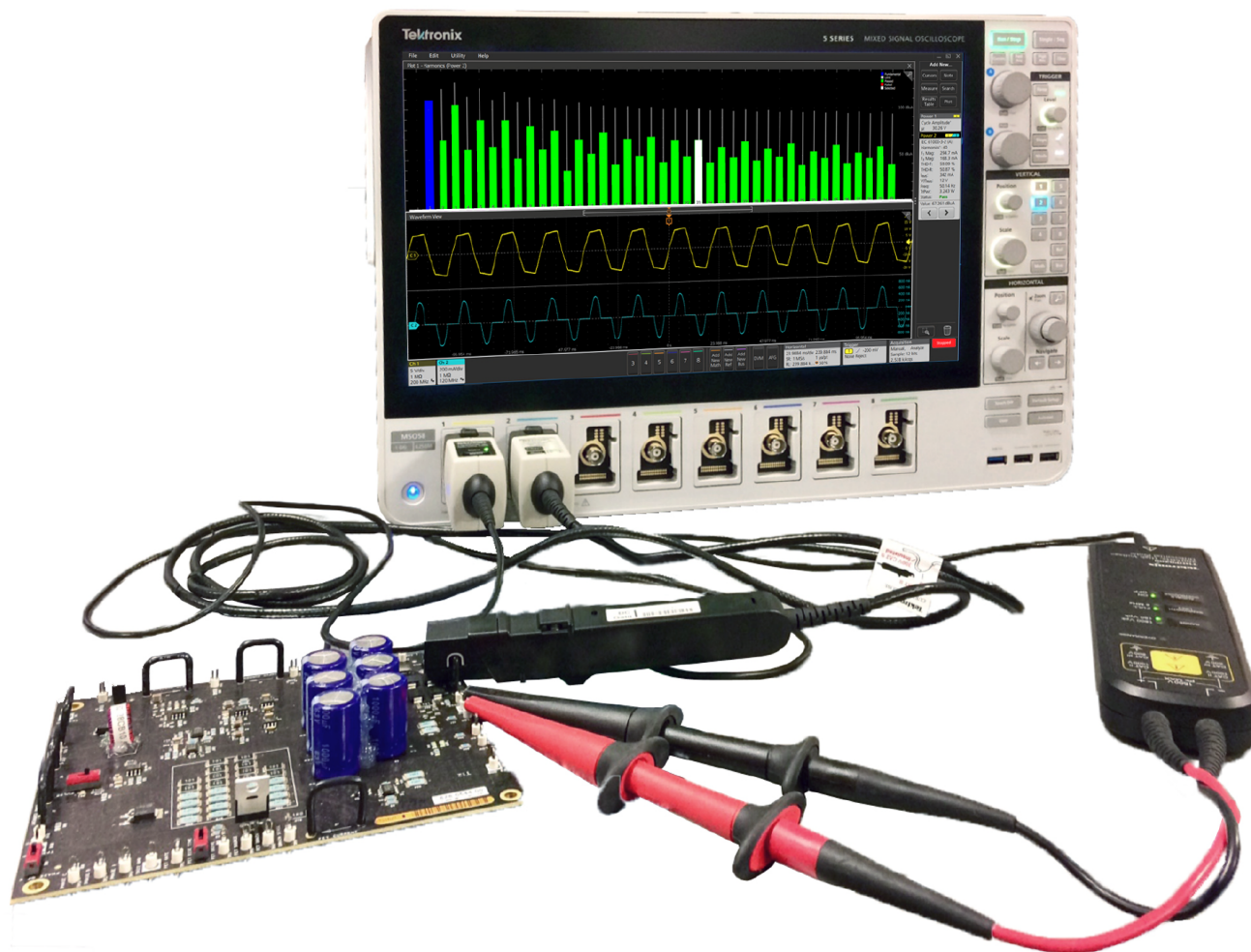


拡張パワー測定／解析

4/5/6 シリーズ MSO Opt. 4-PWR-BAS/4-PWR/5-PWR/6-PWR アプリケーション・データ・シート

電源設計の詳細な解析が可能



4/5/6 シリーズ MSO の拡張パワー測定／解析機能があれば、パワー・システムをより詳細に解析できます。高性能オシロスコープと優れた解析ソフトウェア、豊富な電圧／電流プローブを組み合わせることで、誰にでも簡単にパワー・システムの正確な自動測定が行えます。オシロスコープには、12 ビット A/D コンバータが搭載されており、高精度の測定データを利用できます。さらに、ピンチ／スワイプ／ズームに対応したタッチ・インタフェースを活用しながら効率的に測定できます。各種のグラフィカル・パワー解析ツールに加え、多チャンネル、大型 HD ディスプレイを装備し、パワー・システムを詳細に観測できます。最先端の IsoVu™ 光アイソレーション型差動プローブをはじめとする、さまざまな電圧／電流プローブが用意されています。同相除去性能に優れた IsoVu プローブと拡張パワー測定／解析ソフトウェアの自動測定機能を組み合わせることで、最新の GaN/SiC 設計の最適化にも対応できます。

主要な測定項目

- **入力測定**
 - **電力測定**：有効電力、皮相電力、力率、位相角
 - **全高調波歪みとクレスト・ファクタ（波高率）**
 - **高調波測定**、バー・チャート、リスト表示
 - **振幅**：最小値、最大値、振幅、p-p など、サイクルあたりの電圧または電流を容易に測定可能
 - **入力容量**：電圧／電流信号を使用してキャパシタンス値を測定
 - **突入電流**：ピーク電流
- **スイッチング・デバイスの測定**
 - **スイッチング損失測定**：スイッチング・デバイスのターン・オン、ターン・オフ、伝導損失の計算
 - **安全動作領域（SOA）**：カスタマイズ可能な安全動作領域のマスク・テスト
 - **タイミング解析**：パルス幅、デューティ・サイクル、周波数または周期のサイクルごとのプロットまたはヒストグラムにより、パルス幅変調スイッチング信号の解析が容易に
 - **RDS(on)**：オン状態のスイッチング・デバイスの動的抵抗
- **磁気解析測定（4/5/6-PWR でのみ）**
 - **インダクタンス**：コアのインダクタンス
 - **磁気特性**：インダクタの B-H 曲線の測定／プロット
 - **磁気損失**：全磁気損失の測定／計算
 - **I 対 V**：I および V の波形プロットの表示
- **出力測定**
 - **ライン・リップル**：入力のライン周波数に関連する AC 信号の量
 - **スイッチング・リップル**：スイッチング周波数に関連する AC 信号の量

- **効率**：電源回路の効率（測定された出力電力を測定された入力電力で除算）
- **ターン・オン時間**：被測定デバイスへの入力電圧がハイになってから、出力電圧が定常状態に達するまでの時間
- **ターン・オフ時間**：被測定デバイスへの入力電圧がゼロ状態になってから、出力電圧がゼロ状態に達するまでの時間
- **周波数応答測定（4/5/6-PWR のみ）**
 - **制御ループ応答（ボード線図）**：閉ループ回路の周波数／位相応答をプロットし、ゲインと位相のマージンを自動的に計算
 - **電源電圧変動除去比（PSRR）**：DC-DC コンバータのリップル除去性能の解析
 - **インピーダンス解析**：オシロスコープを使用した電源供給ネットワーク（PDN）の 2 ポート・インピーダンス測定

主な特長

- 4/5/6 シリーズ MSO のピンチ／スワイプ／ズーム機能を使用して、自動測定機能の追加／設定／削除が可能
- テスト・レポートの自動生成機能により、測定項目、テスト結果、プロットを編集可能な一つの MHT ファイルまたは PDF ファイルとして出力できるため、テスト結果のレポートが容易
- オプションおよび内蔵任意波形／ファンクション・ジェネレータを使用した周波数応答解析（4/5/6-PWR のみ）。外付けのファンクション・ジェネレータ（AFG31000 シリーズ）も利用可能
- 最先端の IsoVu 光アイソレーション型差動プローブなど、さまざまな電圧／電流プローブが用意されており、広範なアプリケーションに対応可能
- 測定の設定、測定結果の転送など、リモート・インタフェースによるテスト・アプリケーションの自動化が可能
- FRA 測定のセッション・ファイルの保存／呼出機能に対応
- パワー FRA 測定による Spectrum View 解析

入力解析

電源品質測定、電流高調波、入力キャパシタンス、突入電流は、電源入力における基本測定項目であり、電源が電源ラインに及ぼす影響を解析し、電源ラインのさまざまな条件の下での電源性能を評価します。

電源品質

これらの測定は電源周波数に最適化されており、一般的に電源回路の AC ライン入力で行われます。入力部の消費電力や歪みのレベルをすばやく解析できます。

測定項目：

- 実効電圧と実効電流

- 周波数
- 有効／皮相／無効電力
- 力率
- 電圧および電流の波高率

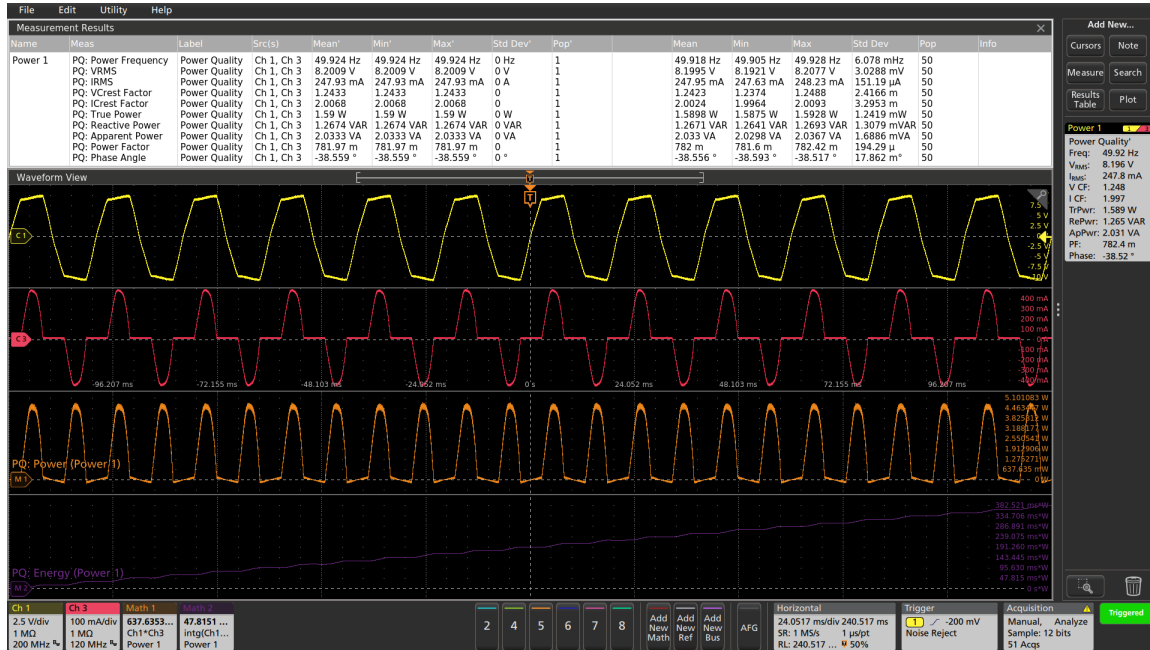


図1: 電源品質測定では、さまざまなフォーマットで情報が提供される。数値形式 (右上)、表形式 (上)、瞬時電力波形とエネルギーのプロット (下)

高調波

入力側にリアクタなどの非線形デバイスが使用された電源は、AC側から見れば非線形負荷となります。過大な高調波エネルギーは、軽減策を講じなければ電源ライン上の他の機器の動作に影響を与え、送電コストが上がる場合があります。その結果、ライン電源で動作するデバイスによって高調波が発生し、規格に適合できなくなる可能性があります。

拡張パワー測定／解析ソフトウェアは、IEC61000-3-2、AM 14、MIL-STD-1399 規格に対応したリミット・テストが可能のため、本番のコンプライアンス・テストに臨む前に、プリコンプライアンス・テストを十分に実施できます。最大100次の高調波をグラフ、表形式で表示できるため、リストをトラバースしながら個々の高調波を詳細に解析できます。

