

RONDE & SCHWARZ

Make ideas real



КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУ- ДОВАНИЕ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Испытания компонентов, проектирование устройств,
производственные и аттестационные испытания

Листовка | Версия 02.00



ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА

В число наиболее сложных задач в современной отрасли силовой электроники входят испытания систем на основе полупроводников с широкой запрещенной зоной, таких как карбид кремния (SiC) и нитрид галлия (GaN). Использование этих полупроводников в силовых устройствах (например, преобразователях) ведет к увеличению рабочих частот, напряжений и температур. Это дает многочисленные преимущества для конструкции устройств: улучшение энергопотребления, сокращение размеров и веса, снижение производственных затрат. Широкозонные материалы применяются в тех случаях, когда особенно важны плотность мощности и габариты устройства. В качестве примеров можно привести солнечные панели, электромобили, зарядные устройства для электромобилей и потребительскую электронику.

Несмотря на множество преимуществ, которые дают полупроводники SiC и GaN, необходимо принимать во внимание особые сложности, возникающие при испытаниях устройств на основе этих технологий:

- ▶ **Электромагнитные помехи:**
повышенные частоты переключения, крутые фронты нарастания сигнала и повышенные напряжения означают более высокие уровни гармоник вследствие увеличения выбросов и колебаний. Соответственно, в преобразователях ожидаются более высокие проводные и беспроводные излучения.
- ▶ **Паразитные составляющие:**
на повышенных частотах паразитные характеристики пассивных компонентов могут оказывать отрицательное влияние на работу силового устройства. В связи с этим требуется правильное выявление этих паразитных составляющих.
- ▶ **Динамический диапазон:**
силовая электроника работает в широких диапазонах тока и напряжения, что может затруднять проведение точных измерений.
- ▶ **Количественное определение потерь:**
высокие скорости нарастания затрудняют анализ коммутационных потерь транзисторов. Паразитные явления, задержки распространения, полоса пропускания контрольно-измерительных приборов и прочие факторы оказывают влияние на расчет потерь.

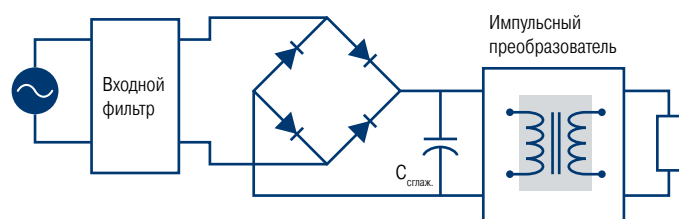
В дополнение к решению новых задач, связанных с применением широкозонных материалов, инженеры-разработчики проводят разнообразные испытания для проверки и валидации силовых устройств, работающих в качестве импульсного источника питания. В ходе этих испытаний проверяются эффективность, уровень пульсаций, характеристики включения и выключения, качество мощности, пусковые токи, входные гармоники, работа в реальных сценариях (например, имитация элементов аккумуляторных батарей в электромобилях), устойчивость и прочие параметры.

Кроме того, инженеры выполняют подробное моделирование батарей, важное для прогнозирования рабочих характеристик и срока службы батарей при эксплуатации в реальных условиях. Моделирование позволяет получать данные для оптимизации конструкции батарей и разработки эффективных систем управления батареями.

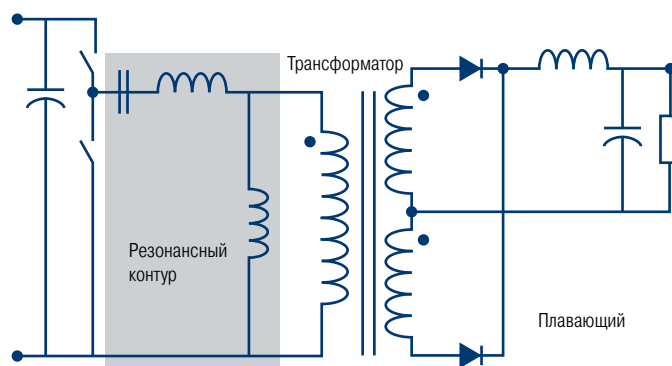
Мониторинг энергопотребления устройства также имеет решающее значение в ходе проектирования. Эта информация необходима для анализа эффективности устройства и соблюдения нормативных требований.

Все перечисленные выше испытания связаны с определенными трудностями, поэтому для получения точных и надежных результатов на всех этапах проектирования — от отладки прототипа до валидации импульсного источника питания — требуется подходящее контрольно-измерительное оборудование.

Повышающий преобразователь



LLC-преобразователь



НАШЕ РЕШЕНИЕ

Компания Rohde & Schwarz поставляет высококачественное контрольно-измерительное оборудование для проведения любых измерений силовой электроники. Наш ассортимент охватывает все этапы от проектирования до заключительного контроля, включая испытания пассивных и активных компонентов наряду со всеобъемлющим сервисом и техническим обслуживанием.

В некоторых предлагаемых нами решениях учитываются требования к испытаниям силовых устройств на основе широкозонных полупроводников. Эти решения помогают в устранении основных трудностей, с которыми сталкиваются разработчики преобразователей или импульсных источников питания с применением карбида кремния или нитрида галлия.

В первую очередь компания Rohde & Schwarz предоставляет решения для удовлетворения требований к электромагнитной совместимости — от первоначального исследования электромагнитных помех (ЭМП) на ранней стадии проектирования до полноценных измерений в целях подтверждения электромагнитной совместимости (ЭМС). Мощный быстродействующий алгоритм БПФ в осциллографах Rohde & Schwarz отлично помогает в отладке ЭМП на ранней стадии проектирования, что означает снижение расходов. После проверки рабочих характеристик прототипа анализаторы спектра и приемники ЭМП от Rohde & Schwarz применяются для проведения измерений на соответствие требованиям стандартов.

LCR-измерители помогают выбирать подходящие пассивные и активные компоненты на ранней стадии проектирования и выявлять их паразитные элементы. Они способны анализировать рабочие характеристики компонента путем имитации фактических условий эксплуатации электрической цепи (частота, уровень напряжения/тока, смещение по постоянному току и пр.). Таким образом уменьшаются погрешности в работе преобразователя по причине паразитных составляющих на высоких частотах, и измерения более точно соответствуют моделированию.

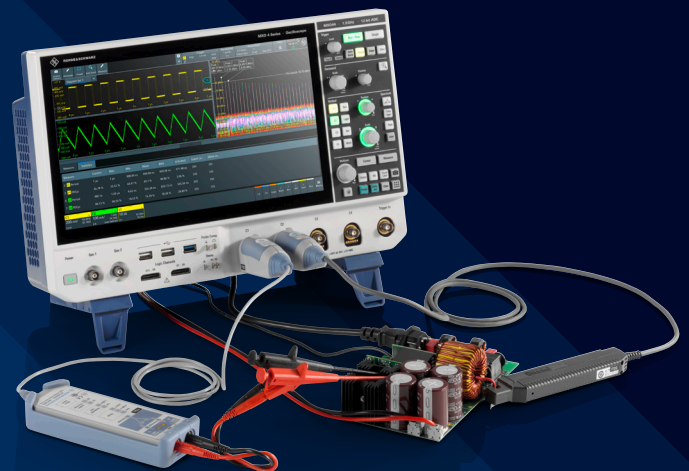
Кроме того, осциллографы и высоковольтные дифференциальные пробники от Rohde & Schwarz обеспечивают точные измерения слабых сигналов при наличии большого смещения ввиду широкого динамического диапазона. Благодаря этому они идеально подходят для измерения низких уровней пульсаций при измерении высокого выходного напряжения на преобразователе. Осциллографы Rohde & Schwarz имеют превосходную функциональность. С их помощью можно испытывать прототип и очень точно определять его основные параметры, включая потери на переключение, эффективность, уровень пульсаций, характеристики полупроводника и т. д.

