

Analog Engineer's Circuit

具有达林顿晶体管的 电压转电流 (V-I) 转换器电路



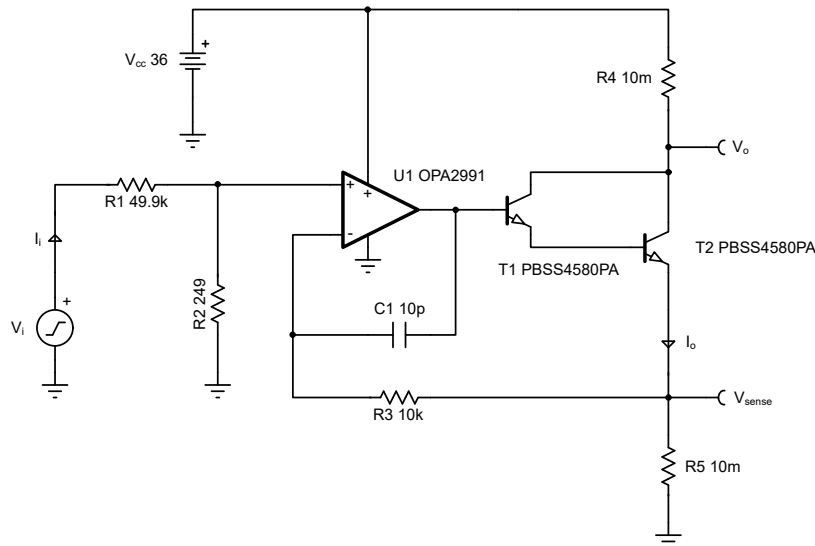
Amplifiers

设计目标

输入电压			输出			电源	
V_{iMin}	V_{iMax}	I_{iMax}	I_{oMin}	I_{oMax}	P_{R5Max}	V_{cc}	V_{ee}
0V	10V	200 μ A	0A	5A	0.25W	36V	0V

设计说明

此高侧电压转电流 (V-I) 转换器可为负载 R_4 提供优质稳压电流。该电路接受 0V 至 10V 的输入电压，并将其转换为 0A 至 5A 的输出电流。通过将低侧电流检测电阻上的电压反馈回运算放大器来调节电流。与使用单个分立式晶体管相比，输出达林顿对可实现更高的电流增益。



设计说明

- 由 R_1 和 R_2 构成的电阻分压器在输入端实现，以限制放大器同相端子和输出检测电阻 (R_5) 的满量程电压。
- 达林顿对具有高电流增益，可降低对运算放大器输出电流的需求。
- 较小的 R_4 和 R_5 值会导致负载顺从电压增加，并降低满量程输出状态下的功率耗散。
- 反馈元件 R_3 和 C_1 提供频率补偿，以确保电路在瞬态变化期间的稳定性。它们还有助于减少噪声。 R_3 直接在电流设置电阻 R_5 处提供直流反馈路径， C_1 提供绕过 NPN 对的高频反馈路径。
- 输入偏置电流会流经 R_3 ，将导致直流误差。因此，与运算放大器的失调电压相比，需确保该误差尽量小。
- 选择线性输出电压摆幅至少包括 $2 \times V_{be} + V_{sense}$ 的运算放大器。运算放大器的输出电压将比检测电阻的电压高约两倍的基极-发射极电压 V_{be} 。
- 在数据表 A_{OL} 测试条件下指定的线性工作区域内使用运算放大器。
- 如有需要，可以在高频反馈路径和 T1 基极之间放置一个隔离电阻以确保稳定性。

设计步骤

该电路的传递函数通过以下步骤提供：

$$I_o = V_i \times \frac{R_2}{R_5 \times (R_1 + R_2)}$$

1. 根据最大输出功率耗散和最大输出电流的规格，确定 V_{sense} 的最大值。

$$V_{R5\text{Max}} = V_{\text{senseMax}} = \frac{P_{R5\text{Max}}}{I_{o\text{Max}}} = \frac{0.25 \text{ W}}{5 \text{ A}} = 50 \text{ mV}$$

2. 计算检测电阻 R_5 。

$$R_5 = \frac{V_{\text{senseMax}}}{I_{o\text{Max}}} = \frac{50 \text{ mV}}{5 \text{ A}} = 10 \text{ m}\Omega$$

