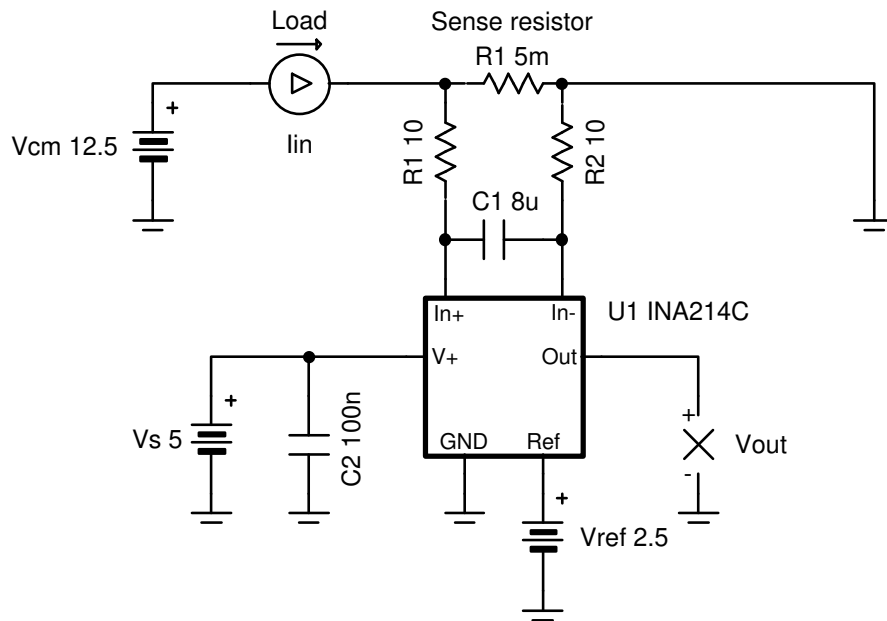


设计目标

| 输入 | | | 输出 | | 电源 | |
|-------------|-------------|----------|--------------|--------------|-------|-----------|
| I_{inMin} | I_{inMax} | V_{cm} | V_{outMin} | V_{outMax} | V_s | V_{ref} |
| -4A | 4A | 12.5V | 0.5V | 4.5V | 5 | 2.5V |

设计说明

下图所示的低侧双向电流分流监控器解决方案可以精确测量 -4A 至 4A 的电流，并且可以轻松地对不同的电流测量范围更改设计参数。INA21x 系列中的电流分流监控器集成了精密增益电阻器和零漂移架构，可在分流器上的最大压降低至 10mV 满量程的情况下进行电流感测。



设计说明

- 为了避免额外的误差，请使用 $R_1 = R_2$ 并保持电阻尽可能小（不超过 10Ω ，如 [《INA21x 电压输出、低侧或高侧测量、双向、零漂移系列电流分流监控器》](#) 中所述）。
- 低侧感测不适用于系统负载无法承受小型接地干扰或需要检测负载短路的应用。
- [电流感测放大器入门](#) 视频系列介绍了使用电流感测放大器时应了解的实现方案、误差源和高级主题。

设计步骤

1. 根据所需的电流范围确定 V_{ref} :

对于 $-4A$ 至 $4A$ 的电流范围, 有一半的范围低于 $0V$, 因此设置 :

$$V_{ref} = \frac{1}{2}V_s = \frac{5}{2} = 2.5V$$

2. 根据最大电流和最大输出电压确定所需的分流电阻。

为了不超过相对于电源轨的摆幅并允许一些余量, 应使用 $V_{outMax} = 4.5V$ 。这与最大电流 $4A$ 和在第 1 步中计算的 V_{ref} 相结合, 可以使用以下公式确定分流电阻 :

$$R_1 = \frac{V_{outMax} - V_{ref}}{\text{增益} \times I_{loadMax}} = \frac{4.5 - 2.5}{100 \times 4} = 5m\Omega$$

3. 确认 V_{out} 将处于所需的范围之内 :

当最大电流为 $4A$ 、增益 = $100V/V$ 、 $R_1 = 5m\Omega$ 且 $V_{ref} = 2.5V$ 时 :

$$V_{out} = I_{load} \times \text{Gain} \times R_1 + V_{ref} = 4 \times 100 \times 0.005 + 2.5 = 4.5V$$

当最小电流为 $-4A$ 、增益 = $100V/V$ 、 $R_1 = 5m\Omega$ 且 $V_{ref} = 2.5V$ 时 :

$$V_{out} = I_{load} \times \text{Gain} \times R_1 + V_{ref} = -4 \times 100 \times 0.005 + 2.5 = 0.5V$$

4. 滤波电容器选择 :

为了对 $1kHz$ 的输入信号进行滤波, 应使用 $R_1 = R_2 = 10\Omega$:

