

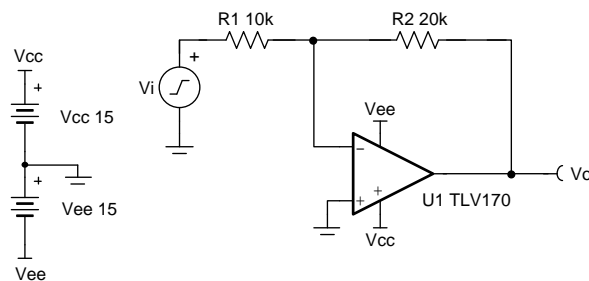
反相放大器电路

设计目标

输入		输出		频率	电源	
V_{iMin}	V_{iMax}	V_{oMin}	V_{oMax}	f	V_{cc}	V_{ee}
-7V	7V	-14V	14V	3kHz	15V	-15V

设计说明

该设计将输入信号 V_i 反相并应用 $-2V/V$ 的信号增益。输入信号通常来自低阻抗源，因为该电路的输入阻抗由输入电阻器 R_1 决定。反相放大器的共模电压等于连接到同相节点的电压，该节点在该设计中接地。



Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated

设计说明

1. 在线性运行区域内使用运算放大器。通常在 A_{OL} 测试条件下指定线性输出摆幅。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. 使用高值电阻器可能会减小电路的相位裕度并在电路中引入额外的噪声。
4. 避免将电容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。可以通过添加与 R_2 并联的电容器来完成额外的滤波。如果使用了高阻值电阻器，那么添加一个与 R_2 并联的电容器可提高电路的稳定性。
6. 大信号性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、电容负载驱动、驱动 ADC 和带宽的更多信息，请参阅“设计参考”部分。

设计步骤

下面给出了该电路的传递函数。

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

1. 确定 R_1 的起始值。 R_1 相对于信号源阻抗的大小会影响增益误差。假设信号源的阻抗较低（例如 100Ω ），则设置 $R_1 = 10k\Omega$ ，以实现 1% 的增益误差。

$$R_1 = 10k\Omega$$

2. 计算该电路所需的增益。由于这是一个反相放大器，因此在计算时使用 V_{iMin} 和 V_{oMax} 。

$$G = \frac{V_{oMax}}{V_{iMin}} = \frac{14V}{-7V} = -2\frac{V}{V}$$

3. 计算 R_2 值，以实现所需的 $-2V/V$ 信号增益。

$$G = -\frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_2 = -G \times R_1 = -(-2\frac{V}{V}) \times 10k\Omega = 20k\Omega$$

4. 计算小信号电路带宽，以确保其满足 3kHz 要求。确保使用电路的噪声增益或同相增益。

$$GBP_{TLV170} = 1.2MHz \quad ($$

$$NG = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 3\frac{V}{V}$$

$$BW = \frac{GBP}{NG} = \frac{1.2MHz}{3V/V} = 400kHz$$

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。

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

$$SR > 2 \times \pi \times 3kHz \times 14V = 263.89 \frac{kV}{s} = 0.26 \frac{V}{\mu s}$$

- $SR_{TLV170} = 0.4V/\mu s$ ，因此它满足该要求。

6. 为了避免稳定性问题，确保器件的增益设置电阻和输入电容创建的零点大于电路的带宽。

$$\frac{1}{2 \times \pi \times (C_{cm} + C_{diff}) \times (R_2 \parallel R_1)} > \frac{GBP}{NG}$$

