

Analog Engineer's Circuit

三级运算放大器仪表放大器电路



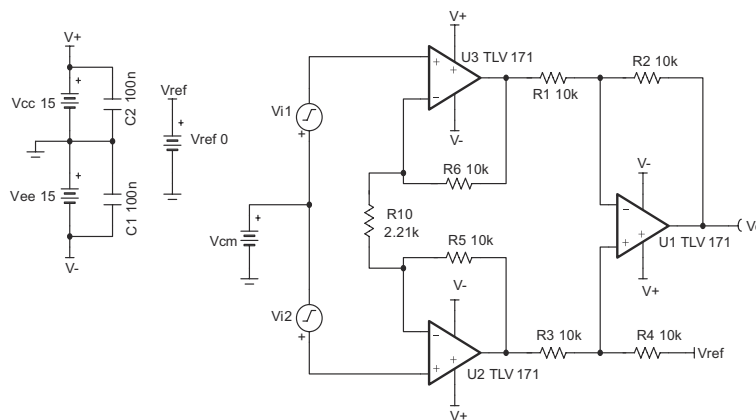
Amplifiers

设计目标

输入 $V_{i\text{diff}} (V_{i2} - V_{i1})$		共模电压	输出		电源		
$V_{i\text{diff Min}}$	$V_{i\text{diff Max}}$	V_{cm}	$V_{o\text{Min}}$	$V_{o\text{Max}}$	V_{cc}	V_{ee}	V_{ref}
-0.5V	+0.5V	$\pm 7\text{V}$	-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。用于为运算放大器供电的电源电压定义这些范围。



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：

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

当 $V_{ref} = 0$ 时，传递函数简化为以下公式：

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

其中

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

2. 选择反馈环路电阻器 R_5 和 R_6 ：

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

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 的比率必须相等。

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

4. 计算 R_{10} 以实现所需的增益：

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

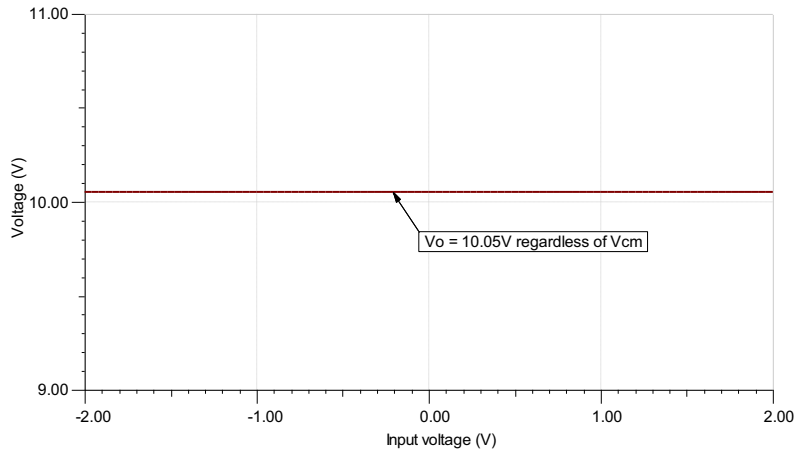
$$R_4 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$$

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

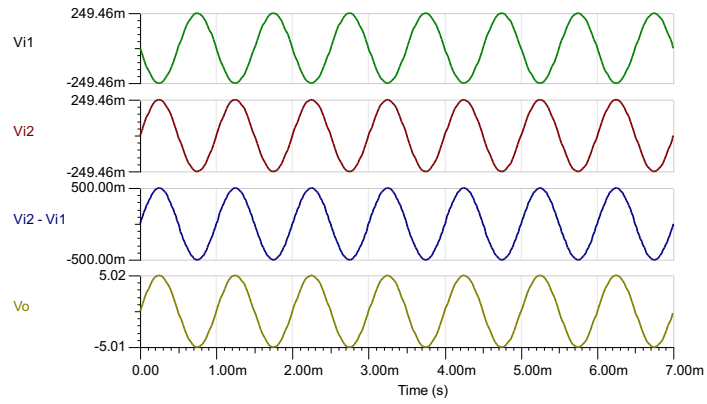
$$\frac{20 \text{ k}\Omega}{R_{10}} = 9 \frac{V}{V} \rightarrow R_{10} = \frac{20 \text{ k}\Omega}{9} = 2222.2 \Omega \rightarrow R_{10} = 2.21 \text{ k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

5. 要查看共模电压范围，请从参考资料 [5] 中下载并安装程序。通过为三级运算放大器 **INA** (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) 添加代码，对安装目录中的 **INA_Data.txt** 文件进行编辑。本设计中没有 V_{be} 偏移，输出级差分放大器的增益为 $1V/V$ 。默认电源电压和基准电压分别为 $\pm 15V$ 和 $0V$ 。运行程序并相应地设置增益和基准电压。生成的 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



参考资料：

1. [模拟工程师电路设计指导手册](#)
2. [SPICE 仿真文件 SBOMAU8](#)
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](#)

设计特色运算放大器

TLV171	
V_{SS}	4.5V 至 36V
V_{inCM}	$(V-) - 0.1V < V_{in} < (V+) - 2V$
V_{out}	轨到轨
V_{os}	0.25mV
I_q	475 μ A
I_b	8pA
UGBW	3MHz
SR	1.5V/ μ s
通道数	1、2 和 4
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}	轨到轨	轨到轨
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 和 4	1、2 和 4
	OPA172	OPA192

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司