

## 刺激応答テストシステム用の AWG とデジタイザの組み合わせ

### はじめに：

電源、発振器、送信機、信号発生器などの自励式の電子機器は、多くの場合、測定器（デジタイザ、オシロスコープ、スペクトラムアナライザなど）のみを使用してテストすることができます。アンプ、フィルター、レシーバー、デジタルインターフェイスなどの外部励起電子デバイスには、テスト用の信号源と測定器が必要です。モジュラー任意波形発生器（AWG）（D/A ボード）およびモジュラーデジタイザ（A/D ボード）は、帯域幅、サンプルレート、メモリで構成できる複数のソースおよびチャネルを利用できます。Figure 1 に示すように、2 つのボードを 1 つのシステムに組み合わせると、広範なテスト要件に対応できる低価格で効率的な測定器が構築できます。Figure 1 は、Spectrum 製 M4i.4451-x8、500MS/s、250 MHz BW、14 ビットデジタイザ（A/D ボード）と M4i.6631-x8、1.25GS/s、400 MHz BW、16 ビット任意波形（D/A ボード）で構成され、ポータブルコンピュータに搭載された刺激応答テストシステムを示しています。



Figure 1 Spectrum M4i.4451-x8、500 MS/s、250MHz、14 ビットデジタイザと M4i.6631-x8、1.25 GS/s、400MHz、16 ビット、任意波形発生器で構成されるポータブルコンピュータに搭載された典型的なモジュラー刺激応答テストシステム。

### 簡単な周波数応答測定：

AWG（D/A ボード）はほぼすべての波形を生成することができ柔軟性が非常に高いため、テストシステムの有効性のキーデバイスとなります。ここで、アンプまたはフィルターの周波数特性を決定する簡単なテストを検討します。テストには、テスト対象デバイスの帯域幅よりも広い帯域幅を持つ信号ソースが必要です。さらに、信号ソースはテスト帯域幅全体で一定の出力レベルを提供する必要があります。掃引正弦波またはインパルス関数波形は、フラットなスペクトル特性を備えた広帯域出力を提供します。どちらも AWG（D/A ボード）で生成できます。掃引正弦波により、測定のダイナミックレンジが広がります。Figure 2 は、36 MHz ローパスフィルターの正弦波周波数応答測定の結果を示しています。この例では、データは Spectrum 社 M4i.4450-x8、500 MS/s、14 ビットデジタイザ（A/D ボード）と M4i.6631-x8、1.25GS/s、16 ビット AWG（D/A ボード）を使用したものです。データは、Spectrum 社の SBench 6 ソフトウェアを使用して表示されます。