Для разработки преобразователей и инверторов требуется прецизионное и вместе с тем универсальное контрольно-измерительное оборудование. В дополнение к осциллографам и LCR-измерителям, предлагаемые Rohde & Schwarz источники питания помогают имитировать реальные условия эксплуатации силового устройства, включая различные сценарии входного напряжения и нагрузки. Например, настольные источники питания с двухквадрантной архитектурой становятся идеальным вариантом в тех случаях, когда требуются источник и электронная нагрузка. Они упрощают измерительную схему и экономят средства и пространство на рабочем столе.

В нашем ассортименте источников питания представлены как базовые модели, так и высокоэффективные опции, что позволяет подстраиваться под различные испытуемые устройства и задачи. Кроме того, Rohde & Schwarz предлагает специальные источники питания, которые разрабатываются для решения конкретных задач, таких как имитация системы управления батареей.

Осциллографы и анализаторы электропитания Rohde & Schwarz пригодны для применения на производстве. Эти приборы также можно использовать для проведения типичных производственных испытаний бытовой техники. Встроенные автоматизированные измерения помогают быстро и удобно определять рабочие характеристики импульсного источника питания.

Для монтажа и сервиса Rohde & Schwarz предлагает портативные осциллографы с функциональностью лабораторных приборов, которые идеально подходят для проведения испытаний в полевых условиях.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТОВ

Пассивные компоненты

Характеристики пассивных компонентов в реальных условиях оказывают существенное влияние на конструкцию и достижимые рабочие характеристики силовой электроники. Поэтому проверка работы компонентов является важным шагом при выборе варианта для производства. В частности, необходимо выявлять паразитные составляющие компонентов на высоких частотах, особенно при использовании широкозонных полупроводников.

Проверка характеристик пассивных компонентов в реальных условиях

Эффективная емкость конденсатора в значительной степени зависит от его смещения постоянной составляющей тока во время работы, тогда как эффективная индуктивность катушки индуктивности зависит от среднего постоянного тока, протекающего через катушку. Кроме того, характеристики пассивных компонентов подвержены колебаниям в зависимости от частоты. В связи с этим необходимо использовать LCR-измеритель, который способен проверять все эти параметры и работает в соответствующем диапазоне.

LCR-измерители R&S®LCX100/LCX200 пригодны для измерения комплексного частотно-зависимого импеданса пассивных компонентов в целях получения точных значений для эквивалентной электрической схемы компонента. С их помощью можно испытывать компоненты с напряжением или током смещения по постоянному току.

Ключевые особенности

- ▶ Очень высокая базовая точность 0,05 %
- ▶ Диапазон частот от 4 Гц до 10 МГц
- ▶ Смещение по постоянному току до 10 В/200 мА (внутреннее) или 40 В (внешнее)
- ▶ Различные измерительные платы на выбор в зависимости от компонента

LCR-измеритель R&S®LCX200



Ассортимент Rohde & Schwarz дополняется анализатором импеданса MFIA от Zurich Instruments. Этот прибор работает в диапазоне измерений от 1 мОм до 1 МОм и поэтому идеально подходит для измерений материалов с низкими значениями ESL/ESR (например, конденсаторы в звене постоянного тока).

Анализатор импеданса MFIA от Zurich Instruments



Полупроводники

По аналогии с транзисторами, двухполюсные полупроводники широко применяются в силовой электронике. Они присутствуют в источниках питания с коррекцией коэффициента мощности (диоды Шоттки из карбида кремния), прочих типах преобразователей на основе обратных диодов, светодиодах и солнечных элементах.

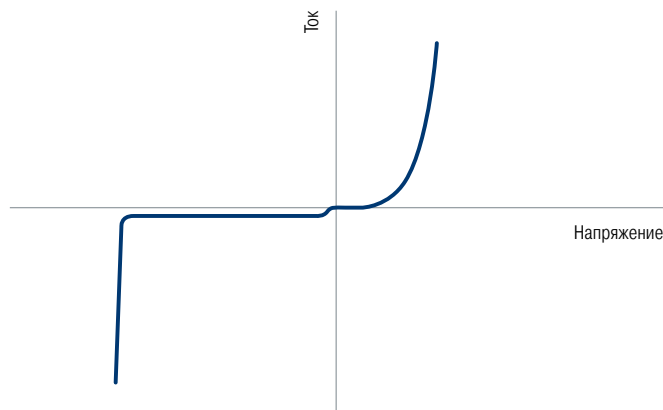
Для определения ключевых характеристик этих типов полупроводников необходимо понимать их принцип работы. Как правило, для этого определяется их вольт-амперная характеристика, на основе которой рассчитываются прочие параметры.

Источник-измеритель R&S®NGU обеспечивает точные измерения в диапазоне от нескольких микроамперов до амперов. С помощью средства представления разверток, произвольной функции и функции быстрого протоколирования возможно точное отображение разверток ВАХ на экране прибора для получения ценной информации о свойствах полупроводника.

Источник-измеритель R&S®NGU411



Вольт-амперная характеристика полупроводника



ИМИТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРА

Имитация батарейных элементов

Двунаправленные преобразователи, используемые вместе с батареями, помогают повышать эффективность передачи энергии и упрощать процессы зарядки и разрядки. Здесь важно иметь контрольно-измерительное оборудование, способное воспроизводить характеристики батарей, чтобы испытывать двунаправленные преобразователи в реальных условиях.

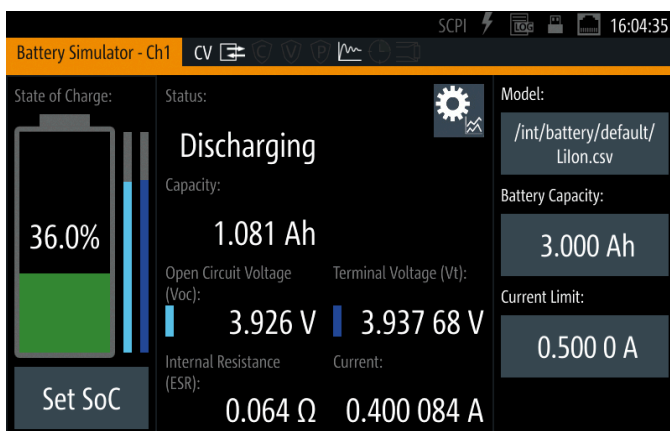
Функция имитации батареи в источниках питания R&S®NGM200 позволяет имитировать реальные выходные характеристики батареи. Испытания проводятся в зависимости от выбранной модели батареи. Для испытания устройства в конкретных условиях можно задавать любую емкость батареи, уровень заряда и напряжение разомкнутой цепи. Также может имитироваться режим зарядки аккумулятора. Это особенно важно при разработке зарядных устройств.

Как правильно задать модель батареи:

1. Использовать одну из предустановленных моделей на приборе.
2. Выполнить программирование индивидуальной модели на основе данных производителя или измеренных значений.
3. Использовать средство моделирования батарей.

