

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



전력 전자 TEST & MEASUREMENT 솔루션

컴포넌트 테스트, 제품 설계,
생산 테스트 및 적합성 테스트

Flyer | 버전02.00



목표

현대 전자공학에서 가장 중요한 과제 중 하나는 탄화 규소(SiC), 질화 갈륨(GaN)과 같은 와이드밴드갭(WBG : Widebandgap) 반도체 활용 시스템의 테스트입니다. 이러한 소재를 컨버터와 같은 전력 기기에 적용하면 작동 주파수, 전압 및 온도가 높아지며, 그 결과 컨버터 설계에서 전력 효율 향상, 크기 및 무게 감소, 제조 비용 절감 등 다양한 이점을 얻게 됩니다. 태양광 에너지, 전기 자동차, 전기 자동차 충전기, 가전 제품 등 전력 밀도와 크기가 중요한 분야에서 WBG 소재가 사용되고 있습니다.

탄화 규소, 질화 갈륨의 많은 장점에도 불구하고 이러한 기술을 사용하는 회로를 테스트할 경우 발생 가능한 문제를 파악하는 것은 매우 중요합니다.

▶ 방사 방출:

스위칭 주파수가 높아지고, 에지가 더 급격해지며, 전압이 높아지면서 오버슈트 상승 및 링잉으로 인해 더 높은 수준의 주파수 고조파가 발생합니다. 따라서 컨버터 설계에서 전도성 방출과 복사 방출이 증가할 가능성이 커집니다.

▶ 기생:

주파수가 상승하면 패시브 컴포넌트의 기생 동작이 전력 장치의 성능에 부정적인 영향을 줄 수 있습니다. 따라서 이러한 기생 동작을 적절하게 파악해야 합니다.

▶ 동적 범위:

전력 전자 장치의 작동 전류와 전압은 매우 광범위하므로 정확한 측정이 어려울 수 있습니다.

▶ 손실의 정량화:

트랜지스터의 스위칭 손실을 추정할 때 Fast slew rates가 문제가 될 수 있습니다. 기생 동작의 영향, 지연, 테스트 및 측정 장비의 대역폭과 같은 요인에 따라 손실 계산 결과가 달라질 수 있습니다.

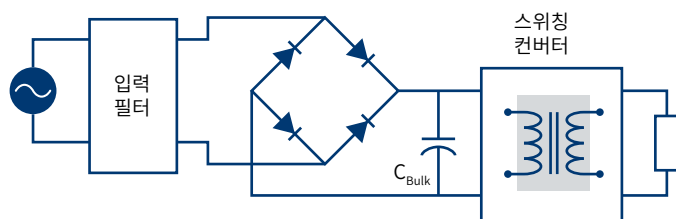
설계 엔지니어는 WBG 소재 사용으로 인해 발생한 새로운 문제를 해결하는 것 뿐만 아니라, 스위치 모드 파워 서플라이(SMPS)의 측면에서 전력 기기를 검증하고 확인하기 위해 다양한 테스트를 수행합니다. 이러한 테스트 대상에는 효율, 리플, 시작 및 종료 동작, 전력 품질, 돌입 전류, 입력 고조파, 실제 상황 시뮬레이션(예: 전기차의 배터리 셀), 안정성 등이 포함됩니다.

또한 엔지니어는 실제 작업에서 배터리 성능과 수명을 예측하기 위해 필수적인 상세한 배터리 모델링 및 시뮬레이션을 수행합니다. 이러한 시뮬레이션을 통해 배터리 설계 최적화와 효율적인 배터리 관리 시스템(BMS) 개발에 필요한 데이터를 얻을 수 있습니다.

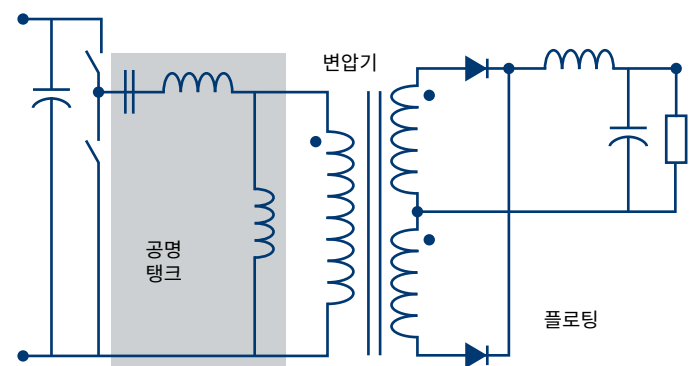
마찬가지로 기기의 전력 소비 모니터링은 개발 과정 전체에서 중요한 역할을 합니다. 이러한 정보는 기기의 효율을 평가하고 규제 적합성을 준수하기 위해 반드시 필요합니다.

이러한 테스트에는 각각의 고유한 과제가 있기 때문에, 프로토타입 디버깅부터 SMPS 검증에 이르는 설계 과정의 모든 단계에서 적절한 테스트 및 측정 장비를 이용한 정확하고 신뢰할 수 있는 결과를 얻는 것이 필수적입니다.

부스트 컨버터



LLC 컨버터



로데슈바르츠 솔루션

로데슈바르츠는 전력 전자 기기 측정의 모든 단계를 위한 고품질 테스트 및 측정(T&M) 장비를 제공하고 있습니다. 로데슈바르츠는 패시브 및 액티브 컴포넌트 테스트 뿐만 아니라 최종 제품의 서비스 및 유지 관리 등, 설계부터 제품의 완성과 그 이후까지 모든 단계에서 필요한 솔루션을 공급합니다.

WBG 소재를 이용하는 전력 기기의 테스트 요건을 충족하기 위해 다양한 솔루션이 제공되고 있습니다. 이러한 솔루션은 탄화 규소 또는 질화 갈륨을 사용하는 컨버터 또는 SMPS의 설계 과정에서 발생하는 주요 문제를 해결하기 위해 개발되었습니다.

먼저, 로데슈바르츠는 개발 초기 단계의 초기 EMI 측정부터 전체 EMC 적합성 측정까지 EMC 요건 충족을 위한 솔루션을 제공합니다. 로데슈바르츠 오실로스코프가 지원하는 강력하고 빠른 FFT는 설계 초기 단계에서 EMI 문제를 합리적인 비용으로 디버깅을 수행하기 위한 가장 적합한 도구입니다. 프로토타입의 성능이 검증되면 컴플라이언스 측정을 위해 로데슈바르츠 스펙트럼 분석기와 EMI 리시버가 사용됩니다.

초기 개발 단계에서 적절한 패시브 컴포넌트 및 액티브 컴포넌트를 선택하고 기생 요소를 식별할 경우 LCR 미터를 이용하면 큰 도움이 됩니다. LCR 미터는 회로 자체의 실제 작동 조건(예: 주파수, 전압/전류 레벨 및 DC 바이어스)을 모방하여 컴포넌트의 성능을 평가합니다. 이를 통해 고주파에서 나타나는 기생 현상으로 인한 컨버터 동작의 불확실성이 줄어들어 측정값이 시뮬레이션과 더욱 비슷해집니다.