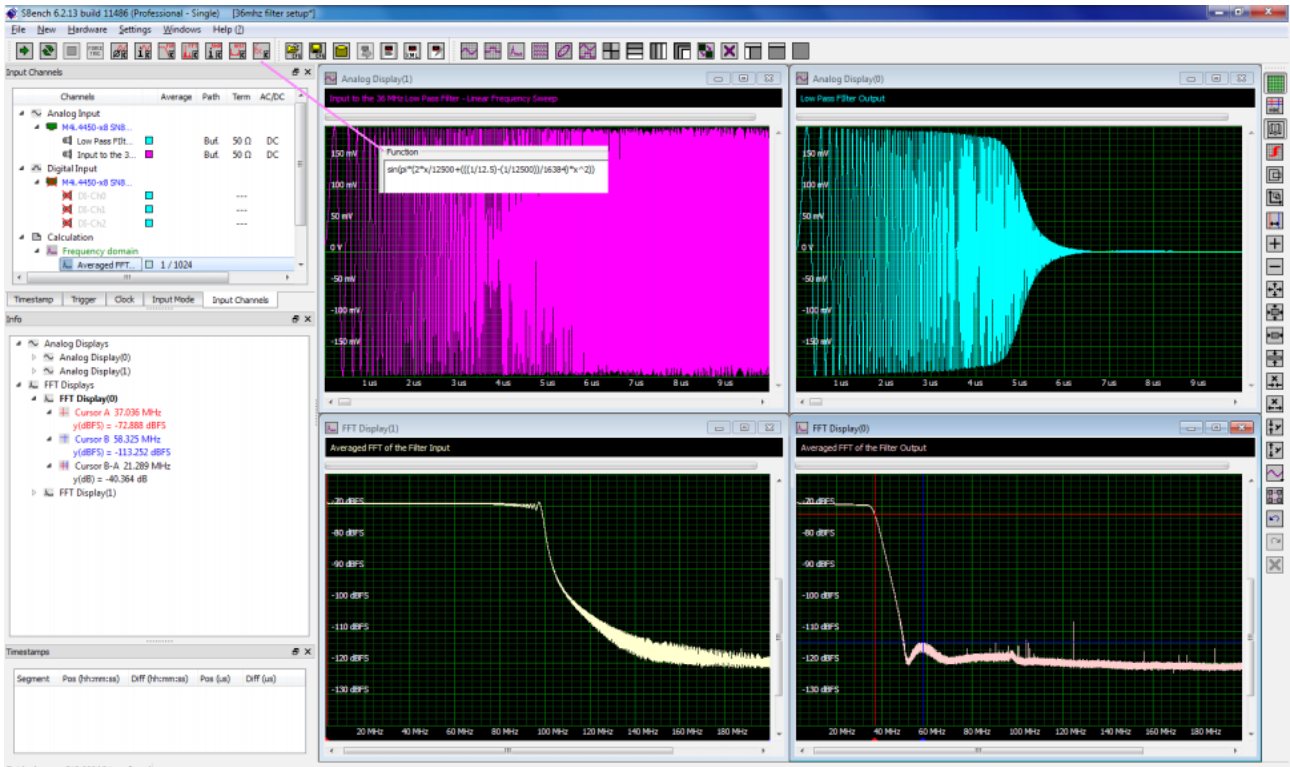


Figure 2 Spectrum の M4i.4450-x8 デジタイザを使用した 36 MHz フィルタの周波数応答の測定。掃引されたサイン信号は、Spectrum M4i.6631-x8 AWG から供給されました。波形は、AWG を制御する S-Bench 6 ソフトウェアの別のインスタンスの方程式（図に示されている）を使用して作成されました。

左上のグリッドは、フィルターの入力に適用された掃引正弦波を示しています。信号は、AWG (D/A ボード) を制御する S-Bench 6 のインスタンスのファンクションジェネレーターツールの式を使用して作成されました。挿入図は方程式を示しています。フィルター入力の高速フーリエ変換 (FFT) が左下のグリッドに表示されています。掃引正弦波は 100 MHz まで平坦です。スイープ入力に対するフィルターの時間応答は、右上のグリッドに表示されています。フィルター出力は、36MHz のカットオフ周波数を超えると急速に低下します。一致する周波数応答は、右下のグリッドに表示されています。これによりフィルター帯域幅が定量化され、帯域内平坦性と阻止帯域減衰量が表示されます。

デバイステスト：

あるプロジェクトで複数の信号ダイオードを一致させる必要がある事を想定してみましょう。同じデジタイザ (A/D ボード) と AWG (D/A ボード) を使用したこのようなテストの簡単なセットアップを Figure 3 に示します。Figure 4 は測定結果を示しています。AWG (D/A ボード) は、S-Bench 6 の Easy Generator ツール (一般的なファンクション

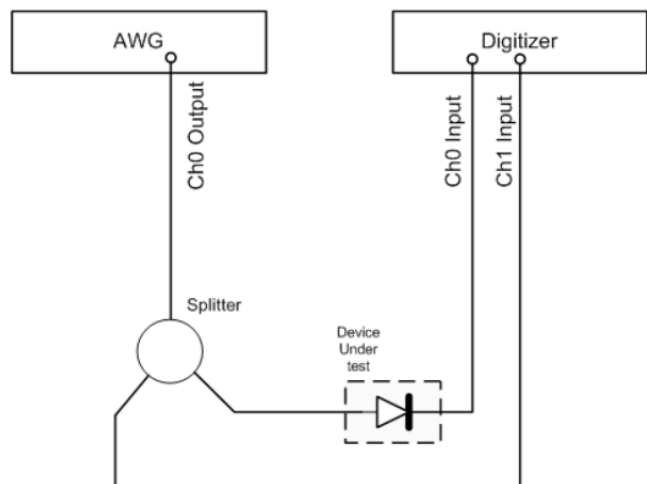


Figure 3 AWG のランプ機能を使用して、信号ダイオードをすばやく特性評価するためのシンプルな構成図。デジタイザの 50Ω 入力終端が負荷として機能します。



