

# 使用 全差分放大器设计单端输入至差分输出电路

Sean Cashin

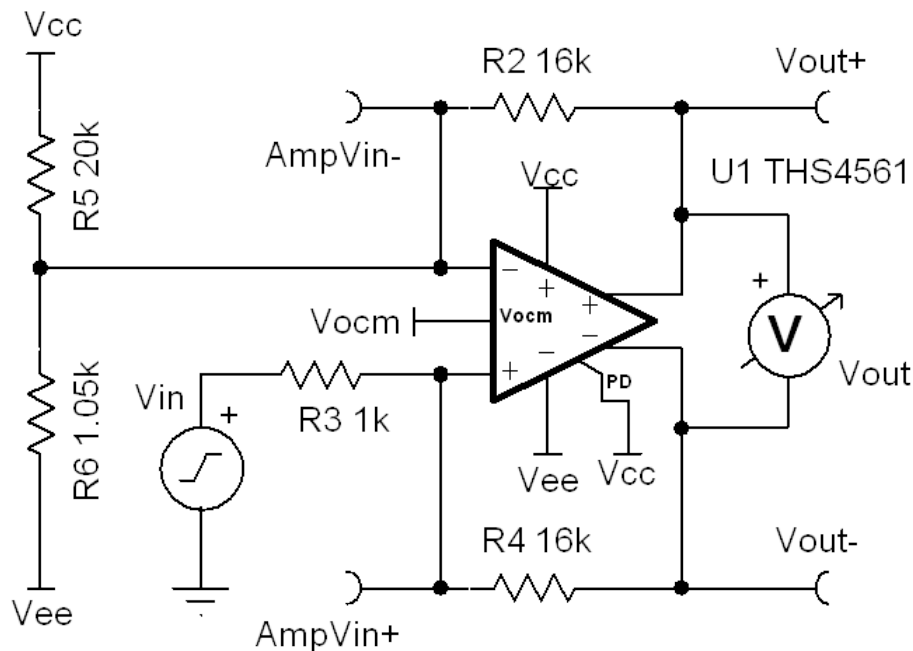
### 设计目标

| 输入      | 输出    | 电源       |          |
|---------|-------|----------|----------|
| 单端      | 差分    | $V_{cc}$ | $V_{ee}$ |
| 0V 至 1V | 16Vpp | 10V      | 0V       |

| 输出共模 | 3dB 带宽 | 交流增益 (Gac) |
|------|--------|------------|
| 5V   | 3MHz   | 16V/V      |

### 设计说明

该设计将全差分放大器 (FDA) 作为单端输入至差分输出放大器。



### 设计说明

1.  $R_4/R_3$  比例与  $R_2/(R_5||R_6)$  相同，可以设置放大器增益。
2. 单端输入和差分输入之间的主要区别在于可用输入摆幅仅为二分之一。这是因为其中一个输入电压固定为参考值。
3. 建议将此参考值设置为中等输入信号范围，而不是最小输入范围，以便在测得的差分输入中产生极性反转。这保留了输出交叉的能力，由此 FDA 可以实现两倍的输出摆幅。
4. 基准电压阻抗必须等于信号输入电阻。要做到这一点，需要创建戴维南等效电阻分压器，该分压器具有正确的基准电压与阻抗。

### 设计步骤

- 找到  $V_s = 10V$  时产生  $0.5V$ 、 $1k\Omega$  参考值的电阻分压器。

$$\frac{R_6}{R_5 + R_6} = F = \frac{0.5V}{10V} \quad \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} = E = 1k\Omega$$