또한 로데슈바르츠 오실로스코프와 고전압 디퍼런셜 프로브는 넓은 동적 범위를 제공하기 때문에 오프셋이 큰 경우에도 미세한 신호를 정확하게 측정할 수 있습니다. 따라서 컨버터에서 높은 출력 전압을 측정하면서 낮은 리플을 완벽하게 측정할 수 있습니다. 로데슈바르츠 오실로스코프의 기능은 매우 중요합니다. 프로토타입을 테스트하고 스위칭 손실, 효율, 리플, 반도체 동작을 포함한 주요 파라미터를 높은 정확도로 얻을 수 있습니다.

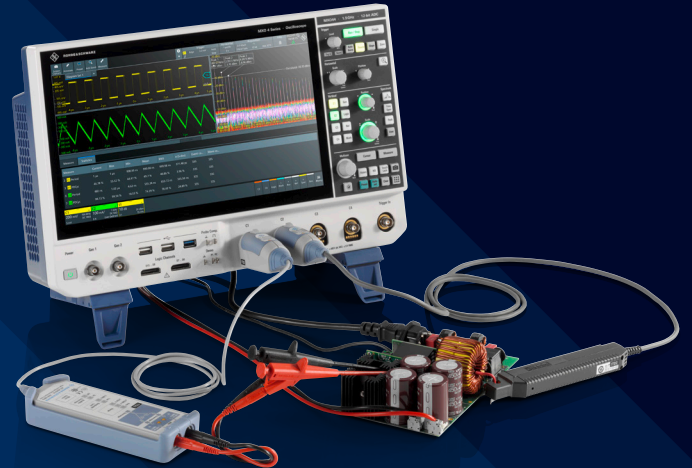
컨버터와 인버터를 개발하려면 유연성과 정확성을 모두 갖춘 테스트 및 측정 장비가 필요합니다. 로데슈바르츠 파워 서플라이는 오실로스코프와 LCR 미터 외에도 다양한 입력 및 부하 상황과

은 전력 장치의 실제 조건을 에뮬레이션하는 솔루션으로 주목받고 있습니다. 예를 들어, 소스와 전자 부하가 모두 필요한 작업에서는 듀얼 쿼드런트 작동이 가능한 벤치 파워 서플라이를 이용하는 것이 좋습니다. 이러한 장치를 이용하면 설정이 간소화되고 비용과 공간이 절약됩니다.

또한 로데슈바르츠의 파워 서플라이 포트폴리오는 기본 모델부터 고성능 옵션까지 다양한 테스트 대상 장치(DUT)와 작업에 맞게 조정할 수 있습니다. 로데슈바르츠는 배터리 관리 시스템에 물레이션과 같은 특정 작업을 위해 설계된 특수 파워 서플라이도 제공하고 있습니다.

로데슈바르츠 오실로스코프와 전력 분석기는 생산 환경에 적합합니다. 이러한 기기는 주요 가전제품의 일반적인 제조 검증 테스트에도 사용할 수 있으며, 사용자가 쉽고 빠르게 SMPS를 특성화할 수 있는 자동화된 측정 기능을 포함합니다.

로데슈바르츠는 설치 및 서비스를 위해 실험실용 계측기의 성능을 갖춰서 현장의 모든 테스트 요건을 완벽하게 충족하는 휴대용 오실로스코프를 제공하고 있습니다.



컴포넌트 특성화

패시브 컴포넌트

패시브 컴포넌트의 실제 동작은 전력 전자 제품과 잠재 성능에 큰 영향을 미칩니다. 따라서 컴포넌트의 동작 검증은 생산을 위한 선정 과정에 중요한 단계입니다. 특히 WBG 반도체를 사용할 경우 컴포넌트의 고주파수 기생 동작을 특성화할 필요가 있습니다.

패시브 컴포넌트의 실제 동작 검증

커패시터의 유효 커패시턴스는 작동 중 DC 오프셋 전압의 영향을 크게 받으며, 유도체의 유효 인덕턴스는 유도체의 평균 DC 전류에 따라 달라집니다. 또한 패시브 컴포넌트의 특성은 주파수에 따라 변합니다. 따라서 이러한 파라미터를 제어할 수 있고 사용 목적에 적합한 범위를 가진 LCR 측정기를 사용해야 합니다.

패시브 컴포넌트의 주파수 의존 복합 임피던스를 측정할 때 R&S®LCX100/LCX200 LCR 미터를 이용해 등가 회로도에 대한 정확한 값을 도출할 수 있습니다. 이를 통해 DC 바이어스 전압 또는 전류가 인가된 컴포넌트를 테스트할 수 있습니다.

주요 기능

- ▶ 매우 높은 기본 정확도: 0.05 %
- ▶ 주파수 대역: 4 Hz~10 MHz
- ▶ 최대 10 V/200 mA(내부) 또는 40 V(외부)의 DC 바이어스
- ▶ 컴포넌트에 따라 여러 테스트 고정물 선택 가능

R&S®LCX200 LCR 미터



로데슈바르츠는 Zurich Instruments의 MFIA 임피던스 분석기를 확보하여 포트폴리오를 완성했습니다. 1 mΩ ~ 1 TΩ의 측정 범위를 제공하는 MFIA 임피던스 분석기는 DC 링크 커패시터와 같이 ESL/ESR이 낮은 소재를 측정하는 데 매우 적합합니다.

Zurich Instruments의 MFIA 임피던스 분석기



반도체

트랜지스터와 마찬가지로 2단자 반도체는 전력 전자 분야에서 널리 사용되며, 탄화 규소 Schottky 다이오드, 프리휠링 다이오드, LED 및 태양 전지를 사용하는 기타 유형의 컨버터와 같은 역할 보장 파워 서플라이에서 찾을 수 있습니다.

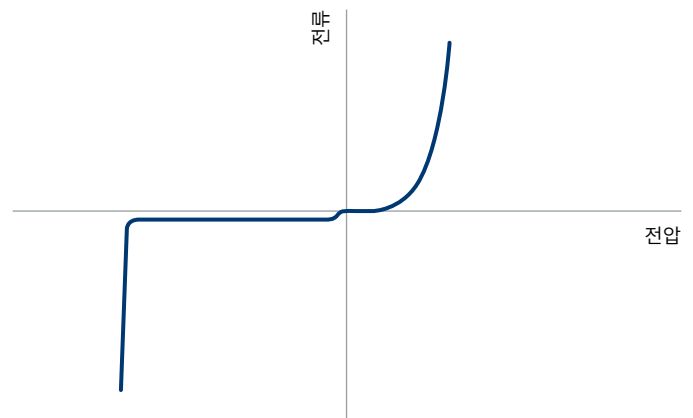
이러한 유형의 반도체의 주요 특성을 파악하려면 해당 유형의 반도체의 특성을 파악해야 합니다. 일반적으로 이러한 작업은 다양한 파라미터 도출의 기초가 되는 I/V 곡선을 구하는 방식으로 이루어집니다.

R&S®NGU 소스 측정 유닛(SMU)은 마이크로암페어 미만부터 암페어 범위까지 정밀하게 측정할 수 있습니다. 스윙 도구, 임의 기능 및 빠른 로깅을 통해 반도체 관련 중요 정보를 제공하는 정밀한 I/V 스윙을 실행할 수 있습니다.

