



WHITE PAPER

デジタルマルチメータを用いた 低消費電流の測定

DMMは電流を測定します。この測定はデジタルマルチメータ(DMM)の重要な機能の1つです。このような測定器は多くのエンジニアや技術者が電流や電圧を測定する際に信頼のおけるツールです。新世代のDMMは、より優れた測定分解能を実現する電流範囲が拡大されており、確度の高い低電流測定が可能になります。

DMMによる電流の測定

多くの6½桁のDMMでは、DCの測定が1 mAの低電流範囲に制限されています。1 mAの電流範囲は最善の場合で1 nAの分解能を実現します。他のDMMは100 μ Aまたは200 μ Aの範囲で、100 pAの分解能を実現します。

新世代のDMMでは電流範囲が拡張されています。新しい電流範囲には、10 μ A、1 μ Aの低い範囲、10 Aの高い範囲が含まれます。表1を参照。

非常に小さい電流を測定する際には、測定を開始する前に忘れずに読み値を0にリセットしてください。これにより、システムに関連するオフセットが除去され、正確な測定が行えます。



低電流分解能による 測定の高度な解析

34465A/34470A Truevolt
シリーズDMMでは1 μ A
の低電流範囲で、1 pAと
いう優れた分解能を実現
しています。1 μ Aレンジ
でpA分解能の場合、可能
な電流測定は1 pA ~ 10 A
になり、このようなDMM
で13桁の測定ができます。

確度の仕様：DC電流と他のDC機能

仕様±(読み値の% + レンジの%)

レンジ/ 周波数	24時間TCAL ± 1 °C	90日TCAL ± 5 °C	1年TCAL ± 5 °C	2年TCAL ± 5 °C	温度係数/°C
DC電流					
1 μ A	0.007 + 0.005	0.030 + 0.005	0.050 + 0.005	0.060 + 0.005	0.020 + 0.010
10 μ A	0.007 + 0.002	0.030 + 0.002	0.050 + 0.002	0.060 + 0.002	0.015 + 0.006
100 μ A	0.007 + 0.001	0.030 + 0.001	0.050 + 0.001	0.060 + 0.001	0.015 + 0.004
1 mA	0.007 + 0.003	0.030 + 0.005	0.050 + 0.005	0.060 + 0.005	0.015 + 0.005
10 mA	0.007 + 0.020	0.030 + 0.020	0.050 + 0.020	0.060 + 0.020	0.020 + 0.020
100 mA	0.010 + 0.004	0.030 + 0.005	0.050 + 0.005	0.060 + 0.005	0.020 + 0.005
1 A	0.050 + 0.006	0.070 + 0.010	0.080 + 0.010	0.100 + 0.010	0.050 + 0.010
3 A	0.180 + 0.0020	0.200 + 0.020	0.200 + 0.020	0.230 + 0.020	0.050 + 0.020
10 A	0.050 + 0.0010	0.120 + 0.010	0.120 + 0.010	0.150 + 0.010	0.050 + 0.010

表1：34465A/34470A TruevoltシリーズDMMで提供される新しい電流範囲

負荷電圧

低レベルの電流を測定する際には、負荷電圧が問題となります。負荷電圧は電流がDMMのシャント抵抗を流れる際に生じる電位です。負荷電圧は通常は問題ではないのですが、非常に感度の高いコンポーネントの場合はこの電圧に気を付けなければなりません。特にDMMが図1のように戻り経路に直列に配置されているときは注意が必要です。電源の低い電圧を上回る小さい電圧を加えることで、デバイスの低電圧がデザインの許容範囲を超える可能性があります。

直列に配置されたDMMを電源のプラスの側に移動することを検討します。電圧を上げて負荷電圧に対応できると、デバイスに正しい電圧を供給して測定が行えます。

負荷電圧が十分に大きくなると、デバイスによっては、戻り経路のオフセット電圧が問題を生じる場合があります。表2はDMMの一般的な負荷電圧を示しています。

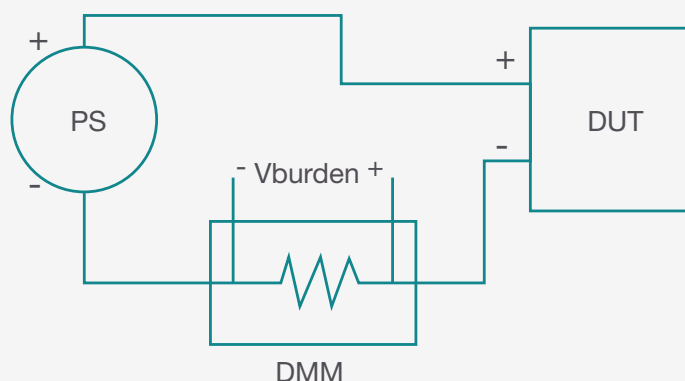


図1：この図は戻り経路に直列に配置されたDMMを示しています。

フルスケールでのDC/AC電流の負荷電圧

DC電流レンジ	負荷電圧
1 μ A	< 0.0011 V
10 μ A	< 0.011 V
100 μ A	< 0.11 V
1 mA	< 0.11 V
10 mA	< 0.027 V
100 mA	< 0.27 V
1 A	< 0.7 V/0.05 V ¹
3 A	< 2.0 V/0.15 V ¹
10 A	< 0.5 V

