

ディスクリートによる実装の性能を凌ぐ、統合した高精度ベースバンド・フィルタIC - デザインノート476

Philip Karantzalis

はじめに

デジタル通信システムでは、トランスミッタやレシーバ内でベースバンド信号の帯域幅を制限する必要があります。ベースバンド信号の整形や解析の大半はデジタル信号プロセッサ(DSP)を使って行えますが、信号チェーンに沿ったいくつかの場所ではアナログ・フィルタが使われます。たとえば、アナログ・フィルタはD/Aコンバータ(DAC)のイメージングを減らし、RF復調器の高周波ノイズを除去し、あるいはA/Dコンバータ(ADC)の入力のエイリアシングを減らします。

一般に、3G通信システム(CDMA, GSM, UMTSまたはWiMax)は、1.25MHzから20MHzを超えるまでのベースバンド・チャンネル帯域幅を備えています。この周波数範囲では、(高速オペアンプ、抵抗およびコンデンサで構成された)ディスクリートのアナログ・フィルタは、PCBのレイアウトの寄生要素、部品の許容誤差および不整合に対して敏感です。ディスクリート部品を使用する際の落とし穴は、LTC6601-1/-2やLTC6605-7/-10/-14などの、集積化された、ピンで構成可能な高精度アナログ・フィルタICを使用することによって避けることができます。LTC6601-xはシングル・2次ローパス・フィルタで、LTC6605-xは統合したデュアル・フィルタです。

LTC6601-xローパス・フィルタ

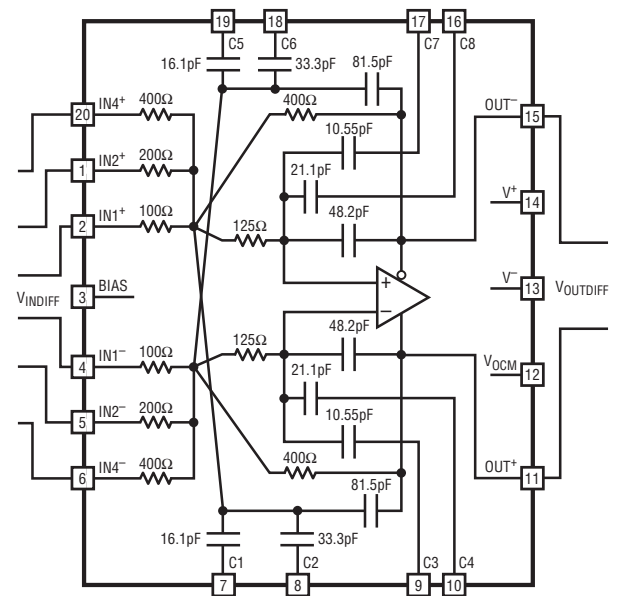
LTC6601-xのブロック図とこのデバイスによって実現される2次関数を図1に示します。LTC6601-xを使って高周波フィルタを簡単に実装することができます。このデバイスは、低ノイズ(1.5nV/√Hz)広帯域幅(600MHz)の完全差動アンプを高精度抵抗およびコンデンサとともに内蔵しています。内蔵抵抗とコンデンサの標準偏差は±0.25%、それらの整合は±0.1%です(差動アンプ内では、高周波数での同相除去は信号経路の厳密な整合に依存します)。さらに、LTC6601-xアンプの利得帯域幅(GBW)は±0.5%にトリミングされています。このレベルの精度は、どんな実際の製造工程でも、ディスクリート・アナログ・フィルタでは達成できないことに注意してください。

LTC6601-xフィルタの多くの実装では外付け部品は不要です。たとえば、入力ピンを単にハードワイヤ接続するだけで、様々なフィルタ利得と5MHz~27MHzのカットオフ周波数でローパス・フィルタを実現することができます。

内蔵されている抵抗とコンデンサの積と比によって2次のフィルタ関数の f_0 と Q の値が決まります。 f_0 と Q の対はフィルタのカットオフ周波数と通過帯域の利得のピークを設定します。帰還抵抗の値が f_0 周波数の範囲を決めます。400Ω帰還抵抗を入力抵抗でシャントして f_0 の範囲を拡大することができます。

LTC6601-xを入力RCフィルタまたはLCフィルタと一緒に使うと、3次、4次および5次のローパス・フィルタを実装することができます(高次のフィルタのオプションについてはLTC6601-1またはLTC6601-2のデータシートを参照)。

LTC6601ファミリーには、歪みとノイズをトレードオフする2つのオプションがあります。低ノイズにはLTC6601-1を使い、低消費電力での低歪みにはLTC6601-2を使います。



$$\frac{V_{OUTDIFF}}{V_{INDIFF}} = \frac{GAIN}{1 + \frac{s}{2\pi f_0 \cdot Q} + \frac{s^2}{(2\pi f_0)^2}}$$

図1. LTC6601-xのブロック図とこのデバイスによって実現される2次関数

LT, LTC, LTM, Linear TechnologyおよびLinearのロゴはLinear Technologyの登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

LTC6605-xデュアルの整合したローパス・フィルタ

一般に、直交ダウンコンバージョンは直接変換やゼロIFレシーバに使われます。直交復調器では、RF信号は2つの経路に分割され、LO（ローカル発振器）とミックスされ、I（同相）信号およびQ（90°の位相、つまり直交）信号を発生します。直交変換レシーバでは、高イメージ除去は非常に厳密な利得と位相の整合に依存します。高イメージ除去は信号対雑音比（SNR）を最大にし、ビットエラーレートを最小にします。

