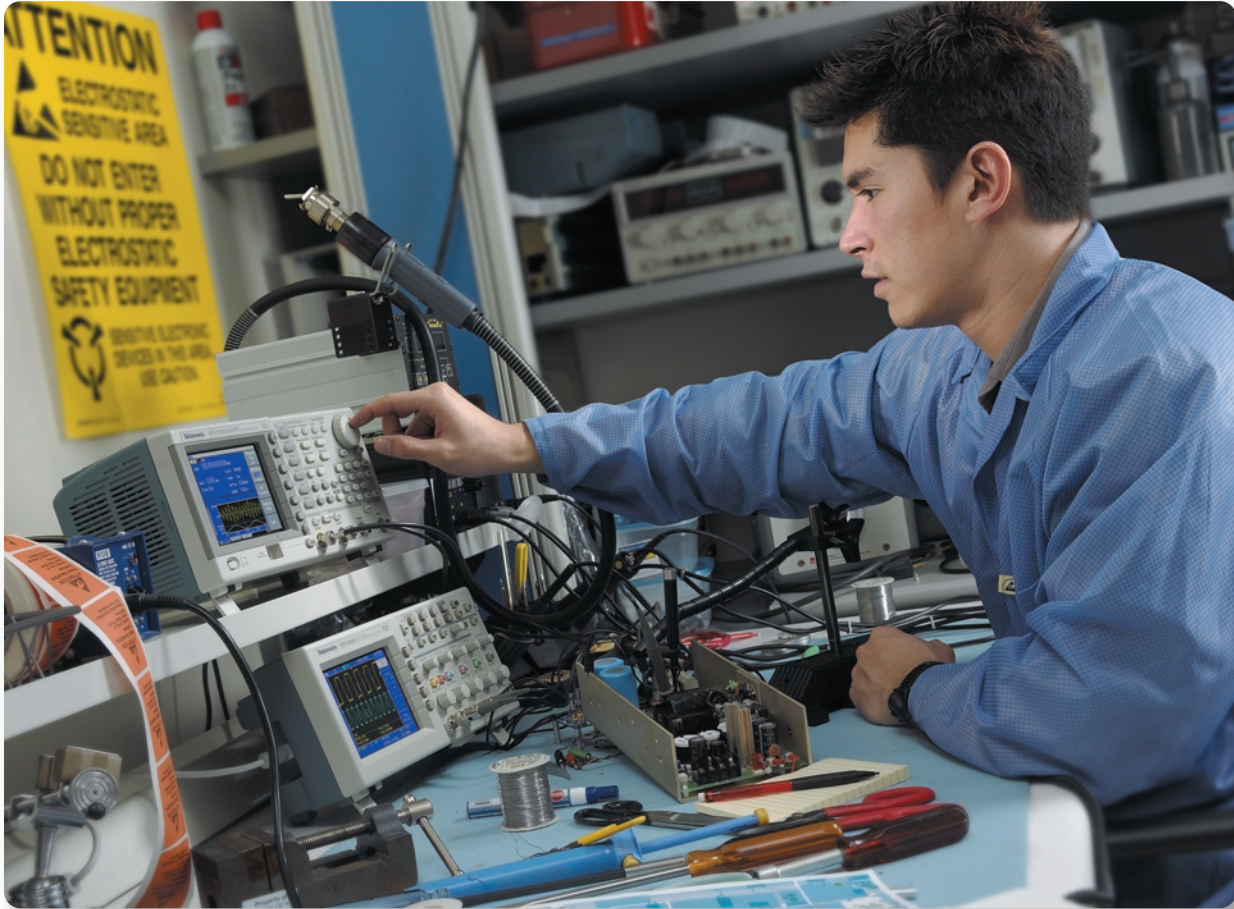


半導体の特性評価には柔軟な信号発生が必要



半導体はいたるところで使われています。半導体は、今日の通信システムやコンピューティング・システムの基本的な構成要素であり、消費者向け電子製品や航空宇宙技術の基本でもあります。また、産業システムや環境管理、その他をサポートしています。このアプリケーション・ノートでは、信号発生器として知られる測定装置が、一部の基本的な半導体デバイスの動作を正確に評価するのにどのように役立つかについて検証します。ここに記載するトピックは、新たな半導体デバイスの開発エンジニアだけでなく、これらのデバイスをエンド・ユーザ向け製品に仕上げるエンジニアにとっても興味ある内容であると考えます。

半導体の特性評価とは

一連の周到なレイアウトとモデリングのプロセスを経て、新しい半導体コンポーネントの「ファースト・シリコン」のプロトタイプは出来上がります。このプロトタイプは予想通りに動作するのでしょうか？許容誤差の累積や、回路素子間の予測不能な相互作用が、デバイスの意図された動作を妨げているかもしれません。そのため、デバイスをテストし、基本的な設計仕様を満たしていることを確認する必要があります。このテストは、設計が正しく機能することを立証するためのもので、設計検証または評価と呼ばれます。

半導体の特性評価には柔軟な信号発生が必要

► アプリケーション・ノート

第二段階のより包括的な一連の特性評価テストで、デバイスの「スペック」と動作マージンを決定します。このアプリケーション・ノートでは、特性評価、すなわちデバイスの実際の動作限界の測定が主なテーマとなります。これらの動作限界が満足できるものであることがわかったら、製造トレランスを指定できます。歩留まりの目標を設定し、データ・シートを印刷します。逆に、特性評価の結果が思わしくなかった場合は、デバイスは設計部門に戻されます。このように、特性評価は半導体の設計プロセスで重要な役割を果たします。

特性評価のための測定は、単純なオペ・アンプから高速のデジタル通信スイッチやCPUに至る、あらゆる新規の半導体設計で必要となります。完全な測定システムは、アナログとデジタルの両方のパラメータに対応しています。アナログ側では、最大周波数(Fmax)、スレッショルド電圧、感度、ゲイン、スルー・レート、セトリング・タイムなどのパラメータがあります。デジタル領域のパラメータとしては、セットアップ／ホールド時間、アベレーションのトレランス、ジッタ、スキューなどがあります。

