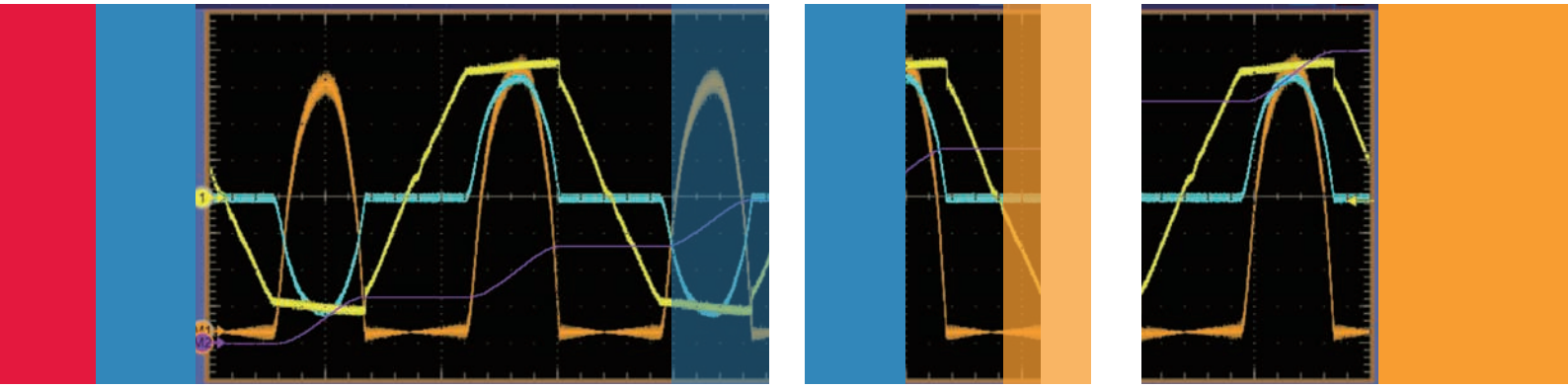
Tektronix®

テクニカル・ノート



低電力測定のノウハウと実例

多くの商用電源およびバッテリ駆動のアプリケーションで低電力測定はますます重要になっていますが、多くのエンジニアにとっては、正確に測定することは難しい作業になっています。ほとんどの電力測定は、デバイス間の電圧とデバイスを流れる電流の掛け算で求められますが、低電力を正確に測定するには、オシロスコープとプローブに関する十分な理解が欠かせません。

このテクニカル・ノートでは、電圧プローブ、電流プローブ、オシロスコープの性能に関する基本的なトレードオフを説明し、次にいくつかの測定例をご紹介します。

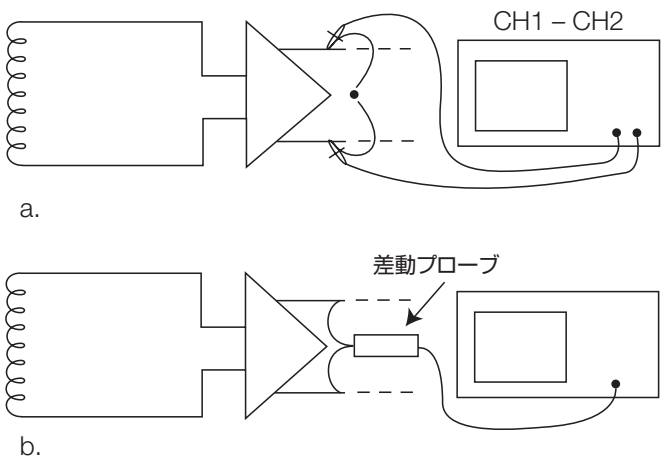


図1. 差動信号の測定は、(a) オシロスコープの演算機能を使用して、または (b) 差動プローブを使用して（推奨）測定する

正しい電圧プロービング

オシロスコープを使用するほとんどの測定で電圧プローブを使用しますが、低電力を正しく測定するためには、プローブのどのような特性が重要になるのでしょうか。以下に簡単なチェックリストを記します。

- すべての電圧測定は差動である – すなわち、測定する電圧は常に基準となる電圧に対する値である、ということを確認しておく必要があります。オシロスコープに標準で付属する一般的な受動プローブには、黒色のグランド・リードがあります。このグランド・リードはオシロスコープのグランドに電気的に接続されており、テストするデバイス（DUT）のグランド・テスト・ポイントに接続しなければなりません。この接続は、大きな信号測定では適切な接続と言えますが、低レベルの信号測定では正しい接続とは言えないことがあります。DUTの「グランド」とオシロスコープのグランドはまったく同じではないのです。グランド間の接続インピーダンスがゼロでないため、グランド電流が流れるのです。グランド以外の基準ポイントに対する電圧の測定では、標準の電圧プローブは使用できません。

図1aに示すような、グランド基準でない差動電圧を測定する場合、2本の受動プローブで正しく測定できるのでしょうか。それぞれのポイントで電圧を測定し、オシロスコープ内で電圧差を計算するというのはどうでしょうか。この方法は、プローブとオシロスコープ·チャンネルの特性（ゲイン、オフセット、遅延、周波数応答）が非常に正確にマッチングしている場合にのみ正確に測定できます。この方法では、優れたコモンモード除去（両方の入力に共通のACまたはDC成分の除去）性能が得られません。また、2つの信号が同じように表示されないと、オシロスコープ入力に対してオーバードライブすることがあるため、正しく機能しません。

もう一つの方法として、テクトロニクスTPS2000シリーズまたはTHS3000シリーズなどの“フローティング”オシロスコープの使用があります。どちらのオシロスコープの入力チャンネルもシャーシ・グランドからは電気的に絶縁されており、バッテリで動作させる場合、オシロスコープのシャーシ、大地グランド間の寄生容量も非常に小さくなります。このようなフローティング·オシロスコープの絶縁特性により、標準の受動プローブを使用しても差動測定が可能になります。この方法はオシロスコープの電源を絶縁できるため、グランド·ノイズが多い環境で特に有効です。

