительная система для функционального и параметрического контроля цифровых БИС и ИМС (жесткая логика, ПЛИС, ASICs, микроконтроллеры, ОЗУ) и аналоговых ИМС (ЦАП и АЦП, ОУ, компараторы, ключи, стабилизаторы).

Тестер FORMULA 2K пришел на смену целому парку отечественного оборудования («Вахта», «ИЗМИР», «Вектор», «СФ» и др.) и взял на себя все измерительные задачи по контролю подавляющего большинства микросхем малой и средней степеней интеграции. Это микросхемы с частотой до 20 МГц, уровнями сигналов и напряжением питания до ± 20 В, числом сигнальных выводов от 14 до 256.

Тестер имеет модульную программно-аппаратную структуру, может быть сопряжен с внешним измерительным и испытательным оборудованием, что позволяет подобрать любую необходимую и достаточную конфигурацию для обеспечения потребностей как входного контроля, так и производителей ИМС, испытательных центров, дизайн центров.

Свидетельство
об утверждении
типа Средств
измерений № 31123
от 12.04.2013г



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| | | | |
|--|--|-----------|-----------|
| Частота функционального контроля | до 20 МГц | | |
| Минимальная длительность фронта/среза импульса | 4 нс | | |
| Число двунаправленных каналов | до 256 | | |
| Память векторов/ошибок | 1 М/1 М | | |
| Диапазон логических уровней | ± 10 В | | |
| Число многоканальных измерителей | до 4 | | |
| Диапазон напряжений многоканальных измерителей | ± 20 В | | |
| Диапазон тока многоканальных измерителей | ± 200 мА | | |
| Число измерительных источников | до 4 | до 4 | до 4 |
| Диапазон напряжения измерительных источников | -20...0 В | 0...+20 В | ± 8 В |
| Диапазон тока измерительных источников | ± 2 А | | |
| Измерение микросхем ЦАП и АЦП | Модуль прецизионных измерений IZMER для контроля статических параметров ЦАП и АЦП до 12 разрядов | | |

ТЕСТЕР ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ FORMULA SK

Тестер FORMULA SK — автоматизированная универсальная контрольно-измерительная система для функционального и параметрического контроля электронных узлов и блоков, а также их диагностики и локализации неисправностей.



Тестер позволяет контролировать по краевым разъемам и диагностировать узлы РЭА широкой номенклатуры: цифровые и аналоговые ячейки, типовые элементы замены (ТЭЗ), субблоки, блоки и другие виды узлов РЭА. Встроенный коммутатор позволяет подключать на каждый универсальный канал Тестера до 4-х внешних приборов для контроля аналоговых и цифро-аналоговых устройств.

Благодаря реализованной в Тестере FORMULA SK функции программного сопряжения с внешними измерительными приборами по интерфейсам LXI и GPIB, обеспечена возможность создания метрологически аттестованных многофункциональных рабочих мест, которые позволяют заменить множество узкоспециализированных стендов для проверки модулей РЭА.

Программный комплекс Тестера существенно упрощает и ускоряет разработку и отладку измерительных программ, включая функции поиска неисправных компонентов, и адаптирован к применению техническими специалистами самого широкого профиля.

Свидетельство об утверждении типа Средств измерений № 40237 от 09.09.2015 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| | |
|--|---|
| Число двунаправленных каналов для тестирования по краевым разъемам | 192 |
| Частота функционального контроля | до 20 МГц |
| Память векторов/ошибок | 1М/1М |
| Диапазон логических уровней напряжений по каналам | ±30В |
| Диапазон напряжений многоканальных измерителей | ±20В |
| Число многоканальных измерителей | 2 |
| Диапазон напряжений измерительных источников | ±30В |
| Число измерительных источников | 6 |
| Диапазон тока измерительных источников | ±2 А |
| Коммутатор для управления внешними приборами | Для подключения до 4-х внешних приборов к любому из 192-х каналов |
| Канал внутрисхемного параметрического и сигнатурного анализатора | 1 |
| Каналы синхронизации внешнего осциллографа | 2 |

ТЕСТЕР МИКРОСХЕМ FORMULA HF ULTRA

Тестер FORMULA HF Ultra – универсальная контрольно-измерительная система для функционального и параметрического контроля ультравысокочастотных СБИС: ПЛИС, ASICs, микропроцессоров и микроконтроллеров, статических и динамических ЗУ, СБИС СнК, АЦП и ЦАП, СвК.

