

Circuits from the Lab™ 実用回路は今日のアナログ・ミックスド・シグナル、RF 回路の設計上の課題の解決に役立つ迅速で容易なシステム統合を行うために作製、テストされました。詳しい情報と支援については <http://www.analog.com/jp/CN0245> をご覧ください。

接続／参考にしたデバイス

ADF4350	広帯域シンセサイザ、VCO 内蔵
ADL5387	直交復調器、50 MHz～2 GHz
ADL5380	直交復調器、400 MHz～6 GHz

簡単に直交復調器と接続できる広帯域 LO PLL シンセサイザ

評価と設計支援

回路評価用ボード

ADL5387 評価用ボード (ADL5387-EVALZ)

ADL5380 評価用ボード (ADL5380-30A-EVALZ)

CN0134 評価用プラットフォーム (CFTL-CN0134-EVALZ)

設計と統合ファイル

回路、レイアウト・ファイル、BOM

回路機能とその利点

図 1 に示す回路は、VCO 内蔵の広帯域シンセサイザ ADF4350 と広帯域 I/Q 復調器 ADL5380/ADL5387 との簡単な接続方法です。この回路では、広帯域 I/Q 復調器に対し、ADF4350 から高周波かつ低い位相ノイズの局部発振器 (LO) 信号を供給します。

この回路にはいくつも利点があり、ベースバンドから中間周波数までの直交周波数変換が必要なアプリケーションには、魅力的なソリューションです。

ADF4350 からは差動 RF 信号を出力し、同様に ADL5380/ADL5387 には差動信号を入力します。この接続方法は、使いやすいだけでなく、性能においても利点があります。差動信号構成によって、同相ノイズが軽減でき、偶数次の LO 高調波がキャンセルできることで、I/Q 復調器の直交精度を維持できます。さらに、ADF4350 の出力電力レベルは、直交復調器の入力電力の条件によく合致しています。このため LO バッファが不要になります。

ADF4350 は 137.5～4400 MHz の広い周波数範囲の信号を出力できます。ADL5387 の周波数範囲は 50 MHz～2 GHz で、ADL5380 はさらに広い周波数範囲の 400 MHz～6 GHz に対応しています。ADL5380 と ADL5387 の間で、RF 入力レンジを 50 MHz～6 GHz にすることができます。そのため、図 1 を応用して 2 素子の回路構成とすれば、50 MHz～4400 GHz までの広い周波数範囲に対応できます。

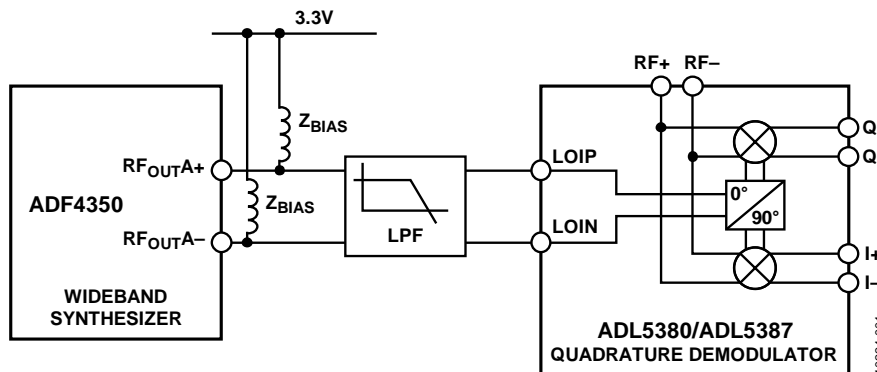


図 1. PLL シンセサイザ ADF4350 と直交復調器 ADL5380/ADL5387 との簡単な接続図 (簡略回路図：すべての接続とデカップリングが図示されているわけではありません)

回路の説明

ADF4350 は 137.5~4400 MHz の範囲の周波数を出力できる、広帯域フラクショナル N 型およびインテジャール N 型のフェーズ・ロックド・ループ (PLL) 周波数シンセサイザです。ADF4350 に内蔵されている電圧制御発振器 (VCO) の基本周波数範囲は 2200~4400 MHz です。ADF4350 は高いシンセサイザ性能を持っています。しかし PLL 出力の高調波が I/Q 復調器の直交精度に与える影響を最小限に抑えるため、復調器の回路構成によっては、LO 出力のフィルタが必要になることもあります。

