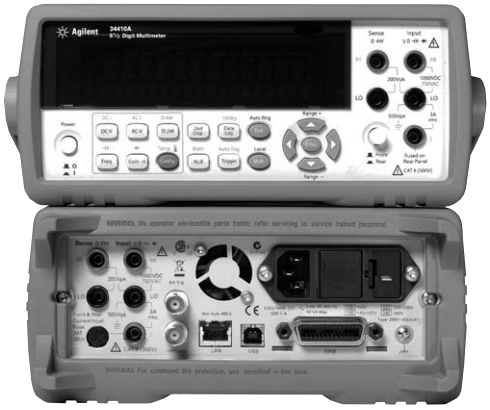
Agilent 34410A/34411A
6 1/2桁高性能マルチメータ

Application Note



目次

はじめに	1
機能と性能	2
アプリケーションとソリューション	4
高速測定について	13
内蔵Webサーバ	18
まとめ	19

はじめに

Agilent 34410A/34411Aは、業界標準としてご愛用いただいている 34401Aをベースに大幅に機能を強化された最新世代の6 1/2桁マルチメータです。これらの新しいDMMは、汎用測定、正確なDC/AC測定、電気機械信号の波形捕捉、高速のスループット／プログラミング速度をはじめ、ユーザのアプリケーションに必要な幅広い測定機能を提供します。

主な特長：

34410A 6 1/2桁 高性能DMM

- 5 1/2桁で10,000回/sの読取り速度
- 6 1/2桁で1,000回/sの読取り速度
- 1年間で30 PPMの基本DC確度
- LAN、USB、GPIBを標準搭載
- DCV、ACV、DCI、ACI、2/4端子抵抗測定
- 周波数、周期、導通、ダイオード・テスト
- 容量測定、温度測定
- 広い測定レンジ
- 50,000個の読み値を保存できる不揮発性メモリを備えたデータ・ロガー

34411A 6 1/2桁 拡張性能DMM

34410Aの全機能に加えて、以下の機能があります。

- 4 1/2桁で50,000回/sの読取り速度
- メモリは100万個の読み値を保存
- アナログ・レベル・トリガ
- プログラム可能なプリ／ポスト・トリガ

Agilent Technologies

このアプリケーション・ノートでは、さまざまなアプリケーションで34410A/34411Aの機能、性能を活用する方法を詳しく紹介します。34410A/34411Aは34401Aと互換性があり、34401Aのエミュレーション・モードをサポートしています。34401Aと新しい34410A/34411A DMMとの詳しい比較については、Application Note 5989-4038EN “Replacing the Agilent 34401A with the new Agilent 34410A and 34411A High Performance Digital Multimeters”をご覧ください。このアプリケーション・ノートでは34410A/34411A の性能仕様のいくつかを紹介しますが、測定／システム性能の詳細については、5989-3738JAJP“34410A/34411A マルチメータ data sheet”を参照してください。

機能と性能の概要

34410Aと34411Aは、どちらも優れたベンチトップおよびシステム用のDMMで、研究開発からデザイン検証、製造までの各工程において、優れた測定機能を提供します。

ベンチ用のDMMとしては、研究開発における幅広い特性評価用の機能を提供します。ベンチ・ユーザのための主な特長を以下に示します。

- ベンチトップに便利な小型モデル
- 使いやすいインタフェース
- 設定および測定用のデュアル・ディスプレイ
- 表面実装部品用プローブ・キット
- DCV、DCI、ACV、ACI、周波数／周期、2/4端子抵抗測定
- ダイオード・テストと導通テスト
- 正確な容量測定
- オフセット補正抵抗測定
- 温度測定（サーミスタ、RTD）
- DC/AC信号測定でのピーク測定
- 最大サンプリング・レートでの統計処理
- リミット・チェック機能

- 不揮発性メモリへのデータ・ロギング
- Webサーバ機能内蔵
- Intuilinkソフトウェア

今日の電子部品は、表面実装抵抗やキャパシタが小さく、マークもされていません。34410A/34411Aには高性能の表面実装プローブがあり、正確な容量測定ができ、ベンチ上の部品を容易に整理できます。また、正確なDC/AC測定を行いながらのピーク測定は、強力なトラブルシューティング・ツールになります。内蔵のデータ・ロギング・ツールを使用すると、ファンクションを選択してタイミングを設定するだけで、後はDMMが自動で測定を行って不揮発性メモリにデータを保存します。さらに内蔵のWebサーバを使用して、データをスプレッドシートに直接にカット・アンド・ペーストしたり、付属のIntuiLinkソフトウェアを使用してUSB/LAN/GPIBによるデータ・ロギングも簡単に行えます。

ラバー・バンパーとハンドルを取り外すと、すぐにシステムに組み込んで使用でき、VXIやPXIさえも凌ぐ性能を持ったDMMとなります。そのため、携帯電話機、無線LAN、Bluetooth、自動車などの量産システムで高いスループットを実現できます。
システム・ユーザのための主な特長を以下に示します。

- フロントとリアに入力端子を装備
- 使いやすいSCPIコマンド言語
- 最大50,000回/s（34411A）の読取り速度でPCへの転送が可能
- 高速測定に加えてトレーサブルな確度
- 最大270,000回/sの速度で保存メモリから読み込み可能
- ms以下の時間でコマンドを解析
- ms以下の外部トリガ遅延
- スイッチ機器とのハードウェア・ハンドシェーク
- 波形捕捉のための正確なサンプリング・タイマ
- DC/AC信号測定でのピーク測定
- 100 Mb LAN、USB 2.0、GPIB
- Webサーバを使用したリモート・アクセス
- LXI class C準拠
- 34401Aエミュレーション・モード
- IVI、LabVIEW™用のドライバ

これらのDMMは、スイッチをオンにするだけで、フロントパネルやWebブラウザを使って操作できます。本製品を使用する前に、ドライバのインストールなどは必要ありません。Webサーバを内蔵しているので、LANポートを装備したどのコンピュータからでもこのDMMを完全に制御できます。

これらのDMMには、一般的なプログラミング開発環境で使用できる、AgilentのVISA I/Oライブラリ、ドライバ、サンプル・プログラムが付属し、プログラミングも簡単に行なえます。

現在のシステム内にある34401Aの代わりに使用する場合でも、コマンド“SYSTem:LANGuage 34401A”を使用して、34410A/34411Aをエミュレーション・モードにするだけですみます。テスト・プログラムを書き換える必要はありません。むしろ必要なのは、より高速な測定器、高分解能の測定のための修正です。このモードは不揮発性メモリに保持されるため、スイッチを入れ直しても34401Aのエミュレーション・モードとなっています。詳細は、Application Note 5989-4038JAJP“34401Aに代わる新製品34410A/34411A高性能デジタル・マルチメータ”を参照してください。

アプリケーションとソリューション

34410A/34411Aは、さまざまなアプリケーションで優れた価格性能比を提供する汎用DMMです。電子部品、航空宇宙、通信、自動車、工業、その他DC/AC測定が要求される数多くのアプリケーションで、34410A/34411A DMMは優れた使いやすさと高い性能を実現します。以下では、他の多くの汎用DMMでは提供されない新機能について説明します。次の「高速測定について」では、これらの測定器の設定方法を紹介します。

