

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



パワーエレクトロニクス 電子計測ソリューション

コンポーネントテスト、製品設計、
製造、コンプライアンステスト

フライヤー | バージョン 02.00



課題

現代のパワーエレクトロニクスにおける最も重要な課題の1つは、炭化ケイ素(SiC)や窒化ガリウム(GaN)などのワイドバンドギャップ半導体を利用するシステムをテストすることです。これらの材料をコンバーターなどのパワーデバイスに組み込むと、動作周波数、電圧、温度が上昇します。これにより、電力効率の向上、サイズおよび重量の軽減、製造コストの低減といった多くの利点が、コンバーターの設計にもたらされます。WBG材料は、ソーラーエネルギー、電気自動車(EV)充電器、民生用エレクトロニクスなど、特にパワー密度とサイズが重要な特定のアプリケーションに採用されています。

SiCとGaNには数々の利点がありますが、このようなテクノロジーを採用する回路をテストする際には、以下のような独自の課題に直面することを知っておくことがきわめて重要です。

- ▶ 電磁波障害:
スイッチング周波数が増加し、エッジが急峻になり、電圧が高くなると、オーバーシュートやリングングが大きくなり、周波数高調波のレベルが高くなります。その結果、コンバーターの設計における伝導性/放射性エミッションが高くなるのが予測されます。
- ▶ 寄生成分:
周波数が高くなると、パッシブコンポーネントの寄生動作が、パワーデバイスの性能に悪影響を与える可能性があります。したがって、このような寄生成分を適切に特定する必要があります。
- ▶ ダイナミックレンジ:
パワー・エレクトロニクス・デバイスは、幅広い電流/電圧で動作します。これは正確に測定することが困難な場合があります。
- ▶ 損失の定量化:
スルーレートが高速な場合、トランジスタのスイッチング損失を推定する際に課題が伴います。寄生成分、伝搬遅延、電子計測器の帯域幅の影響などの要因が、損失の計算に影響します。

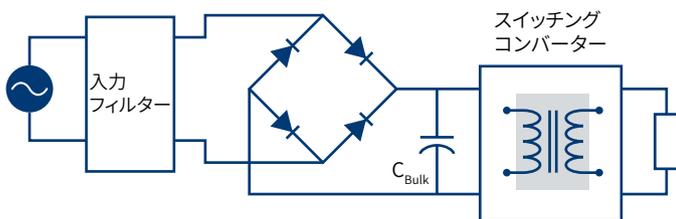
WBG材料の使用により生じる新しい課題に加えて、設計エンジニアはスイッチング電源(SMPS)などのパワーデバイスを検証および確認するために、さまざまなテストを実行します。このようなテストには、効率、リップル、電源のオン/オフ動作、電力品質、突入電流、入力高調波、実際のシナリオのシミュレーション(例:EVのバッテリーセル)、安定性などが含まれます。

さらに、エンジニアは、実際のアプリケーションにおけるバッテリーの性能と寿命を予測するために、詳細なバッテリーモデリングとシミュレーションを実施します。このようなシミュレーションは、バッテリー設計の最適化や、効率に優れたバッテリー管理システム(BMS)の開発に役立つデータを提供します。

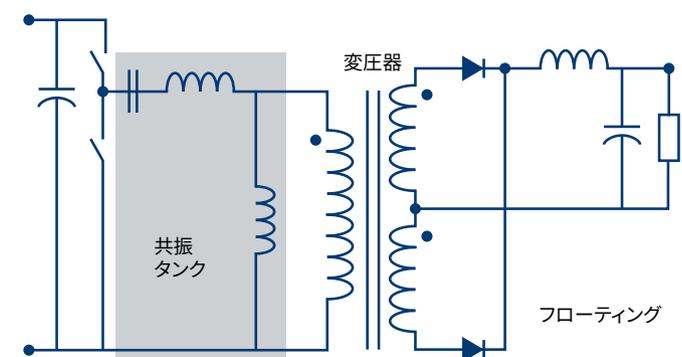
同様に、デバイスの消費電力の監視は、開発プロセス全体を通じて重要な役割を果たします。この情報は、デバイスの効率を評価して規制適合を確保するために不可欠です。

これらの各テストには独自の課題が伴い、プロトタイプからSMPSの検証までの設計プロセスのあらゆる段階を通じて、正確で信頼性の高い結果を取得できる適切な電子計測器が必要です。

昇圧コンバーター



LLCコンバーター



ソリューション

ローデ・シュワルツは、パワーエレクトロニクス装置の測定あらゆるフェーズに対応する高品質の電子計測 (T&M) 器を提供しています。弊社の製品は、設計から納品、さらにそれ以後までのすべてに対応しています。これには、パッシブコンポーネントとアクティブコンポーネント両方のテスト、デバイスの総合的なサービス/メンテナンスなどが含まれます。

WBG材料を使用するパワーデバイスのテスト要件に対応するために、さまざまなソリューションをご用意しています。これらのソリューションは、SiCまたはGaNを採用したコンバーターやSMPSの設計プロセス中に直面する主な課題を解決することを目的としています。

何よりもまず、ローデ・シュワルツは、開発初期段階における最初のEMI調査から完全なEMCコンプライアンス測定に至るまで、EMC要件に対応するソリューションを提供しています。強力な高速FFTをサポートしているローデ・シュワルツのオシロスコープは、コストを節約しながら、設計の初期段階でEMIに関する問題をデバッグするのに最適なツールです。プロトタイプのパフォーマンスを検証する際には、ローデ・シュワルツのスペクトラムアナライザとEMILシーバーを使用してコンプライアンス測定を実行します。

開発初期段階に適切なパッシブ/アクティブコンポーネントを選択して、それらの寄生成分を特定するには、LCRメータが最適な選択肢です。回路自体の実際の動作条件 (周波数、電圧/電流レベル、DCバイアスなど) を模倣することで、コンポーネントのパフォーマンスを評価できます。これにより、高周波で生じる寄生成分に起因するコンバーター動作時の不確かさを軽減でき、測定値がシミュレーションに近付きます。

さらに、ローデ・シュワルツのオシロスコープと高電圧差動プローブを使用すれば、広いダイナミックレンジを使用して、大きなオフセットの存在下でも小信号を正確に測定できます。このような特長を備えた組み合わせは、コンバーターの高い出力電圧を測定する場合、低いリップルの測定に最適です。ローデ・シュワルツのオシロスコープの機能はきわめて有用です。プロト