ストレス・テストと呼ばれる第三段階の測定は、特性評価のプロセスに含まれる場合と、独立した作業として行われる場合があります。ストレス・テストは、信号のアベレーション、タイミングの衝突、振幅エラー、温度変化、およびその他の過酷な条件の下でデバイスをテストします。その目的は、たとえば、入力バッファが仕様に合致してはいるものの、トランジェントな振幅のピークに遭遇すると機能障害を起こす、といった潜在的な問題を検出することにあります。これらの条件が事前に分かれば、問題を事前に解決し、コストのかかるリコールを回避できます。

半導体技術の進化の要素の1つに、複雑度と動作周波数の増大があります。これは、エンド・ユーザにとっては大きなメリットをもたらしますが、新しいコンポーネントの特性評価を試みる設計エンジニアやテスト・エンジニアにとっては克服すべき問題となります。

最も重要なことは、複雑度や速度要件が増大すると、エンジニアはテスト対象の装置の要件によく合致し、かつコスト効率に優れた測定ソリューションを見つける必要が生じることです。

このアプリケーション・ノートの以下の部分では、半導体測定のアプリケーションでの信号発生器の使用について重点的に述べます。必要と思われる場合は、テストでのオシロスコープの役割についても説明します。

信号発生器：特性評価に不可欠な装置

信号発生器とは何か、信号発生器はなぜ必要か？

「信号発生器」は、ファンクション・ゼネレータ、パルス・ゼネレータ、RFソース、任意波形ゼネレータなどを指す用語です。信号発生器は、あらゆる種類のアプリケーションで一般的に使用されます。通常、信号発生器は、既知の属性を持つ制御された信号を提供します。信号は、新しく設計された回路素子の動作を再現し、これから設計に統合されるコンポーネントの代わりの役割を果たすことも少なくありません。既知の「スティミュラス」信号に対する応答は、回路の性能の測定手段となります。

半導体の特性を評価する場合、信号発生器はアナログとデジタルの多様な波形を生成できることが必要になります。そのため、特性評価を行うラボではファンクション・ゼネレータが主力となっています。コスト効率に優れたこれらの装置では、正弦関数、方形関数、パルス関数、三角関数などのさまざまな関数（数学的アルゴリズムに基づいた波形）の中から関数を選択できます。

それよりさらに柔軟性に優れているのが、"arb"あるいはAWGと呼ばれる任意波形ゼネレータです。このフル機能ツールは、考えられるあらゆる波形を複製することができ、また、オシロスコープで取り込んだ信号を模倣することも可能です。AWGの基本となるアーキテクチャは、デジタル・サンプリングです。

第三の信号発生器のアーキテクチャは、ファンクション・ゼネレータとAWGプラットフォームとにまたがります。これが任意波形／ファンクション・ゼネレータ（AFG）で、この名前は「任意波形機能を備えたファンクション・ゼネレータ」であることを表しています。AFGは、半導体の特性評価に不可欠な機能と汎用性を備えています。AFGは、サンプリング技術と直接デジタル合成（DDS；P11参照）の両方を利用して限りなく多様な波形、トランジェント、および意図的な歪みを発生させます。

信号発生器の選択

あらゆるエンジニアは、帯域幅、確度、振幅分解能、メモリ長といった信号発生器の「主要な」仕様の重要性を理解しています。

しかし、「二次的」な機能も重要です。パルスのエッジの変化に対するDUTの応答の詳細な特性評価が必要とされる場合は、立上り時間と立下り時間を独立してプログラミングできる装置を選択するのが賢明です。通信デバイスをテストする場合は、装置に変調機能が内蔵されていると、AM、FM、PM、FSK、あるいはPWMを必要とする測定を迅速化できます。同様に、ノイズ・ゼネレータも信号対ノイズ比や周波数応答、その他の多くのテストを行うのに便利です。

ユーザ・インタフェース機能も考慮すべき重要な要素です。新しく登場したAFGは、有効なすべての設定を表示する大型のカラー・ディスプレイを備えているだけでなく、出力する波形をグラフィックスで表示することも可能です。さらに、この非常に見やすいディスプレイには、装置の操作を簡素化かつ迅速化するショートカット・キーと、高度な設定を行うメニュー・システムが組み合わされています。初心者には装置の操作を素早く習得でき、熟練したテスト・エンジニアはより多くの仕事を短時間でこなすことができます。

ソフトウェアを利用した波形開発ツールは、複雑な作業を迅速化し、文書化およびプロセス管理をアシストします。ベンチトップ型の装置とパソコンの接続が、もはや例外的なことではなく当然のことになりつつあり、高性能な波形作成ソフトウェア・パッケージが不可欠となっています。

アプリケーションの例

注：下記のアプリケーションの例では、必要なすべてのスティミュラス信号は当社のAFG3000シリーズの装置により提供されます。"AFG"という略語は、AFG3000シリーズのモデルを表します。

コンパレータの性能の特性評価

アナログ・コンパレータは、アナログ環境とデジタル環境間の不可欠なゲートウェイです。"+"（非反転）入力で"-"（非反転）入力のスレッシュホールド電圧よりも大きいアナログ電圧が検出されると、コンパレータの出力が事前に設定されたバイナリ値に切り替わります。コンパレータはその単純さにより、今日の電子システムの最も一般的なコンポーネントの1つとなっています。

コンパレータの有効性にはいくつかの要素が影響を及ぼします。

- スレッシュホールドを正確に検出し、正しく応答するか？
- 入力電圧が切り替えのスレッシュホールドに近づくときどのように反応するか？
- どのようにデューティ・サイクルの変化、遅い立上り時間、およびその他の信号障害を処理するか？

これらは、特性評価のための測定が答えを出すべき問題の一部にすぎません。以下の説明では、AFG、当社TDS5000シリーズ・オシロスコープ、および2つの減衰比10：1のオシロスコープ・プローブを使用します。