高NMRでの正確な測定

34410A/34411A DMMは特殊なアパーチャ・シェーピング・アルゴリズムを使用して、DC測定における電源関連ノイズのノーマルモード・ノイズ除去を強化しています。これは、複数の測定の重み付き平均を連続して増減します。この特殊なアルゴリズムは、NPLCの設定が2、10、100のときに使用されます。1 PLCではノーマルモード・ノイズ除去は55 dBですが、2 PLCでは、電源周波数の±0.1 %で110 dBと飛躍的に向上します。

DMMの多くは、10および100のNPLC設定、電源周波数から±0.1%の偏差で60 dBのノイズ除去を提供します。しかし、アパーチャ・シェーピング・アルゴリズムはより広い動作周波数のノッチを作成し、±1 %では75 dB、±3 %では55 dBを実現しています。このため、市場のほとんどのDMMよりも速く、正確な測定が行えます。

正確なキャパシタンス測定

回路をデザインする際に、その中で使用するキャパシタの正確な値が分かっていればきわめて有利です。携帯型や5 $^1/_2$桁マルチメータの多くは、理想的な定電流源から充電される理想的なキャパシタを仮定して、公式C＝I/（dV/dt）を使用して測定しています。これにより、これらの測定器は薄膜キャパシタ（ポリエステル／ポリプロピレン誘電体）に対して1 %以上の誤差を仕様化していますが、他の誘電体のキャパシタについては誤差を仕様化していません。しかし、実際のキャパシタは誘電吸収、リーケージ、損失係数、非線形の等価直列抵抗（ESR）などに起因した、理想的でない動作を示します。電流源も理想的ではないので、このタイム・ドメインの直線近似法では、かなりの誤差が生じます。

34410A/34411Aは特許取得済みのタイム・ドメイン・アルゴリズムを使用して、キャパシタの理想的でない性能を部分的に除去できます。まず第1に、A/Dは測定に大きなノイズを導入することなく、被試験キャパシタの充電曲線を高速にサンプリングできます。第2に、定電流源はオンにしたときにサーマル・テールなどの動作がありません。第3に、DMMの内部キャパシタンスとプローブのリード・キャパシタンスを、内蔵のヌル機能を使って校正により除去できます。これは、最初の測定をその後のすべての測定から減算するものです。

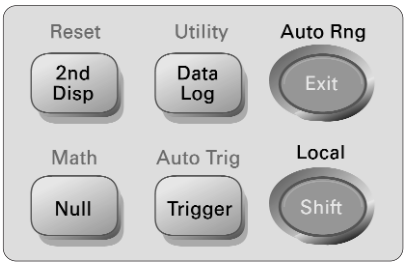
この手法を用いると、かなり確度が向上します。34410A/34411A DMMの仕様は、0.5 %ですが、ラボ・テストでは、0.1 %台の性能レベルを達成しています。さらに、アルミニウム電解キャパシタなどの誘電率の低いキャパシタの測定でも、大きな確度の向上が見られました。

PCを使用しないシンプルなデータ・ロギング

アプリケーション：急に上司からコンピュータ・サーバ室の温度変化を測るように頼まれました。エアコンが、温度の急激で大きな変化をもたらしているらしいと言います。すぐに測定するにはどうしたらいいでしょうか？

- 34410A、プローブ、電源コードを持って、コンピュータ室に行きます。
- センサ・プローブを設置します。
- 温度測定ファンクションとセンサ・タイプを選択します。
- Data Logキーを押し、1時間の1秒インターバルを設定します。
- Trigger Keyを押してプロセスを開始します。

これで1時間後に測定が完了します。1時間前であれば、任意のキーを押すことによりデータ・ロギングは停止します。いずれにしても、測定値は不揮発性メモリに保存されています。



- DMMを外して、自分の仕事場まで持って帰ります。
- LANに接続して、PCのブラウザを立ち上げます。
- ブラウザから読み値をカット・アンド・ペーストでスプレッドシートに移します。
- チャートやグラフをプリントアウトして、上司に渡します。

キー・ポイントを以下に示します。

- 測定にPCは必要ありません。
- 設定はフロントパネルから簡単に行えます。
- 34410Aは小型で、持ち運びが簡単です。
- データ収集のために、プログラムを書いたりロードする必要がありません。

正確なDCV測定とピーク測定

電源では、必要なDC出力にリップル電圧が乗っていることが多くあります。このようなリップル電圧は、一定のレベル以下になるように仕様化され、テストされています。AC信号の周波数は多くの場合電源に関係していますが、スイッチング電源に起因する場合もあります。例えば、**図1**はAC成分を持ったDC信号を示しています。

このような場合、一般的にDCVとACVの両方でRMS測定を行います。しかし、この方法には、以下のような制限があります。

- 2つの測定を行うと、特にファンクションやレンジを変更する際に、時間がかかります。
- 一般的なACVのRMS測定には、有用なピーク情報がありません。
- ピーク情報をディジタイズするために時間がかかります。

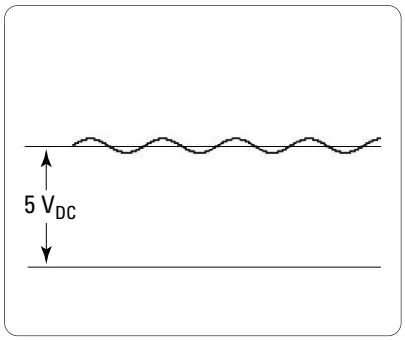


図1.

34410A/34411A DMMにはピーク測定という補助的な測定機能があり、DCV（またはACV）測定にアクティブにすることができます。以下のように操作します。

- ピーク測定機能をオンにします。
- 電源周波数の1周期以上で積分時間を使用して、電源周波数とランダム・ノイズを除去した正確なDCV測定を行います。
- DCV測定とピーク測定のデータを読み出します。

ピーク測定はDCV測定のアパーチャの間の20 μsのインターバルで行われるので、幅が20 μs以下のピークを検出できます。これら2つの測定から、以下のような判定が可能になります。

1. DCVおよびp-pのデータが許容範囲内：合格
2. DCVは許容範囲内だが、p-pがリミット値を超えている：不合格
3. DCVはやや範囲を外れているが、p-pは範囲内：不合格

2と3の場合は、p-pリップル電圧が問題となります。2は出力フィルタの不良が原因の、過大なノイズ・スパイクかもしれません。3では歪みが非対称のAC成分を作り出し、DCV測定のDC成分に加算されている可能性があります。その場合は、リップルは同じp-p電圧を維持していると考えられます。主測定が不合格となった場合は、信号に関するより多くの情報が必要です。34411A DMMは50,000回/sの速度で波形捕捉を行えるので、信号のサンプリングを行ってより多くの診断情報を得ることができます。

