

## シングルエンドから差動変換アンプの設計のヒント - デザインノート 454

Philip Karantzalis と Tim Regan

### はじめに

完全差動アンプはシングルエンドの信号を差動信号へ変換するのによく使われますが、その設計には3つの重要な検討事項があります。シングルエンドのソースのインピーダンスは差動アンプのシングルエンドのインピーダンスに整合している必要があります。アンプの入力は同相電圧リミット内に留まる必要があり、入力信号を、望みの出力同相電圧を中心とする信号にレベルシフトする必要があります。

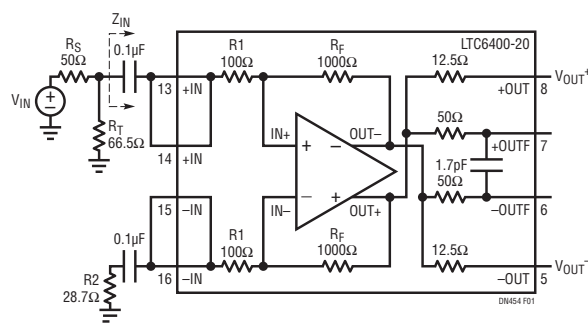
どんな場合にも、高周波反射を防ぐため、入力インピーダンスをソース・インピーダンスに整合させる必要があります。シングルエンドのソースが単一電源の差動アンプにDC結合されているデザインでは、レベルシフトと同相リミットも重要な検討事項です。これら3つの設計パラメータの相互作用はささいなことではなく、部品の選択はここで説明される式を使ったスプレッドシートによる解析を必要とします。

### 入力インピーダンスの整合

入力にAC接続が使われる場合、設計上の課題はインピーダンスの整合だけです。AC接続された、内部抵抗によって利得が20dBに設定されているLTC®6400-20差動アンプに、50Ωのシングルエンドのソースを整合させる回路例を図1に示します。

+IN入力のインピーダンス( $Z_{IN}$ )に並列に接続された66.5Ω抵抗( $R_T$ )は、回路の入力インピーダンスを50Ωのソースに整合させます。28.7Ωの抵抗( $R_2$ )を-IN入力に追加すると差動バランスが得られます。このバランス抵抗は、入力の帰還率が等しくなることを保証し、大きなDCオフセットを防ぎます。

外部抵抗の値を計算するには $Z_{IN}$ の計算から始めます。次いで、インピーダンス整合のための $R_T$ を計算し、差動バランスのための $R_2$ の値を計算します。シングルエンドから差動の全体の利得(GAIN)の計算では、 $R_S$ と $R_T$ の抵抗分割器による入力の減衰と $R_2$ の追加の影響を考慮する必要があります。この例では、アンプ自体の固定利得は10ですが、信号源から差動出力への全体のアンプ利得はわずか4.44です。



$$Z_{IN} = \frac{\sqrt{(R_F^2 \cdot (4 \cdot R_T^2 + R_S^2) + 8 \cdot R_F \cdot R_T^3 + 4 \cdot R_T^4) + R_F \cdot (R_1 + R_S) + 2 \cdot R_1 \cdot (R_1 + R_S)}}{2 \cdot (R_F + 2 \cdot R_1 + R_S)}$$

$$R_T = \frac{R_S \cdot Z_{IN}}{Z_{IN} - R_S} \quad R_2 = \frac{R_S \cdot R_T}{R_S + R_T}$$

$$GAIN = \frac{V_{OUT+} - V_{OUT-}}{V_{IN}} = \frac{(R_1 + R_2 + R_F) \cdot (R_1 \cdot (R_S - R_T) + R_S \cdot R_T)}{R_S \cdot R_T \cdot (R_1 + R_2)}$$

図1. 固定利得設定用抵抗を内蔵した差動アンプのインピーダンス整合

入力をAC接続すると、アンプの入力の同相電圧はアンプの出力同相電圧に等しくなり、シングルエンド信号は、出力同相電圧を中心とした差動出力信号に自動的にレベルシフトされます。

入力の同相電圧が0Vでなく、ソースがDC電流を116.5μA (50Ω + 66.5Ω)に供給できない場合、66.5Ω抵抗をAC接続する必要もあります。

### DC接続された差動アンプ

ソース・インピーダンスの整合と入力のレベルシフトを備えた、汎用の、DC接続された、シングルエンドから差動へのアンプ回路を図2に示します。レベルシフトはリファレンス電圧( $V_{REF}$ )によって与えられます。

