

M5i.33xx シリーズ超高速デジタイザの応用例

M5i.33xx-x16 デジタイザシリーズは、10GS/s、3GHz 帯域幅、12bit 分解能を備え、幅広い RF および高速デジタルアプリケーションに適合します



アプリケーション 1: レーダーパルスの測定

RF アプリケーションの 1 つはレーダー解析です。

Figure 1 は、1GHz の位相変調レーダーパルスを取得する例を示しています。



Figure 1 : 1 GHz 位相変調レーダーパルス (左上) と復調された位相情報 (左下)。パルスの周波数スペクトル (右上) とスペクトルの水平方向の拡大図 (右下)

レーダーパルスを 1 秒あたり 10 ギガサンプル (GS/s) の最大サンプリングレートで取得し、Spectrum Instrumentations 製 S-Bench6 GUI ソフトウェアで波形表示しています。位相変調は、レーダーの距離分解能を向上させることを目的としたバイフェーズバーカーコードです。これは、+1 と -1 の異なる長さの一連の数値です。取得されたデータは MATLAB に転送され位相復調を実行します。復調された信号は S-Bench6 にインポートされます。

LabView や MATLAB などの一般的なサードパーティ解析ソフトウェアがデジタイザを制御および通信できるようにするドライバを含むソフトウェア開発キット (SDK) が含まれています。また、デジタイザは、PCI Express x16 インターフェイスを介して最大 12.8 GB/s でデータを PC システムに転送したり、カスタム処理のために CUDA GPU に直接転送したりすることもできます。これらのインターフェイスにより、さらに高度な分析が可能になります。取得した信号の高速フーリエ変換 (FFT) は、信号の周波数スペクトルを示します。予想どおり、1 GHz のキャリア周波数にピークがあります。搬送波周波数での FFT の水平ズーム拡大は、位相変調によるスペクトルの広がりを見せて



います。このアプリケーションでは、最大 8 GSamples という長いレコード長が 10 GS/s の最大サンプリングレートで最大 800 ms の追跡履歴を研究するのに非常に役立ちます。測定されたパルスの持続時間は 20 μ s で、10 kHz のパルス繰り返し周波数では、各レコードで約 8000 個のパルスを取得できます。

アプリケーション 2: 直交変調された通信信号の解析

RF アプリケーションの 1 つはレーダー解析です。

通信測定は、M5i.33xx-x16 シリーズデジタイザを使用したもう 1 つのアプリケーション分野です。ほとんどの通信システムは、データを効率的にエンコードするためにさまざまな直交変調方式を使用します。Figure 2 は、8PSK 変調された 1 GHz キャリアの解析を示しています。