製造環境では、テスト時間の短縮が目標となることが多くあります。正確なDCV測定とピーク測定の組み合せにより、DCV測定とACV測定を個々に行ったり、信号のディジタイズと処理を個々に行う場合よりも大幅にテスト時間を短縮できます。また、p-p情報が得られるので、信号の品質を詳細に理解できます。

レベル・トリガを使用した正確な測定

図2の波形は、携帯機器が動作するときのバッテリによる電流ドレインを示しています。この測定の目的は、パルスの平均DC電圧の値を、パルスの持続時間内で測定することです。このパルスに同期した外部トリガはありません。最初に考えられるのは、大量の高速測定により非同期のイベントを捕捉するのが、唯一の解決方法だろうということです。その後、コンピュータで波形を処理して結果を得ます。

アナログのレベル・トリガのあるDMMでは、この測定は比較的簡単です。測定を開始するのに、外部TTLパルスは必要ありません。パルスの立ち上がりエッジのどこか（レンジの％）でトリガするように、34411Aを設定します。パルスの「平坦な」部分で測定が開始するために、トリガ遅延を使用できます。また、パルス幅の持続時間を超えず、測定の精度が最大になるように、A/Dアパーチャを設定します。図2の例では、レベル・トリガからの100 μsの遅延により、立ち上がりエッジを過ぎたところで測定を開始しています。34411Aは1 msのアパーチャを使用して、6 1/2桁の測定が行えます。さらに、前の例のようにDC測定ではピーク測定機能が使えるため、p-p成分も捕捉できます。

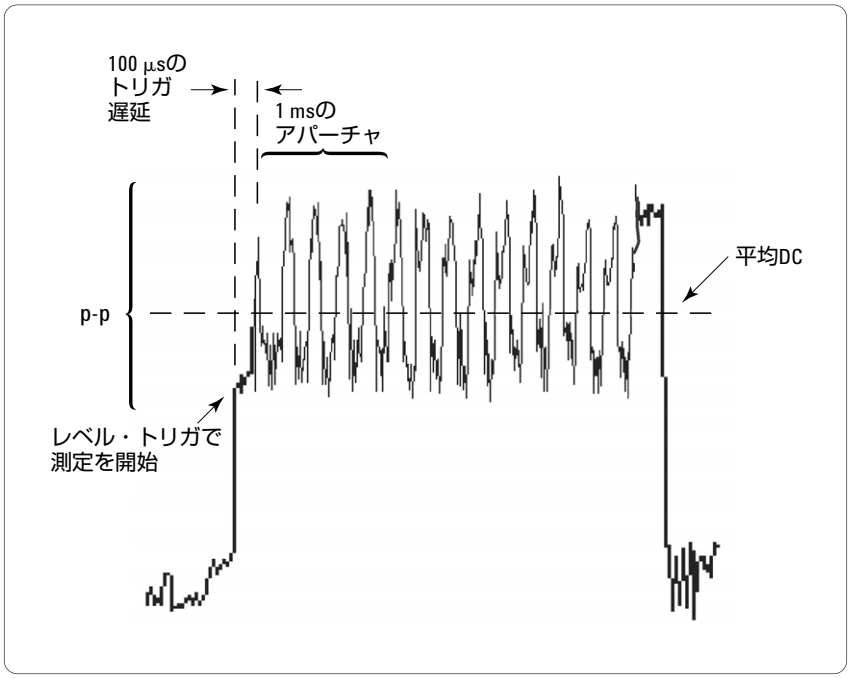


図2. 測定時間にわたって20 μs間隔でピーク検出を実行。

ダイレクト・サンプリングACVを使用した蛍光灯安定器のテスト

蛍光灯がオフのとき、ガラス管内の水銀ガスは非伝導の状態となっています。電圧を最初に印加する際に、水銀のガス放電が起こるには300 Vacが必要です。低圧のガス内を電流が通過して、紫外線が放射されます。内部に塗布された蛍光体が、きわめて高い効率で紫外線を可視光線に変換します。いったん放電が始まれば、放電を維持するのに最初よりずっと低い電圧（通常は100 Vac～175 Vac）しか必要ありませんが、その電圧は蛍光灯のW数定格により決まります。

正しい電圧が供給されるように安定器の電圧をテストするために、DMMが必要です。これはACV測定です。34401Aを含め、多くのDMMはACV測定のためにアナログRMSコンバータを使用します。これらのコンバータは最高1 MHzの周波数成分を測定できますが、短い持続時間の高電圧のスパイクが入力に存在しても、DMMにそれをうまく伝えることができません。このような小さなスパイクはRMS成分にほとんど影響を与えず、したがって、電圧測定の結果は、予想電圧とかなり違ったものになります。

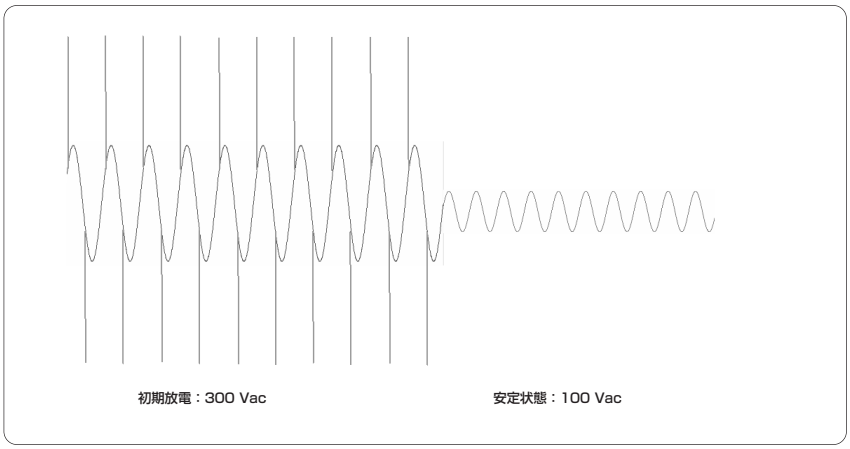


図3.

例えば、安定器が実際には、最初の放電に必要な300 Vac信号とともに1 kV以上のスパイクを発生しているかもしれません。たとえばDMMは300 Vacと表示した場合、テスト・システムは、十分許容値内であるため、問題はないと判断します。しかし実際には、大きな電圧スパイクがDMMの入力セクションに入っているかもしれません。もし効果的に保護されていなければ、DMMの入力回路が、故障する可能性があります。

34410A/34411AはACのRMS測定を行うのに、ダイレクト・サンプリングを使用しています。アナログのRMSに比べて、ダイレクト・サンプリングには10倍高速なAC測定、高周波の正弦波に対する確度の向上、p-p情報、クレスト・ファクタのディレイティングがないという、4つの大きな利点があります。

入力信号を大きくオーバサンプリングすることにより、狭い高電圧のスパイクを検出でき、DMMはそのようなスパイクに対して過負荷エラーを表示します。そのため、テスト・エンジニアはDMMへの配線か、安定器に問題があることを知ることができます。解決方法は簡単で、フィクスチャにフィルタを追加してDMMの入力端子に達する前に予想されるスパイクを抑圧するだけです。いずれにしても、テスト・エンジニアは信号の実際の成分を「見る」ことのできるDMMから、より多くの情報を得ることになります。ダイレクト・サンプリングACにより、RMS測定とピーク測定が同時に行えます。

