

**ADF4157 および ADF4158 の PLL の位相ノイズとスプリアス性能の
コンスタント・ネガティブ・ブリード使用による最適化**

著者: Robert Brennan および Dawid Powazynski

はじめに

コンスタント・ネガティブ・ブリード電流を使用すると、ADF4157 および ADF4158 の位相ノイズ (PN) と整数境界スプリアス (IBS) 性能を改善することができます。最大の改善は、位相周波数検出器 (PFD) の周波数の整数倍周波数またはその付近で得られます。効果は 60 kHz 以上のループ帯域幅で顕著に現れますが、すべての PLL ループ帯域幅に対してコンスタント・ネガティブ・ブリードを使用することが推奨されます。

コンスタント・ネガティブ・ブリード電流は、チャージ・ポンプに固定オフセットを加算することにより機能します (PLL ループでは位相オフセットと等価)。これは、原点付近の非直線領域 (チャージ・ポンプ・デッド・ゾーンと呼ばれることもあります) から遠ざけることによりチャージ・ポンプを直線化する効果を持ちます。図 1 に、この現象を説明します。

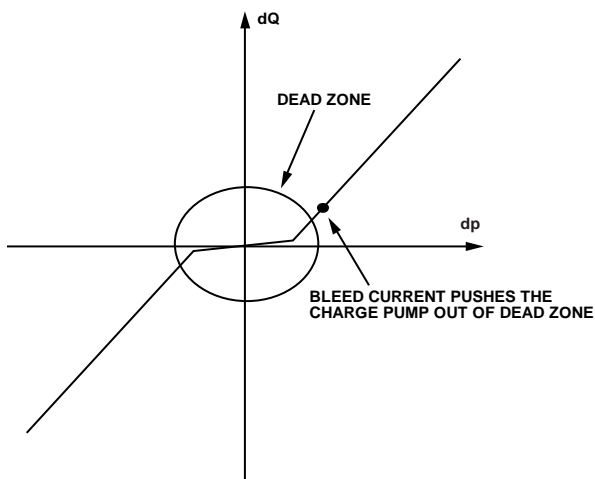


図 1.ブリード電流のチャージ・ポンプへの効果

この固定電流オフセットなしでは、シグマ・デルタ量子化 (dQ) ノイズが帯域内に折り返されるため、大きなノイズまたはスプリアスが発生します。シグマ・デルタ・ノイズの帯域内への折り返しは、ADF4157 や ADF4158 で使用されているような高分解能シグマ・デルタ変調器で (モジュラス値が大きい場合) のみ発生します。これらのデバイスでは、最適な位相ノイズとスプリアス性能を実現するためにコンスタント・ネガティブ・ブリード電流を使用する必要があります。この電流は、モジュラス値が小さい非整数型 N PLL または整数型 N PLL に対しては不要です。

ADF4157 と ADF4158 のコンスタント・ネガティブ・ブリードは、レジスタ 4 のビット DB[24:23] に 0b11 を設定すると使用可能になります。

位相ノイズとスプリアスに対するブリード電流の効果

コンスタント・ネガティブ・ブリードを使用すると、チャージ・ポンプ電流 (I_{CP}) の一定範囲でのみ位相ノイズと整数境界スプリアスが改善されます。 I_{CP} 値によっては、位相ノイズとスプリアスの性能が低下することもあります。この現象を、12.5 MHz と 25 MHz の 2 つの PFD 周波数に対して測定しました。各 PFD 周波数は、2 つの隣接整数チャンネルの近くでテストしました。各 PFD 周波数に対するループ・フィルタ構成は、アペンディックスに示します。