LTC6605-xは2個のLTC6601 ICを内蔵しており、デュアルの整合した2次ローパス・フィルタとして構成され、テストされています。LTC6605には3つのバージョンがあります。f_(-3dB)範囲を6.5MHz～10MHzに調整可能なLTC6605-7、f_(-3dB)範囲を9.7MHz～14MHzに調整可能なLTC6605-10、f_(-3dB)範囲を12.4MHz～20MHzに調整可能なLTC6605-14です（f_(-3dB)またはf_(-1dB)周波数は外部抵抗で設定されます）。

LTC6605-xの最大利得と位相の整合誤差はそれぞれ±0.35dBおよび±1.2°です（-32dBのイメージ除去に相当します）。LTC6605-x ICのこのレベルの利得と位相の整合は、ディスクリートの抵抗とコンデンサを使う場合実際的ではありません。

LTC6605-7またはLTC6605-10の入力ピンは、1、4または5の利得にハードワイヤ接続することができます。LTC6605-14は、1、2または3の利得にハードワイヤ接続することができます。どちらも外部入力抵抗を使って整数値ではない利得を与えることができますが、利得および位相の整合がわずかに低下します。

利得および位相の精密な整合は、非常に低いノイズおよび歪みと組み合わせられると、ダイナミックレンジの高い差動回路を可能にします。図2はデュアルLTC2205 16ビットADCをドライブしているLTC6605-7を示しており、図3はADC出力のFFTプロットを示しています。LTC6605-7は（WiMaxのアプリケーションに適した）12dBの利得と7MHzの-1dB周波数に構成されています。

LTC6601-xの場合と同様、LTC6605-xを入力RCまたはLCフィルタと一緒に使って、3次、4次および5次のローパス・フィルタを実装することができます。LTC6605-7は6mm×3mmの小型22ピン・リードレスDFNパッケージで供給されます。

LTC6601-xの消費電力、およびLTC6605-xの2次の各セクションの消費電力はスリーステートのBIASピンによって設定され、シャットダウン（I_S = 350μA）、中程度の電力（I_S = 16mA）または最大電力（I_S = 33mA）の間で選択することができます。

まとめ

精密抵抗およびコンデンサを内蔵したLTC6601-x完全差動ローパス・フィルタは、ピンをハードワイヤ接続することによって構成することができます。5MHz～27MHzの周波数範囲の2次フィルタを実装することができます。

LTC6601-xはPCBの寄生要素に対して敏感ではなく、ディスクリートのアナログ・フィルタに比べて高性能の回路です。LTC6605-xは高性能直接変換レシーバ内のデュアルのADCをドライブするデュアルの整合した2次ローパス・フィルタです。LTC6601-xまたはLTC6605-xと一緒にRCまたはLCフィルタを使って、3次、4次または5次のローパス・フィルタを実装することができます。

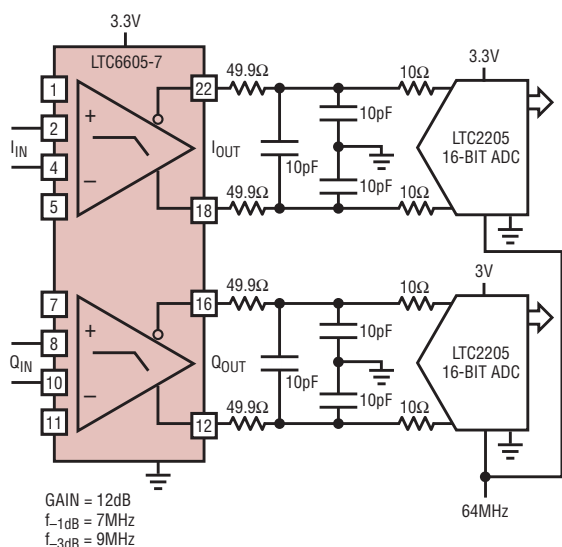


図2. 2個のLTC2205 ADCをドライブするLTC6605-7

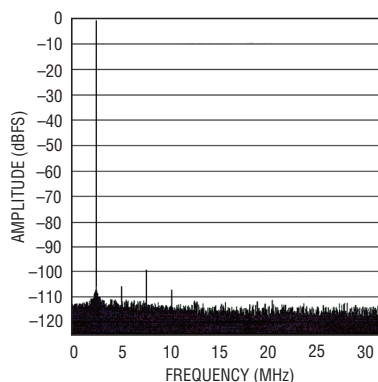


図3. 図2のLTC2205のIまたはQ出力チャネルのFFTプロット（75dBのSNR、-98dBのSFDR、64KポイントのFFT、64Msps、f_{IN} = 2.5MHz、-1dBFS）

データシートのダウンロード：<http://www.linear-tech.co.jp>

オンラインストア リニアエクスプレス

LINEAR EXPRESS

0120-7291-22

株式会社 トーメン エレクトロニクス

本社 TEL 03-5462-9615

大阪 06-6447-9644 名古屋 052-582-1591
福岡 092-713-7779 宇都宮 028-625-8331
熊本 0263-34-6131 北関東 048-521-9011
仙台 022-221-8061 浜松 053-452-8147
立川 042-548-9871

東京エレクトロデバイス株式会社

本社 TEL 045-474-5114

大阪 06-6399-1511 名古屋 052-562-0825
東京 03-3251-0083 北関東 048-600-3890
水戸 029-227-6552 立川 042-548-0255
横浜 045-474-7023 熊本 0263-36-8112
福岡 092-474-4121 仙台 022-212-2746

株式会社 三共社 本社 TEL 03-5298-6201

株式会社 ジェビコ 本社 TEL 03-6362-0411

東京電子販売株式会社 本社 TEL 03-5350-6711

株式会社 信和電業社 本社 TEL 06-6943-5131

伊藤電機株式会社 本社 TEL 052-935-1746

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紀尾井町パークビル 8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn476f LT/TP 0310 • PRINTED IN JAPAN



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2010