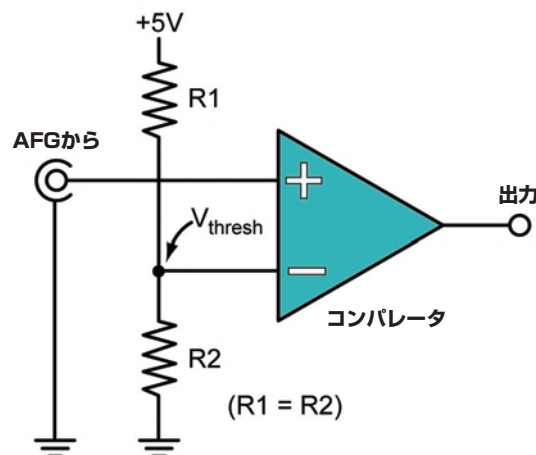
テスト対象のデバイス

この例で使用したテスト対象のデバイス（DUT）は、比較的帯域幅の小さい「一般的な」アナログ・コンパレータですが、ここで説明するテストは、帯域幅に関係なく同様のあらゆるデバイスに当てはまります。図1は、デバイスのテスト・フィクスチャの簡略図を示したものです。

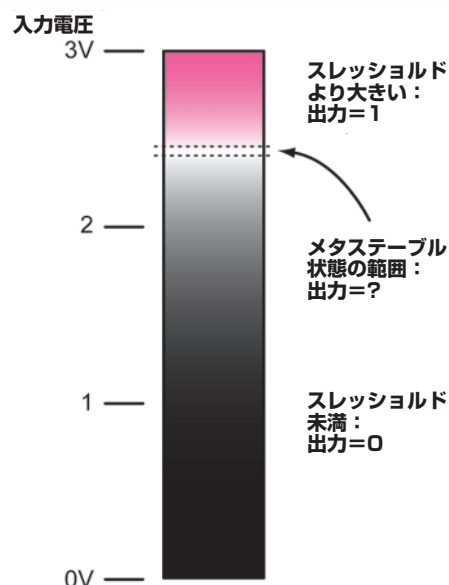
メタステーブル状態とスレッシュホールドの特性評価

最初の特性評価テストでは、動的に変化するスティミュラス信号の下でデバイスの出力が切り替わる電圧レベルを決定します。コンパレータの非反転入力、R1とR2から成る電圧分圧器によって設定された V_{thresh} の値よりも大きい電圧を検知します。図1の2つの抵抗器は、同じ値で、電源電圧は+5Vであるため、この場合のスレッシュホールド電圧は+2.5ボルトとなります。したがって、コンパレータの出力は、指定された許容誤差内で入力電圧がこの値を超えたときに切り替わる必要があります。最初にこのパラメータを測定するのに可変DC電源を使用するのはよくある方法ですが、AC条件では結果が大きく異なる場合があります。そのため、コンパレータの動的な切り替わり性能を確認し、許容誤差を決定することが特性評価の作業になります。

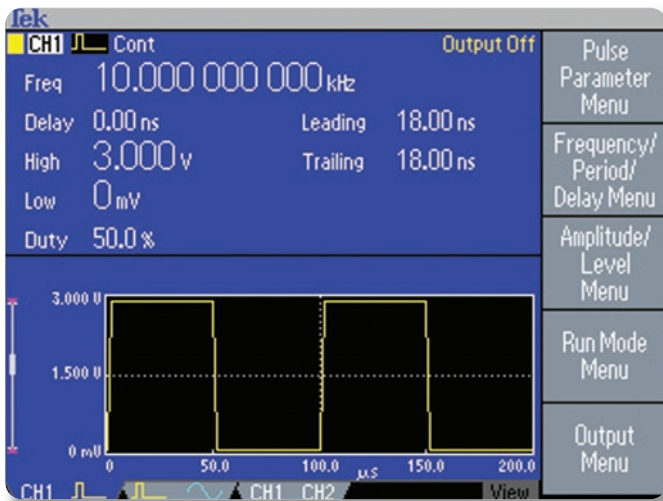
テストでは、コンパレータの非反転入力に10kHzのパルスを加し、出力がメタステーブル状態になるまで振幅を変化させます。メタステーブル状態とは、スレッシュホールドの状態が「不確定」で、出力を予測することが不可能な状態を表します。たとえば、出力があるサイクルでは2.48Vで切り替わり、次のサイクルでは2.48Vでは切り替わらない、といった状況が考えられます。このテストの目的は、メタステーブル状態を回避するのに役立つ保護周波数帯を設定することにあります。図2は、メタステーブル状態が入力電圧範囲の小さな変動とどのように関係しているかを示しています。