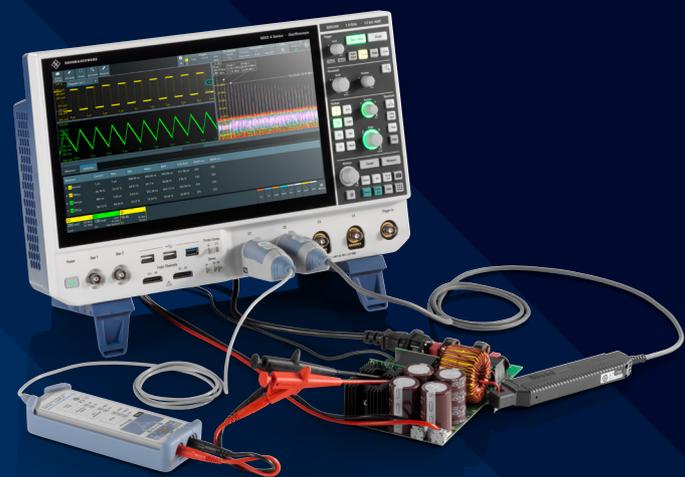
タイプをテストして、スイッチング損失、効率、リップル、半導体の動作などの主要なパラメータを非常に正確に取得できます。

コンバーター/インバーターのテストには、柔軟性と確度を兼ね備えた電子計測器が必要です。オシロスコープやLCRメータに加えて、ローデ・シュワルツの電源は、パワーデバイスの実際の条件 (さまざまな入力および負荷のシナリオなど) をエミュレートするソリューションとして際立つ存在です。例えば、2象限動作に対応するベンチ用電源は、電源と電子負荷の両方が必要なアプリケーションに最適な選択肢です。これにより、セットアップが簡素化され、コストとスペースを節約できます。

さらに、弊社の電源ポートフォリオには基本モデルから高性能オプションまで含まれ、さまざまな被試験デバイス (DUT) とアプリケーションに適用可能です。さらに、ローデ・シュワルツは、バッテリー管理システムをエミュレートするような特定のアプリケーション向けに設計された特殊な電源を提供しています。

ローデ・シュワルツのオシロスコープおよびパワーアナライザは、製造環境に適しています。測定器は、主要な家電製品の一般的な製造検証テストに使用できます。これらの各機器は自動測定機能も備えているため、ユーザーは容易に短時間でSMPSの特性を評価できます。

ローデ・シュワルツは、設置/サービス向けに、ラボ用測定器のパフォーマンスを備えたハンドヘルドオシロスコープを提供しています。これは、フィールドでのすべてのテスト要件に最適です。



コンポーネントの特性評価

パッシブコンポーネント

パッシブコンポーネントの実際の動作は、パワーエレクトロニクスの設計と実現可能な性能に重要な影響を及ぼします。そのため、製造で使用するための選定プロセスにおいて、コンポーネントの動作を検証することが重要なステップになります。特に、高周波でのコンポーネントの寄生動作を特性評価する必要があります。これは、WBG半導体を使用する場合には特に重要です。

パッシブコンポーネントの実際の動作を検証する

キャパシタの実効容量は、動作中のDCオフセット電圧に大きく依存し、インダクターの実効インダクタンスはインダクターを流れる平均DC電流に依存します。さらに、パッシブコンポーネントの特性は、周波数によって変動します。そのため、これらのパラメータを制御でき、目的のアプリケーションに適したレンジを備えたLCRメータを使用することが重要です。

R&S®LCX100/LCX200 LCRメータを使用すると、パッシブコンポーネントの周波数依存複素インピーダンスを測定して、コンポーネントの等価回路図の正確な値を導出できます。これにより、DCバイアス電圧または電流下でのコンポーネントテストが可能になります。

主な特長

- ▶ 非常に高い基本確度:0.05 %
- ▶ 周波数レンジ:4 Hz~10 MHz
- ▶ DCバイアス:最大10 V/200 mA (内部) または40 V (外部)
- ▶ コンポーネントに応じて選択できる複数のテストフィクスチャ

R&S®LCX200 LCRメータ



ローデ・シュワルツは、Zurich Instruments社のMFIAインピーダンス・アナライザにより自社のポートフォリオを強化しました。この機器は1 mΩ~1 TΩの測定レンジをカバーしているため、DCリンクコンデンサのようなESL/ESRの低い材料を測定するのに最適です。

Zurich Instruments社のMFIAインピーダンス・アナライザ



半導体

トランジスタと同様に、2端子半導体もパワー・エレクトロニクス・アプリケーションに広く使用されています。これは、SiCショットキーダイオードなどの力率改善電源、フリーホイールダイオード、LED、太陽電池を使用する各種コンバーターに使用されている場合があります。

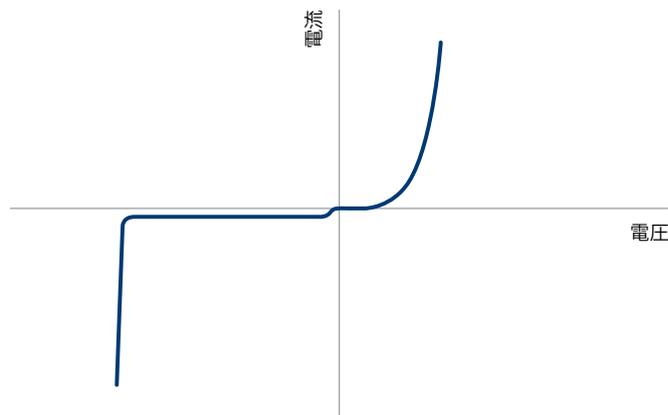
主要な特性を判断するためには、これらの種類の半導体を理解および評価することが重要です。これを行うためには一般的にI/V曲線を取得します。これは、さまざまなパラメータを導出するための基礎になります。

R&S®NGU ソース・メジャー・ユニット (SMU) は、ミリアンペア未満からアンペアまでの範囲を正確に測定できます。掃引ツール、任意波形機能、高速ロギングにより、正確なI/V掃引を実行して、半導体に関する有益な情報を提供します。

R&S®NGU411 ソース・メジャー・ユニット



半導体のI-V特性曲線



バッテリーシミュレーション

バッテリーセルのシミュレーション

双方向コンバーターはバッテリーと組み合わせて使用され、パワートランジスタの効率を強化して充放電プロセスを簡素化します。ここでは、実際の条件下で双方向コンバーターをテストするために、バッテリーの動作を再現できる電子計測 (T&M) 機器を準備することが重要です。

