

Keysight Technologies

デジタルマルチメータを用いた 簡単なDC電力測定

Application Brief

テスト上の問題

- DC電圧とDC電流を1台のデジタルマルチメータで測定
- デジタルマルチメータによる電力測定

概要

多くのアプリケーションでは、電力を測定する必要があります。実際に、特定のテストでは、電力がより直観的なパラメータになる場合があります。何年もの間、DMMは電力を測定する主要なソリューションとしての役割を果たしてきました。DMMは電流と電圧の両方を測定できますが、その内部構造により、両方をまったく同時に測定することはできません。しかし、いくつかの手法を用いて、ベンチトップDMMで適切な電圧／電流測定を実現できます。これらの測定値は、DC電力を計算するために使用できます。この資料で説明する手法は、1台のTruevoltシリーズDMMを使用して簡単なDC電力測定を行うのに役立ちます。

DC電圧とDC電流を1台のデジタルマルチメータで測定

Bluetooth[®]スピーカーの消費電力を測定する場合を考えてみましょう。通常、電源はバッテリーから供給されます。スピーカーの動作電圧は19.2 Vで、消費電流は数百 μ Aから数Aの範囲で変化します。安定した電圧を維持しながら電流をモニターすることにより、W単位の消費電力を計算することができます。TruevoltシリーズDMMと電流測定の内蔵演算スケーリング機能を使用すれば、簡単な演算機能を使用して既知の電圧と測定した電流値を乗算することができます。これにより、測定値をW単位で表示できます。TruevoltシリーズDMMの表示機能と低電流レンジを使用すれば、1台のDMMだけで電力測定が行えます。

デジタルマルチメータによる電力測定

低電力DC-DCコンバーターの電圧と消費電流を同時にモニターして効率を計算する場合を考えてみましょう。通常は、1台のDMMを用いて電圧を測定し、別の1台で電流をモニターします。安定した外部シャント抵抗を追加してTruevoltシリーズDMMを使用すれば、低電力の電圧と電流を互いに非常に近い時間間隔で正確に測定できます。この手法の制限に関する知識があれば、正確かつ精密なDC電力測定が実現できます。

DMMによる電力測定

DC電力の最も基本的な式はオームの法則から以下のように表されます。

$$P=V \times I$$

DMMで電力をモニターする一般的な構成では、電圧モニター用のDMMと、それとは別の電流測定用のDMMを使用します。電力は測定後にPCで計算します。図1は、一般的なDC電力測定の構成を示しています。

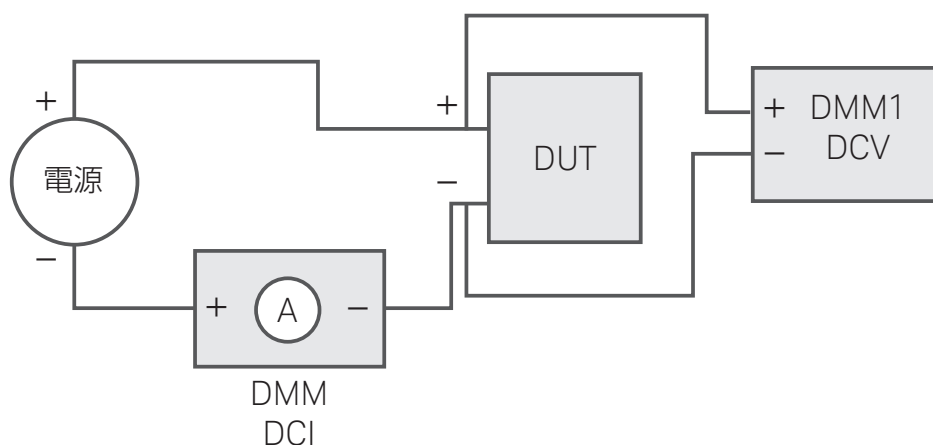


図1. この図は、2台のDMMを用いてDC電圧/DC電流の測定を行う一般的な構成を示しています。

電圧と電流を同時に、少なくともほぼ同時にモニターするには、2台のDMMを用いた構成が必要です。この手法は非常に柔軟性が高いため、広い範囲の電圧レベルと電流レベルを測定できます。しかし、2台のDMMをモニターする必要があるため、複雑になります。また、電圧と電流の測定時間が近くなるようにタイミングを制御したい場合は、マルチメータを制御する何らかのPCプログラムが必要になります。多くの場合、このような手法を実現するリソースも、プログラムをデバッグする時間もありません。