▶ 図1：コンパレータのテスト・フィクスチャ



▶ 図2：メタステーブル状態の範囲とは、コンパレータの出力を予測できない狭い電圧帯のことです。



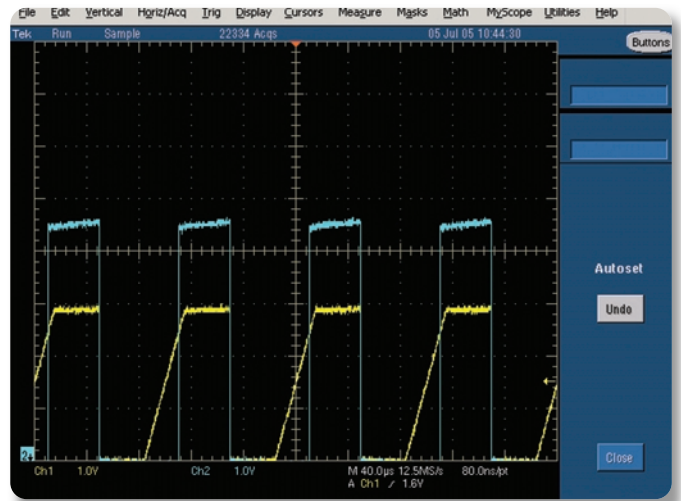
▶ 図3：コンパレータのスレッシュホールドを正確に測定するためのAFGの設定

図3は、スレッシュホールドの正確な特性評価のための波形設定画面を示したものです。

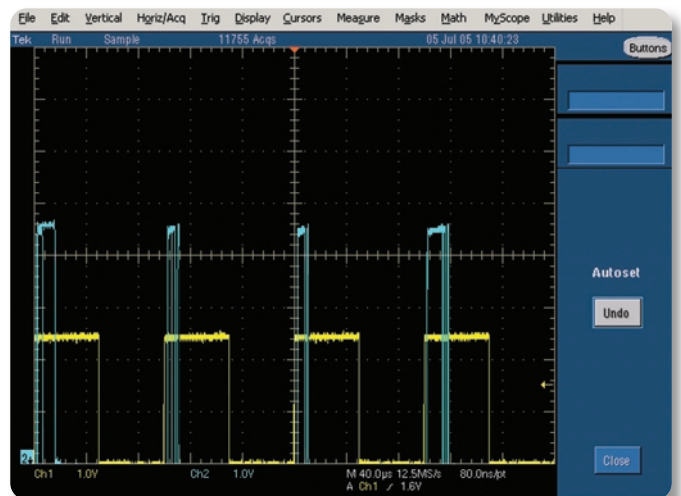
信号発生器は、当社AFG3000シリーズの任意波形／ファンクション・ゼネレータです。装置の大型カラー画面には、関係のあるすべての設定値のほかに、波形およびその振幅レベルも表示されるため、設定プロセスが簡素化されます。パルスのサイクル周波数は10kHzです。プラスに移行するパルスのエッジがスレッシュホールドの2.5Vを超えると、コンパレータはロジック"1"に切り替わります。一方、マイナスに移行するエッジは、同じスレッシュホールド電圧で出力をロジック"0"に切り替えます。

図4aは、この基本的な機能を検証しています。ここでは、オシロスコープの2つのチャンネルが、それぞれコンパレータの入力と出力をモニタしています。入力のトレースは黄色、出力のトレースは青で示されています。コンパレータの出力は、その入力信号と連動しています。

メタステーブルポイントを決定するには、図4bに示すように、コンパレータの出力が間違っって切り替わり始めるまで、単純に入力信号の振幅を小さくしていきます。



▶ 図4a：青い出力トレースは、コンパレータが予想通りに入力（黄色のトレース）に合わせて切り替わっていることを示しています。



▶ 図4b：出力が間違っって切り替わり始めるポイントを決めるために、入力（黄色いトレース）の振幅を小さくする。

半導体の特性評価には柔軟な信号発生が必要

► アプリケーション・ノート

デューティ・サイクル依存

入力信号のデューティ・サイクルが、スレッシュホールド領域におけるコンパレータのメタステーブルな動作の要因となることもよくあります。この現象は、AFGの"Duty/Width"機能を使用して容易に特性を評価できます。前項で基本的なスレッシュホールド・レベルが確定されたら、再びメタステーブル状態が現れるまでデューティ・サイクルを小さくまたは大きくしていきます。この状態で、出力が安定するまで入力電圧を上げ、オシロスコープでその電圧を測定します。これが真のスレッシュホールド電圧となります。

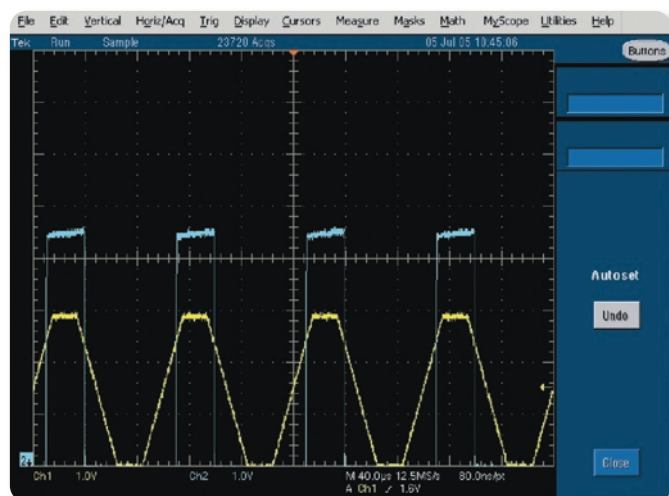
エッジの遷移時間依存

入力信号のスロープ（立上りおよび立下り時間）を調整することにより、コンパレータのスレッシュホールドの動作をさらに詳しく知ることができます。AFGのパルス・モードでは、立上り時間と立下り時間を別々に設定できます。デューティ・サイクルを50%に設定しなおし、エッジの遷移時間を25マイクロ秒まで増やします。コンパレータの出力におけるパルス幅への影響に注目してください。図5に示したパルス幅よりもはるかに小さくなります。

増幅器やフィルタの性能の特性評価

新しい半導体の増幅器やフィルタの設計には、製品が設計目標に合致していることを確認するために測定すべき周波数特性があります。ほとんどの増幅器は、（アプリケーションが超音波であろうと、RFであろうと）アプリケーションに適した周波数範囲で、線形応答が得られるように設計されます。同様に、フィルタは決められた帯域の周波数を通過させ、それ以外の周波数は減衰あるいは排除されるように設計されます。

どちらのタイプのコンポーネントも、周波数対振幅のグラフで見られるように、比較的「フラット」な線形の周波数範囲を持つ傾



► 図5：入力の遷移時間を大きくすると、コンパレータの出力に変化が生じます。

向があります。この範囲の一方の側には、確実に減少する振幅応答が存在します。増幅器あるいはフィルタの応答がピーク・ツー・ピークの振幅より-3dB小さくなるポイントが、帯域幅の境界を決定します。オシロスコープ上で見ると、増幅器あるいはフィルタの出力信号のエンベロープは、入力信号がコンポーネントの通過帯域をスイープする際に最大の出力を示し、それ以外の周波数では漸減します。

このアプリケーションの例では、フィルタを調べ、出力の振幅がピーク・ツー・ピーク値の70.71%になる周波数の上限を測定します。この手順は、増幅器の測定にも同じように適用できます。この場合も、必要なツールはAFGとプローブの付いたオシロスコープです。DUTへの入力信号をモニタする必要はないため、オシロスコープのチャンネルは1つしか使用しません。

周波数のスイープ

AFGのスイープモード・ボタンを押すと、波形、および設定が必要なすべてのパラメータを表示します。図6は、この画面を示したものです。これまでと同様、パラメータはソフト・キー、フロント・パネルからの数値入力、またはスクロール・ホイールで設定できます。

