

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real



# SOLUCIONES DE TEST Y MEDIDA PARA ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Medidas de componentes, diseño de productos,  
pruebas de producción y ensayos de conformidad

Folleto | Versión 02.00



# EL RETO A SUPERAR

Entre los mayores desafíos de la electrónica de potencia de hoy en día destacan las medidas en sistemas que utilizan semiconductores de banda prohibida ancha (WBG), como los de carburo de silicio (SiC) y de nitruro de galio (GaN). La integración de estos materiales en dispositivos de potencia, como p. ej. convertidores, se traduce en frecuencias de operación, tensiones y temperaturas más altas. El resultado son diversas ventajas en el diseño de los convertidores, como una eficiencia energética mejorada, menores tamaño y peso, así como la reducción de costes de fabricación. Los materiales WBG se han adoptado para determinadas aplicaciones en las que la densidad de potencia y el tamaño son criterios decisivos, como la energía solar, los vehículos eléctricos, cargadores para coches eléctricos y productos de electrónica de consumo, entre otras.

A pesar de las numerosas ventajas que aportan SiC y GaN, es muy importante tener en cuenta las dificultades específicas que pueden presentarse a la hora de verificar circuitos que emplean estas tecnologías.

► **Interferencia electromagnética:**

Las frecuencias de conmutación más rápidas, los flancos más pronunciados y las tensiones más altas provocan mayores niveles de armónicos de frecuencia, producidos por sobreimpulsos y sobreoscilaciones transitorias. Por tanto, cabe esperar mayores emisiones conducidas y radiadas en el diseño de los convertidores.

► **Efectos parásitos:**

A altas frecuencias, el efecto parásito de componentes pasivos puede repercutir de forma negativa en el rendimiento de un dispositivo de potencia. Por consiguiente, es necesario identificar adecuadamente estos efectos.

► **Rango dinámico:**

Los dispositivos de electrónica de potencia funcionan en amplios rangos de corriente y tensión, lo que puede plantear inconvenientes a la hora de realizar medidas con precisión.

► **Cuantificación de pérdidas:**

Las rápidas velocidades de cambio dificultan la estimación de pérdidas por conmutación de los transistores. Factores como efectos parásitos, retardos de propagación y el ancho de banda de los equipos de test y medida repercuten en el cálculo de pérdidas.

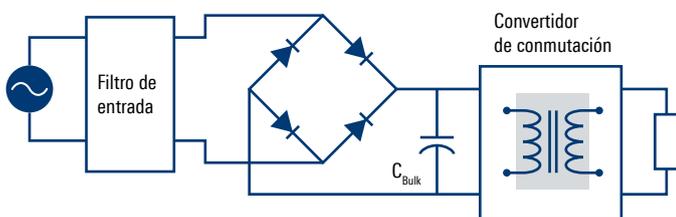
Además de los nuevos desafíos asociados al uso de materiales WBG, los desarrolladores deben realizar diversos test para comprobar y validar dispositivos de potencia como una fuente conmutada. Estos test incluyen medidas de eficiencia, rizado, el comportamiento de encendido y apagado, la calidad de suministro, extracorrentes de conexión, armónicos de entrada, simulación de condiciones reales (p. ej. celdas de batería en un vehículo eléctrico), estabilidad, etc.

Otra de las tareas que realizan los ingenieros es el modelado detallado de baterías y simulaciones, que resultan esenciales para predecir el comportamiento de las baterías y su vida útil en aplicaciones reales. Estas simulaciones aportan datos para optimizar los diseños de batería y desarrollar sistemas de gestión de baterías (BMS) eficientes.

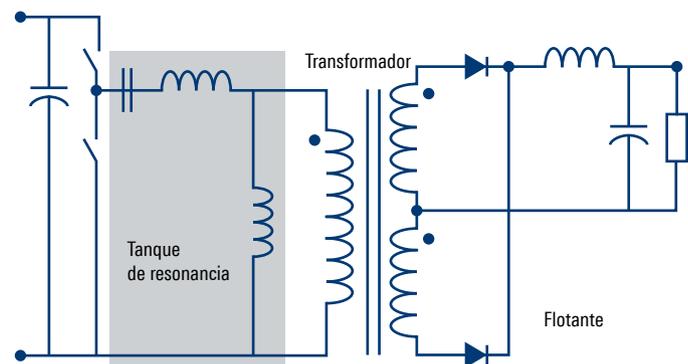
Asimismo, la monitorización del consumo de energía de un dispositivo desempeña un papel fundamental durante todo el proceso de desarrollo. Esta información es vital para evaluar la eficiencia de los dispositivos y garantizar la conformidad con la normativa.

Cada uno de estos test plantea dificultades específicas y exige equipos de test y medida apropiados para obtener resultados precisos y fiables en todas las fases del proceso de diseño, desde la depuración del prototipo hasta la validación de la fuente conmutada.

## Convertidor boost



## Convertidor LLC



# NUESTRA SOLUCIÓN

Rohde&Schwarz ofrece equipos de test y medida de alta calidad para todas las fases de prueba de dispositivos de electrónica de potencia. Nuestros productos abarcan desde el diseño hasta el suministro, y aún más. Incluyen las pruebas de componentes tanto pasivos como activos junto con el servicio técnico y mantenimiento completo del dispositivo.

Disponemos de diferentes soluciones para abordar las necesidades de medida de dispositivos de potencia que utilizan materiales WBG. Estas soluciones están pensadas para superar las principales dificultades que surgen en el proceso de diseño de un convertidor o de una fuente conmutada que utiliza SiC o GaN.

En primer lugar, Rohde&Schwarz suministra soluciones para requisitos de EMC que cubren desde la investigación inicial de emisiones en la fase temprana de desarrollo hasta ensayos integrales de certificación de EMC. Gracias a su potente y ágil función de transformada rápida de Fourier (FFT), los osciloscopios Rohde&Schwarz son la herramienta perfecta para depurar problemas de EMI en fases iniciales del diseño, y aportan además un ahorro de costes. Una vez verificado el comportamiento del prototipo, los analizadores de espectro y receptores de EMI de Rohde&Schwarz permiten realizar las medidas para la certificación.

A la hora de seleccionar componentes pasivos y activos adecuados en las fases tempranas del desarrollo y de identificar sus elementos parásitos, los medidores LCR son una excelente opción. Permiten evaluar el comportamiento de un componente imitando las condiciones de funcionamiento reales del propio circuito (p. ej. frecuencia, nivel de tensión/corriente y polarización de CC). Esto reduce la incertidumbre en el comportamiento del convertidor debido a efectos parásitos que surgen a altas frecuencias, y hace que las medidas se aproximen más a las simulaciones.