R&S®NGU411 소스 측정 유닛



반도체 I-V 특성 곡선



배터리 시뮬레이션

배터리 셀 에뮬레이션

양방향 컨버터는 전력 전송의 효율을 높이고 충전 및 방전 프로세스를 간소화하기 위해 배터리와 함께 사용됩니다. 여기서 실제 조건에서 양방향 컨버터를 테스트하려면 배터리 동작을 재현할 수 있는 T&M 장치가 필요합니다.

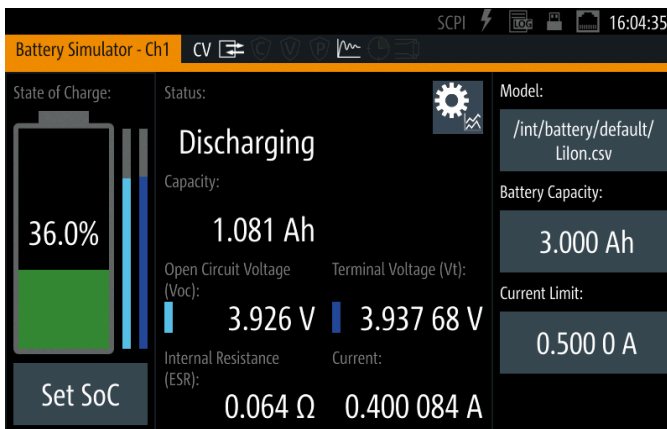
R&S®NGM200의 파워 서플라이 시리즈 기능을 통해 실제 배터리 출력 성능을 시뮬레이션할 수 있습니다. 선택한 배터리 모델을 바탕으로 테스트를 실행할 수 있습니다. 배터리 용량, 충전 상태, 개방 회로 전압(Voc)을 임의 상태로 설정하여 특정 조건 하의 기기 테스트가 가능합니다. 배터리의 충전 동작도 시뮬레이션할 수 있습니다. 이는 배터리 충전기를 설계할 때 특히 중요합니다.

올바른 배터리 모델 확보 방법:

1. 장치에서 제공되는 사전 정의 모델 중 하나를 사용하세요.
2. 제조업체의 데이터 또는 측정값을 기반으로 개별 모델을 프로그래밍하세요.
3. 배터리 모델링 도구를 사용하세요.

이 옵션에서는 실제 배터리와 같이 충전/방전 조건에 따라 등가 직렬 저항(ESR) 및 충전 상태가 변경되는 Voc 동적 시뮬레이션을 제공합니다.

배터리 시뮬레이션: 배터리의 조건을 특성화하는 주요 파라미터가 한 화면에 간략하게 표시됩니다.



배터리 관리 시스템

대형 배터리는 일반적으로 복수의 셀을 직렬과 병렬로 연결해 구축합니다. 동일한 충전 및 방전 전류가 모든 셀을 통과하므로 배터리 용량, 자체 방전, 노화 등의 개별적 차이가 있을 경우 시간이 지남에 따라 충전 상태가 달라지고 그에 따라 정전용량과 배터리 수명이 줄어듭니다. BMS(배터리 관리 시스템)은 다양한 배터리 셀 파라미터를 능동적으로 모니터링, 컨트롤, 관리합니다.

R&S®NGL200 및 R&S®NGM200은 소스 및 싱크로 Two-Quadrant 작동을 지원합니다. 모든 출력은 접지에서 완전히 분리되며, 직렬 연결 중 싱글 셀 레벨에서 접지를 기준으로 최대 250V까지 배터리 팩을 에뮬레이션할 수 있습니다. 조정 가능한 출력 임피던스는 -50 mΩ ~ 100 Ω 범위에서 설정할 수 있습니다. 파워 서플라이 출력에서 전류 및 전압 측정은 높은 분해능 값을 제공합니다. 이러한 기능을 이용해 높은 정확도와 시간 분해능으로 셀 속성을 시간의 경과 따라 시뮬레이션하고, 변경할 수 있습니다.



전력 전자 장치의 설계

컨버터 동작 검증

파워 컨버터를 설계하려면 설계 과정에서나 생산 단계에서도 많은 테스트를 해야 합니다. 다시 말해 서로 다른 설계 목표들 사이에서 적절한 균형을 맞추어야 합니다. 효율성을 우선적으로 고려해야 하지만 다른 표준에 대한 규정준수도 중요합니다. 또한 안전도 중요합니다. 테스트 측정 시 엄격한 안전 정책이 필요한 위험한 전압을 이용하는 경우가 있습니다.

로데슈바르츠는 이러한 문제를 해결하기 위해 설계부터 규정 준수 및 생산 테스트에 이르기까지 컨버터 개발의 모든 단계에서 오실로스코프 기능 기반의 솔루션을 제공하고 있습니다.

자동 측정

로데슈바르츠 오실로스코프의 전력 분석 소프트웨어 옵션은 돌입 전류, 출력 대역, 안전 작동 영역을 포함한 전력 전자 장치 분석에 꼭 필요한 측정 기능을 제공합니다. 자세한 지침이 포함된 측정 마법사가 테스트 설정을 안내합니다. 오실로스코프가 자동으로 설정된 후 빠른 결과를 제공합니다.

측정 기능:

- ▶ 전류 하모닉
- ▶ 입력(전력 품질)
- ▶ 출력(리플)
- ▶ 전력 경로(효율)

버튼을 누르기만 하면 분석 결과가 테스트 리포트에 반영됩니다. 이 리포트에는 현재의 설정 및 구성이 기록됩니다.

다중 채널 측정

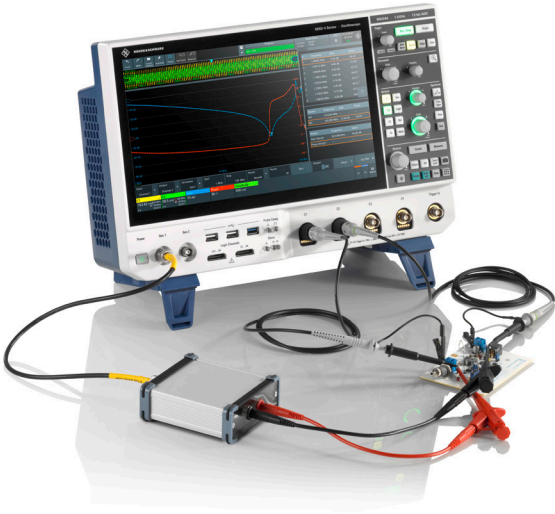
8채널 오실로스코프는 전력 전자 설계를 분석할 경우 매우 유용합니다. 전력 장치에는 여러 단계(예: 입력 필터, 정류기, DC 링크, DC/DC 컨버터, 인버터)가 있을 수 있으므로 여러 신호를 측정하여 설계의 전반적인 동작을 검증하는 것이 중요합니다. 예를 들어 컨버터의 시동 프로세스를 분석할 때는 전원 시퀀싱이 예상대로 작동하는지, 여러 단계 간에 타이밍 문제가 없는지를 확인해야 합니다.

3상 신호가 포함된 작업에서는 MXO 5와 같은 8채널 오실로스코프가 가장 적합합니다. 오실로스코프 하나로 3상 시스템에서 여러 신호를 측정할 수 있습니다.



