

AWG とデジタイザを 1 つの機器に組み込んだ Source-Response-Testing

電子機器のテストの世界では、2 種類のテストがあります。 電源、発振器、送信機、信号発生器などの自励式電子デバイスは、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データ収集タイプの機器を使用してテストされます。 もう一種類のテストには、信号取得機器を使用する前に、信号源によって外部から励起する必要があるアンプ、フィルタ、レシーバ、デジタルインタフェースなどのデバイスのテストが含まれます。 この種類のテストは、Source-Response-Testing と呼ばれます。

Spectrum 社の hybridNETBOX は、マルチチャネルデジタイザと任意波形発生器 (AWG) を組み合わせて、刺激と、それに対する応答の測定が可能な LXI 準拠の計測器です。 まさに一つの箱に組み込まれたテストシステムです。 図 1 は、典型的な hybridNETBOX を示しています



図 1: LXI 準拠の計測器ケースに 16 ビット AWG とデジタイザがそれぞれ 8 チャンネル含まれているモデル DN2.806-08

信号の生成と集録の両方で、2、4、8 チャンネルで 40、80、125 MS/s のサンプリングおよび出力クロックレートで 6 種類の異なる hybridNETBOX 構成を利用できます。 各チャンネルは、サンプリングレートに比例する最大 60 MHz の帯域幅を備えた 16 ビットの分解能を備え、デジタイザと AWG チャンネルが卓越した精度と確度の提供を保証するテクノロジーを提供します

AWG は、共通クロックを使用して完全に同期され、内部または外部で生成されたトリガにより起動する 2~8 チャンネルを持っています。 AWG の出力レベルは、2 および 4 チャンネルバージョンの場合、最大 ± 6 ボルト (50Ω) または ± 12 ボルト (高インピーダンス)、8 チャンネルバージョンの場合、最大 ± 3 ボルト (50Ω) または ± 6 ボルト (高インピーダンス) です。 AWG 機能は、ユーザがプログラム可能なマーカーパルス、および外部クロックとトリガ入力用の 4 つのデジタル入力/出力 (I/O) ラインの使用によって強化されています。

2~8 個のデジタイザチャンネルは、調整可能な DC オフセットとユーザが選択可能な 50Ω または $1M\Omega$ の入力インピーダンスで ± 200 mV ~ ± 10 V の幅広い入力信号を処理します。 シングルエンド入力と差動入力の両方が使用できます。 デジタイザには、外部クロックとトリガ入力、およびユーザ定義可能な 2 つの汎用デジタル I/O ラインもあります。

hybridNETBOX は LXI に完全に準拠しています。1 つまたは複数のユニットを、背面パネルの Gbit イーサネットポートを介してコンピューターまたはネットワークに接続するだけで準備完了です。Windows および Linux オペレーティングシステム用のドライバが付属しています。

Spectrum 社は、製品ライン全体の制御、表示、測定、および信号処理のための SBench 6 ソフトウェアツールを提供しています。このソフトウェアには、組み込みのレポート生成機能もあります。さらに、ユニットを個々のユーザのアプリケーション用にプログラムできるように、C++、LabVIEW、MATLAB、Visual Basic .NET、Python、およびその他の一般的なプログラミング言語の例が提供されています。

Source-Response-Testing

最大 8 チャネルの信号の生成と取得が可能のため、hybridNETBOX は刺激応答タイプの測定システム向けに理想的な構成です。hybridNETBOX は複数の送受信信号を生成できるため、アレイベースの MIMO またはバスベースのシステムのテストと評価に最適です。hybridNETBOX は、コンポーネントやサブアセンブリをテストするための ATE アプリケーションに適合し、テストされるデバイスの機能とキャリブレーションを確認します。

オペアンプの AC 開ループゲインが AWG とデジタイザを使用して測定されているソース応答測定の簡単な例を考えてみましょう。テスト回路を図 2 に示します。

このテストは、AWG からの小さな AC 波形をテスト中のオペアンプの入力に適用します。アンプのゲインが非常に高いため、入力信号を減衰させる必要があります。10,000 対 1 の抵抗減衰器 (R1 および R2) は、入力を 80 dB 減少させます。アンプ U1 は被試験デバイス (DUT) です。U2 は、DUT の出力での平均 DC レベルを安定させる補助増幅器です。

