

## 高直線性部品による直接変換レシーバの設計の簡素化 - デザインノート418

Cheng-Wei Pei

### はじめに

直接変換無線受信機は(多くの場合800MHz~3GHzの周波数範囲の)高周波入力信号を受け取り、中間周波数(IF)段を経由することなく、ミキサ/復調器を1段使って信号をベースバンドに変換します。その結果得られる低周波数(ベースバンド)信号スペクトルには、DCから一般に数十MHzまでの周波数に有用な情報が含まれています。これらの受信機の設計には、非常に性能の高いアナログICを使用する必要があります。携帯電話のインフラストラクチャやRFIDリーダなどのアプリケーションの高性能直接変換無線受信機の信号チェーンは、高直線性、低ノイズ・フィギュア(NF)、および同相と直交(IとQ)のチャンネル間の良好な整合を必要とします。

### 必要な性能に適した部品

リニアテクノロジー社のLT®5575直接変換復調器は優れた直線性とノイズ性能を兼ね備えています。ベースバンド出力スペクトル内に入る2次歪み積のため、直接変換ミキサにとって最も重要な直線性の仕様は2次インターセプト・ポイント(IIP2)であり、LT5575は900MHzで54.1dBm(1900MHzで60dBm)を誇っています。LT5575は3次の直線性も高く、ノイズ・フィギュアは低く12.8dBです。

LTC®6406は低ノイズ(入力で1.6nV/√Hz)、高直線性(20MHzで+44dBm OIP3)の完全差動アンプで、3mm×3mmのQFNパッケージで供給されます。外部抵抗で利得が設定されますので、ユーザーは非常に柔軟に設計することができます。電力消費が少ないので(3.3V電源で59mW)、IとQに2個のアンプを使ってもシステムの電力予算に与える影響は微小です。LTC6406は50MHzまで高い直線性を維持しますので、WCDMAレシーバや他の広帯域アプリケーションに最適です。

### レシーバの基本設計

アクティブ復調器を使った設計に一般的な課題の1つは、(DCレベルがV<sub>CC</sub>に近いことがある)出力を、A/Dコンバータ(ADC)の入力範囲内の利用可能なDCレベルにシフトさせることです。幸いにも、LTC6406の入力はレール・トゥ・レールなので、LT5575の出力に簡単に直接インターフェースさせることができます。LTC6406は(外部のV<sub>OCM</sub>電圧で制御される)追加の帰還ループも備えており、入力電圧には無関係に、出力の同相DCレベルを独立に設定します。

LT、LTC、LTおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

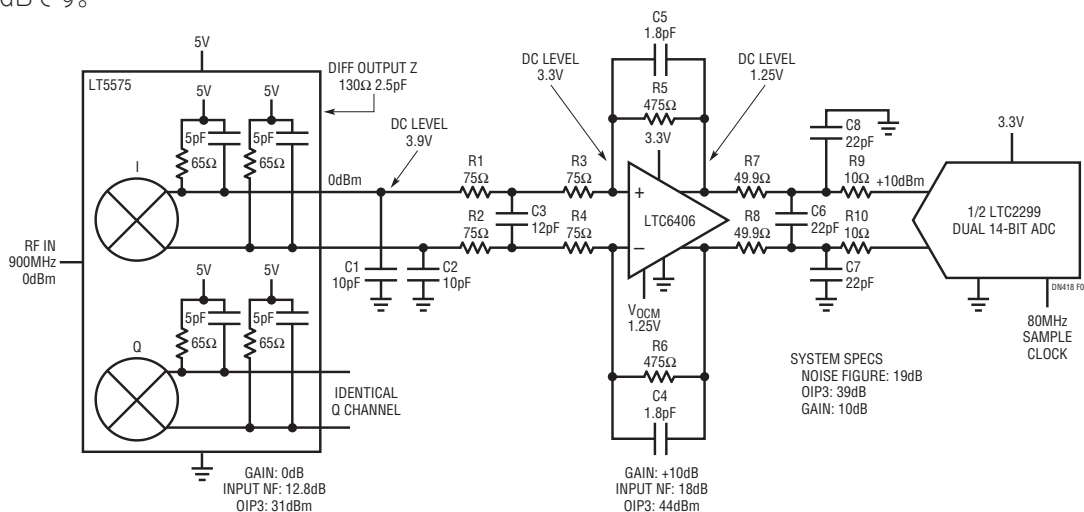


図1. LTC2299 14ビットADCをドライブするLT5575復調器とLTC6406アンプ。  
システムの帯域幅は約40MHz。システム全体のOIP3の測定値は39dBであった

LT5575復調器とLTC6406の後にLTC2299 14ビットADCが続く基本的レシーバ回路を図1に示します。復調器の出力のRCローパス・フィルタが帯域外の不要信号を除去し、ADCの前に置かれた別のRCローパス・フィルタがアンチエイリアス処理をおこない、ノイズの帯域幅を制限します。LTC6406の入力のDC電圧は3.3Vで、電源電圧と同じです。

