

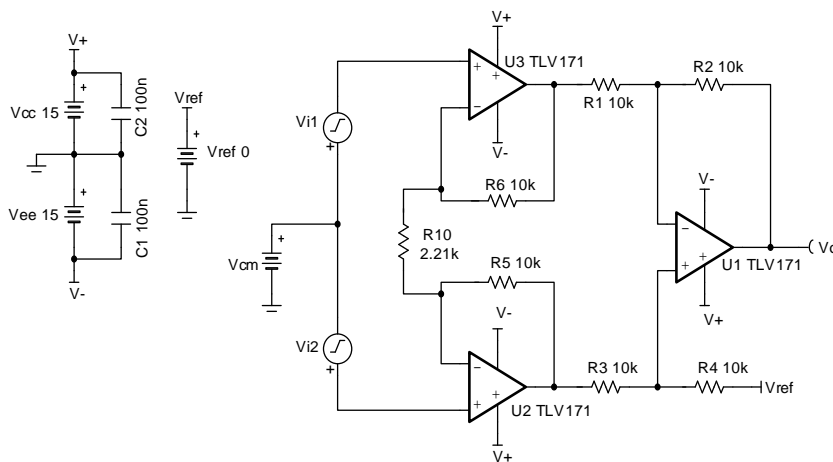
三级运算放大器仪表放大器电路

设计目标

| 输入 V_{idiff} ($V_{i2} - V_{i1}$) | | 共模电压 | 输出 | | 电源 | | |
|--------------------------------------|--------------------|----------|------------|------------|----------|----------|-----------|
| $V_{i\ diff\ Min}$ | $V_{i\ diff\ Max}$ | V_{cm} | V_{oMin} | V_{oMax} | V_{cc} | V_{ee} | V_{ref} |
| -0.5V | +0.5V | $\pm 7V$ | -5V | +5V | +15V | -15V | 0V |

设计说明

此设计使用 3 个运算放大器构建分立式仪表放大器。电路将差动信号转换为单端输出信号。仪表放大器能否以线性模式运行取决于其构建块（即运算放大器）能否以线性模式运行。当输入和输出信号分别处于器件的输入共模和输出摆幅范围内时，运算放大器以线性模式运行。这些范围取决于用于为运算放大器供电的电源电压。



设计说明

1. 使用精密电阻器实现高直流 CMRR 性能
2. R_{10} 设置电路的增益。
3. 向输出级添加隔离电阻器以驱动大电容负载。
4. 高电阻值电阻器可能会减小电路的相位裕度并在电路中产生额外的噪声。
5. 能否以线性模式运行取决于所使用的分立式运算放大器的输入共模和输出摆幅范围。线性输出摆幅范围在运算放大器数据表中 A_{OL} 测试条件下指定。

设计步骤

1. 此电路的传递函数:

$$V_o = (V_{i2} - V_{i1}) \times G + V_{ref}$$

When $V_{ref} = 0$, the transfer function simplifies to the following equation:

$$V_o = (V_{i2} - V_{i1}) \times G$$

$$\text{where } G = \frac{R_4}{R_3} \times \left(1 + \frac{2 \times R_5}{R_{10}} \right)$$

2. 选择反馈环路电阻器 R_5 和 R_6 :

Choose $R_5 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega$ (Standard Value)

3. 选择 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 。要将 V_{ref} 增益设置为 1V/V 并避免降低仪表放大器的 CMRR, R_4/R_3 和 R_2/R_1 的比值必须相等。

Choose $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ (Standard Value)

4. 计算 R_{10} 以实现所需的增益:

$$G = \frac{R_4}{R_3} \times \left(1 + \frac{2 \times R_5}{R_{10}} \right) = 10 \frac{\text{V}}{\text{V}} \quad (\quad)$$

$$R_4 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$$

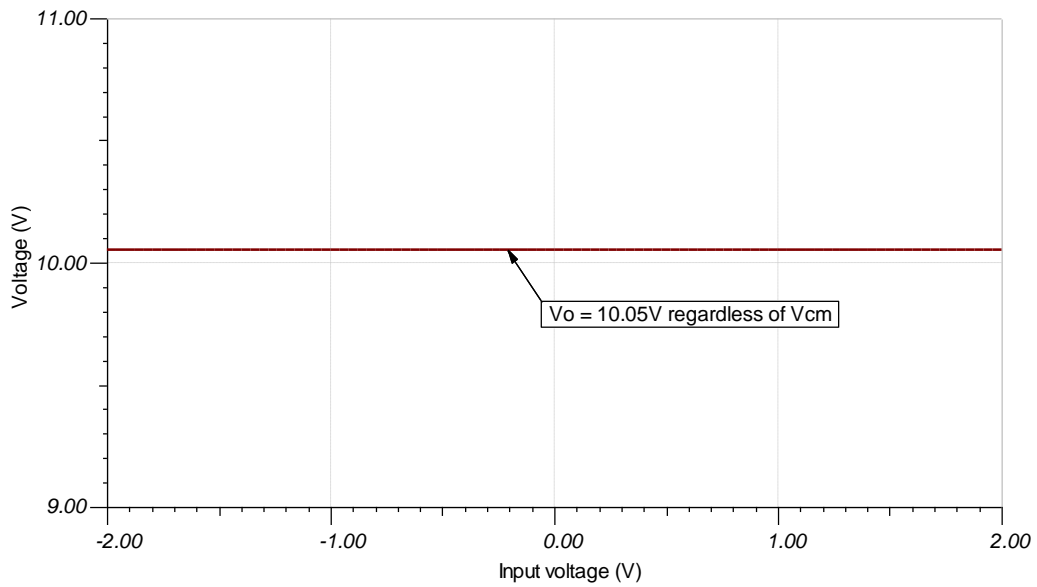
$$\rightarrow G = 1 + \frac{2 \times 10 \text{ k}\Omega}{R_{10}} = 10 \frac{\text{V}}{\text{V}} \rightarrow 1 + \frac{20 \text{ k}\Omega}{R_{10}} = 10 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$\frac{20 \text{ k}\Omega}{R_{10}} = 9 \frac{\text{V}}{\text{V}} \rightarrow R_{10} = \frac{20 \text{ k}\Omega}{9} = 2222.2 \Omega \rightarrow R_{10} = 2.21 \text{ k}\Omega \text{ (Standard Value)} \quad (1)$$

