

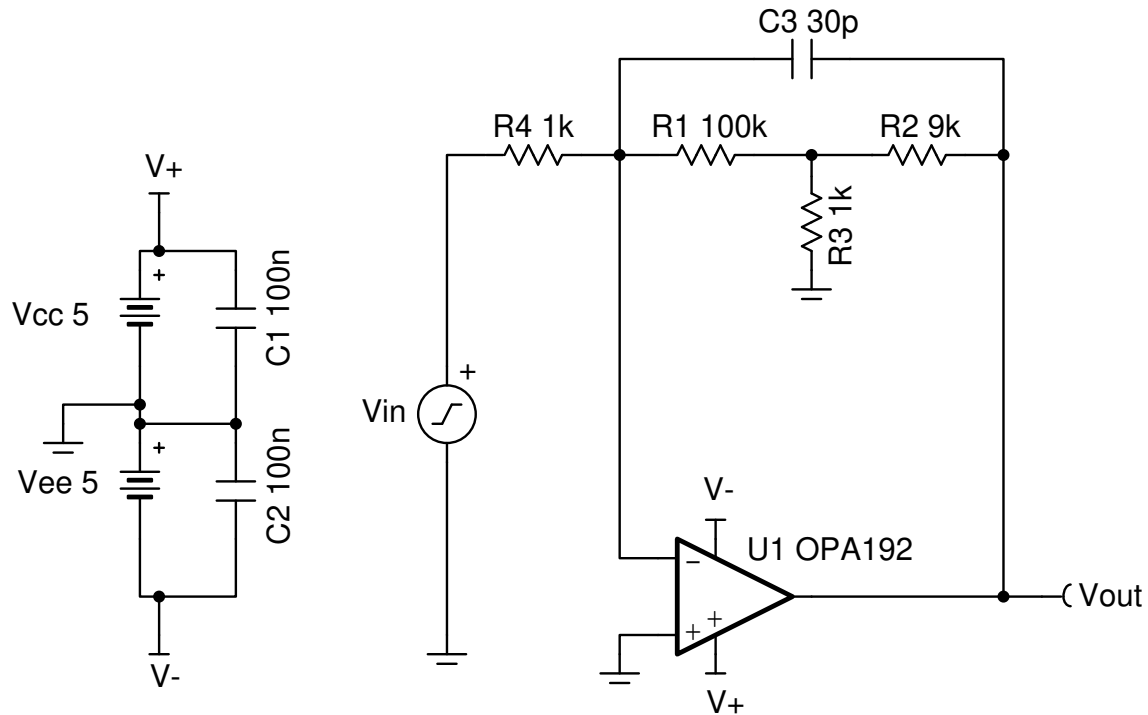
Amplifiers

设计目标

输入电压		输出电压		BW	电源电压	
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	f_p	V_{cc}	V_{ee}
-2.5mV	2.5mV	-2.5V	2.5V	5kHz	5V	-5V

设计说明

该设计将输入信号 V_{in} 反相并应用 1000V/V 或 60dB 的信号增益。具有 T 反馈网络的反相放大器可用于获得高增益，而无需 R_4 具有很小的值或反馈电阻器具有很大的值。



设计说明

1. C_3 和反馈电阻的等效电阻设置截止频率 f_p 。
2. 该电路中的共模电压不随输入电压的变化而变化。
3. 使用高电阻值电阻器可能会减小相位裕度并增加噪声。
4. 避免将容性负载直接放置在放大器的输出，从而更大限度减少稳定性问题。
5. 由于电路增益较高，请务必使用具有足够增益带宽积的运算放大器。请记住在计算带宽时使用噪声增益。由于电路的高增益，请使用精密或低偏移器件。
6. 有关运算放大器线性运行区域、稳定性、转换导致的失真、容性负载驱动、驱动 ADC 和带宽的更多信息，请参阅 [设计参考](#) 部分。

设计步骤

1. 计算所需增益。

$$\text{增益} = \frac{V_{o\text{Max}} - V_{o\text{Min}}}{V_{i\text{Max}} - V_{i\text{Min}}} = \frac{2.5\text{V} - (-2.5\text{V})}{2.5\text{mV} - (-2.5\text{mV})} = 1000 \frac{\text{V}}{\text{V}} = 60\text{dB}$$