一般的なオシロスコープにおける優れた測定品質と操作性を考えた場合、図1bのようなミリボルト·レベルの差動電圧測定では、テクトロニクスTDP1500型またはTDP1000型などのアクティブ差動プローブの使用をお勧めします。マイクロボルト·レベルの差動電圧測定では、テクトロニクスADA400A型などの差動アンプが最適なソリューションです。

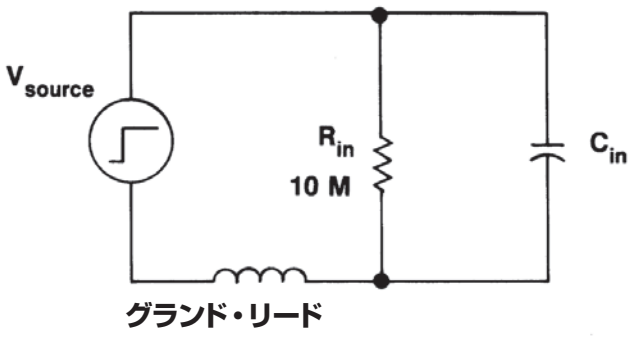


図2. 一般的な受動プローブの入力インピーダンスを単純化したモデル図

- プローブのインピーダンスまたは負荷がDUTに及ぼす影響について考えます（図2を参照）。プローブ先端でのインピーダンスは、すべての周波数において無限大であることが理想です。しかし、現実には入力抵抗はMΩレンジ、入力容量XCは以下のような値があります。

  $X_C = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$

  ここで、**f**は周波数（Hz）、**C**は容量（F）です。

  したがって、1pFの容量では、1GHzにおけるインピーダンスは160Ωしかありません（高性能プローブの中には、抵抗とコンデンサを直列に接続することで高周波における容量リアクタンスを大きくしているものもあります。詳細については、プローブのデータ・シートに記載されているインピーダンス対周波数の曲線をご覧ください）。

  プローブの先端にアクセサリを接続しても入力インピーダンスに影響を及ぼし、入力容量は増え、インダクタンスが直列に追加されます。

  高い確度で測定するためには、プローブの入力インピーダンスは、高い周波数において回路のインピーダンスよりも十分に大きくなければなりません。

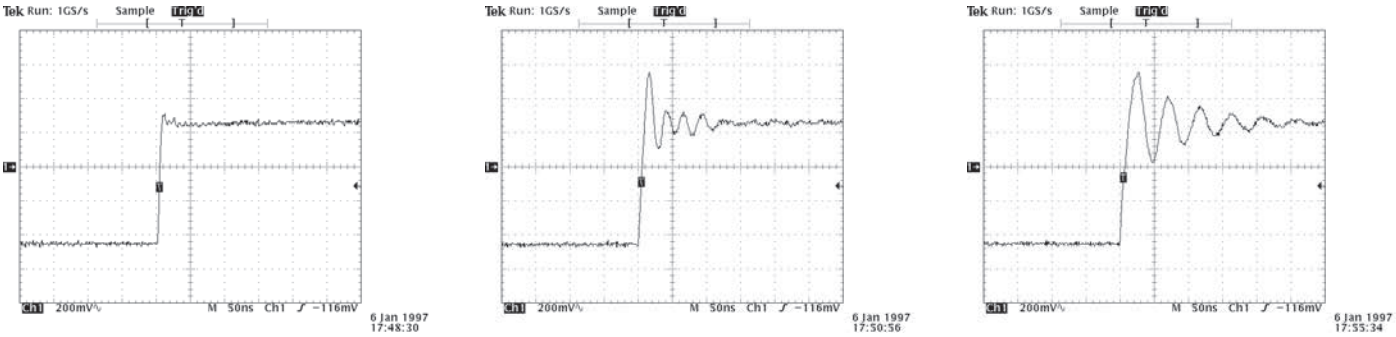
- 信号の振幅の合わせるために、オシロスコープ入力のダイナミック・レンジに対して必要以上に大きな減衰比のプローブを使用しないことです。一般的な10：1の受動プローブの減衰比は10であり、これは入力信号の振幅の1/10がオシロスコープに入ることを意味します。プローブの減衰比は測定システムの最大電圧レンジを広くすることができますが、小さな信号の場合には（減衰比を補正するためにオシロスコープのゲインを上げると）信号対ノイズ比（SNR）が低下するという副作用があります。

  $SNR = V_{input} \div$（プローブの減衰比$\times V_{noise}$）

  ここで、V_{noise}は、オシロスコープ入力に対する測定システムのノイズ。

- アプリケーションが必要とする以上の周波数帯域（または高速の立上り時間）のプローブを使用しないことです。3%未満の振幅誤差で測定するためには、測定システム（プローブとオシロスコープ）の周波数帯域は、信号の最も高い周波数の5倍以上であることが推奨されています。2%未満の立上り時間誤差で測定するためには、システムの立上り時間は測定する信号の最も高速の立上り時間の1/5未満であることが推奨されています（周波数帯域を調整する前に、フル帯域で測定して最も高い周波数を把握しておくことをお勧めします）。

  しかし、過度な測定帯域は取込むノイズの帯域も上げてしまうため、SNRが低下します。プローブで周波数帯域が選択できる場合は、上記に説明したように低い周波数帯域設定を使用します。選択できない場合は、オシロスコープの周波数帯域設定を落とします。



a. 16.5cm [6.5in] のプローブ・グランド・クリップ　**b.** 71cm [28in] のプローブ・グランド・チップ　**c.** 71cm [28in] のクリップをオシロスコープのシャーシに接続