アナログ・デバイスは、広い周波数範囲に対応する直交復調器を製品化しています。ADL5387 の周波数範囲は 50 MHz~2 GHz で、ADL5380 はさらに広い範囲の 400 MHz~6 GHz に対応しています。ADL5387 と ADL5380 は、それぞれ異なるアーキテクチャを使用して、I 相と Q 相との間で 90° 位相シフトを実現しています。ADL5387 は局部発振器が RF 周波数の 2 倍になる 2×LO アーキテクチャ、ADL5380 はポリフェーズ・フィルタ・アーキテクチャの位相スプリッタ方式です。ポリフェーズ・フィルタ・アーキテクチャは、2×LO アーキテクチャの位相スプリッタに比べて比帯域幅が狭く (つまり動作するオクターブ範囲が少なく)、PLL からの高調波の影響を受けやすくなります。その結果、ADL5380 は I/Q 復調器の直交精度を維持するため LO の高調波フィルタリングが必要です。2×LO 方式の ADL5387 は周波数範囲の上限でフィルタリングするだけでかまいません。

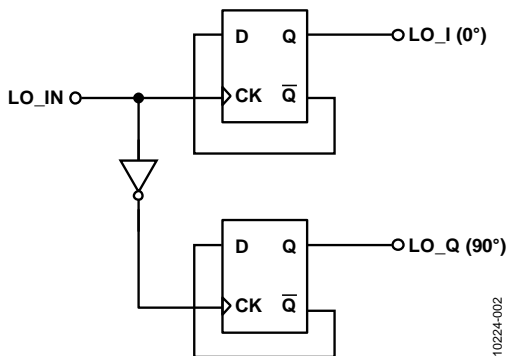


図 2. 2×LO 方式の位相スプリッタの簡略図

図2はADL5387の2×LOアーキテクチャ位相スプリッタの簡略図です。Dタイプ・フリップフロップとインバータのデジタル回路によって、LOの90°位相スプリットを実現しています。このアーキテクチャには、必要なLO周波数の2倍で動作する、外付けLOが必要です。

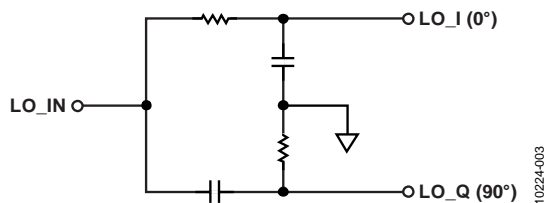


図 3. 一次ポリフェーズ・フィルタの簡略図

図3はADL5380に実装されている、1次ポリフェーズ回路の簡略図です。このポリフェーズ回路を構成する相補型RC素子は、入力から片側の出力へのローパス伝達関数特性、もう一方の出力へのハイパス伝達関数特性を実現しています。2つの経路のR値とC値が同じな場合、2つの経路が、同じコーナー周波数を持つだけでなく、さらに重要なことに、一方の出力の位相が、他方と90°位相差を持つようになります。

ADF4350 PLL と ADL5387 I/Q 復調器との接続方法

I/Q 復調器 ADL5387 と ADL5380 は、正確な直交信号を生成するという最終目的のために、異なるアーキテクチャを利用しています。ADF4350 のような LO シンセサイザとの接続では、LO 信号とその高調波に対して、それらのアーキテクチャがどう応答するかを検証しておくことが重要です。これで LO フィルタリングの条件が決まります。図4に ADF4350 と ADL5387 との基本的な接続方法を示します。動作周波数に応じて、ADF4350 と ADL5387 との間に、LO 高調波フィルタが必要な場合と不要な場合があります。

