

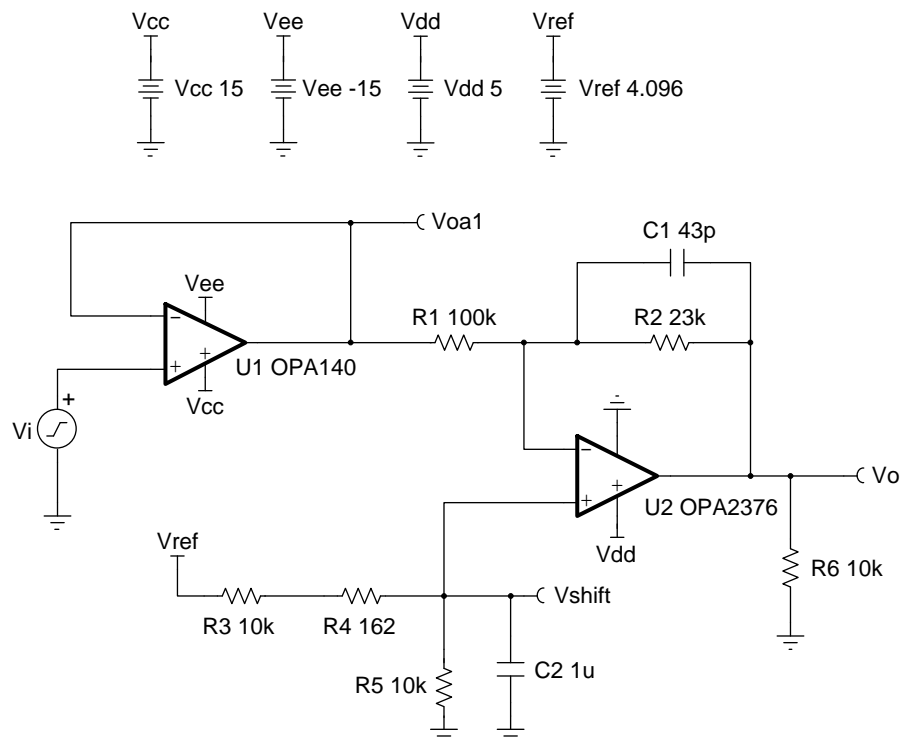
## 双电源至单电源反相放大器电路

### 设计目标

输入		输出		电源			
$V_{iMin}$	$V_{iMax}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	$V_{cc}$	$V_{ee}$	$V_{dd}$	$V_{ref}$
-10V	+10V	+0.2V	+4.8V	+15V	-15V	+5V	+4.096V

### 设计说明

该双电源至单电源反相放大器可将  $\pm 10V$  信号转换为 0V 至 5V 信号，以用于 ADC。可以使用给定的公式轻松调节电平。只要第一级输出为低阻抗，就可以将缓冲器替换为其他  $\pm 15V$  配置，以适应所需的输入信号。



### 设计说明

1. 观察输入缓冲器的共模限制。
2. 如果不使用缓冲放大器 U1，那么高阻抗源将改变 U2 的增益特性。
3. 如果  $\pm 15V$  电源在 5V 电源之前出现，那么  $R_6$  会为 U1 的输出提供接地路径。这可以通过  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_6$  创建的分压器限制 U2 的反相引脚上的电压，并防止 U2 以及可能连接到其输出的任何转换器损坏。为了向器件提供最佳的保护，应在 U2 的电源引脚上使用瞬态电压抑制器 (TVS)。
4.  $R_5$  上的电容器将有助于对  $V_{ref}$  进行滤波并提供更干净的  $V_{shift}$ 。

## 设计步骤

此电路的传递函数遵循：

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} \times V_i + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \times V_{\text{shift}}$$

1. 设置放大器的增益。

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \frac{V_{o\text{Max}} - V_{o\text{Min}}}{V_{i\text{Max}} - V_{i\text{Min}}} = \frac{4.8\text{V} - 0.2\text{V}}{10\text{V} - (-10\text{V})} = 0.23$$

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = 0.23 \times R_1$$

Choose  $R_1 = 100\text{k}\Omega$  (standard value)

$R_2 = 23\text{k}\Omega$  (for standard values use  $22\text{k}\Omega$  and  $1\text{k}\Omega$  in series)

2. 设置  $V_{\text{shift}}$ ，以将信号转换为单电源。

At midscale,  $V_{in} = 0\text{V}$

$$\text{Then } V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \times V_{\text{shift}}$$

$$V_{\text{shift}} = \frac{V_o}{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{2.5\text{V}}{1.23} = 2.033\text{V}$$

3. 为基准电压分压器选择电阻器，以实现  $V_{\text{shift}}$ 。

$$V_{\text{ref}} = 4.096\text{V}$$

$$V_{\text{shift}} = V_{\text{ref}} \times \frac{R_5}{(R_3 + R_4) + R_5}$$

$$\frac{V_{\text{shift}}}{V_{\text{ref}}} = \frac{2.033\text{V}}{4.096\text{V}} = \frac{R_5}{(R_3 + R_4) + R_5}$$

$$R_3 + R_4 = 1.0161 \times R_5$$

Select a standard value for  $R_5$

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

$$R_3 + R_4 = 10.161\text{k}\Omega$$

$$R_3 = 10\text{k}\Omega$$

$$R_4 = 162\Omega$$
 (standard 1% value)