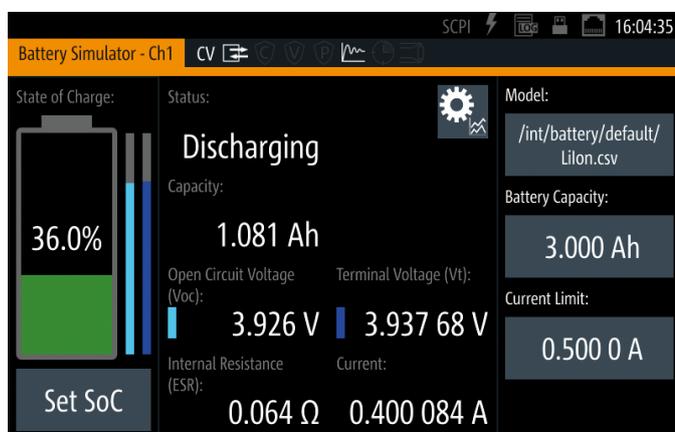
R&S®NGM200 電源シリーズのバッテリーシミュレーション機能により、実際のバッテリー出力性能をシミュレートできます。選択されたバッテリーモデルに基づいてテストを実行できます。バッテリー容量、充電状態 (SoC)、オープン回路電圧 (Voc) を任意の状態に設定して、特定の条件下でデバイスをテストできます。バッテリーの充電動作もシミュレートできます。これは、特に、バッテリー充電器を設計する時に重要です。

適切なバッテリーモデルの実現方法:

1. 測定器で利用可能な定義済みモデルの中の1つを使用する
2. メーカーのデータまたは測定値に基づいて個々のモデルをプログラムする
3. バッテリー・モデリング・ツールを使用する

この手法では動的なシミュレーションが可能で、実際のバッテリーのように、充放電条件に応じてVoc等価直列抵抗 (ESR)、SoCが変化します。

バッテリーシミュレーション: バッテリーの状態を評価する主なパラメータがディスプレイにサマリー表示されます。



バッテリー管理システム

大型のバッテリーは、一般的に複数のセルを直列と並列に接続して作られます。すべてのセルに同じ充放電電流が流れるため、個々のバッテリー容量の差異や自己放電、経年変化などが時間とともに充電状態 (SoC) のばらつきにつながり、さらにはバッテリーの容量や寿命に影響する可能性があります。バッテリー管理システム (BMS) は、さまざまなバッテリーセルのパラメータに対してアクティブにモニタリング、制御、管理を行います。

R&S®NGL200およびR&S®NGM200は、ソースとシンクの2象限動作をサポートしています。すべての出力は、グラウンドに対して完全にアイソレートされています。それらを直列接続して、グラウンドに対する最大電圧が250 Vまでのレベルの単一セル上のバッテリーパックをエミュレートすることができます。調整可能な出力インピーダンスを $-50 \text{ m}\Omega \sim 100 \text{ }\Omega$ の間に設定できます。電源出力での電流/電圧測定により、高分解能値が得られます。これらの特長により、高い確度と高い時間分解能でセル特性がシミュレートされ、時間軸上で変動します。



パワーエレクトロニクス設計を行う

コンバーターの動作を検証する

パワーコンバーターの設計には、設計フェーズと製造フェーズの両方で膨大なテストが必要です。これは一般的に、設計目標のバランスを取ることを意味します。主な検討事項は、通常は効率ですが、さまざまな規格への準拠も重要になります。その他にも、安全の担保は重要です。テストを実行するために危険な電圧を使用しなければならない場合があるので、測定中に厳格な安全指針が必要になります。

このような課題を解決するために、ローデ・シュワルツは、オシロスコプの機能をベースとするソリューションを提供することで、設計からコンプライアンス／製造テストまで、コンバーターの開発のあらゆるフェーズに対応しています。

自動測定

ローデ・シュワルツのオシロスコプのパワー解析ソフトウェアオプションは、突入電流、出力スペクトラム、安全動作領域など、パワーエレクトロニクスの解析に不可欠な測定機能を提供します。ユーザーは、測定ウィザードの詳細な手順に従ってテストセットアップ全体を設定できます。オシロスコプは自動的に設定され、短時間で結果をもたらします。

測定機能:

- ▶ 電流高調波成分
- ▶ 入力 (電力品質)
- ▶ 出力 (リップル)
- ▶ 送電経路 (効率)

ボタンを押すだけで、結果をテストレポートに追加できます。このレポートには、現在のセットアップおよび構成が記載されます。

マルチチャネル測定

パワーエレクトロニクスの設計を調査する際には、8チャンネルオシロスコプが便利です。パワーデバイスにはさまざまなステージ (入力フィルター、整流器、DCリンクコンデンサ、DC/DCコンバーター、インバーターなど) が存在する場合があります。これを考慮すると、設計の全般的な動作を検証するために複数の信号を測定することが重要です。例えば、コンバーターのオン処理を解析する場合には、電源シーケンスが想定どおりに動作していることと、異なるステージ間にタイミングの問題がないことを検証する必要があります。

3相信号を含むアプリケーションの場合には、MXO 5のような8チャンネルオシロスコプが最適なツールです。1台のオシロスコプを使用して、3相システムで複数の信号を測定できます。



制御ループ応答

各パワーコンバーターまたはインバーターの核である制御ループは、入力電圧の変動や出力の負荷の急上昇に関係なく、安定した出力電圧を確実に維持します。設計時には、さまざまな動作ポイントでの制御ループの安定性を検証することが不可欠なテストです。R&S®RTx-K36 周波数応答解析 (ボード線図プロット) オプションは、位相マージン、ゲインマージン、振幅プロファイルなどの基本的な機能を提供しており、このようなテストをオシロスコープで直接実行できるようになります。



高電圧／電流測定

正確なオシロスコープ測定には、アプリケーションに適したプローブが必要です。R&S®RT-ZHD 高電圧差動プローブファミリーは、最大200 MHzの帯域幅、高いコモン・モード・ノイズ除去比、低ドリフト、低ノイズを実現しています。ローデ・シュワルツのパッシブ高電圧プローブは、グランド基準測定に最適です。R&S®RT-ZCxx クランプオン電流プローブを使用すると、広範なパラメータにわたって電流測定が可能になります。

