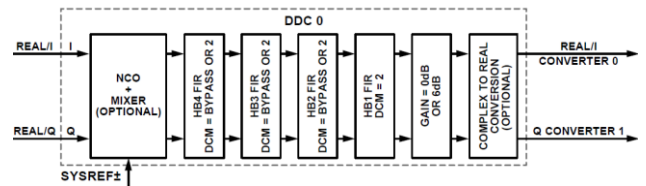


アナログ・デバイセズ設計ツール: Frequency Folding Tool (周波数畳み込みツール)、 「複素数」の例

Jonathan Harris 著

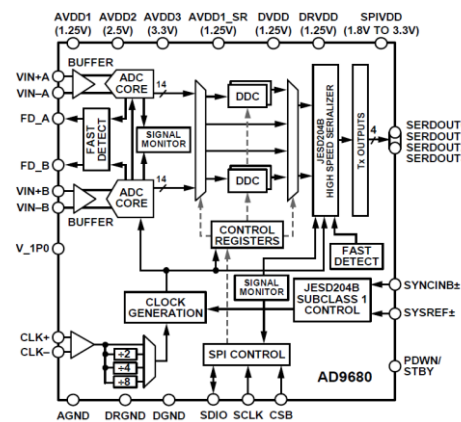
今年投稿した次の2つのブログで、アナログ・デバイセズの Frequency Folding Tool の基礎について説明しました ([Analog Devices Design Tools: Frequency Folding Tool](#) および [Analog Devices Design Tools: Frequency Folding Tool Revisited](#))。ツールを入手できる Web サイトの場所とツールの概要について紹介し、シングル・トーン入力と広帯域信号入力について説明しました。また、ADC のエイリアシングの基本的な例についても説明しました。最新のブログでは、特定の入力周波数とサンプル・レートを使用した場合に、複数のトーンがどのようにして同じ位置にエイリアシングされるかについて説明しました。ここでは、AD9680-500での実際の例について見ていきましょう。ADC のエイリアシング効果と AD9680 のいくつかのデジタル処理ブロックの効果を理解する上で、このシンプルで強力なツールをどのように使用できるかについて説明します。

この例では、入力クロック 368.64 MHz とアナログ入力周波数 270 MHz で動作する AD9680-500 について説明します。まず、AD9680 のデジタル処理ブロックの設定を理解することが重要です。入力 = 実数、出力 = 複素数、数値制御発振器 (NCO) の同調周波数 = 98 MHz、ハーフ・バンド・フィルタ 1 (HB1) = イネーブル、6 dB ゲイン = イネーブルのデジタル・ダウンコンバータ (DDC) を使用するように、AD9680 を設定します。出力は複素数であるため、複素数/実数変換ブロックはディスエーブルにします。DDC の基本ブロック図を以下に示します。入力トーンがどのように処理されるかを理解するには、信号がまず入力トーンの周波数をシフトする NCO を通過し、その後デシメーションを通過して、オプションでゲイン・ブロック、同じくオプションで複素数/実数変換ブロックを通過するという事実を知っておくことが重要です。



AD9680 の信号処理ブロック DDC

また、AD9680 を通過する信号のマクロ・ビューを理解することも重要です。信号は、アナログ入力から入力され、ADC コア、DDC、JESD204B シリアライザを順に通過して、JESD204B シリアル出力レーンから出力されます。これを AD9680 のブロック図で示します。