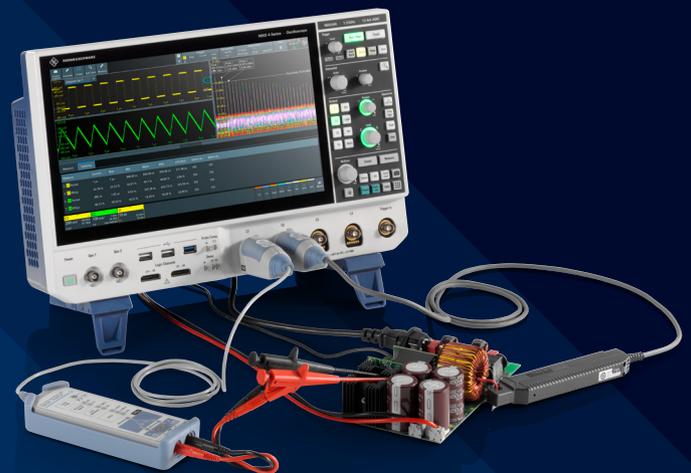
Por otro lado, los osciloscopios y las sondas diferenciales de alta tensión de Rohde&Schwarz permiten medir con precisión pequeñas señales en presencia de un amplio offset gracias a su amplio rango dinámico. De este modo, representan la combinación perfecta para medir rizados leves al medir altas tensiones de salida en un convertidor. Las prestaciones de los osciloscopios Rohde&Schwarz son incomparables. Es posible probar un prototipo y obtener sus parámetros principales con alta precisión, como pérdidas por conmutación, eficiencia, rizado, comportamiento de semiconductores y mucho más.

Para desarrollar convertidores e inversores se necesitan equipos de test y medida que sean tan flexibles como precisos. Además de los osciloscopios y medidores LCR, las fuentes de alimentación de Rohde&Schwarz se presentan como una solución para simular las condiciones reales de un dispositivo de potencia, como p. ej. escenarios de entrada y carga diferentes. Por ejemplo, las fuentes de alimentación de sobremesa con arquitectura de dos cuadrantes son la elección preferida en aplicaciones donde se requiere tanto una fuente como una carga electrónica. Esto simplifica la configuración y ahorra costes y espacio.

Además, nuestra oferta de fuentes de alimentación se adapta a diferentes dispositivos y aplicaciones, con una gama que abarca desde modelos básicos hasta opciones de alto rendimiento. Rohde&Schwarz también ofrece fuentes de alimentación diseñadas para aplicaciones específicas, como p. ej. la simulación de sistemas de gestión de baterías.

Los osciloscopios y analizadores de potencia Rohde&Schwarz son aptos para entornos de producción. Se pueden utilizar también para realizar test de verificación típicos en la fabricación de electrodomésticos en general. Estos instrumentos incluyen medidas automáticas que permiten al usuario caracterizar la fuente conmutada de forma sencilla y rápida.

Para tareas de instalación y servicio, Rohde&Schwarz ofrece osciloscopios portátiles con un rendimiento equiparable a los instrumentos de laboratorio, lo que los convierte en la opción ideal para todas las necesidades de medida sobre el terreno.



# CARACTERIZACIÓN DE COMPONENTES

## Componentes pasivos

El comportamiento en condiciones reales de los componentes pasivos tiene un efecto esencial en el diseño y el rendimiento posible de los diseños de electrónica de potencia. La verificación del comportamiento de los componentes supone por tanto un paso importante en el proceso de selección para su uso en la producción. En particular, se necesita caracterizar el comportamiento parásito de componentes a altas frecuencias, sobre todo si se utilizan semiconductores WBG.

## Verificación del comportamiento real de componentes pasivos

La capacidad eléctrica efectiva de un condensador depende en gran medida de su tensión continua equivalente durante el funcionamiento, mientras que la inductancia efectiva de un inductor depende de la corriente continua media que fluye a través del inductor. Además, las propiedades de los componentes pasivos fluctúan en función de la frecuencia. Por lo tanto, es esencial utilizar un medidor LCR que permita controlar estos parámetros y tenga un rango adecuado para la aplicación en cuestión.

Los medidores LCR R&S®LCX100/LCX200 se pueden utilizar para medir la impedancia compleja dependiente de la frecuencia en componentes pasivos con el fin de deducir valores exactos del diagrama de circuito equivalente del componente. Esto permite probar componentes bajo tensión o corriente continua de polarización.

## Características principales

- ▶ Precisión básica muy alta de 0,05%
- ▶ Rango de frecuencias de 4 Hz a 10 MHz
- ▶ Polarización de CC hasta 10 V/200 mA (interna) o 40 V (externa)
- ▶ Diversos adaptadores de fijación a elegir en función del componente

Medidor LCR R&S®LCX200



Rohde&Schwarz ha añadido a su oferta el analizador de impedancia MFIA de Zurich Instruments. Este equipo cubre un rango de medida desde 1 mΩ hasta 1 TΩ, de modo que resulta ideal para medir materiales con baja ESL/ESR como los condensadores de enlace de CC.

Analizador de impedancia MFIA de Zurich Instruments



## Semiconductores

De forma similar a los transistores, los semiconductores de dos terminales se emplean de forma generalizada en aplicaciones de electrónica de potencia. Se encuentran en fuentes de alimentación con mejora del factor de potencia, como diodos Schottky de SiC, otros tipos de convertidores que emplean diodos en antiparalelo (*free-wheeling*), LED y celdas solares.

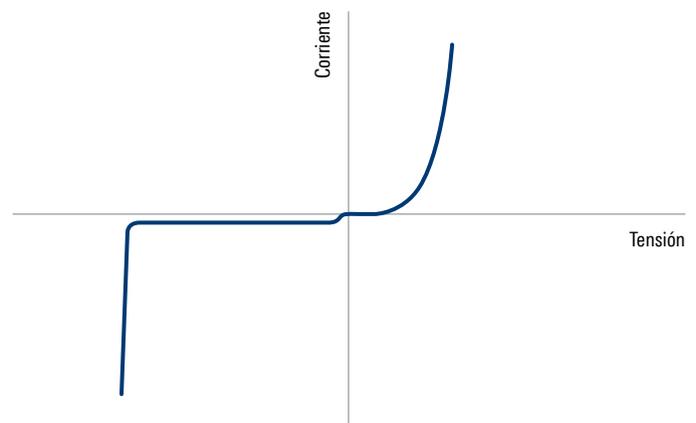
Es esencial entender y caracterizar estos tipos de semiconductores para poder determinar sus características clave. Para ello se suele recurrir a la curva I/V, que constituye la base para derivar diversos parámetros.

La unidad de medida de fuente R&S®NGU permite obtener medidas precisas en un rango desde por debajo de microamperios hasta amperios. Su herramienta de barrido, función arbitraria y registro rápido permiten realizar barridos precisos de la curva I/V que aportan información muy útil acerca del semiconductor.

Unidad de medida de fuente R&S®NGU411



## Curva característica I/V de un semiconductor



# SIMULACIÓN DE BATERÍAS

## Simulación de celdas de batería

Generalmente se utilizan convertidores bidireccionales en combinación con baterías para mejorar la eficiencia de la transferencia de potencia y simplificar el proceso de carga y descarga. En este contexto, es importante contar con equipos de test y medida capaces de reproducir el comportamiento de las baterías para poder probar el convertidor bidireccional en condiciones reales.

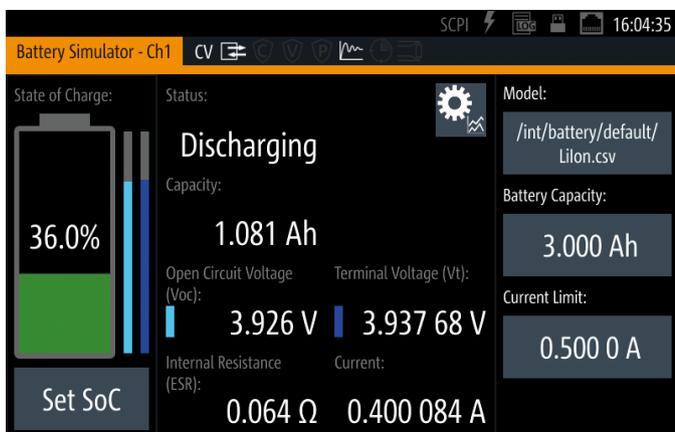
La función de simulación de batería de las fuentes de alimentación de la serie R&S®NGM200 permite simular el rendimiento de salida real de la batería. Las medidas se pueden basar en un modelo de batería seleccionado. La capacidad de la batería, el estado de carga (SoC) y la tensión de circuito abierto (Voc) se pueden ajustar a cualquier estado para evaluar el dispositivo en condiciones específicas. Es posible también simular el comportamiento de carga de una batería. Esto resulta especialmente importante al diseñar cargadores de baterías.

