

2600Bシリーズ・システム・ソースメータ (SMU) と MSO/DPO5000シリーズまたはDPO7000シリーズ・オシロスコープを使用することで簡素化される DC-DCコンバータの特性評価

概要

DC-DCコンバータは、DCパワーの電圧レベルを別の電圧レベルに変換し、出力電圧を一定に保つ機能を持った電気部品です。入力電圧または負荷電流が変動しても、一定の電圧を回路に供給します。このようなパワー・マネージメント・デバイスは、ノートPC、携帯電話など、さまざまな電気製品で使用されています。

設計エンジニアは、消費電力が少なく、バッテリーで長時間使用できる製品の開発を求められているため、より高いパワー変換効率を実現する必要があります。このため、DC-DCコンバータの電気パラメータの特性評価には、膨大な数の測定が必要になります。テスト項目には、ライン・レギュレーション、ロード・レギュレーション、入出力電圧の確度、自己消費電流、効率、ターンオン時間、リップル、過渡応答などがあります。測定項目によっては、印加/測定機能を持ったDCテスト機器が必要なもの、オシロスコープが必要なもの、その両方が必要な項目があります。

このアプリケーション・ノートでは、ケースレーの2600Bシリーズ、2チャンネル・システム・ソースメータ (SMU) とテクトロニクス社のMSO/DPO5000シリーズまたはDPO7000シリーズのオシロスコープを使用して、DC-DCコンバータのテストを簡単に実行する方法について説明します。このオシロスコープのために開発されたDPOPOWERアプリケーション・ソフトウェアを使用すると、パワー・マネージメント・デバイスの代表的なパラメータを測定、解析することができます。DC-DCコンバータの一般的なテスト構成を図1に示します。

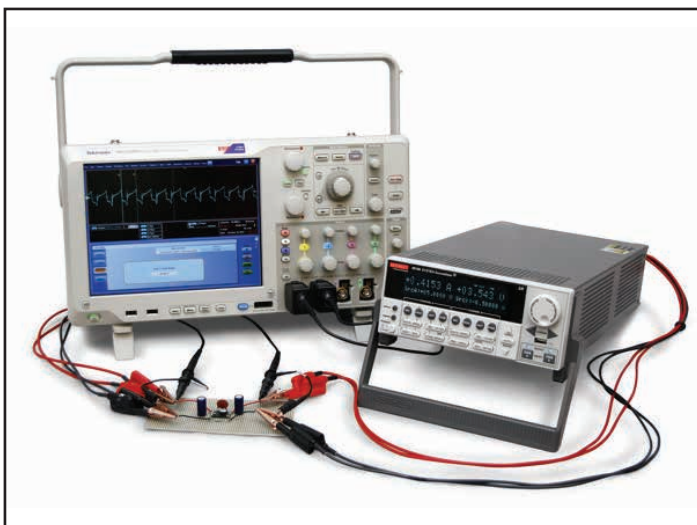


図1. MSO5204型オシロスコープと2612B型2チャンネルSMUを使用したDC-DCコンバータ回路のテスト例

DC-DCコンバータ

DC-DCコンバータは、入力電圧よりも高いまたは低い出力電圧を発生させる場合に便利なデバイスです。ステップダウン (バック) コンバータは入力電圧よりも低い電圧を出力し、ステップアップ (ブースト) コンバータは入力電圧よりも高い電圧を出力します。理想的には、高い効率で変換することで無駄なエネルギー損失を防ぎます。図2に、DC-DCコンバータの簡略化したブロック図を示します。 V_{IN} はデバイスの入力電圧ノードであり、コモンGND端子を基準にしています。 V_{OUT} は、コモン端子に対する調整された出力電圧です。