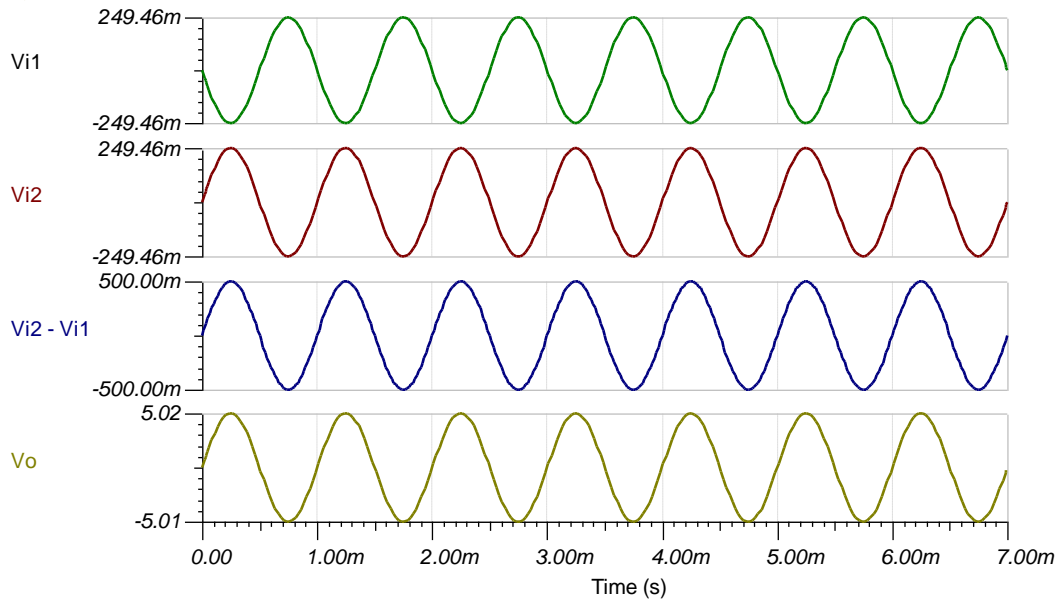
5. 要检查共模电压范围, 请从参考文献 [5] 中下载并安装程序。通过为内部放大器具有所选放大器 (在本例中为 TLV172) 所定义的共模范围、输出摆幅和电源电压范围的三级运算放大器 INA 添加代码, 对安装目录中的 INA_Data.txt 文件进行编辑。此设计中没有 V_{be} 变化, 并且输出级差动放大器的增益为 1V/V 。默认电源电压和基准电压分别为 $\pm 15\text{V}$ 和 0V 。运行程序并相应地设置增益和基准电压。结果 V_{CM} 与 V_{OUT} 图近似于分立式 INA 的线性运行区域。

设计仿真

直流仿真结果



瞬态仿真结果



参考文献:

1. 《模拟工程师电路设计指导手册》
2. SPICE 仿真文件 [SBOMAUS](#)
3. [TI 高精度实验室](#)
4. [仪表放大器 \$V_{CM}\$ 与 \$V_{OUT}\$ 图](#)
5. [仪表放大器的共模范围计算器](#)

设计采用的运算放大器

| TLV171 | |
|--|------------------------------------|
| V_{SS} | 4.5V 至 36V |
| V_{inCM} | $(V-) - 0.1V < V_{in} < (V+) - 2V$ |
| V_{out} | 轨至轨 |
| V_{os} | 0.25mV |
| I_q | 475 μ A |
| I_b | 8pA |
| UGBW | 3MHz |
| SR | 1.5V/ μ s |
| 通道数 | 1、2、4 |
| www.ti.com.cn/product/cn/tlv171 | |

设计备选运算放大器

| | OPA172 | OPA192 |
|------------|--|--|
| V_{SS} | 4.5V 至 36V | 4.5V 至 36V |
| V_{inCM} | $(V-) - 0.1V < V_{in} < (V+) - 2V$ | $V_{ee} - 0.1V$ 至 $V_{cc} + 0.1V$ |
| V_{out} | 轨至轨 | 轨至轨 |
| V_{os} | 0.2mV | $\pm 5\mu$ V |
| I_q | 1.6mA | 1mA/通道 |
| I_b | 8pA | 5pA |
| UGBW | 10MHz | 10MHz |
| SR | 10V/ μ s | 20V/ μ s |
| 通道数 | 1、2、4 | 1、2、4 |
| | www.ti.com.cn/product/cn/opa172 | www.ti.com.cn/product/cn/opa192 |

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”提供技术性及其可靠性数据（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