

可変利得付き、低消費電力、直接デジタル化 IF レシーバ デザインノート 482

Walter Strifler

はじめに

今日の通信レシーバは、適当な FPGA デバイスでデコードするために、受信したアナログ信号をデジタル化する ADC を必要とします。レシーバのデザインの直接変換方式は一般にベースバンド近くの単一周波数ダウンコンバージョンおよびアナログ-デジタル変換(ADC)を行います。このレシーバ・アーキテクチャはエレガントでシンプルですが、レシーバ自体の内部にインバンド・ブロッカ、アウトオブバンド干渉要因および LO リークの反射の問題を抱えています。

これらの問題に直面して、基地局のレシーバは多くの場合、70MHz ~ 240MHz の範囲の中間周波数 (IF) へのダウンコンバージョンを行う、実績のある本格的システム手法を使って達成される堅牢なソリューションを必要とします。IF 信号の復調とデコーディングは種々の方法で実行することができますが、普及しつつある費用効果の高い方法は、リニアテクノロジーから提供されている、最新世代の高速、低消費電力のパイプライン・データ・コンバータを使った、直接デジタル化 IF コンバージョンです。

このデザインノートでは、可変利得アンプおよびアナログ-デジタル・コンバータを組み合わせた回路 (VGA + ADC) について説明します。この回路は 31dB の利得調整範囲にわたって IF レシーバのダイナミックレンジを維持し、単一ステップで I および Q の両方の情報を効果的に復調し、デジタル化します。LTC[®]6412 VGA と LTC2261 14 ビット ADC を組み合わせたこの回路は、125MSPS で 140MHz の WCDMA IF チャネルをサブサンプルし、いくつかの最良のラポ用スペクトルアナライザに匹敵する等価入力 NF および IP3 を与えますが、消費電力は 0.5W 未満です。

IF レシーバの性能

デモ用レシーバ回路の性能を図 1 に示します。図 1 にはめ込まれているグラフは WCDMA 信号のノイズ様の分布を示しており、他の現在の通信信号の CCDF に似ています。信号発生器の電力は、VGA の最大利得でクリッピングを生じることなく ADC のコード範囲の大部分を占めるように、-12.5dBFS_{RMS} に調整されています。

入力信号の電力が高く調整されると、VGA の利得が低く調整され、-12.5dBFS_{RMS} を維持して、標準的レシーバの自動利得制御 (AGC) 応答をシミュレートします。デジタル

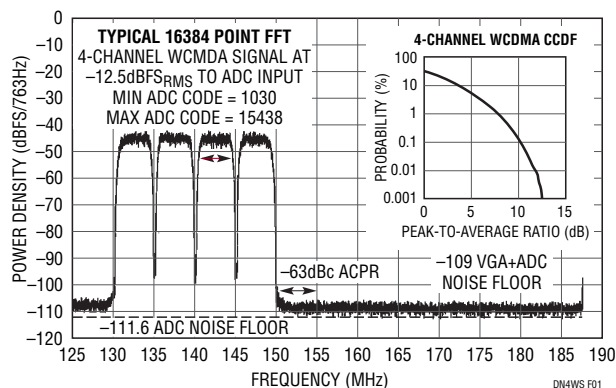


図 1. 全利得調整設定にわたる、-12.5dBFS_{RMS} での標準的 WCDMA 性能。はめ込まれているグラフは WCDMA の CCDF を示している

化された受信信号の FFT が全ナイキスト領域にわたってプロットされており、63dBc の ACPR を示し、測定にかかるスパークはなく、ADC のノイズフロアの劣化は 31dB の全利得調整範囲にわたってわずか 2.6dB です。これは、VGA + ADC の組み合わせの、最大利得で 140MHz のときの 13dB の実効入力 NF および 23dBm の入力 IP3 を表しています。10dBm の (IP3 - NF) の差は受信ペアの実行ダイナミックレンジを決定し、全利得調整範囲にわたりほぼ一定です。

測定の詳細およびレシーバ回路

Agilent E4436B のソースは、(WCDMA のシステム仕様を満たすのに十分適切な) 50dBc ~ 55dBc の標準隣接チャネル電力比 (ACPR) のマルチチャネル WCDMA テスト信号を発生しますが、この VGA + ADC の組み合わせの全品質を実証するには不十分です。テスト信号は Triquint の高直線性の AH202 で増幅され、SAWTEK の 854920 でシャープにフィルタされ、テスト信号の ACPR のスカートは 65dBc 未満に下がります。

LT, LTC, LTM, Linear Technology および Linear のロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。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。

WCDMA 信号は（いくつか列挙するとすれば）LTE、802.11g、WiMAX などの新しい通信システムで見られる、広帯域のノイズ様の信号の代表的なものです。興味深いことに、統計的信号の振る舞いがこのように収束していくであろうことは 60 年前にクロード・シャノンの通信理論で予測されていました。シャノンは、変調形式のスペクトル効率を上げる方法は必然的に信号空間の多くの自由度を使用し、加算的白色ノイズのプロセスを近似することを発見しました。これは、シャノンの時代の簡単な AM および FM 信号を考えると、驚くべき洞察でした。これは実際の洞察でもあります。1 つの代表的なノイズ様の信号を使って RF レシーバの特性評価を行い、他のノイズ様の信号の性能を推測することができます。