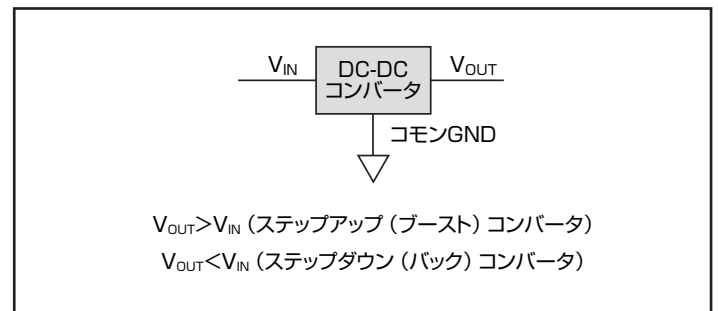


図2. 簡略化したDC-DCコンバータのブロック図

2600BシリーズSMUを使用したDC-DCコンバータのパラメータ・テスト

一般的なDC-DCコンバータの電気特性評価には、入力電圧 (V_{IN}) の印加/測定、入力電流 (I_{IN}) の測定、出力電圧 (V_{OUT}) の測定、負荷電流 (I_{OUT}) の吸い込みが含まれます。この測定から、効率や他のパラメータが求められます。ほとんどの設計では効率は重要ですが、バッテリー駆動の製品は駆動時間に影響するため、特に重要です。効率は、以下の式で求めることができます。

$$Efficiency = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{(V_{OUT} \times I_{OUT})}{(V_{IN} \times I_{IN})}$$

従来、これらのデバイスのDC特性には、デジタル・マルチメータ2台、電源、電子負荷が必要でした。2チャンネル仕様の2600Bシリーズ・システム・ソースメータ (SMU) が1台あれば、これらの計測器と置き換えることができ、DC特性測定がシンプルになります。SMUは電流、電圧の両方の印加/測定が行え、さらに電子負荷としても機能するため、DC-DCコンバータのさまざまなI-Vパラメータのテストに最適です。

複数の計測器の代わりに1台の計測器を使用することで、テスト、ソフトウェア、同期の実行が簡素化でき、ラック・スペースまたは作業ベンチのスペースが節約できます。

図3に示すように、1台のSMUを使用した場合、CH1をDC-DCコンバータの入力端子に、CH2を出力端子に接続できるため、複数の計測器と置き換えることができます。

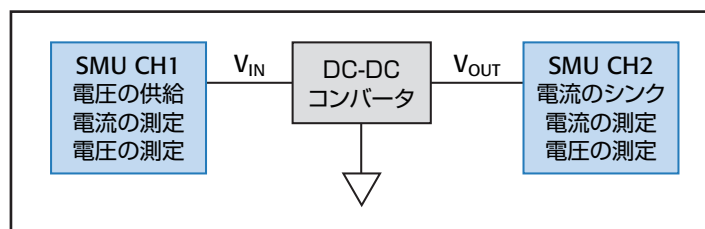


図3. 2つのSMUを使用したDC-DCコンバータのパラメータ・テスト

DC-DCコンバータの特性評価では数多くの電気パラメータをテストする必要がありますが、ロード・レギュレーションとライン・レギュレーションは非常に一般的なテストであるため、以下に詳しく説明します。

ロード・レギュレーション

ロード・レギュレーション・テストは、一定の入力電圧 (V_{IN}) において、負荷電流 (I_{LOAD}) が変動した場合に規定の出力電圧を維持できるかというDC-DCコンバータの能力を評価します。ロード・レギュレーション・テストは、一般に、負荷電流のすべてのレンジで実行します。

2つのSMUチャンネルを使用した、代表的なロード・レギュレーション・テストの例を図4に示します。SMUのCH1は入力電圧を供給し、入力電流をモニタします。SMUのCH2はシンク電流に設定し、電子負荷とします（負の電流を供給します）。このモードでは、2600BシリーズSMUは第4象限で機能し、電流をシンクします。