제어 루프 응답

각 파워 컨버터 또는 인버터의 핵심인 제어 루프는 출력 전압이 입력 전압 변동이나 출력의 부하 점프에 관계없이 안정적으로 유지되게 합니다. 설계 시 시스템의 다양한 작동 지점에서 제어 루프의 안정성을 검증하는 테스트가 필수입니다. R&S®RTx-K36 주파수 응답 분석(Bode plot) 옵션을 사용하면 오실로스코프를 통해 테스트를 직접 실행하고 위상 및 게인 마진의 직접 플로팅과 진폭 프로파일링과 같은 필수 기능을 이용할 수 있습니다.



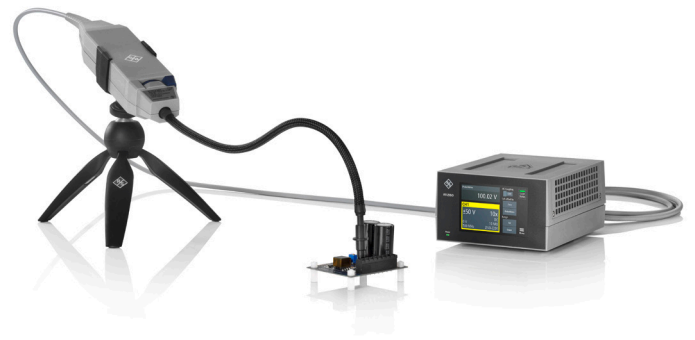
높은 전압 및 전류 측정

정확한 오실로스코프 측정을 위해서는 작업에 적합한 프로브가 필요합니다. RT-ZHD 고전압 디퍼런셜 프로브 제품군은 대역폭이 최대 200 MHz이고, 공통 모드 제거율이 높으며, 드리프트 및 노이즈가 낮습니다. 로데슈바르츠의 패시브 고전압 프로브는 접지 기준 측정에 매우 유용합니다. R&S®RT-ZCxx 클램프온 전류 프로브는 광범위한 파라미터에 걸쳐 전류를 측정할 수 있습니다.



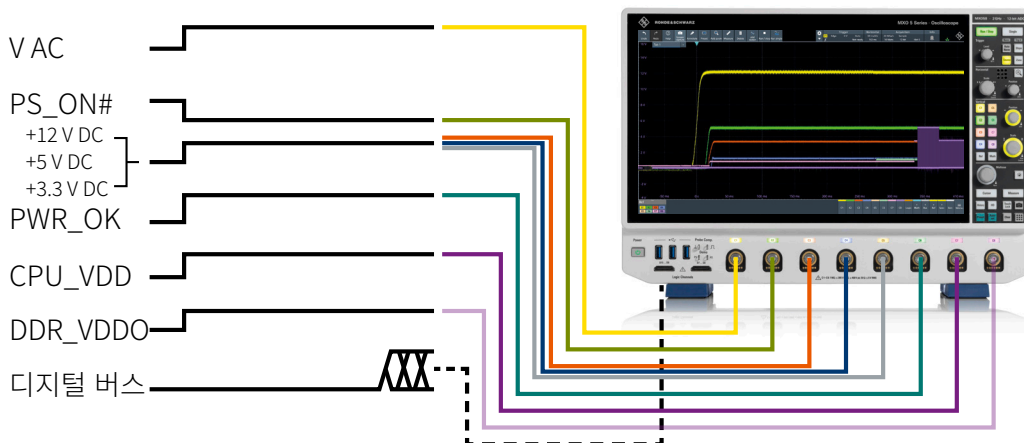
절연 측정 시스템

최첨단 WBG 기술을 적용할 경우 빠른 스위칭을 위해서는 상승 및 하강 에지의 세부 사항을 포착할 수 있는 충분한 속도의 고전압 프로브가 필요합니다. R&S®RT-ZISO 절연 프로빙 시스템에서는 1 GHz에서 최대 60 kV의 높은 공통 모드 제거율을 갖춘 솔루션을 제공합니다. 따라서 하이사이드 게이트 측정, 3상 인버터 노이즈 절연, 고속 셉트 전류 감지와 같은 작업에 매우 적합합니다.



전력 시퀀싱 및 무결성

MXO 시리즈 오실로스코프는 전력 레일 램프업 및 램프다운을 정밀하게 측정하며, 전력 시퀀싱 이벤트를 다른 시스템 활동과 연결하는 고급 기능을 갖추고 있습니다. MXO 5는 8개의 채널을 통해 여러 레일을 측정할 수 있습니다. 16개의 로직 채널을 추가하면 추가 분석을 위한 주요 타이밍 신호를 포함할 수 있습니다. 딥 메모리 기능을 이용하면 오실로스코프가 수십 밀리초 동안 지속되는 시퀀스 전반에 걸쳐 충분한 대역폭을 유지할 수 있습니다.



스위칭 분석

컨버터의 스위칭 동작 측정

전력 변환 성능과 효율성을 극대화하기 위해 일반적으로 할 수 있는 일은 스위칭 주파수를 높이는 것입니다. 전력 설계의 스위칭 속도를 높일 때는 타이밍 특성, 하이/로우 사이드 트랜지스터 간의 상호작용, Shoot-through 및 과도한 EMI 등의 부적절한 결과를 반드시 고려해야 합니다.

고전압 측정도 매우 중요합니다. 시스템이 사양 내에서 작동하는지 확인하고 안전성을 확보하려면 고전압을 정밀하게 측정해야 합니다.

로데슈바르츠는 전력 전자 분야의 엔지니어를 위해 저전압, 중전압 및 고전압 컨버터의 스위칭 동작을 테스트, 측정 및 분석할 수 있는 솔루션을 개발했습니다.

MXO 4 및 MXO 5 시리즈 오실로스코프는 여기에 딱 맞는 제품이며, 포괄적인 스위칭 분석에 필요한 대역폭, 해상도, 메모리, 노이즈, 오프셋 및 트리거 요건을 충족합니다.

R&S®RT-ZHD 프로브는 최대 6000 V까지 정확한 측정을 할 수 있습니다. R&S®RT-ZISO 절연 프로빙 시스템은 측정에서 절연과 빠른 스위칭이 필요한 경우 최대 1 GHz의 뛰어난 CMRR을 제공합니다. 이러한 프로브는 대역폭이 높고 부하에 미치는 영향이 적