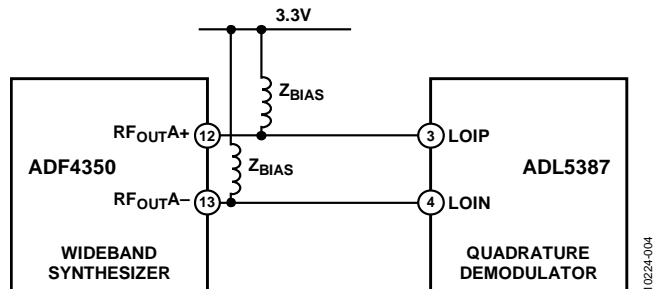


図 4. ADF4350 PLL と ADL5387 復調器の 2×LO 方式の位相スプリッタへの接続方法

2×LO 方式の位相スプリッタでは、直交精度は入力 LO のデューティ・サイクルの精度に依存しています。

内部の分周器のフリップフロップのマッチングも、直交精度にわずかながらも影響を与えます。したがって直交誤差を最小限に抑えるには、外部 LO は 50% デューティ・サイクルであることが重要です。さらに立上がり時間と立下がり時間にアンバランスがあると、偶数次の高調波が現れる原因になります。復調器の LO 入力を差動で駆動すると、偶数次高調波をキャンセルすることができます。直交性能が改善できます。

図 5 はイメージ抑制比 -40 dBc をターゲットとしたときの ADL5387 の性能を示しています。差動 LO 信号源として ADF4350 が用いられており、フィルタリングのありなしで測定されています。「信号発生器 (Signal Generator)」と示されている青色のプロットは、ADF4350 に比べはるかに低高調波な、Rohde & Schwarz の信号発生器を使用して、サイン波の LO 出力を生成した理想的なケースです。この理想的なケースを、実験結果との比較対象にすることができます。図 5 から 1 GHz 未満ではフィルタリングが必要ないことがわかります。しかし 1 GHz を超えると、LO の高調波から生じる小さな誤差が、入力信号の周期の大部分を占めるようになります。この場合は、LO の偶数次高調波をフィルタリングして、さらに減衰させることで、IQ 復調器で規定された直交精度を実現する必要があります。

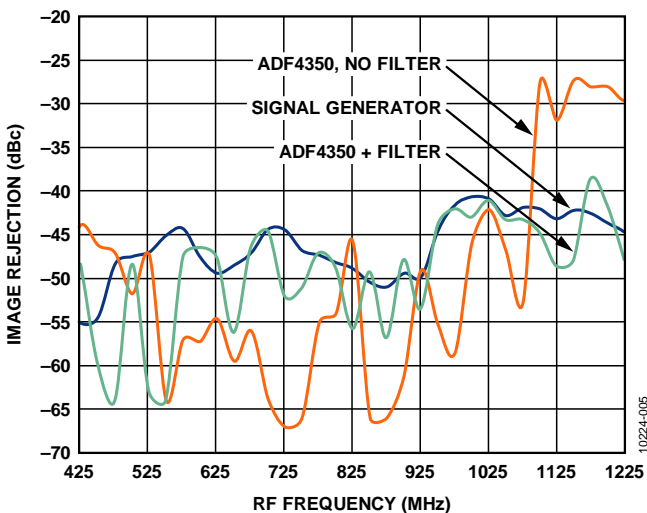


図 5. ADL5387 : イメージ除去の RF 周波数特性

ADF4350 PLL と ADL5380 直交復調器との接続方法

ADL5387 とは異なるアーキテクチャである、ADL5380 の位相スプリッタで用いられているポリフェーズ・フィルタ・アーキテクチャは、ADF4350 出力のフィルタリングが必要です (図 7 を参照)。フィルタリングは、LO の奇数次高調波を減衰させ、ADL5380 の直交信号生成ブロックの誤差を最小限に抑えるために必要です。CN-0134 で説明した測定結果とシミュレーションによれば、奇数次高調波は偶数次高調波よりも直交誤差の原因として大きくなります。図 7 に、ADF4350 出力をフィルタ処理し、ADL5380 の差動 LO 入力に印加した場合の測定結果を示します。フィルタ後のイメージ除去特性は、低い高調波歪みをもつ信号発生器の場合に匹敵します。