SMUは、リモート・センスまたは4端子接続にします。4端子接続にすることでリード抵抗が無視できるため、測定精度に影響を及ぼしません。4端子法では、1対のテスト・リード (Output HIとOutput LO) でソース出力を、さらに1対のテスト・リード (Sense HIとSense LO) で電圧降下を測定します。センス・リードは極力デバイ

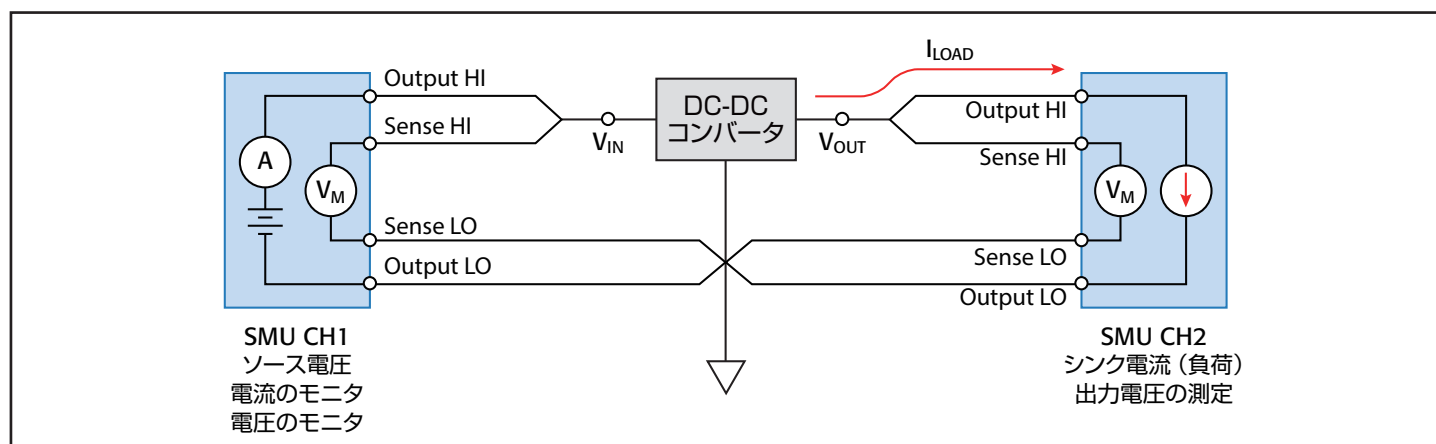


図4. 2600BシリーズSMUを使用したロード・レギュレーション・テスト例

スの近くで接続し、リードの抵抗が測定系に加わらないようにします。

図5は、一般的なロード・レギュレーション・テストの測定結果例です。この例では、DC-DCコンバータは3.6Vの電圧を出力するように設定されています。SMUのCH1は、電圧入力端子に対して5V（公称値）のバイアスを設定しています。SMUのCH2は、負荷電流を0～1Aでスイープし、出力電圧を測定するように設定します。この測定は、組み込まれたTSP Expressソフトウェアで実行されるため、迅速で簡単なI-Vテストが可能になります。ロード・レギュレーションのパラメータは、I-Vデータから簡単に計算できます。

