

# 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



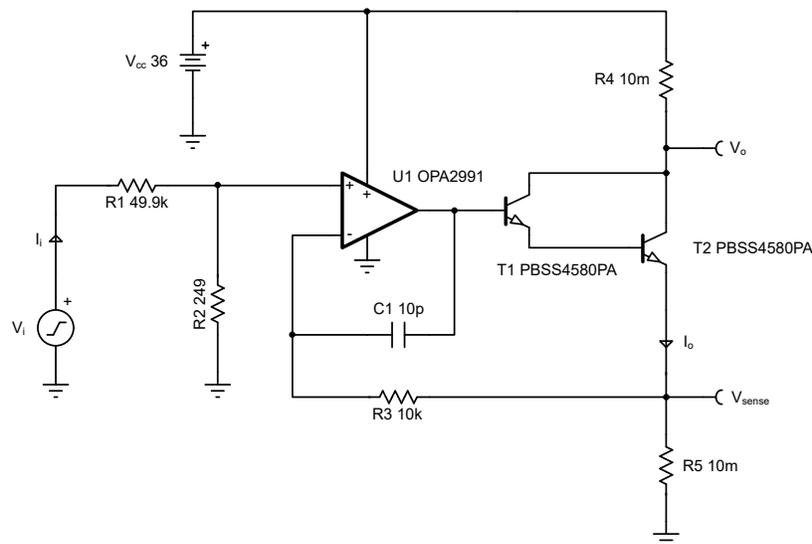
### Amplifiers

### 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 $\mu$ 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  $V_{\text{sense}}$  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  $V_{\text{senseMax}}$  电压，选择  $R_1$  和  $R_2$  的值。

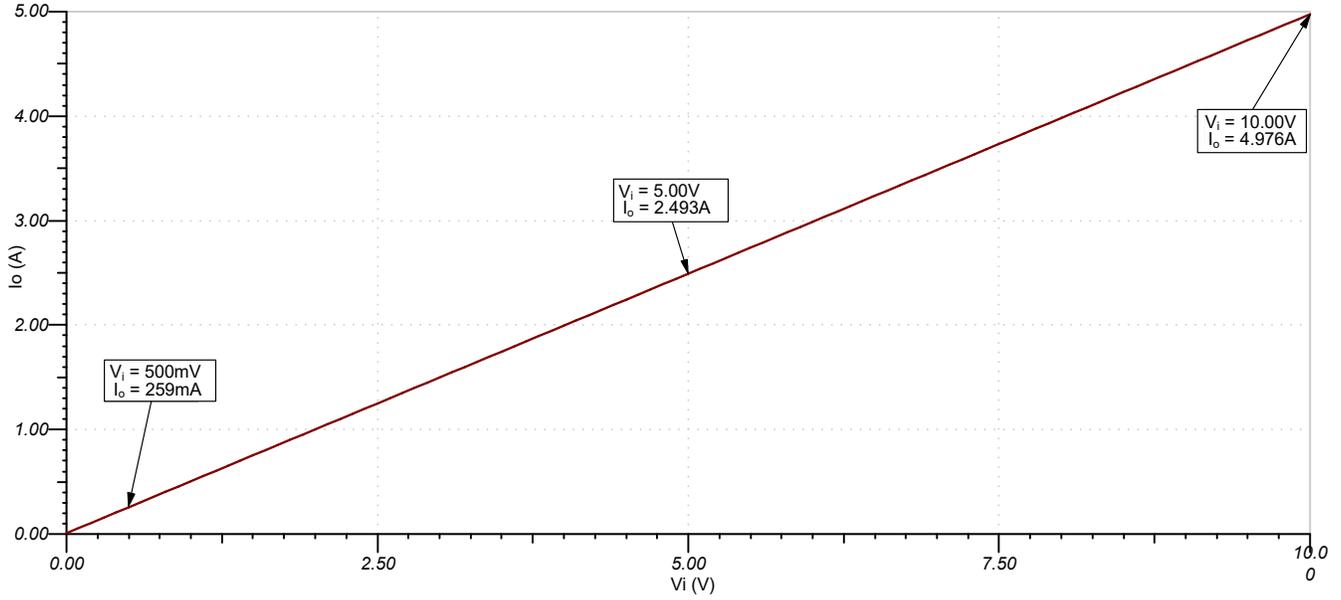
$$R_1 = \frac{V_{\text{senseMax}}}{I_{i\text{Max}}} = \frac{50\text{mV}}{200\mu\text{A}} = 250\Omega \approx 249\Omega(\text{Standard Value})$$