Тестер является флагманом в линейке высокочастотных тестеров FORMULA HF и создан для решения задачи импортозамещения современного зарубежного оборудования.

Превосходные технические характеристики Тестера закрывают самые современные потребности электронной промышленности и ОПК России.

Свидетельство об утверждении типа Средств измерений № 59985 от 09.10.2015 г.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| | | | | | |
|--|--|-----------|---------|-----------|-----------|
| Частота функционального контроля | до 550 МГц | | | | |
| Минимальная длительность импульса | 800 пс | | | | |
| Минимальная длительность фронта/среза импульса | 275 пс | | | | |
| Число двунаправленных каналов | до 1024 | | | | |
| Память векторов/ошибок | 128М/128М | | | | |
| Диапазон логических уровней | -1,5...+6,5 В | | | | |
| Поканальные измерители | до 1024 (-2...+13В) | | | | |
| Число многоканальных измерителей | до 32 | | | | |
| Диапазон напряжений многоканальных измерителей | -2...+13В | | | | |
| Диапазон тока многоканальных измерителей | ±150 мА | | | | |
| Число измерительных источников | до 32 | до 32 | до 8 | 2 | 1 |
| Диапазон напряжения измерительных источников | 0...+6В | -2...+15В | ±17В | 0...+4,5В | 0...+3,5В |
| Диапазон тока измерительных источников | ±4А | ±400мА | ±500 мА | ±20А | ±50А |
| Измерение микросхем ЦАП и АЦП | Модуль ARP 1200 МГц/1200 МПс/24 бит для измерения статических параметров АЦП и ЦАП до 16 разрядов, динамических параметров АЦП до 14 разрядов/260 МГц | | | | |
| Технология BIST | Встроенный порт JTAG для заливки конфигурационных файлов в ПЛИС, встроенный JAM PLAYER с поддержкой языка STAPL | | | | |

ТЕСТЕР МИКРОСХЕМ FORMULA HF3-512

Тестеры на платформе FORMULA HF3 представлены двумя базовыми моделями FORMULA HF3 и FORMULA HF3-512



Тестеры предназначены для функционального и параметрического контроля быстродействующих СБИС широкой номенклатуры: ПЛИС, ASICs, микропроцессоров и микроконтроллеров, статических и динамических ЗУ АЦП и ЦАП, RFID с числом сигнальных выводов до 256/512 и частотой функционирования до 200 МГц.

Тестеры могут быть укомплектованы одной или одновременно двумя подсистемами функционального контроля:

- Генератор произвольной тестовой последовательности для тестирования СБИС,
- Алгоритмический генератор тестов для контроля СБИС быстродействующих ЗУ.

Тестеры имеют модульную программно-аппаратную структуру, могут быть сопряжены с внешним измерительным и испытательным оборудованием, что позволяет подобрать любую необходимую и достаточную их конфигурацию для обеспечения потребностей как входного контроля, так и производителей ИМС, испытательных центров, дизайн центров.

Свидетельства об утверждении типа Средств измерений № 48039 от 11.09.2012 г., № 52665 от 16.10.2013 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| | | |
|--|---|------------|
| Частота функционального контроля | до 200 МГц | |
| Минимальная длительность импульса | 1,65 нс | |
| Минимальная длительность фронта/среза импульса | 0,7 нс | |
| Число двунаправленных каналов | до 512 | |
| Память векторов/ошибок | 64 М/64 М | |
| Диапазон логических уровней | -2...+7,5 В | |
| Поканальные измерители | до 512 (-2...+8 В) | |
| Число многоканальных измерителей | до 16 | |
| Диапазон напряжений многоканальных измерителей | -2...+8 В | |
| Диапазон тока многоканальных измерителей | ±150 мА | |
| Число измерительных источников | до 16 | до 16 |
| Диапазон напряжения измерительных источников | 0...+6 В | -2...+15 В |
| Диапазон тока измерительных источников | ±4 А | ±400 мА |
| Измерение микросхем ЦАП и АЦП | Адаптер PRIMA для измерения статических параметров ЦАП и АЦП до 14 разрядов | |

ТЕСТЕР РЕЛЕ FORMULA R

Тестер FORMULA R – это автоматизированная контрольно-измерительная система для комплексной проверки параметров слаботочных одно- и двустабильных электромагнитных реле постоянного тока, имеющих до 8 обмоток и до 12 контактных групп.