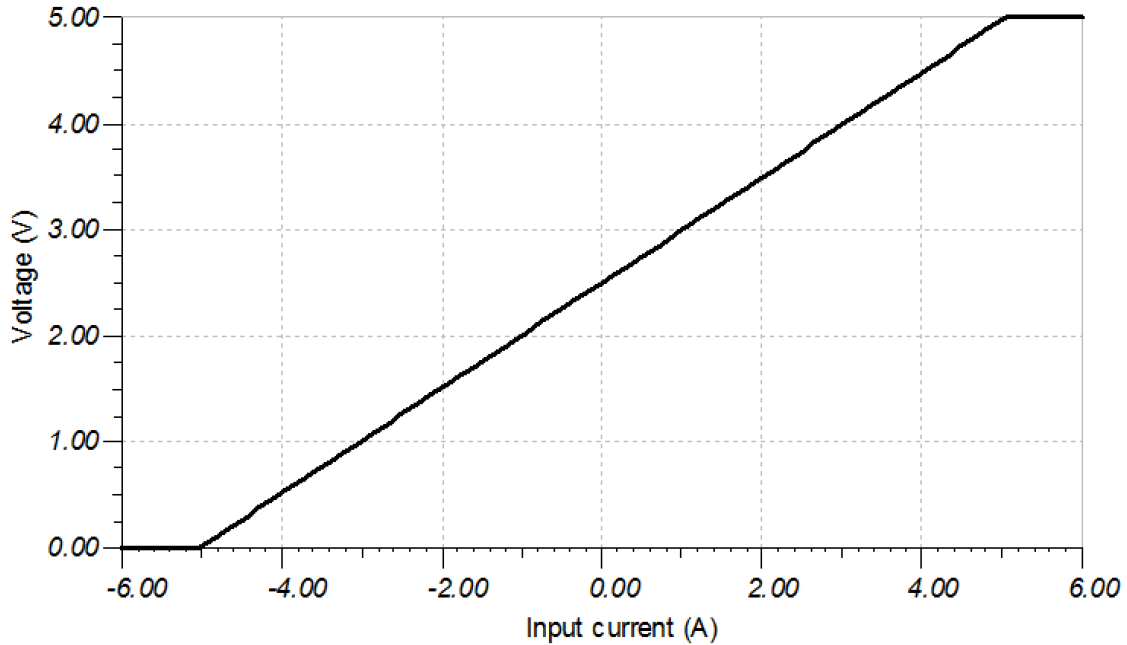
$$C_1 = \frac{1}{2\pi(R_1 + R_2)F_{-3dB}} = \frac{1}{2\pi(10 + 10)1000} = 7.958 \times 10^{-6} \approx 8\mu F$$