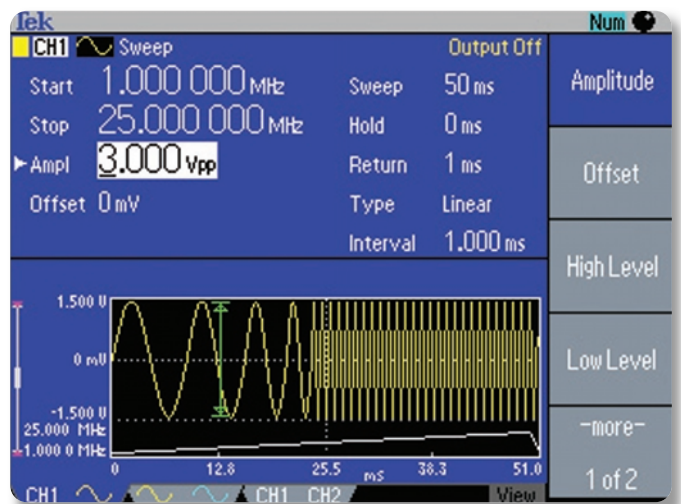
画面の下の方にある波形フレームに注目してください。ここには、出力される信号に関する重要なすべてのデータ、すなわち、振幅、周波数のエンド・ポイント、周波数を確実に上昇させる「ランプ」の勾配、およびスイープのトータル長（時間）が表示されます。スイープの最後のリターン時間（1ms）に注意してください。これは、信号が最初の周波数にリセットされ、新しいスイープが開始されるポイントです。

DUTを通して信号を供給すると、図7に示すような結果が得られます。ここでは、オシロスコプのトリガ・ポイントはメモリ左端に位置し、水平方向の範囲は1つのスイープ全体が表示されるように設定されています。波形が示すように、フィルタはスイープ範囲中の最も低い周波数を排除していますが、その応答はスイープの進行に伴って急速に上昇しています。その後、広い範囲の平坦な応答が続き、スイープ周波数があるポイントを超えると減衰します。-3dBポイントと交差するのは下方トレンドのあるポイントにおいてであるため、応答が減衰するこの領域が調査対象領域となります。

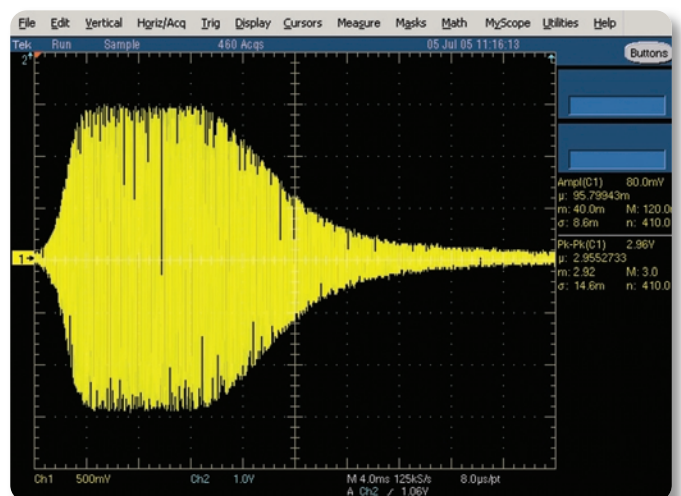
-3dBポイントの検出

信号発生器をオシロスコプのある種の自動測定機能と組み合わせて使用すると、-3dBポイントを検出するのに役立ちます。

- 測定では、最大ピーク・ツー・ピーク入力電圧を正確に測定することが最初のステップになります。最近のほとんどのオシロスコプは、画面に表示される波形のP-P値を自動的に測定するモードを備えています。このモードを使用して、フィルタの出力における振幅の測定値が希望する値と一致するように、AFGの信号の振幅を調整します。ここでは、ピーク・ツー・ピーク値は3.00ボルトです。



▶ 図6：フィルタ／増幅器の特性評価のためのセットアップ。波形ウィンドウの周波数の「スイープ」に注目してください。



▶ 図7：周波数のスイープが、テスト対象のデバイスの出力信号の振幅を変化させ、特徴的な周波数応答のエンベロープが明らかになります。

半導体の特性評価には柔軟な信号発生が必要

►アプリケーション・ノート

- 3Vp-p正弦信号の-3dBポイントは、70.71%、すなわち2.12ボルトに相当します。
- 振幅の測定値が2.12ボルトになるまでAFGのスイープの開始周波数を上げます。得られた表示周波数は-3dBポイントを表します。

これらの3つの単純なステップで、あらゆるアナログの増幅器やフィルタの最も重要な特性評価の1つが得られます。この基本パラメータが定義されたら、DUTの周波数応答をさらに詳細に観察することが可能になります。AFGの連続モード（単一周波数の波形を出力）を使用して、既知の-3dBポイントにおける基本周波数を設定し、手作業で周波数を非常に細かい刻みで変化させながらオシロスコープで結果を観察できます（DUTの出力波形の1つか2つのサイクルを見るには、オシロスコープの時間軸をより高速に設定する必要があります）。

ここに示した例では、AFGのユーザ・インタフェースやアーキテクチャの長所が、作業を効率的にこなす上で大きな役割を果たします。スイープのセットアップ手順は、必要なスティミュラス信号を容易に定義できます。波形の特性は画面上でひと目で確認でき、同じ画面の数値パラメータは振幅、周波数、その他に関する正確な答えを速やかに提供します。ロータリー・ノブは、-3dBの周波数のサーチを迅速化します。

オペレーショナル・アンプの スルー・レート性能の特性評価

今日、最も一般的に使用されるアナログ・コンポーネントに、高速オペレーショナル・アンプ（オペ・アンプ）があります。これらのオペ・アンプは、テレビ、セット・トップ・ボックス、ビデオ放送機器、無線通信の基地局、光ファイバ製品、全地球測位システム、レーダ・システム、衛星放送受信機、POS端末、カード

読み取り器、バーコード・スキャナ、およびその他のさまざまな分野で使用されます。

用途に適した正しいオペ・アンプは、帯域幅、ノイズおよび歪み特性、消費電力、ゲインの可変性、出力パワー、セトリング時間、およびスルー・レート性能に基づいて選択されます。これらのパラメータを決定するために、半導体メーカはデバイスの詳細な測定が必要になります。

タイミング特性は多くのアプリケーションで重要で、オペ・アンプのタイミングの動作にはスルー・レートが重要な役割を果たします。セット・トップ・ボックスやセキュリティ・ビデオ・アプリケーションで使用されるオペ・アンプは、高いスルー・レートと超低ひずみが要求されます。圧電デバイスを駆動するオペ・アンプや、市販のインク・ジェット・プリンタや超音波洗浄器、およびその他の産業用機器や医療機器などのアプリケーションで極端に微細な動きを駆動するオペ・アンプにとっては、スルー・レートと遷移応答が主要項目となります。