DMMには2つの異なる端子があるため、1つの端子を電圧用に別の端子を電流用に使用すれば1台のDMMで電圧と電流を同時に測定できると考えるエンジニアもいるようですが、この方法には2つの問題があります。1つめの問題は、多くのDMMが、内部接続を変更しなければ両方の測定に対応できないことです。内蔵リレーによって状態が変更されると、レンジが変わり、回路が遮断されることもあります。このように、電圧と電流の測定のタイミングは、多くの場合、予測できません。2つめの問題は、2つの端子が同じ共通のLO端子を共有していることです。テストの配線を非常に注意深く行わないと、危険なフローティング電圧が電流端子または電圧端子に印加されてDMMや被試験デバイス(DUT)が破損する場合があります。このため、多くのDMMメーカーでは電圧測定と電流測定を同時に行うことを禁止しています。

測定のヒント

パワー測定専用の測定器に、Keysight N6705B/N6715B DC電源/アナライザがあります。ACパワー解析向けに、キーサイトは新しいPA2200 IntegraVisionパワー・アナライザを提供しています。詳細は、www.keysight.co.jp をご覧ください。

スケーリングによる電力表示

多くの電力測定では、電圧または電流源が一定で、もう一方のパラメータが変化します。例えば、電圧が一定の場合は、電流の変化によって電力が変動します。電力の方が測定値をより直観的に理解できるので、DMMの測定値をW単位で確認したい場合が多くなります。変動しないパラメータがある場合、例えば、電圧が一定の場合は、電圧測定を1回実行してから同じDMMで電流を測定します。Truevolt 34465A/34470A DMMでは、簡単なスケーリング操作を使用して、リアルタイムで測定電流を電力(W)に変換できます。

このような測定の例として、DC電圧測定をDUTの入力で実行したものが図2です。この後、DMMの接続を、戻り経路上にあるDUTと直列になるように変更します。これは、電流を測定するための変更です(図3参照)。DC電流測定で演算スケーリングをオンにすると、測定値に利得が乗算されます。



図2. DUTの入力でのDC電圧測定値。

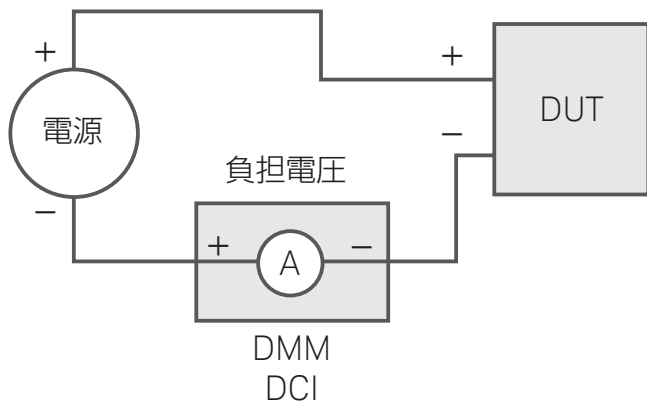


図3. DC電流を測定する構成。

図4で、乗算される利得が図1で取得したDC電圧測定値と同じであることがわかります。黄色で表示されている値は測定された電力($V \times I$)で、DC電流測定値の変化と同時に継続して更新されます。生のDC電流測定値もセカンダリー測定に青色で表示されています。セカンダリー測定は必要に応じてオン/オフできます。演算メニューで、ユーザー定義の単位(最大4文字)を入力することもできるので、測定値をW単位で表示できます。