Эта опция обеспечивает динамическое моделирование, при котором напряжение разомкнутой цепи, эквивалентное последовательное сопротивление и уровень заряда изменяются в соответствии с условиями зарядки и разрядки по аналогии с реальной батареей.

Имитация батареи: в одном окне отображаются все основные параметры, характеризующие состояние батареи.



Системы управления батареями

Аккумуляторные батареи большой емкости обычно создаются путем последовательного и параллельного соединения нескольких элементов. Поскольку один и тот же зарядный и разрядный ток протекает через все элементы, индивидуальные различия в емкости, саморазрядке, старении и т. д. со временем могут приводить к различным уровням заряда и, следовательно, ограничениям емкости и срока службы батареи. Системы управления батареями (BMS) активно отслеживают, контролируют и управляют различными параметрами элементов аккумуляторной батареи.

Источники R&S®NGL200 и R&S®NGM200 поддерживают двухквadrантный режим работы в качестве источника и потребителя энергии. Все выходы полностью изолированы от земли. Они могут быть соединены последовательно для эмуляции одноэлементных аккумуляторных батарей с максимальным напряжением 250 В относительно земли. Регулируемый выходной импеданс может быть установлен в диапазоне от –50 мОм до 100 Ом. Измерения тока и напряжения на выходе источника питания выполняются с высоким разрешением. Эти функции позволяют имитировать свойства элемента и изменять их по времени с высокой точностью и высоким разрешением.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Проверка характеристик преобразователей

Проектирование силовых преобразователей включает в себя большое число испытаний на этапах разработки и производства. Как правило, это также означает поиск компромиссов для противоречащих требований. На первом месте чаще всего стоит эффективность, однако также важно соответствие различным стандартам. Еще одним существенным аспектом является безопасность: в некоторых случаях испытания должны проводиться при опасных напряжениях, поэтому здесь требуется принятие четких правил техники безопасности.

Для преодоления всех этих трудностей компания Rohde & Schwarz предлагает решения на основе осциллографов, которые охватывают все этапы проектирования преобразователей от НИОКР до аттестационных и производственных испытаний.

Автоматизированные измерения

Программная опция анализа параметров электропитания в осциллографах Rohde & Schwarz предоставляет необходимые измерительные функции для анализа силовой электроники, включая определение пускового тока, выходного спектра и области надежной работы. Мастер измерений выводит подробные указания на каждом шаге испытаний. Осциллограф выполняет автоматическую настройку и оперативно выдает результаты.

Измерительные функции:

- ▶ Гармоники тока
- ▶ Вход (качество мощности)
- ▶ Выход (уровень пульсаций)
- ▶ Силовой тракт (эффективность)

Результаты анализа могут быть внесены в протокол испытаний простым нажатием кнопки. В протоколе документируется текущая схема и конфигурация измерений.

Многоканальные измерения

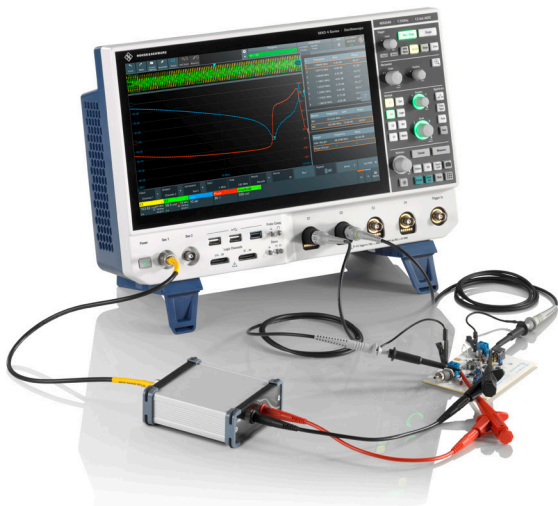
8-канальный осциллограф удобен при исследовании схем силовой электроники. Если силовое устройство содержит нескольких каскадов (например, входной фильтр, выпрямитель, звено постоянного тока, преобразователь постоянного тока, инвертор), требуется измерение нескольких сигналов в целях проверки работы всей схемы. Например, при анализе процесса включения преобразователя необходимо проверить последовательность включения и убедиться в отсутствии задержек между различными каскадами.

8-канальный осциллограф (например, MHO 5) идеально подходит для приложений с трехфазными сигналами. С его помощью можно на одном приборе измерять разнообразные сигналы в трехфазной системе.



Частотные характеристики контура управления

Основу каждого силового преобразователя или инвертора составляет контур управления, который обеспечивает стабильность выходного напряжения независимо от колебаний входного напряжения или скачков нагрузки на выходе. Проверка устойчивости контура управления в различных рабочих точках системы является важным испытанием в ходе проектирования. Опция анализ частотных характеристик R&S®RTx-K36 (диаграмма Боде) позволяет проводить это испытание непосредственно на осциллографе и обеспечивает такие важные функции, как прямое построение графиков интервалов допуска по фазе и коэффициенту усиления, а также составление амплитудных профилей.



Измерения высокого напряжения и тока

Для точных осциллографических измерений требуются пробники, отвечающие условиям конкретной задачи. Семейство высоковольтных дифференциальных пробников R&S®RT-ZHD работает в диапазоне до 200 МГц с высоким коэффициентом подавления синфазного сигнала, малым дрейфом и низким шумом. Пассивные высоковольтные пробники Rohde & Schwarz отлично подходят для измерений с опорным заземлением. Зажимные токовые пробники R&S®RT-ZCxx позволяют измерять токи в широком диапазоне параметров.

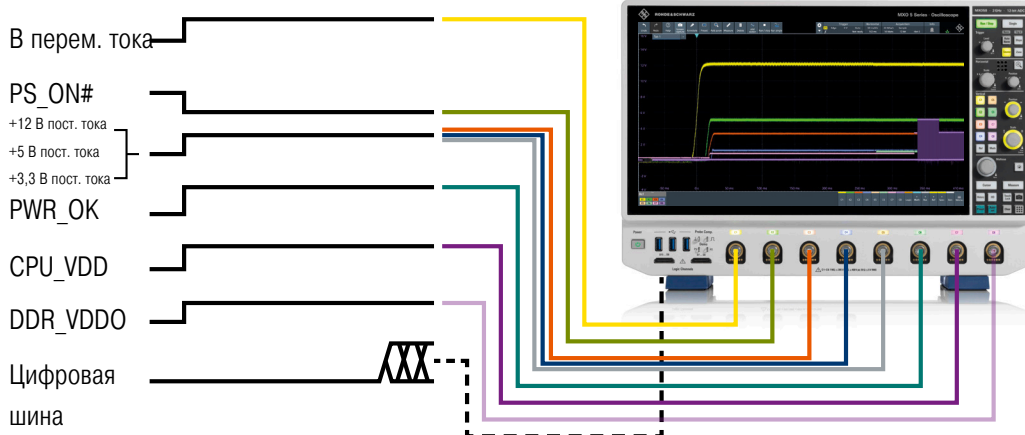


Изолированные измерительные системы

При работе с новой широкозонной технологией ввиду быстрого переключения требуются высоковольтные пробники, обладающие достаточной скоростью для регистрации подробностей фронтов нарастания и спада сигнала. Изолированная система подключения пробников R&S®RT-ZISO обеспечивает подавление синфазного сигнала до 60 кВ на частоте 1 ГГц. Она становится идеальным решением для проведения измерений затвора на стороне высокого напряжения, изоляции шума трехфазного инвертора и быстрых измерений тока на шунте.

