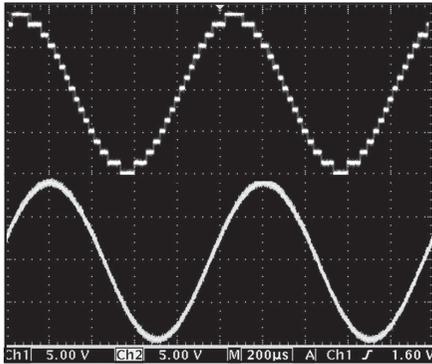


連載



精度不良の70%を占めるADC周辺回路&部品誤差要因を攻略せよ 計測用16ビットA-D変換に学ぶ プロのアナログ回路設計ノウハウ

第3回 前置アンチエイリアシング・フィルタの高周波リーク対策

中村 黄三 Kozo Nakamura

DC系やAC系のアプリを問わずA-D変換(以下、ADC)システムの有効分解能(ENOB)を確保するには、外来および信号経路で発生するノイズをビット分解能に見合う値まで引き下げなければなりません。それを担うのが図1の前置フィルタです。

ここで問題なのは、OPアンプを使ったアクティブ・フィルタの場合、回路形式やフィルタの次数によっては、⑤の高周波リークを引き起こしフィルタとして機能しなくなることです。

電磁流量計のようなパルス状の信号(以下、ステップ波形)を扱う場合は、⑥のフィルタ応答の選択も重要な要素です。例えばチェビシェフは、カットオフ特性は急峻ですがステップ応答はリングングの

テールが伸びて思わしくありません。

そこで、⑤の高周波リーク対策と、適切な⑥のフィルタ応答の選び方についてを2回に分けて解説していきます。

前置フィルタの必要性

● サンプルング定理の復習

説明に入る前に、サンプルング定理について少し触れておきます。

時間とともに変化するアナログ量を、ADCにより図2のように等間隔で切り出して数値化することをサンプルングと呼びます。秒あたりのサンプルング回数をサンプルング・レートと呼び、周期で表す場合はサンプルング周波数(ここでは f_s)と呼びます。どちらも単位は[Hz]です。

サンプルング周波数 f_s の半分の周波数 $f_s/2$ をナイキスト周波数と呼びます。ADCによる正常な数値化は、ナイキスト周波数 $f_s/2$ よりも低い周波数のノイズや入力信号(ここでは f_{in})に対してのみ有効です。それよりも高いとAC信号の周期性(波形ではない)を正しく数値化できません。

図2の例ではサンプルング周波数 $f_s=100$ kHzに対して、入力信号 f_{in} は120 kHzです。この状況では、 f_{in} の波形を十分には近似できない遅いサンプルング周期(点の間隔)になるので、異なる周波数を持った点線の波形として数値化され、この波形をエイリアス(偽物)

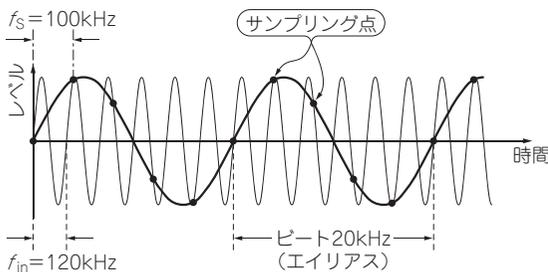


図2 サンプルング周波数が足りない…アンダーサンプルングによるエイリアス発生メカニズム

エイリアスの発生は、ADCに入力する信号やノイズの周波数 f_{in} に対して、その波形を十分に近似できないサンプルング周期(点の間隔)によって、異なる周波数を持った波形(点線)として数値化される現象。アンダーサンプルングは、入力周波数 f_{in} に対してサンプルング周波数 f_s が倍以上ではないA-D変換の状態を指す

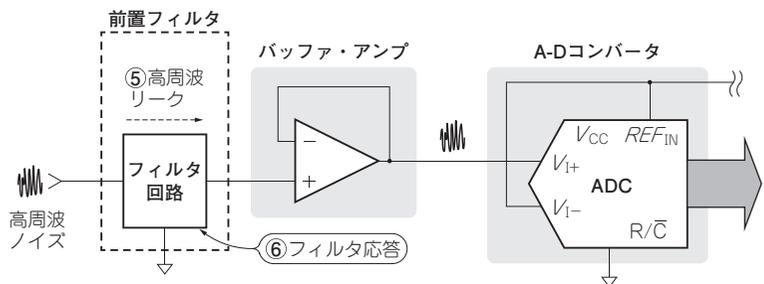


図1 高精度ADC回路の前置フィルタは高周波リークとフィルタの応答特性が肝要