オシロスコープと同様の波形捕捉によるレベル・トリガ

航空宇宙／自動車アプリケーションには、電気機械信号がたくさんあります。このようなアプリケーションには、振動したり、圧縮伸張する機械部品が存在します。これらの信号の周波数成分は低周波で、多くの場合8 kHz以下です。例えば、一般的な加速度計の帯域幅は2.5 kHzです。これらに対して34411Aでは、以下のような機能を使用してこれらの信号の波形を捕捉できます。

- 低ジッタのサンプリング・タイマを使用した、4 $^1/_2$桁で50 kHzのサンプリング・レート
- 比較的フラットな帯域幅応答（3 kHzで0.1 dB未満、8 kHzで0.6 dB未満）
- アナログのレベル・トリガ
- プリ／ポスト・トリガによるサンプリング
- 100万個の読み値を記憶
- 270,000回/sの速度でメモリにアクセス

物理的な測定に加えて、ファンクション・テストのアプリケーションで発生する信号は8 kHzに満たないことが多くあります。300 Hz～3 kHzの音声信号、携帯電話、カメラ、PDAなどの携帯機器のバッテリ・ドレインなどの低周波成分の信号です。携帯機器の電流ドレインの測定は、電子産業では一般的なアプリケーションであり、バッテリの寿命が長いことは顧客満足の重要な要素となっています。携帯機器のさまざまな動作で電流ドレインを測定する必要があります。

Agilentの電源には、被試験デバイスに供給されている電流波形を、μAレベルで正確にサンプリングできるモデルがあります。例えば、N6700電源はそのような機能を搭載しています。しかし、測定はその電源から出力される電流に限られています。バッテリから過大な電流が引き出されていることをテスト・システムが発見した場合、一般に他の多くのテスト・ポイントを測定して、携帯機器のどの部分がオンであるべきときまたはオフであるべきときに、どのくらいの長さでオンになっているかを見つける必要があります。そのためには、電流使用のタイミングを調べる波形捕捉が必要です。

図4が示す波形は、写真を撮るための動作をさせたばかりのカメラからの電流ドレインです。この場合、電流シャント間の電圧を示しています。この波形では、オート・フォーカスの機械的動作、画像の処理、ディスプレイとステータスLEDのドライブ、処理結果のフラッシュ・メモリへの保存が表れています。

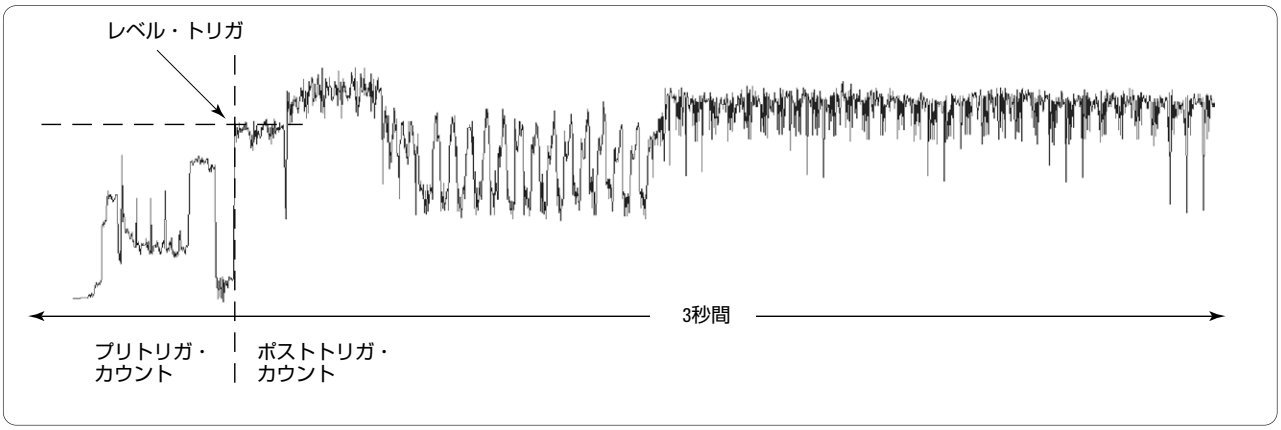


図4.

34411Aのレベル・トリガは、任意の測定ファンクションの単位で指定できます。ここでは、DCV測定を50 kサンプル/sの速度で行っています。100万個の読み値に対して、この速度では20秒間のデータを記憶できます。プリトリガとポストトリガを使用して、イベントの前後でオシロスコープと同様に波形の捕捉が行えます。DMMはレベル・トリガの発生まで継続して測定を行います。DMMは測定のプリトリガ・カウントを保持し、ポストトリガ測定のカウントを開始します。これは非同期イベントを待つための優れた方法で、プリ／ポストトリガ・カウントの間に測定の不連続はありません。

外部トリガの発生からの遅延サンプリング

多くのアプリケーションでは、一定の時間を待ってから実際の測定を行う必要があります。これは前に、パルスの正確なDC測定のところでも説明しました。測定を遅らせる理由は、多くあります。例えば、信号がセトリングするのを待つためです。これは浮遊容量が存在する場合の大きな抵抗の測定で一般的です。前出の安定器のテストでは、最初に高電圧放電が生じた後、安定したAC電圧レベルを測定する場合に遅延が必要です。

34410Aと34411Aのどちらにも、ハードウェア結合の外部トリガ入力があります。遅延は、外部イベントと測定の開始の間に挿入することができます。この遅延をゼロにすれば、測定エンジンは外部トリガから1 μs以内に測定を開始します（DC測定）。また、最大で3600 sの遅延（分解能20 μs）が可能です。

さらに、34410A/34411Aには、きわめてジッタの小さな（＜100 ns）正確なサンプリング・タイマがあります。外部トリガ・イベントにより、1回の測定、またはサンプリング・タイマを使用して間隔を開けた測定ができます。**図5**は、別のトリガ遅延とサンプリング・インターバルの概念を示しています。サンプリング間隔は34410Aでは最小100 μs、34411Aでは最小20 μsの値に設定できます。

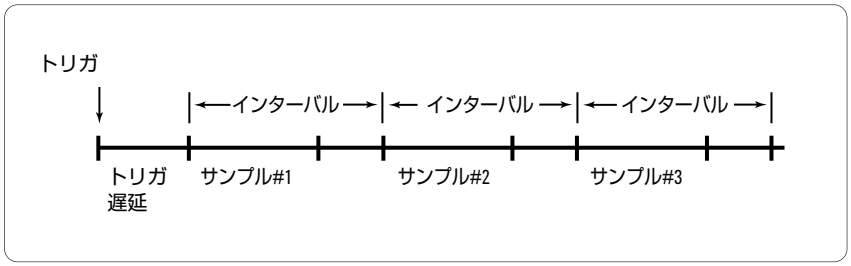


図5.