測定値の記録方法

測定値は、EV-ADF4157SD1Z 評価用ボードで記録しました。ループ・フィルタは、各 PFD 周波数に対して調整しました。

1. 25 MHz の PFD 周波数を使って、ループを 5800.001 MHz にロックしました。
2. チャージ・ポンプ電流を最小値 (0.31 mA) に設定しました。
3. ネガティブ・ブリードをディスエーブルしました。
4. 5 kHz オフセットでの位相ノイズと、1 kHz での整数境界スプリアスを記録しました。
5. ネガティブ・ブリードをイネーブルしました。
6. 5 kHz オフセットでの位相ノイズと、1 kHz での整数境界スプリアスを記録しました。
7. 5 mA までの各チャージ・ポンプ電流設定に対してステップ 3～ステップ 6 を繰り返しました。
8. ループを 5825.001 MHz にロックして、ステップ 2～ステップ 7 を繰り返しました。
9. 12.5 MHz の PFD 周波数に対してループ・フィルタを変更し、12.5 MHz の PFD 周波数を使ってループを 5800.001 MHz にロックしました。ステップ 2～ステップ 8 を繰り返しました。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

目次

はじめに.....	1	結果.....	3
位相ノイズとスプリアスに対するブリード電流の効果.....	1	結果の解析.....	4
測定値の記録方法.....	1	結論.....	4
改訂履歴.....	2	アペンディックス.....	5