1. 10 Aレンジの入力を使用すると、2つ目の負荷電圧が得られます。

表2：この表は、34465Aと34470Aの異なる電流範囲における負荷電圧を示しています。

ダイナミック電流測定

ダイナミック電流測定は、測定している電流範囲に応じて、DMMのレンジが変化するため非常に複雑です。レンジ切替えの問題がなく、パワー、電圧、電流をデジタイズ可能なソース/メジャーメントユニットなどの特殊な測定器があります。この測定器は電流の特性評価にとって非常に優れたソリューションではあるものの、DMMを使用するよりもコストが高くなります。予算や柔軟性が問題になるような状況では、同様の測定の多くを実行できるDMMソリューションがあります。

LEDの正/逆バイアス電流を測定する場合でも、バッテリー駆動デバイスのスリープ/動作モードの電流を測定する場合でも、2つの動作モードには非常に大きな違いがあります。

図2は、バッテリードレイン解析を簡単なブロック図で表しています。バッテリー駆動デバイスのパワードレインは、1台のDMMで電圧を、もう1台のDMMで電流をモニターすることで効果的にモニターできます。DMMでは、10 A入力が高電流入力とは切り離されています。この設定では低電流入力を使用します。



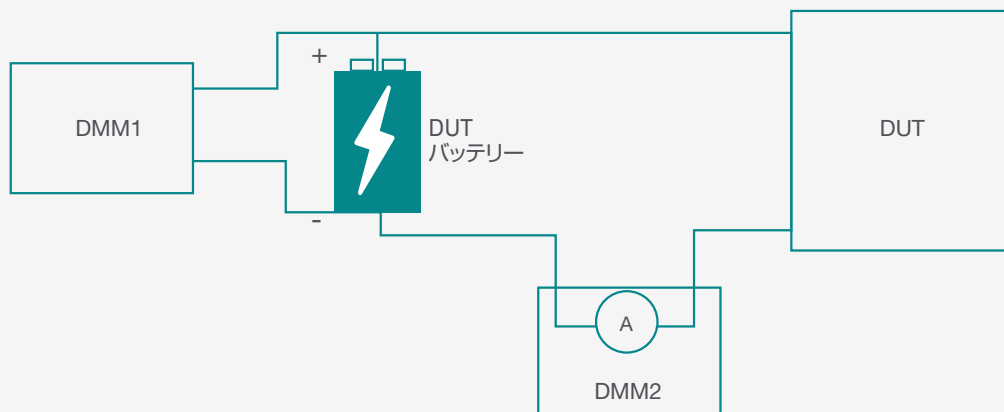


図2：このブロック図は、2台のDMMを用いたバッテリードレイン解析の方法を示しています。

図3は、ポータブルの無線トランシーバーの典型的な電流プロファイルを示しています。図からわかるように、電流の流れはスリープ、スタンバイ、アクティブのような広範なモードにより複雑になっています。動作電流が約30 ~ 40 mAで、スタンバイ電流が1 ~ 10 μ Aのため、電流のダイナミックレンジは広範囲にわたります。