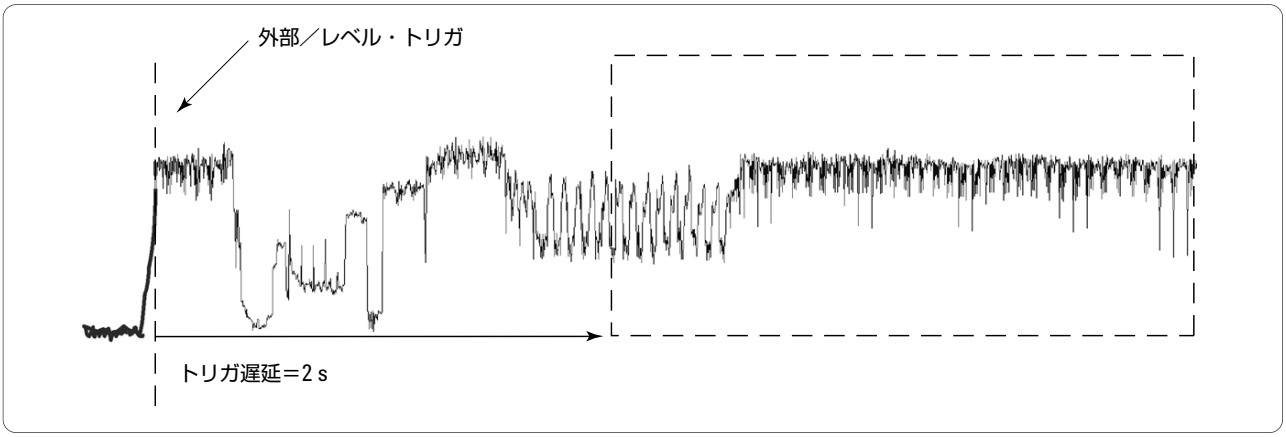


図6.

前出のバッテリ放電の例から、外部トリガやレベル・トリガ（34411Aのみ）を使用して、測定や波形捕捉が可能です。

複数のDMMを使用した同時測定

自動車や航空宇宙の分野で一般的な電気機械アプリケーションでは、複数のセンサを使った同時測定がよく行われます。高電圧の信号をスイッチ（特にFETスイッチ）を使用して、減衰しないように高速でスキャンするのは、困難です。また、電圧レベルが大きく異なる信号や、異なる測定ファンクションの信号間を高速でスキャンすることも、同様に困難です。このような場合は、複数のDMMをセンサに直接接続して、外部トリガ入力を並列にそれぞれのトリガ・イベントに入力します。

34410A/34411Aは、外部トリガを使用して、測定を同期することができます。トリガ遅延やジッタは1 μs未満なので、50 kサンプル/sで動作する複数台の34411A DMMは事実上同時にサンプリングを開始します。それぞれの34411Aで1,000,000個のメモリを使えば、最大で20秒間のデータを並列に捕捉できます。4台の34411A DMMを使えば200 kサンプル/sという実効サンプリング・レートを実現できます。

このアプリケーションでユニークなのは、これら4台のDMMを特別に用意する必要はなく、このアプリケーションのために借りて来ればよいのです。借りてきた場合にも、測定器をセットアップが簡単で、100Mb LAN/USB 2.0インタフェースがあれば高速のデータ・レートにも簡単に対応できます。

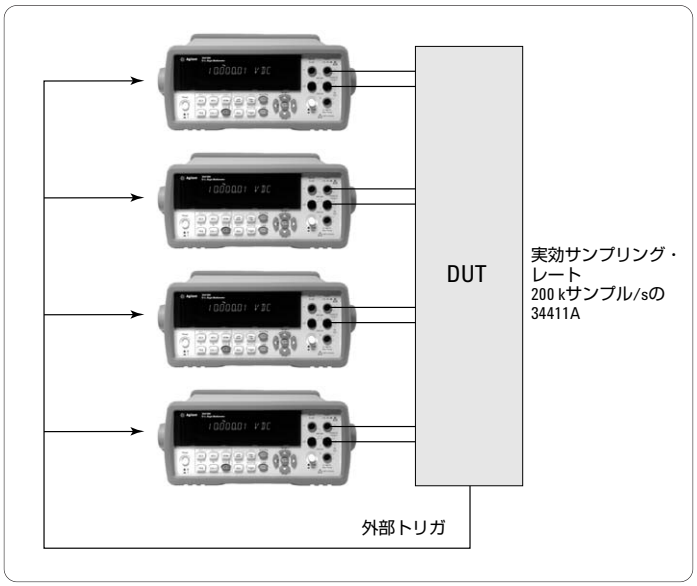


図7.

スイッチを接続した外部DMM

多くのチャネルをスキャンするには、34980Aスイッチ／計測ユニットなどのスイッチ機器とDMMを使用します。スキャンを開始すると、PCを介さずにスイッチとDMMが通信します。これは、ソフトウェア・コマンドを使用してチャネルをシーケンスするよりもずっと高速です。

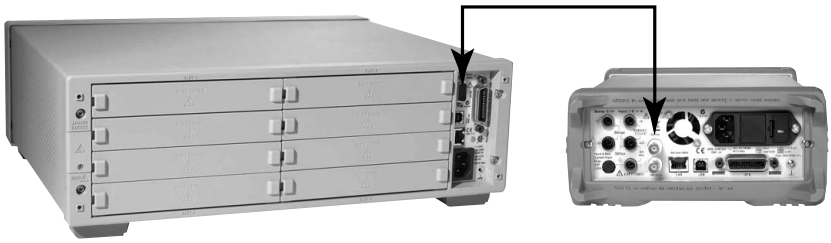


図8. Agilent 34980Aスイッチ・ユニットと34410A

ほとんどのスイッチ機器には、チャネル・クローズド（Channel Closed）出力とチャネル・アドバンス（Channel Advance）入力の機能があります。

- チャネル・クローズド：チャネルがクローズしてからパルスを出力
- チャネル・アドバンス：パルスを受け取るとリスト内の次のチャネルに進む

外部DMMを使う場合に、DMMのVoltmeter Completeラインはスイッチのチャネル・アドバンスに接続します。DMMの外部トリガ入力は、スイッチのチャネル・クローズド出力に接続します。スイッチでチャネル・リストを作成して、チャネル・アドバンスでパルスを受信すればチャネルをシーケンスするように構成できます。チャネル・リストが開始されると、スイッチはリスト内の最初のチャネルをクローズしてプロセスを開始します。リスト内の最初のチャネルがクローズされたら、スイッチ機器のチャネル・クローズド出力にパルスが発生します。このパルスがDMMをトリガします。DMMが入力信号を調べ終わると、そのVoltmeter Complete出力にパルスが発生します。これにより現在のチャネルがオープンし、次のチャネルはクローズします。このサイクルが、全チャネルのスキャンが終わるまで繰り返されます。サンプル・プログラムは34410A/ 34411A CDに収録されていて（**www.agilent.co.jp/find/34410A**でも入手可能）、34980Aスイッチ／計測ユニットと外部DMMを使用して、チャネルをスキャンできます。