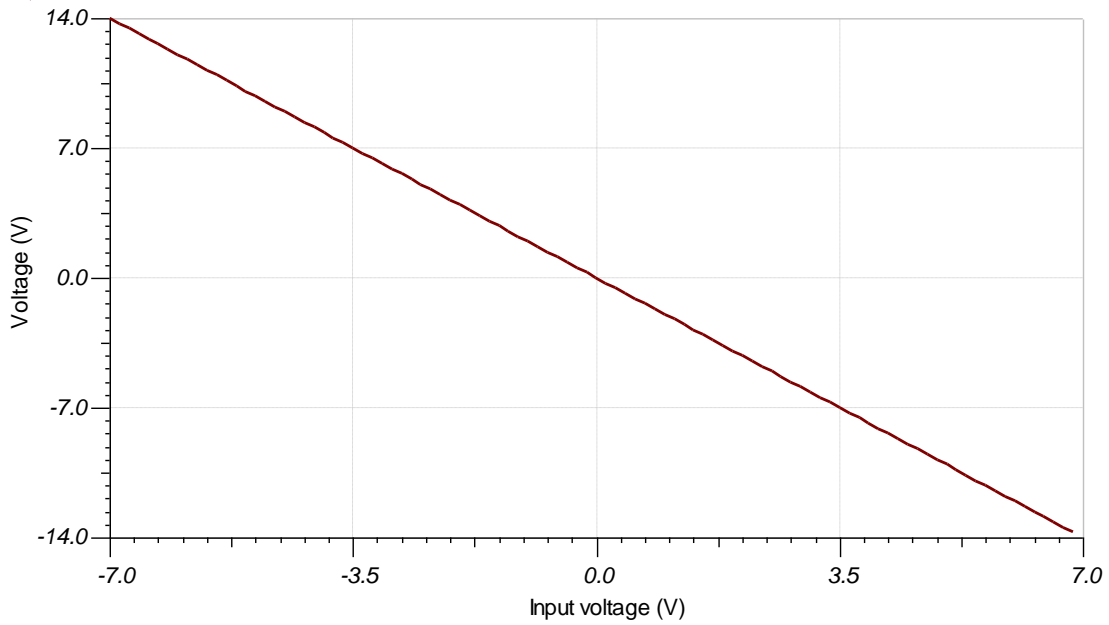
$$\frac{1}{2 \times \pi \times 3pF + 3pF \times \frac{20k\Omega \times 10k\Omega}{20k\Omega + 10k\Omega}} > \frac{1.2MHz}{3V/V}$$