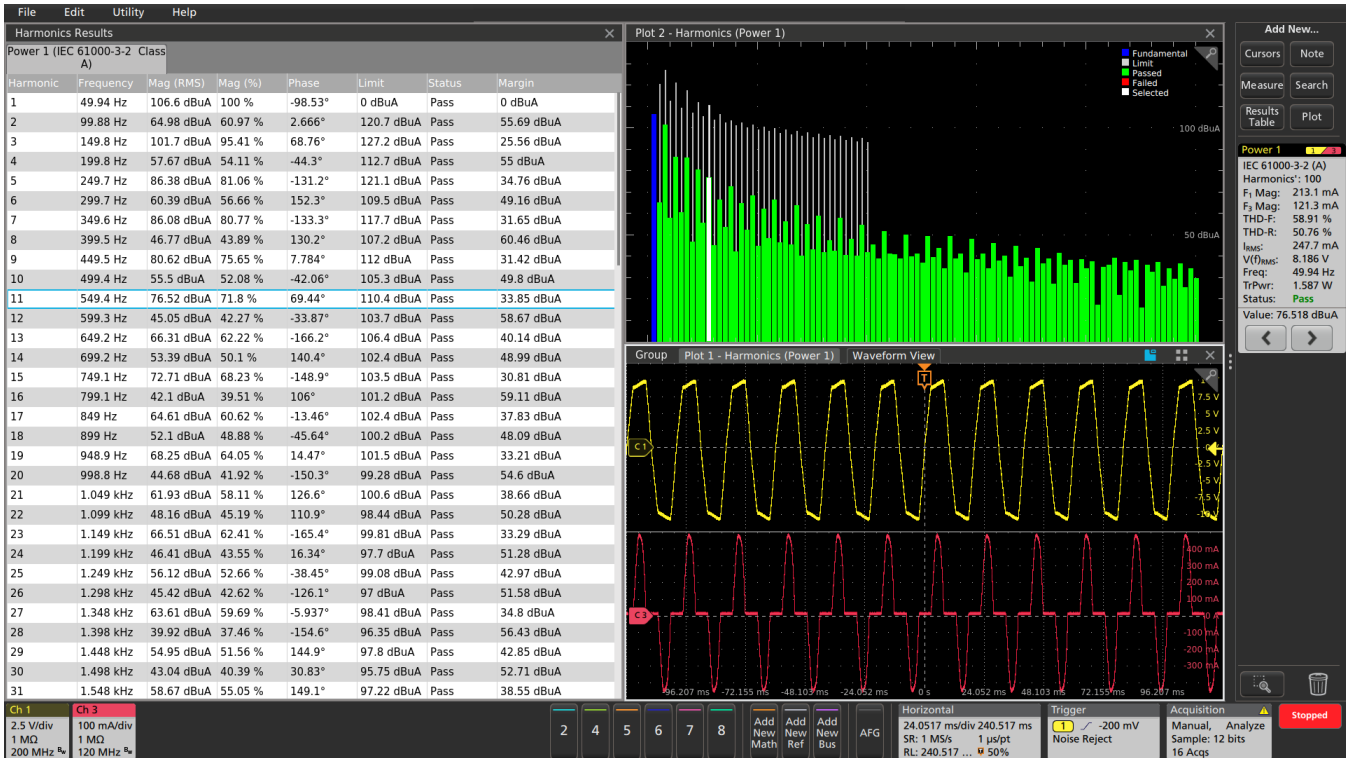


図2: 高調波のバー・グラフ、高調波の測定結果表、結果バー（右上）を使用したトラバース機能

入力キャパシタンス／突入電流測定

4-PWR-BAS/4-PWR/5-PWR/6-PWR は、ピーク突入電流とキャパシタンス測定機能を提供しており、作動中のスイッチング電源のテストに最適です。

突入電流、入力サージ電流、またはスイッチオン・サージとは、電気装置を最初に起動したときに、瞬間的に大きな

入力電流が引き込まれる現象を指します。パワー・コンバータには、入力キャパシタンスの充電電流により、定常状態より高い突入電流が流れます。効率の高い設計を実現するためには、突入電流や入力キャパシタンスの測定がきわめて重要です。

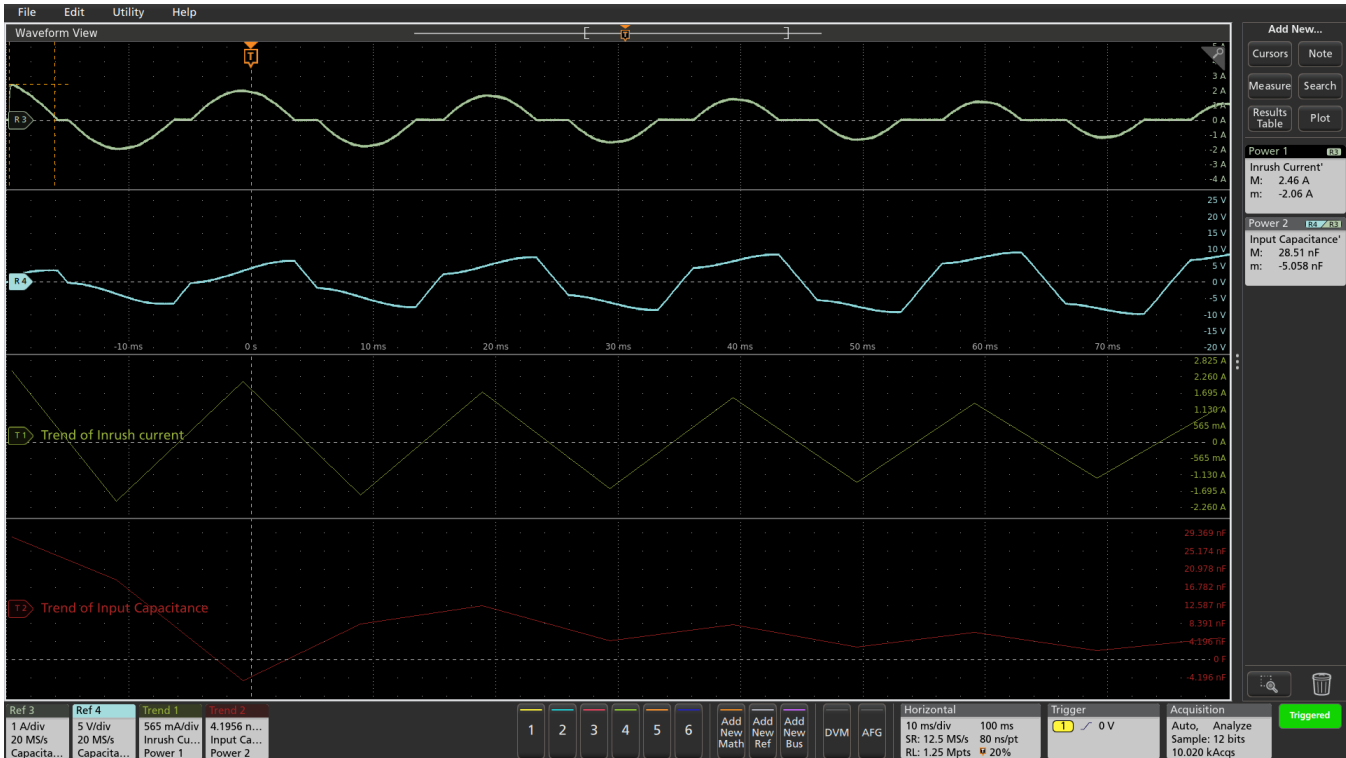


図3: トラバース機能による入力キャパシタンス/突入電流測定

スイッチング・コンポーネントの解析

電力変換効率と信頼性に対する要求の高まりにより、電源のエネルギー損失の正確な計算と評価の重要性が増してきました。

スイッチング損失測定

エネルギー損失は、電源のほとんどすべてのコンポーネントで発生しますが、スイッチング・モード電源 (SMPS) におけるエネルギー損失の大部分は、スイッチング・トランジスタがターン・オフ (T_{off}) からターン・オン (T_{on}) の状態に移行するとき (ターン・オン損失)、またはその逆 (ターン・オフ損失) のときに生じます。拡張パワー解析では、スイッチング・デバイス両端の電圧降下と電流を測定することで、各サイクルのスイッチング損失測定パラメータを自動的に計算します。

つい最近まで、ハーフブリッジ回路のスイッチング・ステージのハイサイド側でスイッチング測定を行うのは、ほとんど不可能とされてきました。ハイサイド V_{DS} や電流シャントの両端の電圧など、スイッチング・ノード基準に対して測定を行う場合は、差動信号に大きな共通モード電圧信号が発生することで歪みが生じるという難題に直面していました。この問題は、スイッチング周波数が高い GaN/SiC トランジスタなどのワイド・バンドギャップ・デバイスで特に顕著であり、設計の見直しが急務となっています。

4/5/6 シリーズ MSO は IsoVu 光アイソレーション型差動プローブに対応しており、大きな共通モード信号がある場合でも正確なスイッチング測定が可能です。

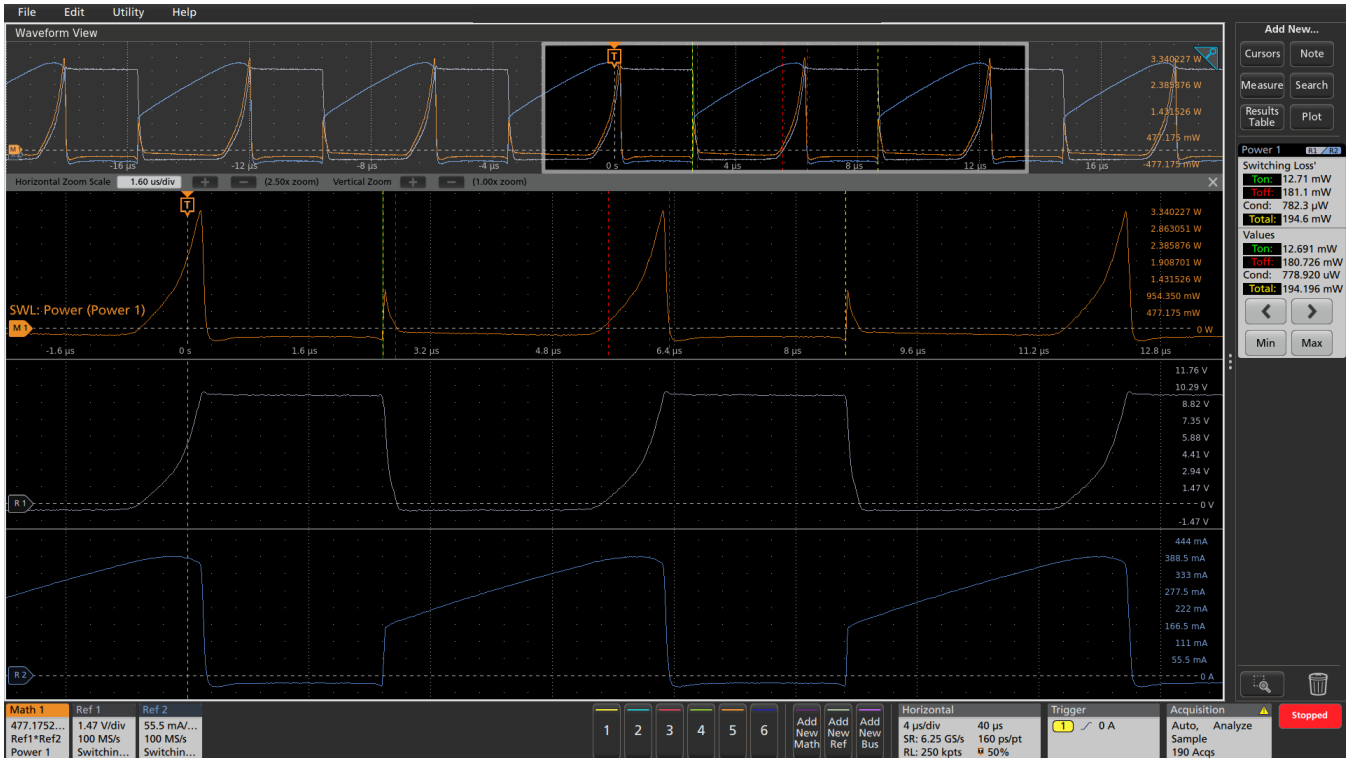


図4: スイッチング損失測定によるFETの電力損失の評価。波形は測定領域 (T_{on} , T_{off} , および全サイクル) を表すマーカで色分けされており、対応する測定値が結果バッジに表示されている。結果バッジのコントロールでサイクル間を簡単に移動できる