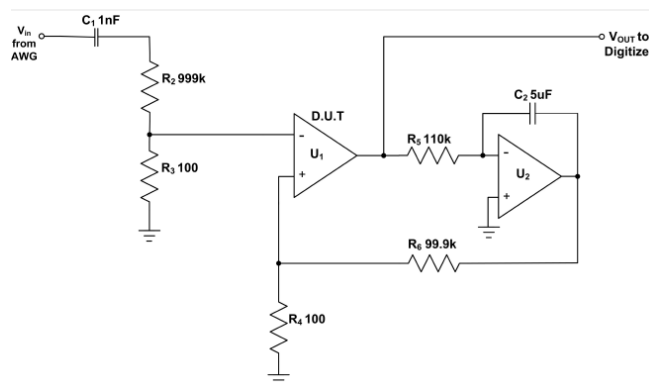


図 2：ソースとしての AWG と応答測定用のデジタイザを使用したオペアンプの AC 開ループゲインを測定するためのテスト回路

AC 開ループゲインは、周波数の関数として指定されます。入力波形は、テスト周波数の所望の範囲にわたってフラットな周波数応答を持つ必要があります。その要件を満たす波形は、直線的に掃引された周波数を持つものか、または代替として、インパルス関数です。AWG は、Spectrum の SBench6 制御および信号処理ソフトウェアを使用して、これらの信号のいずれかを生成するように簡単にプログラムできます。SBench 6 を使用すると、標準関数や数式を使用して波形を作成したり、デジタイザやオシロスコープから波形をインポートしたりできます。この場合、式を使用して、1 秒の掃引時間で 100 Hz から 100 kHz に

及ぶ正弦波掃引が作成できます。インパルス関数よりもダイナミックレンジが広いため、掃引正弦波が選択されています。スイープ信号はテスト回路に適用され、デジタイザはスイープの継続時間中の回路出力を測定します。結果を図3にまとめます。

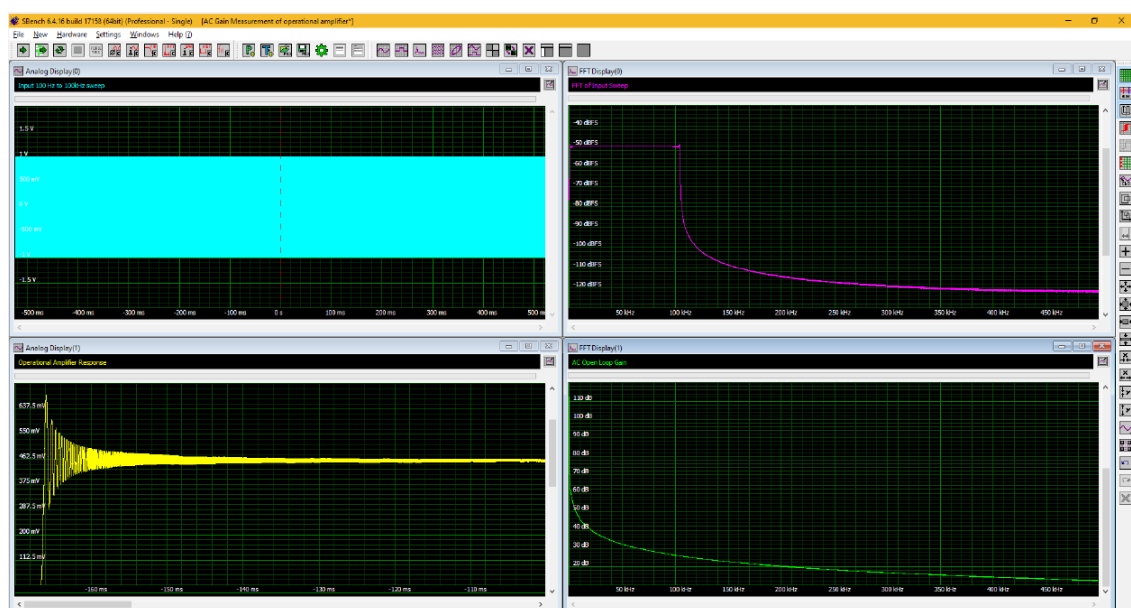


図3：AC開ループゲイン測定の4つの主要なステップ。信号の生成（左上）、入力信号の周波数範囲の検証（右上）、出力信号の取得（左下）、およびAC開ループゲインである出力信号からの周波数応答の抽出（右下）

