

Analog Engineer's Circuit

反相衰减器电路



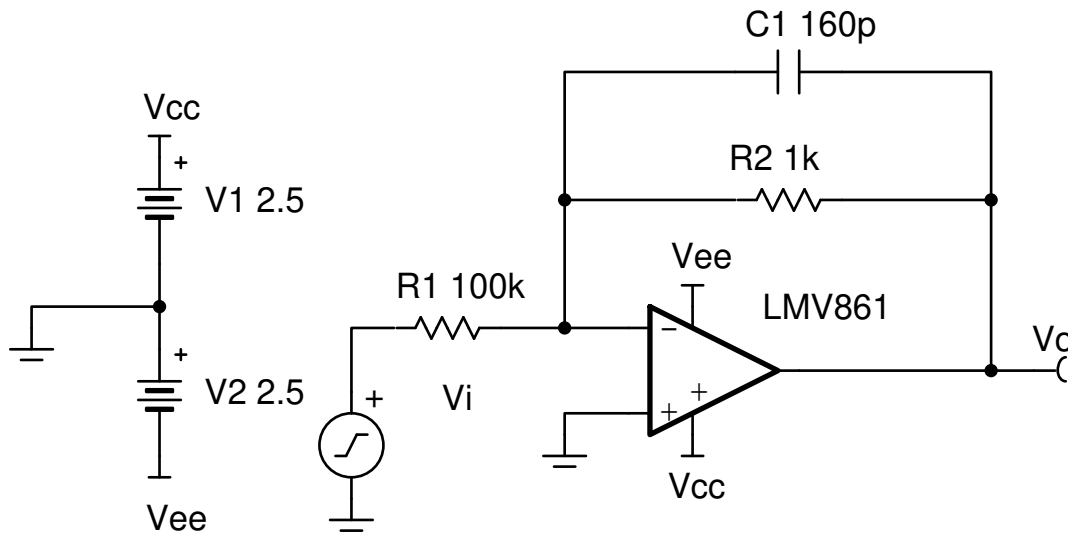
Amplifiers

设计目标

输入电压		输出电压		BW	增益	电源电压	
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	f_p	G	V_{cc}	V_{ee}
-200V	200V	-2V	2V	1MHz	-40dB	2.5V	-2.5V

设计说明

此电路将输入信号 V_i 反相并应用 -40dB 的信号增益。反相放大器的共模电压等于应用于同相输入的电压，该输入在该设计中接地。



设计说明

1. 该电路中的共模电压不随输入电压的变化而变化。
2. 输入阻抗由输入电阻器决定。确保该值大于电源的输出阻抗。
3. 使用高阻值电阻可能会减小放大器的相位裕度并在电路中引入额外的噪声。如果输入和反馈电阻均使用了高阻值电阻器，则与 R_2 并联的电容器还可提供滤波，并提高电路的稳定性。
4. 避免将容性负载直接放置在放大器的输出端，以最大程度地减少稳定性问题。
5. 小信号带宽由噪声增益（或同相增益）和运算放大器增益带宽积 (GBP) 决定。
6. 大信号性能可能会受到压摆率的限制。因此，应检查数据表中的最大输出摆幅与频率间的关系图，以最大程度地减小转换导致的失真。
7. 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。
8. 请注意，较高的输入电压电平可能需要使用多个串联电阻，这有助于降低每个电阻的压降。相关详细信息，请参阅 [设计参考](#) 部分。

设计步骤

此电路的传递函数遵循：

$$V_o = V_i \times \left(- \frac{R_2}{R_1} \right)$$

1. 计算该电路所需的增益。

$$G = \frac{V_{oMax} - V_{oMin}}{V_{iMax} - V_{iMin}} = \frac{2V - (-2V)}{200V - (-200V)} = 0.01 \frac{V}{V} = -40dB$$

2. 选择 R_1 的起始值。

$$R_1 = 100k\Omega$$

3. 计算如何实现所需的 $0.01V/V$ 信号衰减。

$$G = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_2 = R_1 \times G = 0.01 \frac{V}{V} \times 100k\Omega = 1k\Omega$$

4. 选择满足电路带宽要求的反馈电容器 C_1 。

$$C_1 \leq \frac{1}{2\pi \times R_2 \times f_p} \rightarrow$$

$$C_1 \leq \frac{1}{2\pi \times 1k\Omega \times 1MHz} \leq 159.15pF \approx 160pF \text{ (Standard Value)}$$