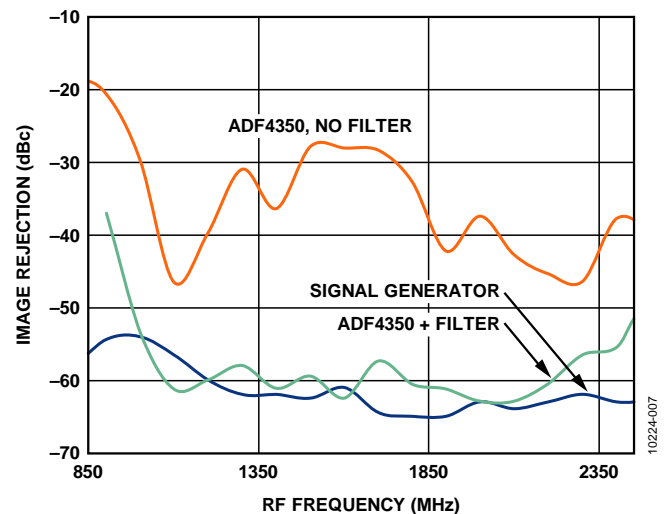


図 7. ADL5380 : イメージ除去の周波数特性

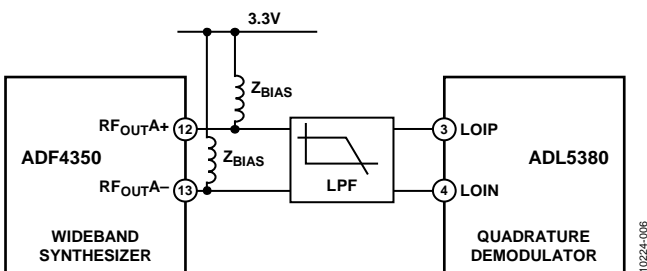


図 6. ADF4350 とポリフェーズ・フィルタ・アーキテクチャの ADL5380 復調器との接続方法

フィルタリング条件

まとめると、ADF4350 出力をフィルタリングして、高調波成分を抑圧すれば、復調器の直交位相精度を高く維持できます。ポリフェーズ・アーキテクチャの ADL5380 の場合、フィルタリングは必須です。一方 ADL5387 のアーキテクチャは、LO 信号の高調波に影響されにくい、デジタル回路の構成です。したがって動作周波数によっては、フィルタリングは必要ありません。

設計でフィルタリングが必要な場合のために、図 8 に LO 出力フィルタの回路図例を示し、表 1 にフィルタの部品表をまとめて示します。この回路は 4 つの異なる周波数帯域に対応するために、4 種類のフィルタ設計値が示されています。復調器の LO 入力回路条件に合わせて、このフィルタは 100Ω の差動入力、 50Ω の差動出力として設計されています。チェビシェフ応答を用いているので、通過帯域リップルは増加しますが、最適なフィルタ・ロールオフを実現しています。ADF4350 の出力フィルタリングの詳細については、CN-0134 を参照してください。

表 1. ADF4350 の RF 出力フィルタ部品値 (DNI = 挿入不要)

Frequency Range (MHz)	Z _{BIAS}	L1 (nH)	L2 (nH)	C1a (pF)	C1c (pF)	C2a (pF)	C2c (pF)	C3a (pF)	C3c (pF)
a. 500–1300	27 nH 50 Ω	3.9	3.9	DNI	4.7	DNI	5.6	DNI	3.3
b. 850–2450	19 nH (100 Ω in position C1c)	2.7	2.7	3.3	100 Ω	4.7	DNI	3.3	DNI
c. 1250–2800	50 Ω	0 Ω	3.6	DNI	DNI	2.2	DNI	1.5	DNI
d. 2800–4400	3.9 nH	0 Ω	0 Ω	DNI	DNI	DNI	DNI	DNI	DNI