Последовательность включения и целостность

Осциллографы серии MXO точно измеряют характеристики включения и выключения шины питания. Расширенные возможности осциллографов можно использовать для сопоставления событий включения мощности с другими событиями в системе. На 8-канальном приборе MXO 5 можно одновременно измерять несколько шин. С помощью дополнительных 16 логических каналов можно включать основные тактовые сигналы в целях дальнейшего анализа. Благодаря своей глубокой памяти осциллограф поддерживает достаточную полосу пропускания в последовательностях длительностью в десятки миллисекунд.



АНАЛИЗ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ

Измерение характеристик переключения преобразователей

Общим правилом для максимизации рабочих характеристик и эффективности силовых преобразователей является увеличение частоты переключения. При увеличении частоты переключения силового устройства необходимо принимать во внимание временные характеристики, взаимодействия между транзисторами на стороне низкого и высокого напряжения, а также такие нежелательные эффекты, как прострел и повышенные электромагнитные помехи.

Высоковольтные измерения являются еще одним критически важным аспектом. Измерения высоких напряжений необходимы для проверки надлежащей работы системы в соответствии с заданными техническими характеристиками и гарантии безопасной эксплуатации.

Для инженеров, работающих в области силовой электроники, компания Rohde & Schwarz предлагает решения для проведения испытаний, измерений и анализа характеристик переключения в преобразователях низкого, среднего и высокого напряжения.

Осциллографы серий MXO 4 и MXO 5 идеально подходят для решения этих задач. Их полоса пропускания, разрешение, память, уровень шума, смещение и система запуск удовлетворяют требованиям к проведению подробного анализа переключений.

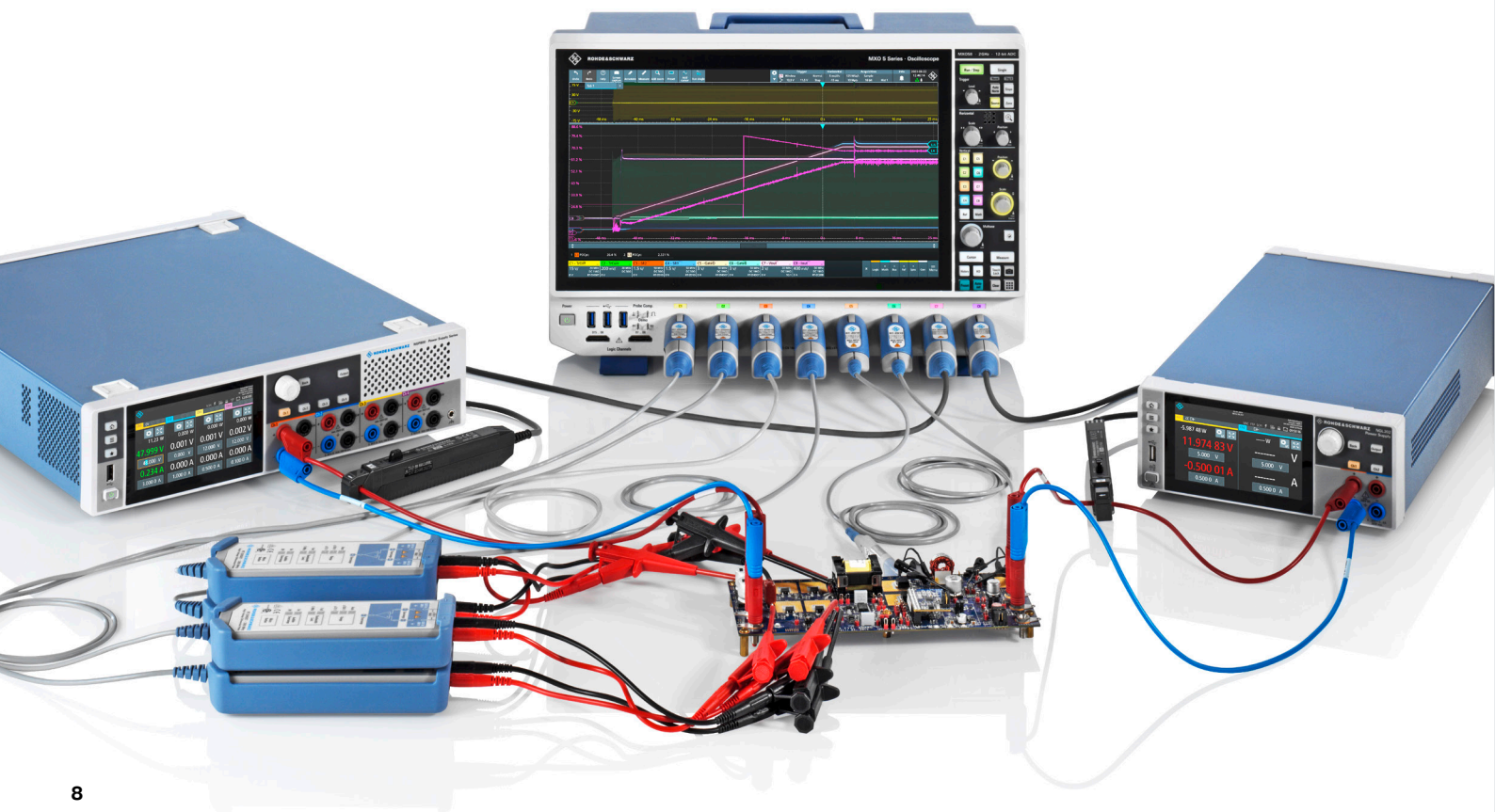
Пробники R&S®RT-ZHD способны выполнять точные измерения до 6000 В. Изолированная система подключения пробников R&S®RT-ZISO обеспечивает превосходный коэффициент подавления синфазного сигнала на частотах до 1 ГГц, если во время измерений требуются гальваническая развязка и быстрое переключение. Благодаря большой полосе пропускания и малой вносимой нагрузке эти пробники позволяют проводить точные измерения высокого напряжения без влияния на естественные характеристики испытуемого контура.

Предлагая современные решения и приборы для подробного анализа проектируемых устройств, компания Rohde & Schwarz помогает инженерам-разработчикам справиться с трудностями, которые связаны с применением широкозонных полупроводников.

Двухимпульсные испытания

При проектировании силовых преобразователей необходимо знать характеристики переключения полупроводниковых устройств. Двухимпульсные испытания позволяют определять время и потери переключения, чтобы гарантировать правильность переключения.

Совместно с PE-Systems компания Rohde & Schwarz разработала удобное решение для определения динамических характеристик переключения силовых полупроводниковых устройств. Это решение включает в себя все необходимое аппаратное и программное обеспечение для получения точных и повторяемых результатов испытаний.