ジェネレータ波形の簡単な選択を提供します) を使用して $\pm 2V$  のランプ波形を出力するようにセットアップされています。この波形は、スプリッターを介してデジタイザ (A/D ボード) の Ch1 に接続されます。スプリッターのもう一方の分岐は、テスト対象のダイオードに接続され、デジタイザ (A/D ボード) の Ch0 に接続されます。両方のチャンネルは  $50\Omega$  終端に設定されています。Ch0 の電圧は、ダイオードを流れる電流に比例します。Ch0 の読み取りがミリアンペア (mA) で直接行われるように、SBench 6 を使用してそのチャンネルに再スケーリングを適用します。ダイオード両端の電圧は、Ch1 の入力電圧から Ch0 の入力電圧を減算して計算する必要があります。これは、SBench 6 の波形演算を使用して行われます。Figure 4 は測定結果を示しています。中央の下部グリッドは、AWG (D/A ボード) からのランプ波形である Ch1 への入力です。その上には、ダイオードを流れる電流に比例する Ch0 波形があります。Ch1 から Ch0 を引くと、右上のグリッドに示されているダイオードの電圧が得られます。右下のグリッドは、再スケーリングされた Ch0 でダイオード電流を mA で直接読み取ります。左端のグリッドの X-Y プロットは、ダイオードの電流電圧 (I-V) プロットです。I-V プロットと厳密に一致していることを確認することで、ダイオードを一致させることができます。