3. 根据允许的最大输入电流 $I_{i\text{Max}}$ 和所需的 V_{senseMax} 电压，选择 R_1 和 R_2 的值。

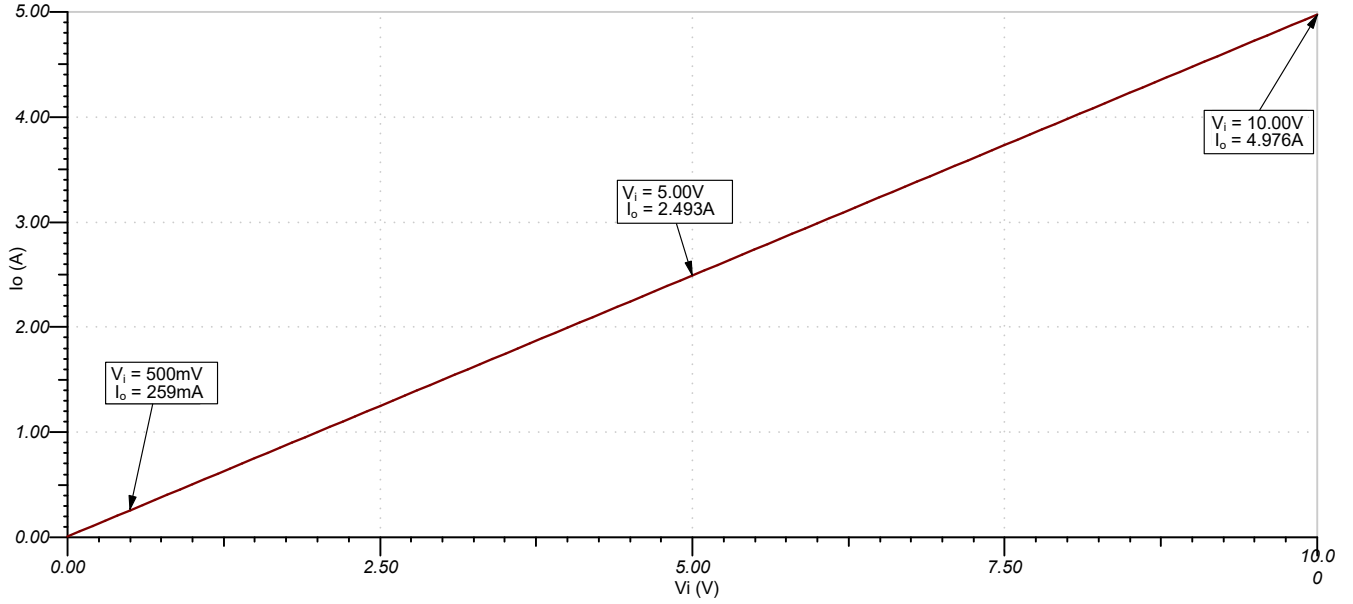
$$R_1 = \frac{V_{\text{senseMax}}}{I_{i\text{Max}}} = \frac{50 \text{ mV}}{200 \mu\text{A}} = 250 \Omega \approx 249 \Omega (\text{Standard Value})$$

$$V_{\text{senseMax}} = V_{i\text{Max}} \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

$$R_2 = 49.6 \text{ k}\Omega \approx 49.9 \text{ k}\Omega (\text{Standard value})$$

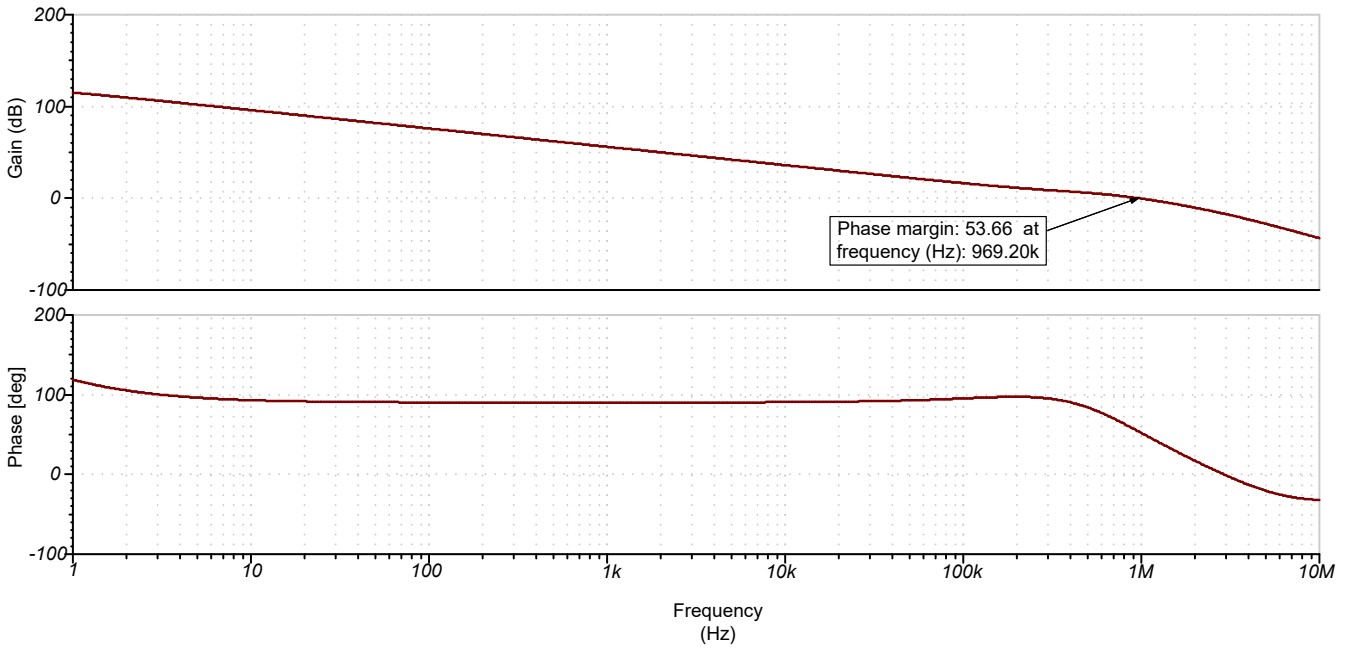
4. 有关如何正确调整补偿元件 R_3 和 C_1 的大小的设计过程，请参阅[设计参考部分 \[2\]](#)。