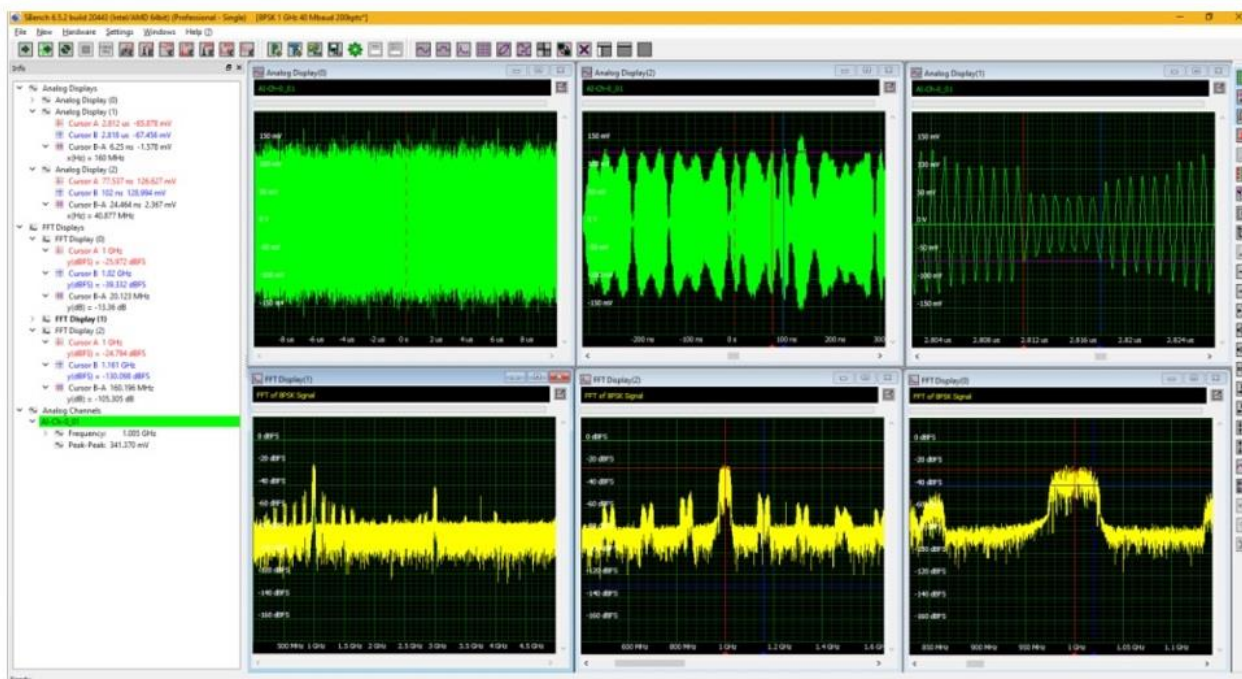


Figure 2 : 8PSK 信号によって変調された 1 GHz キャリア直交位相の時間およびスペクトル解析。左上のトレースは、取得された 8PSK 信号です。右側のトレースは、そのトレースの水平方向のズームです。左下のトレースは信号のスペクトルを示し、右側にはその拡大図が表示されます。

取得された 20 μ s 長の 8PSK 信号が、SBench6 ディスプレイの左上のトレースに表示されています。そのトレースの下には、信号の周波数スペクトルが表示されます。スペクトルは、変調エンベロープを持つ 1 GHz の搬送波周波数にピークを示しています。3 GHz の搬送波の 3 次高調波が目に見えて、搬送波のピークから約 36dB 減衰します。下部中央のトレースは、スペクトルの拡大図を示しています。カーソルは、搬送波周波数に最も近い変調側帯のオフセットを測定します。左側の情報パネルに表示されているカーソルの読み取り値は、側帯オフセットを搬送波周波数から 160MHz として読み取ります。フィルタリングされていないパルス波形の変調エンベロープは、 $\sin(x)/x$ の形状になります。8PSK 信号は、帯域幅 20 MHz のレイズドルートコサインフィルターでローパスフィルター処理されています。これは、右下のトレースの拡大スペクトルビューに示されています。カーソルはフィルターの公称帯域幅を測定します。20 MHz カットオフを超える周波数は変調信号スペクトルから除去されるため、側帯は搬送波とサンプリングノイズの 20 MHz 以内のみ現れます。

上部中央のトレースは、取得された時間軸の拡大図です。リップルはデータ変調によるものです。2つの隣接する狭いピーク間の間隔から、40 MBaud のデータレートがわかります。変調側波帯間の 160MHz の間隔は、データレートの 4 倍、つまり 160MHz での追加のサンプリングプロセスを示しています。右上のトレースにある 8PSK 信号の高度に拡大されたビューを見ると、フェーズブレイク間の信号の粒度がわかります。カーソルは位相ブレイク間の時間を測定するように設定されており、それは 6.2 ns、つまり 160 MHz であることがわかります。したがって、40 MBaud 変調は 20 MHz に帯域制限され、ブロードキャスト前に 160 MHz で再度サンプリングされます。取得された RF キャリアは、独自のベクトル信号解析ソフトウェアを使用して SBench6 の外部で復調され、その後、結果として得られる同相成分と直交成分が追加の分析と表示のために SBench6 に再インポートされます。Figure 3 に結果の例を示します。I コンポーネントは左上のトレースに示され、Q コンポーネントは I コンポーネントの下に示されません。