図3. 信号のリンギングに及ぼすグランド・リード長の影響

- 測定前に（マニュアルまたは自動的に）、測定システムの残留DCオフセットを取ることです。できればプローブ内で取ることが望ましく、これによりすべてのオシロスコープ測定でオフセットが除去できます。オフセット信号を追加することでDCオフセットを除去したり、ACカップリングで低周波信号成分を減衰したりするプローブもあります。自動的にDCオフセットを生成する、オフセット調整に非常に便利なDC Reject機能を持ったプローブもあります。

  1mVのDCオフセットは1V以上の測定では無視できますが、10mVの測定では10%もの誤差になります。また、瞬時電力は電圧と電流の積で求めるため、DCオフセットは計算される電力値の誤差要因になったり、場合によっては計算値の極性が変わってしまうこともあります。

- プローブのリード長を短くすることで信号のリンギングを抑えます。図3に示すように、プローブ･リードのインダクタンスは、プローブの入力容量とともに共振回路を形成するため、信号の高速エッジの後ろに以下の式で求められる周波数のリンギングを発生させます。

  $f = 1 \div (2 \times \pi \times \sqrt{(L \times C)})$

  ここで、**f**は周波数（Hz）、Lはプローブ・リードのインダクタンス（H）、**C**はプローブの入力容量（F）です。

  図3bの例では、長いグランド･リードがプローブ入力容量によって共振しており、約33MHzでリンギングを起こしています。これは、十分に測定システムの帯域内に入っています。

  グランド・リードのインダクタンス（プローブの入力容量）を、測定システムの周波数帯域より上になるように低減することで、リンギングによる影響を抑えることができます。

- プローブ・リードによって形成されるループの面積を最小にします。複数のプローブ・リードをまとめてより合わせるなどしてループの面積を小さくすることにより、プローブに入り込む磁気結合ノイズを抑えることができます。

  また、それぞれのリードと電気的ノイズの発生源からの距離を等しくとることで、1本のプローブ・リードに入り込む容量結合ノイズを最小にすることもできます。大きな放射ノイズのある環境で信号を測定する場合は、差動プローブのリードもより合わせます。こうすることで静電結合ノイズはコモンモード信号になり、差動アンプによって除去できます。

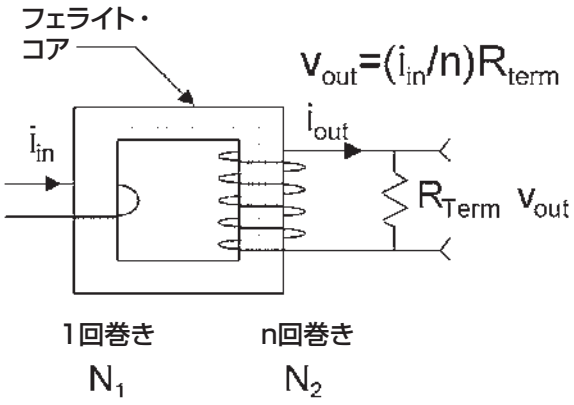
- 最後に、2本の電圧プローブを使用する場合、測定するテスト・ポイントのできる限り近くに接続します。特に低電圧測定の場合、基板の配線、コネクタ間のわずかな電圧降下であっても振幅測定に大きく影響し、回路の寄生インダクタンス／容量によって信号の周波数応答に影響を及ぼします。

  コンポーネントのサイズが小型化し、回路基板技術が進化すると、コネクタやコンポーネントはますます見えにくくなり、埋め込まれるようになります。このため、テストのための設計要件も、重要な信号ノードやグランドに近いポイントにプロービングできることが求められています。この要求に対応するには、個別のピン、基板上のパッド、はんだマスクなしによる基板ビアなどがあります。

正しい電流プロービング

デバイスの電流測定にはさまざまなテクニックがあり、それぞれに利点と欠点があります。低電流測定に最適な測定テクニックを見てみましょう。

- 最も簡単な電流測定方法は、設計に組み込んだ抵抗両端の電圧降下を差動で測定することです。低抵抗のセンス（シャント）抵抗を回路に組み込み（プローブの入力インピーダンスも並列に加わります）、電圧降下を差動で測定します。しかし、この方法には大きな制約があります。
  - センス抵抗における電圧降下を差動プローブで測定する場合、コモンモード信号がプローブの動作レンジ内にあるときは正しく測定できます。しかし、この方法は周囲のノイズで大きく影響を受けます。ノイズによる影響は、先の「電圧プローブ」の項で説明したように、プローブの減衰比と周波数帯域を抑えることで最小にできます。
  - センス抵抗を回路に加えることで、大きく妥協せざるを得ないことがあります。抵抗が大きくなるとSNRは改善しますが、抵抗における電力損失と電圧降下によって回路の振る舞いに変化をもたらすことがあります。巻線抵抗などのハイパワー抵抗は、回路に誘導リアクタンスを加えることになります。さらに、注意しなければならない点として、差動プローブの入力容量は並列に追加されることになって、RCフィルタが形成されます。
  - センス抵抗を回路に追加する場合は、できる限りグランドに近いところに入れ、抵抗におけるコモンモード信号を抑えて測定システムが除去できるようにします。また、高性能電流プローブと違い、差動電圧測定によるコモンモード除去性能は周波数が上がるにしたがい低下する傾向にあるため、センス抵抗での測定では、高周波電流測定の確度は低下します。



$$n$$

電圧 v： $v_2/v_1=N_2/N_1$

電流 i： $i_2/i_1=N_1/N_2$

インピーダンス Z： $Z_1=(N_1/N_2)^2Z_2$

電力 P： $P_2=P1$

図4. 変圧器を使用したAC電流測定

- 低電流の低周波測定では、トランスインピーダンス・アンプが使用できます。センス抵抗の電圧降下を測定する代わりに、アンプの入力ノード（仮想グランド）を流れる電流を測定することでオフセット電圧誤差を低減します。テクトロニクスDMM4020型デジタル・マルチメータでナノアンペア（nA）の測定する場合に使用される方法です。
- ACのみ、低振幅の電流測定には、テクトロニクスCT－1型またはCT－6型などの非常に小型の電流プローブが適しています。小型であり、電流プローブの穴に短いリード線またはコンポーネントのリード線を通すことで、リード線に流れる電流が測定できます（図4参照）。しかし、このプローブは変圧器であるため、低周波および高周波に制限があり、最大電流は変圧器のコアの飽和によって制限されます。