ВЫЯВЛЕНИЕ ЭМП

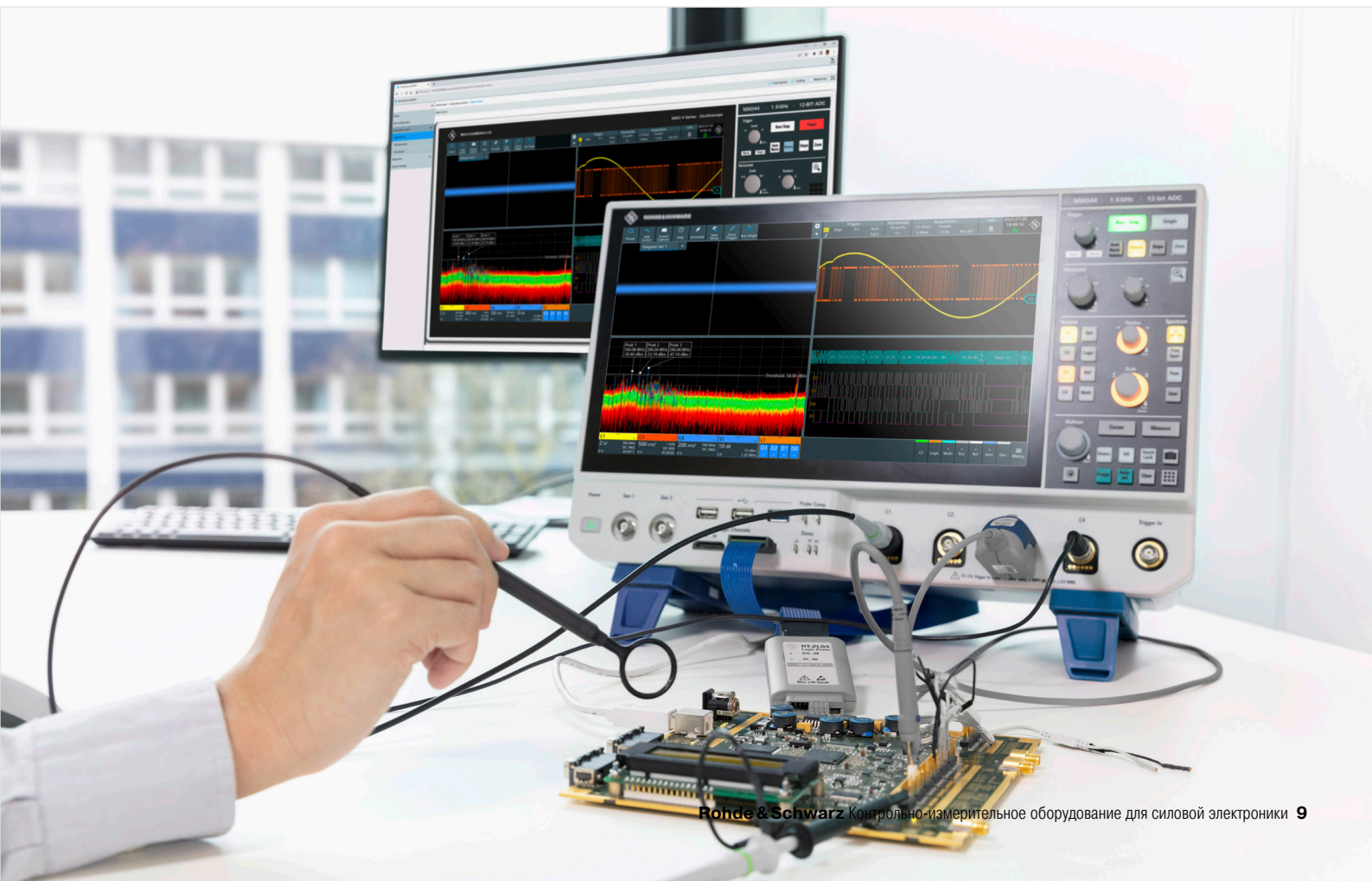
Соответствие требованиям стандартов по электромагнитным помехам (ЭМП) необходимо обеспечивать по возможности на самой ранней стадии проектирования. Чем позднее проверяется соответствие, тем более трудоемкими становятся меры противодействия.

Rohde & Schwarz предлагает контрольно-измерительное оборудование для отладки ЭМП в ходе проектирования, для проведения предварительных испытаний прототипов и для полных аттестационных испытаний в конце цикла разработки.

Осциллографы Rohde & Schwarz оснащены удобной быстросрабатывающей функцией анализа БПФ для измерения амплитуды частотного компонента. Пользователи могут одновременно просматривать соответствующие сигналы во временной области и сопоставлять нежелательные спектральные излучения с событиями во временной области. Таким образом осциллографы являются мощными автономными приборами для испытаний излучений на ранней стадии проектирования силовой электроники.

Наглядный пользовательский интерфейс позволяет задавать и изменять настройки БПФ всего несколькими жестами на большом сенсорном экране осциллографов MXO 4, MXO 5 и R&S®RTO6. Эти приборы оснащены функцией зонального запуска на спектральных осциллограммах, что не имеет аналогов в отрасли и очень удобно для выявления паразитных излучений в целях отладки ЭМП. В сочетании с пробниками ближнего поля и высоковольтными дифференциальными или токовыми пробниками можно полностью оптимизировать цепи силовой электроники без использования дополнительных инструментов для испытаний. Это ускоряет разработку силовой электроники на этапе проектирования устройств и помогает успешно проходить квалификационные испытания на ЭМС.

Это особенно удобно в том случае, если в лаборатории НИОКР отсутствует специализированное оборудование (например, приемник ЭМП) для проведения предварительных аттестационных испытаний на этапе проектирования.



ВЕРИФИКАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Начиная с ранней стадии прототипа важно проводить верификацию рабочих характеристик и предварительные испытания на всех этапах до перехода в серийное производство. Для этих целей Rohde & Schwarz предлагает универсальное и специализированное испытательное оборудование.

Верификация и производственные испытания силовых преобразователей

Для верификации и производственных испытаний силовых преобразователей переменного/постоянного тока или постоянного тока требуются высокое разрешение по вертикали, глубокая память и специальные функции анализа. Осциллографы MXO 5 и MXO 5C оптимально подходят для решения этой задачи.

Ключевые преимущества

- ▶ Встроенный 12-разрядный АЦП с эффективной разрядностью > 10 бит
- ▶ Глубина памяти до 1 млрд отсчетов
- ▶ Аппаратная чувствительность по входу до 0,5 мВ/дел
- ▶ Расширенные функции анализа

Проверка эффективности и испытания на соответствие стандартам для бытовой техники

В рамках стандартных испытаний, которым подвергаются все электронные потребительские товары длительного пользования, требуется проверка энергоэффективности, токовых гармоник и пусковых токов.

Универсальные анализаторы электропитания R&S®NPA поддерживают испытания на соответствие стандартам IEC 62301, EN 50564 и IEC EN 61000-3-3.

Ключевые преимущества

- ▶ Диапазон измерений: от 50 мкВт до 12 кВт с базовой точностью 0,05%
- ▶ Полоса пропускания 100 кГц
- ▶ Производственные испытания по принципу «пройдено/не пройдено» и автоматизированные испытания на соответствие стандартам EN и IEC
- ▶ Функции регистрации данных, вывода форм сигналов и счетчика энергопотребления

Осциллографы MXO 5 (сверху) и MXO 5C (снизу)



Серия анализаторов электропитания R&S®NPA



Адаптеры питания R&S®NPA-Zx предлагаются в версиях для ЕС, Великобритании, США, Китая и Австралии.

СТАНДАРТНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Источники питания

Предназначенные для размещения на рабочем столе или встраивания в испытательную систему, наши источники питания постоянного тока охватывают широкий диапазон мощностей. Благодаря разнообразным функциям и уровням точности вы сможете подобрать оптимальное решение для ваших потребностей.

