

## Analog Engineer's Circuit

## 具有 MOSFET 的电压到电流 (V-I) 转换器电路



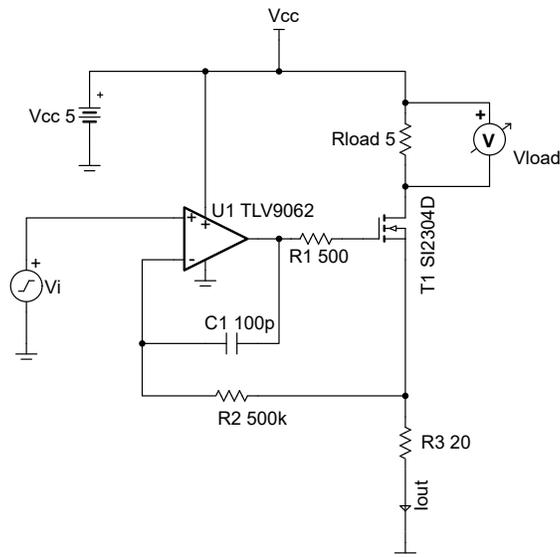
## Amplifiers

## 设计目标

输入		输出		电源	
$V_{iMin}$	$V_{iMax}$	$I_{oMin}$	$I_{oMax}$	$V_{cc}$	$V_{ee}$
0V	2V	0mA	100mA	5V	0V

## 设计说明

该单电源、低侧、V-I 转换器向可以连接到比运算放大器电源电压更高的电压的负载提供经过良好调节的电流。该电路接受介于 0V 和 2V 之间的输入电压，将其转换为介于 0mA 和 100mA 之间的电流。通过将低侧电流检测电阻  $R_3$  上的压降反馈到运算放大器的反相输入来精确调节电流。



## 设计说明

1. 需要具有轨到轨输入 (RRI) 或扩展到 GND 的共模电压的器件。
2.  $R_1$  有助于将放大器与 MOSFET 栅极的容性负载隔离。
3. 反馈元件  $R_2$  和  $C_1$  提供补偿，可确保输入或负载瞬态期间的稳定性，也有助于降低噪声。 $R_2$  直接在电流设置电阻器 ( $R_3$ ) 处提供直流反馈路径， $C_1$  提供绕过 MOSFET 的高频反馈路径。
4. 输入偏置电流会流经  $R_2$ ，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。
5. 在线性运行区域内使用运算放大器。线性输出摆幅通常在运算放大器数据表中的  $A_{OL}$  测试条件下指定。

## 设计步骤

1. 确定传递函数。

$$I_o = \frac{V_i}{R_3}$$

2. 计算检测电阻  $R_3$ 。

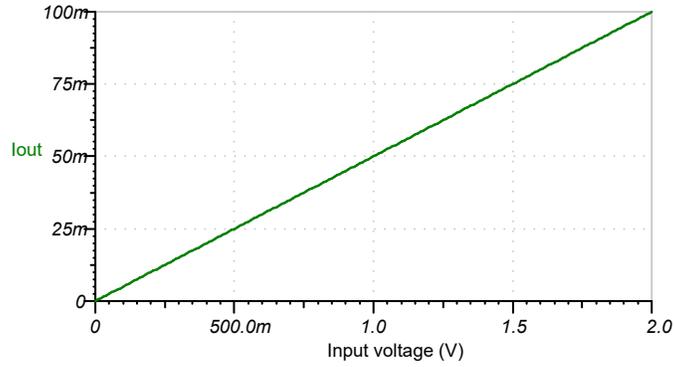
$$R_3 = \frac{V_{iMax} - V_{iMin}}{I_{oMax} - I_{oMin}} = \frac{2V - 0V}{100mA - 0mA} = 20\Omega$$

3. 计算消耗到检测电阻器  $R_3$  的最大功率，确保不超过电阻器的额定功率。

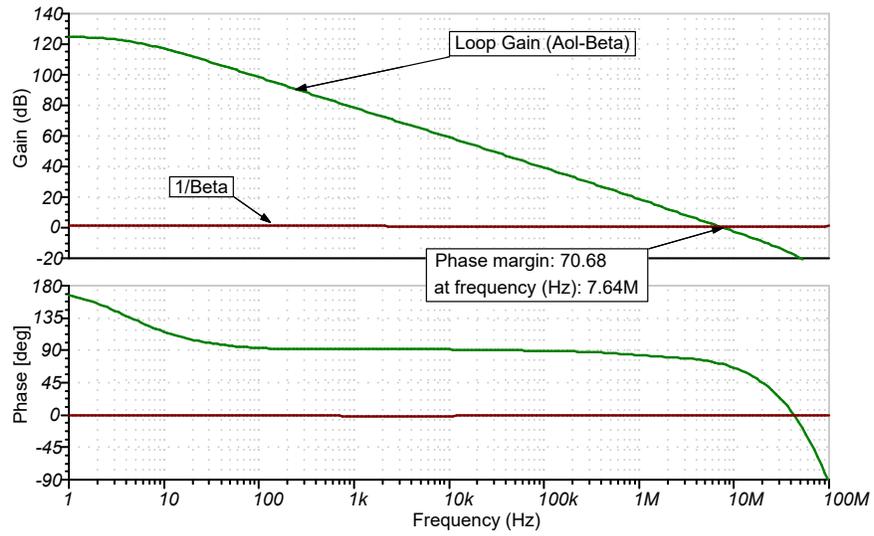
$$P_{R_3} = \frac{V_{iMax}^2}{R_3} = \frac{2V^2}{20\Omega} = 0.2W$$