2. 计算电阻值，以设置所需的增益。

$$\text{增益} = \left(\frac{\frac{R_2 \times R_1}{R_3} + R_1 + R_2}{R_4} \right)$$

选择输入电阻 R_4 为 $1\text{k}\Omega$ 。为了获得 1000V/V 的增益，通常需要一个 $1\text{M}\Omega$ 的电阻器。T 网络允许我们在反馈回路中使用更小的电阻值。选择 R_1 为 $100\text{k}\Omega$ 、 R_2 为 $9\text{k}\Omega$ 可计算 R_3 的值。 R_2 在 $10\text{k}\Omega$ 范围内，因此运算放大器可以轻松驱动反馈网络。

$$R_3 = \left(\frac{R_2 \times R_1}{(\text{增益} \times R_4) - R_1 - R_2} \right) = \left(\frac{9\text{k}\Omega \times 100\text{k}\Omega}{(1000 \times 1\text{k}\Omega) - 100\text{k}\Omega - 9\text{k}\Omega} \right) = 1\text{k}\Omega$$

3. 计算 C_3 (使用反馈电阻的等效电阻 R_{eq})，以设置 f_p 的位置。

$$R_{\text{eq}} = \left(\frac{R_2 \times R_1}{R_3} + R_1 + R_2 \right) = \left(\frac{9\text{k}\Omega \times 100\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} + 100\text{k}\Omega + 9\text{k}\Omega \right) = 1.009\text{M}\Omega$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi \times R_{\text{eq}} \times C_3} = 5\text{kHz}$$

$$C_3 = \frac{1}{2\pi \times R_{\text{eq}} \times f_p} = \frac{1}{2\pi \times 1.009\text{M}\Omega \times 5\text{kHz}} = 31.55\text{pF} \approx 30\text{pF}(\text{标准值})$$

4. 计算小信号电路带宽，以确保其满足 5kHz 要求。确保使用电路的噪声增益 (NG) 或同相增益。

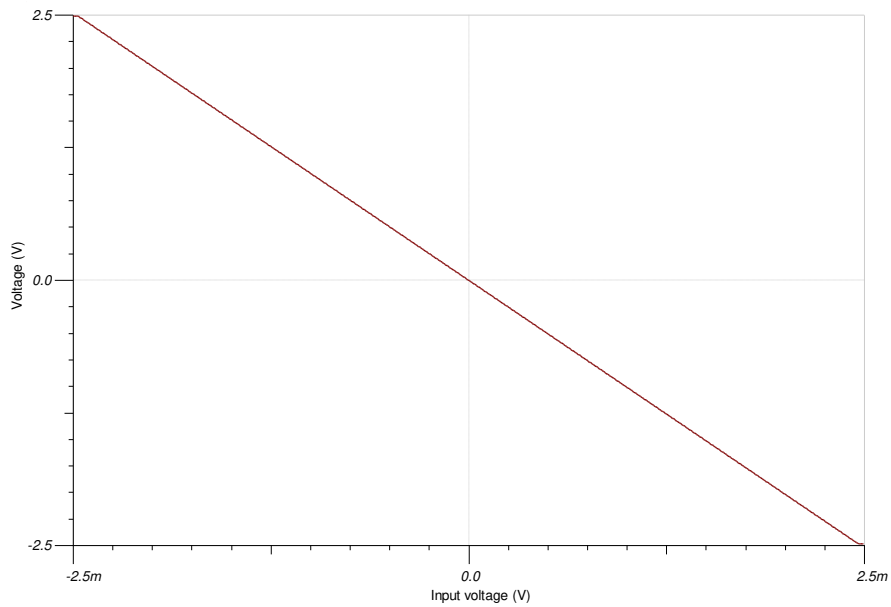
$$\text{NG} = 1 + \frac{R_{\text{eq}}}{R_4} = 1 + 1009 = 1010 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$\text{BW} = \frac{\text{GBP}}{\text{NG}} = \frac{10\text{MHz}}{1010 \text{V/V}} = 9.9\text{kHz}$$

