

Analog Engineer's Circuit

双电源、分立式、可编程增益放大器电路



Takahiro Saito

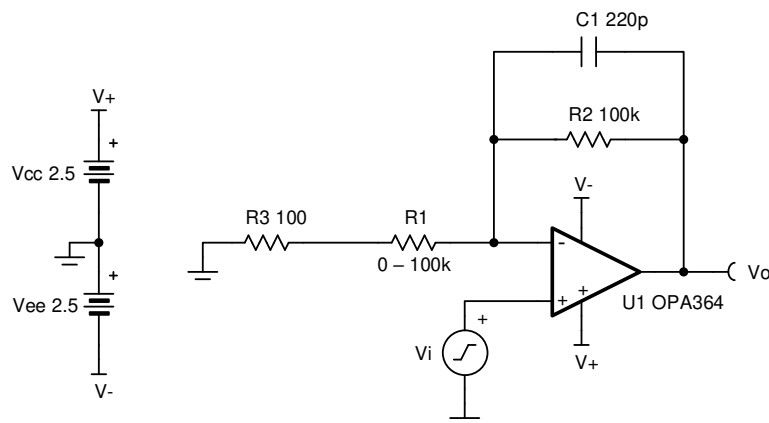
设计目标

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

该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 (例如用于 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 0Ω 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. 评估在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：

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

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

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

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

2. 选择电位器最大值以设置最小增益：

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

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

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

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

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

3. 选择反馈电容器的带宽：

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

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

4. 检查处于最小增益 (2V/V) 时 (即 $R_1 = 100\text{k}\Omega$ 时) 的稳定性。要满足要求, f_c (电路带宽) 必须小于 f_{zero} (由电阻反馈网络以及差分 and 共模输入电容产生的零点频率)。

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

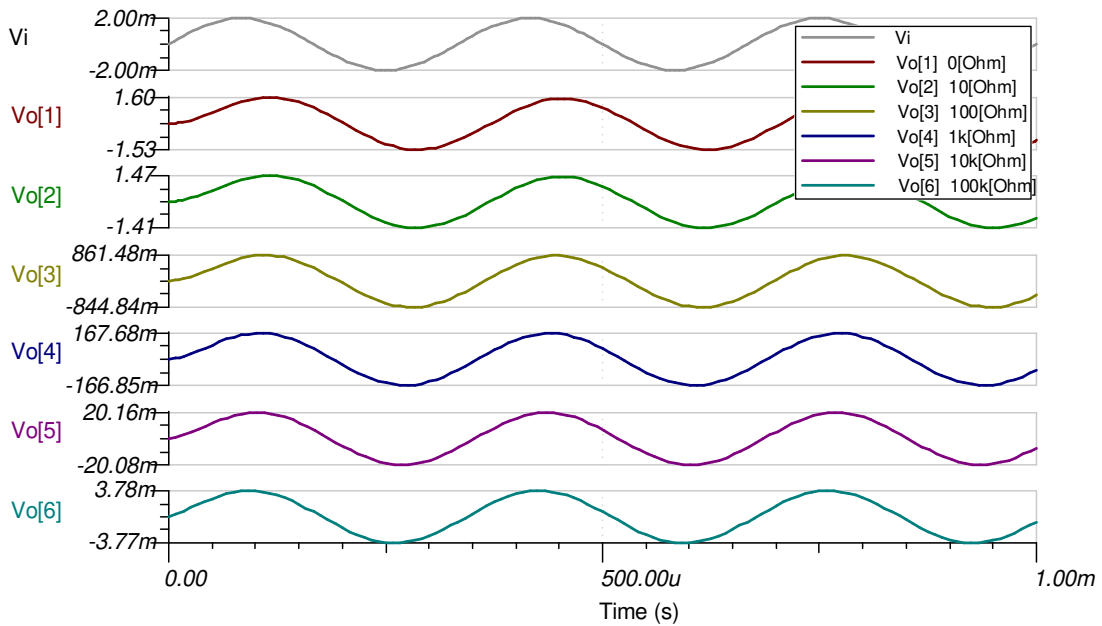
$$f_{\text{zero}} = \frac{1}{2\pi \times (C_{\text{cm}} + C_{\text{diff}}) \times (R_2 \parallel R_1)} = \frac{1}{2 \times \pi \times (3 \text{ pF} + 2 \text{ pF}) \times \left(\frac{100 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega}\right)}$$

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

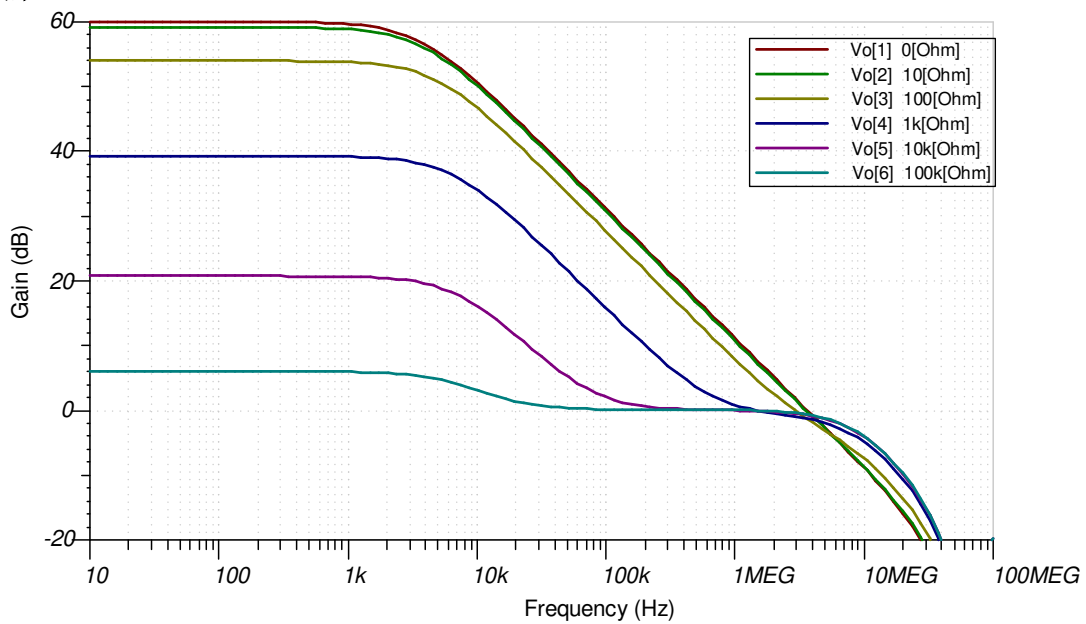
$$7 \text{ kHz} < 637 \text{ kHz} \rightarrow f_c < f_{\text{zero}}$$

设计仿真

瞬态仿真结果



交流仿真结果



参考资料：

1. 德州仪器 (TI), [分立式可编程增益放大器电路仿真](#), 产品页面
2. 德州仪器 (TI), [低成本数字可编程增益放大器参考设计](#), 产品页面

设计特色运算放大器

OPA364	
V_{SS}	1.8V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	1mV
I_q	1.1mA
I_b	1pA
UGBW	7MHz
SR	5V/ μ s
通道数	1、2 和 4
OPA364	

设计备选运算放大器

OPA376	
V_{SS}	2.2V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	5 μ V
I_q	760 μ A
I_b	0.2pA
UGBW	5.5MHz
SR	2V/ μ s
通道数	1、2 和 4
OPA376	

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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