### Consejos para obtener el modelo de batería adecuado:

1. Utilizar uno de los modelos predeterminados disponibles en el instrumento
2. Programar un modelo individual basado en los datos del fabricante o medidas
3. Utilizar la herramienta de modelado de batería

Esta opción facilita una simulación dinámica, lo que significa que el valor Voc, la resistencia serie equivalente (ESR) y el SoC cambian en función de las condiciones de carga/descarga, como si se tratara de una batería real.

Simulación de batería: los principales parámetros que caracterizan el estado de la batería se resumen en una pantalla.



## Sistemas de gestión de batería

Normalmente, las baterías de mayor tamaño se construyen conectando múltiples celdas en serie y en paralelo. Puesto que por todas las celdas fluye la misma corriente de carga y de descarga, las diferencias individuales de capacidad de la batería, la autodescarga, el envejecimiento, etc. podrían dar lugar con el tiempo a estados de carga (SoC) diferentes y, como consecuencia, limitarían la capacidad y la vida útil de la batería. Los sistemas de gestión de batería (BMS) monitorizan, controlan y gestionan activamente distintos parámetros de las celdas de batería.

Las fuentes R&S®NGL200 y R&S®NGM200 ofrecen una operación con dos cuadrantes: como fuente y sumidero. Todas las salidas están totalmente aisladas respecto a tierra. Pueden conectarse en serie para simular baterías en un único nivel de celda hasta una tensión máxima de 250 V a tierra. La impedancia de salida puede ajustarse entre  $-50 \text{ m}\Omega$  y  $100 \text{ }\Omega$ . Las medidas de tensión y corriente en la salida de la fuente de alimentación ofrecen valores de alta resolución. Estas características permiten simular las propiedades de la celda y variarlas a lo largo del tiempo con gran precisión y alta resolución temporal.



# DISEÑOS DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

## Verificación del comportamiento de convertidores

El diseño de convertidores de potencia implica dedicar bastante tiempo a su verificación, tanto durante la fase de diseño como en la producción, y exige ponderar objetivos de diseño contrapuestos. En general, la eficiencia está en primer plano, pero también la conformidad con los diferentes estándares es una consideración esencial. Otro aspecto importante es la seguridad: a veces, las pruebas deben realizarse con tensiones peligrosas, y esto exige unas pautas estrictas de seguridad durante las medidas.

Para hacer frente a estos desafíos, Rohde&Schwarz ofrece soluciones basadas en las características de sus osciloscopios para todas las fases de desarrollo del convertidor, desde el diseño hasta los test de conformidad y de producción.

## Medidas automatizadas

La opción de software de análisis de potencia de los osciloscopios de Rohde&Schwarz ofrece las funciones de medida esenciales para analizar la electrónica de potencia, como extracorrente de conexión, espectro de salida y área de operación segura. Un asistente de medida con instrucciones detalladas guía al usuario por la configuración de medida. El osciloscopio se autoconfigura automáticamente y proporciona los resultados con rapidez.

Funciones de medida:

- ▶ Armónicos de corriente
- ▶ Entrada (calidad de potencia)
- ▶ Salida (rizado)
- ▶ Camino de potencia (eficiencia)

Los resultados se pueden agregar al informe con solo pulsar un botón. En dicho informe se documentan los ajustes y la configuración actual.

## Medidas de canales múltiples

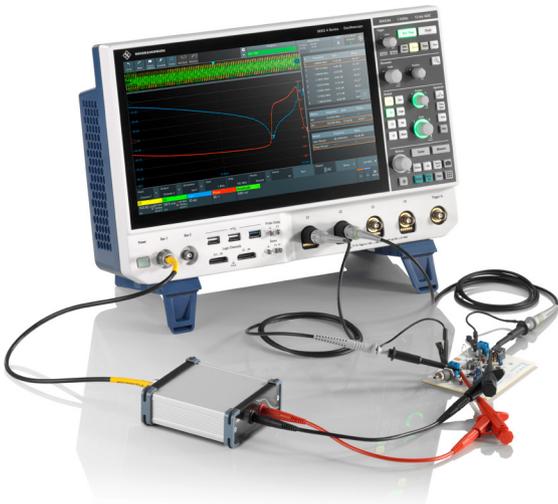
El osciloscopio de 8 canales resulta especialmente práctico para investigar diseños de electrónica de potencia. Teniendo en cuenta que puede haber diferentes etapas en un dispositivo de potencia (p. ej., filtro de entrada, rectificador, enlace de CC, convertidor CC/CC, inversor), es importante poder medir múltiples señales para verificar el comportamiento del diseño en su conjunto. Por ejemplo, al analizar el proceso de encendido de un convertidor hay que verificar que la secuenciación de potencia funciona del modo esperado y que no haya problemas de sincronización entre las diferentes etapas.

Para aplicaciones que incluyen señales trifásicas, un osciloscopio de 8 canales como el MXO 5 es la herramienta perfecta. Permite medir múltiples señales en un sistema trifásico utilizando un solo osciloscopio.



## Respuesta del bucle de control

En el núcleo de cualquier convertidor de potencia o inversor, un bucle de control se encarga de garantizar que la tensión de salida se mantenga estable independientemente de las variaciones de la tensión de entrada o los saltos de carga en la salida. Verificar la estabilidad del bucle de control en los diferentes puntos de funcionamiento del sistema es una de las pruebas fundamentales en el marco del diseño. La opción de análisis de la respuesta en frecuencia (diagrama de Bode) R&S®RTx-K36 permite realizar esta medida directamente con el osciloscopio, agregando funciones esenciales como la representación directa de la fase y el margen de ganancia, así como el ajuste de perfil de amplitud.



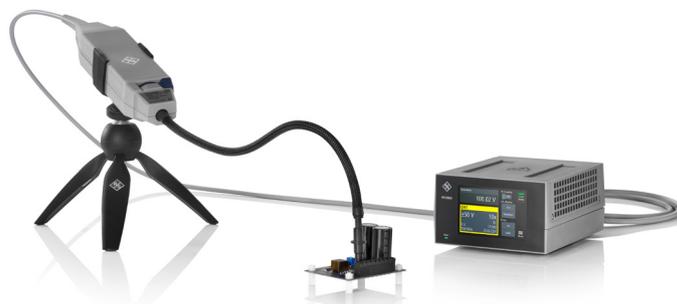
## Medidas de alta tensión y corriente

Para obtener medidas precisas con el osciloscopio se requieren las sondas adecuadas para la aplicación. La gama de sondas diferenciales de alta tensión R&S®RT-ZHD ofrece un ancho de banda de hasta 200 MHz, un alto factor de rechazo en modo común, baja deriva y ruido reducido. Las sondas pasivas de alta tensión de Rohde & Schwarz son excelentes para medidas referidas a masa. Las sondas de corriente con pinza R&S®RT-ZCxx permiten obtener medidas de corriente para toda una gama de parámetros.