5. 计算最大程度地降低转换导致的失真所需的最小压摆率。

$$V_p < \frac{SR}{2\pi \times f_p} \rightarrow SR > 2\pi \times f \times V_p \rightarrow$$

$$SR > 2\pi \times 1 \text{ MHz} \times 2 \text{ V} = 12.6 \frac{V}{\mu S}$$

- $SR_{LMV861} = 18V/\mu s$ ；因此它满足该要求。

6. 计算电路带宽，确保其满足 $1MHz$ 要求。确保使用电路的噪声增益 (NG) 或同相增益。

$$NG = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1.01 \frac{V}{V} \rightarrow$$

$$BW = \frac{GBP}{NG} = \frac{30MHz}{1.01 \frac{V}{V}} = 29.7MHz$$

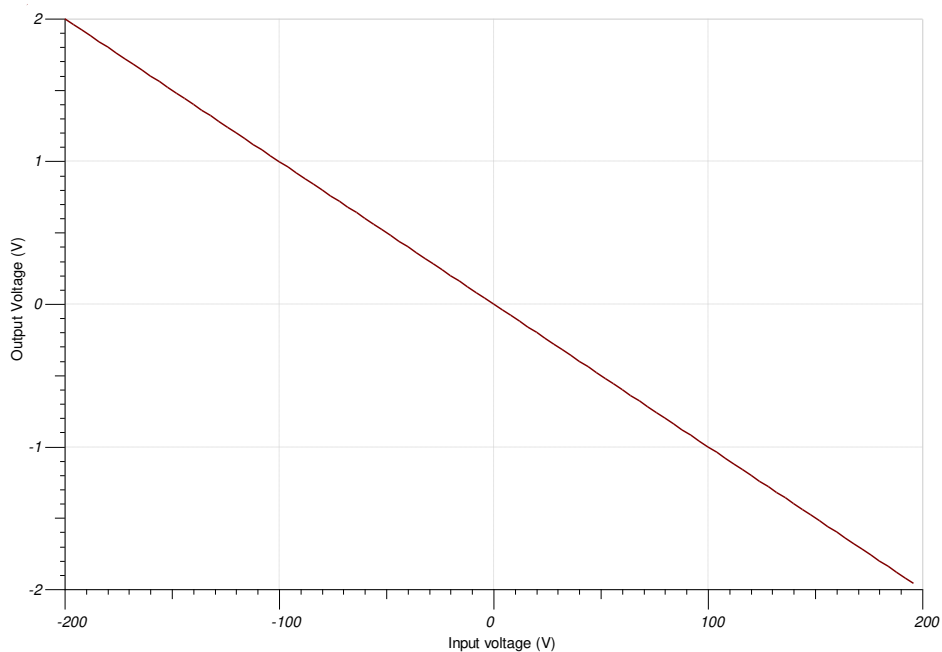
- $BW_{LMV861} = 30MHz$ ；因此满足要求。

7. 如果未使用 C_1 限制电路带宽，为了避免稳定性问题，请确保由器件的增益设置电阻器和输入电容创建的零点大于电路的带宽。

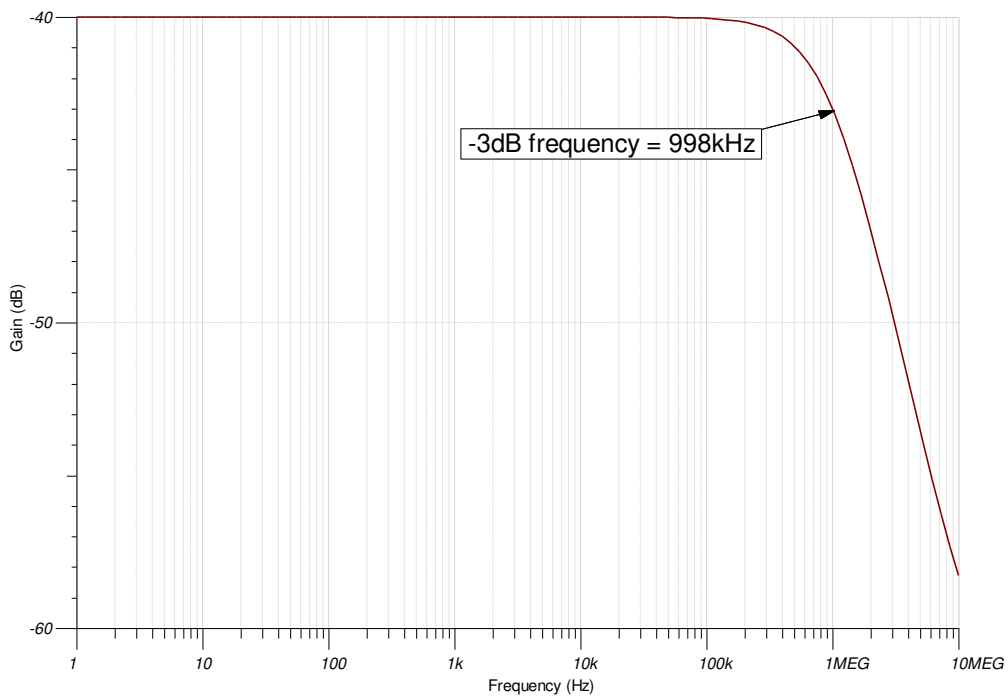
$$\frac{1}{2\pi \times (C_{cm} + C_{diff}) \times (R_2 || R_1)} > \frac{GBP_{LMV861}}{NG}$$

