

# Analog Engineer's Circuit

## 快速建立低通滤波器电路



Caelan (Zak) Kaye

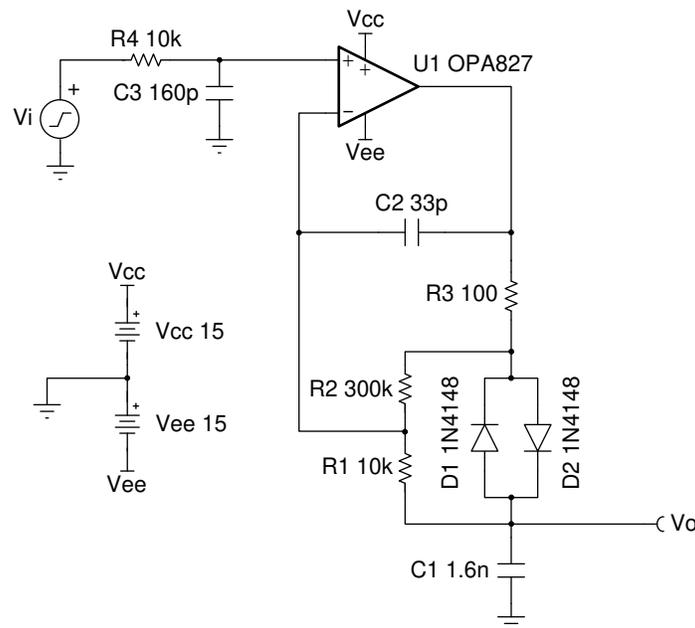
### 设计目标

输入		输出		电源	
$V_{iMin}$	$V_{iMax}$	$V_{oMin}$	$V_{oMax}$	$V_{cc}$	$V_{ee}$
-12V	12V	-12V	12V	15V	-15V

截止频率 ( $f_c$ )	二极管阈值电压 ( $V_f$ )
10kHz	20mV

### 设计说明

与传统的单极 RC 滤波器相比，该低通滤波器拓扑可显著改善建立时间。这是通过使用二极管  $D_1$  和  $D_2$  来实现的，当输入和输出电压之间存在足够大的差值时，这些二极管能够使滤波电容器的充电和放电速度更快。



### 设计说明

1. 观察运算放大器的共模输入限制。
2. 将  $C_1$  保持为较小的值可确保运算放大器能够轻松地驱动容性负载。
3. 要获得最快的建立时间，请使用快速开关二极管。
4. 所选的运算放大器应具有足够的输出驱动能力，以便为  $C_1$  充电。 $R_3$  可限制最大充电电流。

## 设计步骤

1. 根据  $f_c = 10\text{kHz}$ ，为  $R_1$  和  $C_1$  选择标准值。

$$R_1 = 10\text{k}\Omega$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \times f_c \times R_1} = \frac{1}{2\pi \times 10\text{kHz} \times 10\text{k}\Omega} = 1.6\text{nF}$$

2. 设置二极管阈值电压 ( $V_t$ )。该阈值是输入和输出之间的最小电压差，可导致二极管导通，从而实现电容器快速充电和放电。

$$V_t = \frac{V_f}{1 + \frac{R_2}{R_1}} \approx \frac{0.6\text{V}}{1 + \frac{R_2}{R_1}} = 20\text{mV}$$

$$R_2 = \left( \frac{0.6\text{V}}{20\text{mV}} - 1 \right) \times R_1 = 290\text{k}\Omega \approx 300\text{k}\Omega \text{ (standard 5\% value)}$$

3. 选择用于进行噪声预过滤的组件。

$$f_{c2} = 10 \times f_c = 100\text{kHz}$$

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi \times R_4 \times C_3}$$

$$\text{Select } R_4 = R_1 = 10\text{k}\Omega$$

$$C_3 = \frac{C_1}{10} = 160\text{pF}$$

4. 添加补偿组件，以稳定  $U_1$ 。 $R_3$  可限制  $C_1$  的充电电流，并且还用于在二极管导通时将电容与运算放大器输出相隔离。较大阻值可以改善稳定性，但会增加  $C_1$  充电时间。