设计仿真
直流仿真结果

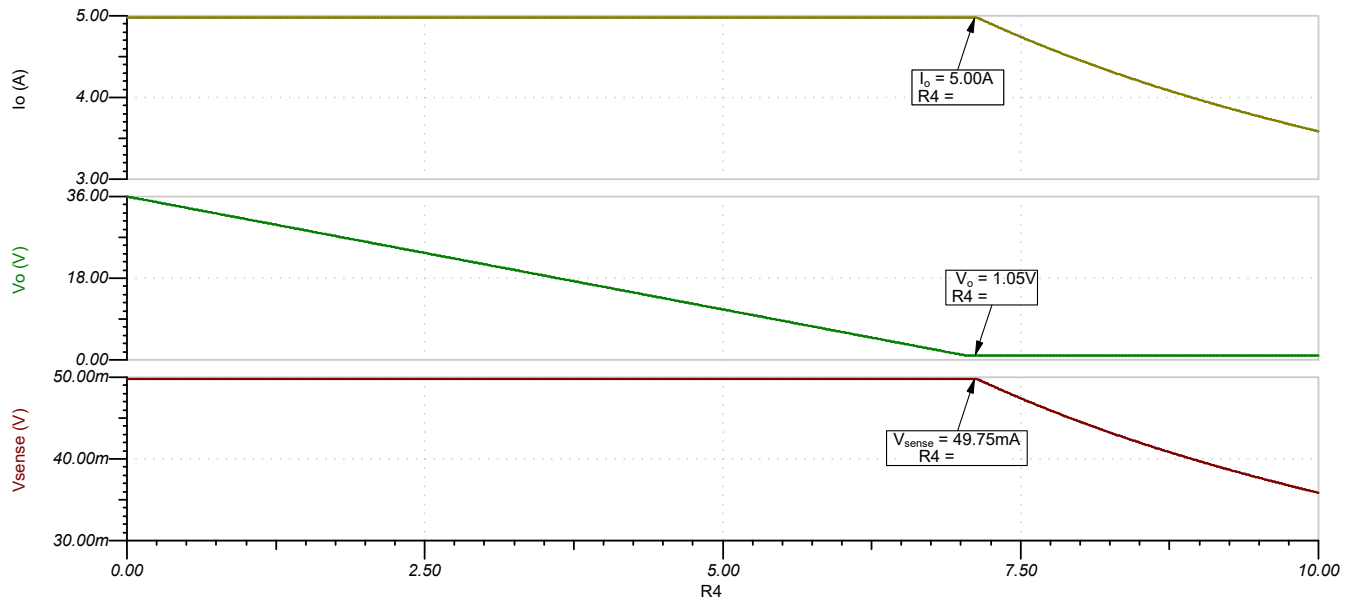


环路稳定性仿真结果

环路增益相位为 53 度。



顺从电压仿真结果



设计参考资料

1. 有关 TI 综合电路库的信息，请参阅[模拟工程师电路说明书](#)。
2. [TI 高精度实验室](#)

设计采用的运算放大器

OPA2991	
V_{ss}	2.7V 至 40V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	125 μ V
I_q	560 μ A
I_b	10pA
UGBW	4.5MHz
SR	21V/ μ s
#通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/opa2991	

设计备选运算放大器

OPA197	
V_{ss}	4.5V 至 36V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	25 μ V
I_q	1mA
I_b	5pA
UGBW	10MHz
SR	20V/ μ s
#通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/opa197	

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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