$$R_6 = FR_5 + FR_6$$

$$R_6(1-F) = FR_5$$

$$R_5 = \frac{R_6(1-F)}{F}$$

$$\frac{R_6(1-F)/F \cdot R_6}{R_6(1-F)/F + R_6} = E$$

$$\frac{R_6^2 \cdot (1-F)/F}{(R_6/F - R_6) + R_6} = E$$

$$\frac{R_6^2 \cdot (1-F)/F}{R_6/F} = E$$

$$R_6 \cdot (1-F) = E$$

$$R_6 = \frac{E}{1-F} = \frac{1k\Omega}{1-0.05} = 1.05k\Omega$$

$$R_5 = \frac{1.05\Omega(1-0.05)}{0.05} = 20k\Omega$$

- 确认  $0V$  最小输入电压和  $1V$  最大输入电压产生的输出是否在  $9.4V$  范围 ( $V_{ocm} = 5V$ ) 内。

电阻分压器作为  $0.5V$  基准时，所测得的  $0V$   $V_{IN}$  差分输入为：

$$V_{IN} = 0V - 0.5V = -0.5V$$

- 输出为：

$$-0.5V \cdot \frac{16V}{V} = -8V > -9.8V$$

- 同理，对于  $1V$  输入：

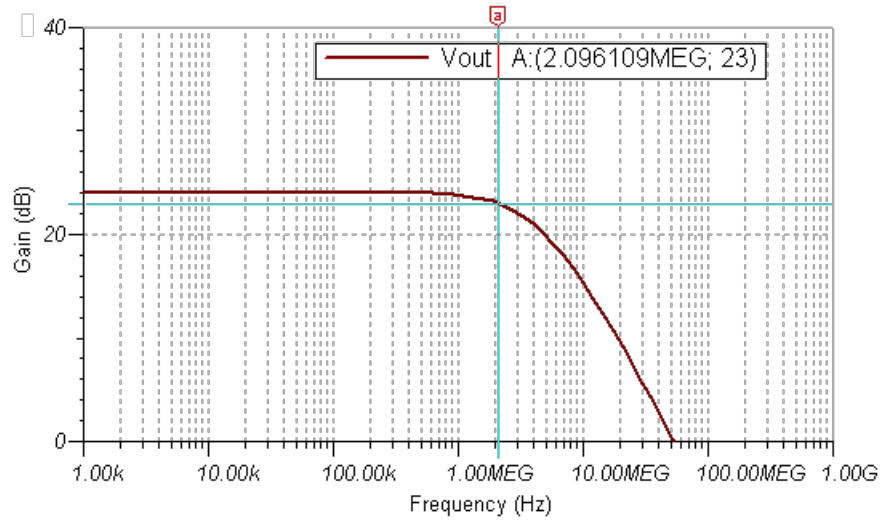
$$V_{IN} = 1V - 0.5V = 0.5V$$

$$0.5V \cdot \frac{16V}{V} = 8V < 9.8V$$

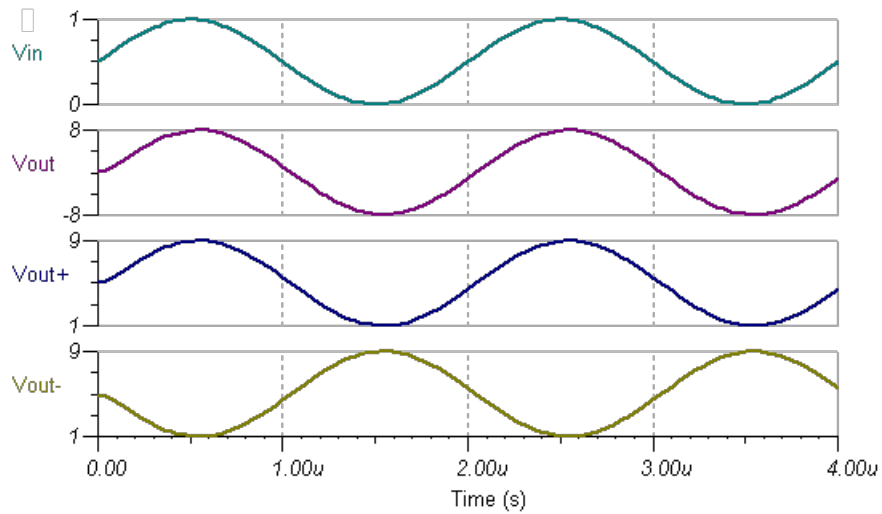
注：基准电压为  $0V$  时， $1V$  输入会导致输出电压大于放大器的输出范围最大值。

设计仿真

交流仿真结果



瞬态仿真结果



## 设计参考资料

请参阅《模拟工程师电路说明书》，了解有关 TI 综合电路库的信息。

观看 TI 高精度实验室视频 – [运算放大器：全差分放大器 – 设计用于驱动差分输入 ADC 的前端电路](#)，获取更多信息。

## 设计采用的运算放大器

| THS4561   |                     |
|---|---------------------|
| $V_{SS}$  | 3V 至 13.5V          |
| $V_{inCM}$  | Vee-0.1V 至 Vcc-1.1V |
| $V_{out}$   | Vee+0.2V 至 Vcc-0.2  |
| $V_{os}$  | 待定                  |
| $I_q$   | 待定                  |
| $I_b$   | 待定                  |
| UGBW  | 70MHz               |
| SR  | 4.4V/μs             |
| 通道数   | 1                   |
| <a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/THS4561">http://www.ti.com.cn/product/cn/THS4561</a> |                     |

## 设计备选运算放大器

| THS4131   |                     |
|---|---------------------|
| $V_{SS}$  | 5V 至 33V            |
| $V_{inCM}$  | Vee+1.3V 至 Vcc-0.1V |
| $V_{out}$   | 不确定                 |
| $V_{os}$  | 2mV                 |
| $I_q$   | 14mA                |
| $I_b$   | 2uA                 |
| UGBW  | 80MHz               |
| SR  | 52V/μs              |
| 通道数   | 1                   |
| <a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/THS4131">http://www.ti.com.cn/product/cn/THS4131</a> |                     |

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021，德州仪器 (TI) 公司