テクニカル・ノート

- テクトロニクスTCP0030型などの、スプリット・コア・タイプのAC/DC電流プローブは最も正確で使いやすいソリューションであり、多くのアプリケーションに適しています。AC/DC電流プローブは、変圧器でAC電流を測定し、ホール効果デバイスでDC電流を測定します。スプリット・コア・タイプのプローブですので、プローブ・ヘッドの変圧器は開口部を機械的に開けたり、閉じたりすることで導体を覆います。

  AC/DC電流プローブのプローブ・ヘッドは導体を覆う必要があるため、設計テストの際には電流プローブで導体を覆うためのスペースを考慮しておく必要があります。電流測定のためのケーブルを出しておいたり、基板配線の回りに切欠きを作ったりすることも考えられます。

  他の複雑な測定デバイスと同様、AC/DC電流プローブの使用でも、以下に示すような考慮すべき点があります。

  - 電流プローブのヘッド部は、測定する導体をくわえこむ必要があります。導体に十分な長さがあれば、プローブでくわえこみます。基板上で測定する場合は、ワイヤ・ループを追加するか、コンポーネントを持ち上げてプローブ・ヘッドが入るスペースにワイヤを直列に接続します。
  - 誘導挿入インピーダンスが回路に追加されます。一般的な電流プローブでは、数nHのインダクタンスが追加されますが、トータルの挿入誘導リアクタンスは、電流プローブのために追加されるワイヤのインダクタンスが支配的になります（約7.9nH／cm）。
  - プローブのために基板上にループを追加配置する場合、追加されるループの面積は元の接続よりも大きくなり、回路は磁気結合ノイズの影響を受けやすくなりますので、注意が必要です。
  - 導体と電流プローブ本体間、および電流プローブ本体とグランド間で発生する寄生容量に注意します。スルー・レートの高速な電圧信号は、プローブ本体に容量結合することがあります。できる限りインピーダンスの小さなポイントでプロービングすることで、グランドに対する容量結合の負荷効果を抑えます。また、回路のグランド側でプロービングすることにより、寄生容量の原因となる信号のスルー・レート（dV/dt）を抑えます。
  - 電圧プローブといっしょに使用する場合、信号の振幅を合せるために、オシロスコープ入力のダイナミック・レンジに対して必要以上に電流プローブの減衰比を大きくしないことです。感度スケールを下げると大きなピーク電流を取込むことはできますが、小さな信号におけるS/N比が低下します。したがって、プローブのスケールは、電流波形のピークがクリッピングしない程度の感度に設定します。

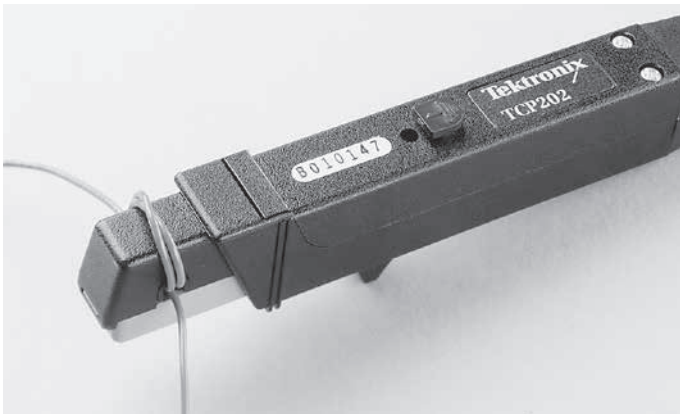


図5. 電流プローブの回りに導体をN回巻付けることで、電流測定感度を上げる例

- 電流プローブは、電流プローブに流れる電流の総和に反応するため、図5に示すように、電流プローブに導体を複数回巻付けることで測定感度を上げることができます。電流センサの部分に導体をN回巻付けると、感度はN倍になります。したがって、実際の電流値は、測定値をNで割った値になります。注：ワイヤを巻付けるほど挿入インピーダンスは大きくなり（インダクタンスは巻数の二乗で増加）、プローブの上限帯域を低下させます。
- 放射ノイズに対するプローブの感受性を抑えるため、プローブのグランド・リードを、大地グランドではなく回路グランドに接続します。プローブ・ヘッドからの寄生容量は増えるかもしれませんが、プローブ内部のシールド効果がより有効になります。
- 測定に必要とする以上の測定システムの帯域（または高速な立上り時間）を使用しないことです。一般に、電流プローブの感度は、測定システム全体のS/N比で制限されます。例えば、テクトロニクスTCP0030型は最も感度の高いAC/DCプローブであり、最高感度は1mA/divですが、測定システム・ノイズによって制限されます。オシロスコープの波形アベレージング、ハイレゾ・モード、帯域制限などの信号処理によりノイズが抑えられ、感度を上げることができます。
- 測定の数分前には測定システムの電源を入れ、ウォームアップしてからデガウス（残留磁束を除去）し、DCオフセットを除去します（マニュアルまたは自動で）。プローブのデガウス、DCオフセットの除去では、一時的にプローブを回路から外すか、回路の電源を切ります。