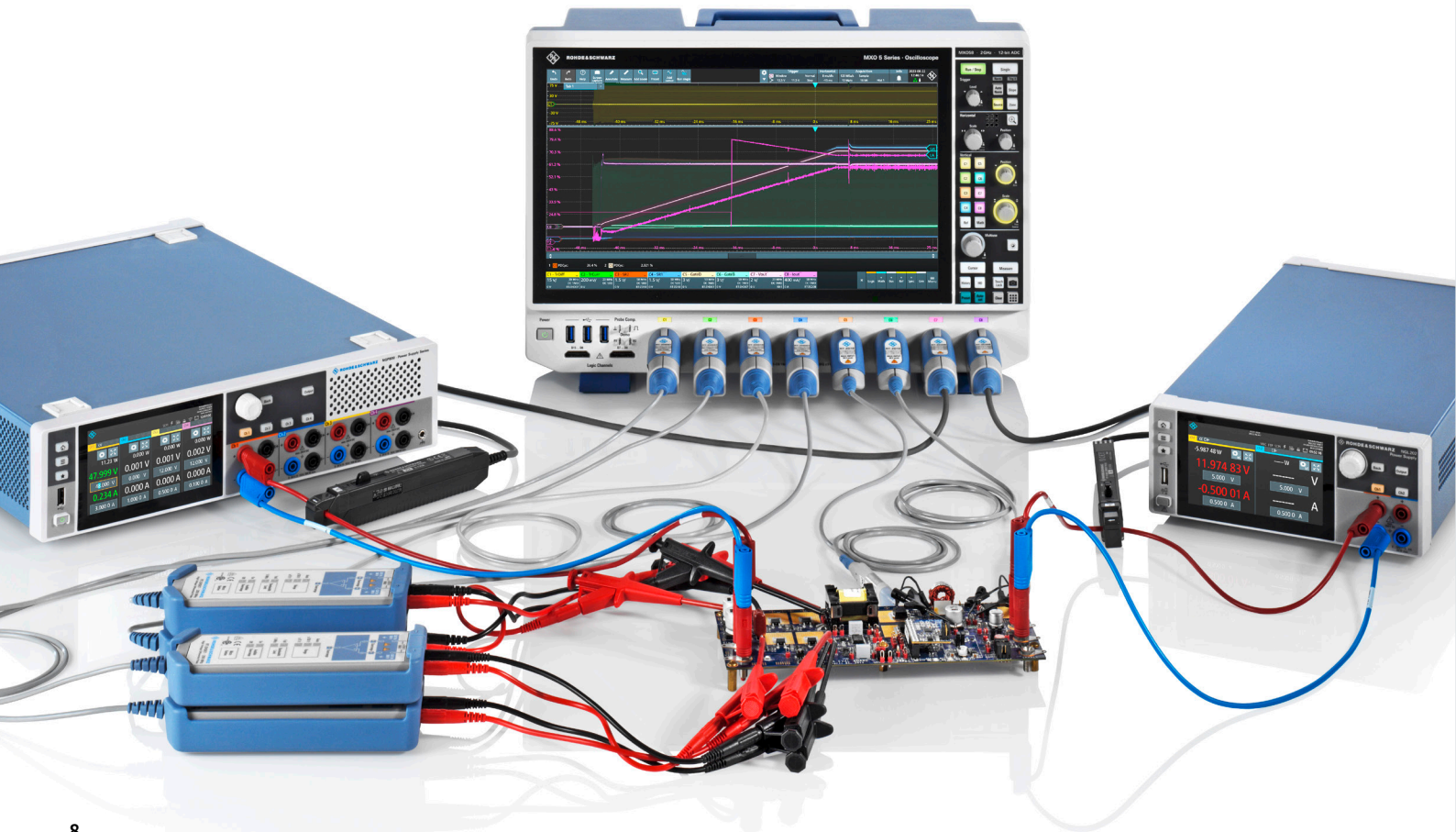
으므로 테스트 중인 회로의 자연스러운 동작에 영향을 주지 않으면서 정확한 고전압 측정이 가능합니다.

로데슈바르츠는 이러한 고성능 도구를 통해 엔지니어가 WBG 반도체의 난제를 해결할 수 있도록 심층적 설계 분석에 필요한 계측기를 제공하고 있습니다.

이중 펄스 테스트

파워 컨버터를 설계할 때는 전력 반도체 장치의 스위칭 동작을 완벽하게 파악하고 있어야 합니다. 이중 펄스 테스트는 스위칭 시간 및 스위칭 손실을 확인하고 적절한 스위칭 동작을 보장하기 위해 실행됩니다.

로데슈바르츠는 PE-Systems와 협력하여 전력 반도체의 동적 스위칭 동작 특성화 프로세스를 간소화하는 솔루션을 제공하고 있습니다. 이러한 솔루션은 필요한 하드웨어와 소프트웨어를 결합하여 정확하고 반복 가능한 결과를 제공합니다.



EMI 디버깅

제품의 초기 컨셉 단계부터 방사 방출(EMI) 기준 준수를 고려해야 합니다. 설계 단계에서 EMI 규정 준수를 고려하는 시기가 늦어질수록 대응에 더 많은 비용이 소요됩니다.

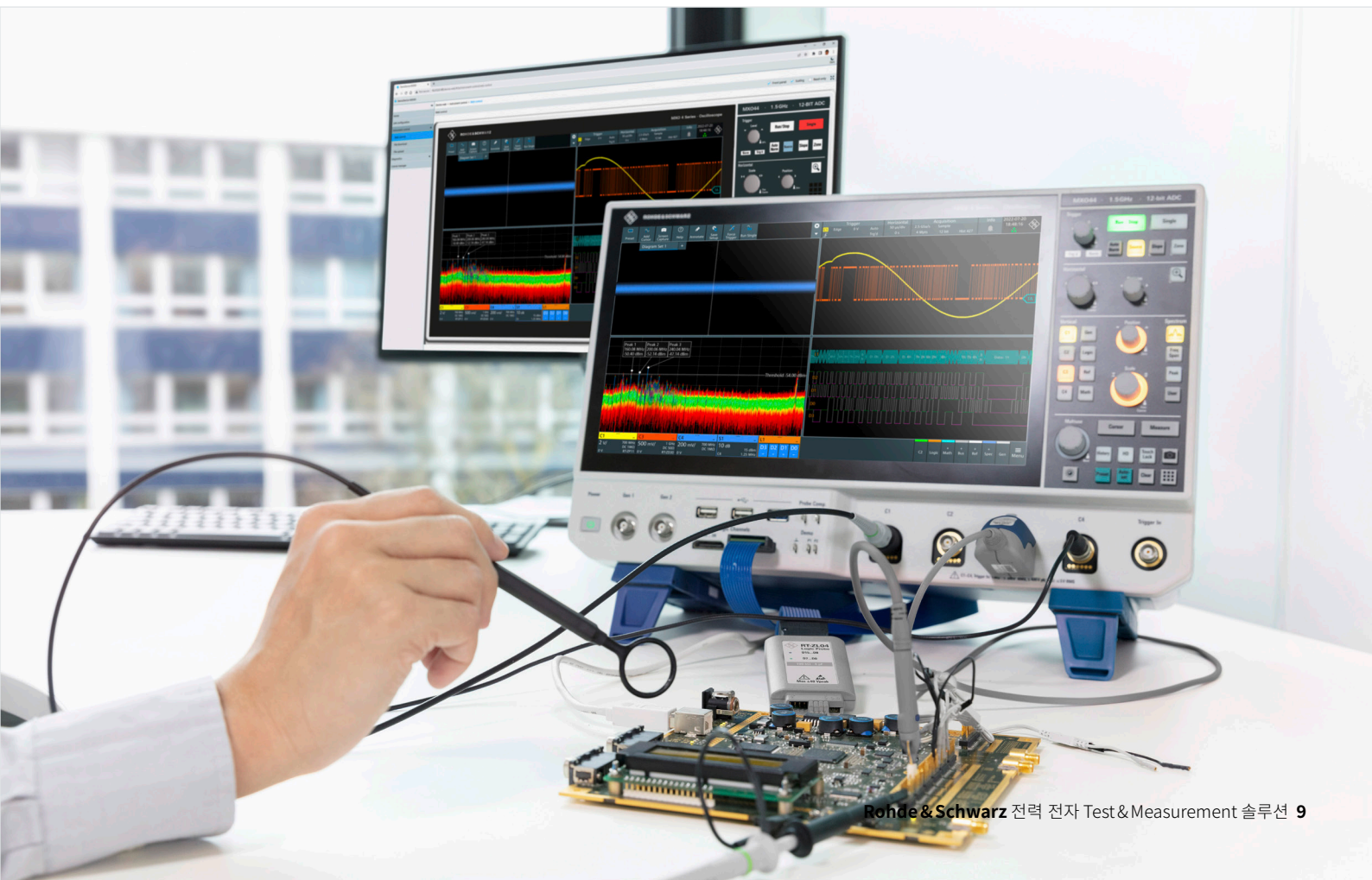
로데슈바르츠는 설계 단계의 EMI 디버깅, 프로토타입의 사전 적합성 측정, 개발 사이클의 최종 단계에서 완전한 규제 적합성 테스트를 적용할 수 있는 T&M 솔루션을 제공하고 있습니다.