34410A/34411Aは、きわめて高速なオートレンジを使用しています。これは、さまざまに異なる信号レベルのスキャンが、ほとんどのスイッチのスキャンと同じくらい高速であることを意味しています。Voltmeter Completeと外部トリガ・レベルは立ち上がり／立ち下がりエッジのどちらにも設定できるため、どのような外部スイッチ機器にも対応できます。またDMMのサンプリング・レートに遅延を追加して、DMMが実際に測定する前に、入力信号がセトリングする時間を設定することもできます。

高速測定について

これまでのセクションで紹介した例では、DMMを最高測定速度にプログラムして、トリガ・サブシステムを使用する必要がありました。しかし、アプリケーションによっては、最高速度を使用すれば必要な性能が得られるとは限りません。例えば、大きな電源周波数からの干渉があり、1 PLCに満たないアパーチャで測定を行う場合は、それらの周波数におけるノーマルモード・ノイズ除去はありません。そのような干渉に対するノイズ除去はコンピュータ上のアベレージングによって行い、ノイズを除去する期間にわたって多くのサンプリングを行う必要があります。ノイズがある場合に、1 PLC以上でサンプリングするには、DMMが測定する前のセンサにパッシブ・フィルタを追加します

高速測定を行う場合は、分解能も低下します。34410A/34411Aでは、これはA/Dと入力回路のノイズ特性に基づいています。すべてのDMMは、程度の違いさえあれそのようなノイズを持っています。それらの程度は、モデルによってさまざまです。34410A/34411Aの測定速度対RMSノイズの性能は業界最高です。**図9**は、0.001 NPLC（50 k回/s）～100 NPLCでの、両方のDMMの測定速度を示しています。

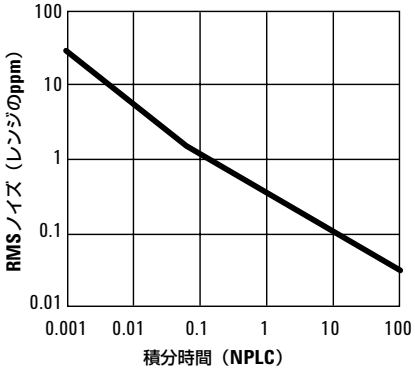


図9.

このグラフは、10 Vレンジの直線的な信号処理を表しています。さまざまな測定ファンクションの分解能へのノイズの影響を、以下の表に示します。

動作特性
回/s（最大）

	桁		
ファンクション	**4 1/2**	**5 1/2**	**6 1/2**
DCV	50 k	10 k	1 k
2端子抵抗測定	25 k	3 k	60
DCI	3 k	60	60
ACV	500	500	150
ACI	500	150	150
周波数	450	90	10
周期	450	90	10

34411Aでは、4 1/2桁のDCV測定で50 k回/sが仕様化されていますが、DCI測定では3 k回/sしかありません。抵抗測定でも速度が減少します。これは、50 k回/sでの電流や抵抗の測定を制限するものではありません。単にAgilentが4 1/2、5 1/2、6 1/2桁分解能に対する測定速度を示すために選択しただけです。自動車エレクトロニクス・テストなどのアプリケーションでは3 1/2桁や4桁の分解能で十分と考えられ、より高いサンプリング・レートが可能になります。

高速で高分解能のDCI測定を行う方法の1つは、外部電流シャントを使用して、50 k回/sでのDCVによりそのシャント抵抗の電圧を測定する方法です。1 Ωの抵抗は1 mAで0.001 Vになり、高分解能できわめて正確な測定が行えます。

高速DC測定のためのセットアップ

DC測定の測定速度を左右する重要な要素として、以下の5つがあります。

- オートゼロ
- オートレンジ
- アパーチャ
- 自動トリガ遅延
- ピーク測定

オートゼロ、オートレンジ、ピーク測定は、内部のソフトウェア・ステートマシンを使用してDMM内部の動作を制御します。このステートマシンは、最高でも約2000回/sに制限されます。2000回/s以上の読取り速度を得るには、オートゼロをオフにし、固定レンジを選択し、ピーク測定をオフにしてステートマシンの使用をオフにする必要があります。

オートゼロは、印加した信号のそれぞれの測定が終了した後に適用されます。内部回路は印加信号を解放して、入力端子からA/Dへの経路を短絡させます。オフセットを測定して、実際の測定値から減算します。これは、各測定において2つの読み値が取られることを意味します。オートゼロをオフにすれば1回の測定で済み、ソフトウェア・ステートマシンの介入がなくなります。

オートレンジは最大分解能の測定を行うために、印加した信号を前もって測定して最適なレンジを決定します。オートレンジは34410A/34411A DMMではきわめて高速なので、120 Hzの信号でも簡単にトラッキングできます。なおオートレンジでは10 Vや10 MΩレンジより高いレンジに切り替わる場合に、時間がかかる場合があります。オートレンジをオフにすれば、ソフトウェア・ステートマシンの介入がなくなります。

アパーチャとは、A/Dが印加された信号を積分するのにかかる時間です。34410Aおよび34411Aの最小アパーチャは、それぞれ100 μsと20 μsです。アパーチャの分解能は20 μsなので、最大サンプリング・レートは34411Aでは50 k回/s（20 μsのアパーチャ）です。次に高いサンプリング・レートは、25 k回/s（40 μsのアパーチャ）です。

自動トリガ遅延は、プログラミングされた設定です。これはデフォルトでオンになっています。オンにすると、DMMはファンクション、レンジ、積分時間（アパーチャ時間）に基づいて推奨遅延を決定します。この遅延はトリガ・サブシステムと関連しています。この遅延をオフにすると、すべてのファンクションに対してオフになります。

ピーク測定は、正確なDC測定を行う場合に使用するようにデザインされています。このような場合は、測定のアパーチャは通常は1 PLC以上となります。ピーク測定は6 $^1/_2$桁のDC測定でもオンにでき、1000 回/sが可能です。

DCVで最大の測定速度を得るためのSCPIコマンドの例：

```
CONF:VOLT:DC
VOLT:ZERO:AUTO OFF
VOLT:RANGE 1.0
VOLT:APER MIN
またはVOLT:NPLC MIN
TRIG:DELAY:AUTO OFF
TRIG:DELAY 0
```

アパーチャはMINに設定できます。34410Aの場合、これは100 μsです。34411Aでは20 μsがMINです。同じコマンドをDCI、抵抗、温度にも使用できます。ただし、VOLTをCURR、RES、FRES、TEMPに変更する必要があります。

オートゼロは、4端子抵抗測定を行っているときにはオフにできません。温度測定はすべて抵抗測定なので、2端子または4端子抵抗測定の可能性があります。

高速AC測定のためのセットアップ

AC測定では、以下が測定速度に対する重要な要素となります。

- ACフィルタ設定
- オートレンジ
- 自動トリガ遅延

AC測定はすべて500回/s以下に制限されます。上記の3つの要素の設定に依存して、AC測定はより遅くなる場合があります。ACフィルタはすべてのAC測定に共通であり、最も重要な要素です。フィルタの応答が測定速度に影響を与えます。以下の表を参照してください。