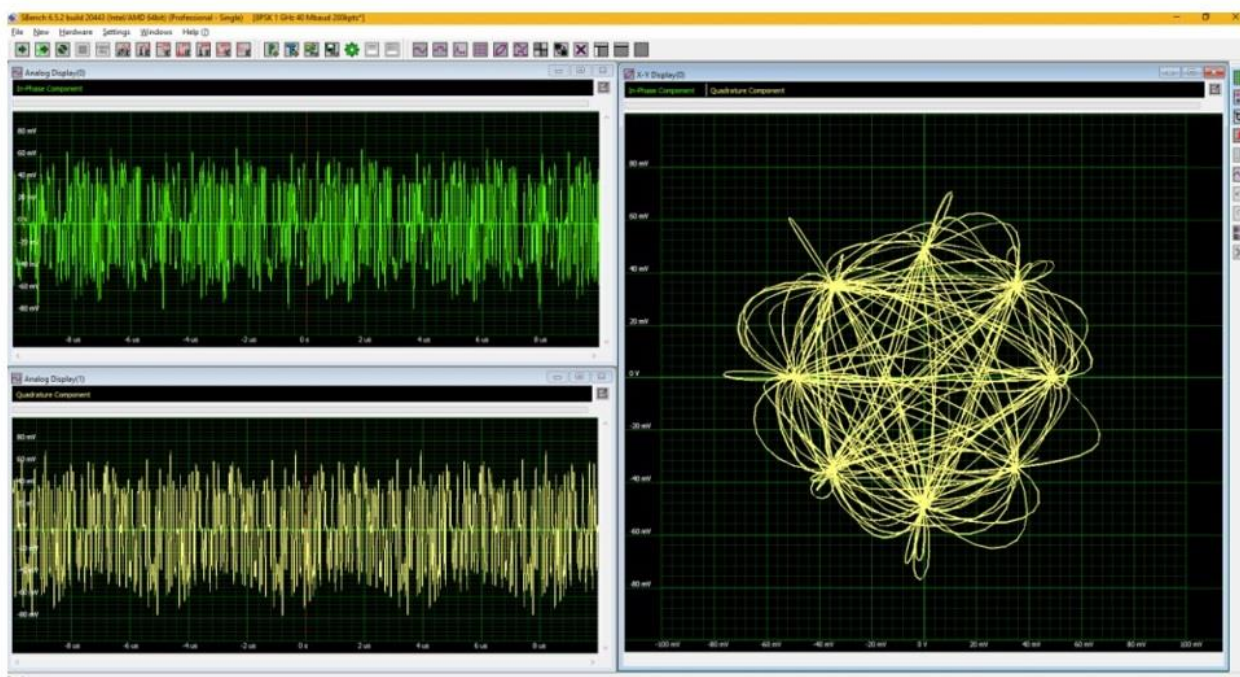


Figure 3 : 復調信号の同相 (I) 成分と直角位相 (Q) 成分。I 信号と Q 信号をクロスプロットすると、状態遷移図または軌跡図が得られます。

8PSK 信号は、シンボルごとに 3 ビットをエンコードして、シンボルごとに 8 つの可能なデータ値を生成します。I 値と Q 値は、位相と振幅の情報に変換されます。これらの各状態の位相と振幅値は、I 信号と Q 信号のプロット、いわゆるコンスタレーションダイアグラムで示すことができます。状態遷移または軌跡図 (右側のトレース内) は、データ状態間の遷移パスを示します。各軌跡は、8 つのデータ状態のいずれかで開始および終了します。データ状態は、0、45、90、135、180、225、270、315 度の 8 つの位相で発生します。状態遷移図は、8PSK 信号生成を評価する簡単な方法を提供します。基礎となるコンスタレーションの非対称性と歪みは、信号生成におけるエラーを示します。



アプリケーション 3: DDR 2 メモリデータ信号の解析

高速デジタル物理層信号は、M5i.33xx-x16 シリーズデジタイザでも取得できます。デジタル信号の帯域幅は、クロックレートの関数であるパルスの立ち上がり時間に依存します。一般的な経験則では、測定システムの測定帯域幅はデジタルシステムのクロック周波数の 5 倍である必要があります。これは、ダブルデータレート (DDR 2) メモリデータ信号の取得と分析を示す Figure 4 の例で確認できます。DDR メモリは 3 つのデジタル信号を使用してデバイスへのデータの読み取りと書き込みを行います。信号はクロック、ストローブ、データです。データ信号を図に示します。

