

## 双电源、分立式、可编程增益放大器电路

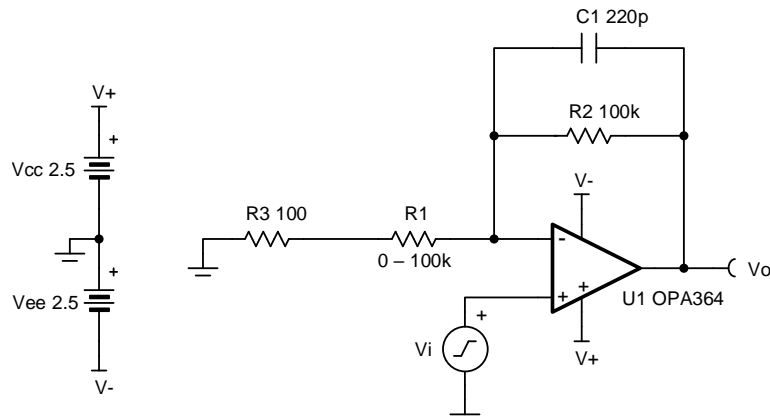
### 设计目标

输入		输出		电源	
$V_{iMin}$	$V_{iMax}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	$V_{cc}$	$V_{ee}$
-1.25V	+1.25V	-2.4V	+2.4V	+2.5V	-2.5V

增益	截止频率
6dB (2V/V) 至 60dB (1000V/V)	7kHz

### 设计说明

此电路使用可变输入电阻来提供 6dB (2V/V) 至 60dB (1000V/V) 的可编程同相增益。该设计在整个增益范围内保持相同的截止频率。



### 设计说明

1. 选择一个数字电位器（如用于  $R_1$  的 TPL0102）以设计低成本的可编程增益放大器。
2.  $R_3$  设置当  $R_1$  接近  $0\Omega$  时的最大增益。
3. 反馈电容器可限制带宽并防止出现稳定性问题。
4. 应评估所选增益范围内的稳定性。最小增益设置可能对稳定性问题最敏感。
5. 一些数字电位器的绝对值的变化幅度可能会高达  $\pm 20\%$ ，因此可能需要进行增益校准。

### 设计步骤

1. 选择  $R_2$  和  $R_3$  以设置当  $R_1$  接近 0 时的最大增益:

$$G_{\max} = 1 + \frac{R_2}{R_3}$$

$$G_{\max} - 1 = \frac{R_2}{R_3} \rightarrow R_2 = (G_{\max} - 1) \times R_3$$

$$\text{Set } R_3 = 100\Omega$$

$$R_2 = (1000 \frac{V}{V} - 1) \times 100 = 99 \text{ k}\Omega \rightarrow R_2 = 100\text{k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

2. 选择电位器最大值以设置最小增益:

$$G_{\min} = 1 + \frac{R_2}{R_{1,\max} + R_3}$$

$$G_{\min} - 1 = \frac{R_2}{R_{1,\max} + R_3}$$

$$R_{1,\max} + R_3 = \frac{R_2}{G_{\min} - 1}$$

$$R_{1,\max} = \frac{R_2}{G_{\min} - 1} - R_3 = \frac{100\text{k}\Omega}{2 - 1} - 100\Omega = 99.9\text{k}\Omega \rightarrow R_{1,\max} = 100\text{k}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

$$R_{1,\min} = 0\Omega \text{ (Wiper resistance, typically } 25\Omega, \text{ will introduce some error)}$$

3. 选择反馈电容器的带宽:

$$f_c = \frac{\text{GBW}}{G_{\max}} = \frac{7\text{MHz}}{1000 \frac{V}{V}} = 7\text{kHz}$$

$$f_c = 7\text{kHz} \rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi \times R_2 \times f_c} = 227\text{pF} \rightarrow C_1 = 220\text{pF} \text{ (Standard Value)}$$

4. 检查处于最小增益 (2V/V) 时 (即, 当  $R_1=100\text{k}\Omega$  时) 的稳定性。要满足要求,  $f_c$  (电路带宽) 必须小于  $f_{\text{zero}}$  (由电阻反馈网络及差动和共模输入电容生成的零)。

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times C_1 \times R_2} = 7 \text{ kHz}$$