- $\text{BW}_{\text{OPA192}} = 10\text{MHz}$ ；因此满足此要求。

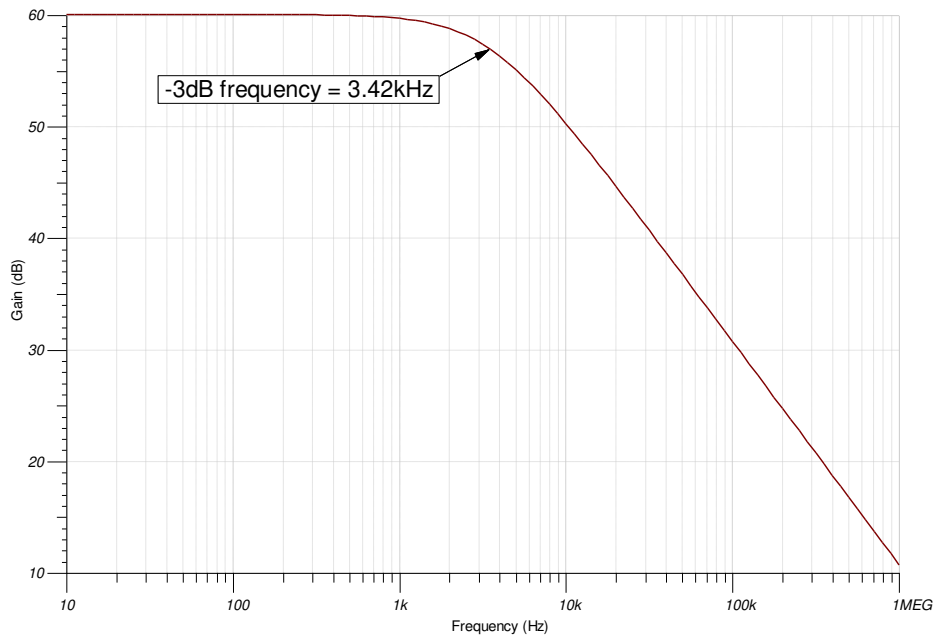
设计仿真

直流仿真结果

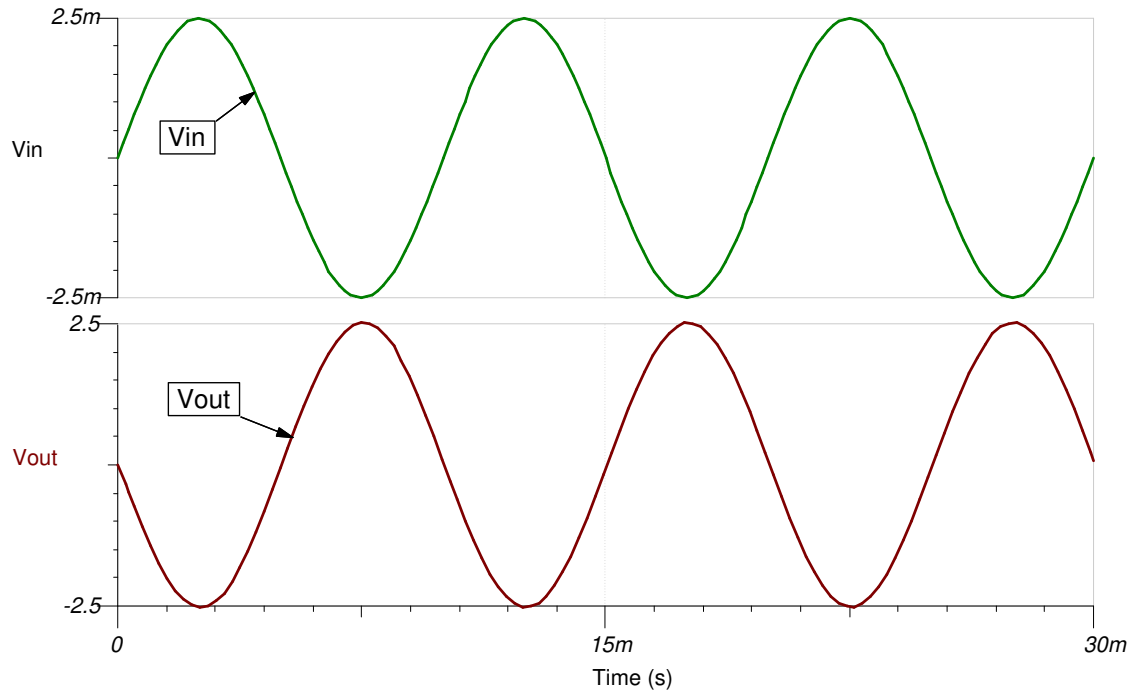


交流仿真结果

模拟与计算非常接近。



瞬态仿真结果



设计参考资料

1. 请参阅《[模拟工程师电路设计指导手册](#)》，了解有关 TI 综合电路库的信息。
2. [TI 高精度实验室](#)
3. 请参阅 [1MHz 单电源光电二极管放大器参考设计](#)。

设计特色运算放大器

OPA192	
V_{SS}	$\pm 2.25V$ 至 $\pm 18V$
V_{inCM}	轨至轨
V_{out}	轨至轨
V_{os}	5 μV
I_q	1mA
I_b	5pA
UGBW	10MHz
SR	20V/ μs
#通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/OPA192	

设计备选运算放大器

TLV9062	
V_{SS}	1.8V 至 5.5V
V_{inCM}	轨至轨
V_{out}	轨至轨
V_{os}	0.3mV
I_q	538 μA
I_b	0.5pA
UGBW	10MHz
SR	6.5V/ μs
#通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/TLV9062	

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司