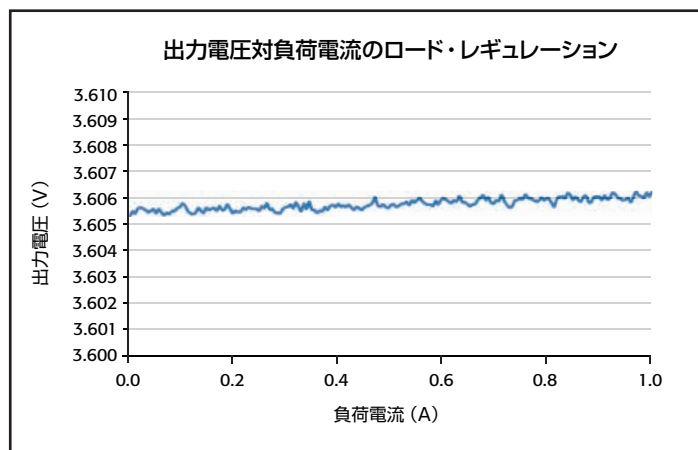


図5. 2チャンネル機種種の2612B型ソースメータ (SMU) を使用したDC-DCコンバータのロード・レギュレーション

ライン・レギュレーション

ライン・レギュレーションは、入力電圧が変動した場合、既定の出力電圧が維持できるDC-DCコンバータの能力です。既定の電圧入力レンジで入力電圧が変動した場合でも、出力電圧は数mV内の変動に収まっている必要があります。

ライン・レギュレーション・テストでは、SMUの2チャンネルはロード・レギュレーション・テストと同様に、DC-DCコンバータに接続します。しかし、このテストでは入力電圧は規定の入力電圧レンジでスイープし、出力電圧を測定します。負荷電流は、通常OAIに設定します。

図6は、一般的なライン・レギュレーション・テストの測定結果例です。このテストは、2612B型SMUを使用しています。2612B型の1つのチャンネル(SMU CH1)は、デバイスの入力端子で電圧をスイープするように設定しています。もう1つのチャンネル(SMU CH2)は、出力電圧を測定するように設定しています。ライン・レギュレーションのパーセントは、I-Vのデータから簡単に計算できます。

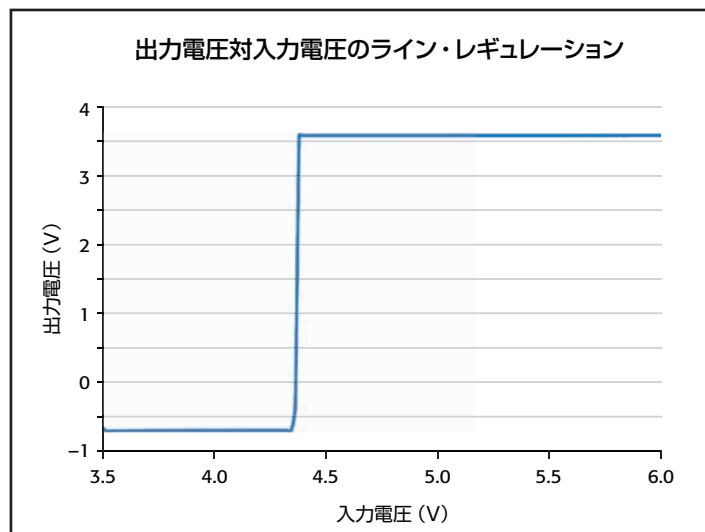


図6. 1チャンネル機種種の2612B型ソースメータ (SMU) を使用したDC-DCコンバータのライン・レギュレーション

MSO/DPO5000シリーズまたはDPO7000シリーズ・オシロスコープを使用したDC-DCコンバータのテスト

DCパラメータ・テストはSMUで行いますが、DC-DCコンバータのテスト項目によってはオシロスコープが必要なものもあります。ACテストであり、ターンオン時間、リップル、スペクトラム解析、過渡応答などです。オシロスコープで行う数多くのテストにおいて、SMUは入力電圧、負荷電流を供給します。図7は、SMUとオシロスコープを使用したデバイス・テストの代表的な接続を示しています。テストするデバイス、テスト回路によっては、特定のオシロスコープ・プローブが必要になります。