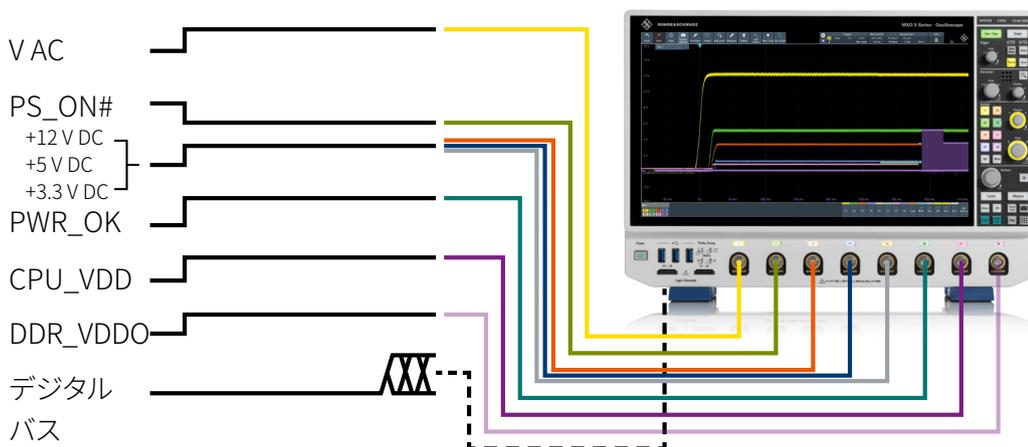
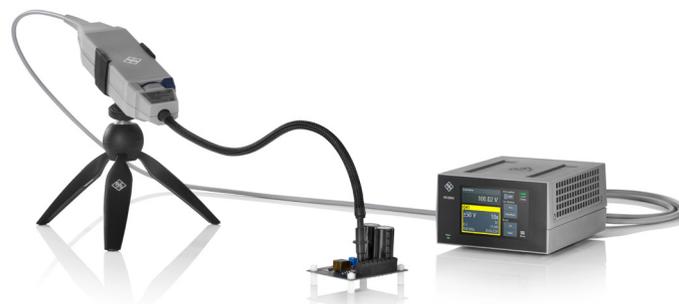


絶縁測定システム

新しいWBGテクノロジーを扱う場合、高速スイッチングには、立ち上がり／立ち下がりエッジの細部を捕捉できる高速な高電圧プローブが必要です。R&S®RT-ZISO 絶縁プロービング・システムは、高いコモン・モード・ノイズ除去比 (最大60 kV (1 GHz)) を実現するソリューションを提供します。これは、ハイ側ゲート測定、3相インバーターのノイズの分離、高速なシャント電流センシングなどのアプリケーションに最適です。

電源シーケンスと信頼性

MXOシリーズ オシロスコープは、パワーレールのランプアップ／ランプダウンを正確に測定します。このオシロスコープには、電源シーケンスのイベントと他のシステム動作を相関させることができる高度な機能があります。MXO 5では8チャンネルを用いて、複数のレールを測定できます。16個の追加ロジックチャンネルを使用すれば、主要なタイミング信号を含めてさらに解析することができます。オシロスコープは大容量メモリを搭載しているので、シーケンスが10 ms継続する間中、十分な帯域幅を確実に維持することができます。



スイッチング解析

コンバーターのスイッチング動作の測定

パワーコンバーターの効率を最大化する一般的な実践方法は、スイッチング周波数を上げることです。電源設計のスイッチング速度を上げる際には、タイミング特性、ハイ側とロー側のトランジスタ間の相互作用、シュートスルーや過剰なEMIなどの不要な出力を検討する必要があります。

高電圧測定も、別の重要な側面です。システムが仕様の範囲内で動作していることを検証して安全な動作を保証するためには、このような高電圧を正確に測定することが重要です。

ローデ・シュワルツは、パワーエレクトロニクスに関連するフィールドで作業するエンジニアをサポートするために、低/中/高電圧コンバーターのスイッチング動作をテスト、測定、解析できるソリューションを提供しています。

MXO 4/MXO 5シリーズ オシロスコープは、このような用途に最適です。本器は、包括的なスイッチング解析を実行するために必要な帯域幅、分解能、メモリ、ノイズ、オフセット、トリガの要件を満たしています。

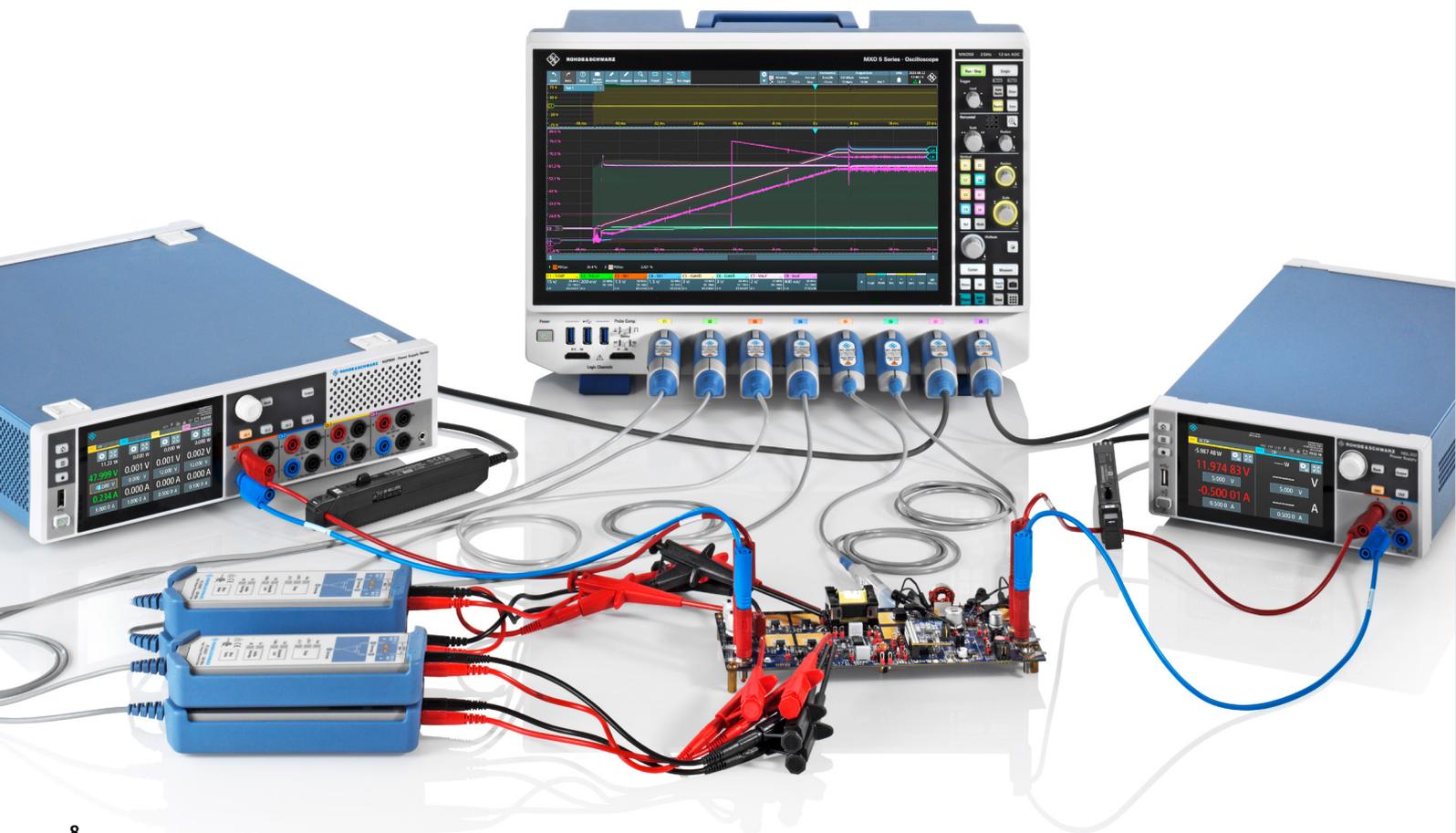
R&S®RT-ZHD プロブは、最大6000 Vまで正確な測定を実行できます。R&S®RT-ZISO 絶縁プロービング・システムは、測定に絶縁と高速スイッチングが必要な場合に、最大1 GHzまで優れたCMRRを提供します。プローブは、帯域幅が広く負荷による影響が少ないため、被試験回路の自然な動作に影響を与えることなく正確な高電圧測定が可能です。