信号が急速に変化する場合には、セトリング時間がデータ取込回路に関係してきます。これは、マルチプレクサがチャンネルを切り替える場合などに起こります。オペ・アンプをマルチプレクサとADコンバータとの間のバッファとして使用する場合、オペ・アンプはADコンバータが信号をサンプリングする前に速やかに出力を安定させる必要があります。

オペ・アンプの遷移応答やスルー・レート性能は、さまざまな要素の影響を受けます。これらの要素には、オペ・アンプ自身の構成、回路ボードの寄生成分、及び内部の電流限界やノード・キャパシタンスなどがあります。キャパシタンスをチャージする電流は電圧が高いほど大きくなるため、スルー・レート性能は供給電圧にも依存します。

ときには、オペ・アンプの遷移応答が入力信号の立上りエッジと立下りエッジで異なります。内部キャパシタンスの充電に要する時間は、それぞれのエッジで異なる場合があります。これは、スルー・レート性能の非対称性として知られています。ときにはこの特性が、オペ・アンプを反転型として使用するか非反転型として使用するかを左右する場合があります。

オペ・アンプを使用する回路を最適化するには、コンポーネントのスルー・レート性能を完全に理解する必要があります。物理的な境界、飽和ポイント、オーバシュート、セトリング時間の特性がわかれば、ゲインやフィードバック・レジスタを最適化したり、入力信号のスルー・レートを小さくしたり、あるいは必要な回路の動作を実現するその他の手段を講じたりすることが可能になります。

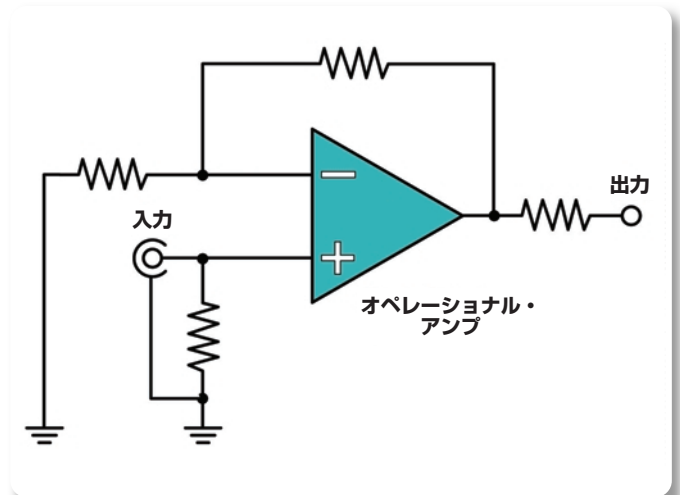
オペ・アンプのスルー・レート性能の特性を評価するには、さまざまな立上り時間、立下り時間および振幅を持つパルス信号で入力をシミュレーションしながら、遷移応答の出力を測定する必要があります。使用する信号発生器は、これらのすべてのパラメータを完全に、かつ個別に制御できるものでなければなりません。当社のAFG3000シリーズ信号発生器は、そのような柔軟性に加え、正確な結果を保証する十分な帯域幅と確度も備えています。

オペ・アンプのシミュレーションと特性評価

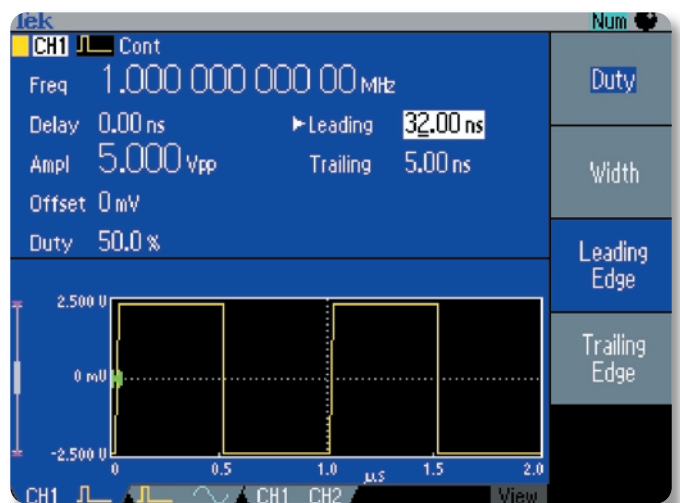
次に、オペ・アンプのスルー・レート性能の特性評価のプロセスについて説明します。図8は、評価するオペ・アンプの簡略化した回路図を示したものです。これは、ビデオ・ラインのドライバ・アプリケーション用の220MHz高速オペ・アンプです。

パルス信号がオペ・アンプを駆動

AFGは、オペ・アンプの非反転入力（回路図では"+"の記号で示される）をパルス波で駆動します。遷移応答は、オペ・アンプの出力に接続されたオシロスコープで測定します。AFGでパルス波形を選択すると、図9に示すように、ディスプレイに信号の周波数、振幅、パルスのデューティ・サイクル、およびエッジの立上りと立下りの時間が表示されます。画面に表示されるパルス波形のグラフでは、選択した設定を確認できます。



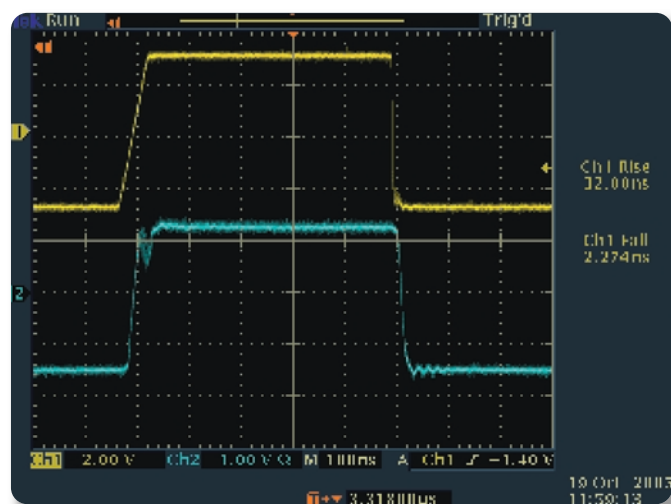
▶ 図8：オペレーショナル・アンプ（オペ・アンプ）のスルー・レートの特性評価基板



