

Analog Engineer's Circuit

高侧电流检测电路设计



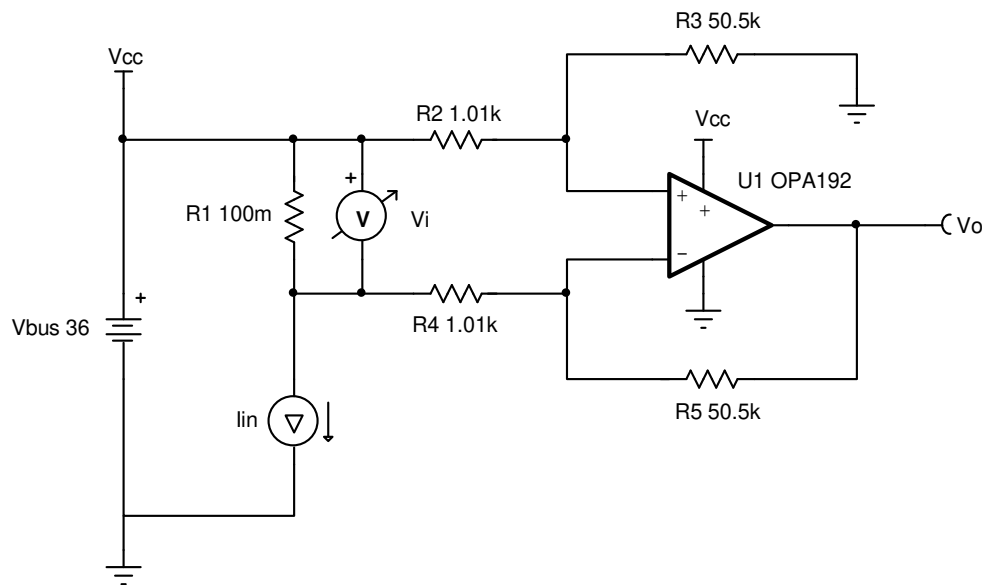
Mamadou Diallo

设计目标

输入		输出		电源	
I_{iMin}	I_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}
50mA	1A	0.25V	5V	36V	0V

设计说明

此单电源高侧低成本电流检测方法可以检测 50mA 和 1A 之间的负载电流，并将其转换为 0.25V 至 5V 的输出电压。高侧感应使系统能够识别接地短路，并且不会对负载造成接地干扰。



设计说明

1. 直流共模抑制比 (CMRR) 性能取决于增益设置电阻器 R_2 - R_5 的匹配情况。
2. 增大分流电阻器的值会增加功耗。
3. 验证共模电压是否处于放大器的线性输入运行区域内。共模电压由 R_2 、 R_3 构成的电阻分压器和总线电压设置。根据电阻分压器确定的共模电压，此应用可能不需要轨到轨输入 (RRI) 放大器。
4. 不具有可扩展至 V_{cc} 的共模电压范围的运算放大器可用在低增益或衰减配置中。
5. 与反馈电阻器并联放置的电容器会限制带宽，提高稳定性并有助于降低噪声。
6. 在线性输出运行区域内使用运算放大器。通常在 A_{OL} 测试条件下指定线性输出摆幅。

设计步骤

1. 下面提供了电路的完整传递函数。

$$V_o = I_{in} \times R_1 \times \frac{R_5}{R_4}$$

$$\text{Given } R_2 = R_4 \text{ and } R_3 = R_5$$

2. 计算最大分流电阻。将最大分流电压设置为 100mV。

$$R_1 = \frac{V_{iMax}}{I_{iMax}} = \frac{100mV}{1A} = 100m\Omega$$

3. 计算增益以设置最大输出摆幅范围。

$$\text{Gain} = \frac{V_{oMax} - V_{oMin}}{(I_{iMax} - I_{iMin}) \times R_1} = \frac{5V - 0.25V}{(1A - 0.05A) \times 100m\Omega} = 50 \frac{V}{V}$$

4. 计算增益设置电阻器以设置步骤 3 中计算的增益。

$$\text{Choose } R_2 = R_4 = 1.01k\Omega \text{ (Standard value)}$$

$$R_3 = R_5 = R_2 \times \text{Gain} = 1.01k\Omega \times 50 \frac{V}{V} = 50.5k\Omega \text{ (Standard value)}$$