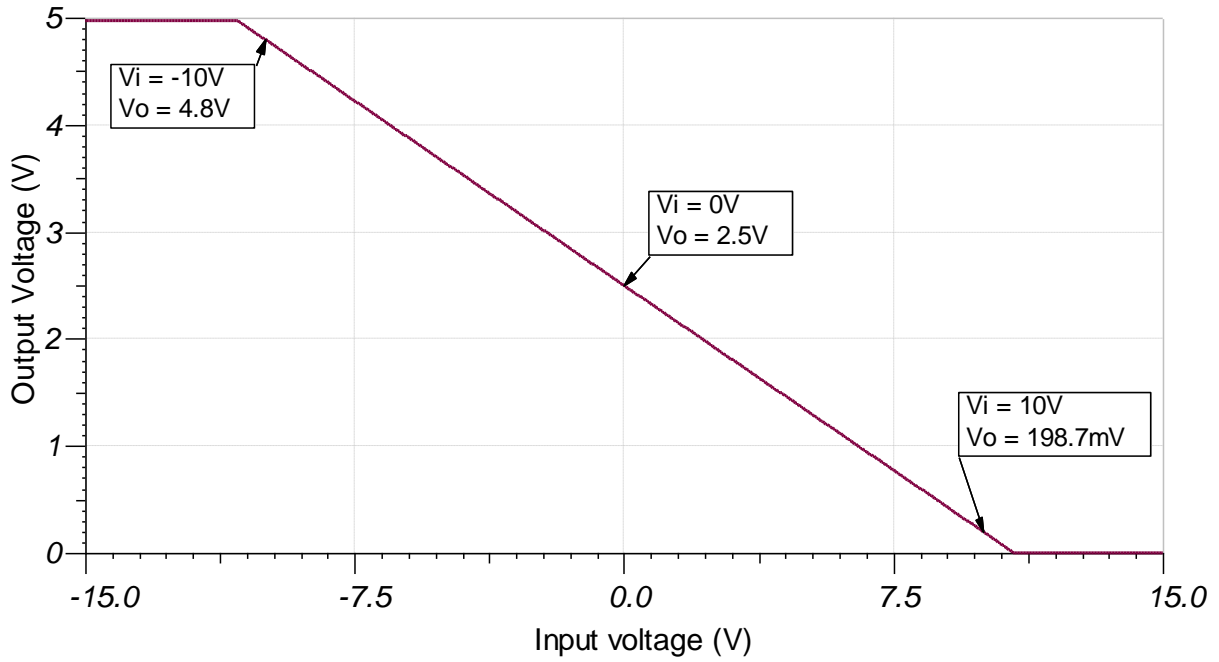
4. 大反馈电阻器可能与输入电容相互作用，从而导致不稳定。选择  $C_1$ ，以便为传递函数添加一个极点，从而抵消该不稳定性。极点的频率必须低于运算放大器的有效带宽。

$$C_1 = 43\text{pF}$$

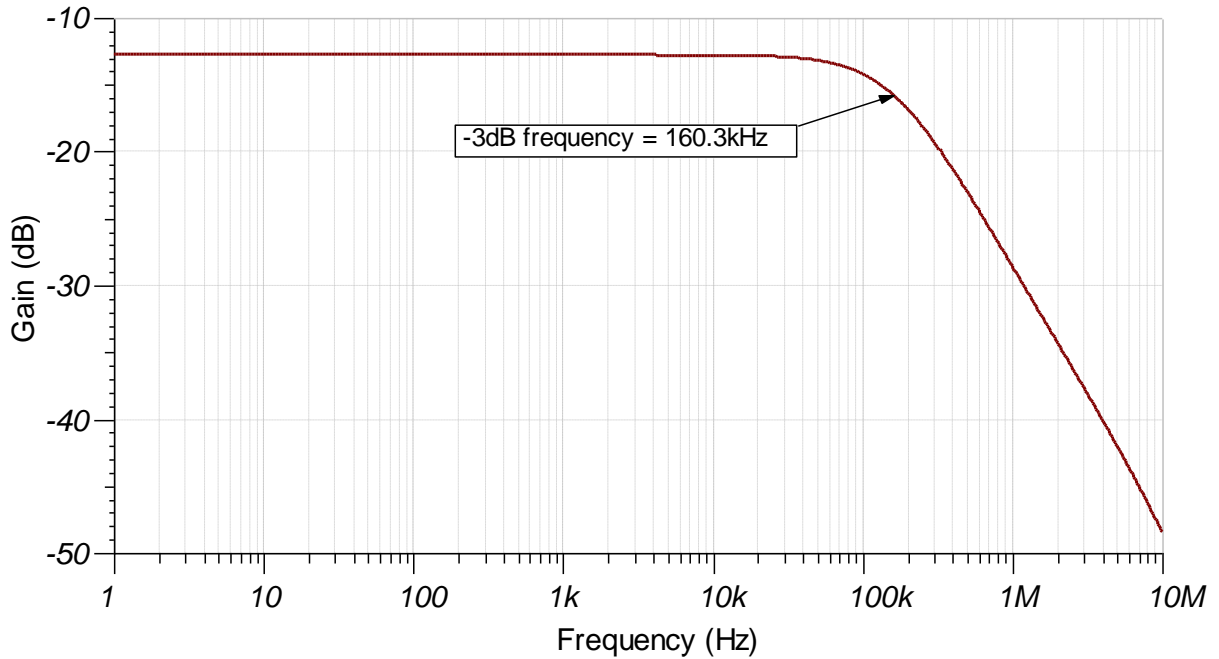
$$f_p = \frac{1}{2\pi \times R_2 \times C_1} = 160.3\text{kHz}$$