これらの高度なツールにより、ローデ・シュワルツは、設計の詳細な解析に必要な測定器を提供することで、WBG半導体の課題に取り組むエンジニアをサポートします。

ダブルパルステスト

パワーコンバーターの設計においては、パワー半導体デバイスのスイッチング動作に関する知識がきわめて重要です。スイッチング時間とスイッチング損失を特定し、適切なスイッチング動作を確認するために、ダブルパルステストを実行します。

ローデ・シュワルツはPE-Systems社と提携して、パワー半導体の動的なスイッチング動作を特性評価するプロセスを簡単にできるソリューションを提供しています。このソリューションは、必要なハードウェアとソフトウェアを組み合わせることで、正確で再現性の高い結果を出力します。



EMIデバッグ

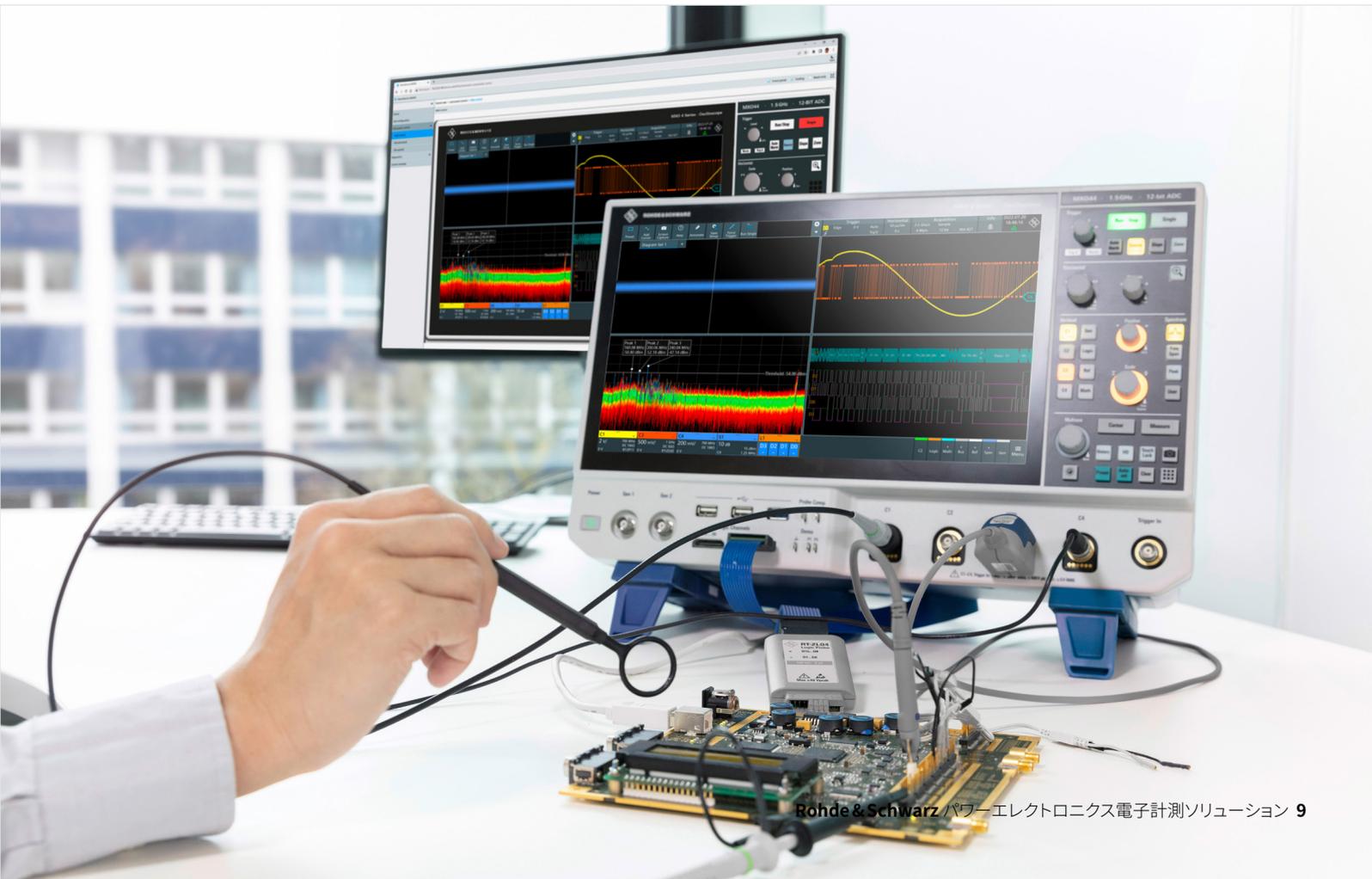
製品の初期の構想段階で、電磁妨害 (EMI) 規格への準拠を考慮する必要があります。設計段階で EMI 準拠を考慮するのが遅くなるほど、対策にかかるコストは上昇します。

ローデ・シュワルツは、設計段階での EMI デバッグ、プロトタイプの前コンプライアンス測定、開発サイクル終了時の完全なコンプライアンステストを行うための電子計測ツールを提供しています。

ローデ・シュワルツのオシロスコープは、周波数成分の振幅を測定するための、高速で応答性に優れた使いやすい FFT 解析機能を備えています。ユーザーは、同時にタイムドメインの関連信号を表示できるので、不要なスペクトラムエミッションをタイムドメインのイベントに関連付けることができます。このような特長を備えたオシロスコープを使用すれば、スタンドアロンでパワーエレクトロニクスの設計に対して早期にエミッションテストを実行することができます。

