

Analog Engineer's Circuit

低侧双向电流检测电路



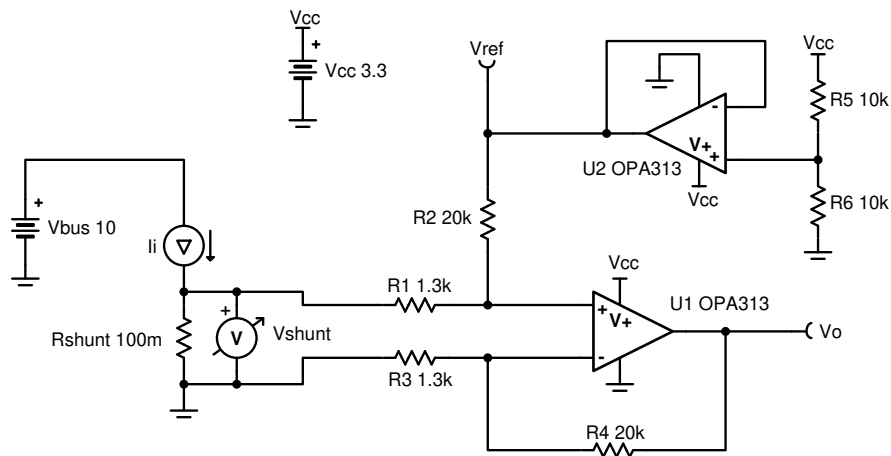
Tushar Jog

设计目标

输入		输出		电源		
I_{iMin}	I_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{cc}	V_{ee}	V_{ref}
-1A	1A	110mV	3.19V	3.3V	0V	1.65V

设计说明

该单电源低侧双向电流感应解决方案可以精确地检测 -1A 至 1A 的负载电流。输出的线性范围为 110mV 至 3.19V。低侧电流感应可以保持共模电压接近于接地值，因此特别适用于总线电压高的应用。



设计说明

- 为了最大程度地减少误差，设置 $R_3 = R_1$ 且 $R_4 = R_2$ 。
- 使用精密电阻器以实现更高的精度。
- 根据线性输出摆幅设置输出范围（请参阅 A_{ol} 规格）。
- 在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中，请勿使用低侧检测。

设计步骤

- 确定传递方程，其中 $R_4 = R_2$ 且 $R_1 = R_3$ 。

$$V_o = \left(I_i \times R_{shunt} \times \frac{R_4}{R_3} \right) + V_{ref}$$

$$V_{ref} = V_{cc} \times \left(\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right)$$

2. 确定最大分流电阻。

$$R_{\text{shunt}} = \frac{V_{\text{shunt}}}{I_{\text{imax}}} = \frac{100\text{mV}}{1\text{ A}} = 100\text{m}\Omega$$

3. 设置基准电压。由于输入电流范围是对称的，因此请将基准设置为 $1/2 V_s$ 。因此，使 R_5 和 R_6 的值相等。

$$R_5 = R_6 = 10\text{k}\Omega$$

4. 根据运算放大器输出摆幅设置差分放大器增益。在电源为 3.3V 的情况下，运算放大器输出可以从 100mV 摆动至 3.2V 。

$$\text{Gain} = \frac{V_{\text{OMax}} - V_{\text{OMin}}}{R_{\text{shunt}} \times (I_{\text{iMax}} - I_{\text{iMin}})} = \frac{3.2\text{ V} - 100\text{mV}}{100\text{m}\Omega \times (1\text{ A} - (-1\text{ A}))} = 15.5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

