

## 在单端输入应用中连接差分放大器

作者: John Ardizzone, Jonathan Pearson

在单端输入应用中正确连接差分放大器具有一定的挑战性。本应用笔记从头至尾介绍了整个计算过程，从而使端接变得简单明了。第一步是确定放大器的输入阻抗。

### 计算输入阻抗

电路的有效输入阻抗取决于放大器是由单端信号源驱动，还是由差分信号源驱动。对于平衡差分输入信号(如图1所示)，两个输入端(+D<sub>IN</sub>和-D<sub>IN</sub>)之间的输入阻抗(R<sub>IN,dm</sub>)可简单计算为

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

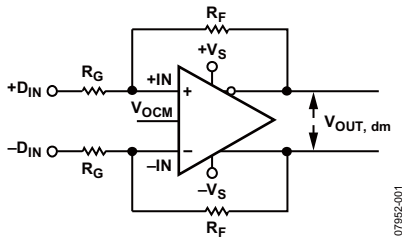


图1 针对平衡(差分)输入的差分放大器配置

对于非平衡单端输入信号(见图2)，通过公式1来计算输入阻抗。

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

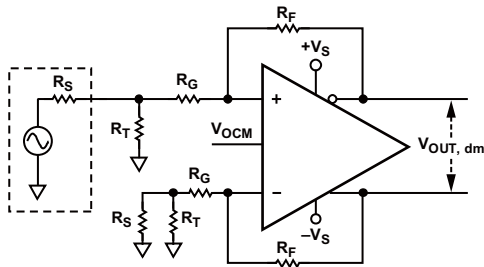


图2 针对非平衡(单端)输入的差分放大器配置

该电路的有效输入阻抗高于作为反向器连接的常规运算放大器，这是因为一部分差分输出电压在输入端表现为共模信号，部分地增高了通过输入电阻R<sub>G</sub>两端的电压。

### 单端输入的连接

本例电路所用ADA4937-1，配置为单位增益。注意，这种模式可用于任何差分放大器。

该放大器的增益可通过以下增益公式来计算

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

ADI公司的ADA4937-1数据手册建议采用200 Ω的电阻。加在该电路的信号源电压为2 V，源电阻为50 Ω。现在可以通过以下四个简单步骤来计算输入端接电阻。

1. 用公式1计算输入阻抗。

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

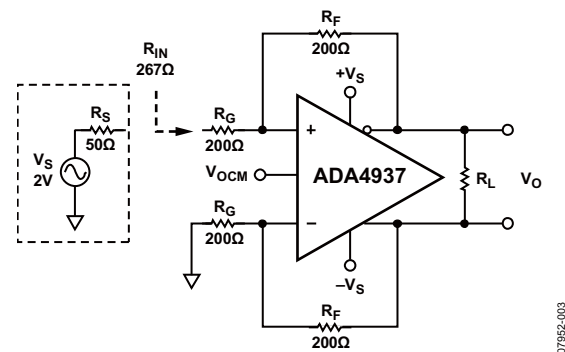


图3 单端输入阻抗R<sub>IN</sub>

2. 对于源端接电阻为50 Ω，则用公式R<sub>T</sub>||R<sub>IN</sub> = 50 Ω计算端接电阻(R<sub>T</sub>)，可使得R<sub>T</sub>等于61.9 Ω。

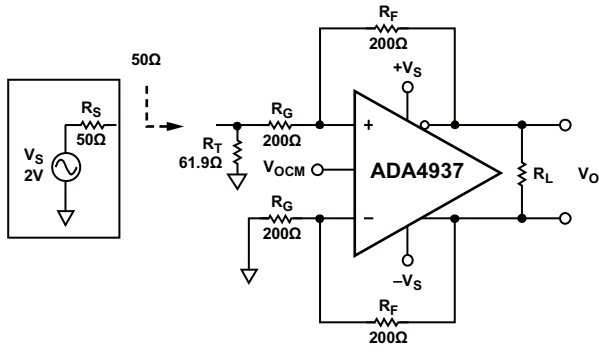


图4 添加端接电阻 $R_T$

3. 为了补偿增益电阻的不平衡性，需要添加一个校正电阻( $R_{TS}$ )，并使其与反相输入增益电阻 $R_G$ 相串联。 $R_{TS}$ 等于源电阻 $R_S \parallel R_T$ 的戴维宁等效值。

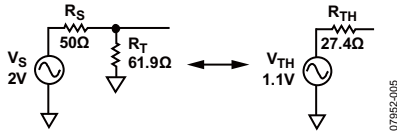


图5 计算戴维宁等效值

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

注意， $V_{TH}$ 不等于 $V_S/2$ ；但是，如果该端接电阻不受放大器电路输入阻抗 $R_{IN}$ 的影响，则 $V_{TH}$ 等于 $V_S/2$ 。

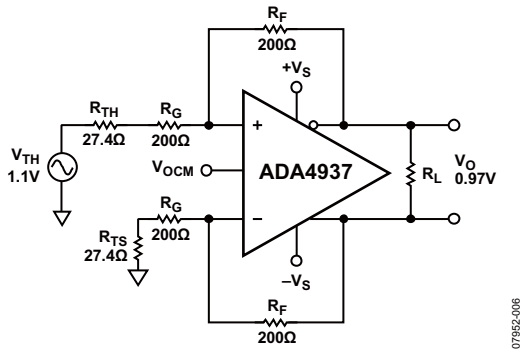


图6 平衡增益电阻 $R_G$

4. 必须重新计算反馈电阻以调整输出电压，如下所示。

若要使输出电压 $V_{OUT} = 1V$ ，请用以下公式重新计算 $R_F$ ：

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

若要使 $V_O = V_S = 2V$ 以弥补输入端接电阻导致的损失， $R_F$ 应为

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

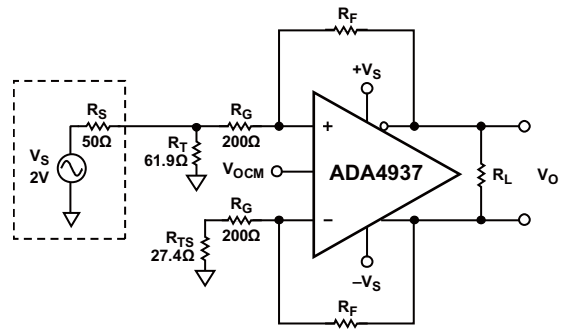


图7 完整的单端转差分系统

**结论**

单端输入差分放大器的输入端接电阻可通过四个步骤计算得出。首先，计算放大器的输入阻抗 $R_{IN}$ ，然后计算端接电阻 $R_T$ 。添加 $R_{TS}$ ，使其与反相输入增益电阻相串联，以重新平衡放大器增益路径。最后，计算并调整反馈电阻，以获得正确的增益。有关差分放大器的更多信息，请访问 [www.analog.com](http://www.analog.com)。

**参考资料**

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