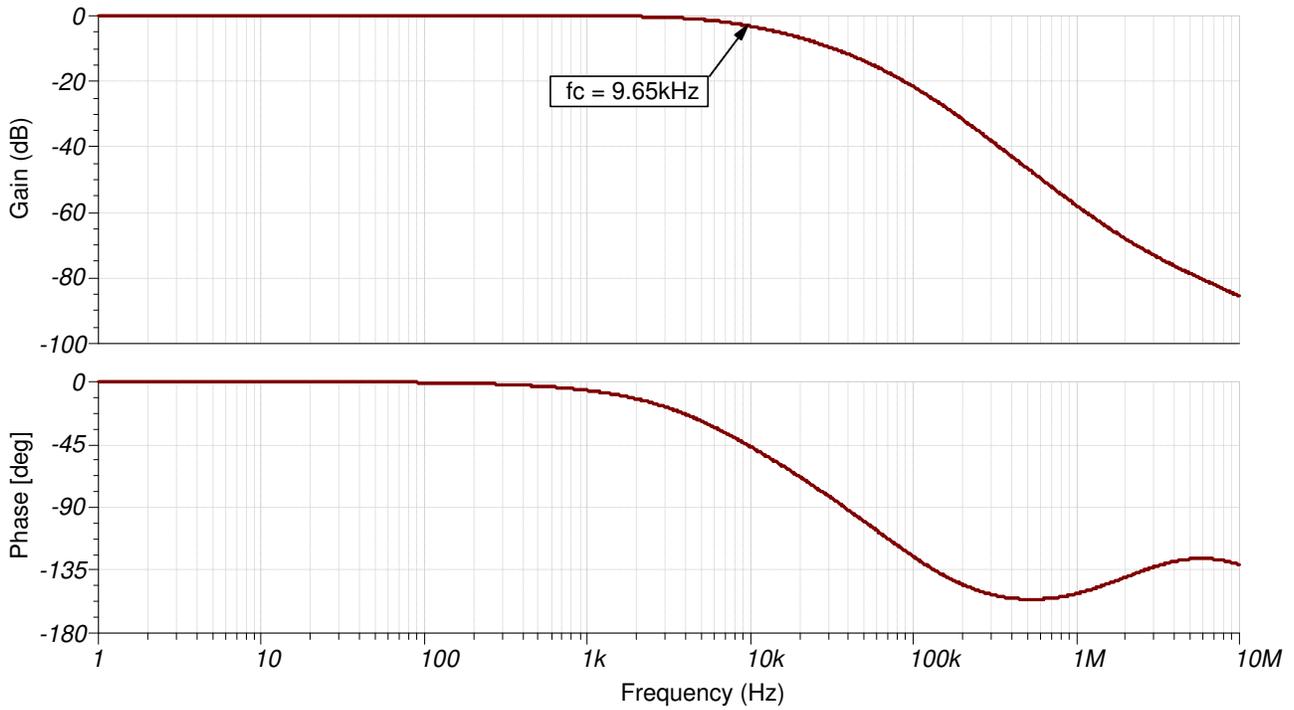
$$\text{Select } R_3 = 100\Omega$$

5.  $C_2$  可提供局部高频反馈，以抵消输入电容与  $R_1$  和  $R_2$  并联组合之间的相互作用。为了防止与  $C_1$  发生相互作用，请按以下所示选择  $C_2$ ：