更多有关信号滤波和相关增益误差的信息, 请参阅 [《INA21x 电压输出、低侧或高侧测量、双向、零漂移系列电流分流监控器》](#)。

设计仿真

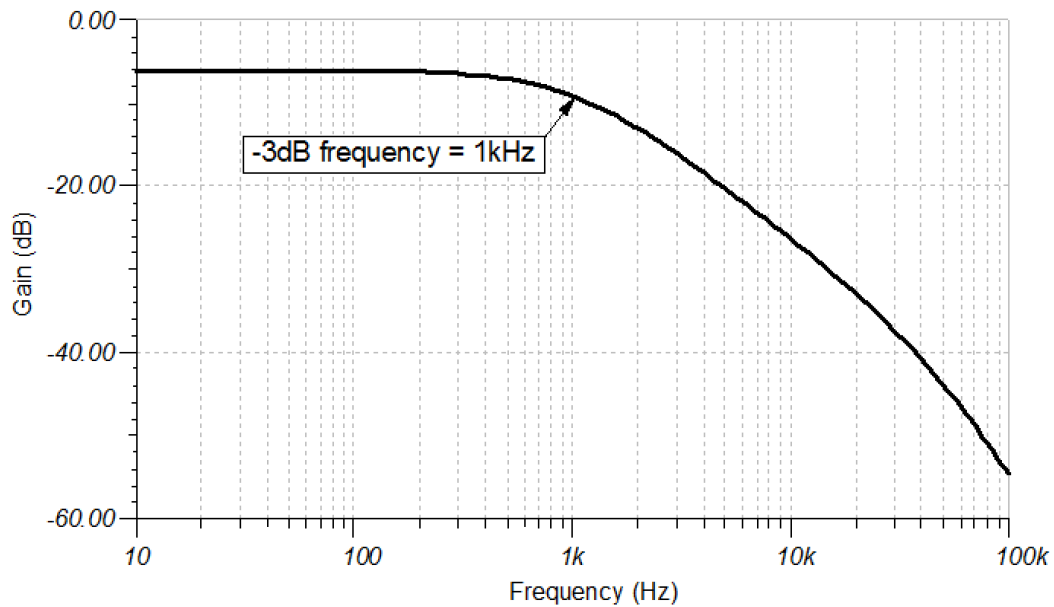
直流分析仿真结果

下图显示了给定输入电流 I_{in} 下的仿真输出电压 V_{out} 。



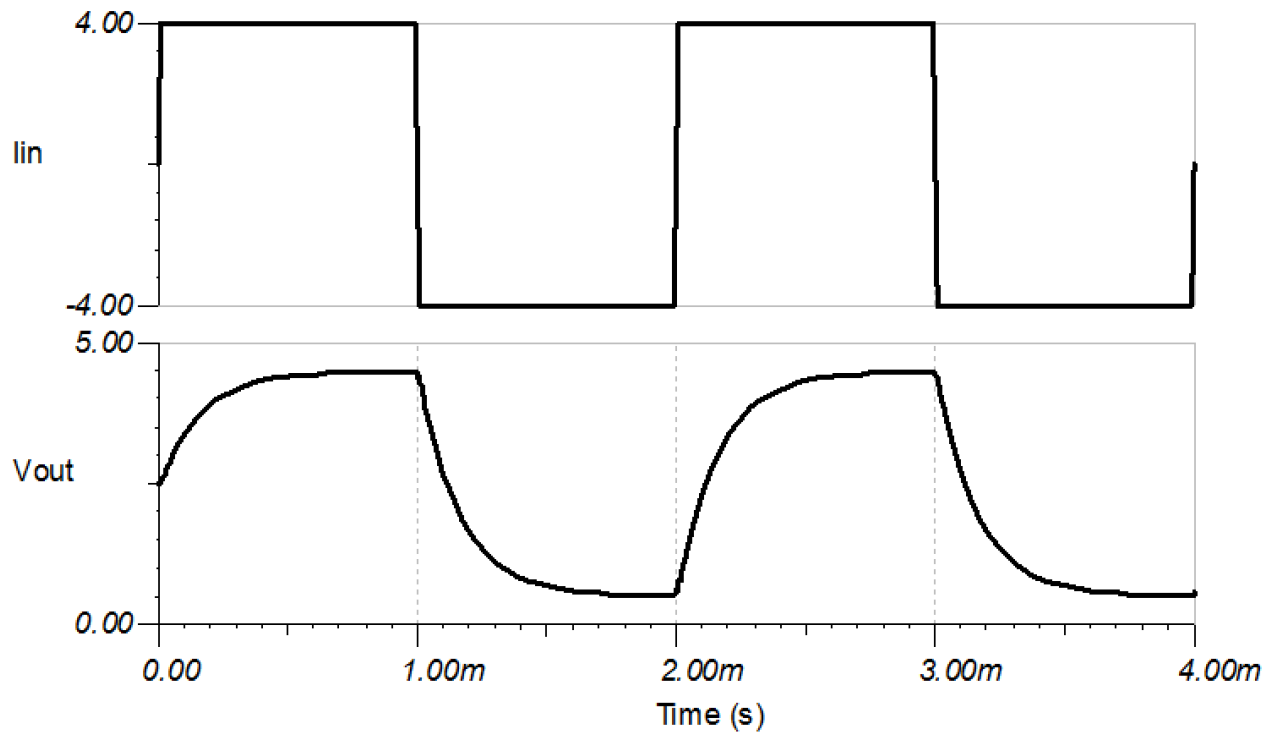
交流分析仿真结果

下图显示了仿真增益与频率间的关系（通过相关的设计步骤实现）。



瞬态分析仿真结果

下图显示了 $-4A$ 至 $4A$ I_{in} 中阶跃响应的输出 V_{out} 的仿真延迟和建立时间。



设计参考资料

请参阅《模拟工程师电路设计指导手册》，了解有关 TI 综合电路库的信息。

电路 SPICE 仿真文件：<http://proddms.itg.ti.com/fnview/sboc518>

“电流感测放大器入门”视频系列：<https://training.ti.com/getting-started-current-sense-amplifiers>

TI.com 上的电流感测放大器：<http://www.ti.com/amplifier-circuit/current-sense/products.html>

如需 TI 工程师的直接支持，请使用 E2E 社区：<http://e2e.ti.com>

设计中采用的电流感测放大器

| INA214C | |
|---|------------------------|
| V_s | 2.7 V 至 26 V |
| V_{cm} | GND-0.1V 至 26V |
| V_{out} | GND-0.3V 至 $V_s+0.3 V$ |
| V_{os} | $\pm 1\mu V$ (典型值) |
| I_q | 65 μA (典型值) |
| I_b | 28 μA (典型值) |
| http://www.ti.com.cn/product/cn/INA214 | |

设计备选电流感测放大器

| INA199C | |
|---|-----------------------|
| V_s | 2.7 V 至 26 V |
| V_{cm} | GND-0.1V 至 26V |
| V_{out} | GND-0.3V 至 $V_s+0.3V$ |
| V_{os} | $\pm 5\mu V$ (典型值) |
| I_q | 65 μA (典型值) |
| I_b | 28 μA (典型值) |
| http://www.ti.com.cn/product/cn/INA199 | |

| INA181 | |
|---|-----------------------|
| V_s | 2.7V 至 5.5V |
| V_{cm} | GND-0.2V 至 26V |
| V_{out} | GND-0.3V 至 $V_s+0.3V$ |
| V_{os} | $\pm 100\mu V$ (典型值) |
| I_q | 65 μA (典型值) |
| I_b | 195 μA (典型值) |
| http://www.ti.com.cn/product/cn/INA181 | |

修订历史记录

| 修订版本 | 日期 | 更改 |
|------|-------------|---------------------------------|
| A | 2020 年 12 月 | 将步骤三从“当最小电流为 4A”更改为“当最小电流为 -4A” |

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司