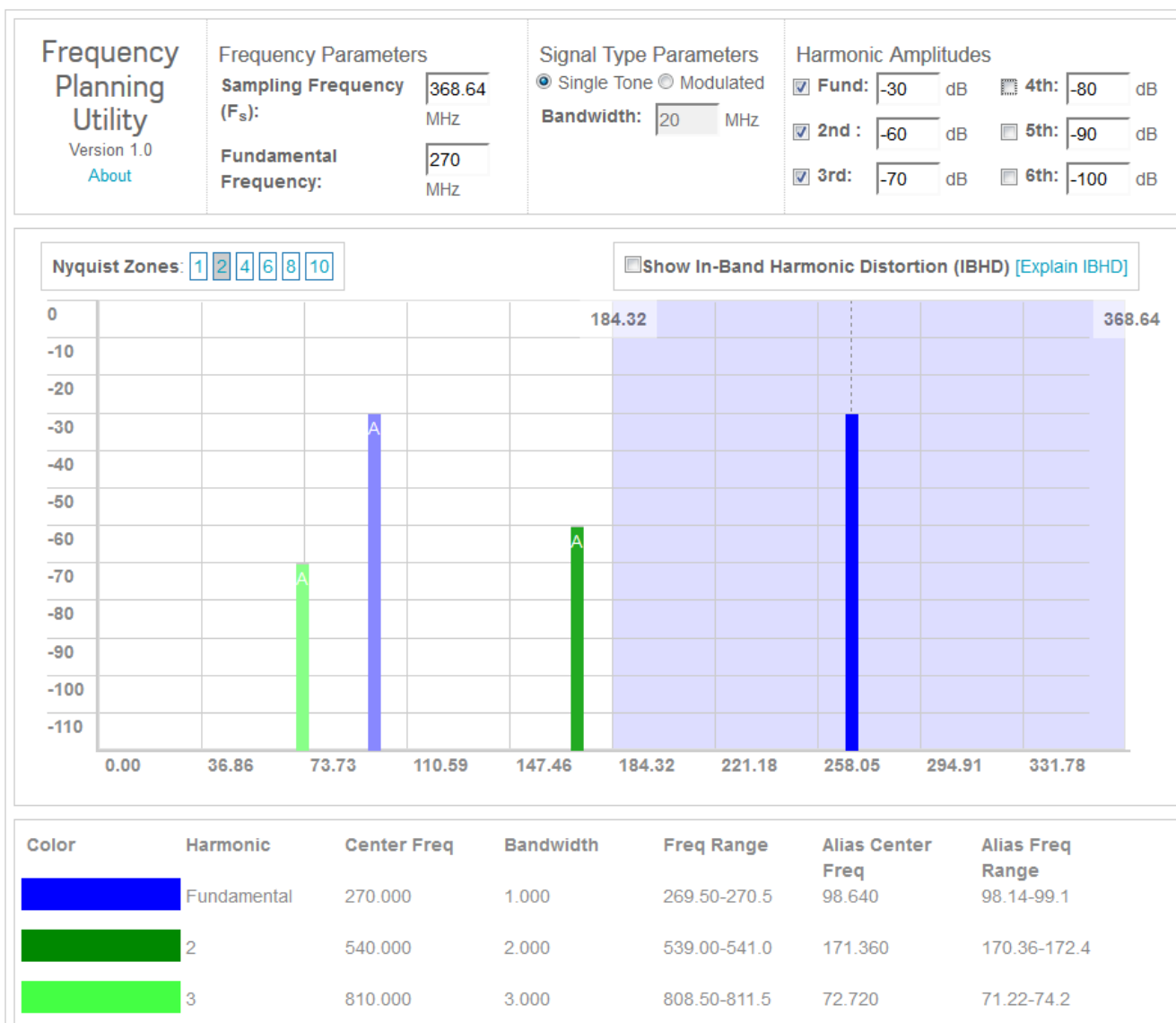


AD9680 ブロック図

次に、信号が AD9680 のさまざまな処理ブロックを通過する際にどのように現れるかについて見ていきましょう。Frequency Folding Tool と VisualAnalog (これについてもブログ [Visual Analog Part 1](#) および [Visual Analog Part 2](#) で説明しています) を使用します。368.64 MHz の入力サンプル・クロックと 270 MHz のアナログ入力周波数の場合、入力信号は 98.64 MHz の最初のナイキスト・ゾーンにエイリアシングされます。入力周波数の 2 次高調波は 171.36 MHz の最初のナイキスト・ゾーンにエイリアシングされ、3 次高調波は 72.72 MHz にエイリアシングされます。このことは、以下の Frequency Folding Tool のプロットによって示されています。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

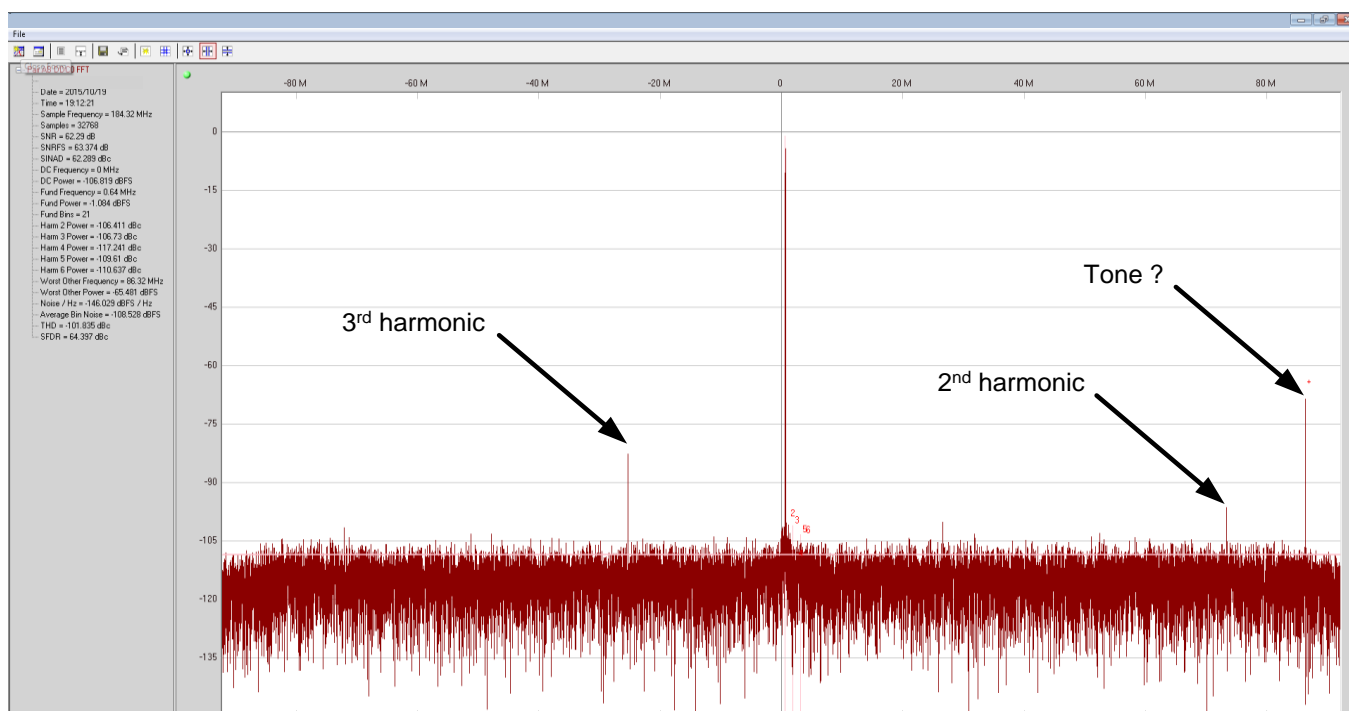
©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved.