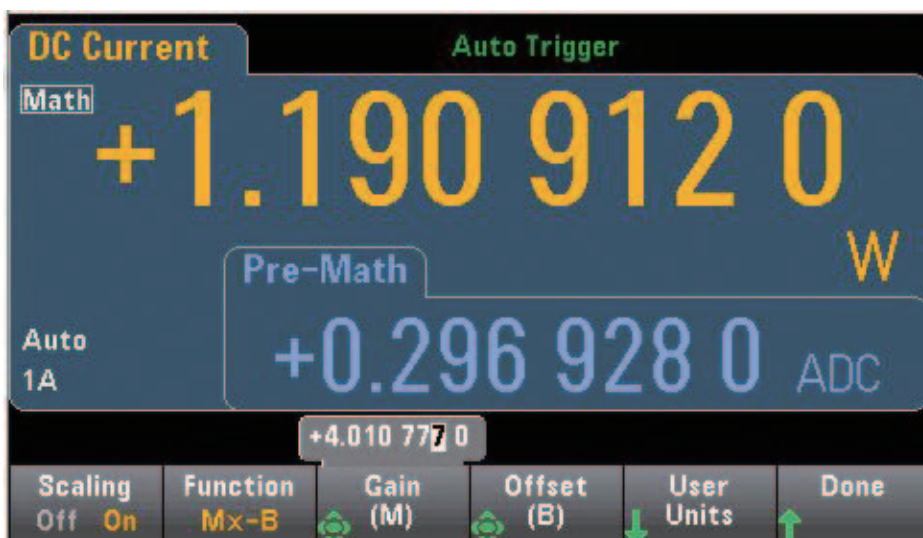


図4. 利得を乗算した電力測定値と生の電流測定値の表示画面。

電圧と電流をほぼ同時に測定

電圧も電流も一定でない場合は、前述の手法は適していません。TruevoltシリーズDMMでは別の手法を使用して、電圧と電流を短い時間差で測定することができます。この手法では外部抵抗を使用して、オームの法則を用いてDC電圧測定値を電流に変換します。

TruevoltシリーズDMMにはDC電圧比測定機能があり、通常、2つのDC電圧測定を行って、それらの比を表示します。この測定の接続図を図5に示します。比は入力端子の電圧を基準電圧で除算したものです。基準電圧は2つの測定の差で、HIセンス端子からLO入力端子までのDC電圧と、LOセンス端子からLO入力端子までのDC電圧との差になります。この測定の目的のために、LO入力端子とLOセンス端子はショートされています。これにより、フローティング接続時のDCV1とDCV2によって生じる測定誤差が減少します。

測定のヒント

TruevoltシリーズDMMで測定可能な10 Aレンジよりも高い電流を測定する必要がある場合は、DC電圧端子に外部シャント(電流変換器)を使用することを検討してください。この場合も、演算スケール機能を使用して測定を必要な単位に変換できます。

測定のヒント

負担電圧は、電流がDMMのシャント抵抗を流れるときに生じる電位の変化です。負担電圧とそれが電力測定の精度に及ぼす影響に注意してください。

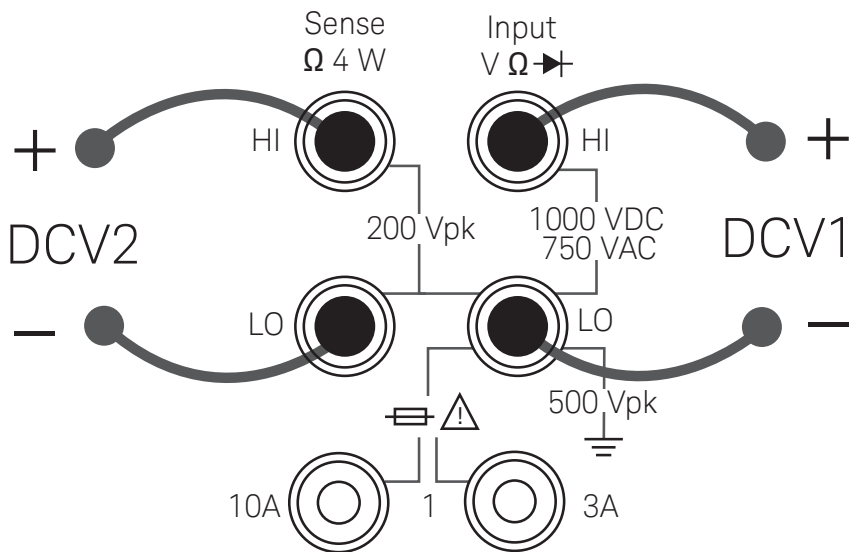


図5. 2つのDC電圧測定から電圧比測定をするための接続図。

基準測定は±12 Vdcの範囲である必要があります。さらに、基準電圧は常にオートレンジで測定する必要があります。

DC電圧比を使用して、外部抵抗の電圧を比測定の片側で測定できます。通常、DC電圧比測定は比を表示しますが、キーサイトが提供するセカンダリー測定ではDCV1とDCV2の両方を表示できません。DMMのディスプレイメニューにあるこの機能を使用して、比測定に用いられている2つの測定電圧を個別に確認できます(図6)。

