

Subsystem Design

具有 M0 器件的两级 OPA 仪表放大器



1 说明

该子系统软件示例使用 MSPM0 和外部电阻器创建了一个两级 OPA 仪表放大器 (INA)。在该配置中， V_{i1} 和 V_{i2} 之间的差值被放大，并输出具有高共模抑制的单端信号。可以使用器件的内部 ADC 通道对集成 INA 的输出进行采样。

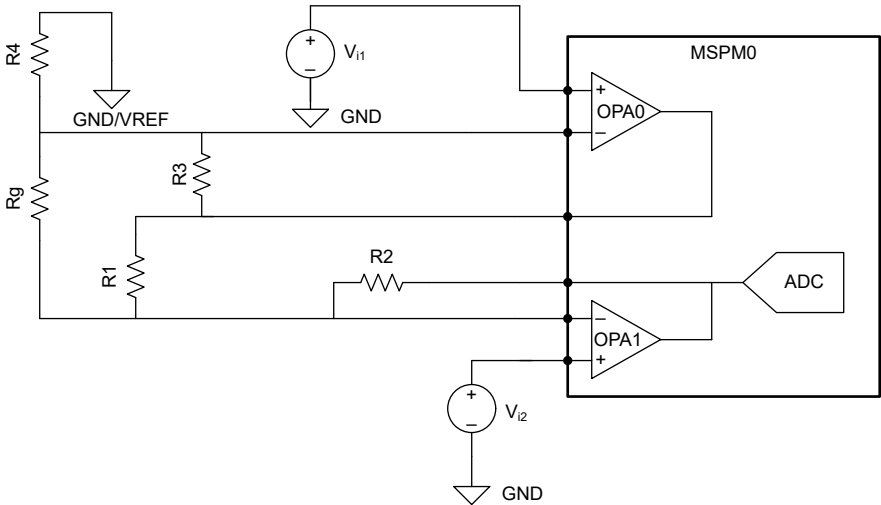


图 1-1. 子系统功能方框图

2 所需外设

此应用需要 MSPM0 中集成的两个 OPA 和一个 ADC 来对结果进行采样

表 2-1. 所需外设

子块功能	外设使用	注释
OPA	OPA0	在 SysConfig 中根据所选的输入源配置引脚
OPA	OPA1	
ADC	ADC0	用于测量 INA 的输出电压

3 设计说明

使用 MSPM0 集成放大器的两级运算放大器仪表放大器的设计与使用分立式运算放大器的设计没有不同。[两级运算放大器仪表放大器电路](#)应用手册介绍了该电路的设计手册。为了方便起见，以下列表中详述了这些内容：

1. R_g 设置电路的增益。
2. 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。
3. R_4 和 R_3 的比率可设置在移除 R_g 后的最小增益。
4. R_2/R_1 和 R_4/R_3 的比率必须一致，以避免降低仪表放大器的直流 CMRR 并确保 V_{ref} 增益为 1V/V。
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器件数据表中 A_{OL} 测试条件下指定。

4 设计步骤

与 [设计说明](#) 类似，两级运算放大器 INA 的外部电路设计步骤与分立方法没有区别。以下列表介绍了阐述分立式设计的文档中的步骤：

1. 计算电路的传递函数。

$$V_o = V_{iDiff} \times G + V_{ref} = (V_{i2} - V_{i1}) \times G + V_{ref} \quad (1)$$

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

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

where G is the gain of the instrumentation amplifier and $G = 1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{2R_2}{R_g}$

2. 选择 R_4 和 R_3 以设置最小增益。

$$G_{min} = 1 + \frac{R_4}{R_3} = 5 \frac{V}{V} \quad (2)$$

Choose $R_4 = 20k\Omega$

$$G_{min} = 1 + \frac{20k\Omega}{R_3} = 5 \frac{V}{V}$$

$$R_3 = \frac{R_4}{5-1} = \frac{20k\Omega}{4} = 5k\Omega \rightarrow R_3 = 5.1k\Omega \quad (\text{Standard Value})$$

3. 选择 R_1 和 R_2 。确保 R_1/R_2 和 R_3/R_4 的比率一致，以将应用于基准电压的增益设置为 1V/V。

$$\frac{V_{o_ref}}{V_{ref}} = \left(-\frac{R_3}{R_4}\right) \times \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) = \frac{R_3 \times R_2}{R_4 \times R_1} = 1 \frac{V}{V} \quad (3)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \rightarrow R_1 = R_3 = 5.1k\Omega \text{ and } R_2 = R_4 = 20k\Omega \quad (\text{Standard Value})$$

4. 选择 R_g 以实现所需的最大增益 $G = 10V/V$ 。

$$G = 1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{2R_2}{R_g} = 1 + \frac{20k\Omega}{5.1k\Omega} + \frac{2 \times 20k\Omega}{R_g} = 10 \frac{V}{V} \quad (4)$$

$$R_g = 8k\Omega \rightarrow R_g = 7.87k\Omega \quad (\text{Standard Value})$$

5 器件配置

- 配置 SysConfig：
 - 为 OPA 选择反相和同相输入。
 - 启用两个 OPA 的输出。
- 通过 SysConfig 连接到相关引脚来构建外部电路。
- 确定两个输入电压和增益，详细信息位于 [设计注意事项](#) 中。

6 设计注意事项

- 电压基准：
 - 在本例中， V_{ref} 设置为 GND，但可以将电压连接到 R_4 以更改直流电平。
- 输出限制：
 - 对于 MSPM0 系列，输出信号不能大于 VDD。
- 也可以使用 OPA 模块中内置的 PGA，但需要调整外部电阻器阻值。比率不一定相等；因此，匹配可能不完美。
- 如上所述，ADC 可设置为不同的采样速度和转换分辨率。这些配置可在 SysConfig 中完成，有关 ADC 和 OPA 功能的更多详细信息，请参阅器件 TRM 和数据表。
- LaunchPad 配置：在 LaunchPad 上，OPA 输入和输出可以连接到不同的电路，例如板载光电二极管或热敏电阻电路。查看相关的 LaunchPad 用户指南以确定要移除哪些跳线。

7 参考

- 德州仪器 (TI)，[下载 MSPM0 SDK](#)
- 德州仪器 (TI)，[详细了解 SysConfig](#)
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0L LaunchPad™](#)
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0G LaunchPad™](#)
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0 Academy](#)
- 德州仪器 (TI)，适用于此电路分立式实现的 [两级运算放大器仪表放大器电路](#)

8 E2E

请访问 TI 的 [E2E™](#) 支持论坛来查看讨论并发布新主题，以获得在设计中使用 MSPM0 器件的技术支持。

9 商标

LaunchPad™ and E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (September 2024) to Revision A (August 2025)	Page
• 删除了“兼容器件”一节.....	1

重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司