入力周波数	デフォルトのセトリング遅延	最大読取り速度
3 Hz ～ 300 kHz（低速）	2.5 s/回	50回/s
20 Hz ～ 300 kHz（中速）	0.625 s/回	167回/s
200 Hz ～ 300 kHz（高速）	0.025 s/回	500回/s

トリガ遅延をゼロにすると、最大読取り速度が可能になります。

オートレンジは、高電圧信号によってアクチュエータ・リレーのレンジが変わる場合を除いて、測定速度に大きな影響は与えません。自動トリガ遅延は、主にACフィルタの選択に依存して測定速度を低下させます。

ACVで最大の測定速度を得るためのSCPIコマンドの例：

```
CONF:VOLT:AC
VOLT:AC:BAND 200
VOLT:AC:RANGE 1.0
TRIG:DELAY:AUTO OFF
TRIG:DELAY 0
```

ACIの場合は、VOLTでなくCURRを指定すること以外は同じです。周波数については、コマンドFREQ:APERでゲート時間を0.001 s、0.01 s、0.1 s、1 sに指定します。これもACフィルタの選択とともに読取り速度に影響します。

p-p測定は、AC RMS測定の速度を低下させません。

さまざまなトリガの設定方法
34410A/34411Aには、2種類のトリガ・モデルがあります。これらを**図10**に示します。

前のセクションで示したSCPIコマンドを使用する場合は、カウント・アンド・ディレイ間隔モデルを念頭に置いています。トリガ遅延をゼロにすると、次の測定は前の測定のすぐ後に始まります。このモデルは汎用測定、特にオートレンジを使用する場合に有効です。つまり、DMMを最高の速度に設定した後は、各測定にかかる時間を気にする必要がありません。しかし、測定の終了後に一定のトリガ遅延が発生するので、このモデルは波形の捕捉には向いていません。

正確なサンプリング・タイム・モデルは、波形捕捉のために使用します。この場合は、サンプリング周期はインターバル以下の値に設定されます。サンプリング周期がインターバルを超えない限り、予測可能な測定間隔になります。ここでは、トリガ遅延は別のパラメータであり、測定のバーストの開始のみで使用されています。このモデルでは、測定の開始と終了を実際に知ることができないので、オートレンジの使用は適切ではありません。サンプリングがインターバルを超えると、タイミングが一致しないという警告が発せられます。これは、すべての測定間隔を正確にすることができないことを意味しています。

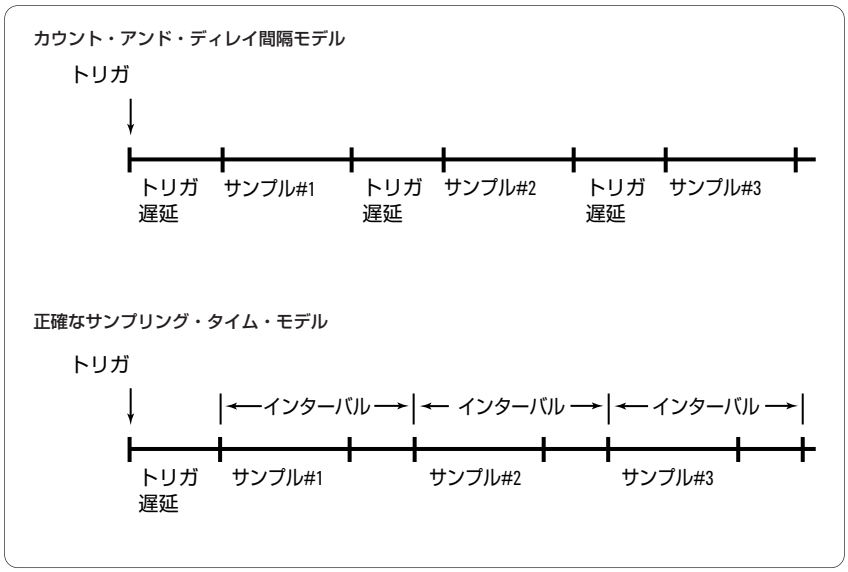


図10.

次に、正確なサンプリング・トリガ・サブシステムを使用した例を示します。すべての測定値をメモリに記憶し、50 k回/sでのDCV、最初に1 msのトリガ遅延、外部トリガを指定します。

```
CONF:VOLT:DC
VOLT:ZERO:AUTO OFF
VOLT:RANGE 1.0
```

```
VOLT:APER 20e-6
TRIG:DELAY:AUTO OFF
TRIG:DELAY 1e-3
TRIG:SOUR EXT
SAMP:SOUR TIMER
SAMP:TIMER 20e-6
SAMP:COUNT 50000
INIT
```

INITコマンドはトリガ・システムをアームします。これで、システムは外部トリガを待ちます。サンプリング・タイマをアパーチャ時間に等しくできることに注意してください。

次の例では、0.8 Vのレベル・トリガを使用しています。

```
TRIG:SOUR INT
TRIG:LEVEL 0.80
```

レベル・トリガの変更に以下のコマンドを追加すると、プリトリガ・モードで1000回の読取りを行い、0.8 Vのレベルを過ぎた後に49000回の読取りを行うことになります。SAMP:COUNTは読取りの全数を示し、PRETは50000からその値を引きます。

```
SAMP:COUNT:PRET 1000
```

システムの読取り／スループット・レート

34410A/34411Aは、優れたプログラミング性能とデータ復元性能を備えています。この性能を以下の表で示していますが、これらはデータ・シートから直接引用したものです。システムの読取りアーキテクチャの図では、3種類の経路を記載しています（**図11**）。

- 経路A：これはメモリへの書き込み速度です。メモリへの最大速度は50,000回/sで、これはA/Dのサンプリング・レートの関数となっています。DCかACにかかわらず、すべての測定はDMMのVoltmeter Complete信号上にパルスを発生させます。この信号は、オシロスコープや周波数カウンタでのすべてのサンプリング・レートの測定に使用できます。

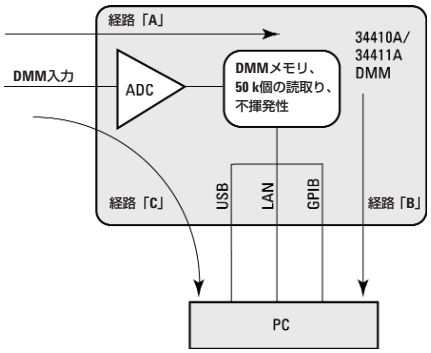


図11. システムの読取りアーキテクチャ

- 経路B：これはメモリからPCが読み込むのにかかる時間です（DMMメモリからPC）。この速度は、データ・フォーマットとインタフェースに依存します。データ・フォーマットとしては、ASCII（15バイト）、Binary 32（4バイト）、Binary 64（8バイト）を使用できます。インタフェースにはGPIB、LAN、USB 2.0のインタフェースや、LAN: VXI-11やソケットが含まれています。