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

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

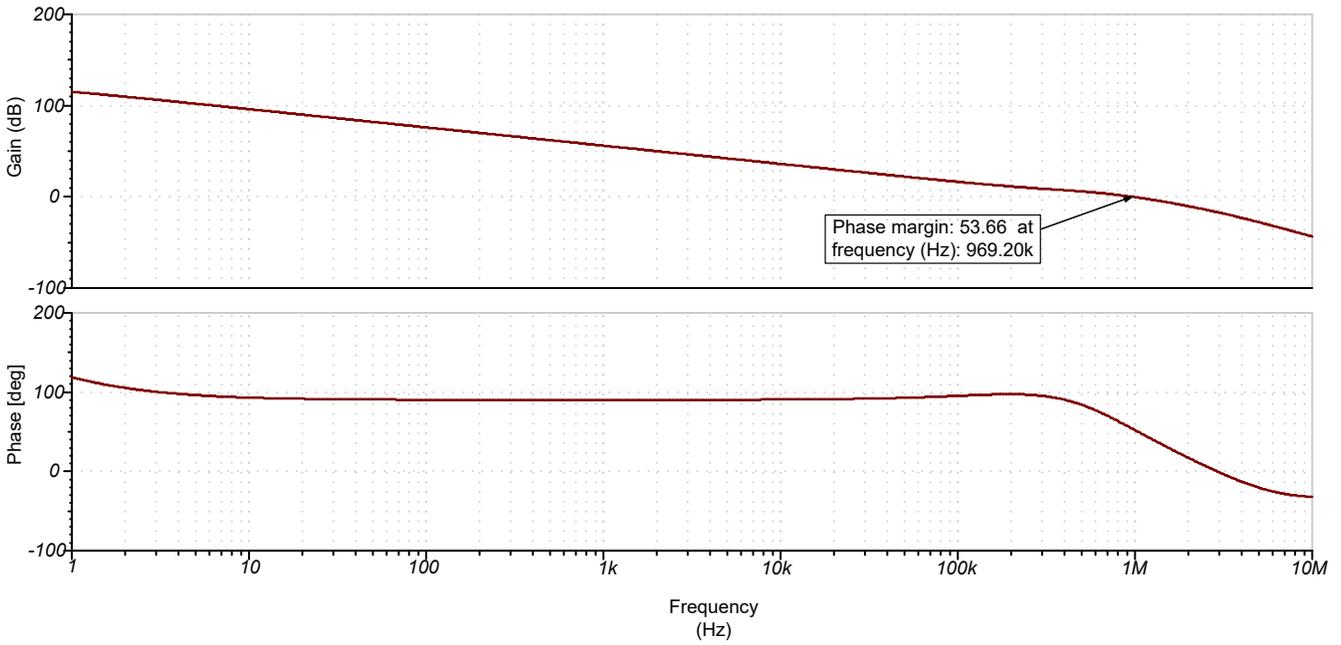
4. 有关如何正确调整补偿元件  $R_3$  和  $C_1$  的大小的设计过程，请参阅[设计参考部分 \[2\]](#)。

设计仿真  
直流仿真结果

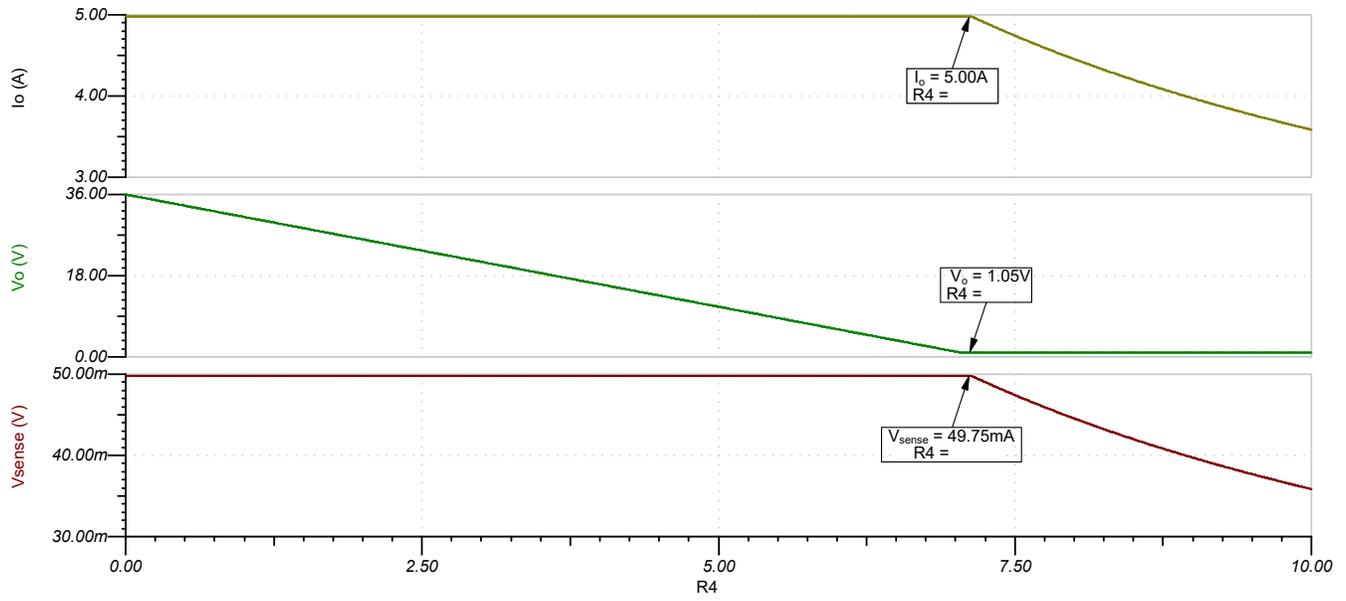


环路稳定性仿真结果

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 $\mu$ V
$I_q$	560 $\mu$ A
$I_b$	10pA
UGBW	4.5MHz
SR	21V/ $\mu$ s
#通道数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/opa2991">www.ti.com.cn/product/cn/opa2991</a>	

### 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 $\mu$ V
$I_q$	1mA
$I_b$	5pA
UGBW	10MHz
SR	20V/ $\mu$ s
#通道数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/opa197">www.ti.com.cn/product/cn/opa197</a>	

## 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