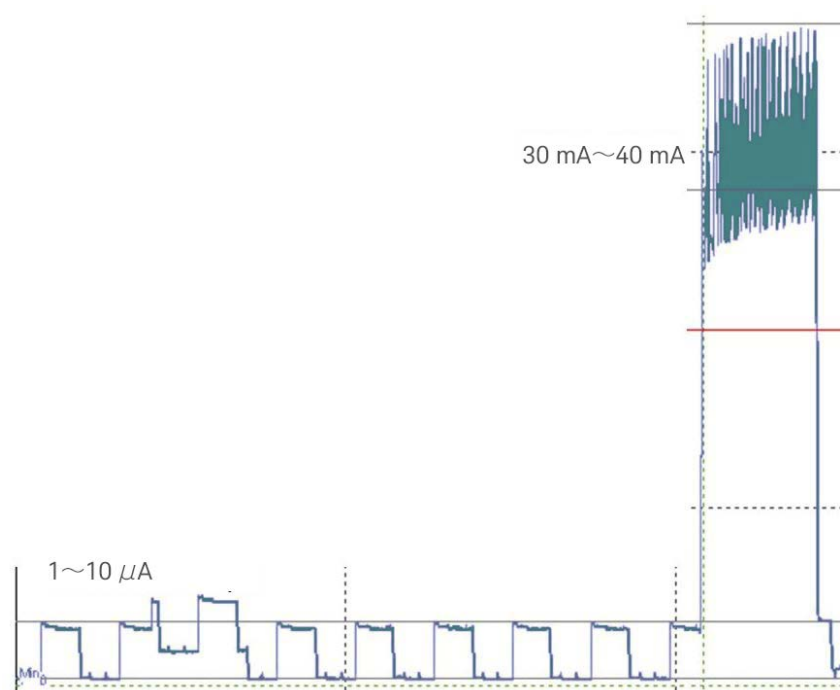


図3：ポータブルの無線の電流プロファイルを示しています。

DMMで両方のレンジの正確な読み値を得るには、異なるレンジを使って複数の掃引を行う必要があります。電流プロファイルを捕捉する1つの方法として、被試験デバイス(DUT)を何度も実行し、スリープモードとスタンバイモードを別々に捕捉し、次に動作電流を捕捉する方法があります。

最初の捕捉で、DMMを100 mAレンジ、0.001 PLC(サンプルあたり20 μ s)に設定します。この設定は、30 ~ 40 mAのアクティブモードの値を含めて、完全な電流信号を捕捉しますが、より低い電流測定では分解能も低くなります。



測定のヒント

Keysight Truevolt DMMのデジタイズ機能と高速(HS)オプションを使用すると、20 μ sの時間分解能で測定しながら、急速に変化する特性を測定することができます。正確なタイミングで効果的にデジタイズするには、オートゼロとオートレンジ切替えがオフになっていることを確認します。これにより、DMMがオートゼロのために追加の読み取りを行ったり、異なるレンジに切り替えたりする際に生じるタイミングのバラツキが除去されます。

図4はDMMを使った電流の読み取りをトレンドチャートで示しています。低電流測定は非常に均一に見えますが、これは分解能の損失が原因です。低電流の値を測定するには、より低い電流範囲で別の測定を行う必要があります。読み値を捕捉したら、データをメモリに保存して、PCで解析することができます。

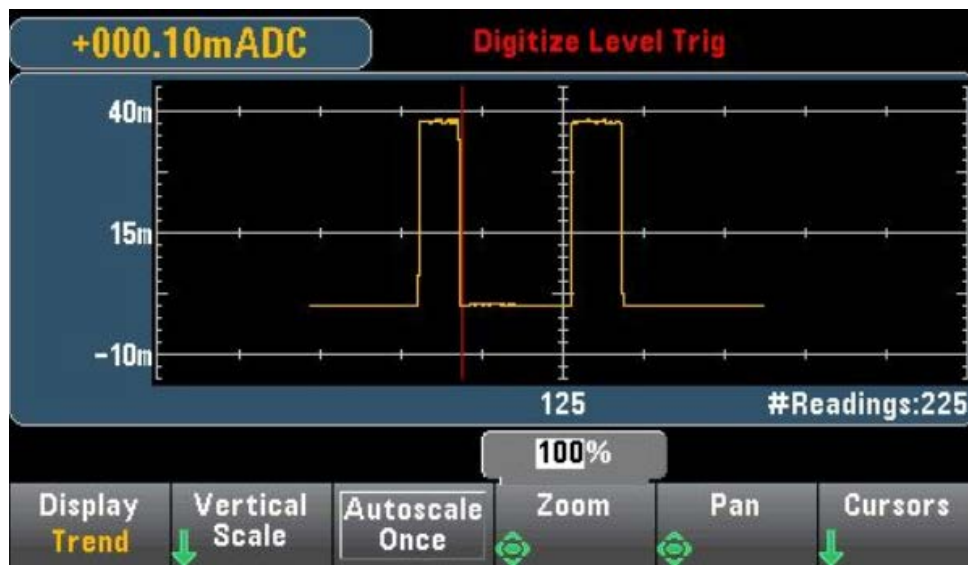


図4：34465A DMMで捕捉された動作電流

次に、スタンバイモードとスリープモードの電流測定のためにDMMをより低い電流範囲に設定することができます。図5は、上のグラフで測定されたスタンバイ電流の捕捉データを、BenchVueを用いてグラフィック表示しています。下のグラフはDC電圧の読み値を示しています。