### システムへのフリー利得の追加

もっと利得を必要とする信号チェーンの場合、LTC6401-8差動アンプ/ADCドライバがLT5575とLTC6406を十分補完します。LTC6401-8は直線性がさらに高く(20MHzでOIP3が50dBm)、入力ノイズは $2.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ で、 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ のQFNパッケージで供給されます。このデバイスはノイズ・フィギュアに大きな影響を与えることなく利得と直線性に寄与します。図2では、LTC2299をドライブする信号チェーンにLTC6401-8(14dB、20dBおよび26dBのタイプも用意されています)が追加されています。LTC6401-8のさらに高い直線性により、システムの合計OIP3が45dBmに増加します。さらに、ノイズ・フィギュアの大きな悪化なしに、8dBの利得が追加されます。LTC6401-8の $400\Omega$ の入力インピーダンスはLTC6406にとって重い負荷ではなく、(直列抵抗などによる)小さな信号損失だけで2つのアンプを直接結合することができます。

### もっと選択性の高いフィルタ

図2の回路にはフィルタを実装できる場所として、ミキサの後、2つのアンプ段の間、およびADCの前の3箇所があります。それぞれ長所短所がありますが、最も簡単な設計ではフィルタをミキサの後に置きます。このトポロジーでは、不要の信号が信号チェーンの早い段階で減衰しますので、後続段のIP3が保たれ、システム全体で利得を増やすことができます。復調器の出力のLCフィルタはシステムの歪みとノイズ・フィギュアに微小な影響しか与えませんが、LCローパス・フィルタはそれらの共振周波数の近くで帰還アンプに重い負荷インピーダンスを与えることがあります。この記事の範囲を超える理由により、高速サンプリングADCの入力にLCネットワークを配置するには手ぎわを要します。

このLCネットワークの設計で重要なのは、LT5575のIとQの利得/位相の整合( $0.04\text{dB}/0.4^\circ$ の不整合)を維持する必要があるため、許容誤差の小さなLC部品( $\pm 2\%$ のインダクタと $\pm 5\%$ のコンデンサ)を使う必要があることです。システムの周波数応答と群遅延はほとんど完全にLCフィルタによって決まります。

### まとめ

高直線性と優れたノイズ仕様を与える信号チェーン・デバイスを使うと、高周波レシーバの設計を大幅に簡素化することができ、設計サイクル全体が短縮されます。

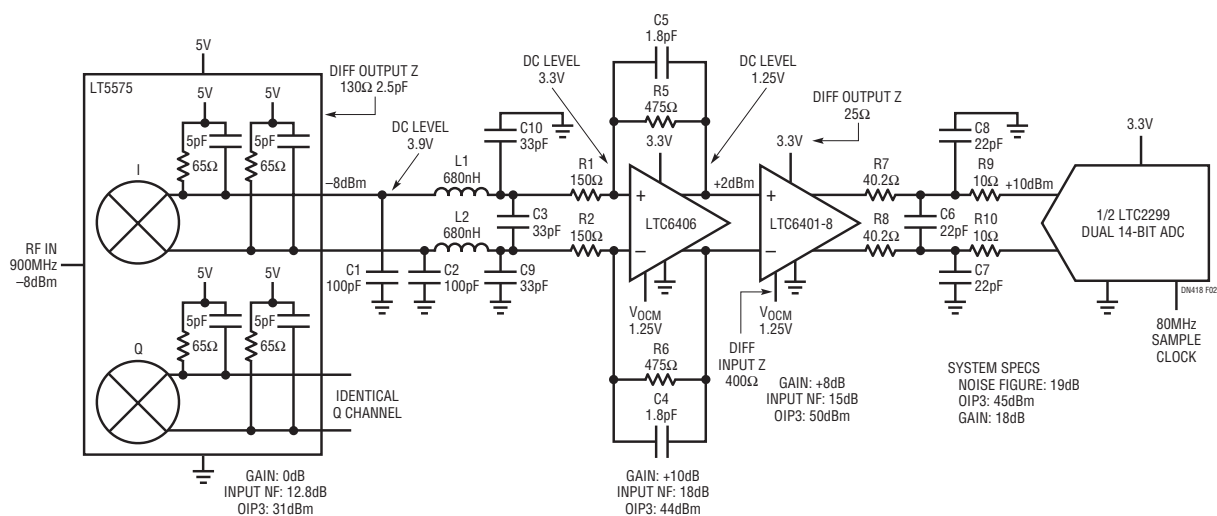


図2. 20MHzローパス・フィルタ付きLT5575復調器と後続のLTC6406およびLTC6401-8。900MHzのローカル発振器を使って測定したシステムのOIP3は920MHz RFで45dBm。システムのノイズ・フィギュア(NF)は合計約19dBになる

### データシートのダウンロード

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

お問い合わせは当社または下記代理店まで(50音順)

#### 株式会社立花エレクトック

〒105-0011東京都港区芝公園2-4-1  
TEL(03)5400-2529 FAX(03)3437-2696

#### 株式会社トーマンエレクトロニクス

〒108-8510東京都港区港南1-8-27  
TEL(03)5462-9615 FAX(03)5462-9695

#### 東京エレクトロデバイス株式会社

〒224-0045横浜市中区東方町1  
TEL(045)474-5114 FAX(045)474-7116

### 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>

dn148f 0607 • PRINTED IN JAPAN

**LINEAR**  
TECHNOLOGY  
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2007