Ключевые преимущества

- ▶ Несколько независимых выходов с отдельными уровнями мощностями и характеристиками означают экономию затрат и занимаемого пространства на рабочем столе или в системной стойке.
- ▶ Возможности параллельного и последовательного включения обеспечивают более высокие токи и напряжения, что расширяет области применения.
- ▶ Дистанционное управление поддерживается различными интерфейсами.
- ▶ Интуитивно понятное управление, крупный сенсорный экран с высоким разрешением
- ▶ Программируемые функции безопасности для защиты прибора и испытуемого устройства
- ▶ Более сложные функции, такие как имитация батарей, задержки вывода, дистанционное измерение и регистрация данных, ускоряют повседневные измерения.

Мультиметры

Точность и быстродействие — это главные характеристики мультиметров, за ними лишь с небольшим отрывом следует удобство эксплуатации. Многофункциональный 5 ½-разрядный мультиметр R&S®HMC8012 от Rohde & Schwarz предназначен для лабораторного использования.

Ключевые преимущества

- ▶ Диапазон измерений от 0 до 100 кГц
- ▶ До 200 измерений/с
- ▶ Высокая базовая точность 0,015%
- ▶ Одновременное отображение трех измерительных функций; например пост. ток + пер. ток + статистика



АССОРТИМЕНТ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



	Базовые блоки			Производительные блоки
	R&S®NGE102B/103B	R&S®NGC101(-G)/ NGC102(-G)/NGC103(-G)	R&S®NGA101/102/141/142	R&S®HMP2020/2030
Электрические характеристики				
Количество выходных каналов	2/3	1/2/3	1/2	2/3
Максимальная выходная мощность	66 Вт/100 Вт	100 Вт	40 Вт/80 Вт	188 Вт
Максимальная выходная мощность на канал	33,6 Вт	100 Вт/50 Вт/33 Вт	40 Вт	80 Вт, за исключением R&S®HMP2020, CH1: 160 Вт
Выходное напряжение на канал	от 0 В до 32 В	от 0 до 32 В	R&S®NGA101/102: от 0 до 35 В R&S®NGA141/142: от 0 до 100 В	от 0 В до 32 В
Максимальный выходной ток на канал	3 А	10 А/5 А/3 А	R&S®NGA101/102: 6 А R&S®NGA141/142: 2 А	5 А, за исключением R&S®HMP2020, CH1: 10 А
Пульсации напряжения и шум (СКЗ) (от 20 Гц до 20 МГц)	< 1,5 мВ (тип.)	R&S®NGC101: < 1 мВ (изм.); R&S®NGC102/103: < 450 мкВ (изм.)	R&S®NGA101/102: < 0,5 мВ (изм.); R&S®NGA141/142: < 1,5 мВ (изм.)	< 1,5 мВ (изм.)
Пульсации тока и шум (СКЗ) (изм.) (от 20 Гц до 20 МГц)	< 2 мА	R&S®NGC101: < 1,5 мА; R&S®NGC102/103: < 1 мА	< 500 мкА	< 1 мА
Время восстановления нагрузки ¹⁾ (изм.)	< 200 мкс	< 1 мс	R&S®NGA101/102: < 100 мкс; R&S®NGA141/142: < 50 мкс	< 1 мс
Разрешение при снятии показаний/программировании				
Напряжение	10 мВ	1 мВ	программирование: R&S®NGA101/102: 1 мВ R&S®NGA141/142: 10 мВ считывание: 1 мВ	1 мВ
Ток	1 мА	< 1 А: 0,1 мА (R&S®NGC101: 0,5 мА); > 1 А: 1 мА	считывание: 10 мкА диапазон измерения малых токов: 1 мкА	< 1 А: 0,1 мА (10 А CH: 0,2 мА); > 1 А: 1 мА
Погрешность считывания (± (% от вых. значения + смещение))				
Напряжение	< 0,1 % + 20 мВ	< 0,05 % + 2 мВ	R&S®NGA101/102: 0,02 % + 5 мВ R&S®NGA141/142: 0,02 % + 10 мВ	< 0,05 % + 5 мВ
Ток	< 0,1 % + 5 мА	R&S®NGC101: < 0,2 % + 10 мА; R&S®NGC102: < 0,1 % + 5 мА; R&S®NGC103: < 0,05 % + 2 мА	< 0,05 % + 500 мкА диапазон измерений малых токов: < 0,15 % + 40 мкА	< 0,1 % + 2 мА
Специальные функции				
Измерительные функции	напряжение, ток, мощность	напряжение, ток, мощность, энергия	напряжение, ток, мощность	напряжение, ток
Функции защиты	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OTP
Функция FuseLink	●	● (R&S®NGC102/103)	● (R&S®NGA102/142)	●
Задержка срабатывания	●	●	●	●
Четырехпроводное подключение	—	●	●	●
Режим потребителя (нагрузки)	—	—	—	—
Задержка вывода	—	● (R&S®NGC102/103)	—	—
Вход/выход сигнала запуска	o/o	●/—	o/o	—
Функция сигналов произвольной формы	● (CH1: EasyArb)	● (EasyArb)	● (CH1: EasyArb)	● (EasyArb)
Интерфейс аналоговой модуляции	—	●	—	—
Объединение каналов	—	—	●	—
Регистрация данных	—	● (стандартный режим)	● (стандартный режим)	—
Дисплей и интерфейсы				
Отображение	3,5 дюйма, QVGA	3,5 дюйма, QVGA	3,5 дюйма, QVGA	ЖК-дисплей, 240 × 64 пикселей
Разъемы на задней панели	—	16-контактный блок разъемов	8-контактный блок разъемов	блок 4-контактных разъемов на канал
Интерфейсы дистанционного управления	стандартно: USB; дополнительно: LAN	стандартно: USB, LAN; модели R&S®NGC10x-G с IEEE-488 (GPIB)	стандартно: USB, LAN	дополнительно: USB, LAN, IEEE-488 (GPIB), RS-232
Общие сведения				
Габариты (Ш × В × Г)	222 × 97 × 310 мм	222 × 97 × 291 мм	222 × 97 × 448 мм	285 × 93 × 405 мм
Масса	4,9 кг/5,0 кг	2,6 кг (модели R&S®NGC10x-G: 2,7 кг)	6,6 кг/7,0 кг/6,9 кг/7,3 кг	7,8 кг/8,0 кг
Держатель для стойки	опция R&S®HZN95	опция R&S®HZN95	опция R&S®HZN96	опция R&S®HZN42

¹⁾ Изменение нагрузки от 10 % до 90 % в полосе ±20 мВ от установленного напряжения.

²⁾ В наиболее чувствительном диапазоне измерений.



