

Analog Engineer's Circuit

微分器电路

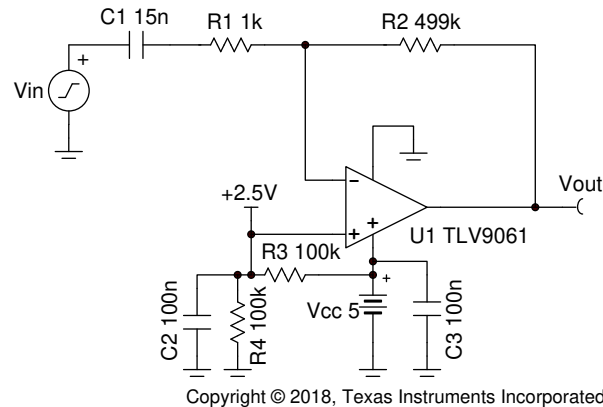


设计目标

输入		输出		电源		
f_{Min}	f_{Max}	V_{oMin}	V_{oMax}	V_{CC}	V_{EE}	V_{ref}
100Hz	2.5kHz	0.1V	4.9V	5V	0V	2.5V

设计说明

微分器电路会根据电路时间常数和放大器的带宽来输出某个频率范围上输入信号的微分。会向反相输入施加输入信号，以使输出相对于输入信号的极点反相。理想的微分器电路基本上都不稳定，需要增加输入电阻器和反馈电容器或这二者之一，才能达到稳定。实现稳定性所需的组件限制了执行微分器功能的带宽。



设计说明

1. 为 R_2 选择一个较大的电阻，以使 C_1 的值保持在合理范围内。
2. 可以添加一个与 R_2 并联的电容器来滤除电路中的高频噪声。从距离滤波器截止频率大约二分之一一个十倍频（大约 3.5 倍）开始，该电容器将会限制微分器功能的有效性。
3. 可以向同相输入施加基准电压，从而设置可支持该电路使用单电源的直流输出电压。可以使用分压器分压得到基准电压。
4. 在线性输出电压摆幅（请参阅 A_{ol} 规格）内运行，从而最大限度地降低非线性误差。

设计步骤

下面给出了理想电路传递函数。

$$V_{out} = -R_2 \times C_1 \times \frac{dV_{in}(t)}{dt}$$

1. 将 R_2 设置为较大的标准值。

$$R_2 = 499k\Omega$$

2. 将最小微分频率设置为在最小工作频率至少二分之一十倍频之下。

$$C_1 \geq \frac{3.5}{2 \times \pi \times R_2 \times f_{min}} \geq \frac{3.5}{2 \times \pi \times 499k\Omega \times 100Hz} \geq 11.1 \text{ nF} \approx 15\text{nF} \quad (\text{标准值})$$

3. 将截止频率上限设置为在最高工作频率至少二分之一十倍频之上。

$$R_1 \leq \frac{1}{3.5 \times 2 \times \pi \times C_1 \times f_{Max}} \leq \frac{1}{7 \times \pi \times 15\text{nF} \times 2.5\text{kHz}} \leq 1.2k\Omega \approx 1 \text{ k}\Omega \quad (\text{标准值})$$

4. 计算使电路保持稳定所必需的运算放大器增益带宽积 (GBP)。

$$GBP > \frac{R_1 + R_2}{2 \times \pi \times R_1^2 \times C_1} > \frac{499k\Omega + 1 \text{ k}\Omega}{2 \times \pi \times 1 \text{ k}\Omega^2 \times 15\text{nF}} > 5.3\text{MHz}$$

