

使用 全差分放大器设计单端输入至差分输出电路

Sean Cashin

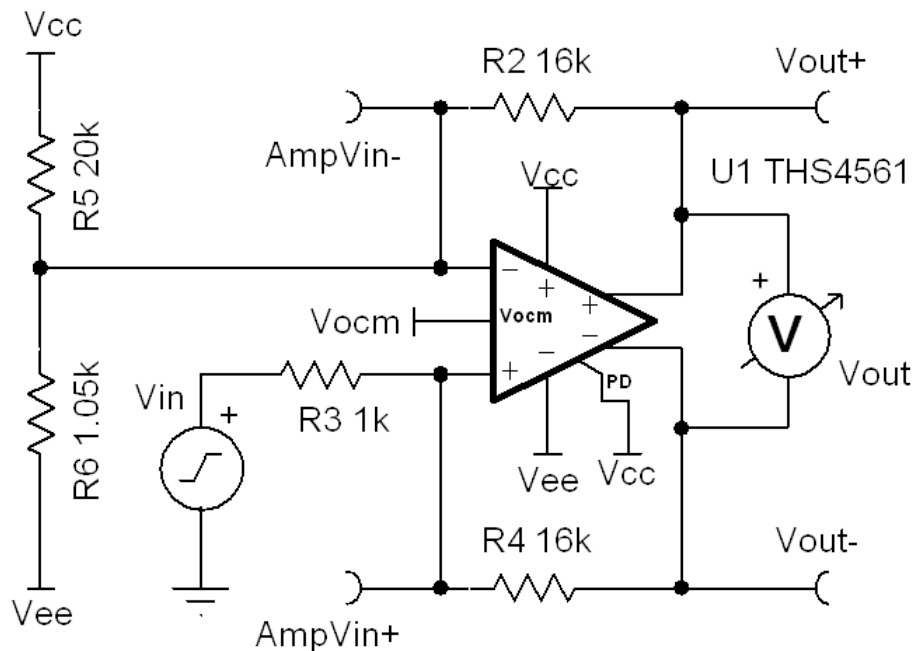
设计目标

| 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：

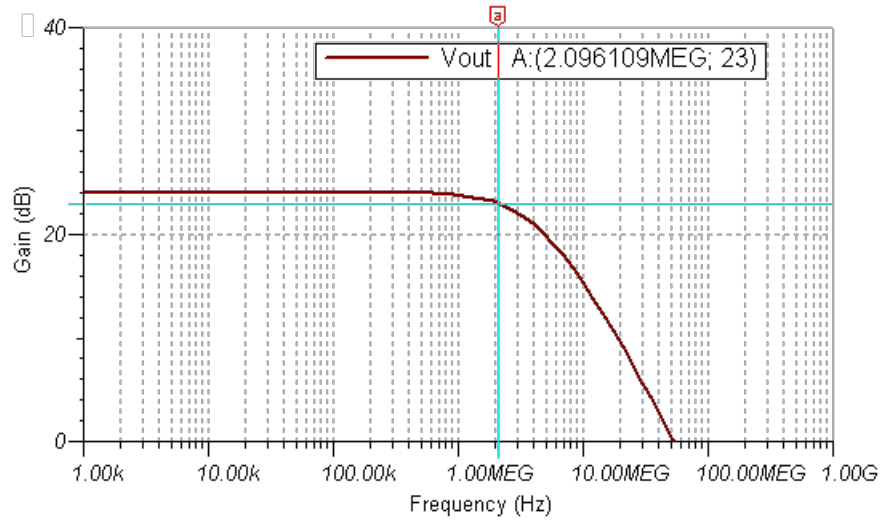
$$V_{IN} = 1V - 0.5V = 0.5V$$

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

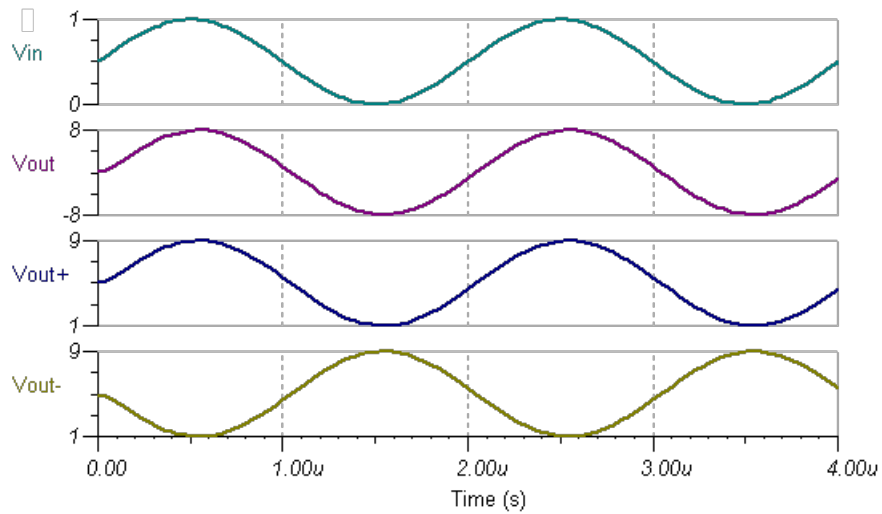
注：基准电压为 $0V$ 时， $1V$ 输入会导致输出电压大于放大器的输出范围最大值。

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 |
| http://www.ti.com.cn/product/cn/THS4561 | |

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 |
| http://www.ti.com.cn/product/cn/THS4131 | |

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司