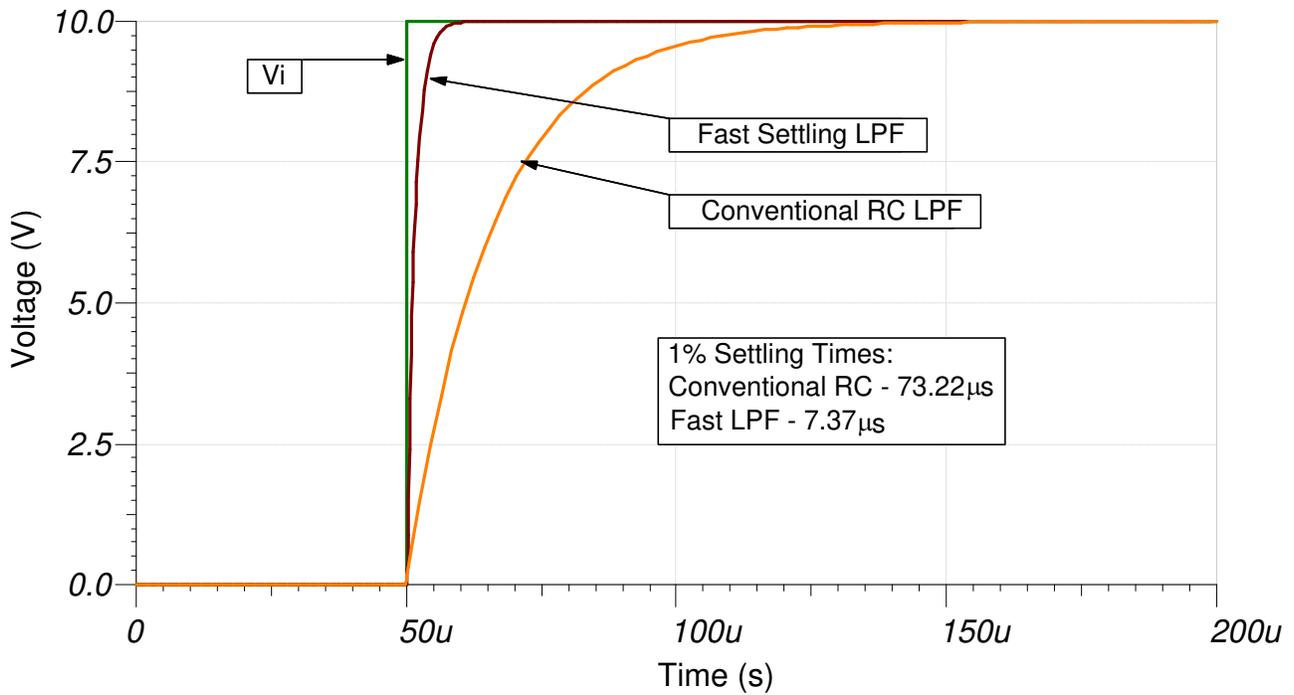
$$\text{Select } C_2 = \frac{C_1}{50} = 32\text{pF} \approx 33\text{pF (standard value)}$$

设计仿真

交流仿真结果



瞬态仿真结果



设计参考资料

德州仪器 (TI), [SBOMAU1 TINA-TI™ 电路仿真](#), 文件下载

### 设计特色运算放大器

OPA827	
$V_{SS}$	8V 至 36V
$V_{inCM}$	$V_{ee}+3V$ 至 $V_{cc}-3V$
$V_{out}$	$V_{ee}+3V$ 至 $V_{cc}-3V$
$V_{os}$	75 $\mu$ V
$I_q$	4.8mA
$I_b$	3pA
UGBW	22MHz
SR	28V/ $\mu$ s
通道数	1
OPA827	

### 设计备选运算放大器

TLC072	
$V_{SS}$	4.5V 至 16V
$V_{inCM}$	$V_{ee}+0.5V$ 至 $V_{cc}-0.8V$
$V_{out}$	$V_{ee}+350mV$ 至 $V_{cc}-1V$
$V_{os}$	390 $\mu$ V
$I_q$	2.1mA/通道
$I_b$	1.5pA
UGBW	10MHz
SR	16V/ $\mu$ s
通道数	1、2 和 4
TLC072	

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司