特別な設定によるスイッチング損失測定により、アクティブ力率補正、フライバック・コンバータにおいて、安定し、再現性のある測定が行えます。

取り込まれたすべてのサイクルのスイッチング損失の全体像を把握したい場合には、軌跡プロットを使用します。軌

跡プロットでは、ターン・オン/ターン・オフ時におけるスイッチ両端の電圧とそこを流れる電流の対比が自動的にプロットされるため、すべてのスイッチング・サイクルのスイッチング損失のレンジを一目で把握できます。

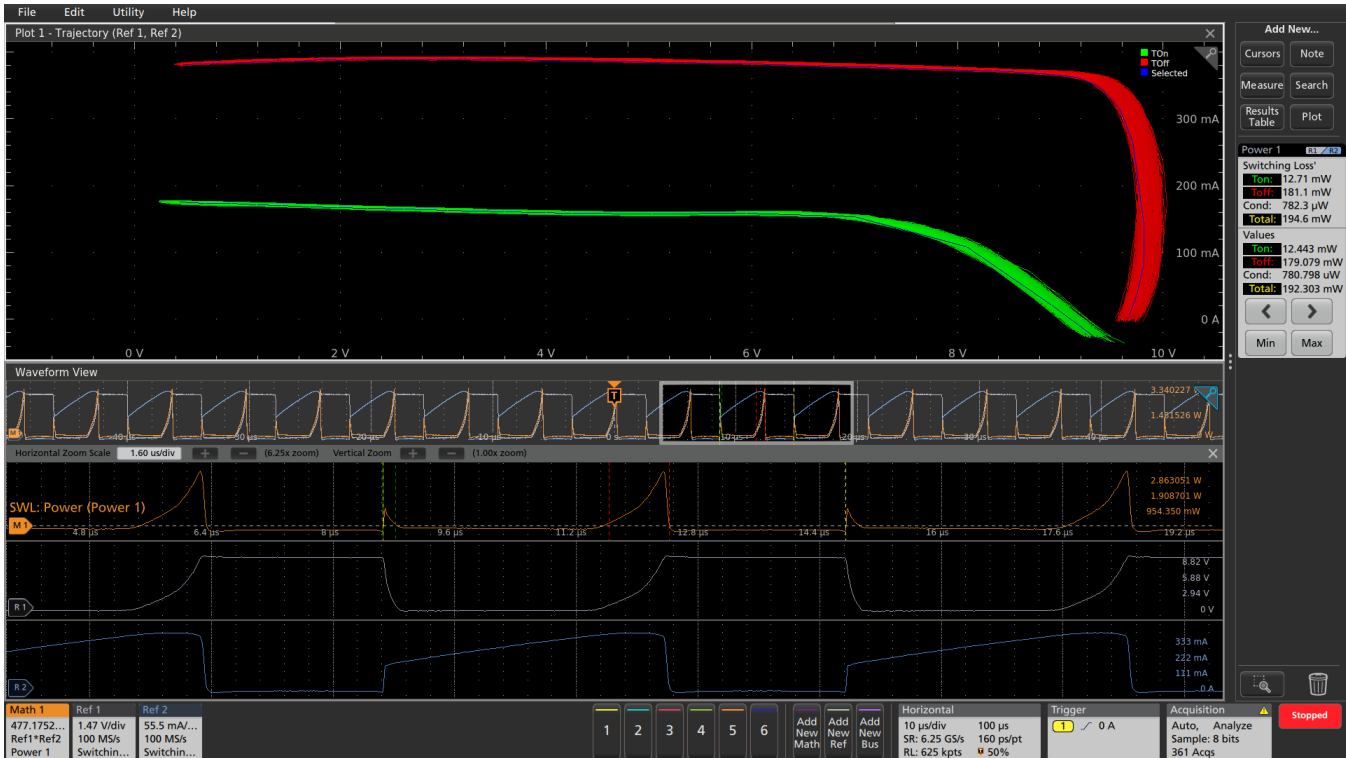


図5: スイッチング損失測定軌跡プロットにより、すべてのスイッチング・サイクルの T_{on} 損失と T_{off} 損失を1つのプロットで観測できる

安全動作領域

安全動作領域 (SOA) プロットは、スイッチング・デバイスに最大仕様を超えるストレスがかからないことの確認、デバイス評価のためのグラフィカルな手法です。SOA テス

トは、負荷変動、温度変化、入力電圧変動を含む、動作条件の全範囲にわたる性能を検証します。SOA プロットにマスク・テストを併用して、検証を自動化することもできます。

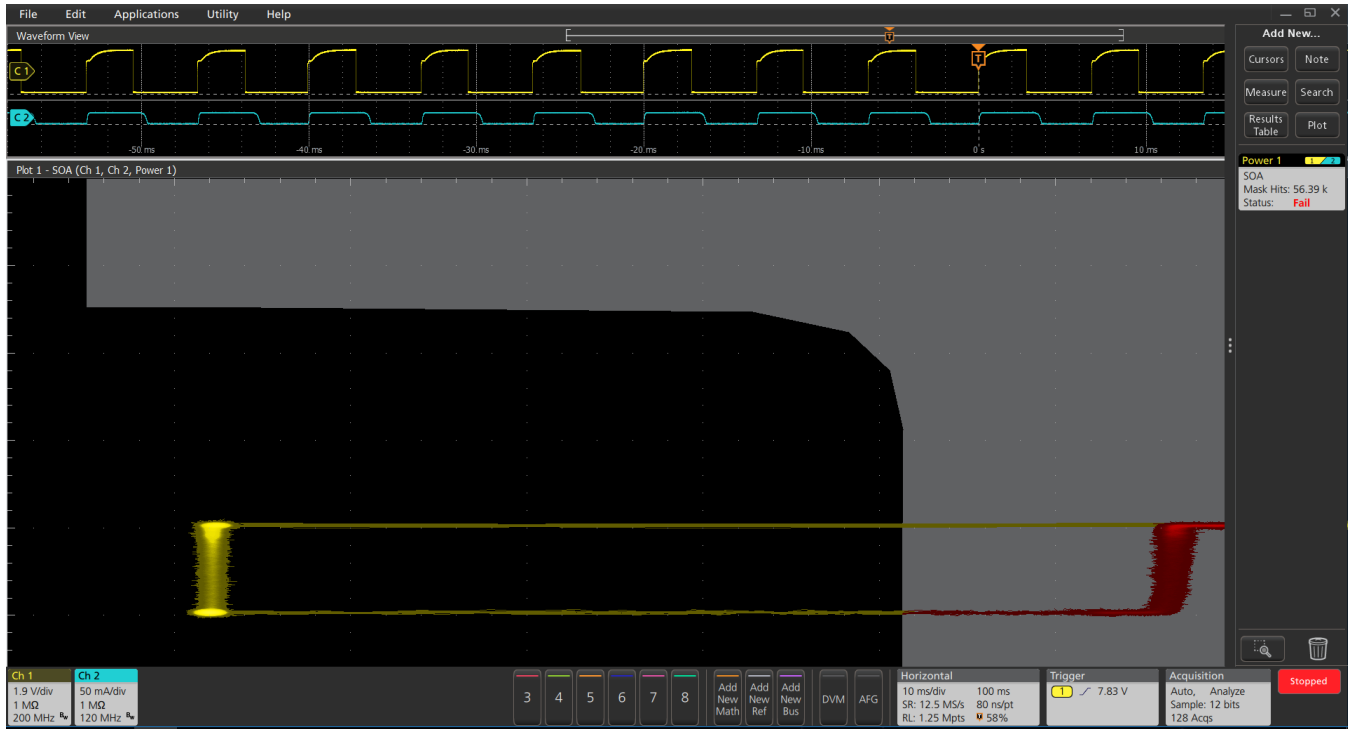
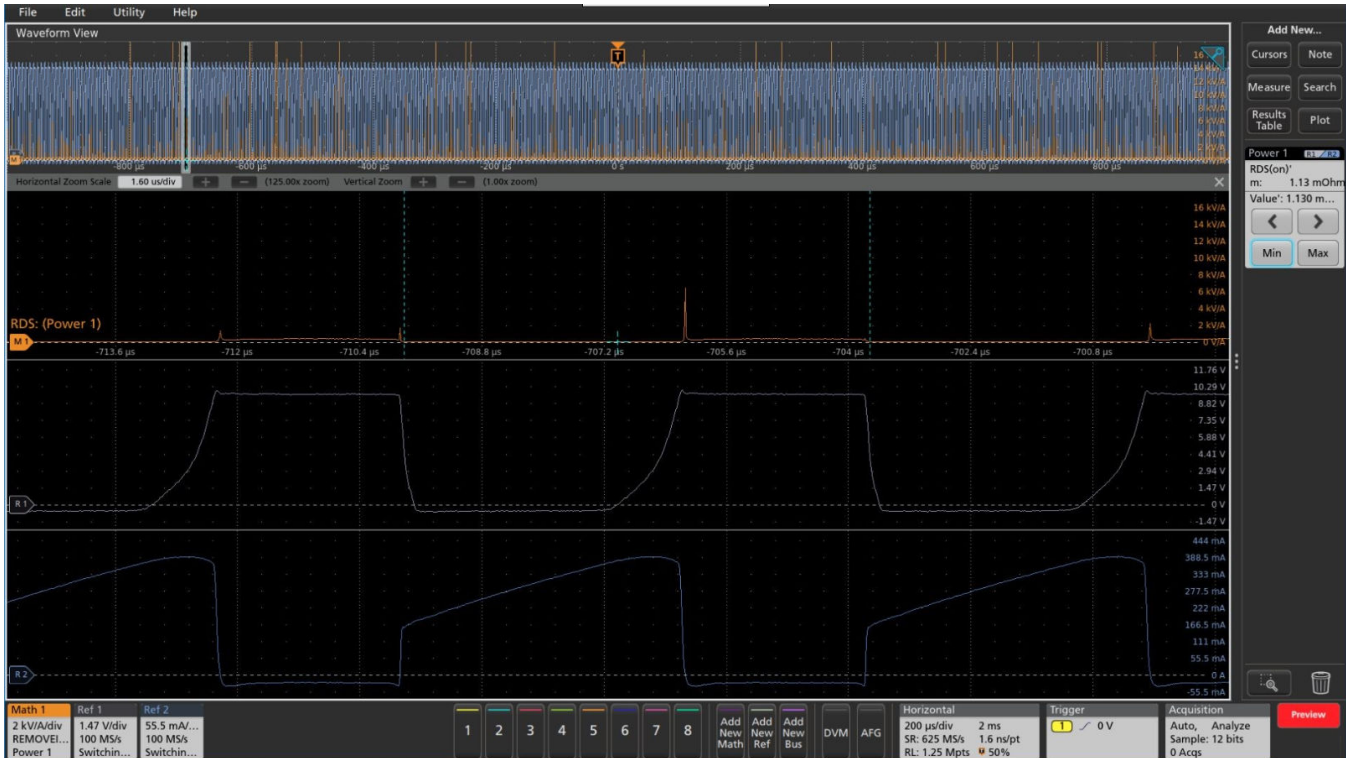


図6: 安全動作領域 (SOA) プロットとマスクを使用することで、動作条件が変化しても、スイッチング・デバイスがSOA のエンベロープの範囲内で動作を確認できる

RDS_{on}

この測定項目は、スイッチング・デバイスのスイッチング時の挙動の特性評価を行うもので、オン状態で電流が流れているときの抵抗を測定します。動的オン抵抗は、スイッチがオンに切り替わりデバイスに電流が流れるときに、デ

バイス全体に残る電圧の割合で表されます。アキュジション中の最小 RDS_{on} 値がハイライトで拡大表示されるため、容易に確認できます。さらに、トラバース機能を使用することで、サイクル間を移動しながら、それぞれの RDS_{on} 値をすばやく参照できます。

図7: $R_{DS(on)}$ の測定

磁気解析 (4/5/6-PWR のみ)

サポートされている測定項目：

- ・ インダクタンス
- ・ BH 曲線を含む磁気特性
- ・ 磁気損失
- ・ I 対 V

すべての電源システムで磁気コンポーネントは重要な要素です。インダクタとトランスは、エネルギーの保存デバイスとして、スイッチング電源とリニア電源で使用されます。インダクタを出力フィルタに使用する電源もあります。システムで重要な役割を持つ磁気コンポーネントの特性を評価し、その安定性と電源全体の効率を知ることは欠かせません。

インダクタンス

インダクタは、周波数の増加と共にインピーダンスが増大し、低い周波数よりも高い周波数の妨げとなります。この性質をインダクタンスと呼び、ヘンリーという単位で測定します。拡張パワー測定／解析ソフトウェアでは、インダクタが自動的に測定されます。