オシロスコープ用プローブの詳細な技術情報については、当社ウェブ・サイト（www.tektronix.com/ja）から「プローブ入門、ドキュメント番号：60Z-6053-xx」をダウンロードすることができます。

オシロスコープの正しいセットアップ

低電力測定のための正しい測定システムの最後は、オシロスコープのセットアップです。以下に簡単なチェックリストを記します。

- 正確に測定するには、まずオシロスコープを校正する必要があります。遅くも測定の20分前にはオシロスコープの電源を入れ、オシロスコープ内部の温度が安定するようにします。短期間の誤差の多くは、時間および温度と共に変化する振幅ドリフトが原因です。重要な測定の行う場合は、周囲温度が5℃以上変化した場合、および1ヶ月に一度はオシロスコープを校正することをお勧めします。ほとんどのオシロスコープでは、校正は自動的に実行され、ほんの数分で完了します（Windowsベースのオシロスコープでは、この校正機能はSPC（Signal Pass Compensation）と呼ばれ、Utilities → Instrument Calibrationメニューにあります。スクリーンに表示される手順にしたがうだけです）。
- 電圧、電流のプロービングでは、すべての信号のダイナミック・レンジを最適化します。必要に応じて、ACカップリングを使用して不要なDCオフセットを除去します。垂直軸スケールの粗／微調整を使用して、信号がディスプレイの縦方向いっぱいに表示されるようにします。ただし、信号のピークがディスプレイの上下端から外れないようにします。この調整は、必要最小限の減衰比設定で行うことでS/N比が最適化されます。
- トリガ・レベルを調整し、安定した波形表示にします。エッジ・トリガを選択し、トリガ・レベルは波形の中心部分に設定するだけで十分です。
- 水平軸スケールを調整し、必要な時間ウィンドウで取込みます。
- サンプル・レートを調整し、信号が正確に再現されるように、またはエイリアシングが発生しないようにします。経験的には、測定する信号の最も高い周波数の20～25倍のサンプル・レートに設定します。このサンプル・レートは、Sin(x)/x補間を使用した場合の、最も高い周波数の5倍のシングルショット帯域幅に対応します。

  注：時間ウィンドウ、サンプル・レート、レコード長の設定間には、次のような関係があります。

  T = RL / SR

  ここで、**T**は時間ウィンドウ（秒）、**SR**はサンプル･レート（S/s）、**RL**はレコード長（ポイント）です。

  したがって、時間ウィンドウを一定にすると、サンプル・レートが上がった場合、それに比例してレコード長も増やす必要があります。

  しかし、先にも説明したように、過度な測定帯域は取込むノイズ帯域も上げてしまい、S/N比を低下させてしまうため、過度な帯域幅は使用しません。オシロスコープまたはプローブの帯域制限機能を使用して、測定する信号のS/N比を最適にします。
- プローブのスキューを取ります（デスキューします）。プローブはそれぞれ異なった伝搬遅延時間を持っており、電圧プローブと電流プローブを比較した場合、特にその差は大きなものになります。瞬時電力の計算では、サンプルごとに電圧と電流の波形を掛け算するため、波形の正確な時間（位相）マッチングが必要になります。デスキュー・プロセスでは、オシロスコープ入力における信号のタイミングを合わせるため、計算された電力波形は真の瞬時電力を再現することになります。

