双电源、分立式、可编程增益放大器电路

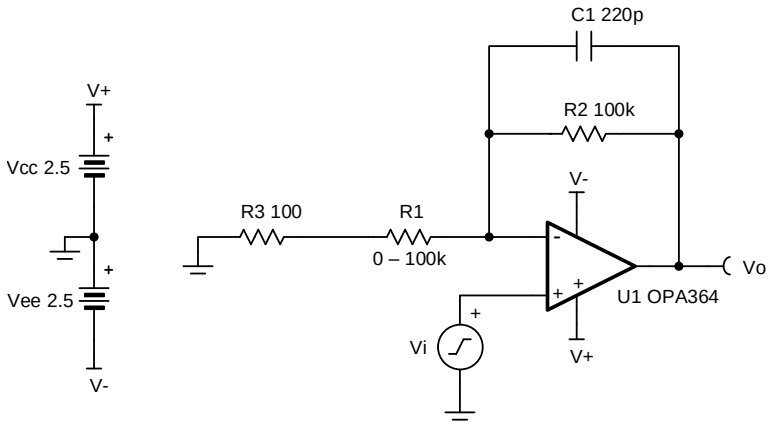
设计目标

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）以设计低成本的数字可编程增益放大器。
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. 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 +/-20%，因此可能需要进行增益校准。

SBOA232 — http://www-s.ti.com/sc/techlit/SBOA232
版权 © 2018, Texas Instruments Incorporated

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：

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

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

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

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

2. 选择电位器最大值以设置最小增益：

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

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

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

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

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

3. 选择反馈电容器的带宽：

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

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

4. 检查处于最小增益 (2V/V) 时（即，当 R_1=100kΩ 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）。

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

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

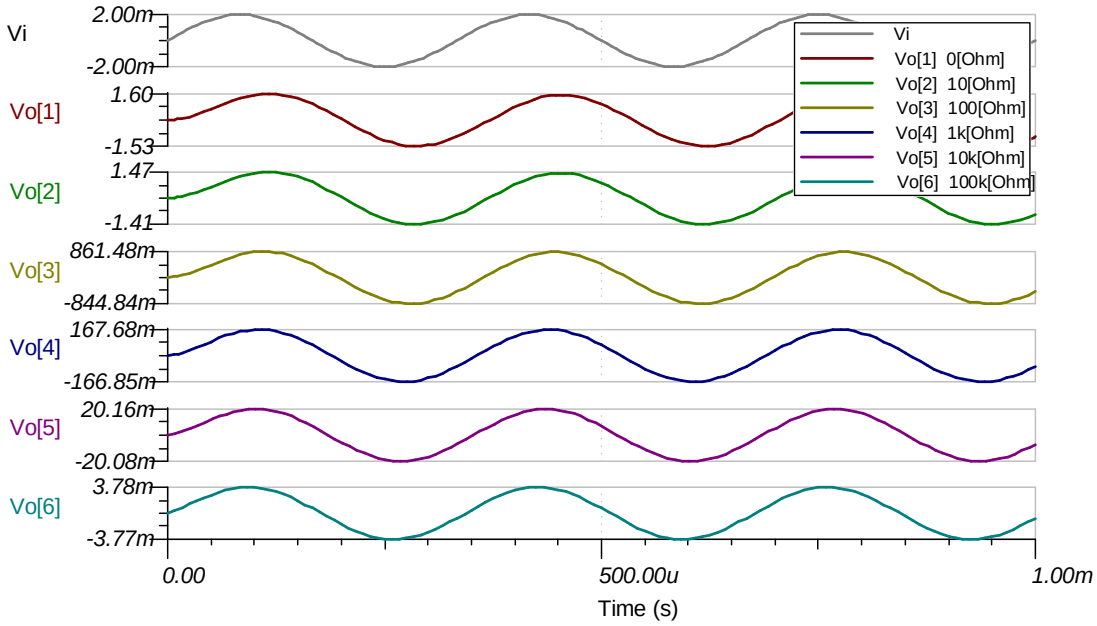
$$f_{zero} = 637\ kHz$$

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

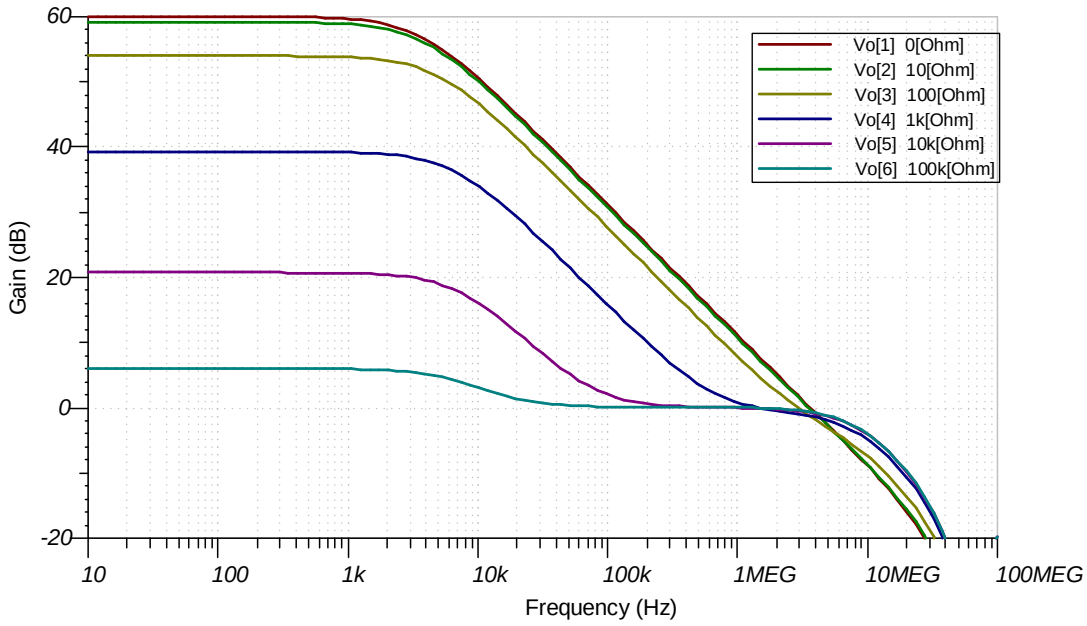
SBOA232 — http://www-s.ti.com/sc/techlit/SBOA232
版权 © 2018, Texas Instruments Incorporated

设计仿真

瞬态仿真结果



交流仿真结果



SBOA232 — http://www-s.ti.com/sc/techlit/SBOA232
版权 © 2018, Texas Instruments Incorporated

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

OPA364	
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
UGBW	7MHz
SR	5V/μs
通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/opa364	

设计备选运算放大器

OPA376	
V_{ss}	2.2V 至 5.5V
V_{inCM}	轨至轨
V_{out}	轨至轨
V_{os}	5μV
I_q	760μA
I_b	0.2pA
UGBW	5.5MHz
SR	2V/μs
通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/opa376	

版权 © 2018, Texas Instruments Incorporated

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出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 © 2021，德州仪器 (TI) 公司