4 チャンネル WCDMA 信号に標準的な 140MHz の中心周波数および 20MHz の帯域幅に最適化されたレシーバ回路の詳細を図 2 に示します。フィルタされたテスト信号が VGA の入力バランに与えられ、LTC6412 の入力でシングルエンドから差動へ変換されます。LTC6412 の出力は LTC2261 の入力のところの簡単なタンク回路と RC ネットワークに接続されています。この整合回路はバイアス電流を VGA に導き、同時に 100 Ω 差動負荷への低 Q インピーダンス変換を行います。整合回路と RC 負荷は、ADC の入力のサンプリング・スイッチから放出される、差動および同相の電荷注入を消費するのにも役立ちます。これは重要な考察です。これらの電荷パルスはサンプリング・ウィンドウ

(4ns) の間に -85dB 未満に減衰させて、LTC2261 のスパーなしの最大ダイナミックレンジ (SFDR) を維持する必要があります。優れた減衰回路は小型で密になる傾向があり、VGA の出力と ADC の入力との間の不要な反射遅延や不整合を防ぎます。この特定の整合回路は、大部分の素子に 0402 の部品を使用しており、5mm × 10mm の基板面積に収まります。

VGA と ADC の接続の残りの部分はそれぞれのデータシートの推奨項目に従います。LTC2261 14 ビット ADC は 1.8V で動作し、125Msps で 127mW を消費します。LTC6412 VGA は 3.3V で動作し、360mW を消費するので、合計電力消費は 490mW になります。

まとめ

LTC6412 VGA は LTC2261 14 ビット ADC をドライブし、ADC の性能はほとんど低下しません。VGA は ADC のサンプリング入力をバッファし、31dB の利得調整を行い、サブサンプリング IF レシーバの実効ダイナミックレンジを広げます。LTC2261 は、80Msps ~ 125Msps の範囲の最大サンプリング・レート向けに設計された、12 ビット / 14 ビット低消費電力データ・コンバータ・ファミリーの製品です。このレシーバ全体の回路図については、www.linear-tech.co.jp の LTC6412 または LTC2261 の製品ページをご覧ください。

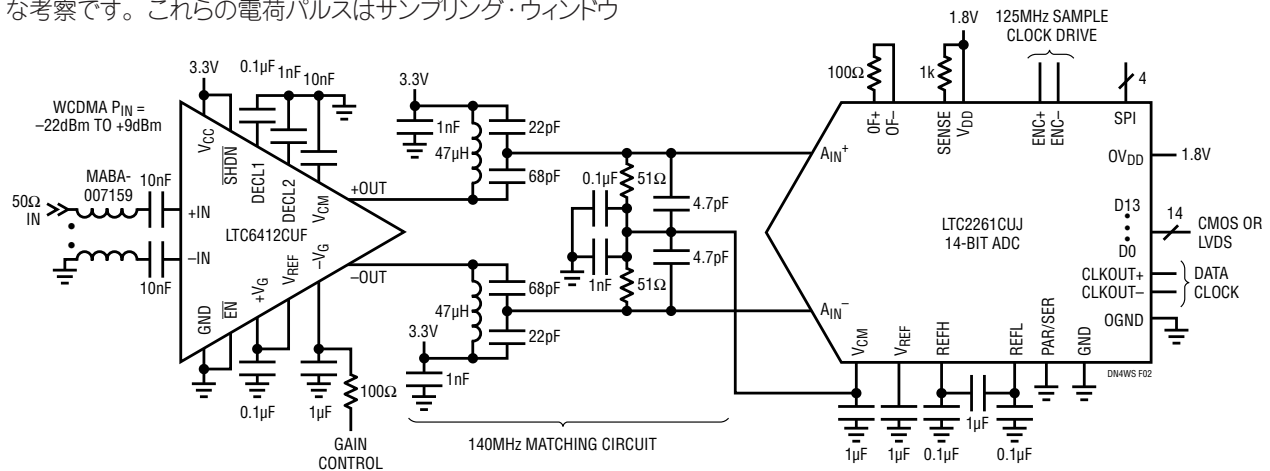


図 2. VGA + ADC IF レシーバ回路。見やすくするため、VGA および ADC の電源のデカップリング・コンデンサは省略してある。この測定では、コンピュータによる制御およびデータ解析のため、LVDS バスがリニアテクノロジーのデータ収集ボード DC890B に接続されている

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

東京エレクトロニクス株式会社 本社 TEL.045-443-4024					
北関東 048-600-3880	大阪 06-6399-1511	名古屋 052-562-0825	仙台 022-298-7184	水戸 029-227-6552	
立川 042-548-0255	長岡 0258-31-6265	松本 0263-36-8112	三島 055-991-1473	浜松 053-459-2204	
京都 075-257-5231	姫路 079-221-8021	広島 082-262-3171	福岡 092-474-4121	新宿 03-5908-2621	
厚木 046-226-8230	宇都宮 028-610-8205				
株式会社 アルティマ 本社 TEL.045-476-2045					
大阪 06-6397-1053	名古屋 052-533-0252	宇都宮 028-627-1071			
株式会社 三共社 本社 TEL.03-5298-6201			伊藤電機株式会社 本社 TEL.052-935-1746		
大阪 06-6309-6201 名古屋 052-959-2833			株式会社 オリナス 本社 TEL.06-6341-1600		
東京電子販売株式会社 本社 TEL.03-5350-6711			株式会社 ジェピコ 本社 TEL.03-6362-0411		
上田 0268-24-1660 八王子 042-620-3171					

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>

dn482f LT/TP 0910 • PRINTED IN JAPAN



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2010