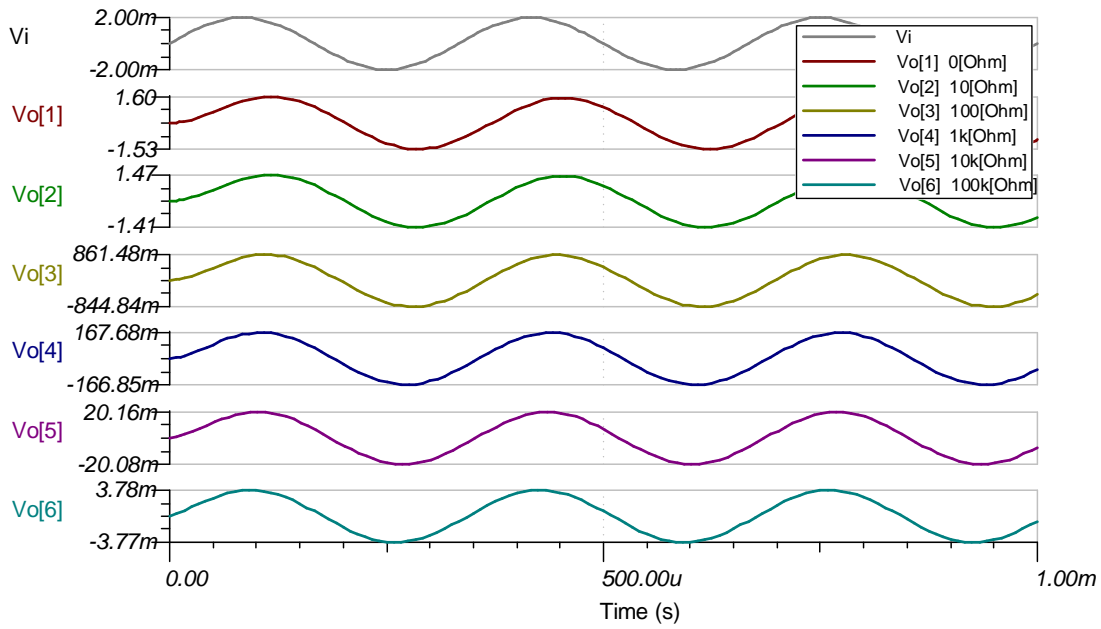
$$f_{\text{zero}} = \frac{1}{2\pi \times (C_{\text{cm}} + C_{\text{diff}}) \times (R_2 \parallel R_1)} = \frac{1}{2 \times \pi \times (3 \text{ pF} + 2 \text{ pF}) \times \left( \frac{100\text{k}\Omega \times 100\text{k}\Omega}{100\text{k}\Omega + 100\text{k}\Omega} \right)}$$

$$f_{\text{zero}} = 637 \text{ kHz}$$

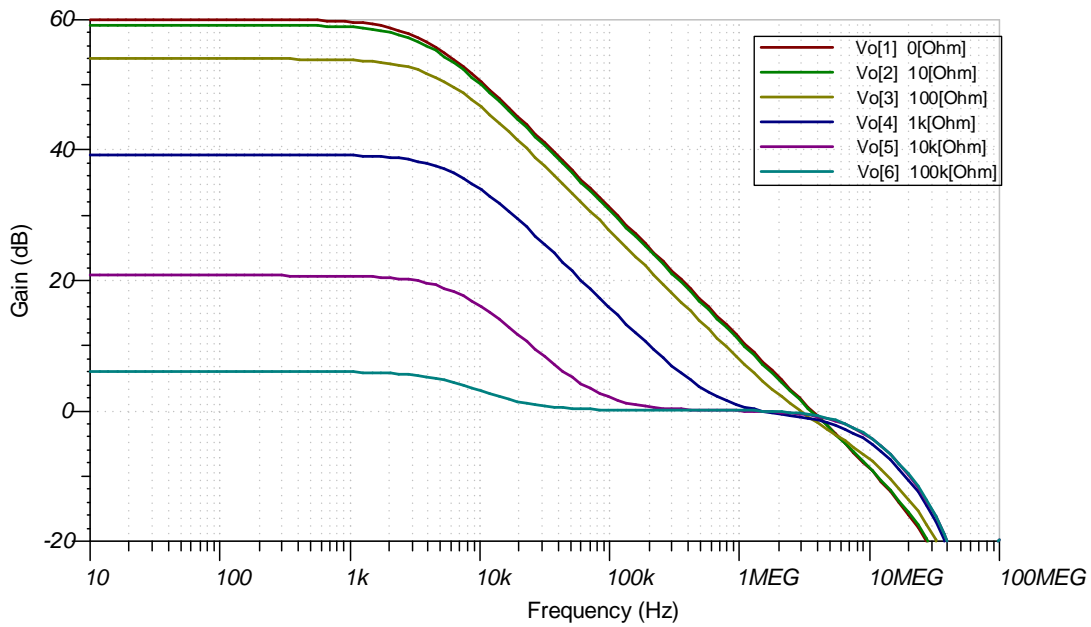
$$7 \text{ kHz} < 637 \text{ kHz} \rightarrow f_c < f_{\text{zero}}$$

设计仿真

瞬态仿真结果



交流仿真结果



**参考文献:**

1. 《模拟工程师电路设计指导手册》
2. SPICE 仿真文件 [SBOC521](#)
3. TI 高精度设计 [TIPD204](#)
4. [TI 高精度实验室](#)

**设计采用的运算放大器**

<b>OPA364</b>	
$V_{ss}$	1.8V 至 5.5V
$V_{inCM}$	轨至轨
$V_{out}$	轨至轨
$V_{os}$	1mV
$I_q$	1.1mA
$I_b$	1pA
<b>UGBW</b>	7MHz
<b>SR</b>	5V/ $\mu$ s
通道数	1、2、4
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/opa364">www.ti.com.cn/product/cn/opa364</a>	

**设计备选运算放大器**

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