使いやすいユーザーインターフェースを備えているため、MXO 4/MXO 5/R&S®RTO6 オシロスコープの大型タッチスクリーンで数回ジェスチャー操作するだけで、FFT 設定をセットアップ/変更できます。これらの測定器ではスペクトラム波形に対してゾーントリガも使用できます。これは業界独自の機能で、スプリアス EMI イベントの検出に非常に有益です。近磁界プローブおよび高電圧差動/電流プローブと組み合わせることで、他のテストツールを使用せずに、パワーエレクトロニクス回路を詳細に最適化できます。これにより、デバイスのデザイン段階でのパワーエレクトロニクス開発が高速化され、デバイスを EMC 出荷検査に合格させることができます。

これは特に、研究開発ラボに、設計段階の前コンプライアンステストをサポートする EMI レシーバーなどの専用機器がない場合に重要です。



検証／製造テスト

性能検証と製造前テストは初期のプロトタイプ段階から始まり、量産に向かう必要なステップです。ローデ・シュワツは、このようなアプリケーション向けに、多目的テスト機器と専用テスト機器の両方を提供しています。

パワーコンバーターの検証／製造テスト

AC/DCパワーコンバーターまたはDC/DCパワーコンバーターの検証／製造テストには、高い垂直分解能、大容量メモリ、専用の解析機能が必要になります。このような作業には、MXO 5/MXO 5C オシロスコープが最適です。

主な利点

- ▶ ネイティブな12ビットADC分解能 (>10ビットのENOB)
- ▶ 最大1 Gサンプルの大容量メモリ
- ▶ 最大0.5 mV/divのハードウェア入力感度
- ▶ 高度な解析機能

主要な家電製品の効率／コンフォーマンステスト

電子耐久消費財が受ける必要のある標準テストの一貫として、エネルギー効率、電流高調波、突入電流をすべて検証する必要があります。

R&S®NPA パワーアナライザシリーズは、IEC 62301、EN 50564、またはIEC EN 61000-3-3などの規格に準拠するテストをサポートするワンボックスソリューションです。

主な利点

- ▶ 測定範囲: 50 μ W~12 kW (基本確度0.05%)
- ▶ 100 kHz帯域幅
- ▶ ENおよびIECに準拠した合否判定製造テストおよび方針に基づいた自動テスト
- ▶ データロギング、波形表示、電力計機能

MXO 5 (上) と MXO 5C (下) オシロスコープ



R&S®NPA パワーアナライザシリーズ



R&S®NPA-Zx 電源アダプターは、欧州、英国、中国／オーストラリア、米国のバージョンで使用できます。

ラボ標準機器

電源

ベンチでもテストシステムでも、弊社の汎用的なDC電源ポートフォリオは、幅広い電源定格、機能、確度レベルに対応しているため、アプリケーションに最適な機種を選択できます。

主な利点

- ▶ 個別のパワーレベルおよび特性を備えた複数の独立した出力。ベンチでもシステムラックでもコスト/スペースを節約
- ▶ 電流または電圧を拡大するための並列動作と直列動作が可能なので、多くのアプリケーションに対応可能
- ▶ さまざまなインターフェースでサポートされるリモート制御
- ▶ 大型高解像度タッチスクリーンによる直感的な操作コンセプト
- ▶ プログラマブルな安全機能によるDUT/測定器の保護
- ▶ 日常的な測定を加速する、バッテリーシミュレーション、出力遅延、リモートセンシング、データロギングなどの高度な機能を搭載

マルチメータ

マルチメータでは確度と速度が最も重要な特性ですが、使いやすさもそれに次いで重要です。ローデ・シュワルツは、R&S®HMC8012により強力な5¾桁マルチメータを実現しており、ラボで使用するのに最適です。

主な利点

- ▶ DC~100 kHzの測定レンジ
- ▶ 最大200回/秒の読み取り
- ▶ 高い基本確度:0.015%
- ▶ 最大3つの測定機能を同時に表示(例:DC、AC、統計値)



電源ポートフォリオ



	ベースユニット			高性能ユニット
	R&S®NGE102B/103B	R&S®NGC101(-G)/ NGC102(-G)/NGC103(-G)	R&S®NGA101/102/141/142	R&S®HMP2020/2030
電気仕様				
出力チャンネル数	2/3	1/2/3	1/2	2/3
最大出力パワー	66 W/100 W	100 W	40 W/80 W	188 W
1チャンネルあたりの最大出力パワー	33.6 W	100 W/50 W/33 W	40 W	80 W、 R&S®HMP2020 (CH1:160 W) を除く
1チャンネルあたりの出力電圧	0 V~32 V	0 V~32 V	R&S®NGA101/102:0 V~35 V R&S®NGA141/142:0 V~100 V	0 V~32 V
1チャンネルあたりの最大出力電流	3 A	10 A/5 A/3 A	R&S®NGA101/102:6 A R&S®NGA141/142:2 A	5 A、 R&S®HMP2020 (CH1:10 A) を除く
電圧リップルとノイズ (RMS) (20 Hz~20 MHz)	<1.5 mV (代表値)	R&S®NGC101:<1 mV (実測)、 R&S®NGC102/103:<450 μV (実測)	R&S®NGA101/102:<0.5 mV (実測)、 R&S®NGA141/142:<1.5 mV (実測)	<1.5 mV (測定値)
電流リップルとノイズ (RMS) (実測) (20 Hz~20 MHz)	<2 mA	R&S®NGC101:<1.5 mA、 R&S®NGC102/103:<1 mA	<500 μA	<1 mA
過渡応答時間 ¹⁾ (実測)	<200 μs	<1 ms	R&S®NGA101/102:<100 μs、 R&S®NGA141/142:<50 μs	<1 ms
プログラミング/リードバック分解能				
電圧	10 mV	1 mV	プログラミング: R&S®NGA101/102:1 mV R&S®NGA141/142:10 mV リードバック:1 mV	1 mV
電流	1 mA	<1 A:0.1 mA (R&S®NGC101:0.5 mA)、 ≥1 A:1 mA	リードバック:10 μA 低電流の測定範囲:1 μA	<1 A:0.1 mA (10 A CH:0.2 mA) ≥1 A:1 mA
リードバック精度 (± (出力の% + オフセット))				
電圧	<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
電流	<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 低電流の測定範囲:<0.15% + 40 μA	<0.1% + 2 mA
特別機能				
測定機能	電圧、電流、パワー	電圧、電流、パワー、エネルギー	電圧、電流、パワー	電圧、電流
保護機能	OVP、OCP、OPP、OTP	OVP、OCP、OPP、OTP	OVP、OCP、OPP、OTP	OVP、OCP、OTP
FuseLink機能	●	● (R&S®NGC102/103)	● (R&S®NGA102/142)	●
ヒューズ遅延	●	●	●	●
リモートセンシング	-	●	●	●
シンクモード	-	-	-	-
出力遅延	-	● (R&S®NGC102/103)	-	-
トリガ入力/出力	o/o	●/-	o/o	-
任意機能	● (CH1:EasyArb)	● (EasyArb)	● (CH1:EasyArb)	● (EasyArb)
アナログ/変調インタフェース	-	●	-	-
チャンネル融合	-	-	●	-
データロギング	-	● (標準モード)	● (標準モード)	-
ディスプレイとインタフェース				
ディスプレイ	3.5インチQVGA	3.5インチQVGA	3.5インチQVGA	240×64ピクセルLCD
リアパネル接続	-	16ピンのコネクタブロック	8ピンのコネクタブロック	1チャンネルあたり4ピンのコネクタブロック
リモート制御インタフェース	標準:USB。 オプション:LAN	標準:USB、LAN。 R&S®NGC10x-Gモデルは IEEE-488 (GPIB) にも対応	標準:USB、LAN	オプション:USB、LAN、 IEEE-488 (GPIB) USB RS-232
一般仕様				
寸法 (幅×高さ×奥行き)	222×97×310 mm	222×97×291 mm	222×97×448 mm	285×93×405 mm
質量	4.9 kg/5.0 kg	2.6 kg (R&S®NGC10x-Gモデル:2.7 kg)	6.6 kg/7.0 kg/6.9 kg/7.3 kg	7.8 kg/8.0 kg
ラックアダプター	R&S®HZC95 オプション	R&S®HZC95 オプション	R&S®HZN96オプション	R&S®HZ42 オプション