로데슈바르츠 오실로스코프에는 주파수 구성 요소의 크기를 측정하기 위해 빠르고 반응성이 높으며 사용하기 쉬운 FFT 분석 기능을 지원합니다. 사용자는 시간 영역에서 관련 신호를 동시에 보면서 원치 않는 스펙트럼 방출과 시간 영역 이벤트의 상관관계를 파악할 수 있습니다. 이러한 오실로스코프는 전력 전자 설계 시 초기 방출 테스트를 수행할 수 있는 강력한 독립형 기기입니다.

MXO 4, MXO 5 및 R&S®RTO6 오실로스코프의 대형 터치스크린에서 간단한 사용자 인터페이스를 통해 몇 번의 제스처만으로 FFT 설정을 구성하고 변경할 수 있습니다. 로데슈바르츠 오실로스코프는 업계 유일의 스펙트럼 파형에 대한 Zone-triggering 기능을 갖추고 있어 스퓨리어스 EMI 이벤트를 찾는 데 매우 유용합니다. 니어필드 프로브 및 고전압 디퍼런셜 프로브 또는 전류 프

로브와 결합할 경우 별도의 테스트 도구가 없어도 전력 전자 회로를 최적화할 수 있습니다. 이 경우 제품 설계 단계에서 전자기기를 더욱 빠르게 개발하고 EMC 적합성 테스트 요구사항을 만족할 수 있습니다.

로데슈바르츠 오실로스코프는 특히 R&D 연구소에서 설계 과정 진행 중 사전 적합성 테스트를 지원하는 EMI 리시버 등의 전용 장비를 준비하지 못했을 경우 매우 유용하게 사용될 수 있습니다.



검증 및 생산 테스트

초기 프로토타입 단계부터 성능 검증과 사전 생산 테스트는 대량 생산의 필수 단계입니다. 로데슈바르츠는 이러한 작업을 위한 다목적 및 전문 테스트 장비를 모두 제공합니다.

파워 컨버터 검증 및 생산 테스트

AC/DC 또는 DC/DC 파워 컨버터의 검증 및 생산 테스트에서는 높은 수직 해상도, 딥 메모리 및 전용 분석 기능이 필요합니다. MXO 5 및 MXO 5C 오실로스코프는 이러한 경우를 위한 최적의 제품입니다.

주요 이점

- ▶ 10 bit 이상의 ENOB를 제공하는 기본 12 bit ADC 해상도
- ▶ 딥 메모리: 최대 1 Gsample
- ▶ 하드웨어 입력 감도: 최대 0.5 mV/div
- ▶ 고급 분석 기능

주요 가전제품의 효율 및 적합성 테스트

모든 전자제품 내구재가 거쳐야 하는 표준 테스트에서 에너지 효율, 전류 고조파 및 돌입 전류를 검증해야 합니다.

NPA 전력 분석기 시리즈는 IEC 62301, EN 50564 또는 IEC EN 61000-3-3과 같은 표준의 준수 테스트를 지원하는 단일 장비 솔루션입니다.

주요 이점

- ▶ 측정 범위: 기본 정확도 0.05%, 50 μ W~12 kW
- ▶ 100 kHz의 대역폭
- ▶ EN 및 IEC 표준에 따른 합격/불합격 생산 테스트 및 자동화된 정책 테스트
- ▶ 데이터 로깅, 파형 보기 및 에너지 미터 기능

MXO 5(위) 및 MXO 5C(아래) 오실로스코프



R&S®NPA 전력 분석기 시리즈



R&S®NPA-Zx 전원 어댑터에는 유럽, 영국, 중국/호주 및 미국용 모델이 있습니다.

실험실의 표준 장비

파워 서플라이

로데슈바르츠의 다목적 DC 파워 서플라이 포트폴리오는 정격 전력, 기능 및 정확도 수준이 다양하여 벤치 또는 테스트 시스템에 맞는 제품을 선택할 수 있습니다.

주요 이점

- ▶ 별도의 전력 레벨과 특성을 가진 여러 개의 독립적인 출력으로 벤치 및 시스템 랙의 비용 및 공간 최소화
- ▶ 병렬 및 직렬 작동을 통해 더 높은 전류 또는 전압을 제공하여 더 많은 작업 지원
- ▶ 다양한 인터페이스를 통해 원격 제어 지원
- ▶ 직관적인 작동 컨셉, 대형 고해상도 터치스크린
- ▶ DUT 및 계측기를 보호하는 프로그래밍형 안전 기능
- ▶ 배터리 시뮬레이션, 출력 지연, 원격 감지 및 데이터 로깅과 같은 정교한 기능으로 일상 측정 속도 향상

멀티미터

로데슈바르츠의 멀티미터는 정확도와 속도, 사용 편의성이 우수합니다. 로데슈바르츠의 R&S®HMC8012는 실험실 요구 사항을 만족하는 5 ¼ digit의 강력한 성능을 제공합니다.

주요 이점

- ▶ DC~100 kHz의 측정 범위
- ▶ 초당 최대 200회 측정
- ▶ 높은 기본 정확도: 0.015 %
- ▶ 최대 3개의 측정 기능 동시 표시(예: DC + AC + 통계)