Тестер выполняет комплексный диагностический контроль и измерения параметров реле в полном соответствии с ГОСТ16121-86 и ГОСТ РВ 5945-002-2008, в том числе, измерение времени стабилизации контактов и амплитуды ЭДС самоиндукции. Тестер позволяет проводить анализ неисправных и потенциально ненадежных реле, а именно:

- выявлять скрытый брак реле с применением встроенного осциллографа высокого разрешения и программного обеспечения для исследования и контроля реле,
- выполнять анализ отказов и прогнозирование надежности реле с применением произвольных циклограмм.

Тестер предоставляет возможность контроля реле на одном или на двух установочных площадках, обеспечивая независимо-поочередный контроль двух разных типов реле при работе двух операторов.

Тестер может быть применен, в том числе для контроля электрических параметров резисторных сборок типа Б19–1, Б19–2, Б19–3 и герконовых реле, имеющих низкое сопротивление контактов, малые времена срабатывания-отпускания и высокое сопротивление изоляции – до 10 ГОм.

Свидетельство об утверждении типа Средств измерений № 39604 от 27.04.2015 г

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| | |
|---|------------------------------|
| Число обмоток | 1... 8 обмоток/ 500 мА/120 В |
| Число контактных групп | 1... 12 контактных групп |
| Напряжение/сопротивление изоляции | до 800 В/10 ГОм |
| Сопротивление обмоток | 3 Ом...100 кОм |
| Сопротивление контактов | 1 мОм...100 Ом |
| Разрешение по времени | 0,8 мкс |
| Время срабатывания/отпускания | 0,03...300 мс |
| Время дребезга | 0,01...300 мс |
| Разновременность срабатывания/ отпускания | 0...300 мс |
| Время перелета контактов | 0...300 мс |
| Число рабочих мест | 1 или 2 |

ТЕСТЕР ПОЛУПРОВОДНИКОВ FORMULA TT2

Тестер FORMULA TT2 — это универсальная контрольно-измерительная система, предназначенная для комплексной автоматизированной проверки статических параметров полупроводниковых приборов: полевых и биполярных транзисторов, диодов, тиристоров, стабилитронов, оптронов, а также микросборок.



Основой автоматизации работы на тестере является встроенная в ПО библиотека методов измерений полупроводниковых приборов выполненных в полном соответствии с требованиями соответствующих ГОСТов (с графической интерпретацией измерений в виде осциллограмм и возможностью применения алгоритмов условных и безусловных переходов).

Время составления одной программы контроля занимает не более 10 минут: от Пользователя требуется только выбрать и расставить по порядку следования необходимые методы измерений из библиотеки, ввести условия тестирования и ожидаемые результаты.

Тестер предоставляет возможность контроля полупроводниковых приборов на одном или на двух измерительных постах, обеспечивая независимо-поочередный контроль двух разных типов полупроводниковых приборов при работе двух операторов.

Наличие программных модулей сбора статистики с возможностью построения гистограмм, модуля ВАХ, внешнего аппаратного порта для управления измерительной оснасткой и возможности подключения внешних приборов позволяют применять Тестер для испытаний и контроля качества на всех стадиях жизненного цикла полупроводниковых приборов.