R&S®HMP4030/4040		R&S®NGP802/822/804/814/824		Прецизионные источники питания					
R&S®HMP4030/4040		R&S®NGP802/822/804/814/824		R&S®NGL201/202		R&S®NGM201/202		R&S®NGU201/411/401	
	3/4 384 Вт	2/4 400 Вт/800 Вт	1/2 60 Вт/120 Вт	1/2 60 Вт/120 Вт	1 60 Вт/20 Вт/60 Вт				
	160 Вт	200 Вт	60 Вт	60 Вт	60 Вт/20 Вт/60 Вт				
	от 0 В до 32 В	от 0 до 32 В (32-В каналы); от 0 до 64 В (64-В каналы)	от 0 В до 20 В	от 0 В до 20 В	R&S®NGU201: от 0 до 20 В R&S®NGU411/401: от –20 В до +20 В				
	10 А	20 А (32-В каналы); 10 А (64-В каналы)	выходное напряжение ≤ 6 В: 6 А; выходное напряжение > 6 В: 3 А	выходное напряжение ≤ 6 В: 6 А; выходное напряжение > 6 В: 3 А	выходное напряжение ≤ 6 В: 8 А; (R&S®NGU411: ≤ 10 В: 2 А) выходное напряжение > 6 В: 3 А (R&S®NGU411: > 10 В: 1 А)				
	< 1,5 мВ (изм.)	< 3 мВ (изм.)	< 500 мкВ (изм.)	< 500 мкВ (изм.)	< 500 мкВ (изм.)				
	< 1 мА	< 3,5 мА	< 1 мА	< 1 мА	< 1 мА				
	< 1 мс	< 400 мкс	< 30 мкс	< 30 мкс	< 30 мкс				
	1 мВ	1 мВ	1 мВ/10 мкВ	1 мВ/5 мкВ ²⁾	50 мкВ/1 мкВ ²⁾				
	< 1 А: 0,2 мА; ≥ 1 А: 1 мА	0,5 мА	0,1 мА/10 мкА	0,1 мА/10 нА ²⁾	100 нА/100 пА ²⁾				
	< 0,05 % + 5 мВ	< 0,05 % + 5 мВ (каналы 32 В); < 0,05 % + 10 мВ (каналы 64 В)	< 0,02 % + 2 мВ	< 0,02 % + 500 мкВ ²⁾	< 0,02 % + 500 мкВ ²⁾				
	< 0,1 % + 2 мА	< 0,1 % + 5 мА	< 0,05 % + 250 мкА	< 0,05 % + 15 мкА ²⁾	< 0,025 % + 15 нА ²⁾				
	напряжение, ток	напряжение, ток, мощность, энергия	напряжение, ток, мощность, энергия	напряжение, ток, мощность, энергия	напряжение, ток, мощность, энергия				
	OVP, OCP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP				
	●	●	● (R&S®NGL202)	● (R&S®NGM202)	–				
	●	●	●	●	●				
	●	●	●	●	●				
	–	–	●	●	●				
	–	●	● (R&S®NGL202)	● (R&S®NGM202)	–				
	–	o/o	o/o	o/o	o/o				
	● (EasyArb)	● (QuickArb)	● (QuickArb)	● (QuickArb)	● (QuickArb)				
	–	o	–	–	R&S®NGU411/401: интерфейс модуляции				
	–	–	–	–	–				
	–	● (стандартный режим)	● (стандартный режим)	● (стандартный и быстрый режимы)	● (стандартный и быстрый режимы)				
	ЖК-дисплей, 240 × 128 пикселей	TFT, 5-дюймовый, 800 × 480 пикселей, WVGA, сенсорный	TFT, 5-дюймовый, 800 × 480 пикселей, WVGA, сенсорный	TFT, 5-дюймовый, 800 × 480 пикселей, WVGA, сенсорный	TFT, 5-дюймовый, 800 × 480 пикселей, WVGA, сенсорный				
	8-контактный блок разъемов на 2 канала	блок 8-контактных разъемов на 2 канала	блок 8-контактных разъемов на канал	блок 8-контактных разъемов на канал	8-контактный блок разъемов				
	дополнительно: USB, LAN, IEEE-488 (GPIB), RS-232	стандартно: USB, LAN дополнительно: IEEE-488 (GPIB)	стандартно: USB, LAN; дополнительно: IEEE-488 (GPIB)	стандартно: USB, LAN дополнительно: IEEE-488 (GPIB)	стандартно: USB, LAN дополнительно: IEEE-488 (GPIB)				
	285 × 136 × 405 мм	362 × 100 × 451 мм	222 × 97 × 436 мм	222 × 97 × 436 мм	222 × 97 × 436 мм				
	12,4 кг/12,8 кг	7,5 кг/8,0 кг	7,1 кг/7,3 кг	7,2 кг/7,4 кг	7,1 кг				
	опция R&S®HNP91	опция R&S®ZZA-GE23	опция R&S®HZN96	опция R&S®HZN96	опция R&S®HZN96				

Все данные действительны при температуре +23 °C (– 3 °C/+ 7 °C) после 30-минутного прогрева.

• да – нет o с опцией

АССОРТИМЕНТ ОСЦИЛЛОГРАФОВ



	R&S® RTH1000	R&S® RTC1000	R&S® RTB2000	R&S® RTM3000
Система вертикального отклонения				
Полоса пропускания ¹⁾	60/100/200/350/500 МГц	50/70/100/200/300 МГц	70/100/200/300 МГц	100/200/350/500 МГц/1 ГГц
Количество каналов	2 + цифровой мультиметр/4	2	2/4	2/4
Разрешение по вертикали; архитектура системы	10 разрядов; 16 разрядов	8 разрядов; 16 разрядов	10 разрядов; 16 разрядов	10 разрядов; 16 разрядов
В/дел при 1 МОм	от 2 мВ до 100 В	от 1 мВ до 10 В	от 1 мВ до 5 В	от 500 мкВ до 10 В
В/дел при 50 Ом	–			от 500 мкВ до 1 В
Цифровые каналы	8	8	16	16
Система горизонтального отклонения				
Частота дискретизации на канал (в млрд отсчетов/с)	1,25 (4-канальная модель); 2,5 (2-канальная модель); 5 (чередование всех каналов)	1; 2 (чередование 2 каналов)	1,25; 2,5 (чередование 2 каналов)	2,5; 5 (чередование 2 каналов)
Максимальный объем памяти (на канал; 1 активный канал)	125 тыс. отсчетов (4-канальная модель); 250 тыс. отсчетов (2-канальная модель); 500 тыс. отсчетов	1 млн отсчетов; 2 млн отсчетов	10 млн отсчетов; 20 млн отсчетов	40 млн отсчетов; 80 млн отсчетов
Сегментированная память	Стандарт: 50 млн отсчетов	–	Опция: 320 млн отсчетов	Опция: 400 млн отсчетов
Скорость сбора данных (в осциллограмм/с)	50 000	10 000	50 000 (300 000 в режиме быстрой сегментированной памяти ²⁾)	64 000 (2 000 000 в режиме быстрой сегментированной памяти ²⁾)
Запуск				
Типы	цифровой	аналоговый	аналоговый	аналоговый
Чувствительность	–	–	при 1 мВ/дел: > 2 дел	при 1 мВ/дел: > 2 дел
Анализ				
Испытания по маске	Маска допуска	Маска допуска	Маска допуска	Маска допуска
Математические операции	элементарные	элементарные	базовые (расчет по расчету)	базовые (расчет по расчету)
Запуск и декодирование последовательных протоколов ¹⁾	I²C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, CAN FD, SENT	I²C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN	I²C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN	I²C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, I²S, MIL-STD-1553, ARINC 429
Приложения ^{1), 2)}	частотомер с высоким разрешением, расширенный анализ спектра, анализ гармоник, пользовательские сценарии	цифровой вольтметр (ЦВМ), тестер компонентов, быстрое преобразование Фурье (БПФ)	цифровой вольтметр (ЦВМ), быстрое преобразование Фурье (БПФ), анализ АЧХ	электропитание, цифровой вольтметр (ЦВМ), анализ спектра и построение спектрограмм, анализ АЧХ
Испытания на соответствие ^{1), 2)}	–	–	–	–
Дисплей и управление				
Размер и разрешение	7" сенсорный экран, 800 × 480 пикселей	6,5", 640 × 480 пикселей	10,1" сенсорный экран, 1280 × 800 пикселей	10,1" сенсорный экран, 1280 × 800 пикселей
Общие сведения				
Размеры, мм (Ш × В × Г)	201 × 293 × 74	285 × 175 × 140	390 × 220 × 152	390 × 220 × 152
Масса, кг	2.4	1.7	2.5	3.3
Батарея	литий-ионная, > 4 ч	–	–	–

¹⁾ Возможна модернизация.