- 経路C：これはプログラム的にトリガして、結果をコンピュータに読み込むのにかかる時間です。1回の読取り時間がダイレクトI/Oテーブルに示され、これは“INIT;:FETCH?”と同じ“READ?”コマンドを表します。

- バイナリを使用する場合はデータ・レートがきわめて高速なので、最大50,000回/sの速度で連続した測定を行う一方で、PCは周期的に読取り値のブロックに対する要求を出すことにより、サンプリング・レートに応答できます。GPIBでASCIIと64ビット・バイナリのみは、あまり速くないので、50,000回/sで処理できません。

DMMメモリからPC（メモリからの最大読取り速度）[1]
図：経路B

読取り フォーマット	GPIB 回/s	USB 2.0 回/s	LAN（VXI-11） 回/s	LAN（ソケット）、 回/s
ASCII	2,850	2,000	4,800	4,000
32ビット・バイナリ	89,000	265,000	110,000	270,000
64ビット・バイナリ	47,000	154,000	60,000	160,000

ダイレクトI/O測定（1回の読取り：測定とI/Oの時間）[1]
図：D

ファンクション	分解能 (NPLC)	GPIB ms	USB 2.0 ms	LAN (VXI-11) ms	LAN（ソケット） ms	メモリまたはダイレクトI/Oへの最大読取り速度 (回/s) 図：経路AまたはC
DCV/ 2端子抵抗	0.006（0.001）	3.0	3.6	5.0	3.5	10,000（50,000）
ACV/ 周波数	高速フィルタ、1 msゲート	10.0	10.0	10.0	10.0	500

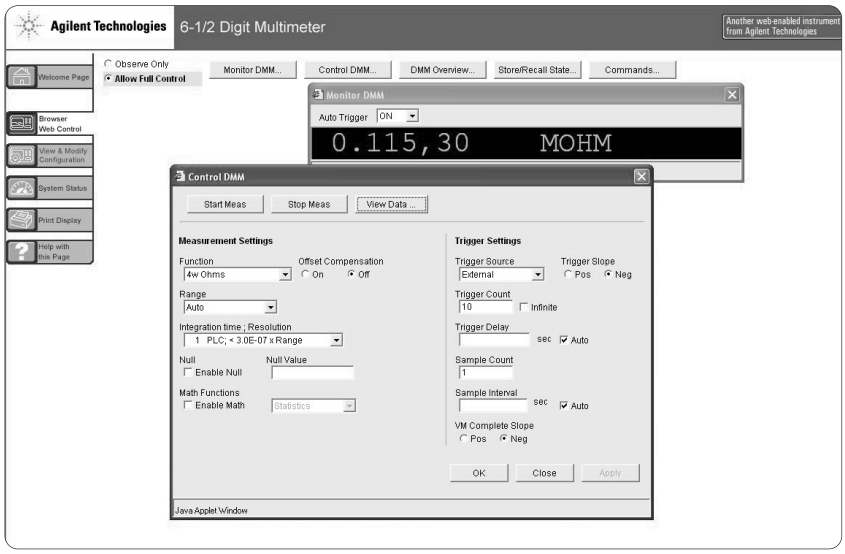
[1] 1/2スケール入力信号、即時トリガ、トリガ遅延は0、オートゼロはオフ、オートレンジはオフ、演算なし、ヌルはオフ、電源周波数60 Hz、仕様は34410A（または34411A）に対して。その他のファンクションの性能はマニュアルを参照。

内蔵Webサーバ

34410A/34411AはWebサーバ機能を内蔵し、Webブラウザから設定、診断、プログラミングが行なえます。必要なのはLAN接続、Webブラウザ、DMMのIPアドレスだけで、どこからでも34410A/11Aにアクセスでき、他のソフトウェアは必要ありません。DMMは、DHCP（外部ホストからIPアドレスを取得）、AutoIP（DMMが自身のIPアドレスを設定可能）、手動のIP設定のいずれでも使用できます。IPアドレスが分かれば、WebブラウザのURL欄にそれを入力するだけです。同時に3個のWebブラウザからアクセスできます。

34410A/34411A Webサーバの主な機能：

- すべてのパラメータを一度に表示可能
- 外部プログラムの動作確認
- 外部アプリケーションに読み値をカット・アンド・ペースト可能



- SCPIコマンドのロギング、捕捉
- DMMのプログラミングを理解するための学習ツール
- テスト・システムのリモート・モニタリング

Webサーバのきわめて強力な機能の1つに、SCPIコマンドのロギング機能があります。DMMのプログラミングを学ぶのに、マニュアルは文字通り必要ありません。Webサーバのコマンド・ロギング機能を使用すると、ブラウザから設定した内容に対応したSCPIコマンド・シーケンスが作成され、DMMのコマンドが簡単にわかります。このSCPIコマンド・シーケンスをブラウザのウィンドウからをカット・アンド・ペーストすれば、簡単にプログラムを作成できます。この機能はDMM OverviewおよびRead/Clear Remote I/O Traffic Logから使用できます。

まとめ

34410A/34411Aはベンチ用としても、テスト・システム用としても、優れた使いやすさと非常に強力な性能を提供します。アプリケーションが汎用測定、正確なAC/DC測定、電気機械信号の波形捕捉、高速のスループットやプログラミング速度などであっても、34410A/34411Aはさまざまなアプリケーションに対応し、強力な測定機能を提供します。

用語集

SCPI
(Standard Commands for Programmable Instrumentation)
英語スタイルの言語で、長年にわたって測定システムで使われています。

IVI
(Interchangeable Versatile Instrument)
プログラム・ルーチンを多くのメーカのDMMで使用できるようにします。

NMR
(Normal Mode Rejection)
ノーマルモード・ノイズ除去。一般に電源周波数ノイズの除去に関係します。

NPLC
(Number of power line cycles)
電源周波数。通常は50 Hzまたは60 Hzですが、400 Hzの場合もあります。

関連カタログ

Data sheet
5989-3738JAJP
34410A／34411A マルチメータ

Application note
5989-4038JAJP
34401Aに代わる新製品
34410A/34411A高性能デジタル・マルチメータ

以下のAgilentのWebサイトもご覧ください。

www.agilent.co.jp/find/connectivity

www.agilent.co.jp/find/adn

アジレント・テクノロジー株式会社

本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-19:00（土・日・祭日を除く）

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■ 0120-421-345
(042-656-7832)

FAX■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

● 記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2006
アジレント・テクノロジー株式会社

電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

Agilent Direct

www.agilent.co.jp/find/agilentdirect

測定器ソリューションを迅速に選択して、使用できます。

Agilent Open

www.agilent.co.jp/find/open

Agilentは、テスト・システムの接続とプログラミングのプロセスを簡素化することにより、電子製品の設計、検証、製造に携わるエンジニアを支援します。Agilentの広範囲のシステム対応測定器、オープン・インダストリ・ソフトウェア、PC標準I/O、ワールドワイドのサポートは、テスト・システムの開発を加速します。

Agilent Technologies

July 21, 2006
5989-4039JAJP
0000-00DEP