¹⁾ 設定電圧から±20 mVのバンドでの10%~90%の負荷変動。

²⁾ 最高感度の測定レンジを使用。



高精度電源				
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
0 V~32 V	0 V~32 V (32 Vチャネル)、 0 V~64 V (64 Vチャネル)	0 V~20 V	0 V~20 V	R&S®NGU201: 0 V~20 V R&S®NGU411/401: -20 V~+20 V
10 A	20 A (32 Vチャネル)、 10 A (64 Vチャネル)	出力電圧 ≤ 6 V: 6 A、 出力電圧 > 6 V: 3 A	出力電圧 ≤ 6 V: 6 A、 出力電圧 > 6 V: 3 A	出力電圧 ≤ 6 V: 8 A、 (R&S®NGU411: ≤ 10 V: 2 A) 出力電圧 > 6 V: 3 A (R&S®NGU411: > 10 V: 1 A)
<1.5 mV (測定値)	<3 mV (測定値)	<500 μV (実測)	<500 μV (実測)	<500 μV (実測)
<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 ²⁾	100 nA/100 pA ²⁾
<0.05%+5 mV	<0.05%+5 mV (32 Vチャネル)、 <0.05%+10 mV (64 Vチャネル)	<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⁾
電圧、電流	電圧、電流、パワー、エネルギー	電圧、電流、パワー、エネルギー	電圧、電流、パワー、エネルギー	電圧、電流、パワー、エネルギー
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: 変調インタフェース
-	-	-	-	-
-	● (標準モード)	● (標準モード)	● (標準および高速モード)	● (標準および高速モード)
240×128ピクセルLCD	TFT 5インチ、800×480ピクセルWVGA タッチ	TFT 5インチ、800×480ピクセルWVGA タッチ	TFT 5インチ、800×480ピクセルWVGA タッチ	TFT 5インチ、800×480ピクセルWVGA タッチ
8ピンのコネクタブロック 2チャンネルあたり	2チャンネルあたり8ピンのコネクタブロック	1チャンネルあたり8ピンのコネクタブ ロック	1チャンネルあたり8ピンのコネクタブ ロック	8ピンのコネクタブロック
オプション: USB、LAN、 IEEE-488 (GPIB)、RS-232C	標準: USB、LAN。 オプション: IEEE-488 (GPIB)	標準: USB、LAN。 オプション: IEEE-488 (GPIB)	標準: USB、LAN。 オプション: IEEE-488 (GPIB)	標準: USB、LAN。 オプション: 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®HZP91 オプション	R&S®ZZA-GE23 オプション	R&S®HZN96 オプション	R&S®HZN96 オプション	R&S®HZN96 オプション

30分のウォームアップ時間後、すべてのデータが+23°C (-3°C/+7°C) で有効です。

●: あり、 -: なし、 o: オプション

オシロスコープポートフォリオ



	R&S®RTH1000	R&S®RTC1000	R&S®RTB2000	R&S®RTM3000
垂直軸システム				
帯域幅 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
チャンネル数	2+DMM/4	2	2/4	2/4
垂直軸分解能、システムアーキテクチャー	10ビット、16ビット	8ビット、16ビット	10ビット、16ビット	10ビット、16ビット
V/div、1 MΩ	2 mV~100 V	1 mV~10 V	1 mV~5 V	500 μV~10 V
V/div、50 Ω	-	-	-	500 μV~1 V
デジタルチャンネル	8	8	16	16
水平軸システム				
1チャンネルあたりのサンプリングレート (Gサンプル/秒)	1.25 (4チャンネルモデル)、2.5 (2チャンネルモデル)、5 (全チャンネルインターリーブ)	1、2 (2チャンネルインターリーブ)	1.25、2.5 (2チャンネルインターリーブ)	2.5、5 (2チャンネルインターリーブ)
最大メモリ (各チャンネル、1つのチャンネルがアクティブ)	125 k ポイント (4チャンネルモデル)、250 k ポイント (2チャンネルモデル)、500 k ポイント	1 Mポイント、2 Mポイント	10 Mポイント、20 Mポイント	40 Mポイント、80 Mポイント
セグメントメモリ	標準、50 Mポイント	-	オプション、320 Mポイント	オプション、400 Mポイント
捕捉レート (波形/秒)	50,000	10,000	50,000 (高速セグメントメモリモードでは300,000 ²⁾)	64,000 (高速セグメントメモリモードでは2,000,000 ²⁾)
トリガ				
タイプ	デジタル	アナログ	アナログ	アナログ
感度	-	-	>2 div (1 mV/div)	>2 div (1 mV/div)
解析				
マスク試験	許容マスク	許容マスク	許容マスク	許容マスク
演算機能	基本	基本	基本 (演算の組み合わせ)	基本 (演算の組み合わせ)
シリアル・プロトコル・トリガ/デコード 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
アプリケーション ^{1)、2)}	高分解能周波数カウンター、高度なスペクトラム解析、高調波解析、ユーザースクリプト作成機能	デジタル電圧計 (DVM)、コンポーネントテスタ、高速フーリエ変換 (FFT)	デジタル電圧計 (DVM)、高速フーリエ変換 (FFT)、周波数応答解析	パワー、デジタル電圧計 (DVM)、スペクトラム解析およびスペクトログラム、周波数応答解析
コンプライアンステスト ^{1)、2)}	-	-	-	-
ディスプレイおよび操作				
サイズおよび解像度	7インチタッチスクリーン、800×480ピクセル	6.5インチ、640×480ピクセル	10.1インチタッチスクリーン、1280×800ピクセル	10.1インチタッチスクリーン、1280×800ピクセル
一般仕様				
寸法 (W×H×D、mm)	201×293×74	285×175×140	390×220×152	390×220×152
重さ (kg)	2.4	1.7	2.5	3.3
バッテリー	リチウムイオン、4時間以上の使用が可能	-	-	-