磁気損失

磁気部品による電力損失の解析は、スイッチング電源の効率、信頼性および性能を評価する上で欠かせません。以下

の図のように、拡張パワー測定／解析ソフトウェアでは、磁気部品による全電力損失が測定されます。

磁気特性

この測定では、磁束密度 (B)、磁界強度 (H)、ヒステリシス損失、全損失などの各種の損失成分を含む磁気成分の特性を計算します。また、オシロスコープのチャンネル数に基づく複数のセカンダリソース構成にも対応しています。

B-H プロット

磁性材料の特性は磁束密度 (B)、磁界強度 (H)、および材料の透磁率 (μ) で表されます。スイッチング電源での B-H プロットは、しばしば磁性素子の飽和 (または不飽和) を確認するために使用され、コア材の単位量当たり、サイクルごとのエネルギー損失の指標を与えるものです。拡張パワー測定／解析ソフトウェアは、磁気部品の両端の電圧および磁気部品に流れる電流を測り、以下の図に示すような B 対 H 曲線をプロットします。変圧器の複数の二次巻線を同時にテストできるため、検証／試験回数が少なくなり、短期間での製品化につながります。

I 対 V プロット

I 対 V プロットを仕様することで、B および H の値 (電圧および電流に比例) を解析できます。以下の図のように、電圧波形の積分と電流波形が XY プロットの形式で表示されます。

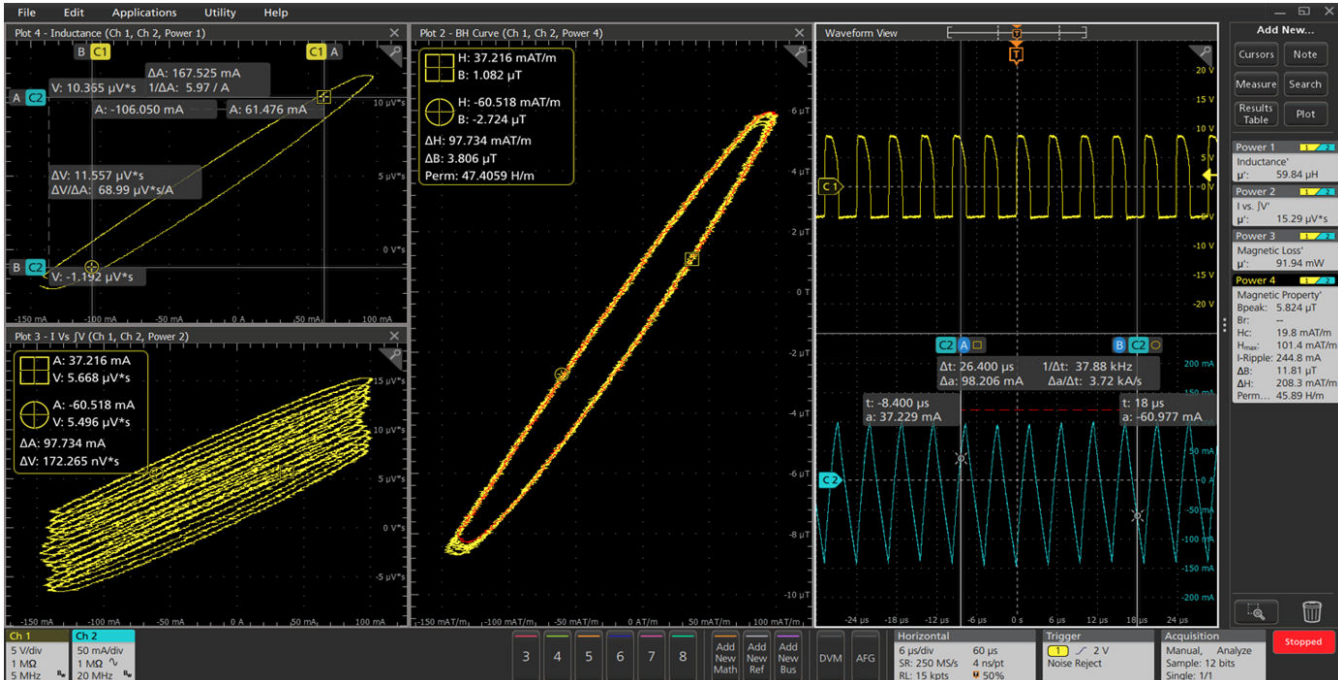


図8: 磁気解析/測定 (B-H 曲線、I 対 J、インダクタンスのプロット)

出力解析

DC 電源の最終目標は、入力電力を1つまたはそれ以上の直流出力電圧に変換することです。スイッチング電源で重要な出力測定項目は、電源リップルとスイッチング・リップルです。

ライン/スイッチング・リップル

電源の DC 出力は、クリーンな品質で AC ノイズ/リップルが最小であることが求められます。拡張パワー測定/解析

ソフトウェアは、リップルを測定できるため、根本原因の特定に役立ちます。電源リップルの測定では、入力のライン周波数に関連する AC 出力信号の量を測定します（入力が整流されるため、電源リップルは通常 AC ラインの周波数の2倍になります）。スイッチング・リップルの測定では、スイッチング周波数に関連する AC 出力信号の量を測定します。

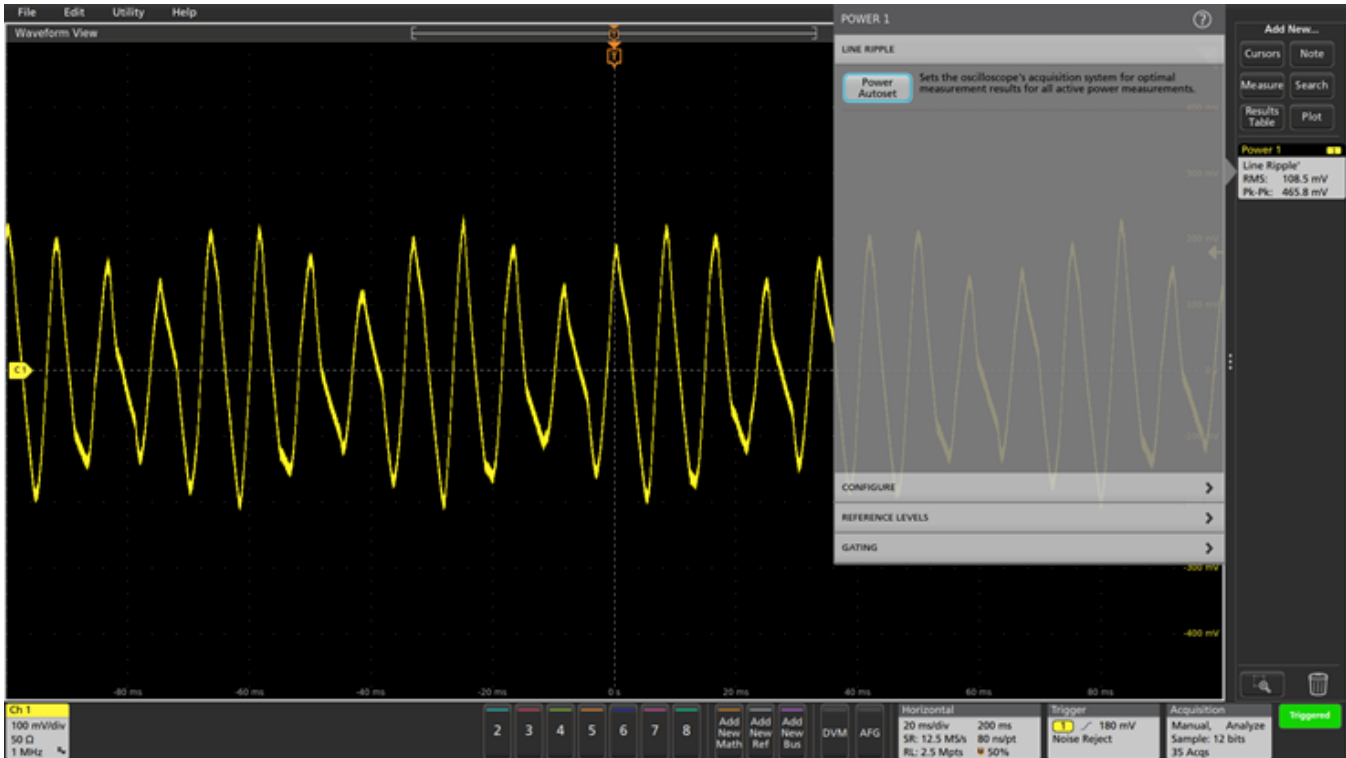


図9: リップル解析は、低周波の電源リップルと高周波のスイッチング・ノイズを区別するのに役立つ

効率

今日の競争の厳しい市場において、デバイスまたは製品の効率は重要な差別化要因になります。拡張パワー測定／解析ソフトウェアを使用することにより、製品の電力変換効

率（AC-DC、AC-AC、DC-DC、DC-AC）を簡単に測定できます。

複数の出力で同時に効率をテストできるため、テスト／検証時間を短縮できます。各出力は独立して設定できます。

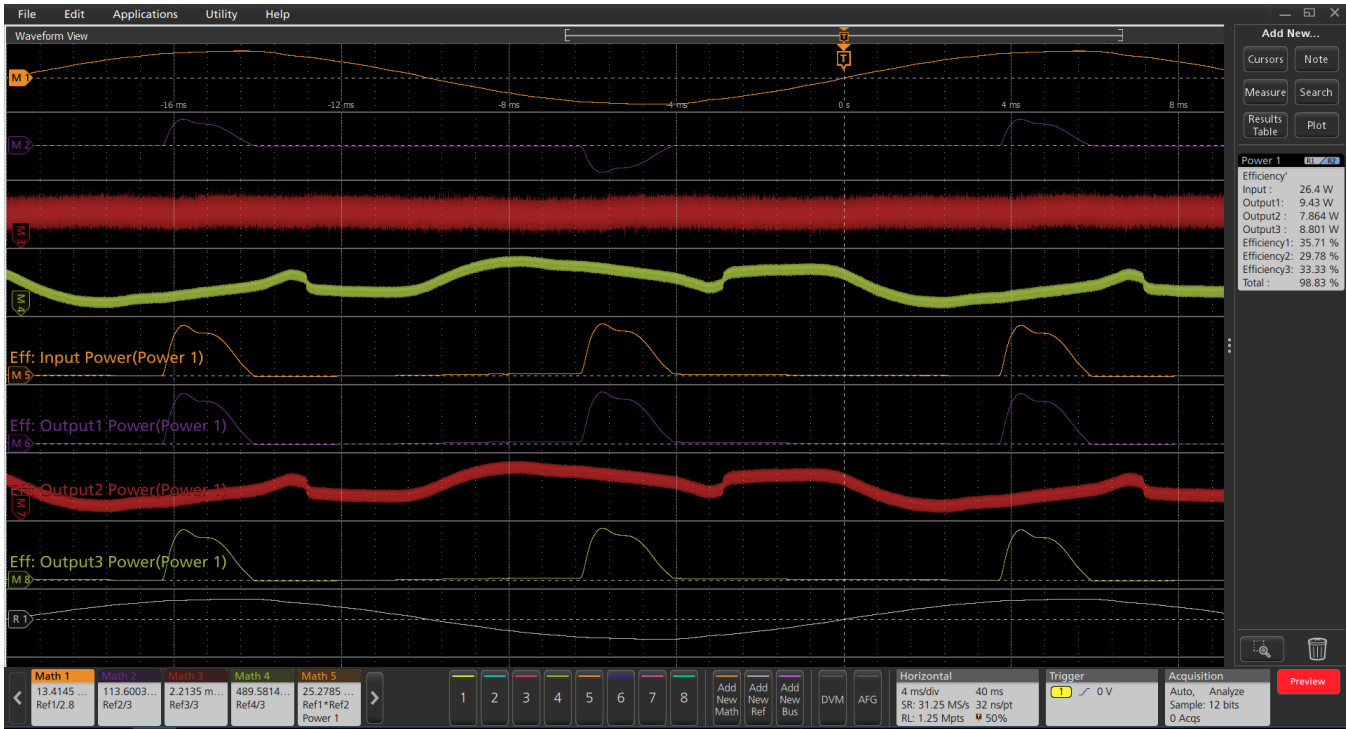


図10: 効率の測定:



図11: 複数の電力変換デバイス (AC-DC、AC-AC、DC-DC、DC-AC) をテストするための効率測定設定

ターン・オン時間とターン・オフ時間

ターン・オン時間は、入力電圧がオンになった後に、出力電圧が定常状態に達するまでの時間として定義されます。

ターン・オフ時間は、入力電圧がオフになった後に、出力がゼロ状態に達するまでの時間として定義されます。

SMPSは指定されたターン・オン/ターン・オフ時間によって動作することがきわめて重要です。主電源とSMPSの起動時間の遅延が設計仕様（通常は1ms）に従わない場合、一部の精度の高い負荷で正常な動作が妨げられる可能性があります。ほとんどの組み込みシステムでは2つ以上の電源が使用されており、複数の出力が使用されることも少なくありません。

4-PWR-BAS/4-PWR/5-PWR/6-PWRでは、最大5つ（4シリーズMSO）、7つ（5シリーズMSOおよび6シリーズBMSO）、または3つ（6シリーズMSO）の出力の同時測定を自動化できます。

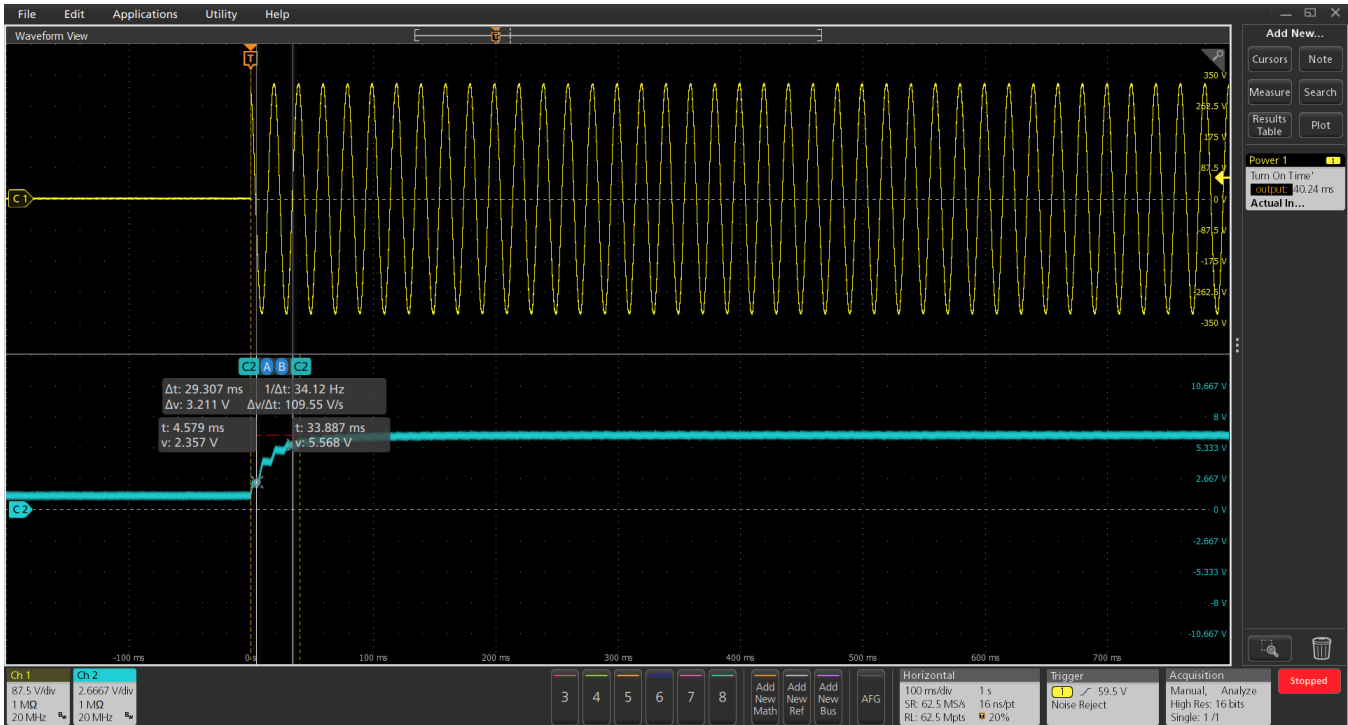


図12: ターン・オン時間測定

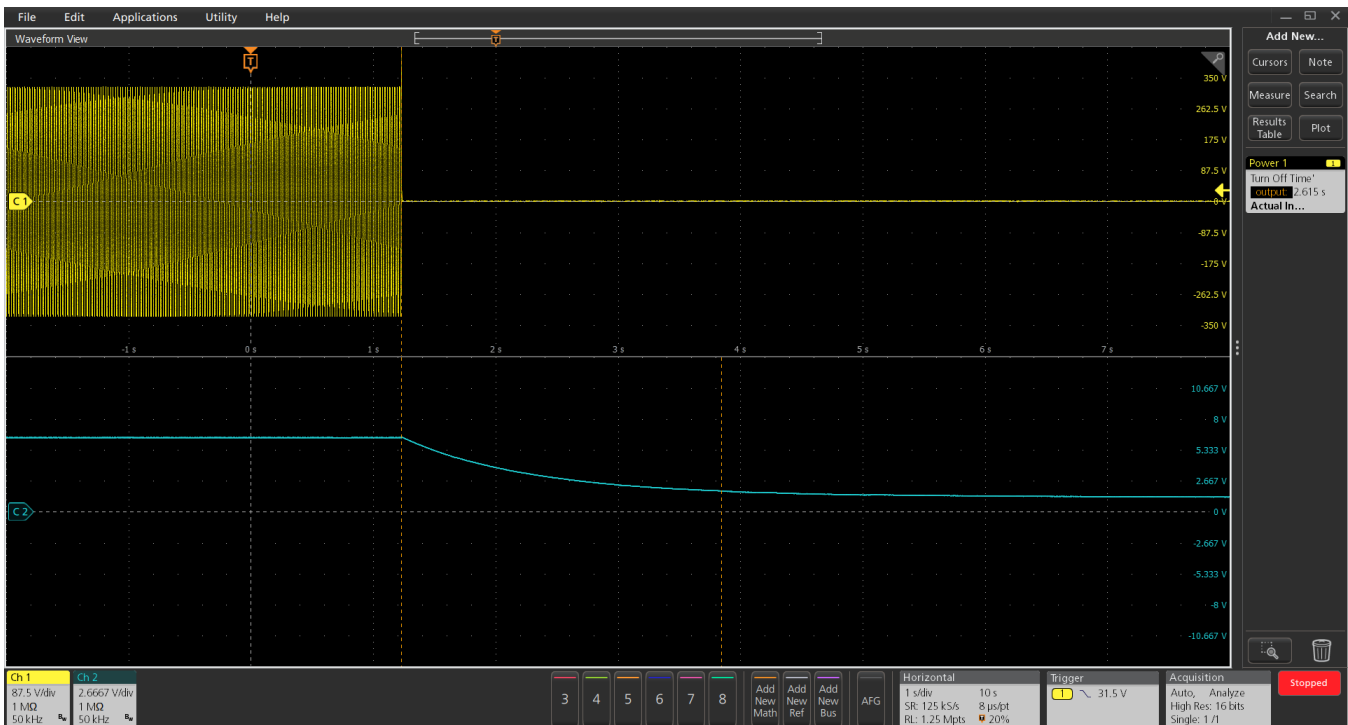


図13: ターン・オフ時間測定



図 14: ターン・オン時間測定の設定画面は複数の出力デバイスに対応している

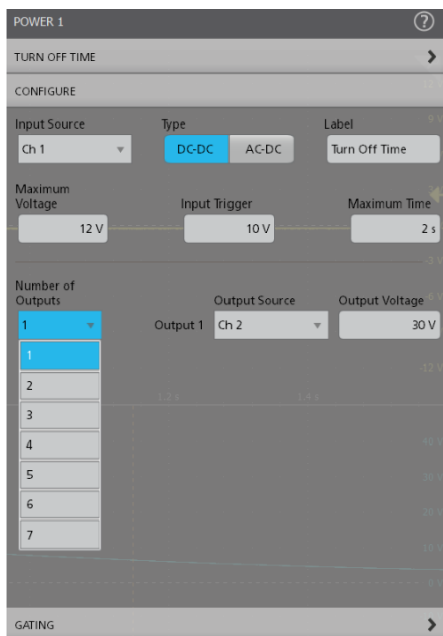


図 15: ターン・オフ時間測定の設定画面は複数の出力に対応している

周波数応答解析（4/5/6-PWR のみ）

制御ループ応答解析（ボード線図）、電源電圧変動除去比（PSRR）、インピーダンス測定は、安定性の高い低ノイズの電源設計に不可欠な測定機能です。ベクトル・ネットワーク・アナライザや専用の周波数応答アナライザを使用する場合、セットアップはもちろん、習得するのも長い時間がかかります。拡張パワー測定／解析を使用すれば、オプション、内蔵、または外部任意波形／ファンクション・ジェネレータを利用して、4/5/6 シリーズ MSO 上で周波数応答を解析できます。

これらの測定は、4/5/6 シリーズ MSO に搭載されている Spectrum View ツールを活用して、ユーザ設定可能なさまざまな周波数帯域でより細かい周波数分解能を利用できます。そのため、周波数領域の測定値を解析することで、テスト結果の精度を向上させることができます。

制御ループ応答（ボード線図）

ボード線図、ゲイン／位相マージン測定により、電源制御ループの安定度を判定できます。制御ループが不安定の場合、回路が発振してしまう可能性があり、性能低下につながります。振幅／位相プロットを使用してフィルタ設計をテストすることもできます。

制御ループ応答の自動測定では、内蔵 AFG を信号源として使用し、指定された周波数レンジをスイープして、それぞれのポイントの振幅と位相をプロットします。信号は、Picotest 社の J21xxA などのインジェクション・トランスを使用して制御ループに入力します。測定結果のゲイン／位相プロットからゲイン／位相マージンが自動的に計算されます。カーソルを使用することで、曲線上の任意の周波数におけるゲイン、位相の値を表示できます。

制御ループ応答測定の設定では、開始周波数と終了周波数、振幅モード（Constant/Profile）の選択、インピーダンス、単位あたりのポイントなどを設定することで、プロットのレンジリングを細やかに制御できます。

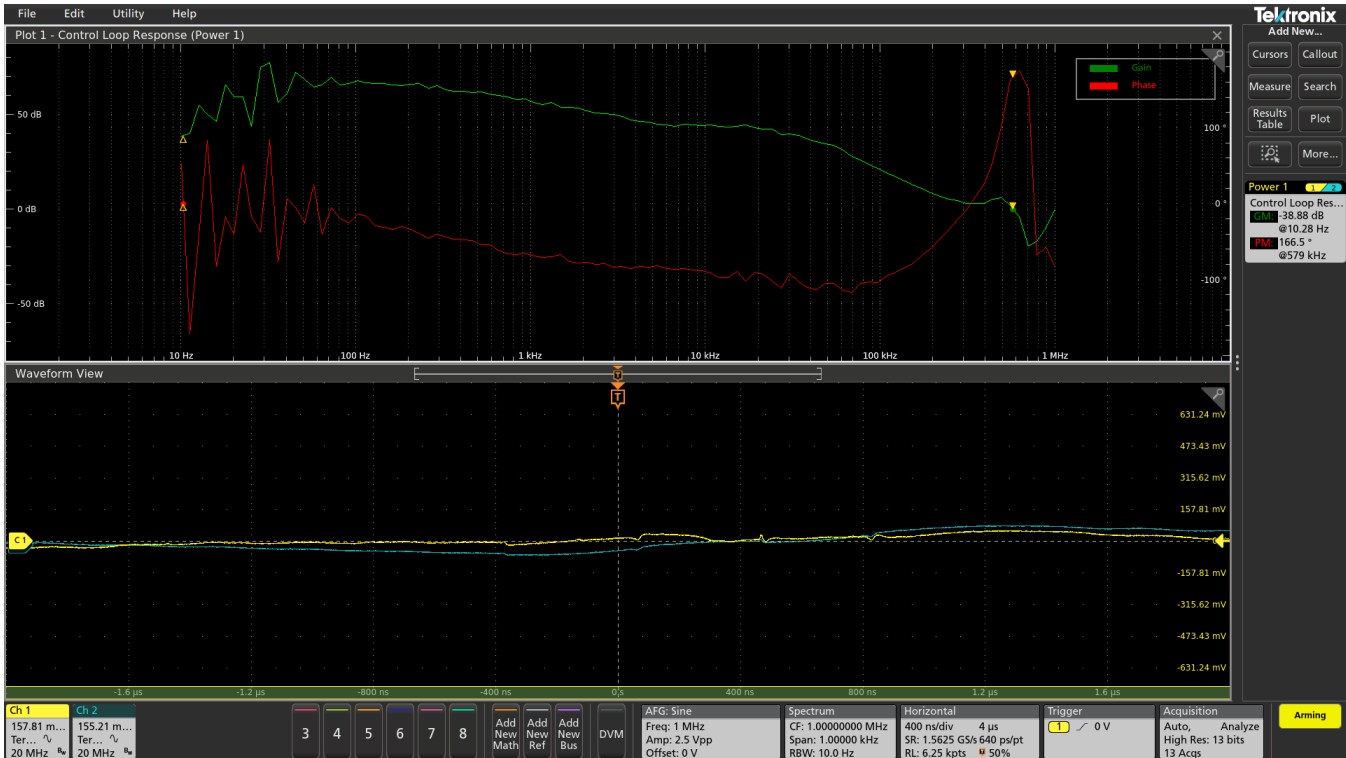


図16: 制御ループ応答 (ボード線図): ゲイン/位相対周波数をプロットし、ゲイン・マージンと位相マージンを計算する

電源電圧変動除去比 (PSRR)