左上のグリッドは、1秒の全期間にわたる掃引正弦波入力信号を示し、時間の経過に伴う振幅の平坦性を確認しています。SBench 6の信号処理機能には、高速フーリエ変換FFTの計算が含まれます。FFTは、スペクトラムアナライザのように信号パワー対周波数を表示します。右上のグリッドには、100 Hzから100 kHzまでのフラットな周波数応答を確認する入力信号のFFT結果が含まれています。減衰された入力信号に対するオペアンプの応答は、左下のグリッドに示されています。出力信号のスペクトル表示は、80 dB減衰器の振幅補正を含む右下のグリッドに表示されます。このスペクトルビューは、AC開ループゲインです。これは、最大ACゲインが112 dBの100 Hz～100 kHzのACゲインを示しています。振幅は、オペアンプで予想される-6 dB/オクターブまたは-20 dB/ディケードの周波数でロールオフします。

信号源と信号取得ハードウェアの両方を含むhybridNETBOXは、このテストを簡単にできます。最大8つのチャネルの信号ソースとデジタイザを使用できるため、最大8つの並列テストを同時に実行できることに注意してください。

記録および再生信号出力アプリケーション

hybridNETBOXのもう1つの便利な機能は、1つまたは複数の信号を取得し、必要に応じてシミュレーションのために、または欠落しているサブアセンブリを交換する必要があるときに再生する機能です。例として、3線式ホルターレコーダーから心電図信号を取得して再生することを検討してみます。これにより、患者がデバイスを装着しなくても回路を

開発できます。事前に記録された信号のライブラリは、このシミュレーション機能を拡張します。図4に例を示します。

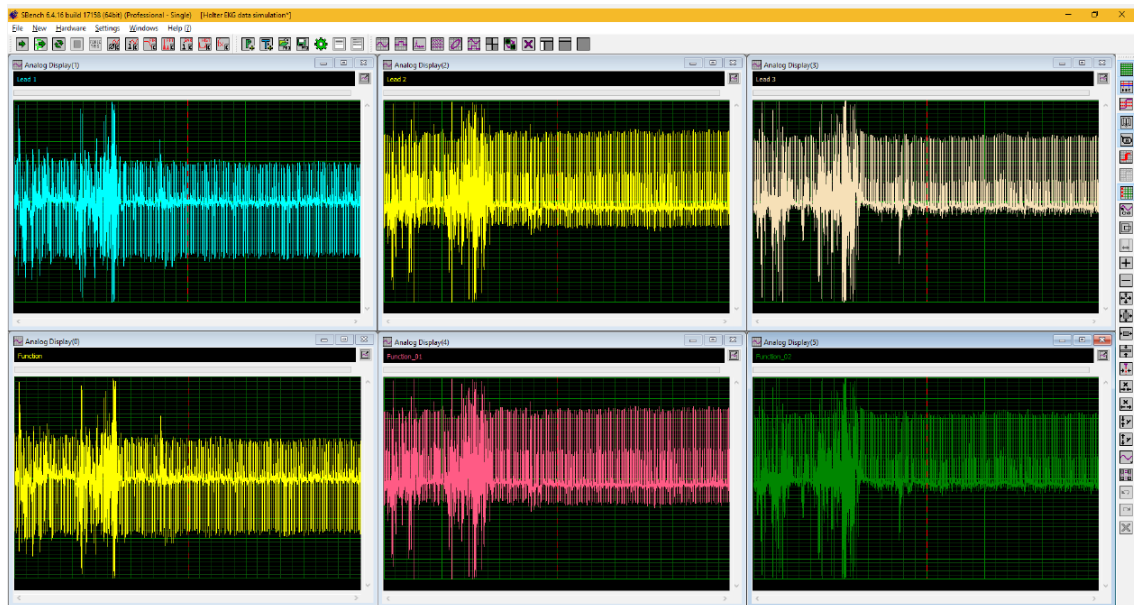


図4：3線式ホルターECGレコーダーを使用した記録および再生テスト戦略の例。上部の3つのトレースは、リード1～3から取得されます。信号は、3つのAWGチャンネルをコピーして再生します