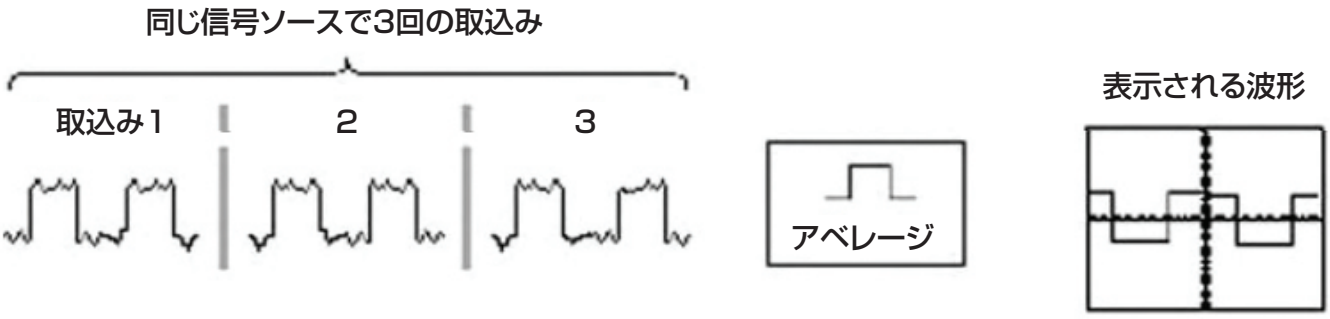


図6. アベレージ・モードでは、複数の取込みの各ポイントの平均値を計算する

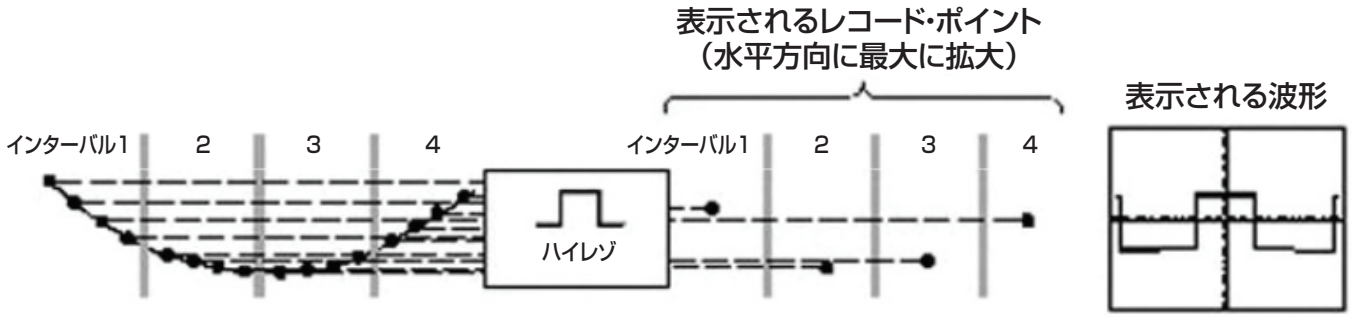


図7. ハイレゾ・モードでは、取込インターバルのすべてのポイントの平均を計算する

- オシロスコープの信号処理により、不要で、ランダムなノイズを除去します。これには2種類の処理方法があります。

  1つが図6に示す波形アベレージであり、次々に発生するトリガで取込まれる波形サンプルを平均化します。この方法では、信号は再現性のあるものでなければなりませんが、ランダム・ノイズの除去には非常に有効です。測定する周波数に比べてサンプル・レートが非常に高い場合、有効システム帯域幅は影響を受けません。波形アベレージは、次の式のように、サンプルされた波形の垂直軸分解能を上げることができます。

  改善される分解能＝0.5log$_2$（N）

  ここで、Nは波形アベレージのトータルの回数です。

  もう一つの方法が、図7に示すハイレゾ・モードであり、ボックスカー・アベレージの一つです。この方法では、1回の波形取込みにおける、連続したサンプルのグループを平均化します。したがって、この方法はシングルショット取込みでも使用でき、ランダム・ノイズの除去に有効です。

  アベレージと同様、ハイレゾは以下の式のように、波形の垂直分解能を上げることができます。

  改善される分解能＝0.5log$_2$×D

  ここで、**D**はデシメーション比、または（最高サンプル･レート÷実際のサンプル・レート）です。

  ハイレゾ・モードの副次的な効果として、有効システム帯域幅が予想通りに低減できるため、システムのノイズ帯域が抑えられます。測定システムのアナログ帯域によって制限されない限り、−3dB帯域は以下の式で表わされます。

  BW＝0.44×SR

  ここで、**BW**は帯域幅（Hz）、**SR**は実際のサンプル･レート（S/s）です。

図8. 電圧、電流、電力、エネルギーのリードアウト

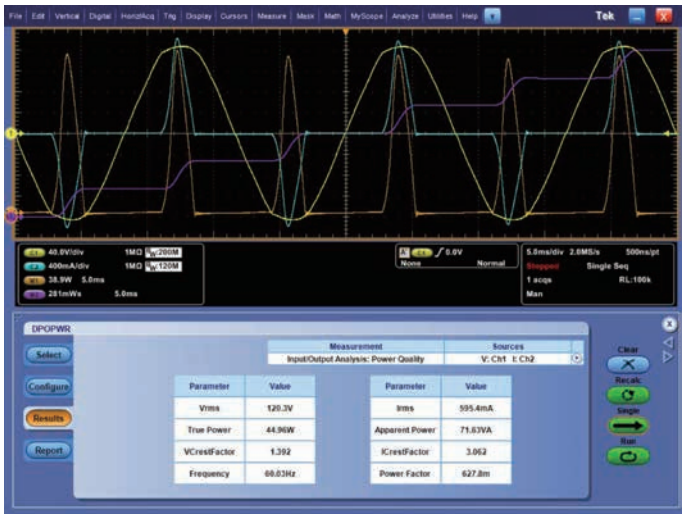


図9. LCDコンピュータ・モニタがオンのときの電力品質測定の例

- 電流プローブ、電圧プローブのスケールと単位が、オシロスコープの測定システム内で反映されるようにします。こうすることで測定結果が理解しやすいものになり、エラーを防ぐことができます。できれば、減衰比と単位の情報を自動的にオシロスコープに通信できるプローブの使用が望まれます。図8の上の波形において、黄色の波形はTDP1000型差動プローブで測定したCh1の電圧測定（単位はV）を、青色の波形はTCP0030型AC/DC電流プローブで測定したCh2の電流波形（単位はA）を、オレンジの波形M1は瞬時電力（単位はW）を計算したもの、紫の波形M2は瞬時エネルギー（単位はW-s）を計算したものです。スケールと単位はプローブとオシロスコープで自動的に設定されたものであり、ユーザによる設定は不要です。
- パワー測定アプリケーションを使用することでオシロスコープの設定が簡単に行え、測定の再現性が向上します。図8の下半分に表示されている、テクトロニクスDPOPWRなどのアプリケーション・ソフトウェアを使用すると、信号取込み、信号処理、電力波形の解析が自動的に実行され、測定結果が標準化されたドキュメントとして表示されます。

オシロスコープの詳細な技術情報については、当社ウェブ・サイト（www.tektronix.com/ja）から「オシロスコープのすべて（入門書）、ドキュメント番号： 03Z-8605-xx」をダウンロードすることができます。

低電力測定の例

デバイスをオフにしたり、待機モードにするなどして、消費電力を抑えるための数多くの取り組み、規制があります。デバイスごとの待機電力は小さなものですが、世界中にある数百万のデバイスのトータルの待機電力を考えると、世界中で消費される電力に占める割合は大きなものになります。

規制などで求められている測定確度はさまざまですが、数%（プローブ、オシロスコープ、優れた測定方法で可能）から1%以下（精密DMM、パワー・メータ、パワー・アナライザでのみ可能）まであります。しかし、設計検証、製品仕様に対する検証、プリコンプライアンスの待機電力テストなどでは、このテクニカル・ノートに書かれている方法で十分です。