DC-DC コンバータやレギュレータの設計者は、PSRR を測定することによって、デバイスの特定の周波数レンジにおける AC 減衰特性を定量化できます。テストでは、4/5/6 シリーズ MSO のオプションの内蔵任意波形/ファンクション・ジェネレータまたは外付けのジェネレータ (当社 AFG31000 シリーズ任意波形/ファンクション・ジェネレータ) のほかに、レギュレータへの入力を変調するために信号インジェクタ (Picotest 社製 J2120A ライン・インジェクタなど) を使用します。システムは変調入力と変調出力の両方の AC 電圧を自動的に測定し、掃引帯域内の各周波数の除去比を $20\log(V_{in}/V_{out})$ として計算して、結果をプロットします。

システムは変調入力と変調出力の両方の AC 電圧を自動的に測定し、掃引帯域内の各周波数の除去比を $20\log(V_{in}/V_{out})$ として計算して、結果をプロットします。

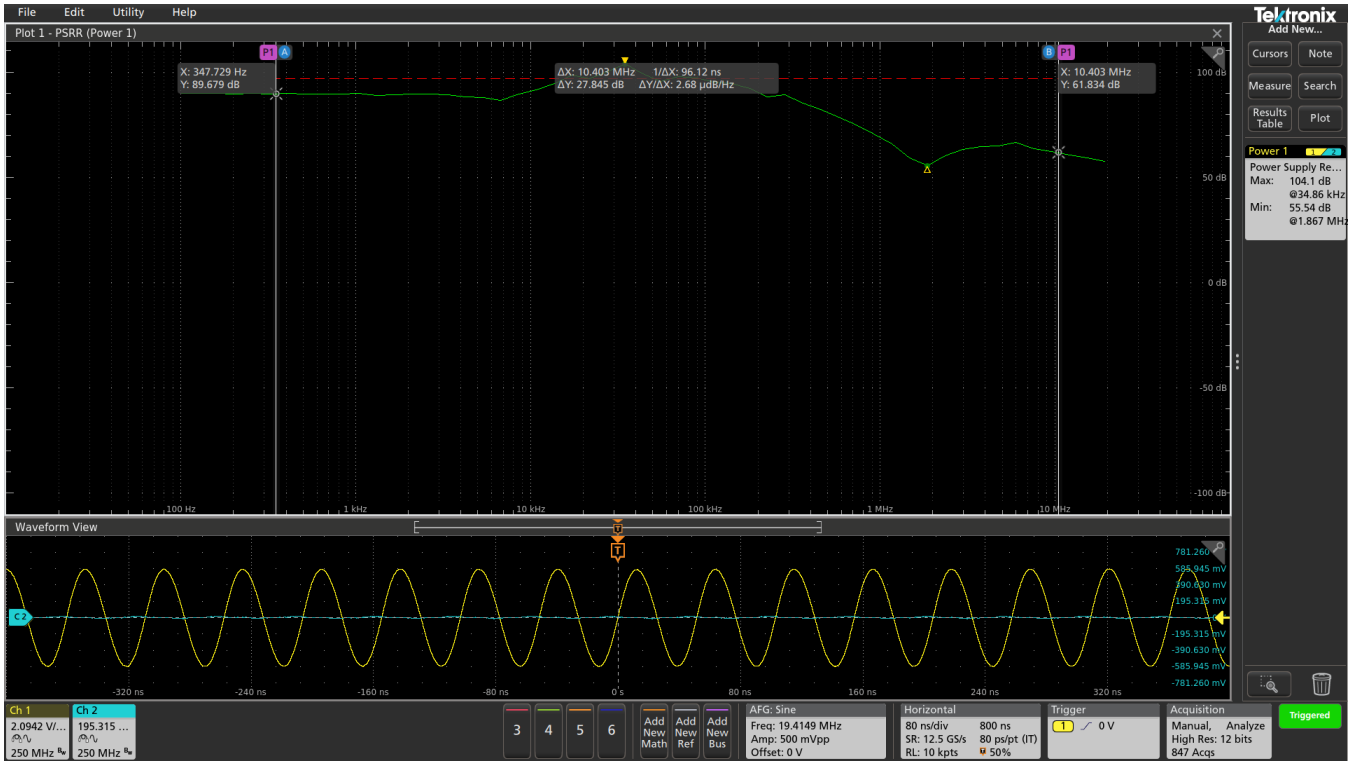


図17: 電源電圧変動除去比 (PSRR) の測定: 周波数対除去比のプロットとともに、最小値と最大値も表示されている

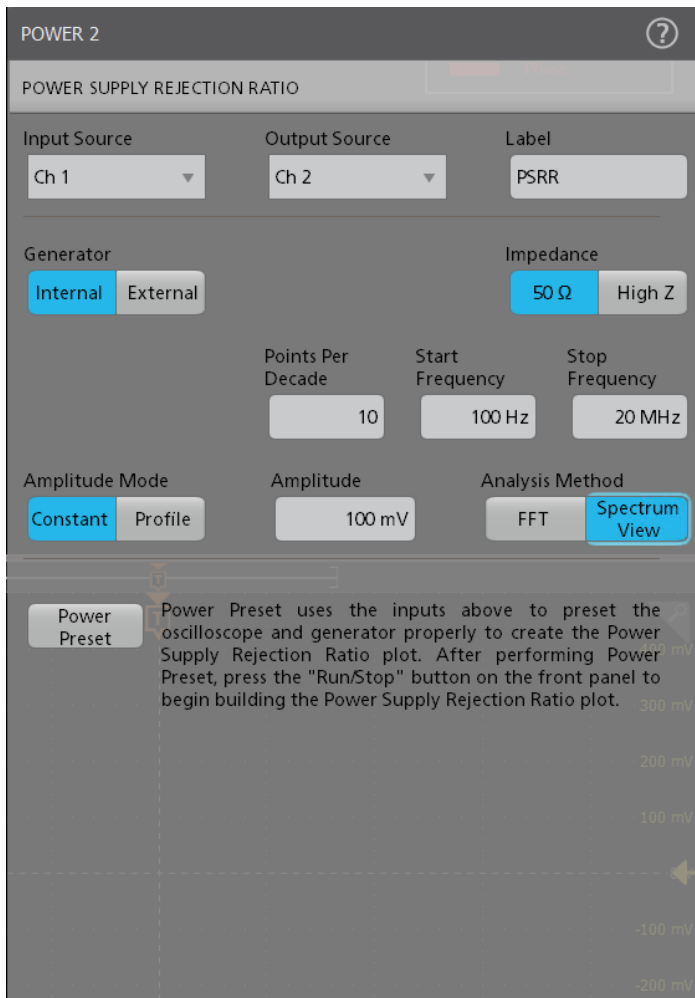


図18: 制御ループ応答/電源電圧変動除去比 (PSRR) 測定では、内蔵AFG (デフォルト) または外部ジェネレータ (AFG31000 シリーズ) の開始周波数と終了周波数を設定できる。さらに、振幅モード (Constant/Profile) の選択、インピーダンス、単位あたりのポイントなどを設定することで、プロットのレンダリングを細やかに制御できる

インピーダンス

2ポート・インピーダンス測定を使用することで、指定した周波数レンジにおける電源分配ネットワーク (PDN) のインピーダンスを検証できます。テストでは、4/5/6 シリーズ MSO のオプションの内蔵任意波形/ファンクション・ジェネレータまたは外部ジェネレータ (当社 AFG31000 シリーズ任意波形/ファンクション・ジェネレータ) のほかに、アクティブ・スプリッタ (J2161A)、電源 (J2170B)、PDN ネットワークのインピーダンスを測定するためにインジェクション・トランス (Picotest 社製 J2102A/J2113A ライン・インジェクタなど) を使用します。掃引帯域内の各周波数でインピーダンスがシステムによって自動的に計算され、結果がプロットされます。BNC または SMA ケーブルによる直接接続を推奨します。

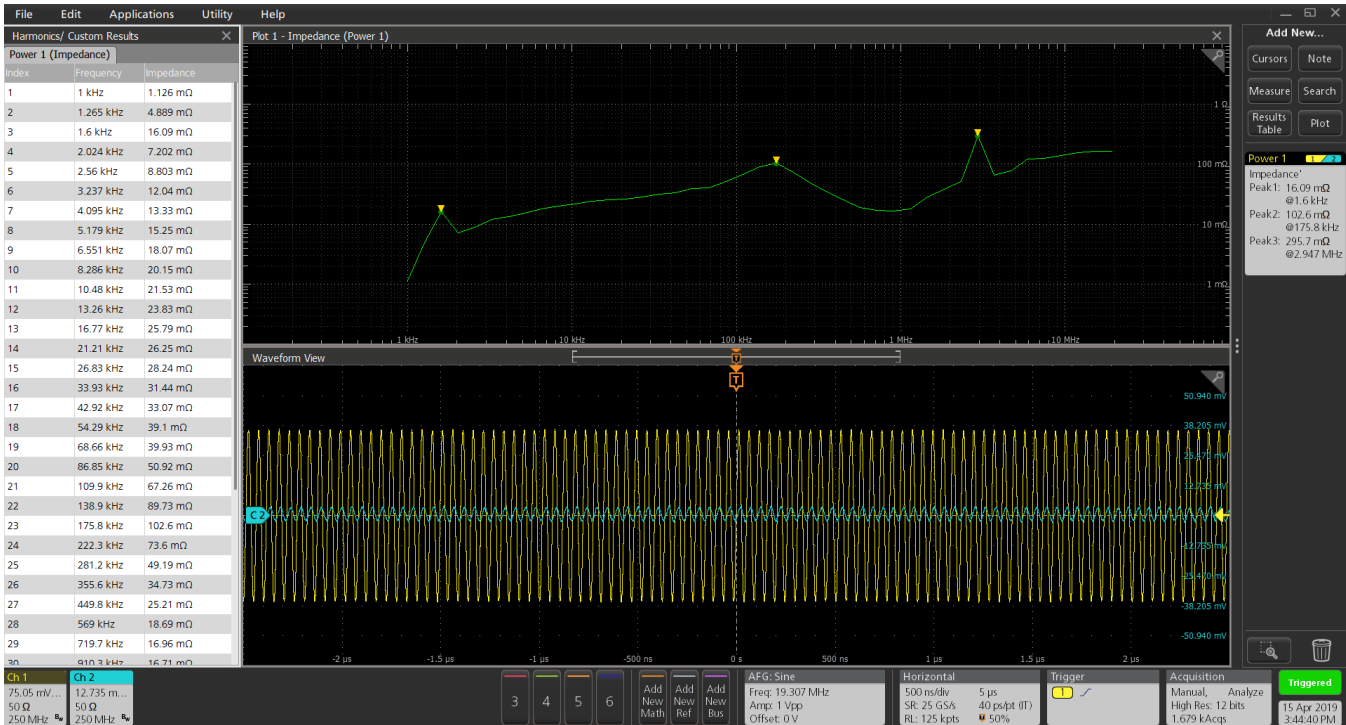


図19: インピーダンス測定: 測定結果表と結果バッジにピーク・インピーダンス・ポイントの値が表示されている

正確な測定結果を実現する高性能プローブ

電源システム測定の確度をあげるには、ノイズの除去とプロービング誤差の解消が重要です。4/5/6 シリーズ MSO と拡張パワー測定/解析ソフトウェアは、さまざまなプローブをサポートしており、さまざまなニーズに柔軟に対応できるだけでなく、プロービングの問題を解決するのに役立つ優れた機能も備えています。