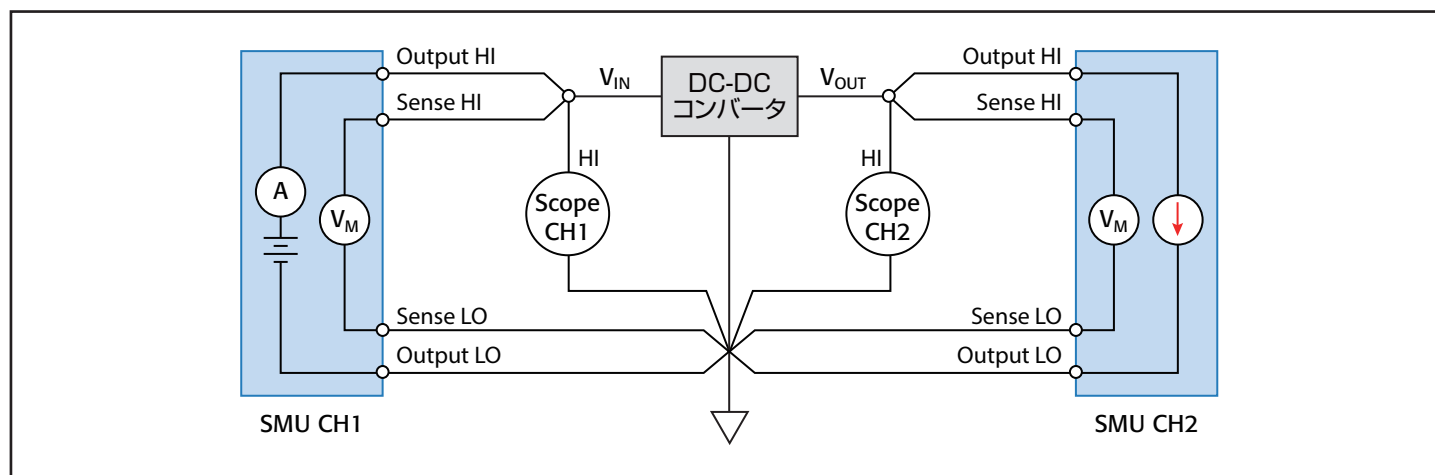


図7. オシロスコープと2つのSMUを使用した非絶縁型DC-DCコンバータのテスト

オシロスコープのオプションであるDPOPWRアプリケーション・ソフトウェアを使用することにより、DC-DCコンバータ、AC-DCコンバータ、電源、他のパワー・マネージメント・デバイスの自動パワー測定／解析が行え、デバイスのテストが容易になります。テクトロニクス社のMSO/DPO5000シリーズまたはDPO7000シリーズ・オシロスコープ用のソフトウェアを使用すると、代表的なパワー・マネージメント・デバイスの磁気、電気、入出力解析の測定、計算が行えます。以下に、このソフトウェアを使用したDC-DCコンバータのターンオン時間とスペクトラム解析の例を示します。

ターンオン時間

DPOPWRアプリケーション・ソフトウェアの測定機能の一つに、DC-DCコンバータのターンオン時間があります。ターンオン時間テストでは、システムに入力電圧が供給されてから、安定した出力電圧が発生するのに要する時間を測定します。

このテストでは、2612B型のSMU CH1で入力電圧を供給し、オシロスコープのCH1をDC-DCコンバータの入力に接続します。図8に、時間ベースの測定結果を示します。画面上部の波形による測定結果に加え、画面下にはDPOPWRソフトウェアによる測定結果が表示されます。Resultsタブには、自動的に計算されたターンオン時間が表示されます。再現性のある測定が可能であり、スクリーンから時間をマニュアル測定する必要がありません。

スペクトラム解析

もう一つの測定機能としてスペクトラム解析があり、出力電圧の不要なAC成分を解析し、周波数ドメインにおける出力ノイズ／リップルを測定します。スペクトラム解析テストでは、設定したStart、Stop、帯域幅の値をもとに、信号のAC成分を解析し、測定し、表示します。