파워 서플라이 포트폴리오



	기본형 파워 서플라이			고성능 파워 서플라이
	R&S®NGE102B/103B	R&S®NGC101(-G)/ NGC102(-G)/NGC103(-G)	R&S®NGA101/102/141/142	R&S®HMP2020/2030
Electrical specifications				
Number of output channels	2/3	1/2/3	1/2	2/3
Maximum output power	66 W/100 W	100 W	40 W/80 W	188 W
Maximum output power per channel	33.6 W	100 W/50 W/33 W	40 W	80 W, except R&S®HMP2020, CH1: 160 W
Output voltage per channel	0 V to 32 V	0 V to 32 V	R&S®NGA101/102: 0 V to 35 V R&S®NGA141/142: 0 V to 100 V	0 V to 32 V
Maximum output current per channel	3 A	10 A/5 A/3 A	R&S®NGA101/102: 6 A R&S®NGA141/142: 2 A	5 A, except R&S®HMP2020, CH1: 10 A
Voltage ripple and noise (RMS) (20 Hz to 20 MHz)	< 1.5 mV (typ.)	R&S®NGC101: < 1 mV (meas.); R&S®NGC102/103: < 450 µV (meas.)	R&S®NGA101/102: < 0.5 mV (meas.); R&S®NGA141/142: < 1.5 mV (meas.)	< 1.5 mV (meas.)
Current ripple and noise (RMS) (meas.) (20 Hz to 20 MHz)	< 2 mA	R&S®NGC101: < 1.5 mA; R&S®NGC102/103: < 1 mA	< 500 µA	< 1 mA
Load recovery time ¹⁾ (meas.)	< 200 µs	< 1 ms	R&S®NGA101/102: < 100 µs; R&S®NGA141/142: < 50 µs	< 1 ms
Programming/readback resolution				
Voltage	10 mV	1 mV	programming: R&S®NGA101/102: 1 mV R&S®NGA141/142: 10 mV readback: 1 mV	1 mV
Current	1 mA	< 1 A: 0.1 mA (R&S®NGC101: 0.5 mA); ≥ 1 A: 1 mA	readback: 10 µA low-current measurement range: 1 µA	< 1 A: 0.1 mA (10 A CH: 0.2 mA); ≥ 1 A: 1 mA
Readback accuracy (± (% of output + offset))				
Voltage	< 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
Current	< 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 low-current measurement range: < 0.15% + 40 µA	< 0.1% + 2 mA
Special functions				
Measurement functions	voltage, current, power	voltage, current, power, energy	voltage, current, power	voltage, current
Protection functions	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OPP, OTP	OVP, OCP, OTP
FuseLink function	•	• (R&S®NGC102/103)	• (R&S®NGA102/142)	•
Fuse delay	•	•	•	•
Remote sensing	–	•	•	•
Sink mode	–	–	–	–
Output delay	–	• (R&S®NGC102/103)	–	–
Trigger input/output	o/o	•/–	o/o	–
Arbitrary function	• (CH1: EasyArb)	• (EasyArb)	• (CH1: EasyArb)	• (EasyArb)
Analog/modulation interface	–	•	–	–
Channel fusion	–	–	•	–
Data logging	–	• (standard mode)	• (standard mode)	–
Display and interfaces				
Display	3.5" QVGA	3.5" QVGA	3.5" QVGA	240 × 64 pixel LCD
Rear panel connections	–	16-pin connector block	8-pin connector block	4-pin connector block per channel
Remote control interfaces	standard: USB; optional: LAN	standard: USB, LAN; R&S®NGC10x-G models with IEEE-488 (GPIB)	standard: USB, LAN	optional: USB, LAN, IEEE-488 (GPIB), RS-232
General data				
Dimensions (W × H × D)	222 × 97 × 310 mm	222 × 97 × 291 mm	222 × 97 × 448 mm	285 × 93 × 405 mm
Weight	4.9 kg/5.0 kg	2.6 kg (R&S®NGC10x-G models: 2.7 kg)	6.6 kg/7.0 kg/6.9 kg/7.3 kg	7.8 kg/8.0 kg
Rack adapter	R&S®HZC95 option	R&S®HZC95 option	R&S®HZN96 option	R&S®HZ42 option

¹⁾ 설정 전압의 ±20mV 대역 내에서 10% ~ 90% 부하 변화가 있을 수 있음.

²⁾ 가장 민감한 측정 범위 기준.



R&S®HMP4030/4040		R&S®NGP802/822/804/814/824		전문가용 파워 서플라이 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					
0 V to 32 V	0 V to 32 V (32 V channels); 0 V to 64 V (64 V channels)	0 V to 20 V	0 V to 20 V	R&S®NGU201: 0 V to 20 V R&S®NGU411/401: -20 V to +20 V					
10 A	20 A (32 V channels); 10 A (64 V channels)	≤ 6 V output voltage: 6 A; > 6 V output voltage: 3 A	≤ 6 V output voltage: 6 A; > 6 V output voltage: 3 A	≤ 6 V output voltage: 8 A; (R&S®NGU411: ≤ 10 V: 2 A) > 6 V output voltage: 3 A (R&S®NGU411: > 10 V: 1 A)					
< 1.5 mV (meas.)	< 3 mV (meas.)	< 500 μV (meas.)	< 500 μV (meas.)	< 500 μV (meas.)					
< 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 ²⁾	50 μV/1 μV ²⁾					
< 1 A: 0.2 mA; ≥ 1 A: 1 mA	0.5 mA	0.1 mA/10 μA	0.1 mA/10 nA ³⁾	100 nA/100 pA ²⁾					
< 0.05 % + 5 mV	< 0.05 % + 5 mV (32 V channels); < 0.05 % + 10 mV (64 V channels)	< 0.02 % + 2 mV	< 0.02 % + 500 μV ²⁾	< 0.02 % + 500 μV ²⁾					
< 0.1 % + 2 mA	< 0.1 % + 5 mA	< 0.05 % + 250 μA	< 0.05 % + 15 μA ²⁾	< 0.025 % + 15 nA ²⁾					
voltage, current	voltage, current, power, energy	voltage, current, power, energy	voltage, current, power, energy	voltage, current, power, energy					
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: modulation interface					
–	–	–	–	–					
–	• (standard mode)	• (standard mode)	• (standard and fast mode)	• (standard and fast mode)					
240 × 128 pixel LCD	TFT 5" 800 × 480 pixel WVGA touch	TFT 5" 800 × 480 pixel WVGA touch	TFT 5" 800 × 480 pixel WVGA touch	TFT 5" 800 × 480 pixel WVGA touch					
8-pin connector block per 2 channels	8-pin connector block per 2 channels	8-pin connector block per channel	8-pin connector block per channel	8-pin connector block					
optional: USB, LAN, IEEE-488 (GPIB), RS-232	standard: USB, LAN; optional: IEEE-488 (GPIB)	standard: USB, LAN; optional: IEEE-488 (GPIB)	standard: USB, LAN; optional: IEEE-488 (GPIB)	standard: USB, LAN; optional: 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					
R&S®HYP91 option	R&S®ZZA-GE23 option	R&S®HZN96 option	R&S®HZN96 option	R&S®HZN96 option					

모든 데이터는 30분 예열 후 +23 °C(– 3 °C/+ 7 °C) 에서 유효함.