このシステムでは、プローブとオシロスコープ間の通信機能に対応する TekVPI インタフェースを装備した電圧プローブ、電流プローブを使用します。このインタフェースを使用すると、プローブのスケール設定がオシロスコープに自動的に読み込まれます。プローブによっては、オシロスコープの前面パネルからレンジをコントロールすることもできます。また、電流プローブが閉じていない、電流プローブの消磁など、エラー/警告などの状態が通知されます。

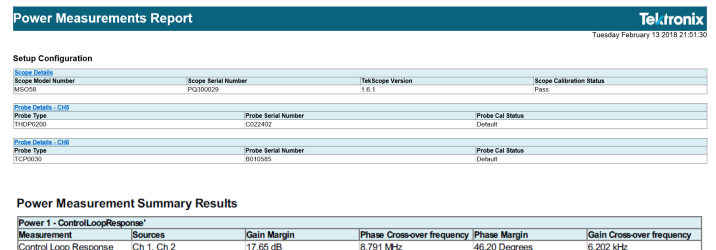
スイッチング損失など、タイミングが重要な測定においても、解析ソフトウェアは電圧/電流プローブに問い合わせることができるため、遅延の公称値を使用することでタイミング・スキューをとることができ、電圧/電流波形を同期させることで確度と再現性に優れた測定結果が得られます。

このシステムは、IsoVu 絶縁測定システムにも対応しています。この差動プロービング・システムは完全な光絶縁が可能で、最高 1GHz の周波数帯域と優れた同相除去性能を備え

ているため、電源システムの V_{GS} 、 V_{DS} 、または V_{SHUNT} 測定に最適です。IsoVu プローブは、GaN/SiC トランジスタなどのワイド・バンドギャップ・スイッチング・デバイスを使用したデザインの最適化にも優れた性能を発揮します。

テスト・レポートの自動作成

設計/開発プロセスで、データ収集、保存、レポート作成という作業には時間がかかりますが、これはきわめて重要な作業です。4-PWR-BAS/4-PWR/5-PWR/6-PWR 解析ソフトウェアはテスト・レポートの自動生成機能を備えており、テスト結果の共有や記録が行えます。ボタンを押すだけで、アクティブな測定項目が網羅されたレポートを生成できます。プロットやテスト項目を追加するなど、さまざまなカスタマイズが可能です。編集可能な.mht ファイルのほか、.pdf ファイルも生成できます。以下はレポートの出力例です。



Power Measurement Summary Results

Power1: MagProperty									
Measurement	Sources	Peak Flux Density	Relative Flux Density	Coercive Field Strength	Maximum Field Strength	Pulse Current	Delta B	Delta H	Permeability
Magnetic Property	CH5, CH6	945.5eT	--	2.412eAT/m	200.0mA/Tm	538.8mA	799.2eT	444.4eAT/m	1.368H/m
Power1: MagnLoss									
Magnetic Loss	CH5, CH6								
Magnetic Loss	CH5, CH6								
Power1: VVSIntegralV									
Measurement	Sources	V VS Integral V							
V vs. Integral V	CH5, CH6	27.54V/m							
Power1: Efficiency									
Measurement	Sources	Input Power	Output Power	Efficiency1	Output Power	Efficiency2	Total Efficiency		
Efficiency	HP, CH5, CH6, OVP, CH5, CH6, CDS, CH6	35.19mW	35.19mW	100.0%	35.19mW	100.0%	200.0%		
Power1: Inductance									
Measurement	Sources	Inductance							
Inductance	CH5, CH6	1.343uH							

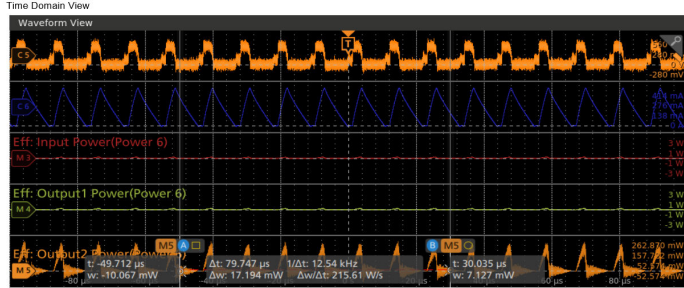
Power Measurement Detailed Results

Power1: MagnProperty														
Measurement	Test	Sources	Mean	Min	Max	PK-PK	Std Dev	Population	Accum Mean	Accum Min	Accum Max	Accum Pk-Pk	Accum Std Dev	Accum Pop
Magnetic Property	Peak Flux Density	CH5, CH6	945.5eT	901.5eT	988.9eT	87.38eT	22.12eT	16	352.8eT	1491.4eT	1.131eT	1.801eT	456.2eT	25650
Magnetic Property	Relative Flux Density	CH5, CH6	--	--	--	--	--	0	--	--	--	--	0	
Magnetic Property	Coercive Field Strength	CH5, CH6	2.412eAT/m	2.412eAT/m	2.412eAT/m	0.000AT/m	0.000AT/m	1	33.27eAT/m	0.500eAT/m	359.6eAT/m	346.1eAT/m	89.51eAT/m	587
Magnetic Property	Maximum Field Strength	CH5, CH6	520.0mA/Tm	520.0mA/Tm	520.0mA/Tm	0.000AT/m	0.000AT/m	1	515.0mA/Tm	0.150eAT/m	524.3eAT/m	515.1eAT/m	41.90eAT/m	515
Magnetic Property	Pulse Current	CH5, CH6	538.8mA	538.2mA	540.3mA	2.102mA	604.8uA	16	203.8mA	1.261mA	543.8mA	542.5mA	256.2mA	25650
Magnetic Property	Delta B	CH5, CH6	799.2eT	799.2eT	799.2eT	0.000T	0.000T	1	694.7eT	1.426eT	872.7eT	872.7eT	179.2eT	587
Magnetic Property	Delta H	CH5, CH6	444.4eAT/m	444.4eAT/m	444.4eAT/m	0.000AT/m	0.000AT/m	1	401.8eAT/m	463.6uAT/m	451.0eAT/m	450.5eAT/m	105.5eAT/m	587
Magnetic Property	Permeability	CH5, CH6	1.368H/m	1.368H/m	1.368H/m	0.000H/m	0.000H/m	1	1.360H/m	10.30eH/m	1.902H/m	1.892H/m	162.5eH/m	587

Power1: Efficiency

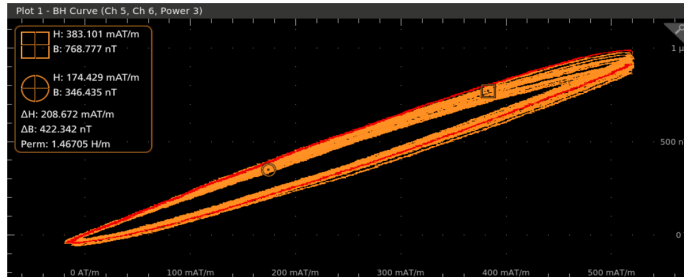
Measurement	Test	Sources	Mean	Min	Max	PK-PK	Std Dev	Population	Accum Mean	Accum Min	Accum Max	Accum Pk-Pk	Accum Std Dev	Accum Pop
Efficiency	Input Power	CH5, CH6	35.19mW	35.19mW	35.19mW	0.000W	0.000W	1	35.79mW	777.7uW	39.01mW	39.23mW	3.051mW	587
Efficiency	Output Power	CH5, CH6	35.19mW	35.19mW	35.19mW	0.000W	0.000W	1	35.79mW	777.7uW	39.01mW	39.23mW	3.051mW	587
Efficiency	Efficiency1	HP, CH5, CH6	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%	0.000%	1	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%	0.000%	587
Efficiency	Output Power	CH5, CH6	35.19mW	35.19mW	35.19mW	0.000W	0.000W	1	35.79mW	777.7uW	39.01mW	39.23mW	3.051mW	587
Efficiency	Efficiency2	HP, CH5, CH6	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%	0.000%	1	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%	0.000%	587
Efficiency	Total Efficiency	OVP, CH5, CH6, 200.0%	200.0%	200.0%	200.0%	0.000%	0.000%	1	200.0%	200.0%	200.0%	0.000%	0.000%	587

Views

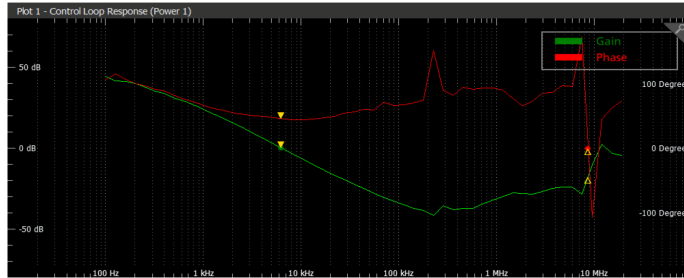


Plots

Plot 1 - BH Curve (Ch 5, Ch 6, Power 3)



Plot 1 - Control Loop Response (Power 1)



Individual Measurement Configuration

Power1: MagnProperty									
Voltage Source Ref Levels	Current Source Ref Levels	Configurations	Clamping	General					
Global Enabled: True	Global Enabled: True	ResidualCur: math2	Clamping Type: None	Custom Measurement Name: Magnetic Property					
Base Top Method: Automatic	Base Top Method: Automatic	SectMagConv: Zero							
RiseHigh: 50%	RiseHigh: 50%	MaxUnits: SI							
RiseMid: 50%	RiseMid: 50%	EdgeSource: Voltage							
RiseLow: 10%	RiseLow: 10%	PrimSource: 1							
FallHigh: 90%	FallHigh: 90%	MagLength: 1m							
FallMid: 50%	FallMid: 50%	Conduction: mA/T							
FallLow: 10%	FallLow: 10%								
Hysteresis: 10%	Hysteresis: 10%								

仕様

入力解析	有効電力、皮相電力、力率、無効電力、波高率、位相角、THD、高調波、入力容量、突入電流、D0-160G、EN61000-3-2、EN61000-3-2 AM14、および MIL-STD-1399 (400Hz) 規格に対するプリコンプライアンス・テスト
振幅測定	サイクル振幅、サイクル・トップ、サイクル・ベース、サイクル最小値、サイクル最大値、サイクル・ピーク
タイミング解析	パルス幅、デューティ・サイクル、周期、および周波数変動対時間
スイッチング解析	スイッチング損失、ターン・オン (T_{on})、ターン・オフ (T_{off})、伝導損失 (cond)、安全動作領域 (SOA)、SOA のマスク・テスト、 di/dt 、 dv/dt 、 $RDS_{(on)}$
磁気解析	磁気解析 (4/5/6-PWR でのみ利用可能) ¹ インダクタンス、磁気特性、磁気損失 (ヒステリシス損失、全損失)、 I vs. J
出力解析	リップル (ライン周波数、スイッチング周波数)、効率、ターン・オン時間、ターン・オフ時間
周波数応答解析 (4/5/6-PWR のみ) ¹	<p>ボード線図、PSRR</p> <p>制御ループ応答 (ボード線図) と電源電圧変動除去比 (PSRR)</p> <p>PSRR プロット (除去比対周波数)。制御ループ応答 (ボード線図) によるゲイン/位相マージンの計算</p> <p>プローブが 2 本必要です。TPP0502 型を推奨します。オシロスコープの内蔵ジェネレータまたは外部ジェネレータ (AFG 31000 シリーズ) を使用</p> <p>ダイナミック・レンジ: 55dB (ボード線図、代表値)、85dB (PSRR、代表値)</p> <p>周波数: 10Hz~50MHz (Opt. AFG を使用)</p> <p>Spectrum View 方式の場合は 1Hz</p> <p>10Hz~最高正弦波周波数 (AFG31000 シリーズを使用)</p> <p>振幅: 最大 5V (Opt. AFG または AFG31000 シリーズ (10Vp-p) が必要)</p> <p>Picotest 社製アイソレーション/インジェクタ・トランスが必要</p> <p>インピーダンス測定</p> <p>インピーダンス: BNC または SMA ケーブル (DC ブロック付き) が必要です。</p> <p>周波数: 10Hz~50MHz (内蔵 AFG を使用)、10Hz~AFG31000 シリーズの最高周波数 (外部ジェネレータを使用)</p> <p>測定可能な最小インピーダンスは 10mΩ で最大は 47Ω</p>
プロット	時間トレンド、軌跡プロット、ヒストグラム、バー・グラフ、B-H 曲線、インダクタンス・プロット、 I 対 J プロット、位相、ゲイン、除去比プロット