- TLV9061 的带宽为 10MHz，因此满足该要求。

5. 如果添加一个与 R_2 并联的反馈电容器 C_F ，则计算截止频率的公式如下所示。

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R_2 \times C_F}$$

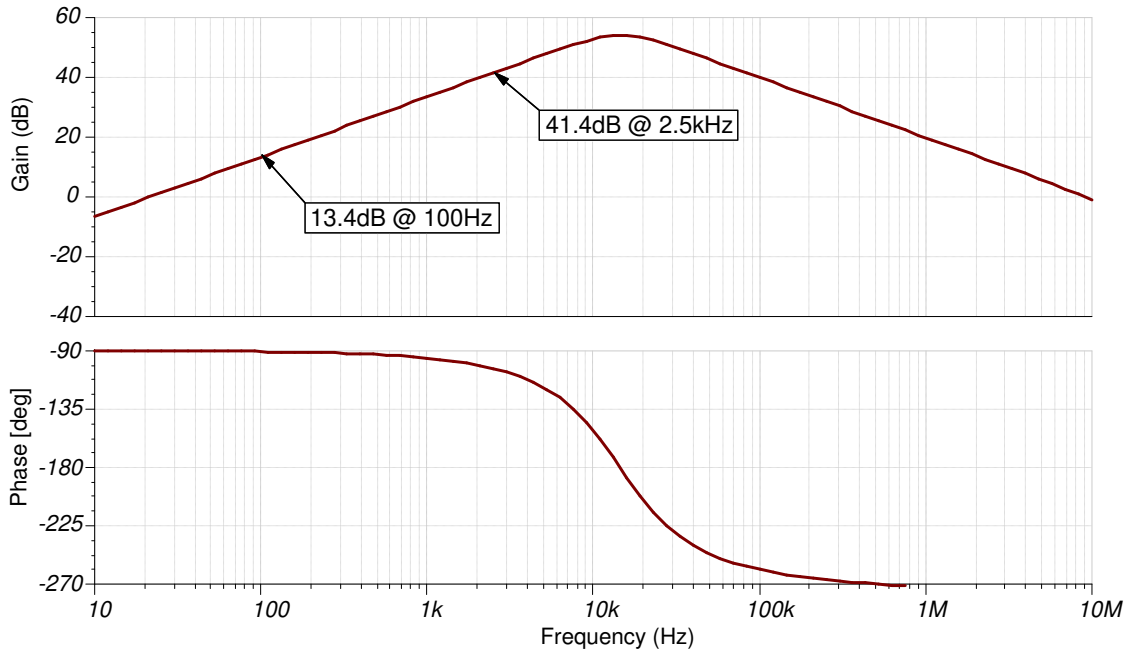
6. 计算用于实现 2.5V 基准电压的电阻分压器值。

$$R_3 = \frac{V_{cc} - V_{ref}}{V_{ref}} \times R_4 = \frac{5V - 2.5V}{2.5V} \times R_4 = R_4$$