上の3つのトレースは、レコーダーのリード1から3までの取得された信号を示しています。これらのトレースは、Function、Function_01、およびFunction_02として指定されたAWGチャンネルにコピーされます。取得したチャンネルは、AWGを介して出力される前に、SBenCh6のフィルタリングおよび信号処理機能を使用して改善することもできます。

同様に、これらの信号に異常が発生し、AWGチャンネルに転送されてオンデマンドで出力される可能性があります。図5は、リード1信号への50 Hzの異常の追加を示しています。



図5：リード1ホルター信号への50 Hz 干渉信号の追加

元のリード 1 信号が左上グリッドに水平方向に展開して表示され、個々の心臓の鼓動周期を確認できます。信号全体の FFT 結果が上部中央のグリッドに表示されます。右上のグリッドは、約 50 Hz の FFT 結果の水平方向に拡大したビューを示しています。元の信号には 50 Hz の小さな成分があることに注意してください。左下のグリッドは、0.1V、50 Hz の異常が追加された同じリード 1 信号を示しています。50 Hz の異常のある信号の FFT 結果が中央右のグリッドに表示されます。オレンジ色のボックスは 50 Hz を示しています。これは、追加された異常により増加した振幅を示しています。右下のグリッドは、FFT 結果を水平に約 50 Hz に拡大します。50 Hz 干渉の振幅の増加がマークされ、記録されます。取得した信号を再生前に変更する機能により、ユーザは必要に応じてフィルタリングおよびエラー訂正回路の効果を評価できます。

エコーの範囲と場所

レーダー、ソナー、ライダー、超音波で見られるような、位置と測距に「エコー」信号を利用するアプリケーションは、hybridNETBOX 機能によく適合します。図 6 に示すように、AWG ソースはこれらの複雑な信号を生成でき、16 ビットデジタルはエコー信号を表示するために必要なダイナミックレンジを提供します。

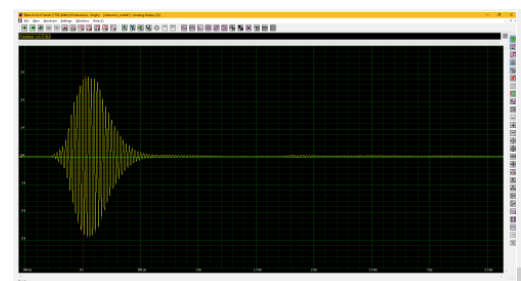


図 6：送信された超音波パルスと複数の反射エコー

これは、エコーとともに、距離計から取得した 40 kHz の超音波パルスです。エコーパルスの振幅は、送信パルスよりも約 36 dB 低いので、図で視覚的に識別できます。実際には、それらは一般的にははるかに低い信号です！ hybridNETBOX の 16 ビットの振幅分解能は、エコー信号が送信信号よりもはるかに低く、低振幅エコーを生成または検出するためにダイナミックレンジが必要であるこのようなアプリケーションでは重要です。

複数のエコーが見えるのは、超音波トランスデューサの指向性が悪いからです。すべてのエコーの場所とレンジングの応用によりこの問題が発生し、トランスデューサまたはアンテナのフェーズドアレイを使用して指向性とゲインを改善しようとします。hybridNETBOX は複数の送信信号を生成し、複数のチャネルを受信できるため、これらのアレイベースのシステムテストと評価に最適です。

複数の信号が生成され、トランスデューサのアレイに供給される超音波画像システムについて考えてみましょう。個々の信号の遅延と減衰の調整を使用して、トランスデューサアレイの出力を制御できます。フェーズドアレイシステムは、RF 信号用アンテナまたは超音波トランスデューサのいずれであっても、多入力多出力 (MIMO) システムの一般的な形式です。マルチチャネル AWG は、これらのシステムを駆動するために必要な信号を提供し、放出された信号のステアリングを可能にします。同様に、マルチチャネルデジタルは、送信された信号の受信をサポートしています。8 素子超音波フェーズドアレイ伝送システ