まず、LCDコンピュータ・モニタの入力電源品質測定のためのセットアップを説明します。入力電圧はTMDP0200型差動プローブで、入力電流はTCP0030型電流プローブで測定します。図9は、MSO5000シリーズ・オシロスコープでDPOPWRパワー・アプリケーション・ソフトウェアを実行した例であり、入力の電圧、電流、電力、周波数、クレスト・ファクタが自動測定されています。モニタの電源がオンの状態で、約45Wが消費されていることがわかります。

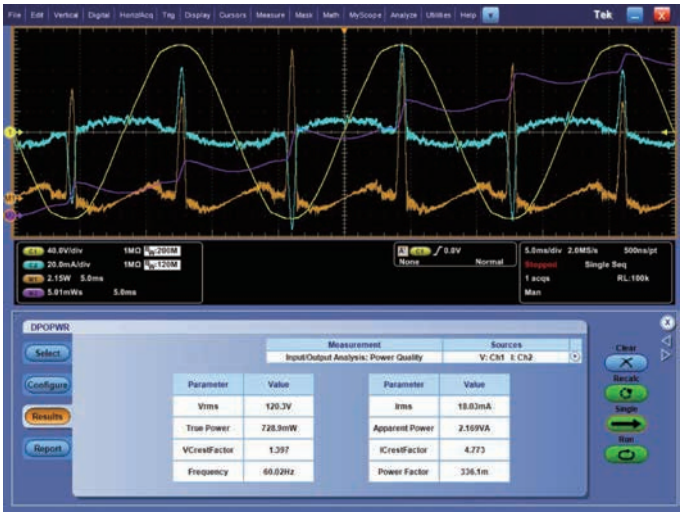


図10. 待機モードにおけるLCDモニタの電力品質測定の例

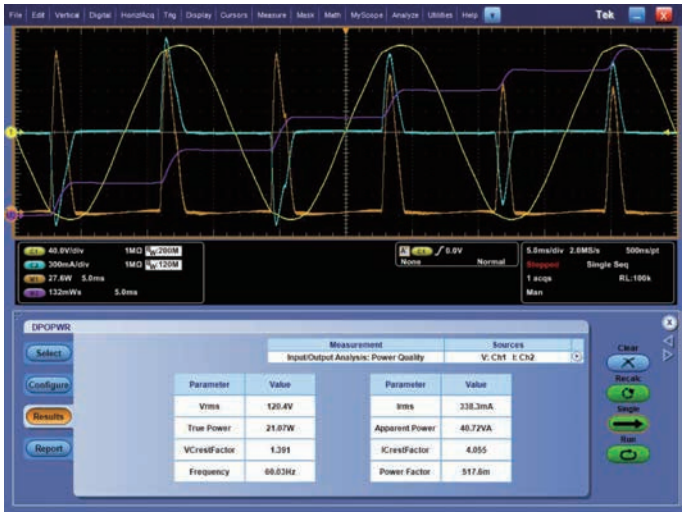


図11. ノートPC動作時、ノートPCのバッテリ充電完了後の電源アダプタの電力品質測定例

図10は、同じコンピュータ・モニタの待機モードにおける測定例です。電源スイッチを切った後、アプリケーションのSingleボタンを押して再度アプリケーションを実行します。モニタの消費電力は3/4Wであり、設計目標の1W以下になっています。電力消費が減っているため、電流のパルス幅は狭くなっており、電流のクレスト・ファクタは悪化し、力率は著しく悪化しています。

2番目の例は、同じセットアップで、ノートPCの1.5A電源アダプタの電源品質を測定した例です。PCが動作し、バッテリが充電されている場合、電源アダプタは約24Wを消費しています。バッテリがフル充電されると、消費電力は約21Wに下がります（図11を参照）。ここでも電流はパルス状になっており、高いクレスト・ファクタ、低い力率になっています。