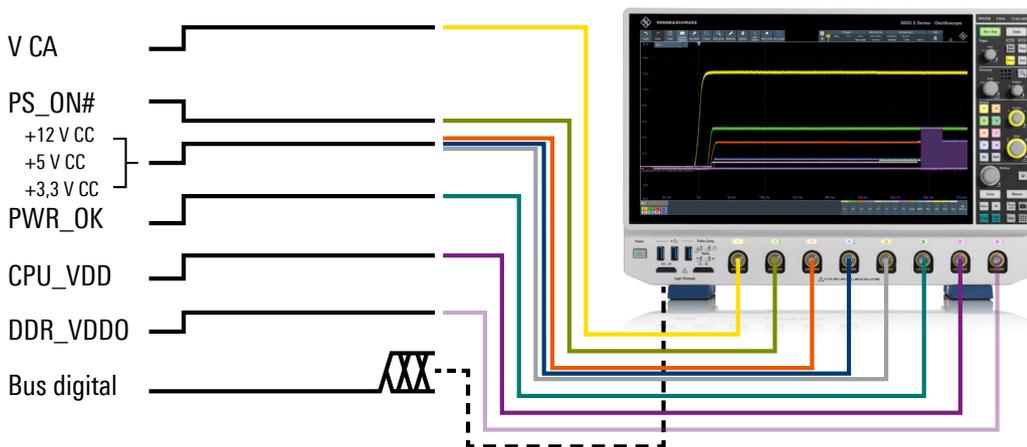
## Sistemas de medida aislados

En la nueva tecnología de WBG, la conmutación rápida exige sondas de alta tensión con suficiente velocidad para capturar los detalles de los flancos ascendentes y descendentes. El sistema de sondeo aislado R&S®RT-ZISO ofrece una solución con alto rechazo en modo común de hasta 60 kV a 1 GHz. Esto resulta ideal para aplicaciones como medidas de puerta de lado alto, aislamiento de ruido de inversores trifásicos, así como detección de corrientes de shunt rápidas.



## Secuenciación e integridad de potencia

Los osciloscopios de la serie MXO miden con exactitud la rampa ascendente y descendente de la línea de alimentación. Estos osciloscopios ofrecen funciones avanzadas que permiten correlacionar eventos de secuenciación de potencia con otras actividades del sistema. Con sus 8 canales, el MXO 5 permite realizar medidas en varias ramas. Con 16 canales lógicos adicionales es posible incluir señales de reloj específicas para el análisis detallado. Gracias a la función de memoria profunda, el osciloscopio mantiene suficiente ancho de banda a lo largo de las secuencias con hasta décimas de milisegundos.



# ANÁLISIS DE CONMUTACIÓN

## Medidas del comportamiento de conmutación en convertidores

Una de las prácticas habituales para maximizar el rendimiento y la eficiencia de un convertidor de potencia consiste en incrementar la frecuencia de conmutación. Cuando se incrementa la velocidad de conmutación de un diseño eléctrico, deben tenerse en cuenta las características de la sincronización, las interacciones entre los transistores de lado alto y bajo así como los efectos no deseados, como disparos y las interferencias electromagnéticas excesivas.

Las medidas de alta tensión son otro aspecto crítico. Medir con exactitud estas altas tensiones es esencial para verificar que el sistema funciona dentro de sus especificaciones técnicas y para garantizar la seguridad del funcionamiento.

Rohde&Schwarz apoya a los ingenieros que trabajan en el campo de la electrónica de potencia con soluciones que facilitan los test, las medidas y el análisis del comportamiento de conmutación en convertidores de tensión baja, media y alta.

Los osciloscopios serie MXO 4 y MXO 5 son la herramienta perfecta para estas tareas. Satisfacen todas las exigencias de ancho de banda, resolución, memoria, ruido, offset y disparo necesarias para realizar análisis de conmutación exhaustivos.

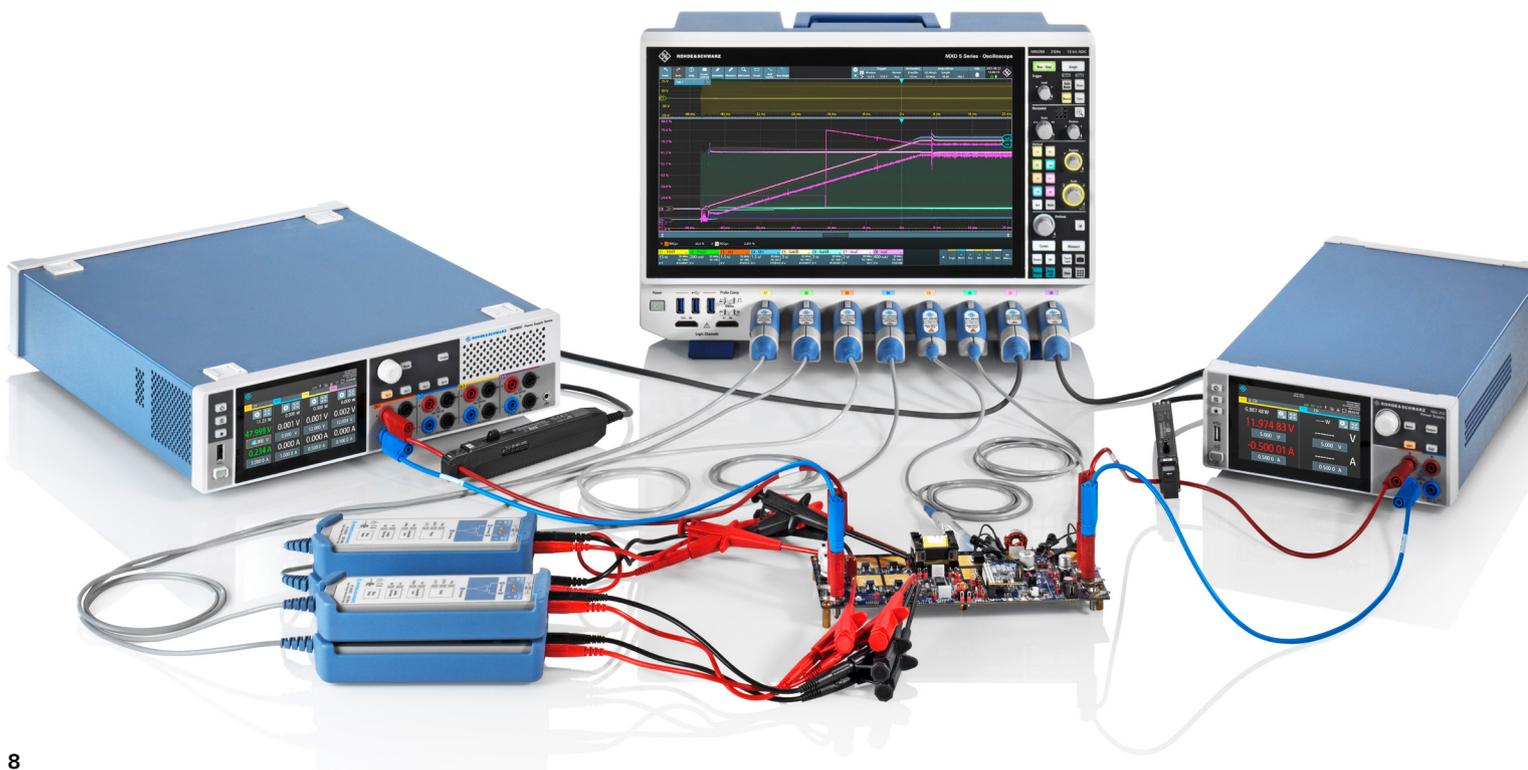
Las sondas R&S®RT-ZHD miden con precisión hasta 6000 V. El sistema de sondeo aislado R&S®RT-ZISO aporta un excelente factor de rechazo en modo común de hasta 1 GHz cuando las medidas exigen un aislamiento y conmutación rápida. Estas sondas ofrecen un gran ancho de banda y bajo impacto de carga, lo que se traduce en medidas de alta tensión con la máxima precisión sin afectar al comportamiento natural de los circuitos examinados.