¹⁾ アップグレード可能です。

²⁾ オプションが必要です。



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ビット、18ビット	12ビット、18ビット	8ビット、16ビット	8ビット、16ビット
500 μV~10 V	500 μV~10 V	1 mV~10 V (HDモード:500 μV~10 V)	
500 μV~1 V	500 μV~1 V	1 mV~1 V (HDモード:500 μV~1 V)	2 mV~1 V (HDモード:1 mV~1 V)
16	16	16	16
2.5、5 (2チャンネルインターリーブ)	4チャンネルで5、8チャンネルで2.5 (2チャンネルインターリーブ)	10、20 (4 GHzおよび6 GHzモデルでは2チャンネルインターリーブ)	20、40 (2チャンネルインターリーブ)
標準:400 Mポイント 最大アップグレード:800 Mポイント ²⁾	標準:500 Mポイント 最大アップグレード:1 Gポイント ²⁾	標準:200 Mポイント/800 Mポイント 最大:1 Gポイント/2 Gポイント	標準:100 Mポイント/400 Mポイント 最大:3 Gポイント
標準:10,000セグメント、 オプション:1,000,000セグメント	標準:10,000セグメント、 オプション:1,000,000セグメント	標準	標準
>4500000	>4500,000 (4チャンネル)	1,000,000 (ウルトラセグメントメモリーモードでは 2,500,000)	750,000 (ウルトラセグメントメモリーモードでは 3,200,000)
高度なトリガ (ゾーントリガを含む)、デ ジタルトリガ (15種のトリガタイプ)	高度なトリガ (ゾーントリガを含む)、デ ジタルトリガ (15種のトリガタイプ)	高度なトリガ (ゾーントリガを含む)、デジタルトリガ (15種のトリガタイプ)、5 Gbps CDR (クロックデー タリカバリー) による高速シリアルパターントリガ ²⁾	高度なトリガ (ゾーントリガを含む)、リアルタイム ディエンベディングに対応したデジタルトリガ (14 種のトリガタイプ) ²⁾ 、8/16 Gbps CDR (クロックデー タリカバリー) による高速シリアルパターントリ ガ ²⁾
0.0001 div、全帯域幅、ユーザー制御 可能	0.0001 div、全帯域幅、ユーザー制御 可能	0.0001 div、全帯域幅、 ユーザー制御可能	0.0001 div、全帯域幅、 ユーザー制御可能
		ユーザーが設定可能、ハードウェアベース	ユーザーが設定可能、ハードウェアベース
高度 (数式エディター)	高度 (数式エディター)	高度 (数式エディター、Pythonインタフェース)	高度 (数式エディター、Pythonインタフェース)
I ² C、SPI、UART/RS-232/RS-422/ RS-485、CAN、CAN FD、CAN XL、 LIN、SPMI、10BASE-T1S、 ARINC、SPMI、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、SPMI、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、イーサネット、マンチェスター、NRZ、 SENT、MIPI D-PHY、SpaceWire、MIPI M-PHY/ UniPro、CXPI、USB 3.1 Gen 1、USB-SSIC、 PCIe 1.1/2.0、USB電源供給、車載イーサネット 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、車載イーサネット 100/1000BASE-T1、イーサネット10/100BASE-TX、 MDIO、Manchester、NRZ
パワー、デジタル電圧計 (DVM)、 周波数応答解析	パワー、デジタル電圧計 (DVM)、 周波数応答解析	パワー、高度なスペクトラム解析およびスペクトロ グラム、ジッタ/ノイズ分離、クロックデータリカバ リー (CDR)、I/Qデータ、RF解析 (R&S®VSE)、ディ エンベディング、エンベディング、イコライゼーショ ン、PAM-N、TDR/TDT解析、高度なアイダイアグラム 仕様 (PD 5216.1640.22) を参照	高度なスペクトラム解析およびスペクトログラ ム、ジッタ/ノイズ分離、リアルタイムディエン ベディング、エンベディング、イコライゼーショ ン、PAM-N、TDR/TDT解析、I/QデータおよびRF解析 (R&S®VSE)、高度なアイダイアグラム 仕様 (PD 3683.5616.22) を参照
-			
13.3インチタッチスクリーン、 1920×1080ピクセル (フルHD)	MXO 5のみ:15.6インチタッチスクリーン 1920×1080ピクセル (フルHD)	15.6インチタッチスクリーン、 1920×1080ピクセル (フルHD)	13.3インチタッチスクリーン、 1920×1080ピクセル (フル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
-	-	-	-

ローデ・シュワルツのサービス 安心してお任せください！

- ▶ 世界に広がるサービス網
- ▶ 各地域に即した独自性
- ▶ 個別の要望に応える柔軟性
- ▶ 妥協のない品質
- ▶ 長期信頼性

ローデ・シュワルツ

ローデ・シュワルツはテクノロジーグループとして、電子計測、テクノロジーシステム、ネットワーク/サイバーセキュリティの分野の最先端ソリューションを提供することで、安全でつながり合った世界の実現を先導する役割を果たしています。創業から90年を超えるこのグループは、全世界の産業界と政府機関のお客様にとっての信頼できるパートナーです。本社をドイツのミュンヘンに構え、独立した企業として、70か国以上で独自の販売/サービスネットワークを展開しています。

www.rohde-schwarz.com/jp

永続性のある製品設計

- ▶ 環境適合性と環境負荷の低減
- ▶ 高エネルギー効率と低排出ガス
- ▶ 長寿命かつ所有コストの最適化

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

ローデ・シュワルツトレーニング

www.training.rohde-schwarz.com

ローデ・シュワルツカスタマーサポート

www.rohde-schwarz.com/support