¹ Opt. 4-PWR-BAS ではサポート外

レポート	MHT および PDF フォーマット、CSV フォーマットによるデータのエクスポートが可能
消磁／デスキュー（静的）	プローブの自動検出とオートゼロ機能。各チャンネルのメニューからプローブのデスキューが可能
測定ソース	ライブ信号（アナログ）、リファレンス波形、演算波形

ご注文の際は以下の型名をご使用ください。

型名

製品名	型名	サポートされる機器
新規に機器購入時のオプション型名	4-PWR-BAS、4-PWR、4-PS2 5-PWR、5-PS2、5-PS2FRA 6-PWR、6-PS2、6-PS2FRA	4 シリーズ MSO (MSO44 型、MSO46 型) 5 シリーズ MSO (MSO54 型、MSO56 型、MSO58 型、MSO58LP 型) 6 シリーズ MSO (MSO64 型) 6 シリーズ B MSO (MSO64B 型、MSO66B 型、MSO68B 型)
製品アップグレード時の型名	SUP4-PWR-BAS、SUP4-PWR SUP5-PWR SUP6-PWR	
フローティング・ライセンス	SUP4-PWR-BAS-FL、SUP4-PWR-FL SUP5-PWR-FL SUP6-PWR-FL	4 シリーズ MSO (MSO44 型、MSO46 型) フローティング・ライセンスは任意の 4 シリーズ・オシロスコープ間での移転が可能です、 同時に使用できる機器は 1 台のみです。 5 シリーズ MSO (MSO54 型、MSO56 型、MSO58 型、MSO58LP 型) フローティング・ライセンスは任意の 5 シリーズ・オシロスコープ間での移転が可能です、同時に使用できる機器は 1 台のみです。 6 シリーズ B MSO (MSO64B 型、MSO66B 型、MSO68B 型) フローティング・ライセンスは任意の 6 シリーズ・オシロスコープ間での移転が可能です、同時に使用できる機器は 1 台のみです。

パワー解析に関するその他の情報は、当社ウェブ・サイト (www.tek.com/application/power-supply-measurement-and-analysis) を参照してください。

ソフトウェア・バンドル

バンドル・オプション	サポートされる機器	概要
4-PRO-POWER-1Y	4 シリーズ MSO	Pro Power Bundle (1 年更新ライセンス、4 シリーズ MSO 用)
4-PRO-POWER-PER	4 シリーズ MSO	Pro Power Bundle (永続ライセンス、4 シリーズ MSO 用)
4-ULTIMATE-1Y	4 シリーズ MSO	Ultimate Power Bundle (1 年更新ライセンス、4 シリーズ MSO 用)
4-ULTIMATE-PER	4 シリーズ MSO	Ultimate Power Bundle (永続ライセンス、4 シリーズ MSO 用)
5-PRO-POWER-1Y	5 シリーズ MSO	Pro Power Bundle (1 年更新ライセンス、5 シリーズ MSO 用)
5-PRO-POWER-PER	5 シリーズ MSO	Pro Power Bundle (永続ライセンス、5 シリーズ MSO 用)
5-ULTIMATE-1Y	5 シリーズ MSO	Ultimate Power Bundle (1 年更新ライセンス、5 シリーズ MSO 用)
5-ULTIMATE-PER	5 シリーズ MSO	Ultimate Power Bundle (永続ライセンス、5 シリーズ MSO 用)
6-PRO-POWER-1Y	6 シリーズ MSO	Pro Power Bundle (1 年更新ライセンス、6 シリーズ MSO 用)

#table-continued

バンドル・オプション	サポートされる機器	概要
6-PRO-POWER-PER	6 シリーズ MSO	Pro Power Bundle (永続ライセンス、6 シリーズ MSO 用)
6-ULTIMATE-1Y	6 シリーズ MSO	Ultimate Power Bundle (1 年更新ライセンス、6 シリーズ MSO 用)
6-ULTIMATE-PER	6 シリーズ MSO	Ultimate Power Bundle (永続ライセンス、6 シリーズ MSO 用)

推奨プローブおよびアクセサリ


アクセサリの種類	推奨機種
AC/DC 電流プローブ	TCP0020、TCP0030A、TCP0150
AC 電流プローブ	TRCP0300、TRCP0600、TRCP3000
中電圧差動プローブ	TDP0500、TDP1000
高電圧差動プローブ	THDP0200、THDP0100、TMDP0200
IsoVu 光アイソレーション型差動プローブ	TIVM1/L、TIVH08/L、TIVH05/L、TIVH02/L
高電圧受動プローブ	P5100A、P6015A
デスクュー・パルス・ジェネレータ	TEK-DPG
パワー・ソリューション・バンドル	4-PS2 5-PS2、5-PS2FRA 6-PS2、6-PS2FRA
デスクュー・フィクチャ	067-1686-xx
周波数応答解析用プローブ (4/5/6-PWR でのみサポート)	TPP0502 型 : プローブ (2 本) (制御ループ応答、および PSSR 測定用) インピーダンス測定用 • BNC または Direct SMA (2 本)
周波数応答解析用アクセサリ (4/5/6-PWR でのみサポート)	PSRR 用 Picotest 社製ライン・インジェクタ J2120A (10Hz~10MHz) Picotest 社製アイソレーション・トランス (ボード線図用) picotest.com : • J2100A (1Hz~5MHz) • J2101A (10Hz~45MHz) Picotest 社製トランス (インピーダンス測定用) : • アクティブ・スプリッタ : J2161A と J2170B (電源) • コモンモード・トランス : J2012B/J2113A (差動増幅器用) • DC ブロック (P2130A) が 1 個必要 (BNC または SMA ケーブル・ケーブルによるセットアップの場合) • Picotest 社のアクティブ・スプリッタ (J2161A)

パワー・ソリューション・バンドル

4/5/6 シリーズ MSO の PS バンドル・オプション型名	概要
4-PS2	4-PWR-BAS、TCP0030A 型、THDP0200 型、067-1686-xx (デスクュー・フィクスチャ)
5-PS2	5-PWR、TCP0030A 型、THDP0200 型、067-1686-xx (デスクュー・フィクスチャ)
6-PS2	6-PWR、TCP0030A 型、THDP0200 型、067-1686-xx (デスクュー・フィクスチャ)
5-PS2FRA	5-PS2、TPP0502 型プローブ (2 本)
6-PS2FRA	6-PS2、TPP0502 型プローブ (2 本)

豊富な電源用プローブ・ラインアップ

Opt. 4-PWR-BAS/4-PWR/5-PWR/6-PWR によるパワー測定では、以下のプローブを使用することで 4/5/6 シリーズ MSO オシロスコープのパワー測定機能を最大に生かせるソリューションを構築できます。

プローブの種類	概要	
高電圧差動プローブ	THDP0100/THDP0200/TMDP0200 型高電圧差動プローブは、グランド基準のない測定、フローティング測定に最適です。これらのプローブは、200MHz までの周波数帯域と最大 6,000V の電圧レンジをサポートしています。	
	P5200A/P5202A/P5205A/P5210A 型高電圧差動プローブは、グランド基準のない測定、フローティング測定または絶縁測定に最適です。これらのプローブは、100MHz までの周波数帯域と最大 5,600V の電圧レンジをサポートしています。	
光アイソレーション型差動プローブ	<p>TIVM1/TIVH08/TIVH05/TIVH02 型光アイソレーション型差動プローブは、高い周波数の差動信号を正確に測定できる機能を備えており、ワイド・バンドギャップ半導体のテストなどに最適です。長さが 3m と 10m のプローブが用意されています。</p> <p>TIVM1 型の周波数帯域は 1GHz で、60kV 未満の共通モード電圧が存在していても、最大±50Vpk の差動信号を測定できます。TIVH08/TIVH05/TIVH02 型の周波数帯域はそれぞれ 800MHz、500MHz、200MHz で、60kV 未満の共通モード電圧が存在していても、最大±2,500Vpk の差動信号を測定できます。</p>	

#table-continued

プローブの種類	概要	
電流プローブ	<p>テクトロニクスでは、最高 120MHz の周波数帯域に対応し、1mA というクラス最高の優れた電流クランプ感度を備えた AC/DC 電流プローブなど、さまざまな種類の電流プローブを提供しています。</p>	
	<p>AC 専用のロゴスキー・プローブとしては、TRCP300 型 (9Hz~30MHz、250mA~300A ピーク)、TRCP600 型 (12Hz~30MHz、500mA~600A ピーク)、TRCP3000 型 (1Hz~16MHz、500mA~3,000A ピーク) が用意されています。</p>	
中電圧差動プローブ	<p>TDP0500/TDP1000 型差動プローブは、グランド基準のない測定、フローティング測定または絶縁測定に最適です。これらのプローブは、1GHz までの周波数帯域と最大±42V (DC + ピーク AC) の電圧レンジをサポートしています。</p>	
制御ループ解析および電源電圧変動除去比測定用のプローブ	<p>FRA 測定に使用する受動プローブには、TPP0502 型をお勧めします。減衰比は 2 : 1、周波数帯域は 500MHz で、負荷容量も低く抑えられています。</p>	
インピーダンス測定用プローブ	<p>インピーダンス測定には、DC ブロック付きの BNC または Direct SMA ケーブルを推奨します。</p> <p>TPR1000 型/TPR4000 型プローブは低ノイズの測定ソリューション (オシロスコープとプローブ) であり、オシロスコープとプローブに起因するノイズと、測定された DC 電源のノイズ/リップルを混同することなく測定できます。プローブの入カインピーダンスが高く、DC パワーレールに与えるオシロスコープの負荷効果を最小にできます (DC で 50kΩ)。これらのプローブは、インピーダンス・テストにも使用されます。</p>	

各オシロスコープに対応するプローブの完全なリストについては、jp.tek.com/probes で各モデルのページをご覧ください。推奨するプローブの機種と必要なプローブ・アダプタの情報が記載されています。



当社は SRI Quality System Registrar により ISO 9001 および ISO 14001 に登録されています。



製品は、IEEE 規格 488.1-1987、RS-232-C および当社標準コード&フォーマットに適合しています。



評価対象の製品領域：電子テストおよび測定器の計画、設計／開発および製造。

ASEAN/オーストラレーシア (65) 6356 3900

ベルギー 00800 2255 4835*
 中東欧諸国およびバルト諸国 +41 52 675 3777
 フィンランド +41 52 675 3777
 香港 400 820 5835
 日本 81 (3) 6714 3086
 中東、アジア、および北アフリカ +41 52 675 3777
 中華人民共和国 400 820 5835
 韓国 +822 6917 5084, 822 6917 5080
 スペイン 00800 2255 4835*
 台湾 : 886 (2) 2656 6688

* 欧州のフリーダイヤル番号つながらない場合は次の番号におかけください : +41 52 675 3777

オーストリア 00800 2255 4835*

ブラジル +55 (11) 3759 7627
 中央ヨーロッパおよびギリシャ +41 52 675 3777
 フランス 00800 2255 4835*
 インド 000 800 650 1835
 ルクセンブルク +41 52 675 3777
 オランダ 00800 2255 4835*
 ポーランド +41 52 675 3777
 ロシアおよび CIS 諸国 +7 (495) 6647564
 スウェーデン 00800 2255 4835*
 イギリスおよびアイルランド 00800 2255 4835*

バルカン半島諸国、イスラエル、南アフリカ、および他の ISE
 諸国 +41 52 675 3777
 カナダ 1 800 833 9200
 デンマーク +45 80 88 1401
 ドイツ 00800 2255 4835*
 イタリア 00800 2255 4835*
 メキシコ、中南米およびカリブ海域 52 (55) 56 04 50 90
 ノルウェー 800 16098
 ポルトガル 80 08 12370
 南アフリカ +41 52 675 3777
 スイス 00800 2255 4835*
 米国 1 800 833 9200

詳細情報については、Tektronix は、総合的に継続してアプリケーション・ノート、テクニカル・ブリーフおよびその他のリソースのコレクションを発展させ、技術者が最先端で仕事ができるように手助けをします。Web サイト (jp.tek.com) をご参照ください。

Copyright © Tektronix, Inc. All rights reserved. テクトロニクス製品は、登録済および出願中の米国その他の国の特許等により保護されています。本書の内容は、既に発行されている他の資料の内容に代わるものではありません。また、本製品の仕様および価格は、予告なく変更させていただく場合がございますので、予めご了承ください。TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。他の商品名全ては、各企業の商標および商標、登録商標です。

13 Jan 2021 61Z-61271-10
 Website