

ADコンバータによる周波数変換 - デザインノート 259

Derek Redmayne

周波数源の特性評価は、実験室においても現場においても、ますます重要になってきています。図1の回路は小型で比較的安価な構成でありながら、いくつかの興味深い特性をもっています。この回路では、LTC[®] 1420 ADCを使って高い周波数をアンダーサンプリングし、LTC1668 DACをドライブし、その後にはフィルタを置き、ダウン変換をおこないます。続いてフィルタの出力を再度サンプリングし、シングル・チップのマイクロコントローラが扱えるサンプル・レートにします。IFストリップの搬送波あるいは局部発振器の出力の特性評価に加えて、この手法はADC、DAC、クロック・ソース、信号源、あるいはロジック・デバイスやフェーズロック・ループの位相ノイズの特性評価にも役立ちます。

周波数変換は通常ダイオード・ミキサあるいはGilbertセル・ミキサによっておこなわれます。ダウン変換は無線受信機でもっとも多く利用されます。アップ変換は送信機で一般に利用されます。普通のスーパーヘテロダイン受信機は通常固定中間周波数(IF)を発生するために一回変換をおこないます。スペクトル・アナライザ、セルラー基地局、ケーブル・モデム、マイクロウェーブおよび人工衛星用受信機、レーダー、および光通信システムのすべてが周波数変換ブロックを備えています。

ADCを使ったダウン変換

ダウン変換はADCを使って信号周波数をアンダーサンプリングすることによって実現できることは一般に知られていないかもしれませんが。結果として得られる信号周波数は、サンプル周波数(f_S)あるいは f_S の倍数)と入力周波数との差です。ADCを使って、その全線形帯域幅内の任意の周波数をアンダーサンプリングすることができます。

ミキサの場合と同様、この操作の結果は和周波数と差周波数です。ただし、離散時間サンプリング・システムでは、和周波数は最終的には差周波数と同じ見かけ周波数になります。基本的に、差周波数だけが維持されます。

アンダーサンプリングされるシステムの主な制約条件は、入力信号の帯域幅が使用されているナイキスト領域から外れてはいけないことです。(ナイキスト領域は、サンプル周波数の整数倍の上方あるいは下方に $f_S/2$ の帯域幅にわたって広がっています。)所期のナイキスト領域から外れたどの信号も、DC~ $f_S/2$ 領域へ折り返されます。上記の制約条件は、それに続くデジタル領域のバンドパス・フィルタが対象周波数範囲を制限するなら、緩和することができます。

[®]LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。

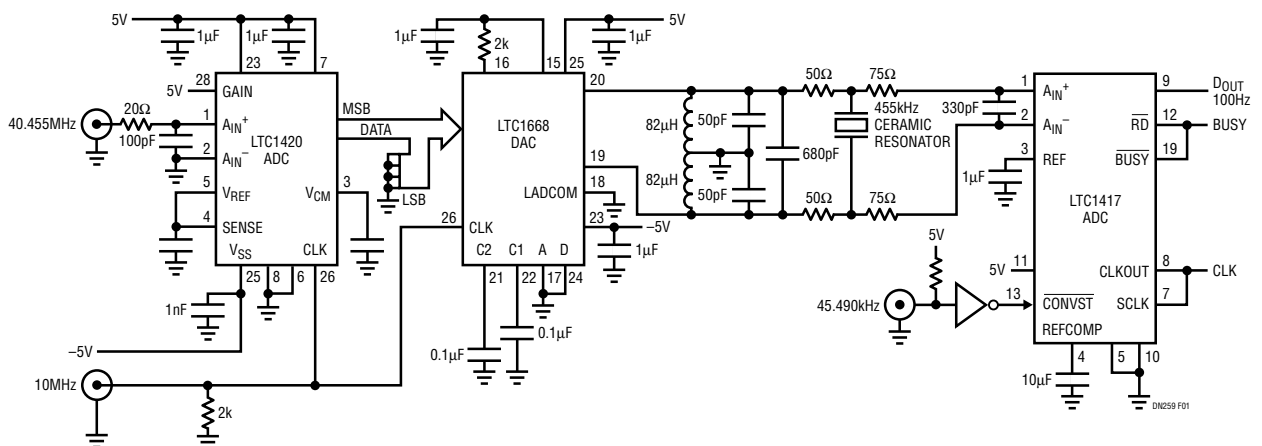


図1 . 40MHzのアンダーサンプリングによる100Hzへの2段階周波数変換の実行

不要な信号が対象周波数範囲へ折り返されないかぎり、対象スペクトルへの影響は無視できます。

図1では、10MspsのLTC1420が40.455MHzの入力信号を455kHzの出力へ変換します。455kHzの信号を再生するのに高速DACを使うと、後続のアナログ・バンドパス・フィルタによる追加のコストや電力消費はほとんどありません。アナログ・フィルタの1つの利点は信号周波数がサンプル・レートと整合していなくても、数学的なアーティファクトを示さないことです。実際には、この構成では中間周波数を調整して、再サンプリングADCの変換レートへ適合させることができます。この方法で高速無限サンプル・ホールドを使う動機は、高速サンプリング・レートでサンプルを処理する必要なしに、高速サンプリング・レートの利点を得られることです。