LT, LTCおよびLTM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。

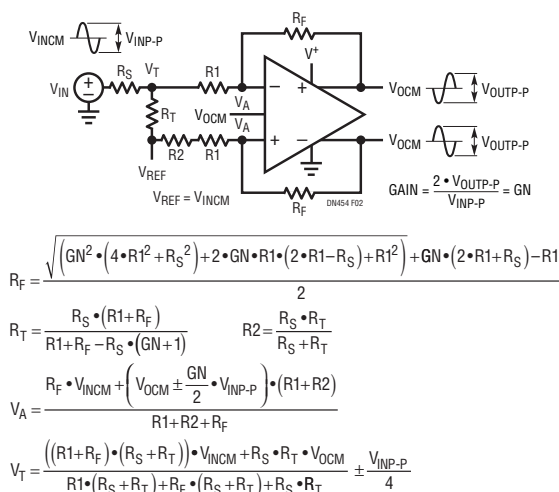


図2. 外部抵抗で利得を設定した差動アンプのインピーダンス整合とレベルシフト

$V_{REF}$ を入力同相電圧( $V_{INCM}$ )に等しく設定すると、シングルエンドの入力信号は出力同相電圧( $V_{OCM}$ )を中心とする差動信号にシフトされます。

シングルエンドから差動へのアンプの設計に外部抵抗を使うと、設計のオプション(アンプの利得の設定)が広がります。 $R_F$ と $R_1$ の抵抗値が固定されてなくて選択可能な場合の設計式を図2に示します。

この回路の設計は $R_1$ の値から始めます。この抵抗は入力ソース抵抗より大きくなければなりません、回路のノイズを増加させるほど大きくてはいけません。次に、望みの利得( $G_N$ )を使って帰還抵抗 $R_F$ の値を計算します。次いで、抵抗 $R_T$ と $R_2$ の値を計算します。

75Ωのソースに整合し、2.5Vの入力同相電圧を1.25Vの出力同相電圧にレベルシフトさせる、シングルエンドから差動へのアンプの例を図3に示します(これは、高速ADCをドライブするのに必要な、5Vのシングルエンド回路から3Vの差動回路への標準的レベルシフトです)。図3のアンプのシングルエンドから差動への利得は2です(1V<sub>P-P</sub>の入力信号が、高速ADCの標準的入力電圧範囲である2V<sub>P-P</sub>の差動出力信号に増幅されます)。

リニア動作では、アンプの入力同相リミットを超えてはいけません。入力Tネットワーク( $R_S$ 、 $R_T$ および $R_1$ )のバイアス電圧( $V_T$ )および差動アンプの入力の同相電圧の計算を図2に示します。たとえば、図3では、( $V_A$ の式で計算される)アンプの入力の1.99V~2.44VはLTC6406のレールトゥーレール入力同相範囲(0V~ $V^+$ )の中に十分入っています。

表1. LTCの高速差動アンプの例

| AMPLIFIER  | GBW<br>GHz | SLEW<br>RATE V/μs | VOLTAGE<br>NOISE<br>nV/√Hz | GAIN<br>V/V |
|------------|------------|-------------------|----------------------------|-------------|
| LTC6400-26 | 1.9        | 6670              | 1.5                        | 20          |
| LTC6400-20 | 1.8        | 4500              | 2.1                        | 10          |
| LTC6400-14 | 1.9        | 4800              | 2.5                        | 5           |
| LTC6400-8  | 2.2        | 3810              | 3.7                        | 2.5         |
| LTC6401-20 | 1.3        | 4500              | 2.1                        | 10          |
| LTC6401-14 | 2          | 3600              | 2.5                        | 5           |
| LTC6404-1  | 0.5        | 450               | 1.5                        | R SET       |
| LTC6404-2  | 0.9        | 700               | 1.5                        | R SET       |
| LTC6405    | 2.7        | 690               | 1.6                        | R SET       |
| LTC6406    | 3          | 630               | 1.6                        | R SET       |

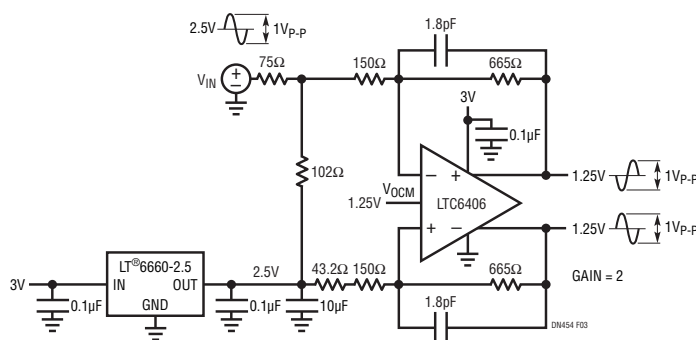


図3. 全体の構成: 外部利得設定抵抗、75Ωソースへのインピーダンス整合、および2.5Vから1.25Vへのレベルシフトを備えた133MHz差動アンプ

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

東京エレクトロニクス株式会社

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>

dn454f LT/TP 1108 • PRINTED IN JAPAN

LINEAR TECHNOLOGY  
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2008