改訂履歴

5/12—Revision 0: Initial Version

結果

PFD 周波数 = 25 MHz

出力周波数 = 5800.001 MHz

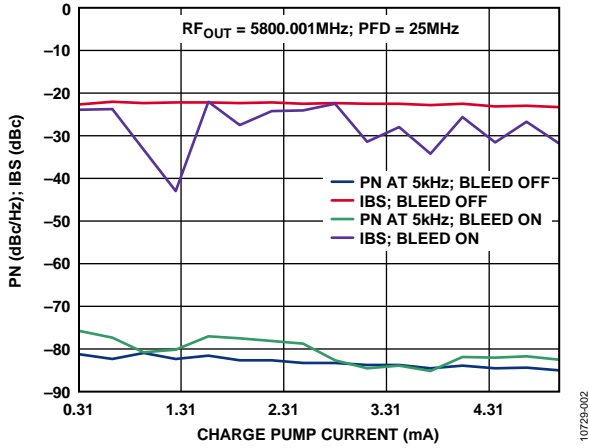


図 2.5800.001 MHz での位相ノイズおよび IBS
PFD 周波数 = 25 MHz

PFD 周波数 = 12.5 MHz

出力周波数 = 5800.001 MHz

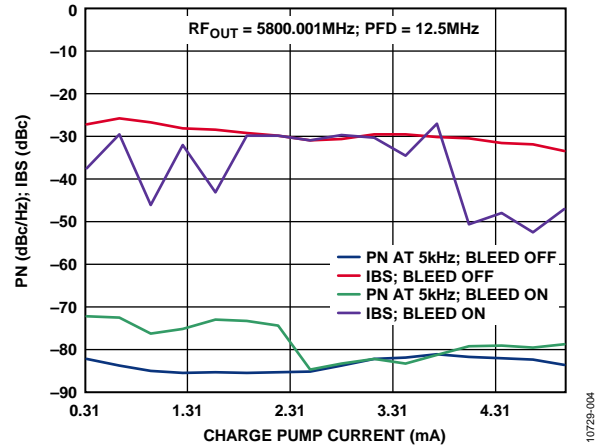


図 4.5800.001 MHz での位相ノイズおよび IBS
PFD 周波数 = 12.5 MHz

出力周波数 = 5825.001 MHz

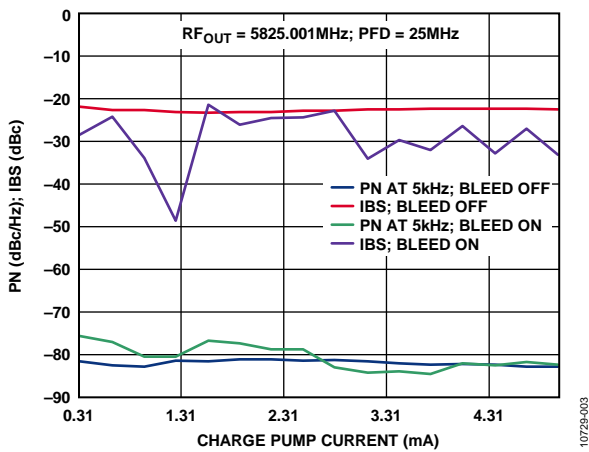


図 3.5,825.001 MHz での位相ノイズおよび IBS
PFD 周波数 = 25 MHz

出力周波数 = 5825.001 MHz

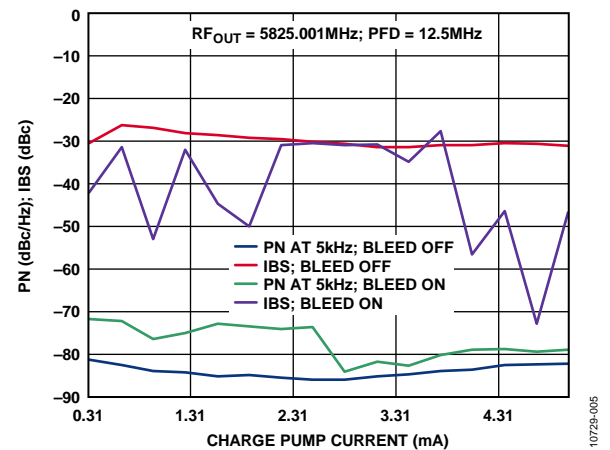


図 5.5,825.001 MHz での位相ノイズおよび IBS
PFD 周波数 = 12.5 MHz

結果の解析

図 2 から、25 MHz の PFD 周波数の場合、3.13~3.75 のチャージ・ポンプ電流の使用が、最適 PN と IBS に対する最適オプションであることが分かります。これは、3.13~3.75 の値が両周波数に対して最適であることを示している図 3 と矛盾しません。

図 4 と図 5 から、12.5 MHz の PFD 周波数の場合、PN を改善するチャージ・ポンプ電流値はありませんが、4.06 以上のチャージ・ポンプ電流を使用すると、PN の大きな性能低下なしに、IBS の大幅な改善が得られることが分かります。

結論

PFD 周波数によっては、特定のチャージ・ポンプ電流でネガティブ・ブリードを使うと、整数境界スプリアスと位相ノイズが改善されることがあります。

別の PFD 周波数では、ネガティブ・ブリードを使っても位相ノイズの改善は得られませんが、整数境界スプリアスを大幅に改善することができます。この場合、最適整数境界スプリアスと最適位相ノイズとの間のトレードオフは、アプリケーションに依存します。

最適チャージ・ポンプ電流を見つけるためには、特定のアプリケーションの PFD 周波数でこのアプリケーション・ノートの測定を繰り返す必要があります。

アペンディックス

表 1. コンスタント・ネガティブ・ブリード対チャージ・ポンプ電流スケーリング

CP	Current (mA)	Bleed (μ A)	% Bleed
0	0.3125	100	32
1	0.625	200	32
2	0.9375	200	21
3	1.25	300	24
4	1.5625	600	38
5	1.875	700	37
6	2.1875	700	32
7	2.5	800	32
8	2.8125	100	4
9	3.125	200	6
10	3.4375	200	6
11	3.75	300	8
12	4.0625	600	15
13	4.375	700	16
14	4.6875	700	15
15	5.00	700	14

ループ・フィルタ

PFD 周波数 = 25 MHz でのループ・フィルタ構成
チャージ・ポンプ 電流 = 2.5 mA。

ループ帯域幅	107 kHz
位相マージン	45°
C1	560 pF
R1	680 Ω
C2	6.8 nF
R2	1.2 k Ω
C3	220 pF

PFD 周波数 = 12.5 MHz でのループ・フィルタ構成
チャージ・ポンプ 電流 = 2.5 mA。

ループ帯域幅	101 kHz
位相マージン	47°
C1	220 pF
R1	1.2 k Ω
C2	3.3 nF
R2	2.7 k Ω
C3	100 pF