Свидетельство об утверждении типа Средств измерений № 52666 от 16.10.2013 г

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| | |
|--|--|
| Источники напряжения | 5 источников: 10 В, 20 В, 200 В, 500 В, 2000 В |
| Источники тока | 4 источника: 5 мА, 200 мА, 10 А, 100 А |
| Режим измерения малых токов | от 0,2 нА |
| Длительность импульса | 300 мкс...100 с |
| Разрешение по времени | 50 мкс |
| Число рабочих мест | 1 или 2 |
| Количество готовых методов измерения по ГОСТ | 65 |
| Коммутатор для термоиспытаний | Для проведения групповых термоиспытаний одновременно до 20-ти полупроводниковых приборов |

АНТЕННЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

| НАЗВАНИЕ | ОПИСАНИЕ | ДИАПАЗОН ЧАСТОТ |
|--|--|-----------------|
| Антенны зеркальные | | |
| РЗА4-0,9 | Зеркальная антенная система с разборным рефлектором | 9,97 - 90 ГГц |
| ОС1, ОС3 | Облучающие системы для РЗА4-0,9 | 9,97 - 90 ГГц |
| ЗА1-0,3 | Широкополосная зеркальная антенная система | 18 - 40 ГГц |
| ЗА5-0,4 | Зеркальная антенная система | 26,5 -110 ГГц |
| ОС2 | Облучающие системы для ЗА5-0,4 | 26,5 -110 ГГц |
| Антенные решетки | | |
| АСКМ 1/8- 0,9/18 | Однолитерная кольцевая антенная решетка | 0,9 -18 ГГц |
| АСКМ 3/8- 0,9/18 | Трехлитерная кольцевая антенная решетка | 0,9 -18 ГГц |
| АСКМ 5/8- 0,9/18 | Пятилитерная кольцевая антенная решетка | 0,9-18 ГГц |
| АСКМ 2/6- 0,9/40 | Двухдиапазонная кольцевая антенная решетка | 0,9 - 40 ГГц |
| АСП 1/6-1/18 | Однодиапазонная кольцевая антенная решетка | 1 -18 ГГц |
| Антенные посты | | |
| Антенные посты | Антенные посты примеры реализации | 9 кГц -110 ГГц |
| Понижающие СВЧ конвертеры (down-конвертеры) | | |
| СК1С | Маломощные приемные конвертеры | 26 - 96 ГГц |
| СК2С | Маломощные приемные конвертеры | 10 - 40 ГГц |
| Повышающие СВЧ конвертеры (up - конвертеры) | | |
| СК1П | Повышающие СВЧ конвертеры | 0,9 -18 ГГц |
| Приемо-передающие СВЧ конвертеры | | |
| СК1У | Приемо-передающие конвертеры | 8 - 40 ГГц |
| Радиоприемные устройства | | |
| СКРТ | Перестраиваемые многоканальные преобразователи частоты | ОД-40 ГГц |
| СКЭР | Одноканальные радиоприемные устройства для систем контроля цифровых линий связи | 0,5-40 ГГц |
| СКЭ1С | Базовое радиоприемное устройство L-диапазона | 950 - 2150 МГц |
| СКЭ1Б | Четырехканальные широкополосные бесшумные радиоприемные устройства | 2 - 40 ГГц |
| СКЧ4/100 | Панорамные измерительные приемники реального времени | 0,9-40 ГГц |
| Маломощные усилители СВЧ диапазона | | |
| МШУ серия АС | Предназначены для установки во входных цепях радиоприемных устройств и антенных системах для компенсации потерь в коаксиальных трактах | 0,1-40 ГГц |
| МШУ серия АД | Предназначены для установки во входных цепях радиоприемных устройств и антенных системах для компенсации потерь в коаксиальных трактах | 0,1-40 ГГц |
| Измерительные генераторы шума | | |
| МН2640 | Измерительные генераторы шума диапазона СВЧ | 26 - 40 ГГц |
| МН3350 | Измерительные генераторы шума диапазона СВЧ | 33 - 50 ГГц |
| МН4060 | Измерительные генераторы шума диапазона СВЧ | 40 - 60 ГГц |
| МН5075 | Измерительные генераторы шума диапазона СВЧ | 50 - 75 ГГц |
| Вспомогательное оборудование | | |
| МВП11-МВП16 | Межканальные волноводные переходы | |
| ОПУР | Опорно-поворотное устройство | |
| АК-08Л, АК-02М, АК-03 | Узлы крепления антенн | |
| Ш АД-01 | Диэлектрический штатив | |
| ТМУ-1 | Металлический усиленный трипод | |
| БНП-1 | Батарейный блок питания | |
| ФРН | Фильтр развязывающий низкочастотный | 9 кГц-30 МГц |
| ФВЧ 2,0 | Фильтр помех радиосигналов высокой частоты | 2 - 9 ГГц |
| КЗУ-А | Устройство для заземления антенн | |
| КЛ-1 | Кронштейн для крепления лазерного маркера | |
| «Защита», «Стандарт» | Кейс упаковки с ложементом | |