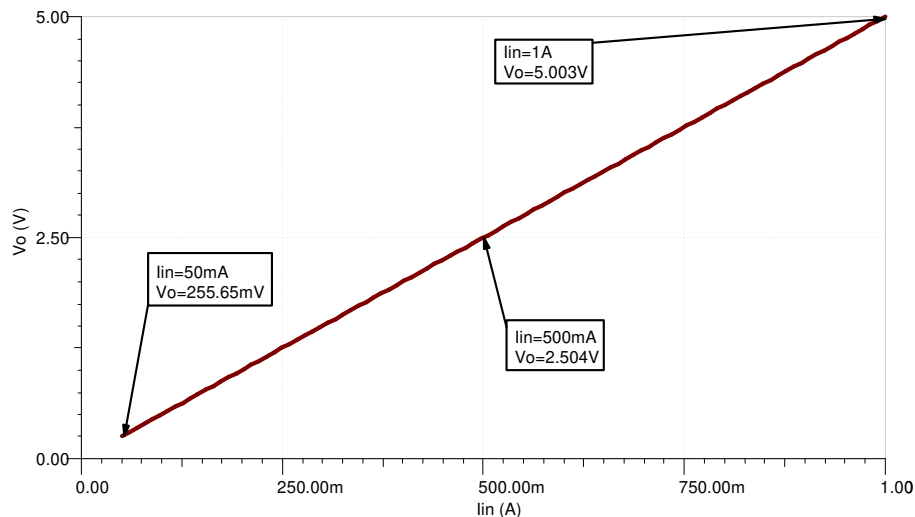
5. 计算放大器的共模电压以实现线性运行。

$$V_{cm} = V_{CC} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 36V \times \frac{50.5k}{1.01k + 50.5k} = 35.294V$$

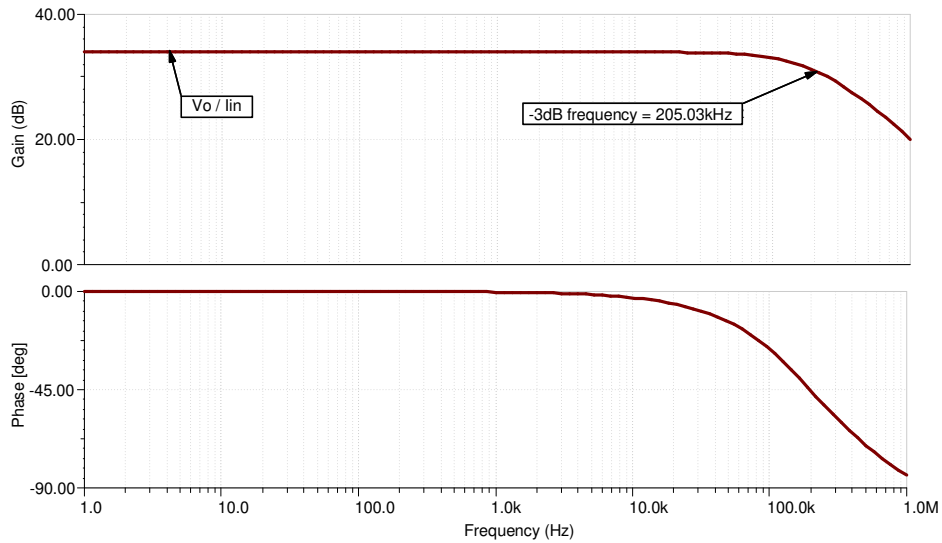
6. 截止频率上限 (f_H) 取决于此电路的同相增益 (噪声增益) 和运算放大器的增益带宽 (GBW)。

$$f_H = \frac{GBW}{\text{Noise Gain}} = \frac{10MHz}{51 \frac{V}{V}} = 196.1 \text{ kHz}$$

设计仿真



直流仿真结果



交流仿真结果

参考资料：

德州仪器 (TI), [SBOMAV4 仿真文件](#), 软件支持

设计特色运算放大器

OPA192	
V_{CC}	4.5V 至 36V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	5 μ V
I_q	1mA
I_b	5pA
UGBW	10MHz
SR	20V/ μ s
通道数	1、2 和 4
OPA192	

设计备选运算放大器

OPA2990	
V_{CC}	2.7V 至 40V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	250 μ V
I_q	120 μ A
I_b	10pA
UGBW	1.25MHz
SR	5V/ μ s
通道数	2
OPA2990	

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 A (February 2019) to Revision B (September 2024)	Page
• 通篇更新了表格、图和交叉参考的格式.....	1

Changes from Revision * (December 2018) to Revision A (February 2019)	Page
• Downstyle 标题。添加了 <i>设计备选运算放大器表</i> 。.....	1

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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