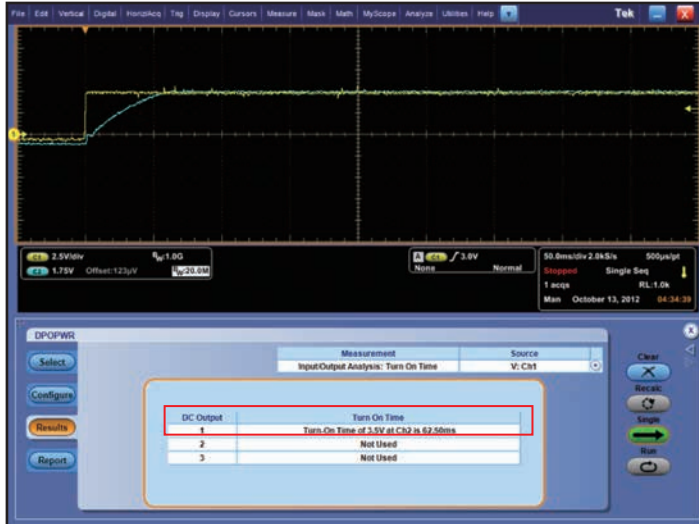


図8. MS05000シリーズ・オシロスコープのDPOPWRソフトウェアで測定したターンオン時間（赤の囲み）と波形の表示

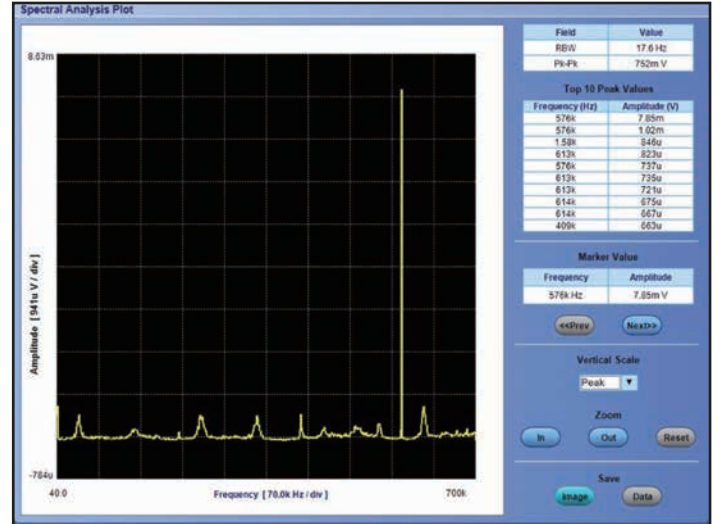


図9. DC-DCコンバータのスペクトラム解析プロット

DC-DCコンバータのスペクトラム解析プロットを表示するには、2612B型で入力電圧を供給します。オシロスコープのCH1をデバイスの入力に、CH2をデバイスの出力に接続します。図9に、DC-DCコンバータのスペクトラム解析プロットの例を示します。このソフトウェアは、電圧振幅を周波数の関数としてプロットし、ピーク値が表に表示されます。この測定では、DC出力電圧に数mVのスイッチング周波数リップルがいくつか測定されています。

DPOPWRアプリケーション・ソフトウェアの詳細については、テクトロニクス発行のアプリケーション・ノート「[DPOPWR、TDSPWR3アプリケーション・ソフトウェアを使用したパワー測定／解析](#)」をご覧ください。

まとめ

従来、DC-DCコンバータのテストでは複数の計測器が必要でした。しかし、2600Bシリーズ・システム・ソースメータ (SMU) は複数の計測器機能を1台に統合しているため、DC-DCコンバータの電気特性を簡単に評価できます。2チャンネル・モデルの2600BシリーズSMUとMS05000シリーズまたはDPO7000シリーズ・オシロスコープを組み合わせることで、DC-DCコンバータのテスト／解析の総合ソリューションになります。

KEITHLEY

A Tektronix Company

www.keithley.jp

テクトロニクス／ケースレーインストルメンツお客様コールセンター
TEL : 0120-441-046 電話受付時間/9:00~12:00・13:00~18:00(土・日・祝・弊社休業日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティ B棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © Keithley Instruments. All rights reserved. 記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

Number 3203 2013年5月