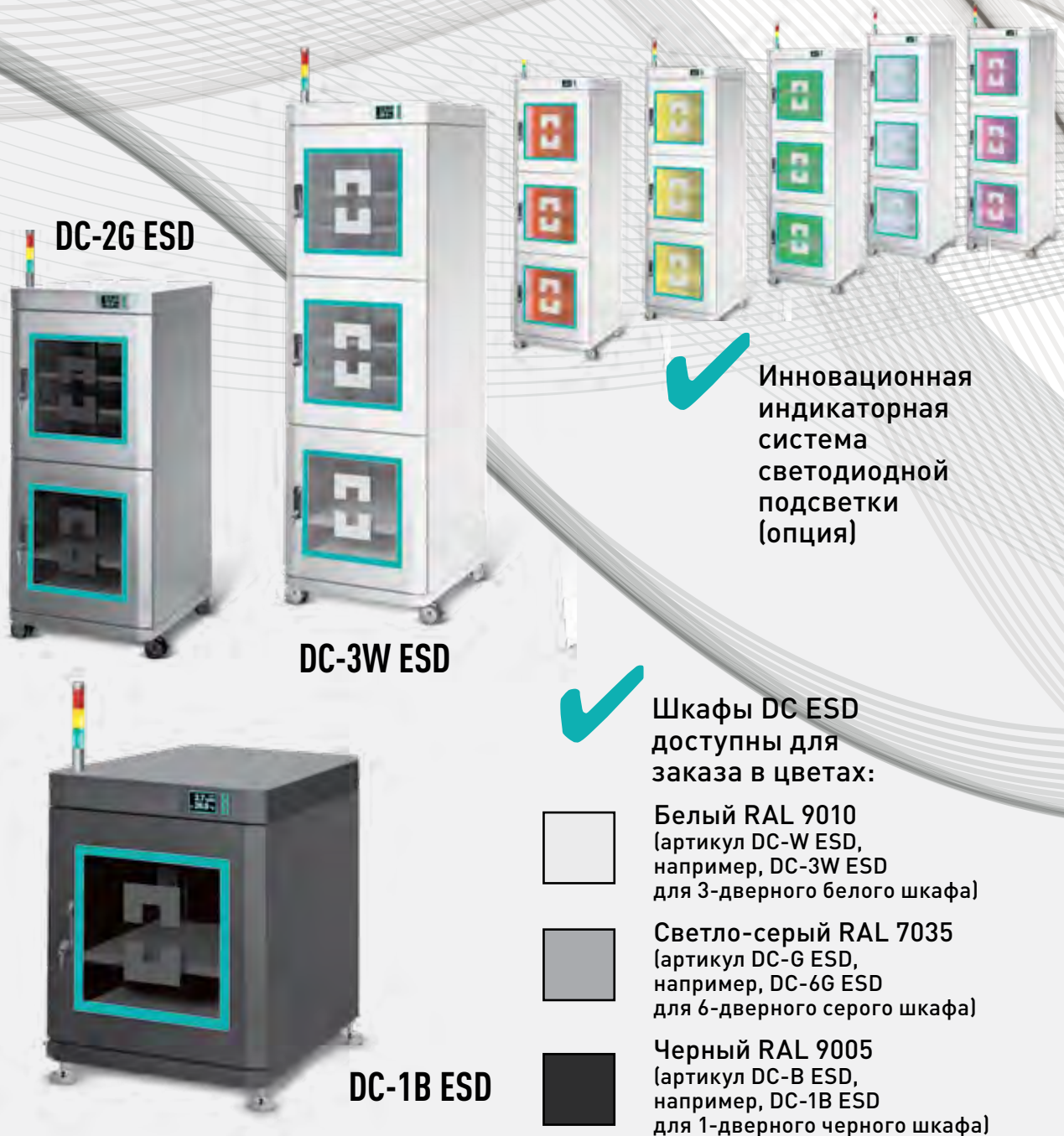
Шкафы сухого хранения серии DC

www.vkg.ru

VIKING



Шкафы сухого хранения серии DC предназначены для обеспечения ультранизких значений относительной влажности, что необходимо для хранения влагочувствительных компонентов и материалов.