$$43.77MHz > 400kHz$$

- C_{cm} 和 C_{diff} 分别是 TLV170 的共模和差分输入电容。
- 由于零点频率大于此电路的带宽，因此不满足该要求。

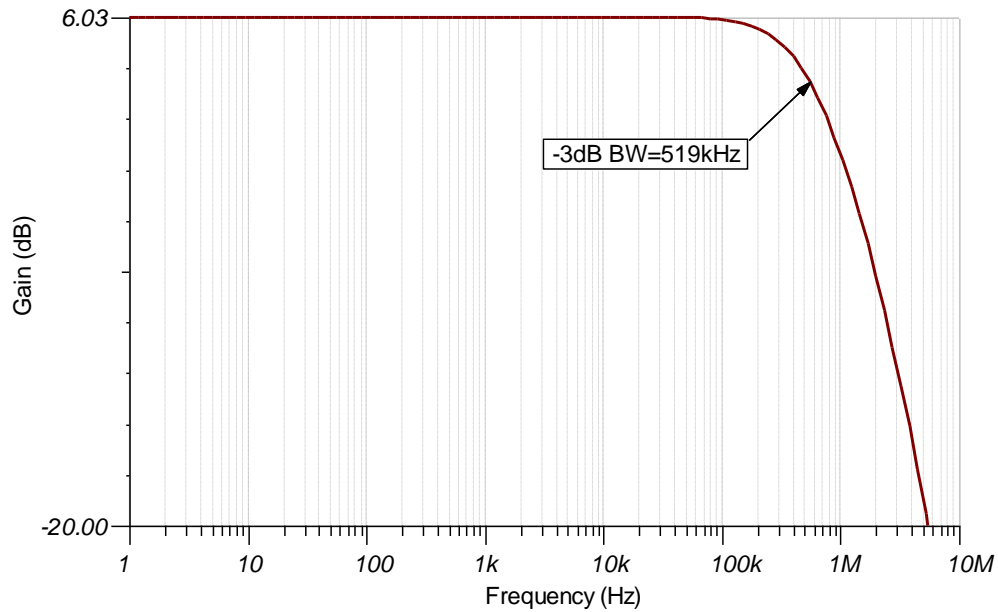
设计仿真

直流仿真结果



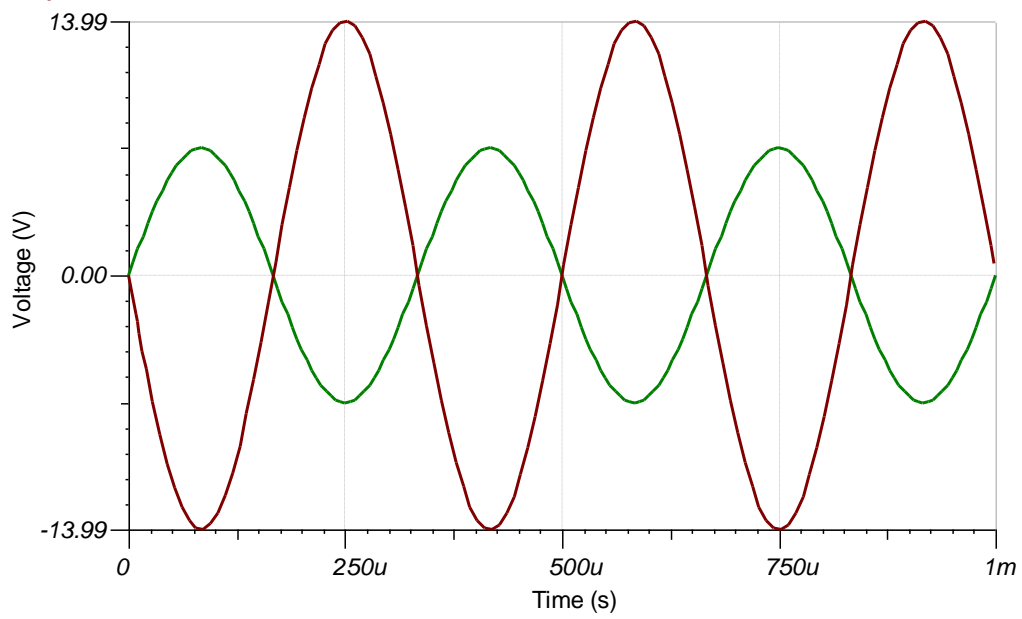
交流仿真结果

该电路的带宽取决于噪声增益 (3V/V)。可以通过查看 -3dB 点来确定带宽，在信号增益为 6dB 的情况下，该点位于 3dB 处。仿真与计算值 (400kHz) 具有充分的相关性。



瞬态仿真结果

输出的幅度是输入的两倍，并且二者反相。



参考文献:

1. 《模拟工程师电路设计指导手册》
2. SPICE 仿真文件 [SBOC492](#)
3. [TI 高精度实验室](#)

设计采用的运算放大器

TLV170	
V_{ss}	±18V (36V)
V_{inCM}	(V _{ee} -0.1V) 至 (V _{cc} -2V)
V_{out}	轨至轨
V_{os}	0.5mV
I_q	125μA
I_b	10pA
UGBW	1.2MHz
SR	0.4V/μs
通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/tlv170	

设计备选运算放大器

LMV358A	
V_{ss}	2.5V 至 5.5V
V_{inCM}	(V _{ee} -0.1V) 至 (V _{cc} -1V)
V_{out}	轨至轨
V_{os}	1mV
I_q	70μA
I_b	10pA
UGBW	1MHz
SR	1.7V/μs
通道数	1 (LMV321A)、2 (LMV358A)、4 (LMV324A)
www.ti.com.cn/product/cn/lmv358a	

修订历史记录

修订版本	日期	更改
A	2019 年 1 月	缩减标题字数。 向电路指导手册登录页面添加了链接。
B	2019 年 3 月	在“设计备选运算放大器”部分将 LMV358 更改为 LMV358A。

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