

シングルエンド入力アプリケーションでの 差動アンプの終端

著者: John Ardizzone, Jonathan Pearson

シングルエンド入力アプリケーションの差動アンプを正しく終端することは、困難な仕事になることがあります。このアプリケーション・ノートでは、計算を開始から終了まで見直すことにより作業を簡素化します。最初のステップは、アンプの入力インピーダンスを求めることです。

入力インピーダンスの計算

回路の実効入力インピーダンスは、シングルエンドまたは差動のいずれの信号源でアンプを駆動するかに依存します。平衡差動入力信号の場合(図 1)、入力間(+D_{IN}と-D_{IN})の入力インピーダンス(R_{IN, dm})は次式で与えられます。

$$R_{IN, dm} = 2 \times R_G$$

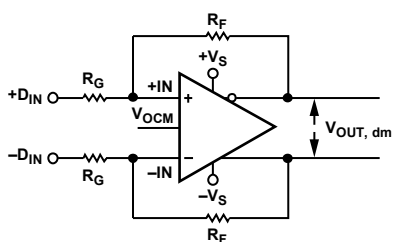


図 1. 平衡(差動)入力に構成された差動アンプ

不平衡(シングルエンド入力信号)の場合(図 2)、入力インピーダンスは式 1 で表されます。

$$R_{IN, cm} = \left(\frac{R_G}{1 - \frac{R_F}{2 \times (R_G + R_F)}} \right) \quad (1)$$

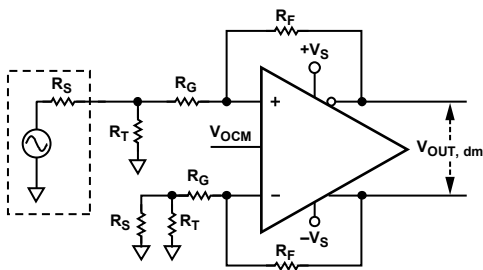


図 2. 不平衡(シングルエンド)入力に構成された差動アンプ

この回路の入力インピーダンスは、従来型オペアンプがインバータとして接続された場合より実効的に高くなります。これは、差動出力電圧の成分が同相モード信号として入力に現れて、特に入力抵抗 R_G 両端の電圧を持ち上げるためです。

シングルエンド入力の終端

この例では、ゲイン = 1 に設定された ADA4937-1 を使っています。この方法はすべての差動アンプで使用できることに注意してください。

アンプのゲインはゲイン式から計算できます。

$$G = \frac{R_F}{R_G}$$

アナログ・デバイセズの ADA4937-1 のデータ・シートでは 200 Ω 抵抗の使用を推奨しています。この回路に接続する信号源は、ソース抵抗 50 Ω の 2 V です。入力終端は、次のシンプルで計算することができるようになります。

1. 式 1 を使って入力インピーダンスを計算します。

$$R_{IN} = \left(\frac{R_G}{1 - \frac{R_F}{2 \times (R_G + R_F)}} \right) = \left(\frac{200}{1 - \frac{200}{2 \times (200 + 200)}} \right) = 267 \Omega$$

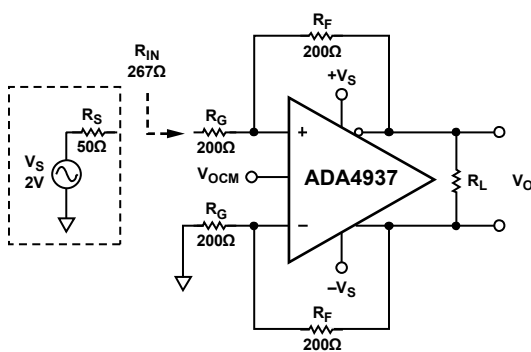


図 3. シングルエンド入力インピーダンス R_{IN}

2. 50 Ω へのソース終端に対して、R_T||R_{IN} = 50 Ω を使って終端抵抗(R_T)を計算します。これにより R_T = 61.9 Ω となります。