$$R_3 = R_4 = 100k\Omega \quad (\text{标准值})$$

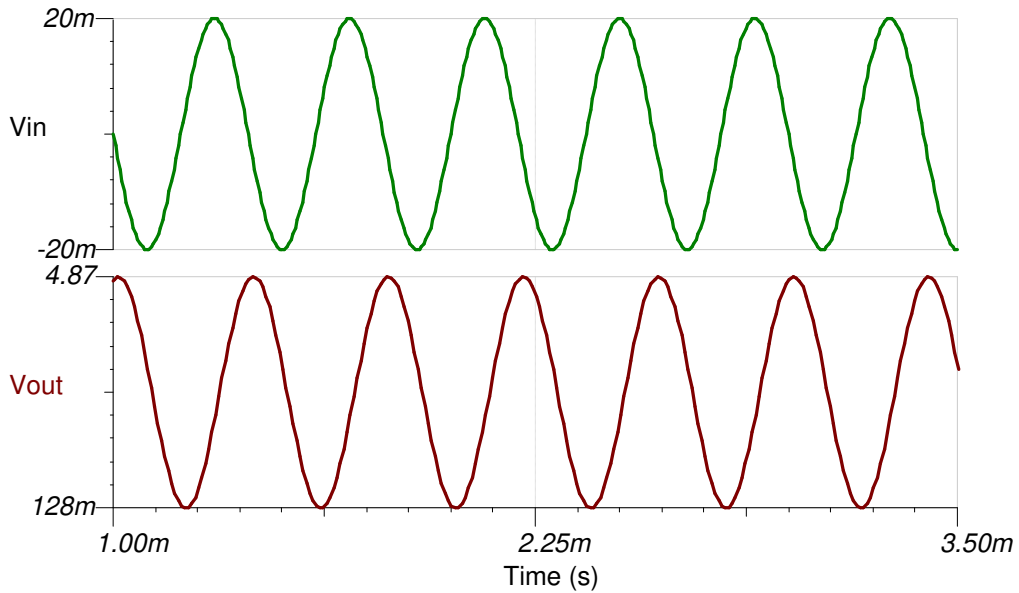
设计仿真

交流仿真结果

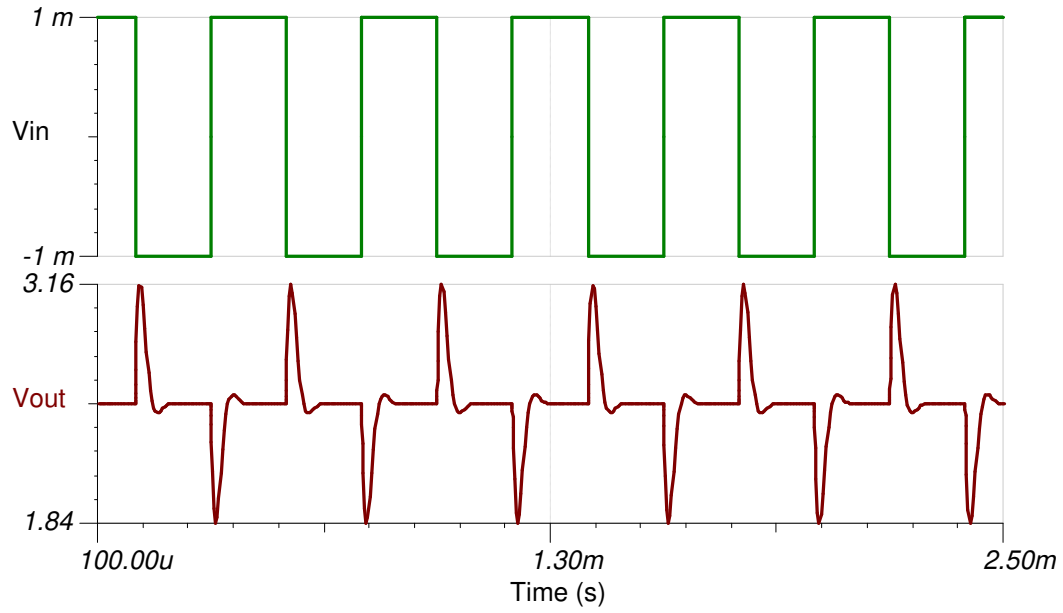


瞬态仿真结果

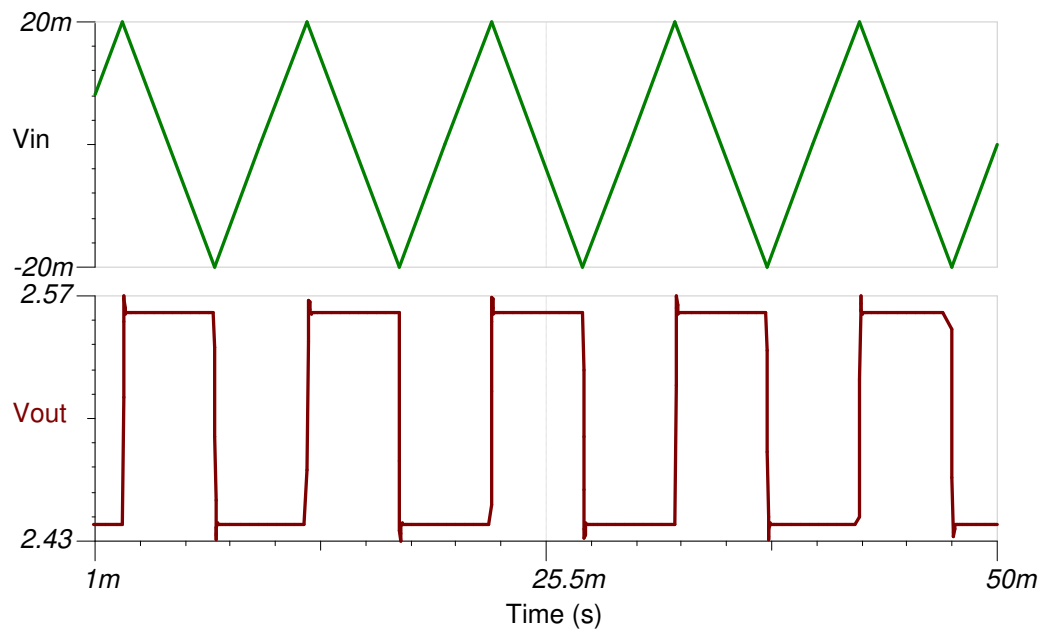
2.5kHz 正弦波输入可产生 2.5kHz 余弦输出。



2.5kHz 方波输入可产生脉冲输出。



100kHz 三角波输入可产生方波输出。



设计特色运算放大器

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。

请参阅电路 SPICE 仿真文件 [SBOC497](#)。

TLV9061	
V_{CC}	1.8V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	0.3mV
I_q	0.538mA
I_b	0.5pA
UGBW	10MHz
SR	6.5V/ μ s
通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/tlv9061	

设计备选运算放大器

OPA374	
V_{CC}	2.3V 至 5V
V_{inCM}	轨到轨
V_{out}	轨到轨
V_{os}	1mV
I_q	0.585mA
I_b	0.5pA
UGBW	6.5 MHz
SR	0.4V/ μ s
通道数	1、2、4
www.ti.com.cn/product/cn/opa374	

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，将标题角色改为“放大器”。 向电路指导手册登录页面添加了链接。
B	2020 年 4 月	将设计目标中的 f_{MAX} 从 5kHz 更改为 2.5kHz。
C	2021 年 8 月	更新了整个文档中的表格、图和交叉引用的编号格式。

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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