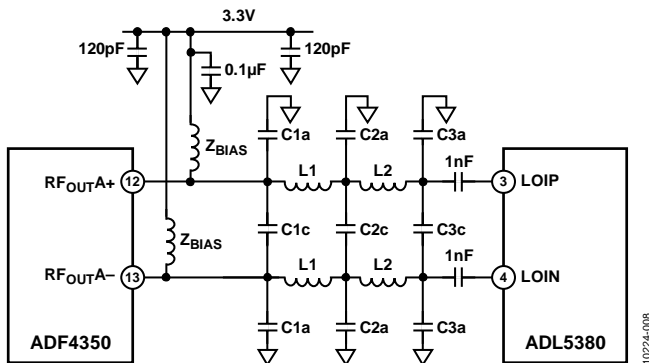


図 8. ADF4350 の RF 出力フィルタ回路図

バリエーション回路

上述の接続方法は、差動 LO 出力を備えた PLL、および 1×LO または 2×LO 方式の I/Q 復調器に適用できます。ADL5382 は 700 ~ 2700 MHz で動作する、1×LO 方式の I/Q 復調器であり、ADL5380 よりも若干高い IP3 を実現しています。AD8347 (1×LO) と AD8348 (2×LO) は、フロントエンドに可変ゲイン・アンプと、固定ゲインのベースバンド・アンプを内蔵した低消費電力な I/Q 復調器です。

回路評価とテスト

図 4 と図 7 に示す回路は、CN-0134 評価用ボード (CFTL-0134-EVALZ) と ADL5387 または ADL5380 評価用ボードを使用して実現しました。CN-0134 評価用プラットフォームには、ADF4350、LO フィルタ用の半田パッド、SMA コネクタへの差動 LO 出力が含まれています。

ADF4350 はプログラムする必要があり、ソフトウェアは評価用ボードに添付される CD に入っています。

表 2 はさまざまな評価用ボードのオーダー・ガイドです。

CN-0134 評価用ボードは、デフォルトとして、表 1 に規定の 850~2450 MHz のフィルタが設定されています。別のフィルタを実装するには、適切な部品に取り換える必要があります。

表 2. 評価用ボードの情報

	Evaluation Board
ADL5387	ADL5387-EVALZ
ADL5380	
Low Band (400 MHz to 3 GHz)	ADL5380-30A-EVALZ
Mid Band (3 GHz to 4 GHz)	ADL5380-29A-EVALZ
CN-0134	CFTL-0134-EVALZ

必要な装置

- Windows XP、Windows Vista (32 ビット)、または Windows 7 (32 ビット) 搭載の USB ポート付き PC
- 表 2 に記載された評価用ボード
- RF 信号源 (Rohde & Schwarz SMT06 または同等品)
- スペクトラム・アナライザ (Rohde & Schwarz FSEA30 または同等品)
- 電源：
 - ADL5387-EVALZ: +5 V
 - ADL5380-30A-EVALZ: +5 V
 - CFTL-0134-EVALZ: +5.5 V

テスト

CN-0134 評価用プラットフォームは、水晶発振器を内蔵しているので、評価を簡単に行うことができます。必要な LO 周波数に PLL シンセサイザをプログラムするには、ADF4350 用ソフトウェアをインストールした PC が必要です。ADL5387/ADL5380 直交復調器は、RF 周波数をベースバンドにダウンコンバートします。I 相と Q 相の差動ベースバンド出力を FFT モードの FSEA スペクトラム・アナライザに接続し、イメージ除去比を測定します。