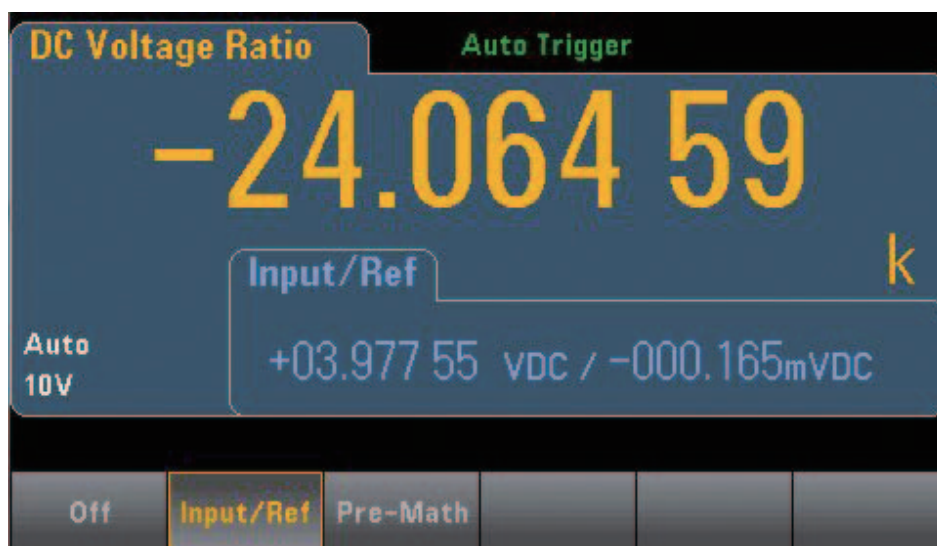


図6. 電圧比測定の入力/基準(Input/Ref)の測定値が個別に表示されます。

電流測定のために、シャント抵抗を比測定の片側に接続します。図7は、DCV1測定とDCV2測定を用いてDC電圧とDC電流を別々に測定する構成例です。

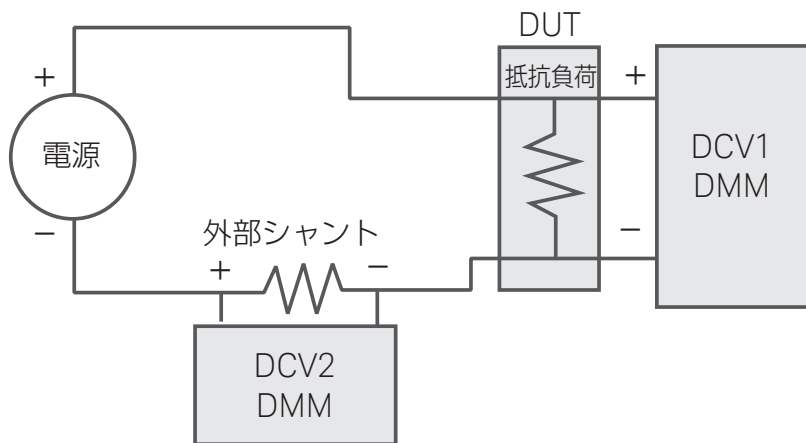


図7. この構成でDC電圧とDC電流を別々に測定できます。

オームの法則($I=V/R$)を使用して、DCV2の測定値をシャント抵抗の値で除算すると電流に変換できます。この場合、使用しているのは34330A電流シャントで、抵抗値は0.001 Ω です。電流測定値は以下ようになります。

$$-0.165 \text{ mV} / 0.001 \text{ } \Omega = 165 \text{ mA}$$

電流測定値の分解能を上げたい場合は、より大きい値のシャント抵抗を使用します。

DC電圧比測定に関するその他の制限事項

2つの電圧測定(DCV1およびDCV2)のLO側について、いくつか考慮しなければならない点があります。LOセンスとLO入力間の電位差は12 Vを超えてはいけません。12 Vを超えるとDMMが損傷したり、間違った測定値が得られる可能性があります。LOセンスとLO入力間に何らかの差があると、この電圧が直接、基準電圧に影響を与え、基準測定値に誤差が追加されることに注意が必要です(上のDC電圧比を参照)。電流センス抵抗を回路のロー側に直列に接続できない場合は、ハイ側に電流センスを追加することを推奨します。ただし、LO接続は必ずショートする必要があり、DCV1の測定値は負になります。