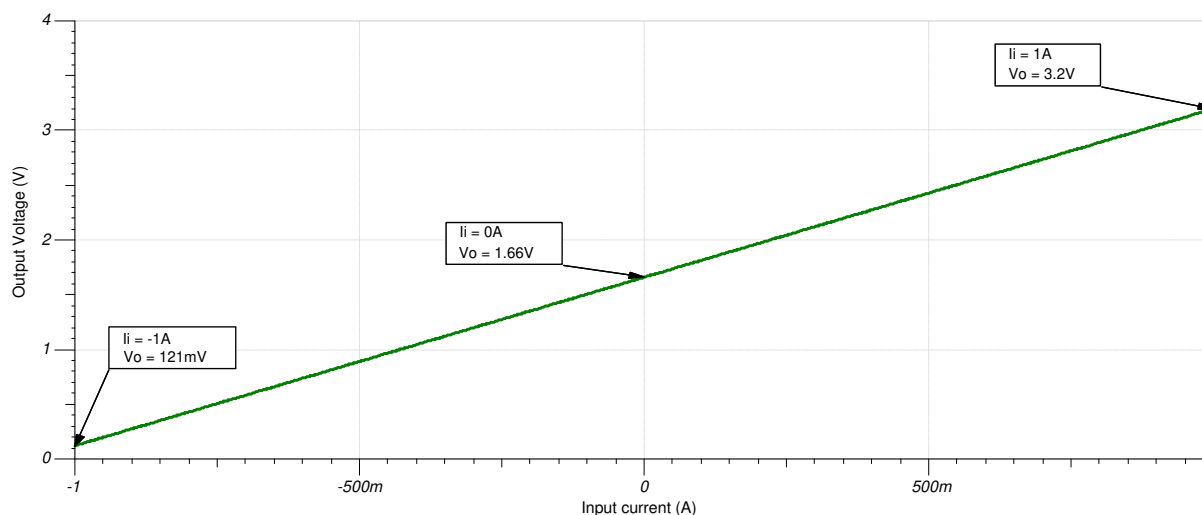
$$\text{Gain} = \frac{R_4}{R_3} = 15.5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

Choose $R_1 = R_3 = 1.3\text{k}\Omega$ (Standard Value)

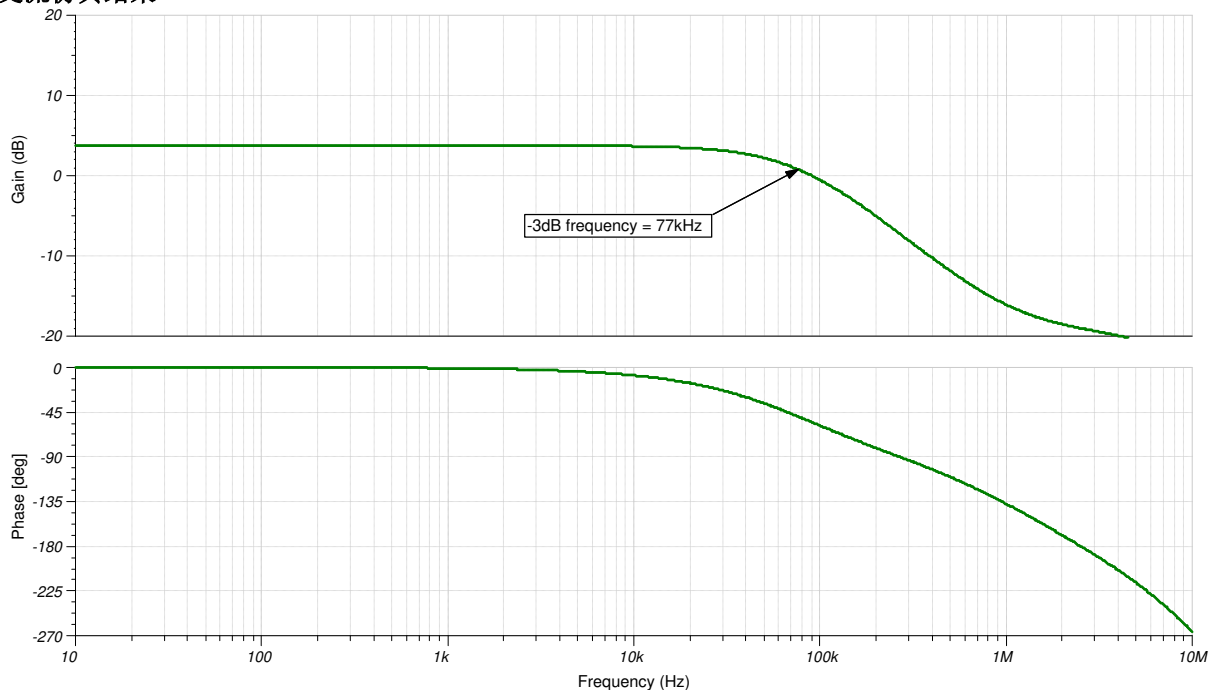
$$R_2 = R_4 = 15.5 \frac{\text{V}}{\text{V}} \times 1.3\text{k}\Omega = 20.15\text{ k}\Omega \approx 20\text{k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