その他の文書については、[CN-0245](#)、[CN-0134](#)、[CN-0144](#) の以下の設計支援パッケージからご覧になることができます。

CN-0245 Design Support Package:
www.analog.com/CN0245-DesignSupport

CN-0134 Design Support Package:
www.analog.com/CN0134-DesignSupport

CN-0144 Design Support Package:
www.analog.com/CN0144-DesignSupport

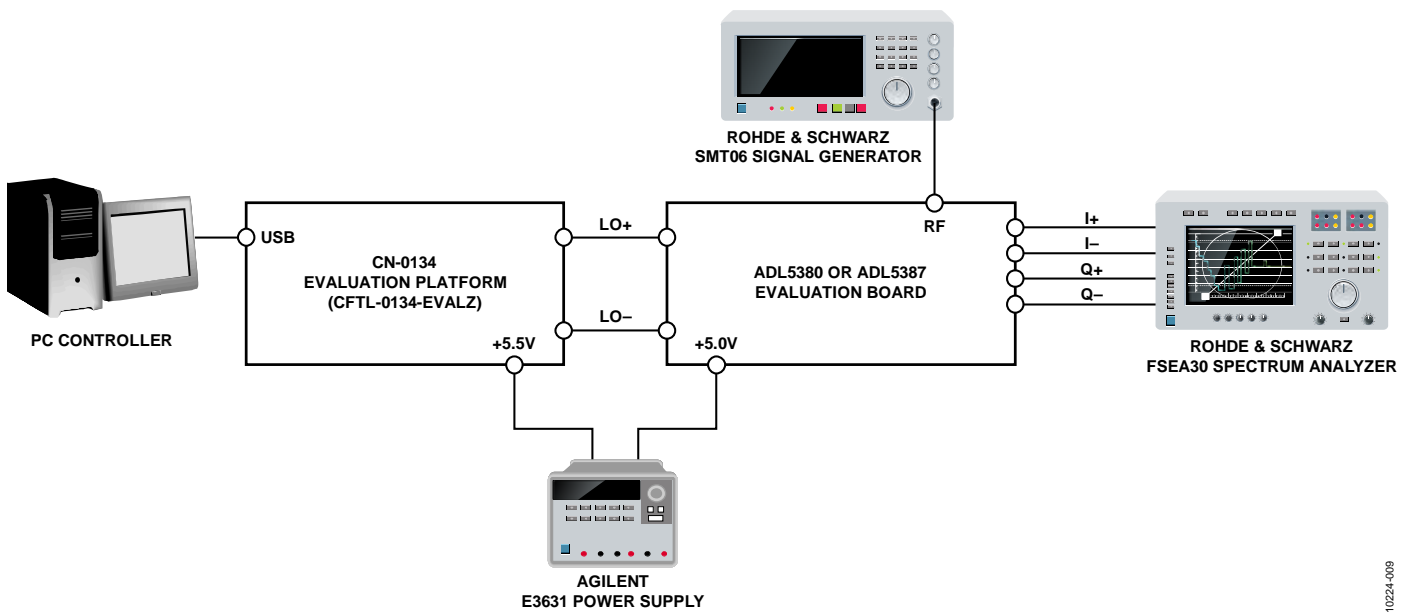


図 9. 機能のテスト・セットアップのブロック図

さらに詳しくは

AN-1039 Application Note : [Correcting Imperfections in IQ Modulators to Improve RF Signal Fidelity](#)

CN-0245 Design Support Package:
www.analog.com/CN0245-DesignSupport

CN-0134 Design Support Package:
www.analog.com/CN0134-DesignSupport

CN-0144 Design Support Package:
www.analog.com/CN0144-DesignSupport

[ADIsimRF Design Tool](#)

[ADIsimPLL Design Tool](#)

データシートと評価用ボード

[ADL5387 データシート／評価用ボード](#)

[ADL5380 データシート／評価用ボード](#)

[ADF4350 データシート／評価用ボード](#)

改訂履歴

12/11—Revision 0: Initial Version

「Circuits from the Lab／実用回路集」はアナログ・デバイセズ社製品専用で作られており、アナログ・デバイセズ社またはそのライセンスの供与者の知的所有物です。お客さまは製品設計で「Circuits from the Lab／実用回路集」を使用することはできますが、その回路例を利用もしくは適用したことにより、特許権またはその他の知的所有権のもとでの暗示的許可、またはその他の方法でのライセンスを許諾するものではありません。アナログ・デバイセズ社の提供する情報は正確でかつ信頼できるものであることを期しています。しかし、「Circuits from the Lab／実用回路集」は現状のまま、かつ商品性、非侵害性、特定目的との適合性の暗示的保証を含むがこれに限定されないいかなる種類の明示的、暗示的、法的な保証なしで供給されるものであり、アナログ・デバイセズ社はその利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許権もしくはその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。アナログ・デバイセズ社はいつでも予告なく「Circuits from the Lab／実用回路集」を変更する権利を留保しますが、それを行う義務はありません。商標および登録商標は各社の所有に属します。