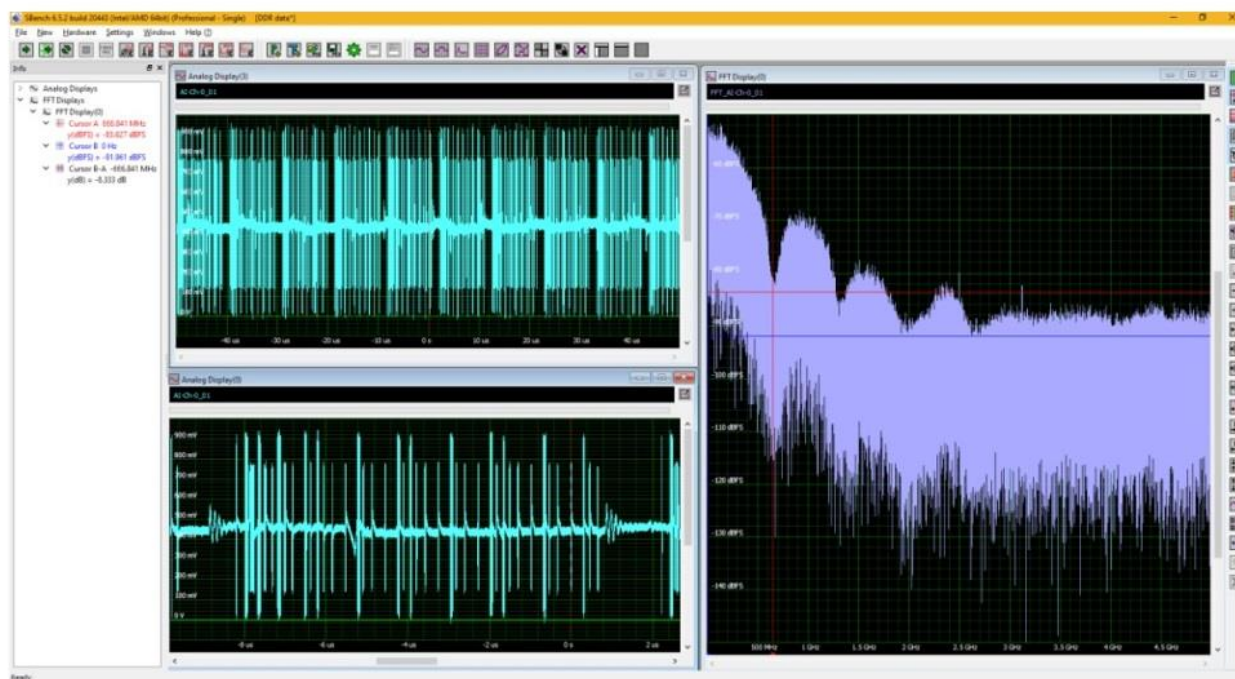
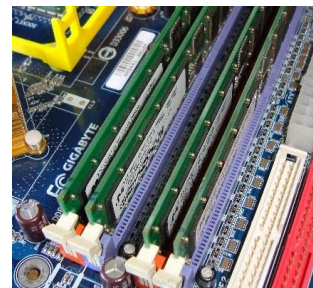


Figure 4 : DDR2 メモリのデータ信号は複雑な構造をしています。FFT スペクトルは、約 3 GHz までのかなりのエネルギーを示しています。

取得されたデータ信号は左上のトレースに示されています。信号を水平方向に拡大した図が左下のトレースに示されています。データ信号の FFT スペクトルが右側のトレースに示されています。予想どおり、デジタル信号のパルス状の性質により、スペクトルは $\text{Sin}(x)/x$ エンベロープを持ちます。デバイスのクロックは 333 MHz です。名前が示すように、DDR メモリ操作は 2 倍のクロックレートで発生します。スペクトル内のヌルは 666 MHz およびその周波数の整数倍で発生します。スペクトルは、約 3 GHz までのかなりのエネルギーを示しています。

M5i.33xx-x16 シリーズ デジタイザのアプリケーションの範囲は非常に広いです。示されている 3 つの例は、存在する可能性についての洞察を提供します。



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 を参照してください。