Con estas herramientas avanzadas, Rohde&Schwarz apoya a los ingenieros a la hora de lidiar con las dificultades que plantean los semiconductores WBG, y les brinda los instrumentos que necesitan para llevar a cabo un análisis detallado de los diseños.

## Test de doble pulso

Conocer el comportamiento de conmutación de dispositivos semiconductores de potencia es esencial a la hora de diseñar convertidores de potencia. Los test de doble pulso se ejecutan para determinar los tiempos de conmutación y las pérdidas por conmutación, y para garantizar un correcto comportamiento de conmutación en general.

Rohde&Schwarz ofrece junto con PE-Systems una solución que facilita el proceso de caracterización del comportamiento dinámico de conmutación de semiconductores de potencia. Esta solución combina el hardware y software necesarios para obtener resultados precisos y repetibles.



# DEPURACIÓN DE EMI

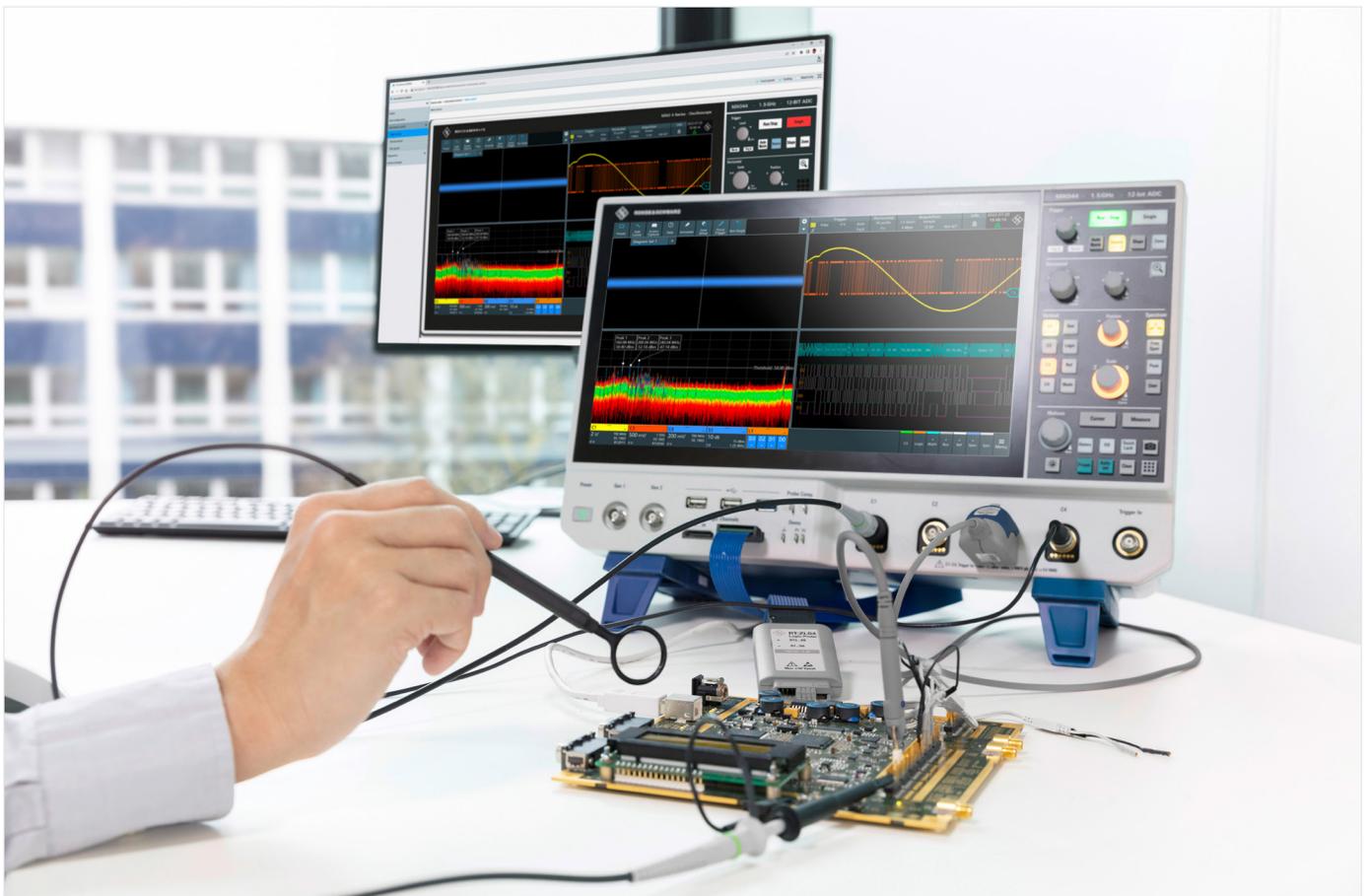
La conformidad con los estándares en materia de interferencias electromagnéticas (EMI) debe tenerse en cuenta ya en la fase temprana de concepción de un producto. Cuanto más tarde se considere la conformidad de EMI en la fase de diseño, más costosas serán las medidas para remediar posibles problemas.

Rohde & Schwarz ofrece herramientas de test y medida para la depuración de EMI durante la fase de diseño, para medidas de precertificación en prototipos, así como para los ensayos completos de conformidad al final del ciclo de desarrollo.

Los osciloscopios Rohde & Schwarz ofrecen funciones de análisis de FFT rápidas, eficaces y sencillas para medir la magnitud del componente de frecuencia. Los usuarios pueden ver simultáneamente señales relacionadas en el dominio temporal para correlacionar emisiones espectrales no deseadas con eventos del dominio temporal. Todo esto convierte a los osciloscopios en potentes instrumentos autónomos para los ensayos de emisiones durante las primeras fases del desarrollo de los diseños de electrónica de potencia.

La interfaz de usuario claramente estructurada permite configurar y modificar los ajustes de FFT con pocos movimientos en la gran pantalla táctil de los osciloscopios MXO 4, MXO 5 y R&S®RTO6. Estos instrumentos incluyen un disparo por zona para formas de onda de espectro, que es exclusivo en el mercado y resulta sumamente útil para detectar eventos espurios de EMI. En combinación con sondas de campo cercano y sondas diferenciales de alta tensión o de corriente es posible una optimización integral de circuitos electrónicos de potencia sin necesidad de emplear otras herramientas de medida. Esto acelera el desarrollo de productos de electrónica de potencia en la fase de diseño del dispositivo y contribuye a superar los ensayos de conformidad de compatibilidad electromagnética de los dispositivos.

Todo ello resulta de especial importancia cuando el laboratorio de I+D no dispone de equipamiento específico, como p. ej. un receptor EMI, que permita realizar pruebas de precertificación durante la fase de diseño.



# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN

Desde la fase temprana del prototipo, la verificación del rendimiento y los ensayos de preproducción son pasos necesarios antes de llegar a la producción en masa. Rohde & Schwarz ofrece instrumentación para estas aplicaciones, tanto de uso universal como para fines específicos.

## Test de verificación y producción de convertidores de potencia

Los test de verificación y producción de convertidores de potencia CA/CC o CC/CC exigen una alta resolución vertical, memoria profunda y funciones especiales de análisis. Los osciloscopios MXO 5 y MXO 5C son ideales para estas tareas.

### Ventajas clave

- ▶ Convertidor A/D con resolución nativa de 12 bits y número efectivo de bits > 10 bits
- ▶ Memoria profunda de hasta 1 gigamuestra
- ▶ Sensibilidad de entrada de hardware de hasta 0,5 mV/div
- ▶ Funciones avanzadas de análisis

## Test de eficiencia y ensayos de conformidad de electrodomésticos

La eficiencia energética, los armónicos de corriente y la extracorrente de conexión son valores que deben verificarse en el marco de los test estándar a los que deben someterse los productos de electrónica de consumo.

El analizador de potencia de la serie R&S®NPA es una solución «todo en uno» que permite realizar los ensayos de conformidad con estándares como IEC 62301, EN 50564 o IEC EN 61000-3-3.

### Ventajas clave

- ▶ Rango de medida: de 50  $\mu$ W hasta 12 kW con precisión básica de 0,05%
- ▶ Ancho de banda de 100 kHz
- ▶ Pruebas pasa/no pasa para producción y test automáticos de directivas según los estándares europeos (EN) y de la CEI
- ▶ Registro de datos, vista de forma de onda y funciones de contador de energía

Osciloscopios MXO 5 (arriba) y MXO 5C (abajo)



Serie de analizadores de potencia R&S®NPA



Los adaptadores de red R&S®NPA-Zx están disponibles en las versiones para UE, Reino Unido, China/Australia y EE. UU.

# INSTRUMENTACIÓN ESTÁNDAR PARA LABORATORIOS

## Fuentes de alimentación

Como equipos de sobremesa o incorporadas a un sistema de medida, nuestra versátil oferta de fuentes de alimentación de corriente continua cubre toda una gama de clasificaciones de potencia, características y niveles de precisión para adaptarse perfectamente a su aplicación.

### Ventajas clave

- ▶ Varias salidas independientes con niveles de potencia separados y características, lo que se traduce en un ahorro de costes y de espacio en la mesa de trabajo o en los racks de un sistema
- ▶ Funcionamiento en paralelo y en serie para alcanzar mayores corrientes o tensiones, lo que permite abarcar más aplicaciones
- ▶ Control remoto a través de diversas interfaces
- ▶ Concepto de manejo intuitivo, pantalla táctil de gran tamaño y alta resolución
- ▶ Funciones programables para proteger el instrumento y el dispositivo
- ▶ Funciones avanzadas, como simulación de baterías, retardos de salida, teledetección y registro de datos, para acelerar las medidas cotidianas

## Multímetros

La precisión y la velocidad son las características más importantes de los multímetros, seguidas inmediatamente de la usabilidad. Con el R&S®HMC8012, Rohde&Schwarz ofrece un potente multímetro de 5 ¼ dígitos para el uso en laboratorios.

### Ventajas clave

- ▶ Rango de medida desde CC hasta 100 kHz
- ▶ Hasta 200 medidas por segundo
- ▶ Alta precisión básica de 0,015%
- ▶ Visualización simultánea de hasta tres funciones de medida; por ejemplo, CC + CA + estadísticas



# GAMA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN



	Unidades base		Unidades de alto rendimiento	
	R&S®NGE102B/103B	R&S®NGC101(-G)/NGC102(-G)/NGC103(-G)	R&S®NGA101/102/141/142	R&S®HMP2020/2030
<b>Especificaciones eléctricas</b>				
Número de canales de salida	2/3	1/2/3	1/2	2/3
Potencia máxima de salida	66 W/100 W	100 W	40 W/80 W	188 W
Potencia de salida máxima por canal	33,6 W	100 W/50 W/33 W	40 W	80 W, excepto R&S®HMP2020, CH1: 160 W
Tensión de salida por canal	de 0 V a 32 V	de 0 V a 32 V	R&S®NGA101/102: de 0 V a 35 V R&S®NGA141/142: de 0 V a 100 V	de 0 V a 32 V
Corriente de salida máxima por canal	3 A	10 A/5 A/3 A	R&S®NGA101/102: 6 A R&S®NGA141/142: 2 A	5 A, excepto R&S®HMP2020, CH1: 10 A
Ondulación de tensión y ruido (valor eficaz) (de 20 Hz a 20 MHz)	< 1,5 mV (típ.)	R&S®NGC101: < 1 mV (med.); R&S®NGC102/103: < 450 µV (med.)	R&S®NGA101/102: < 0,5 mV (med.); R&S®NGA141/142: < 1,5 mV (med.)	< 1,5 mV (med.)
Ondulación de la corriente y ruido (valor eficaz) (med.) (de 20 Hz a 20 MHz)	< 2 mA	R&S®NGC101: < 1,5 mA; R&S®NGC102/103: < 1 mA	< 500 µA	< 1 mA
Tiempo de recuperación de carga <sup>1)</sup> (med.)	< 200 µs	< 1 ms	R&S®NGA101/102: < 100 µs; R&S®NGA141/142: < 50 µs	< 1 ms
<b>Resolución de programación/lectura inversa</b>				
Tensión	10 mV	1 mV	programación: R&S®NGA101/102: 1 mV R&S®NGA141/142: 10 mV lectura inversa: 1 mV	1 mV
Corriente	1 mA	< 1 A: 0,1 mA (R&S®NGC101: 0,5 mA); ≥ 1 A: 1 mA	lectura inversa: 10 µA rango de medida de baja corriente: 1 µA	< 1 A: 0,1 mA (10 A CH: 0,2 mA); ≥ 1 A: 1 mA
<b>Precisión de lectura inversa (± (% de salida + offset))</b>				
Tensión	< 0,1% + 20 mV	< 0,05% + 2 mV	R&S®NGA101/102: 0,02% + 5 mV R&S®NGA141/142: 0,02% + 10 mV	< 0,05% + 5 mV
Corriente	< 0,1% + 5 mA	R&S®NGC101: < 0,2% + 10 mA; R&S®NGC102: < 0,1% + 5 mA; R&S®NGC103: < 0,05% + 2 mA	< 0,05% + 500 µA rango de medida de baja corriente: < 0,15% + 40 µA	< 0,1% + 2 mA
<b>Funciones especiales</b>				
Funciones de medida	tensión, corriente, potencia	tensión, corriente, potencia, energía	tensión, corriente, potencia	tensión, corriente
Funciones de protección	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OTP
Función FuseLink	•	• (R&S®NGC102/103)	• (R&S®NGA102/142)	•
Retardo de fusible	•	•	•	•
Teledetección	-	•	•	•
Modo de sumidero	-	-	-	-
Retardo a la salida	-	• (R&S®NGC102/103)	-	-
Entrada/salida de disparo	o/o	•/-	o/o	-
Función arbitraria	• (CH1: EasyArb)	• (EasyArb)	• (CH1: EasyArb)	• (EasyArb)
Interfaz analógica/de modulación	-	•	-	-
Fusión de canales	-	-	•	-
Registro de datos	-	• (modo estándar)	• (modo estándar)	-
<b>Pantalla e interfaces</b>				
Pantalla	3,5" QVGA	3,5" QVGA	3,5" QVGA	LCD de 240 x 64 píxeles
Conexiones del panel trasero	-	bloque de conectores de 16 pines	bloque de conectores de 8 pines	bloque de conectores de 4 pines por canal
Interfaces de control remoto	estándar: USB; opcional: LAN	estándar: USB, LAN; modelos R&S®NGC10x-G con IEEE-488 (GPIB)	estándar: USB, LAN	opcional: USB, LAN, IEEE-488 (GPIB), RS-232
<b>Información general</b>				
Dimensiones (an. x al. x pr.)	222 x 97 x 310 mm	222 x 97 x 291 mm	222 x 97 x 448 mm	285 x 93 x 405 mm
Peso	4,9 kg/5,0 kg	2,6 kg (modelos R&S®NGC10x-G: 2,7 kg)	6,6 kg/7,0 kg/6,9 kg/7,3 kg	7,8 kg/8,0 kg
Adaptador para rack	opción R&S®HZC95	opción R&S®HZC95	opción R&S®HZN96	opción R&S®HZ42