Frequency Folding Tool で表示した ADC の出力における信号

上記の Frequency Folding Tool のプロットは、信号が AD9680 の DDC を通過する前の、ADC コアの出力における信号の状態を示しています。AD9680 で信号が最初に通過する処理ブロックは NCO で、これはスペクトルを周波数領域で 98 MHz 左にシフトします（同調周波数は 98 MHz）。

この結果、アナログ入力を 98.64 MHz から 0.64 MHz に、2 次高調波を 73.36 MHz に、また 3 次高調波を -25.28 MHz にシフトします（複素数出力を観察）。このことは、以下の VisualAnalog の FFT プロットに示されています。



NCO = 98 MHz およびデシメーション・レート 2 での DDC 後の信号の FFT 複素数出力プロット

FFT プロットから、Frequency Folding Tool で観察された周波数が NCO によってどのようにシフトされたかが明確にわかります。興味深いことは、FFT に「説明されていない」トーンが現れていることです。これは本当に説明されていないのでしょうか？NCO は主観的（つまり特定の周波数限定）ではなく、すべての周波数をシフトします。98 MHz の基本波入力トーンのエイリアシングを 0.64 MHz にシフトし、2 次高調波を 73.36 MHz、3 次高調波を -25.28 MHz にシフトしました。同様に別のトーンもシフトされたようで、このトーンは 86.32 MHz に表示されています。

Frequency Folding Tool は、ADC の DC オフセットを含めません。この DC オフセットが原因で、DC（または 0 Hz）でトーンが現れます。Frequency Folding Tool は、DC オフセットのない理想的な ADC を想定しています。ただし実際は、0 Hz に存在していた DC オフセット・トーンの周波数は -98 MHz にシフトされます。複素数ミキシングとデシメーションにより、この DC オフセット・トーンは実数周波数領域の最初のナイキスト・ゾーンに折り返されます。Frequency Folding Tool で示されているように、各トーンは最初のナイキスト・ゾーンにエイリアシングされます。複素数入力信号に注目すると、ここでは各トーンが、負の周波数領域にある 2 次ナイキスト・ゾーンにシフトされ、実数周波数領域の最初のナイキスト・ゾーンにラップ・バックされます。デシメーション・レシオ 2 でデシメーションをイネーブルにしたため、デシメーションしたナイキスト・ゾーンの帯域幅は 92.16 MHz です（ $f_s = 368.64$ MHz で、デシメーションしたサンプル・レートは 184.32 MHz であり、これのナイキスト・ゾーンは 92.16 MHz）。DC オフセット・トーンは -98 MHz にシフトされ、92.16 MHz にあるデシメーションされたナイキスト・ゾーン境界との差は 5.84 MHz です。このトーンが最初のナイキスト・ゾーンに折り返されると、実数周波数領域でナイキスト・ゾーン境界から同じ値だけオフセットされ、 $92.16 \text{ MHz} - 5.84 \text{ MHz} = 86.32 \text{ MHz}$ になります。これこそ、上記の FFT プロットにトーンが表示されている場所です。

トーンを特定する目的で使用できる Frequency Folding Tool のようなツールは有用です。ほかにも、複素数または実数のミキシングやデシメーションを実行する場合に ADC の動作を理解するのに役立ち、「説明されていない」トーンが現れた場合にその発生源を特定できます。Frequency Folding Tool を使用することで、ADC でトーンがどのようにエイリアシングされるか確認できるため、トーンがエイリアシングされる場所を特定および予期できます。この例が ADC に関わっている方々に有用であることを願っています。また、実数周波数領域だけでなく、複素数（負）周波数領域でもどのようにトーンがエイリアシングされるか理解するのに役立つことも願っております。

リソース

この記事を共有：

facebook

twitter