设计仿真

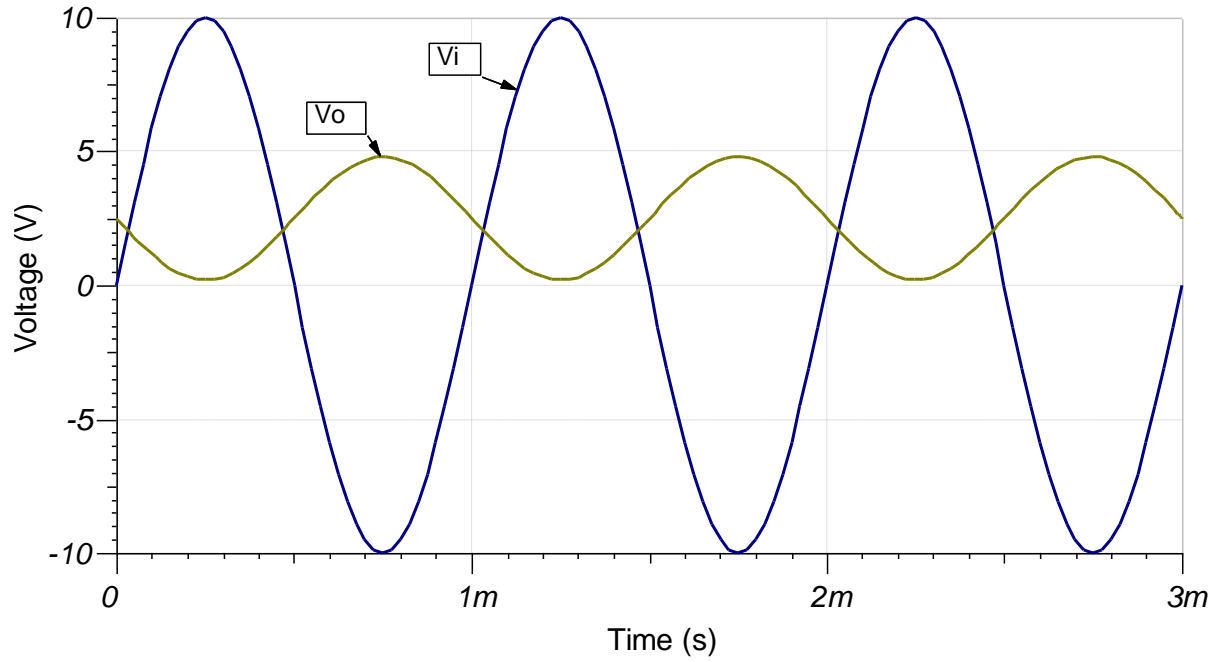
直流仿真结果



交流仿真结果



瞬态仿真结果



### 设计参考资料

请参阅《模拟工程师电路说明书》，了解有关 TI 综合电路库的信息。

请参阅 TINA-TI™ 电路仿真文件 [SBOMAT9](#)。

请参阅 TIPD148，<http://www.ti.com.cn/tool/cn/TIPD148>。

### 设计采用的运算放大器

OPA376	
$V_{SS}$	2.2V 至 5.5V
$V_{inCM}$	Vee 至 Vcc-1.3V
$V_{out}$	轨至轨
$V_{os}$	5 $\mu$ V
$I_q$	760 $\mu$ A/通道
$I_b$	0.2pA
UGBW	5.5MHz
SR	2V/ $\mu$ s
通道数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/opa376">http://www.ti.com.cn/product/cn/opa376</a>	

### 设计采用的运算放大器

OPA140	
$V_{SS}$	4.5V 至 36V
$V_{inCM}$	Vee-0.1V 至 Vcc-3.5V
$V_{out}$	轨至轨
$V_{os}$	30 $\mu$ V
$I_q$	1.8mA/通道
$I_b$	$\pm$ 0.5pA
UGBW	11MHz
SR	20V/ $\mu$ s
通道数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/opa375">http://www.ti.com.cn/product/cn/opa375</a>	

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司