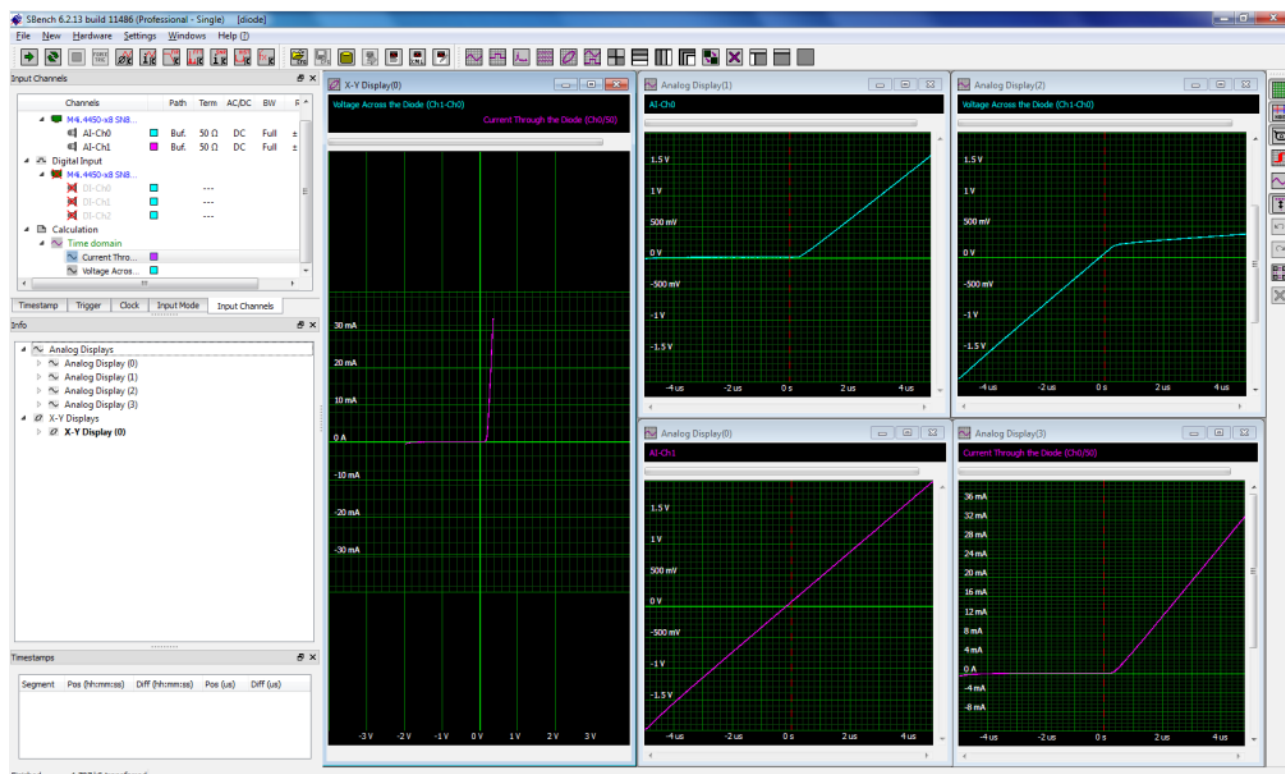


Figure 4 ダイオードを介した AWG 出力に応じてデジタイザから取得したデータに基づいた、ダイオードの I-V 曲線。

これはデバイスの特性評価の非常に簡単な例ですが、AWG デジタイザ (A/D&D/A) システムは、より複雑な小信号デバイスのテストが可能です。より高い電圧および電流レベルでデバイスをテストするには、Spectrum 社から入手可能な D/A アンプなどのアンプまたは他のベンダーの同様のデバイスが必要になる場合があります。

### 不足しているシステムコンポーネントの交換またはモデリング :

多くの開発プロジェクトで、重要なコンポーネントが欠落しているためテストが遅れることがあります。不足している

パーツの応答波形にアクセスできる場合は、AWG (D/A ボード) を使用してシステムへのパーツの応答を提供することができます。実際の波形は、デジタイザ (A/D ボード) または他の機器から取得し、ソース機器に応じていくつかのファイル形式で AWG (D/A ボード) にインポートできます。ステアリング角度センサーからコントローラエリアネットワーク (CANBus) シリアルデータストリームの取得を Figure 5 に示します。この波形は、オシロスコープを使用して取得され、ASCII ファイル形式で AWG (D/A ボード) に転送されました。

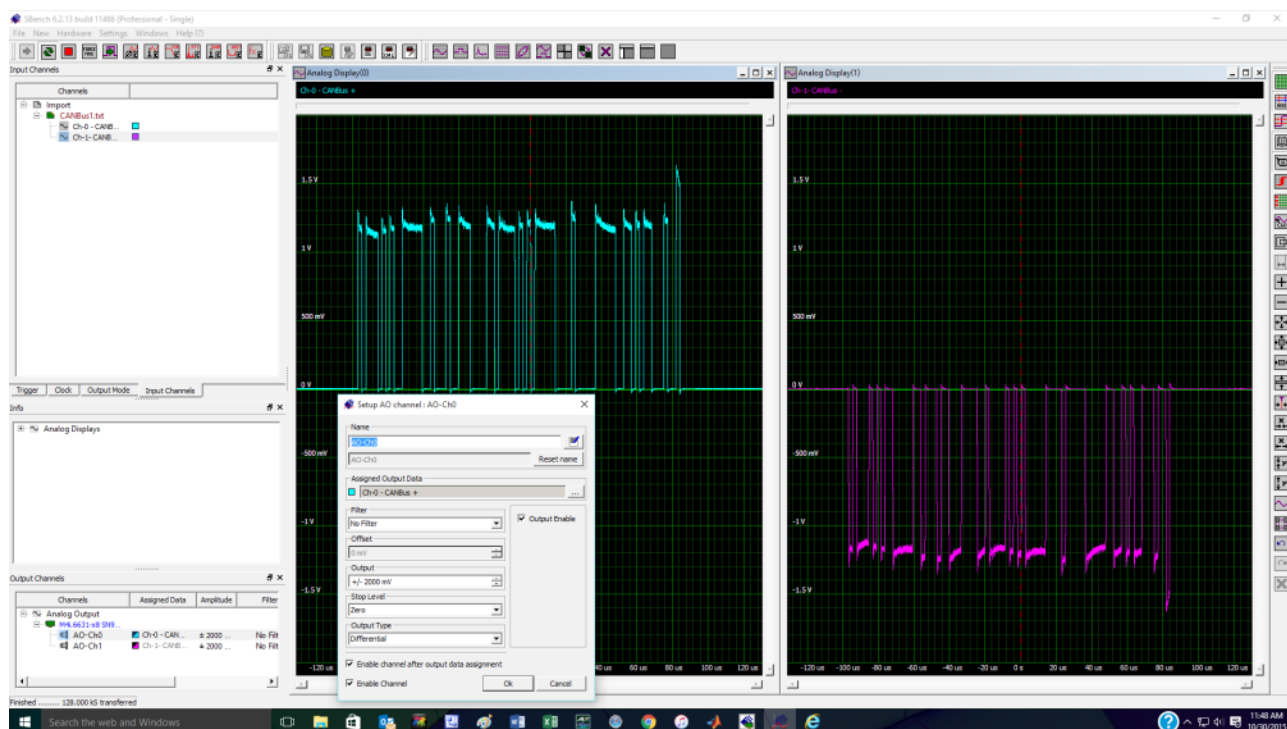


Figure 5 CAN センサーがない状態でシステムをテストする必要がある場合、ステアリング角度センサーからの差動 CANBus 波形をトリガーで出力できます。