図5：この2つのグラフは、DC電流(上図)とDC電圧(下図)のデジタイズされた消費量を示しています。

キーサイトのBenchVueソフトウェアを使って、両方のDMMを同時に制御しトリガすることができます。DMMのデジタイズモードを使って、20 μ s/サンプルタイミングを確実にできます。BenchVueのデータ・ロギング・モードにはPCオーバーヘッドが含まれますが、これは正確なタイミングが必要な場合には障害になる可能性があります。

図6はデータセットからの統計値と実際の読み値を示しています。捕捉された電流範囲は約2 ~ 10 μ Aです。これらの読み値は、スタンバイモードになったDUTで捕捉されています。そのため、1つのレンジの電流が捕捉されています。レンジの120 %を超えると、過負荷の状態を生じます。

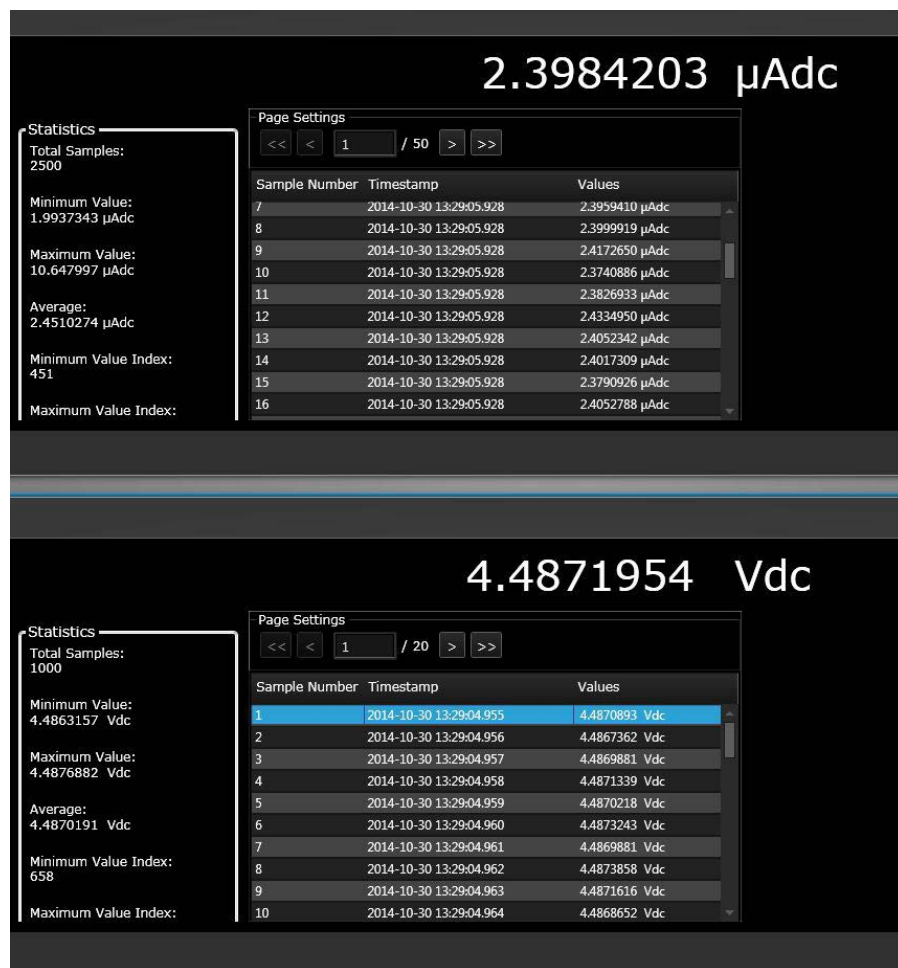


図6：図5で捕捉されたデータセットからの統計値と実際の読み値を示しています。

まとめ

Keysight 34465A/34470A Truevolt DMMでは、拡張された電流範囲とデジタイズ機能を使って、ダイナミック電流を効果的に特性評価できます。DUTが10 Aで高い電流を消費する場合でも、ピコアンペア域で低い電流を測定する必要がある場合でも、Truevolt DMMには、ベンチ上の重要な測定器としての機能と測定能力があります。

Keysight Truevolt デジタルマルチメータの詳細については、
www.keysight.co.jp/find/dmmをご覧ください。

Keysight BenchVue DMMソフトウェアアプリケーションの詳細については、
<https://www.keysight.com/my/en/software/application-sw/benchvue-software/digital-multimeter-control---automation.html>をご覧ください。

詳細情報：www.keysight.co.jp

キーサイト・テクノロジー株式会社
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 9:00-12:00 / 13:00-18:00（土・日・祭日を除く）

TEL：0120-421-345 (042-656-7832) | Email：contact_japan@keysight.com