高速ADCの提供するデータ・レートはパワーの低いプロセッサが処理するには速すぎることがあり、データ・レート破壊のためにSN比があまりにも低下することがあります。DACの後にアナログ・フィルタを使うのは旧式に見えるかもしれませんが、セラミック共振器、アクティブ・フィルタ、あるいは調整したLCフィルタで得られるフィルタ特性にデジタル・フィルタで対抗するのは難しいかもしれません。最初の12ビット量子化の後にそれより高い分解能のADCを使うと、周波数測定能力を改善するとともに、原信号に数LSBのノイズ(ディザ)が含まれている場合、細部を分解することができます。

簡単に入手できる455kHzのセラミック共振器あるいはLCフィルタを利用できるので、455kHzの中間信号が選ばれ

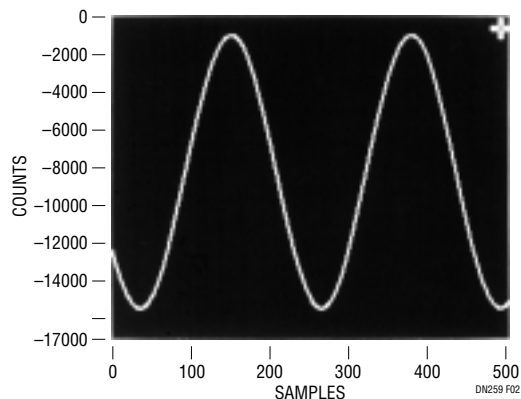


図2. ダウン変換された100Hzの出力は原信号の位相あるいは周波数の偏差を強調する

ました。LTC1560-1モノリシック5次エリプティック・ローパス・フィルタをこのアプリケーションに使うことができたことにも注目してください。LTC1668は電流出力のデバイスなので、所期の周波数に調整されたタンク回路をドライブすることができます。続いてこの信号を(455kHz - 100Hz)の約数(45,490sps)で再サンプリングすることにより100Hzのサイン波が生成されます。

このDACの再サンプリングされた出力を図2に示します。図3はLTC1417の出力に対して実行されたFFTの結果です。

前に述べたように、DACの出力は455kHzの差周波数だけではありません。DACはミキサのように機能し、基本周波数(455kHz)に加えて、10MHzの変換クロックと455kHz信号の和周波数および差周波数を発生します。

これらの不要の周波数の低い方、つまり9.545MHz(10MHz - 455kHz)は、455kHzの約20倍、つまり搬送波の4.4オクターブ上です。フィルタが無いと、これらの成分の信号レベルは搬送波の約25dB下です。したがって、ローパス・フィルタあるいはバンドパス・フィルタが必要です。過渡領域でのロールオフが12dB/オクターブの2次LPFは、これらの不要成分を搬送波の約77dB下(他の高調波やノイズ成分の領域)まで減少させます。調査対象の信号が単調波の場合、ローパス・フィルタが適しています。

これらの手法は、現場での監視作業とともに、信号発生器やクロック・ソース、それにももちろんADCやDACの性能を評価するためのベンチテストにも使えます。

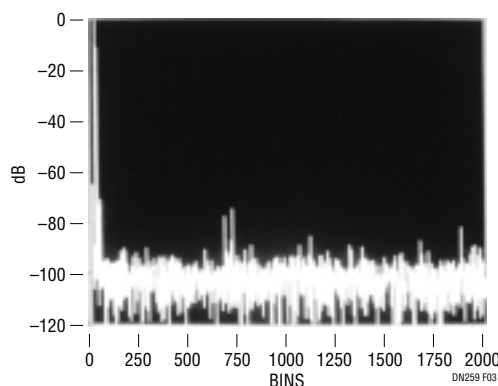


図3. 100Hz信号のスペクトルを処理して原信号の特性を決定することができる

データシートのダウンロード

<http://www.linear-tech.co.jp/ds/j1420i.html>

リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町 3-6 秀和紀尾井町パークビル 8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn259f 0601 6K • PRINTED IN JAPAN


© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2000