これは、CANBus 信号の差動+および-コンポーネントを表すデュアルチャネル波形です。2つの出力チャンネルを持つ AWG (D/A ボード) は、CANBus 波形を差動信号として出力するように設定されていることに注意してください。この波形は、システムのテストが必要なときに同期トリガーを受信すると AWG (D/A ボード) から出力できます。さらに、これらの波形は振幅とタイミングの両方のマージテスト用に変更できます。この例で使用される AWG (D/A ボード) には、さまざまなテスト条件を表す複数の波形を可能にするリアルタイムシーケンスモードがあり、コマンドで選択的に出力したり、テストの実行中に変更することもできます。これにより、動的なシミュレーションとテストが容易になります。

### 変調、簡単で複雑：

AWG (D/A ボード) は、通信テスト用にさまざまな変調タイプを生成することもできます。線形周波数掃引正弦波を使用した周波数応答テストの例で示したように、振幅、位相、および周波数変調を生成できます。Figure 6 に示す例をご覧ください。ここでは、直交信号技術を使用して、中間周波数 (IF) で「チャープ」波形を生成しています。チャープは、通常レーダーシステムで使用する周波数変調信号です。最初の例で行ったように簡単にプログラムできますが、そ

の他の複雑な変調を作成できる一般的なアプローチも有益です。

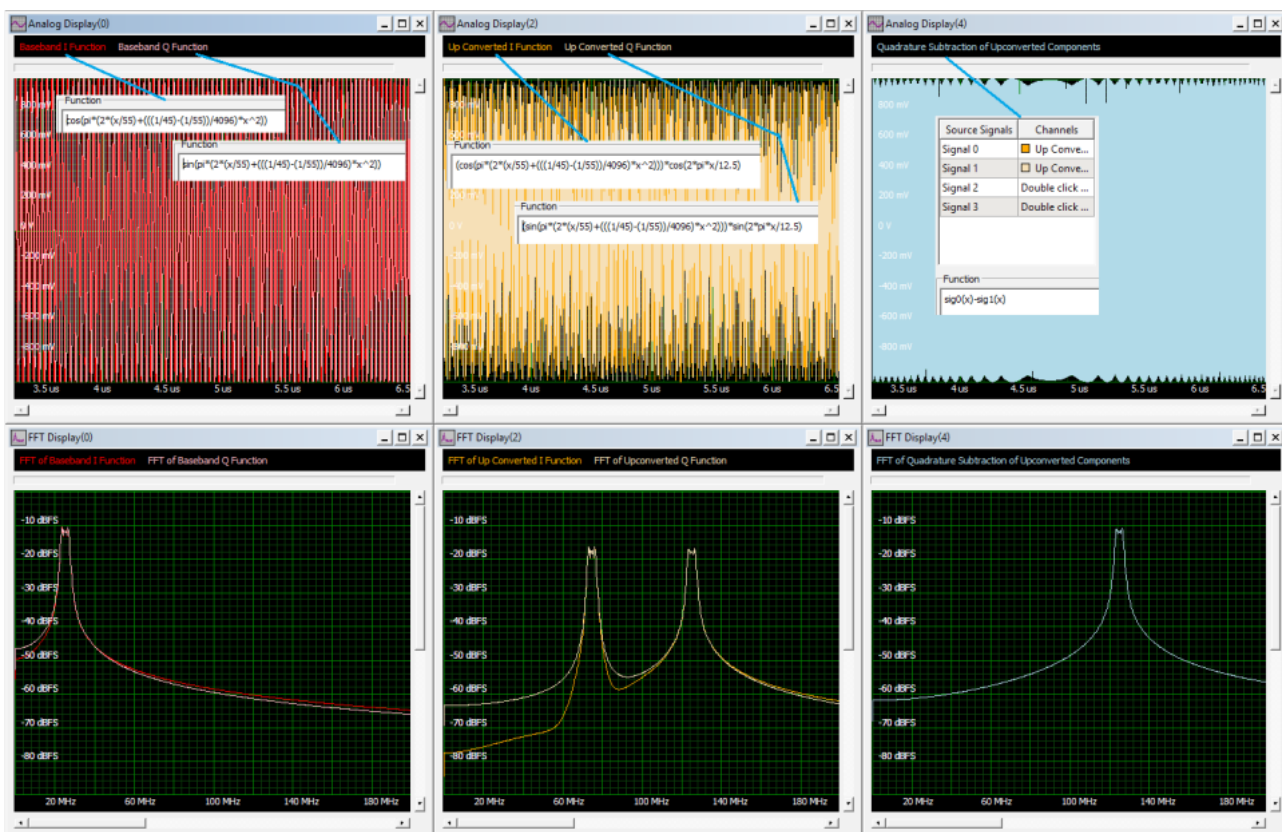


Figure 6 直交信号処理を使用して、中間周波数で「チャープ」波形を生成する

図は、チャープを作成する手順を示しています。左上のグリッドから開始し、正弦波と余弦波が直線的に掃引され、時間領域に方程式とともに表示されます。これらの信号は、直交変調の同相 (I) および直交 (Q) 成分を表しますが、位相差は左下のグリッドに示されている FFT には表示されません。FFT は、22.7~27.7MHz の掃引範囲を示します。これはベースバンド信号です。

次に、ベースバンド直交成分は、I および Q ベースバンド信号にそれぞれ中間周波数のコサインおよびサインを乗算することによりアップコンバートされます。中間周波数は 100 MHz です。上部中央のグリッドは、アップコンバートされた信号の時間領域ビューを示しています。中央下のグリッドには FFT が表示されます。正弦波による乗算により、ベースバンド信号が、中心周波数の両側で 22.7~27.7 MHz に及ぶ上部および下部側波帯を中心とする 100 MHz を中心とする両側波帯抑制キャリア信号に変換されます。振幅 FFT には見られないのは、2 つの直交成分の位相です。