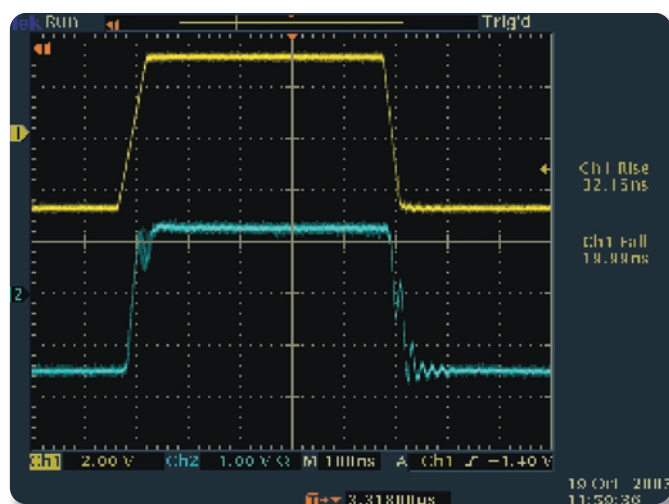
▶ 図9：AFGでのスルー・レート測定のセットアップ

半導体の特性評価には柔軟な信号発生が必要

▶ アプリケーション・ノート



▶ 図10：入力信号（黄色）の立上り時間が長くなると、オペ・アンプの出力のライジング・エッジが振動し始めます。



▶ 図11：立下り時間を大きくしてゆくと、あるポイントで出力のトレーリング・エッジが振動し始めます。

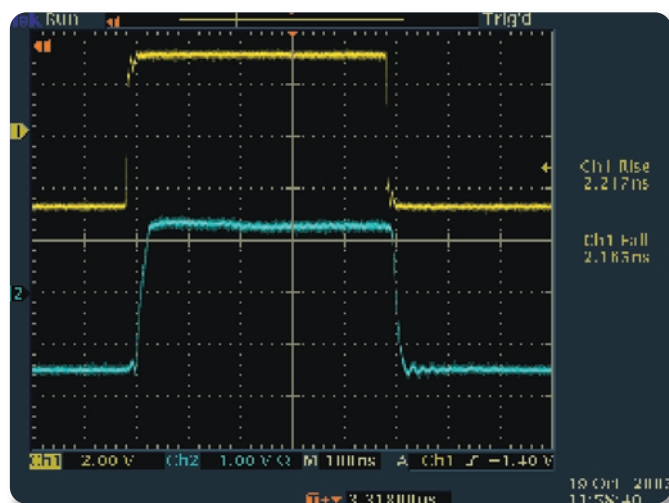
オペ・アンプのスルー・レート性能の特性を評価するには、パルスの立上り時間と立下り時間をそれぞれ変えながら、オペ・アンプの出力信号をオシロスコブの画面（図10）で観察します。AFG3000型では、それぞれのエッジを別々に操作できます。図10では、オペ・アンプへの入力信号が黄色で、出力トレースが青で示されています。

最初は、トレーリング（立下り）エッジは2.5nsに保ちながら、リーディング（立上り）エッジの遷移時間を徐々に大きくしていきます。立上り時間が32nsに達すると、出力が振動し始めます。

エッジの立上り時間を32nsに保ちながら、エッジの立下り時間をゆっくりと増やしていきます。図11からわかるように、立下りの遷移時間が約20nsに達すると、オペ・アンプの出力が振動し始めます。

明らかに、このオペ・アンプは非対称の特性を持っています。このオペ・アンプが両方のエッジに同じように応答するものと単純に判断すると、デバイスが誤って試験にパスしてしまい、最終的なアプリケーションで使用する際にリーディングとトレーリングの応答が異なるために、機能障害を生じる可能性があります。

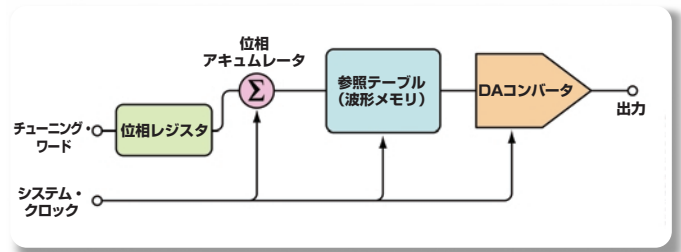
次に、立上り時間と立下り時間の両方を小さくしながら波形を観察します。ここに示した例では、遷移時間が短くなるのにもなって出力が確実に「きれい」になっています。図12が示すように、最もきれいな遷移応答が得られるのは、リーディング・エッジとトレーリング・エッジの時間を2.5nsに設定したときです。これは、AFG3000型で実現可能な最も短い立上り時間です。



▶ 図12：リーディング・エッジとトレーリング・エッジの遷移時間をどちらも2.5nsに設定すると、安定したきれいな出力が得られます。

この特性評価の測定から結論付けられることは、このオペ・アンプでは入力信号の立上り時間が32ns未満、立下り時間が20ns未満でなければならないということです。オペ・アンプに対するシステム入力がこの値を超える場合は、別のコンポーネントを選択することが必要になります。おそらく、信号環境のニーズに完璧にマッチしたオペ・アンプが存在することでしょう。

この例は、リーディング・エッジとトレーリング・エッジを扱う際には、オペ・アンプの異質なスルー・レートに対する動作を理解することが重要であることを示しています。また、エッジの立上り／立下りの時間を別々に設定可能な信号発生器が必要であることも示しています。



▶ 図SB：DDSを使用した信号生成の簡略化されたブロック図

直接デジタル合成に関する詳細な考察

直接デジタル合成（DDS）は、コスト効率に優れた高性能信号発生器プラットフォームを支えている最新のテクノロジーです。DDSは、アナログ波形の生成を目的として設計された真のデジタル技術です。動作が高速で、1つの出力周波数から別の周波数にきわめて速やかに切り替わり、従来の任意波形ゼネレータよりも低コストで優れた周波数分解能を実現します。

DDSデバイスは、アーキテクチャに関しては単純で、位相アキュムレータ、参照テーブル（メモリ）、DAコンバータ（DAC）と、いくつかの補助的な機能から成っています。図SBは、一般的なDDSの実装例のブロック図を簡略化して示したものです。