図8に、電流測定を挿入するためにグラウンドを分けられない場合の推奨ブロック図を示します。ここでDCV1の極性に注意してください。極性を反転させて、DCV1のLO入力がDCV2のLOセンス入力に接続されるようにしています。

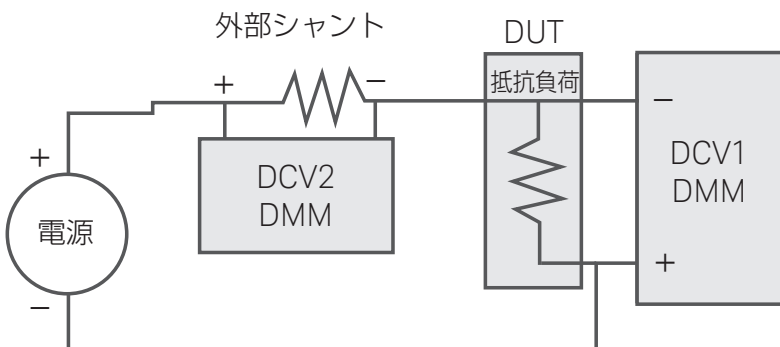


図8. このDCV1/DCV2の構成は、アースグラウンド接続回路に使用されます。

測定のヒント

外部シャントを選択する場合は、必ず、十分に安定しているもの、流れる電流に耐えられる大きいものを選択してください。Keysight 34330A電流シャントは、非常にドリフトが小さく、15 Aの連続電流にも耐えられます。エポキシでコーティングされたプラスチックケースに精密な0.001 Ω 抵抗が組み込まれていて、電力印加時にドリフトが最小になるようにデザインされています。

DCV1とDCV2の間の測定が同時に実行されないことにも注意が必要です。2回の別々のDMM測定が実行され、2つの測定値が得られます。さらに、各測定値にはオートゼロ測定が適用され、内部オフセットが補正されています。DC電圧比測定ではオートゼロはオフにできないからです。ユーザーが測定の真のタイミングを制御できないため、この手法は高速に変化する電力測定には適していません。比較的变化の少ない電力測定向けに適しています。この場合は、電圧と電流の両方を同時に取得して、測定結果を電力に変換できます。

ノイズ除去と測定速度の最良のトレードオフを行なうには、1 PLCの測定を使用するのが適切です。より高速な測定相関が必要な場合は、オートレンジをオフにして、明示的にレンジを設定します。一般的な法則として、2回目以降の測定で、DCV1測定とDCV2測定にかかる時間が積分サイクル間隔の2倍を超えてはいけません。具体的には、積分設定が1NPLCに設定されている場合(60 Hz電源で16.6 ms、50 Hz電源で20 ms)は、測定のタイミングは、通常、2 NPLCの間隔を超えてはいけません(60 Hz電源で33.3 ms、50 Hz電源で40 ms)。

まとめ

さまざまな手法を用いて、1台のDMMで電力を測定できます。電圧または電流が一定の場合は、変化する方のパラメータを測定し、スケーリングを用いて測定値を変換し、電力を表示することができます。また、両方のパラメータが比較的ゆっくりと変化する場合は、外部シャントを使用すれば、TruevoltシリーズDMMのセカンダリー表示機能によって、DC電圧とDC電流の両方の測定値を同時に表示できます。どちらの手法もアプリケーションで使用できない場合は、電流と電圧を測定するために、2台のDMMを使用します。この場合は外部ソフトウェアを用いて測定を同期させます。

測定のヒント

入力/基準(Input/Ref)電圧のセカンダリー測定を使用すると、TruevoltシリーズDMMの演算スケーリング機能がオフになります。セカンダリー測定でスケールやユーザー単位を設定することはできません。

BluetoothおよびBluetoothロゴは Bluetooth SIGの登録商標で、キーサイト・テクノロジー・インクにライセンスされています。

www.keysight.co.jp/find/Truevolt

キーサイト・テクノロジー合同会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.co.jp

記載事項は変更になる場合があります。
ご注文の際はご確認ください。