设计仿真

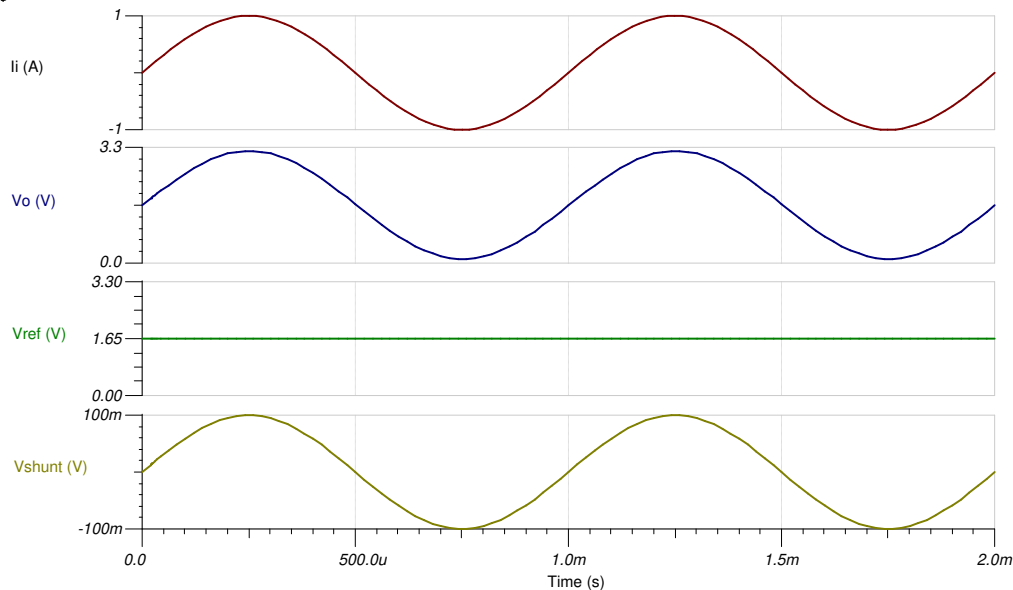
直流仿真结果



闭环交流仿真结果



瞬态仿真结果



设计参考资料

德州仪器 (TI), [低侧双向电流检测电路仿真](#), 电路 SPICE 仿真文件

德州仪器 (TI), [±1A 单电源低侧电流检测解决方案](#), 参考设计

设计特色运算放大器

OPA313	
V_{CC}	1.8V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	500 μ V
I_q	50 μ A/通道
I_b	0.2pA
UGBW	1MHz
SR	0.5V/ μ s
通道数	1、2、4
OPA313	

设计备选运算放大器

	TLV9062	OPA376
V_{CC}	1.8V 至 5.5V	2.2V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨	轨到轨
V_{out}	轨到轨	轨到轨
V_{os}	300 μ V	5 μ V
I_q	538 μ A/通道	760 μ A/通道
I_b	0.5pA	0.2pA
UGBW	10MHz	5.5MHz
SR	6.5V/ μ s	2V/ μ s
通道数	1、2、4	1、2、4
	TLV9062	OPA376

对于先前所述的原始设计目标以外的电池供电或功率敏感型设计，需要降低系统总功耗。

LPV821	
V_{CC}	1.7V 至 3.6V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	1.5 μ V
I_q	650nA/Ch
I_b	7pA
UGBW	8KHz
SR	3.3V/ms
通道数	1
LPV821	

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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 B (January 2019) to Revision C (October 2024) Page

- 通篇更新了表格、图和交叉参考的格式..... [1](#)
-

Changes from Revision A (May 2018) to Revision B (January 2019) Page

- 缩减了标题字数..... [1](#)
 - 向电路指导手册登录页面添加了链接..... [1](#)
-

Changes from Revision * (February 2018) to Revision A (May 2018) Page

- 将标题角色改为放大器 [1](#)
 - 添加了 SPICE 仿真文件链接..... [1](#)
 - 添加了 LPV821 以作为电池供电和功率敏感型设计的设计备选运算放大器 [1](#)
-

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