DDSの出力信号は、受け取るシステム・クロック（固定周波数）、外部の周波数レジスタに記憶されたバイナリ値、および波形メモリの内容で構成されます。

周波数レジスタは、業界のほとんどの文献中で「チューニング・ワード」と呼ばれる2進数を提供します。チューニング・ワードは、位相レジスタと呼ばれるローカル・バッファを経由して位相アキュムレータへと渡されます。信号を生成するには、信号レジスタは個々のクロック・サイクルで一定の位相増分値を位相アキュムレータに追加します。その名前の通り、このエレメントは連続した入力値を蓄積し、現在の値は参照テーブルのインデックス・ポイントとして機能します。

参照テーブルの性質は、装置の全体的な機能に関して重要な鍵となります。あまりにも単純なファンクション・ゼネレータでは、決まったタイプの波形しか選択できません。一方、任意波

形／ファンクション・ゼネレータ（AFG）は、ユーザによるプログラミングが可能なメモリ・スペースも備えているため、カスタムな波形の保存や再生が可能になります。

適切なサンプルを参照テーブルから読み取ったら、DACがバイナリ値をアナログ電圧に変換します。

真の任意波形機能を備えたAWGとDDS方式のAFGは、いずれもサンプル・メモリを利用しますが、出力周波数を決定する方法は大きく異なります。AWGは、常にメモリを線形に読み取り、単純にクロックのスピードを上げて出力周波数を高めます。

それに対し、AFGはシステム・クロックの周波数は一定に保ちます。360度の波形サイクルが波形メモリ全体に広げられます（サンプル・ロケーションの数が最大で131,072の装置もあります）。位相の増分が大きいときは、AFGは360度前に速やかにスキップし、n番目ごとのサンプルを読み取り、高い周波数の信号を生成します。増分が小さいときは、位相アキュムレータはより多くのステップを取り、個々のサンプルを繰り返して360度完結させ、周波数の低い出力波形を生成します。

DDSアーキテクチャは、性能に関してたくさんの重要なメリットを備えています。デジタル制御された正確な周波数と位相チューニング機能は、卓越した周波数の俊敏性および移送の一貫性と組み合わせられています。チューニング分解能が一定であるため、広い範囲の周波数で出力信号の特性を予測できます。DDS方式の信号生成ツールは、半導体の特性評価を含めたさまざまな測定に用途を見出しています。

まとめ

信号発生器は、今日の半導体の特性評価プロセスの中核をなすツールです。新しいICデザインの応答特性を評価するには、駆動するための信号が必要になります。信号発生器は、テスト対象のデバイスを性能の境界を定義するのに役立つ信号で駆動します。

新しいクラスのDDS方式の信号発生器は、これまでにない優れた性能、高い生産性（操作性）、およびコスト効率を実現します。立上り時間と立下り時間の個別調整などの機能により、プロセスの早い段階で設計の欠陥を検出できるため、変更コストが少なくて済みます。振幅や周波数の正確さは結果の再現性を保証し、情報の豊富なユーザ・インタフェースは結果の解釈を容易にします。

このアプリケーション・ノートで取り上げたアプリケーションの例は、これらの機能のほんの一部を示しているにすぎません。今日のDDS方式の信号発生器は、設計エンジニアのさまざまな要求に対応可能な妥協のない性能を実現しており、幅広いアプリケーションにソリューションを提供しています。

Tektronix お問い合わせ先:

東南アジア諸国／オーストラリア (65) 6356 3900
オーストラリア +41 52 675 3777
バルカン半島／イスラエル／アフリカ南部諸国およびISE諸国 +41 52 675 3777
ベルギー 07 81 60166
ブラジルおよび南米 55 (11) 3741-8360
カナダ 1 (800) 661-5625
中東ヨーロッパ／ウクライナおよびバルト海諸国 +41 52 675 3777
中央ヨーロッパおよびギリシャ +41 52 675 3777
デンマーク +45 80 88 1401
フィンランド +41 52 675 3777
フランスおよび北アフリカ +33 (0) 1 69 86 81 81
ドイツ +49 (221) 94 77 400
香港 (852) 2585-6688
インド (91) 80-22275577
イタリア +39 (02) 25086 1
日本 81 (3) 6714-3010
ルクセンブルグ +44 (0) 1344 392400
メキシコ、中米およびカリブ海諸国 52 (55) 56666-333
中東アジア／北アフリカ +41 52 675 3777
オランダ 090 02 021797
ノルウェー 800 16098
中華人民共和国 86 (10) 6235 1230
ポーランド +41 52 675 3777
ポルトガル 80 08 12370
大韓民国 82 (2) 528-5299
ロシアおよびCIS諸国 7 095 775 1064
南アフリカ +27 11 254 8360
スペイン (+34) 901 988 054
スウェーデン 020 08 80371
スイス +41 52 675 3777
台湾 886 (2) 2722-9622
イギリスおよびアイルランド +44 (0) 1344 392400
アメリカ 1 (800) 426-2200
その他の地域からのお問い合わせ 1 (503) 627-7111

Updated 5 January 2006

詳細について

当社は、最先端テクノロジーに携わるエンジニアのために、資料を用意しています。当社ホームページ(www.tektronix.co.jp)またはwww.tektronix.comをご参照ください。



Copyright © 2005, Tektronix. All rights reserved. Tektronix製品は、米国およびその他の国の取得済みおよび出願中の特許により保護されています。本書は過去に公開されたすべての文書に優先します。仕様および価格は予告なしに変更することがあります。TEKTRONIXおよびTEKはTektronix, Inc.の登録商標です。その他本書に記載されている商品名は、各社のサービスマーク、商標または登録商標です。

02/06 FLG/WOW

76Z-18660-0

12 www.tektronix.co.jp/signal_sources

Tektronix
Enabling Innovation

日本テクトロニクス株式会社

東京都港区港南2-15-2 品川インターシティ B棟6階 〒108-6106
製品についてのご質問・ご相談は、お客様コールセンターまでお問い合わせください。

TEL 03-6714-3010 FAX 0120-046-011

電話受付時間／9:00～12:00・13:00～18:00 月曜～金曜（祝日は除く）

当社ホームページをご覧ください。 www.tektronix.co.jp
お客様コールセンター ccc.jp@tektronix.com