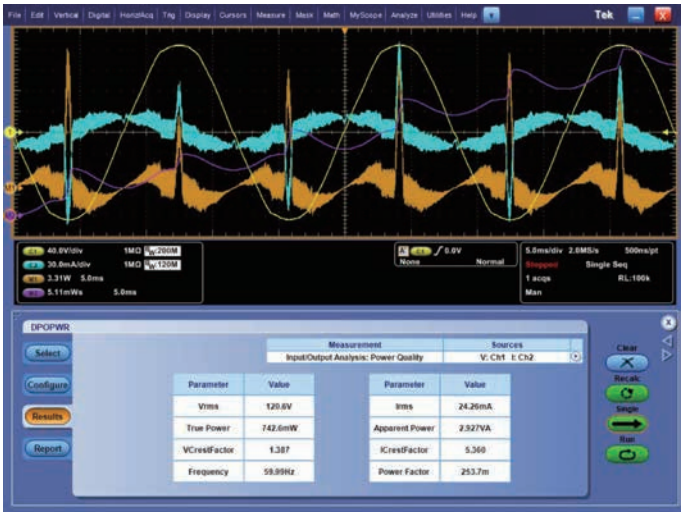


図12. ノートPCの電源オフ、ノートPCのバッテリ充電完了後の電源アダプタの電力品質測定例

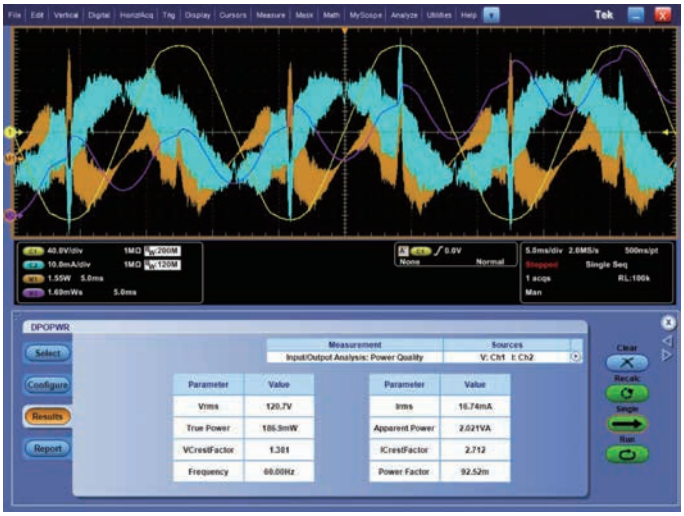


図13. 負荷のかかっていない電源アダプタの電力品質測定例

図12は、ノートPCの電源オフで、パワー・アプリケーションのSingleボタンを押したときの波形であり、電力は1W未満に低下しています。電流のピークは非常に小さくなっていますが、黄色の電圧波形と青の電流波形の位相シフトが大きくなっており、入力フィルタ回路のライン間キャパシタによる大きな無効負荷があることがわかります。この無効負荷は、有効電力と皮相電力測定の相対振幅を比較することで確認できます。

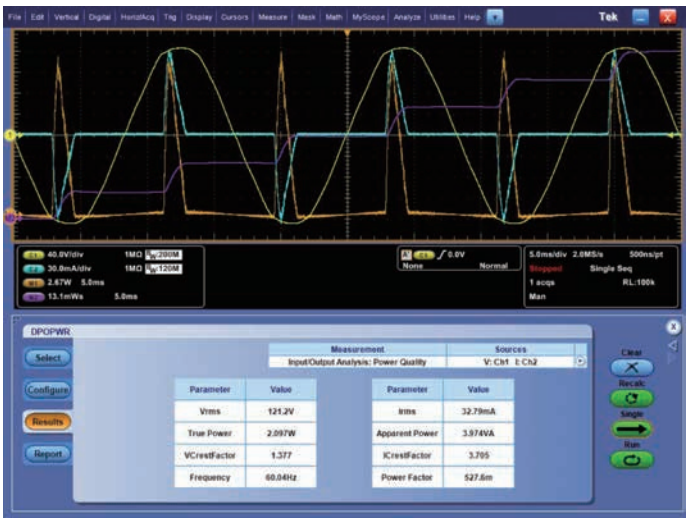


図14. 携帯電話充電時の充電器の電力品質測定例

ノートPCを電源アダプタから外すと、図13に示すように電力はさらに下がりますが、波形の一般的な特性は似ています。

三番目の例として、同じセットアップで0.15Aの携帯電話充電器の電力品質を測定します。図14は、携帯電話を充電しているものであり、充電器の消費電力は2Wをわずかに超えています。

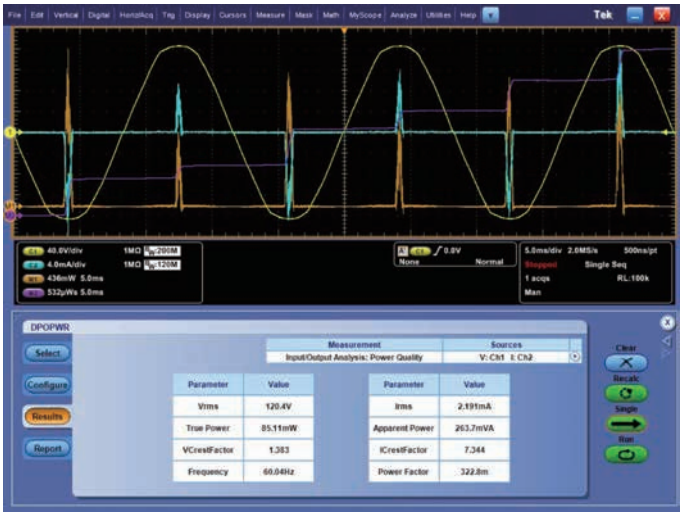


図15. 携帯電話の充電完了後の充電器の電力品質測定例

図16. 負荷のかかっていないBluetoothペア・デバイス・チャージャの電源品質測定例

携帯電話の充電が完了すると、充電器の電力は約85mWまで低下し、設計目標の100mW以下であることがわかります。

最後の例は、Bluetoothの補聴器のペアリング・デバイスの充電器をフル充電した後の、充電器のライン入力における電源品質の測定例です。図16は、DPOPWRによる電力品質の自動測定例です。この例では、非常に短いパルス幅で電流が流れており、大きなクレスト・ファクタの測定になっています。瞬時電力もパルス状ですが、平均の電力損失は小さくなっています。ここでも、待機電力は設計目標の100mWよりも十分に小さな値になっています。

まとめ

オシロスコープと高性能電力測定用プローブを使用し、このテクニカル・ノートで説明した方法で測定することにより、待機電力などの低電力測定が簡単に、正確に実行できます。電力測定用のアプリケーション·ソフトウェアを使用することで、さらに簡単に、優れた再現性を持って測定できます。

ASEAN／オーストラリア・ニュージーランドと付近の諸島 (65) 6356 3900
ベルギー 00800 2255 4835*
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777
フィンランド +41 52 675 3777
香港 400 820 5835
日本 0120 441 046
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777
中国 400 820 5835
韓国 001 800 8255 2835
スペイン 00800 2255 4835*
台湾 886 (2) 2722 9622
オーストリア 00800 2255 4835*
ブラジル +55 (11) 3759 7627
中央ヨーロッパ／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／CIS +7 (495) 7484900
スウェーデン 00800 2255 4835*
イギリス／アイルランド 00800 2255 4835*
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他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、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 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*
アメリカ 1 800 833 9200

* ヨーロッパにおけるフリーダイヤルです。ご利用になれない場合はこちらにおかけください。+41 52 675 3777

Updated 10 February 2011

48Z-28259-0
2013年6月

Tektronix®

〒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
テクトロニクス お客様コールセンター TEL:0120-441-046
（ヨッ!良い オシロ）
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）

www.tektronix.com/ja

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 © Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。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。