ムの基本的な信号コンポーネントを図7に示します。

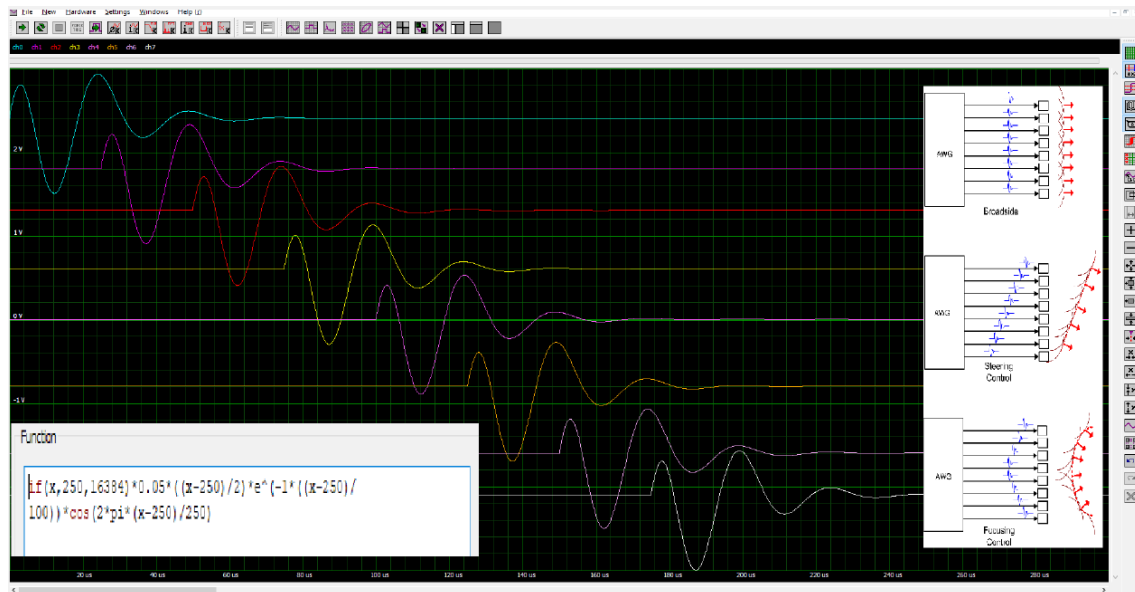


図7：前の波形からそれぞれ $25\mu\text{s}$ の遅延がある8つの超音波波形は、8つの方程式を使用して作成されます。そのうちの1つは図の左下の挿入図に示されています。他の挿入図は、各波形のプログラムされた遅延に基づいて、ステアリングまたは集束の可能性を示しています

多数の信号波形の作成は、図7の左下の挿入図に示すように、SBench6プログラムの方程式エディタを使用して簡単に実行できます。個々の波形は、振幅変調された40kHzコサイン波です。8つの波形はそれぞれ、前の波形から $25\mu\text{s}$ 遅延しています。変調エンベロープは、アタックタイムを制御する合計のランプと減衰時間を決定する指数要素で構成されています。それらはすべて10MHzレートでクロッキングされ、各波形はAWGの512MSメモリのうちの16kSを使用します。与えられたサンプルレートに対して、メモリ長が、出力アナログ波形の持続時間を決定するので、長い波形メモリは重要です。

8つの信号が同時にトランスデューサに到達するように位相調整されている場合、図7の右側の挿入図に示すように、均一またはブロードサイドの波面が伝播します。超音波音響トランスデューサアレイからの送信信号は、個々の駆動信号を順次遅延させます。この例では、トランスデューサから放出される球面波面が空間的に遅延しており、合成信号が下向きになっています。同様に、挿入図の下側の図の配置に示すように、駆動信号がアレイの外側から内側に遅延している場合、ビームを中心にに向けて集束できます。これらのフェーズドアレイは、非機械的手段による放射ビームのステアリングと移動を可能にします。上記の例の波形はステアリング機能を実装しています。遅延に加えてドライブ信号の振幅を調整すると、他の効果が得られます。AWGユーザは、波形の特性とタイミングを完全に制御して、放出される波面の制御に完全な柔軟性を提供します。

結論

これらの例は、信号源と測定機器の両方を、スタンドアロンで、または完全に統合されたテ

ストシステム内のプログラムされた単一の機器として使用できる hybridNETBOX の能力の概要を示しています。