- C_{cm} 和 C_{diff} 分别是 LMV861 的共模和差分输入电容。

设计仿真
直流仿真结果

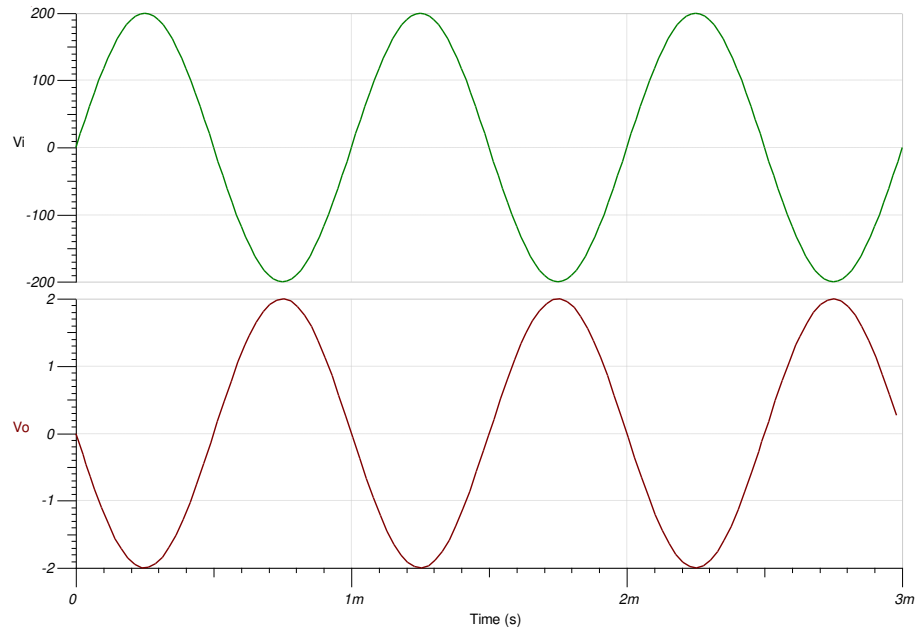


交流仿真结果



瞬态仿真结果

1kHz，400Vpp 的输入正弦波可产生 4Vpp 的输出正弦波。



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. SPICE 仿真文件 [SBOC522](#)。
3. [TI 高精度实验室](#)
4. 有关具有较大输入电压的电路的更多信息，请参阅[高电压测量注意事项](#)。

设计采用的运算放大器

LMV861	
V_{SS}	2.7V 至 5.5V
V_{inCM}	($V_{ee} - 0.1V$) 至 ($V_{cc} - 1.1V$)
V_{out}	轨到轨
V_{os}	0.273mV
I_q	2.25mA
I_b	0.1pA
UGBW	30MHz
SR	18V/ μ s
通道数	1、2
www.ti.com.cn/product/cn/LMV861	

设计备选运算放大器

	TLV9002	OPA377
V_{SS}	1.8V 至 5.5V	2.2V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨	轨到轨
V_{out}	轨到轨	轨到轨
V_{os}	0.4mV	0.25mV
I_q	0.06mA	0.76mA
I_b	5pA	0.2pA
UGBW	1MHz	5.5MHz
SR	2V/ μ s	2V/ μ s
通道数	1、2、4	1、2、4
	www.ti.com.cn/product/cn/TLV9002	www.ti.com.cn/product/cn/OPA377

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