4. 参阅[设计参考资料](#)部分 [2]，了解在设计过程中如何选择合适的补偿元件 ( $R_1$ 、 $R_2$  和  $C_1$ ) 大小。

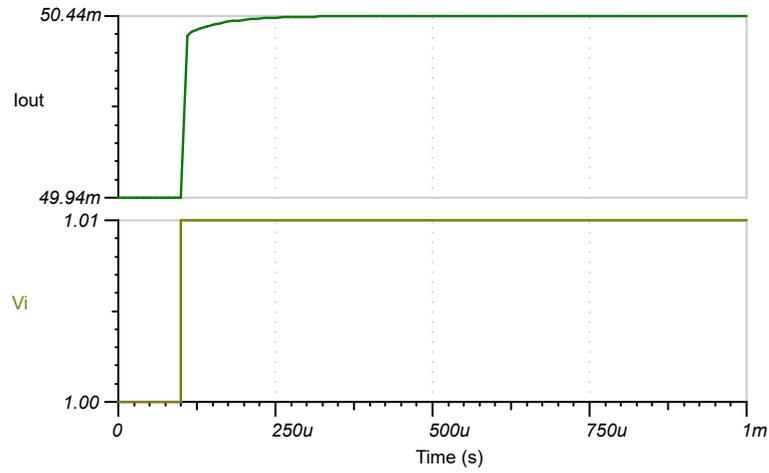
设计仿真  
直流仿真结果



环路稳定性仿真结果

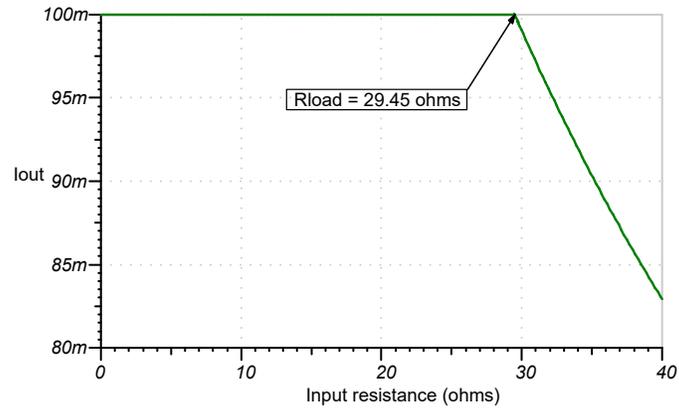


### 阶跃响应



### 顺从电压

将输出设置为满量程 (100mA) 并测试最大负载电阻。



### 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](#)

### 设计特色运算放大器

TLV9062	
$V_{ss}$	1.8V 至 5.5V
$V_{inCM}$	轨到轨
$V_{out}$	( $V_{cc} + 60mV$ ) 至 ( $V_{ee} - 60mV$ ) ( $R_L = 2k\Omega$ )
$V_{os}$	1.6mV
$I_q$	0.538mA
$I_b$	0.5pA
UGBW	10MHz
SR	6.5V/ $\mu$ s
通道数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/TLV9062">www.ti.com.cn/product/cn/TLV9062</a>	

### 设计备选运算放大器

	TLV9042	OPA2182
$V_{ss}$	1.2V 至 5.5V	4.5V 至 36V
$V_{inCM}$	轨到轨	( $V_{ee}0.1V$ ) 至 ( $V_{cc} 2.5V$ )
$V_{out}$	轨到轨	轨到轨
$V_{os}$	$\pm 0.6mV$	$\pm 0.45 \mu V$
$I_q$	0.01mA	0.85mA
$I_b$	$\pm 1pA$	$\pm 50pA$
UGBW	350kHz	5MHz
SR	0.2V/ $\mu$ s	10V/ $\mu$ S
#通道数	1、2、4	2
	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/TLV9042">www.ti.com.cn/product/cn/TLV9042</a>	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA2182">www.ti.com.cn/product/cn/OPA2182</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