プロセスの最後のステップは、2 つの IF 成分の直交減算を行うことです。これは、右側のグリッドに表示されます。右下のグリッドは減算の結果により、下側波帯がキャンセルされ上側波帯のみが残されていることを示しています。この信号は、122.7~127.7 MHz でスイープします。この例は、通信システムに関連する複雑な波形を作成するために、信号



生成と連鎖処理の基本概念に従う方法を示しています。

### まとめ：

これらの例は、AWG (D/A ボード) をテスト用の信号ソースとして使用する場合の多様性を示しています。AWG (D/A ボード) は、正弦波、方形波、三角波、ランプ信号などの標準的なファンクションジェネレータの波形を生成できます。変調波形とシリアルデータパターンを生成できます。 デジタイザ (A/D ボード) やオシロスコープで取得した実世界の信号を再生するためにも使用できます。AWG (D/A ボード) はデジタイザ (A/D ボード) と組み合わせて、SBench 6 などのメーカー提供のツールを使用してプログラミングできます。MATLAB や LabVIEW などの一般的に利用可能なシステム統合ソフトウェア、または選択した言語でカスタムプログラムできます。この柔軟性により、モジュラーAWG (D/A ボード) とデジタイザ (A/D ボード) は、広範な刺激応答 (または応答刺激) テストシステムを作成するための理想的なツールになります。



### Spectrum Instrumentation 社について

Spectrum 社は、Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH として 1989 年に設立され、2017 年に Spectrum Instrumentation GmbH に改名されました。最も一般的な業界標準 (PCIe、LXI、PXIe) で 500 を超える デジタイザおよびジェネレータ製品を作成するモジュール設計のパイオニアです。これら高性能の PC ベースのテスト & メジャーメントデザインは、電子信号の取得・生成および解析に使用されます。同社はドイツの Grosshansdorf に本社を置き、幅広い販売ネットワークを通じて世界中に製品を販売し、設計エンジニアによる優れたサポートを提供しています。Spectrum 社の詳細については、[www.spectrum-instrumentation.com](http://www.spectrum-instrumentation.com) を参照してください。