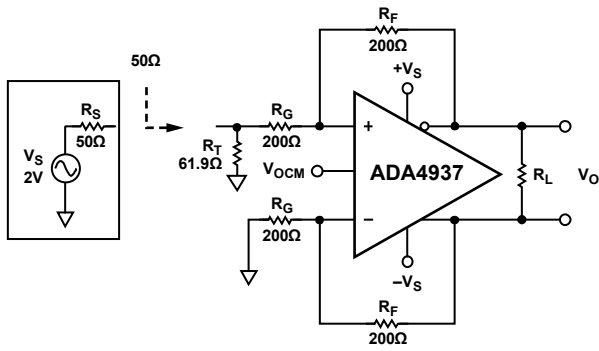


図 4. 終端抵抗 R_T の接続

07952-004

3. ゲイン抵抗の不一致を補償するため、補正抵抗(R_{TS})を反転入力ゲイン抵抗 R_G に直列に接続します。 R_{TS} はソース抵抗 $R_S \parallel R_T$ のテブナン等価値に一致します。

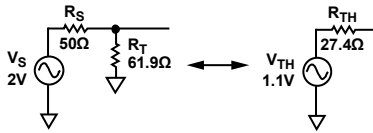


図 5. テブナン等価電源の計算

07952-005

$$R_{TS} = R_{TH} = R_S \parallel R_T = 27.4 \Omega.$$

V_{TH} は $V_S/2$ と等しくなく、これはアンプ回路の入力インピーダンス R_{IN} が終端に影響を与えない場合に相当することに注意してください。

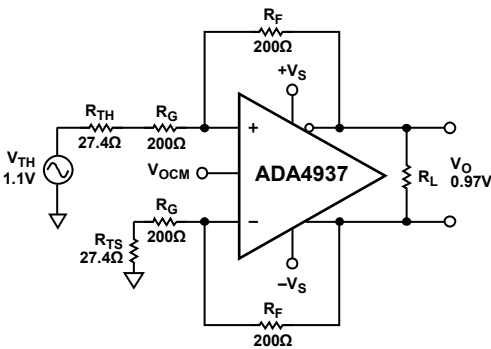


図 6. ゲイン抵抗 R_G のバランスング

07952-006

4. 帰還抵抗を再計算して、次のように出力電圧を所望のレベルへ調整します。

出力電圧を $V_{OUT} = 1V$ にするために、次式を使って R_F を再計算します。

$$R_F = \left(\frac{V_{OUT} \times (R_G + R_{TS})}{V_{TH}} \right) = \left(\frac{1 \times (200 + 27.4)}{1.1} \right) = 207 \Omega$$

$V_O = V_S = 2V$ として、入力終端による損失を回復するためには、 R_F を次のようにする必要があります。

$$R_F = \left(\frac{V_{OUT} \times (R_G + R_{TS})}{V_{TH}} \right) = \left(\frac{2 \times (200 + 27.4)}{1.1} \right) = 414 \Omega$$

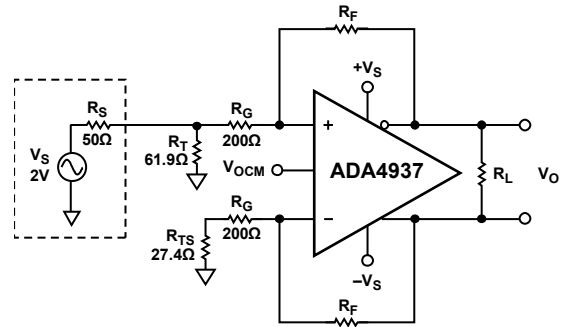


図 7. シングルエンド/差動変換システム

07952-007

結論

シングルエンド入力差動アンプの入力終端は、4 ステップで実行されます。最初にアンプ入力インピーダンス R_{IN} を計算し、次に終端抵抗 R_T を計算します。反転入力ゲイン抵抗に直列に R_{TS} を追加することにより、アンプ・ゲイン・パスを再度バランスさせます。最後に、正しいゲインの帰還抵抗を計算して調節します。差動アンプの詳細については、<http://www.analog.com/jp> をご覧ください。

参考資料

- ADA4927-1 Data Sheet. Analog Devices, Inc., 2008.
- AN-584 Application Note. Analog Devices, Inc., 2002.