<sup>1)</sup> De 10% a 90% de cambio de carga dentro de una banda de ±20 mV de la tensión establecida.

<sup>2)</sup> En el rango de medida más sensible.



Fuentes de alimentación de alta precisión				
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	2/4	1/2	1/2	1
384 W	400 W/800 W	60 W/120 W	60 W/120 W	60 W/20 W/60 W
160 W	200 W	60 W	60 W	60 W/20 W/60 W
de 0 V a 32 V	de 0 V a 32 V (canales de 32 V); de 0 V a 64 V (canales de 64 V)	de 0 V a 20 V	de 0 V a 20 V	R&S®NGU201: de 0 V a 20 V R&S®NGU411/401: de -20 V a +20 V
10 A	20 A (canales de 32 V); 10 A (canales 64 V)	≤ 6 V de tensión de salida: 6 A; > 6 V de tensión de salida: 3 A	≤ 6 V de tensión de salida: 6 A; > 6 V de tensión de salida: 3 A	≤ 6 V de tensión de salida: 8 A; (R&S®NGU411: ≤ 10 V: 2 A) > 6 V de tensión de salida: 3 A (R&S®NGU411: > 10 V: 1 A)
< 1,5 mV (med.)	< 3 mV (med.)	< 500 µV (med.)	< 500 µV (med.)	< 500 µV (med.)
< 1 mA	< 3,5 mA	< 1 mA	< 1 mA	< 1 mA
< 1 ms	< 400 µs	< 30 µs	< 30 µs	< 30 µs
1 mV	1 mV	1 mV/10 µV	1 mV/5 µV <sup>2)</sup>	50 µV/1 µV <sup>2)</sup>
< 1 A: 0,2 mA; ≥ 1 A: 1 mA	0,5 mA	0,1 mA/10 µA	0,1 mA/10 nA <sup>2)</sup>	100 nA/100 pA <sup>2)</sup>
< 0,05% + 5 mV	< 0,05% + 5 mV (canales de 32 V); < 0,05% + 10 mV (canales de 64 V)	< 0,02% + 2 mV	< 0,02% + 500 µV <sup>2)</sup>	< 0,02% + 500 µV <sup>2)</sup>
< 0,1% + 2 mA	< 0,1% + 5 mA	< 0,05% + 250 µA	< 0,05% + 15 µA <sup>2)</sup>	< 0,025% + 15 nA <sup>2)</sup>
tensión, corriente	tensión, corriente, potencia, energía	tensión, corriente, potencia, energía	tensión, corriente, potencia, energía	tensión, corriente, potencia, energía
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: interfaz de modulación
–	–	–	–	–
–	• (modo estándar)	• (modo estándar)	• (modo estándar y rápido)	• (modo estándar y rápido)
LCD de 240 × 128 píxeles	TFT 5" 800 × 480 píxeles, WVGA táctil	TFT 5" 800 × 480 píxeles, WVGA táctil	TFT 5" 800 × 480 píxeles, WVGA táctil	TFT 5" 800 × 480 píxeles, WVGA táctil
bloque de conectores de 8 pines por cada 2 canales	bloque de conectores de 8 pines por 2 canales	bloque de conectores de 8 pines por canal	bloque de conectores de 8 pines por canal	bloque de conectores de 8 pines
opcional: USB, LAN, IEEE-488 (GPIB), RS-232	estándar: USB, LAN; opcional: IEEE-488 (GPIB)	estándar: USB, LAN; opcional: IEEE-488 (GPIB)	estándar: USB, LAN; opcional: IEEE-488 (GPIB)	estándar: USB, LAN; opcional: IEEE-488 (GPIB)
285 × 136 × 405 mm	362 × 100 × 451 mm	222 × 97 × 436 mm	222 × 97 × 436 mm	222 × 97 × 436 mm
12,4 kg/12,8 kg	7,5 kg/8,0 kg	7,1 kg/7,3 kg	7,2 kg/7,4 kg	7,1 kg
opción R&S®HZIP91	opción R&S®ZZA-GE23	opción R&S®HZN96	opción R&S®HZN96	opción R&S®HZN96

Todos los datos se han obtenido a +23°C (-3°C/+7°C) después de un periodo de calentamiento de 30 minutos. • sí – no o opcional

# GAMA DE OSCILOSCOPIOS



	R&S®RTH1000	R&S®RTC1000	R&S®RTB2000	R&S®RTM3000
<b>Sistema vertical</b>				
Ancho de banda <sup>1)</sup>	60/100/200/350/500 MHz	50/70/100/200/300 MHz	70/100/200/300 MHz	100/200/350/500 MHz/1 GHz
Número de canales	2 más DMM/4	2	2/4	2/4
Resolución vertical; arquitectura del sistema	10 bits; 16 bits	8 bits; 16 bits	10 bits; 16 bits	10 bits; 16 bits
V/div, 1 MΩ	de 2 mV a 100 V	de 1 mV a 10 V	de 1 mV a 5 V	de 500 μV a 10 V
V/div, 50 Ω	–	–	–	de 500 μV a 1 V
Canales digitales	8	8	16	16
<b>Sistema horizontal</b>				
Frecuencia de muestreo por canal (en GSa/s)	1,25 (modelo de 4 canales); 2,5 (modelo de 2 canales); 5 (todos los canales intercalados)	1; 2 (2 canales intercalados)	1,25; 2,5 (2 canales intercalados)	2,5; 5 (2 canales intercalados)
Máximo de memoria (por canal; 1 canal activo)	125 kpts (modelo de 4 canales); 250 kpts (modelo de 2 canales); 500 kpts	1 Mpts; 2 Mpts	10 Mpts; 20 Mpts	40 Mpts; 80 Mpts
Memoria segmentada	estándar, 50 Mpts	–	opción, 320 Mpts	opción, 400 Mpts
Frecuencia de adquisición (en formas de onda/s)	50 000	10 000	50 000 (300 000 en modo rápido de memoria segmentada <sup>2)</sup> )	64 000 (200 000 en modo rápido de memoria segmentada <sup>2)</sup> )
<b>Disparo</b>				
Tipos	digital	analógico	analógico	analógico
Sensibilidad	–	–	con 1 mV/div: > 2 div	con 1 mV/div: > 2 div
<b>Análisis</b>				
Test de máscara	máscara de tolerancia	máscara de tolerancia	máscara de tolerancia	máscara de tolerancia
Funciones matemáticas	elemental	elemental	básica (encadenada)	básica (encadenada)
Disparo y decodificación de protocolos en serie <sup>1)</sup>	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, CAN FD, SENT	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, I <sup>2</sup> S, MIL-STD-1553, ARINC 429
Aplicaciones <sup>1), 2)</sup>	contador de frecuencia de alta resolución, análisis de espectro avanzado, análisis de armónicos, scripts de usuario	voltímetro digital (DVM), comprobador de componentes, transformada rápida de Fourier (FFT)	voltímetro digital (DVM), transformada rápida de Fourier (FFT), análisis de la respuesta en frecuencia	potencia, voltímetro digital (DVM), análisis de espectro y espectrograma, análisis de la respuesta en frecuencia
Ensayos de conformidad <sup>1), 2)</sup>	–	–	–	–
<b>Pantalla y operación</b>				
Tamaño y resolución	pantalla táctil de 7", 800 × 480 píxeles	6,5", 640 × 480 píxeles	pantalla táctil de 10,1", 1280 × 800 píxeles	pantalla táctil de 10,1", 1280 × 800 píxeles
<b>Información general</b>				
Tamaño en mm (an. × al. × pr.)	201 × 293 × 74	285 × 175 × 140	390 × 220 × 152	390 × 220 × 152
Peso en kg	2,4	1,7	2,5	3,3
Batería	iones de litio, > 4 h	–	–	–