• 예 – 아니오 o 선택 사항

오실로스코프 포트폴리오



	R&S®RTH1000	R&S®RTC1000	R&S®RTB2000	R&S®RTM3000
Vertical system				
Bandwidth ¹⁾	60/100/200/350/500 MHz	50/70/100/200/300 MHz	70/100/200/300 MHz	100/200/350/500 MHz/1 GHz
Number of channels	2 plus DMM/4	2	2/4	2/4
Vertical resolution; system architecture	10 bit; 16 bit	8 bit; 16 bit	10 bit; 16 bit	10 bit; 16 bit
V/div, 1 M Ω	2 mV to 100 V	1 mV to 10 V	1 mV to 5 V	500 μ V to 10 V
V/div, 50 Ω	–			500 μ V to 1 V
Digital channels	8	8	16	16
Horizontal system				
Sampling rate per channel (in Gsample/s)	1.25 (4-channel model); 2.5 (2-channel model); 5 (all channels interleaved)	1; 2 (2 channels interleaved)	1.25; 2.5 (2 channels interleaved)	2.5; 5 (2 channels interleaved)
Maximum memory (per channel; 1 channel active)	125 kpoints (4-channel model); 250 kpoints (2-channel model); 500 kpoints	1 Mpoints; 2 Mpoints	10 Mpoints; 20 Mpoints	40 Mpoints; 80 Mpoints
Segmented memory	standard, 50 Mpoints	–	option, 320 Mpoints	option, 400 Mpoints
Acquisition rate (in waveforms/s)	50 000	10 000	50 000 (300 000 in fast segmented memory mode ²⁾)	64 000 (2 000 000 in fast segmented memory mode ²⁾)
Trigger				
Types	digital	analog	analog	analog
Sensitivity	–	–	at 1 mV/div: > 2 div	at 1 mV/div: > 2 div
Analysis				
Mask test	tolerance mask	tolerance mask	tolerance mask	tolerance mask
Mathematics	elementary	elementary	basic (math on math)	basic (math on math)
Serial protocols triggering and decoding ¹⁾	I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, CAN FD, SENT	I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN	I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN	I ² C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN, I ² S, MIL-STD-1553, ARINC 429
Applications ^{1), 2)}	high-resolution frequency counter, advanced spectrum analysis, harmonics analysis, user scripting	digital voltmeter (DVM), component tester, fast Fourier transform (FFT)	digital voltmeter (DVM), fast Fourier transform (FFT), frequency response analysis	power, digital voltmeter (DVM), spectrum analysis and spectrogram, frequency response analysis
Compliance testing ^{1), 2)}	–	–	–	–
Display and operation				
Size and resolution	7" touchscreen, 800 × 480 pixel	6.5", 640 × 480 pixel	10.1" touchscreen, 1280 × 800 pixel	10.1" touchscreen, 1280 × 800 pixel
General data				
Dimensions in mm (W × H × D)	201 × 293 × 74	285 × 175 × 140	390 × 220 × 152	390 × 220 × 152
Weight in kg	2.4	1.7	2.5	3.3
Battery	lithium-ion, > 4 h	–	–	–

¹⁾ 업그레이드 가능.

²⁾ 해당 옵션이 필요함.



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 bit; 18 bit	12 bit; 18 bit	8 bit; 16 bit	8 bit; 16 bit
500 μ V to 10 V	500 μ V to 10 V	1 mV to 10 V (HD mode: 500 μ V to 10 V)	
500 μ V to 1 V	500 μ V to 1 V	1 mV to 1 V (HD mode: 500 μ V to 1 V)	2 mV to 1 V (HD mode: 1 mV to 1 V)
16	16	16	16
2.5; 5 (2 channels interleaved)	5 on 4 channels; 2.5 on 8 channels (2 channels interleaved)	10; 20 (2 channels interleaved in 4 GHz and 6 GHz model)	20; 40 (2 channels interleaved)
standard: 400 Mpoints; max. upgrade: 800 Mpoints ²⁾	standard: 500 Mpoints max. upgrade: 1 Gpoints ²⁾	standard: 200 Mpoints/800 Mpoints; max. upgrade: 1 Gpoints/2 Gpoints	standard: 100 Mpoints/400 Mpoints; max. upgrade: 3 Gpoints
standard: 10 000 segments; option: 1 000 000 segments	standard: 10 000 segments; option: 1 000 000 segments	standard	standard
> 4 500 000	> 4 500 000 on 4 channels	1 000 000 (2 500 000 in ultra-segmented memory mode)	750 000 (3 200 000 in ultra-segmented memory mode)
advanced (includes zone trigger), digital trigger (15 trigger types)	advanced (includes zone trigger), digital trigger (15 trigger types)	advanced (includes zone trigger), digital trigger (15 trigger types), high speed serial pattern trigger including 5 Gbps clock data recovery (CDR) ²⁾	advanced (includes zone trigger), digital trigger (14 trigger types) with real-time deembedding ²⁾ , high speed serial pattern trigger including 8/16 Gbps clock data recovery (CDR) ²⁾
0.0001 div, across full bandwidth, user controllable	0.0001 div, across full bandwidth, user controllable	0.0001 div, across full bandwidth, user controllable	0.0001 div, across full bandwidth, user controllable
		user configurable, hardware based	user configurable, hardware based
advanced (formula editor)	advanced (formula editor)	advanced (formula editor, Python interface)	advanced (formula editor, Python interface)
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	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, Automotive Ethernet 100/1000BASE-T1	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, Automotive Ethernet 100/1000BASE-T1, Ethernet 10/100BASE-TX, MDIO, Manchester, NRZ
power, digital voltmeter (DVM), frequency response analysis	power, digital voltmeter (DVM), frequency response analysis	power, advanced spectrum analysis and spectrogram, jitter and noise decomposition, clock data recovery (CDR), I/Q data and RF analysis (R&S®VSE), deembedding, embedding, equalization, PAM-N, TDR/TDT analysis, advanced eye diagram	advanced spectrum analysis and spectrogram, jitter and noise decomposition, real-time deembedding, embedding, equalization, PAM-N, TDR/TDT analysis, I/Q data and RF analysis (R&S®VSE), advanced eye diagram
–		see specifications (PD 5216.1640.22)	see specifications (PD 3683.5616.22)
13.3" touchscreen, 1920 × 1080 pixel (Full HD)	for MXO 5 only: 15.6" touchscreen, 1920 × 1080 pixel (Full HD)	15.6" touchscreen, 1920 × 1080 pixel (Full HD)	13.3" touchscreen, 1920 × 1080 pixel (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
–	–	–	–

**로데슈바르츠의 서비스
언제, 어디서나, 믿고 맡길 수 있습니다.**

- ▶ 전세계적인 서비스망
- ▶ 나라별, 지역별로 특화된 서비스 제공
- ▶ 고객 요구사항에 따라 유연하게 적용되는 맞춤형 서비스
- ▶ 타협없는 높은 수준의 서비스 품질
- ▶ 장기간 유지되는 안정된 서비스

Rohde & Schwarz

로데슈바르츠 테크놀로지 그룹은 테스트 및 측정, 기술 시스템, 네트워크 및 사이버 보안 분야의 기술과 시장을 이끄는 선도 기업입니다. 산업, 기반시설 운영사, 민간/공공 분야를 위해 다양한 솔루션을 제공하며, 보다 안전하고 연결된 세상(Safer and Connected World)을 만들어 나가기 위해 기여하고 있습니다. 90년 전 설립된 이후, 전 세계 산업 및 정부 기관의 신뢰할 수 있는 파트너로서 다양한 솔루션을 공급해왔습니다. 독일 뮌헨에 본사를 둔 비상장 독립 기업으로, 현재 70여 개국에 지사를 두고 광범위한 판매 및 서비스 네트워크를 운영하고 있습니다.

www.rohde-schwarz.com/kr

친 환경적인 제품 설계

- ▶ 친 환경적, 생태 친화적인 설계
- ▶ 에너지 효율적인 저공해 설계
- ▶ 최적화된 소유/유지 비용으로 지속성 증대

Certified Quality Management
ISO 9001

Certified Environmental Management
ISO 14001

로데슈바르츠 트레이닝 센터

www.training.rohde-schwarz.com

로데슈바르츠 고객 서비스센터

www.rohde-schwarz.com/support



R&S®는 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG의 등록상표입니다

상품명은 소유자의 등록상표입니다

PD 3673.1076.36 | 버전 02.00 | January 2025 (sk)

전력 전자 Test & Measurement 솔루션

오차 한계가 표시되지 않은 데이터는 법적인 효력이 없으며 변경될 수 있습니다

© 2020 - 2025 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Munich, Germany