²⁾ Требуется опция.



MXO 4	MXO 5/MXO 5C	R&S RT06	R&S RTP
200/350/500 МГц/1/1,5 ГГц	100/200/350/500 МГц/1/2 ГГц	600 МГц/1/2/3/4/6 ГГц	4/6/8/13/16 ГГц
4	4/8	4	4
12 разрядов; 18 разрядов	12 разрядов; 18 разрядов	8 разрядов; 16 разрядов	8 разрядов; 16 разрядов
от 500 мкВ до 10 В	от 500 мкВ до 10 В	от 1 мВ до 10 В (режим HD: от 500 мкВ до 10 В)	
от 500 мкВ до 1 В	от 500 мкВ до 1 В	от 1 мВ до 1 В (режим HD: от 500 мкВ до 1 В)	от 2 мВ до 1 В (режим HD: от 1 мкВ до 1 В)
16	16	16	16
2,5; 5 (чередование 2 каналов)	5 в 4 каналах; 2,5 в 8 каналах (чередование 2 каналов)	10; 20 (чередование 2 каналов в моделях 4 ГГц и 6 ГГц)	20; 40 (чередование 2 каналов)
Стандарт: 400 млн отсчетов; Макс. увеличение: 800 млн отсчетов ²⁾	Стандарт: 500 млн отсчетов Макс. увеличение: 1 млрд отсчетов ²⁾	Стандарт: 200 млн отсчетов/800 млн отсчетов; Макс. увеличение: 1 млрд отсчетов/2 млрд отсчетов	Стандарт: 100 млн отсчетов/400 млн отсчетов; Макс. увеличение: 3 млрд отсчетов
стандартно: 10 000 сегментов; опция: 1 000 000 сегментов	стандартно: 10 000 сегментов; опция: 1 000 000 сегментов	стандартно	стандартно
> 4 500 000	> 4 500 000 в 4 каналах	1 000 000 (2 500 000 в режиме ультрасегментированной памяти)	750 000 (3 200 000 в режиме ультрасегментированной памяти)
расширенные (в том числе зональный запуск), цифровой запуск (15 типов запуска)	расширенные (в том числе зональный запуск), цифровой запуск (15 типов запуска)	расширенный (вкл. зональный запуск), цифровой запуск (15 типов запуска), высокоскоростной запуск по последовательному шаблону, вкл. восстановление тактового сигнала (CDR) 5 Гбит/с ²⁾	расширенный (вкл. зональный запуск), цифровой запуск (14 типов запуска) с компенсацией цепей в реальном масштабе времени ²⁾ , высокоскоростной запуск по последовательному шаблону вкл. восстановление тактового сигнала (CDR) 8/16 Гбит/с ²⁾
0,0001 дел, полная полоса пропускания, настраивается пользователем	0,0001 дел, полная полоса пропускания, настраивается пользователем	0,0001 дел, полная полоса пропускания, настраивается пользователем	0,0001 дел, полная полоса пропускания, настраивается пользователем
расширенные (редактор формул)	расширенные (редактор формул)	настраиваются пользователем, аппаратные	настраиваются пользователем, аппаратные
I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, CAN FD, CAN XL, LIN, SPMI, 10BASE-T1S, ARINC, QUAD-SPI	I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, CAN FD, CAN XL, LIN, SPMI, 10BASE-T1S, 100BASE-T1, ARINC, QUAD-SPI	расширенные (редактор формул, интерфейс Python) I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, I ² S, MIL-STD-1553, ARINC 429, FlexRay™, CAN FD, MIPI RFFE, USB 2.0/HSIC, MDIO, 8b10b, Ethernet, Manchester, NRZ, SENT, MIPI D-PHY, SpaceWire, MIPI M-PHY/UniPro, CXPI, USB 3.1 Gen 1, USB-SSIC, PCIe 1.1/2.0, USB Power Delivery, автомобильный Ethernet 100/1000BASE-T1	расширенные (редактор формул, интерфейс Python) I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, SENT, CAN, LIN, CAN FD, MIL-STD-1553, ARINC 429, SpaceWire, USB 2.0/HSIC/PD, USB 3.1 Gen 1/Gen 2/SSIC, PCIe 1.1/2.0/3.0, 8b10b, MIPI RFFE, MIPI D/M-PHY/UniPro, автомобильный Ethernet 100/1000BASE-T1, Ethernet 10/100BASE-TX, MDIO, Manchester, NRZ
электропитание, цифровой вольтметр (ЦВМ), анализ частотных характеристик	электропитание, цифровой вольтметр (ЦВМ), анализ частотных характеристик	анализ электропитания, расширенный анализ спектра и построение спектрограмм, разложение джиттера и шума, восстановление тактового сигнала (CDR), анализ I/Q-данных и ВЧ (R&S®VSE), компенсация цепей, включение и выравнивание, анализ АИМ, анализ TDR/TDT, расширенная глазковая диаграмма	расширенный анализ спектра и построение спектрограмм, разложение джиттера и шума, компенсация цепей в реальном масштабе времени, включение и выравнивание, анализ АИМ, анализ TDR/TDT, анализ I/Q-данных и ВЧ (R&S®VSE), расширенная глазковая диаграмма
–		см. технические характеристики (PD 5216.1640.22)	см. технические характеристики (PD 3683.5616.22)
13,3" сенсорный экран, 1920 × 1080 пикселей (Full HD)	только MXO 5: сенсорный экран с диагональю 15,6 дюйма, 1920 × 1080 пикселей (Full HD)	15,6" сенсорный экран, 1920 × 1080 пикселей (Full HD)	13,3" сенсорный экран, 1920 × 1080 пикселей (Full HD)
414 × 279 × 162	MXO 5: 445 × 314 × 154 MXO 5C: 445 × 105 × 405	450 × 315 × 204	441 × 285 × 316
6	MXO 5: 9 MXO 5C: 8,7	10,7	18
–	–	–	–

**Сервисное обслуживание
в Rohde & Schwarz
Вы — в надежных руках!**

- ▶ По всему миру
- ▶ На месте и лично
- ▶ Индивидуально и гибко
- ▶ С бескомпромиссным качеством
- ▶ На длительную перспективу

Rohde & Schwarz

Технологическая группа компаний Rohde & Schwarz является одним из лидеров в деле создания более безопасного и подключенного мира благодаря своим передовым решениям в сфере контрольно-измерительного оборудования, технологических систем, а также сетей и кибербезопасности. Основанная более 90 лет назад группа компаний — надежный партнер для заказчиков из промышленного и государственного сектора по всему миру. Эта независимая компания, штаб-квартира которой находится в Мюнхене (Германия), имеет широкую торгово-сервисную сеть и представлена более чем в 70 странах.

www.rohde-schwarz.com

Ресурсосберегающие методы проектирования

- ▶ Экологическая безопасность и экологический след
- ▶ Энергоэффективность и низкий уровень выбросов
- ▶ Долгий срок службы и оптимизированные производственные расходы

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

Тренинги Rohde & Schwarz

www.training.rohde-schwarz.com

Служба поддержки Rohde & Schwarz

www.rohde-schwarz.com/support