<sup>1)</sup> Actualizable.

<sup>2)</sup> Requiere una opción.



MXO 4	MXO 5/MXO 5C	R&S®RT06	R&S®RTP
200/350/500 MHz/1/1,5 GHz	100/200/350/500 MHz/1/2 GHz	600 MHz/1/2/3/4/6 GHz	4/6/8/13/16 GHz
4	4/8	4	4
12 bits; 18 bits	12 bits; 18 bits	8 bits; 16 bits	8 bits; 16 bits
de 500 µV a 10 V	de 500 µV a 10 V	de 1 mV a 10 V (modo HD: de 500 µV a 10 V)	
de 500 µV a 1 V	de 500 µV a 1 V	de 1 mV a 1 V (modo HD: de 500 µV a 1 V)	de 2 mV a 1 V (modo HD: de 1 mV a 1 V)
16	16	16	16
2,5; 5 (2 canales intercalados)	5 en 4 canales; 2,5 en 8 canales (2 canales intercalados)	10; 20 (2 canales intercalados en el modelo de 4 GHz y 6 GHz)	20; 40 (2 canales intercalados)
estándar: 400 Mpts; ampliación máx.: 800 Mpts <sup>2)</sup>	estándar: 500 Mpts ampliación máx.: 1 Gpt <sup>2)</sup>	estándar: 200 Mpts/800 Mpts; ampliación máx.: 1 Gpt/2 Gpts	estándar: 100 Mpts/400 Mpts; ampliación máx.: 3 Gpts
estándar: 10 000 segmentos; opción: 1 000 000 de segmentos	estándar: 10 000 segmentos; opción: 1 000 000 de segmentos	estándar	estándar
> 4 500 000	> 4 500 000 en 4 canales	1 000 000 (2 500 000 en modo de memoria ultra-segmentada)	750 000 (3 200 000 en modo de memoria ultra-segmentada)
avanzado (incluye disparo por zona), disparo digital (15 tipos de disparo)	avanzado (incluye disparo por zona), disparo digital (15 tipos de disparo)	avanzado (incluye disparo por zona), disparo digital (15 tipos de disparo), disparo de patrón serie de alta velocidad incl. recuperación de datos de reloj (CDR) de 5 Gbps <sup>2)</sup>	avanzado (incluye disparo de zona), disparo digital (14 tipos de disparo) con compensación en tiempo real <sup>2)</sup> , disparo de patrón serie de alta velocidad incl. recuperación de datos de reloj (CDR) de 8/16 Gbps <sup>2)</sup>
0,0001 div, en todo el ancho de banda, controlable por el usuario	0,0001 div, en todo el ancho de banda, controlable por el usuario	0,0001 div, en todo el ancho de banda, controlable por el usuario	0,0001 div, en todo el ancho de banda, controlable por el usuario
avanzada (editor de fórmulas)	avanzada (editor de fórmulas)	configurable por el usuario, basado en hardware avanzada (editor de fórmulas, interfaz Python)	configurable por el usuario, basado en hardware avanzada (editor de fórmulas, interfaz Python)
I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, CAN FD, CAN XL, LIN, SPMI, 10BASE-T1S, ARINC, SPMI, QUAD-SPI	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, CAN FD, CAN XL, LIN, SPMI, 10BASE-T1S, 100BASE-T1, ARINC, SPMI, QUAD-SPI	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, I <sup>2</sup> S, MIL-STD-1553, ARINC429, 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, Automotive Ethernet 100/1000BASE-T1	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, SENT, CAN, LIN, CAN FD, MIL-STD-1553, ARINC429, 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, Automotive Ethernet 100/1000BASE-T1, Ethernet 10/100BASE-TX, MDIO, Manchester, NRZ
potencia, voltímetro digital (DVM), análisis de respuesta en frecuencia	potencia, voltímetro digital (DVM), análisis de respuesta en frecuencia	potencia, análisis de espectro y espectrograma avanzados, descomposición de jitter y ruido, recuperación de datos de reloj (CDR), análisis de datos I/Q y RF (R&S®VSE), compensación, incorporación, ecualización, PAM-N, análisis TDR/TDT, diagrama de ojo avanzado	análisis de espectro y espectrograma avanzados, descomposición de jitter y ruido, compensación en tiempo real, incorporación, ecualización, PAM-N, análisis TDR/TDT, análisis de datos I/Q y RF (R&S®VSE), diagrama de ojo avanzado
–	–	ver las especificaciones técnicas (PD 5216.1640.22)	ver las especificaciones técnicas (PD 3683.5616.22)
pantalla táctil de 13,3", 1920 × 1080 píxeles (full HD)	solo para MXO 5: pantalla táctil de 15,6", 1920 × 1080 píxeles (full HD)	pantalla táctil de 15,6", 1920 × 1080 píxeles (full HD)	pantalla táctil de 13,3", 1920 × 1080 píxeles (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
–	–	–	–

## Servicios de Rohde & Schwarz En las mejores manos

- ▶ Red internacional de servicios
- ▶ Servicio local a medida
- ▶ Personalizados y flexibles
- ▶ Calidad incondicional
- ▶ Fiabilidad a largo plazo

## Rohde & Schwarz

El grupo de empresas de electrónica Rohde & Schwarz ofrece soluciones innovadoras para las áreas de test y medida, broadcast y multimedia, seguridad en las comunicaciones, ciberseguridad así como monitorización y medidas de redes. Fundada hace 90 años, esta empresa independiente mantiene su sede principal en Múnich, Alemania, y está presente en más de 70 países con una amplia red de ventas y servicios.

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

## Diseño sostenible de productos

- ▶ Compatibilidad ambiental y huella ecológica
- ▶ Eficiencia energética y bajas emisiones
- ▶ Longevidad y costo total de propiedad optimizado

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

## Rohde & Schwarz training

[www.training.rohde-schwarz.com](http://www.training.rohde-schwarz.com)

## Rohde & Schwarz customer support

[www.rohde-schwarz.com/support](http://www.rohde-schwarz.com/support)