DC-2G ESD

DC-3W ESD

DC-1B ESD



Инновационная индикаторная система светодиодной подсветки (опция)



Шкафы DC ESD доступны для заказа в цветах:



Белый RAL 9010
(артикул DC-W ESD, например, DC-3W ESD для 3-дверного белого шкафа)



Светло-серый RAL 7035
(артикул DC-G ESD, например, DC-6G ESD для 6-дверного серого шкафа)



Черный RAL 9005
(артикул DC-B ESD, например, DC-1B ESD для 1-дверного черного шкафа)



DC-6B ESD



DC-4G ESD

| ШКАФЫ СУХОГО ХРАНЕНИЯ | КОЛИЧЕСТВО СЕКЦИЙ (ДВЕРЕЙ) | РАЗМЕРЫ (Ш×В×Г), ММ | ОБЪЕМ, Л |
|-----------------------|----------------------------|---------------------|----------|
| DC-1 ESD | 1 | 600×737×640 | 238 |
| DC-2 ESD | 2 | 600×1342×640 | 454 |
| DC-3 ESD | 3 | 600×1947×640 | 670 |
| DC-4 ESD | 4 | 1205×1342×640 | 900 |
| DC-6 ESD | 6 | 1205×1947×640 | 1340 |

Отличительные особенности шкафов серии DC

- ✓ Все шкафы серии выпускаются только в антистатическом исполнении и строго соответствуют требованиям стандарта ГОСТ Р 53734;
- ✓ Диапазон поддержания влажности 1-50% RH с точностью ±1%;
- ✓ Каждая секция шкафа закрывается на отдельный ключ;
- ✓ Каждый шкаф оснащен портом RS-232 для подключения к компьютеру и оперативной передачи информации;
- ✓ Управление с помощью цифровой панели с тремя кнопками и интуитивно понятным меню;
- ✓ Контроль влажности и температуры осуществляется с помощью встроенного точного датчика с цифровым интерфейсом, процессора и ЖКИ-дисплея;
- ✓ Возможность установки на шкаф автоматического модуля азота и модуля азота с ручной регулировкой;
- ✓ Собственное программное обеспечение для контроля и управления шкафом серии DC;
- ✓ Время выхода в рабочий режим (с 50% до 1% RH) для 3-дверного шкафа DC-3 — менее 1 часа 40 мин;
- ✓ Время восстановления до <10% RH для 6-дверного шкафа DC-6 — **менее 1 минуты**;
- ✓ Класс защиты от внешних воздействий IP 55.



Шкафы серии DC выпускаются в двух модификациях, обеспечивающих сухое хранение компонентов и материалов как в воздушной среде, так и в среде азота.



Шкафы изготовлены в соответствии со стандартами:

- ✓ IPC/ JEDEC J-STD 033C «Обращение, упаковка, транспортировка и использование компонентов, чувствительных к влаге и пайке методом оплавления»
- ✓ IPC/JEDEC J-STD-020C «Классификация чувствительности к влажности/пайке для негерметичных твердотельных компонентов поверхностного монтажа»
- ✓ EIA/IPC/JEDEC J-STD-075 «Классификация влагочувствительности компонентов, не относящихся к микросхемам»
- ✓ ГОСТ 21493 «Изделия электронной техники. Требования по сохраняемости и методы испытаний»
- ✓ ГОСТ 23216 «Хранение печатных плат»

Измерительные решения



 **ДИПОЛЬ**

Санкт-Петербург
ул. Рентгена, 5Б
+7(812) 702-12-66

Москва
Огородный проезд, 20
+7(495) 645-20-02

info@dipaul.ru
www.dipaul.ru

ID 01-01-2021-03