



哈尔滨工业大学(深圳)

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

实验与创新实践教育中心

实验报告

课程名称: 模拟电子技术实验 实验名称: 实验五: 有源滤波电路的研究

专业-班级: 自动化1班 学号: 19041002 姓名: 方尧

实验日期: 2021年 5月 20日 评分: _____

教师评语:

助教签字: _____

教师签字: _____

日 期: _____

实验预习

实验预习和实验过程原始数据记录

预习结果审核: _____ 原始数据审核: _____

(包括预习时, 计算的理论数据)

- 1、一阶有源低通滤波器实域仿真: 按照 5-8 图参数进行仿真

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量输入输出信号的幅值、频率, 要求给老师看波形照片。

- 2、一阶有源低通滤波器仿真: 按照 5-9 图参数, 计算的截止频率= 361.72 Hz (写出计算过程)

$$f_p = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 20k\Omega \times 22nF} = 361.72Hz$$

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量其截止频率, 要求给老师看波形照片。

- 3、二阶有源低通滤波器频域仿真: 按照 5-10 图参数, 计算的截止频率= 361.72 Hz, 截止频率= 339.86 Hz
 $Q =$ 0.67 改变 R_3, R_4 大小, $R_3 = 10k\Omega, R_4 = 10k\Omega$, 计算的 $Q_1 =$ 1; $R_3 = 20k\Omega, R_4 = 10k\Omega$, 计算的 $Q_2 =$ ∞

$$f_T = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 20k\Omega \times 22nF} = 361.72Hz, \quad f_p = 339.86Hz$$

$$Q_0 = \frac{1}{3-A_0} = \frac{1}{3-(1+\frac{R_F}{R_1})} = 0.67 \quad Q_1 = \frac{1}{3-A_0} = \frac{1}{3-(1+\frac{R_F}{R_1})} = 1$$

$$Q_2 = \frac{1}{3-A_0} = \frac{1}{3-(1+\frac{R_F}{R_1})} = \infty$$

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量其截止频率, 要求给老师看波形照片。

- 4、二阶有源高通滤波器频域仿真: 按照 5-11 图参数, 计算的截止频率= 361.72 Hz, 截止频率= 385 Hz (写出计算过程)

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量其截止频率, 要求给老师看波形照片。

$$f_T = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 20k\Omega \times 22nF} = 361.72Hz \quad f_p = 385Hz$$

- 5、二阶有源带通滤波器频域仿真: 按照 5-12 图参数, 计算的截止频率= 79.58 Hz, (写出计算过程)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 20k\Omega \times 0.1\mu F} = 79.58Hz$$

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量其中心频率, 要求给老师看波形照片。

- 6、二阶有源带阻滤波器频域仿真: 按照 5-13 图参数, 计算的截止频率= 49.97 Hz (写出计算过程)

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量其中心频率, 要求给老师看波形照片。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 31.85k\Omega \times 0.1\mu F} = 49.97Hz$$

一、实验目的

1. 掌握有源滤波器的组成原理及滤波器特性, 学会使用运放、电阻、电容设计组成有源低通、高通、带通、带阻滤波器。
2. 掌握 ORCAD PSpICE 使用
3. 学习 RC 有源滤波器的设计, 并用软件验证工作特性
4. 学会调节滤波器截止频率及了解 Q 值对幅频特性影响。

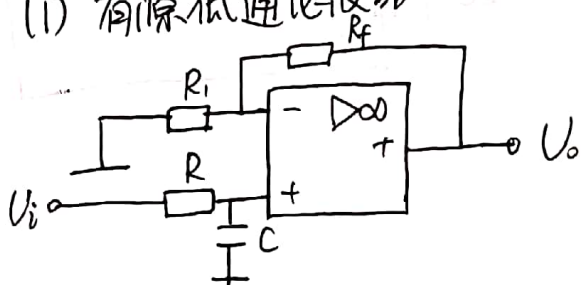
二、实验设备及元器件

ORCAD PSpICE 软件 SPB 16.6

三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

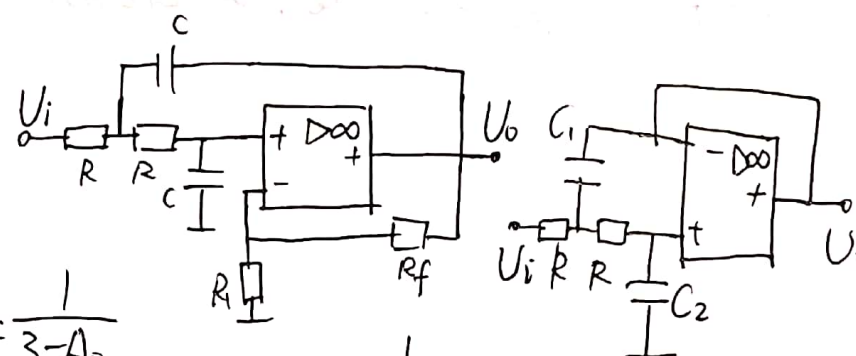
5.3.2 有源滤波电路

(1) 有源低通滤波器



$$A_0 = 1 + \frac{R_f}{R} \quad \omega_H = 1/RC \quad Q = \frac{1}{3-A_0}$$

— 1 阶, 二阶压控



$$\omega_0 = \frac{1}{R\sqrt{C_1C_2}}, \quad Q = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

= 2 阶

四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表 1-1”）

本次实验过程可简述，不需要描述软件的使用，需要描述遇到的问题，以及你是怎么解决的。

按要求，顺序进行低通滤波器时域频域方针；

同理进行高通带通带阻滤波器仿真。

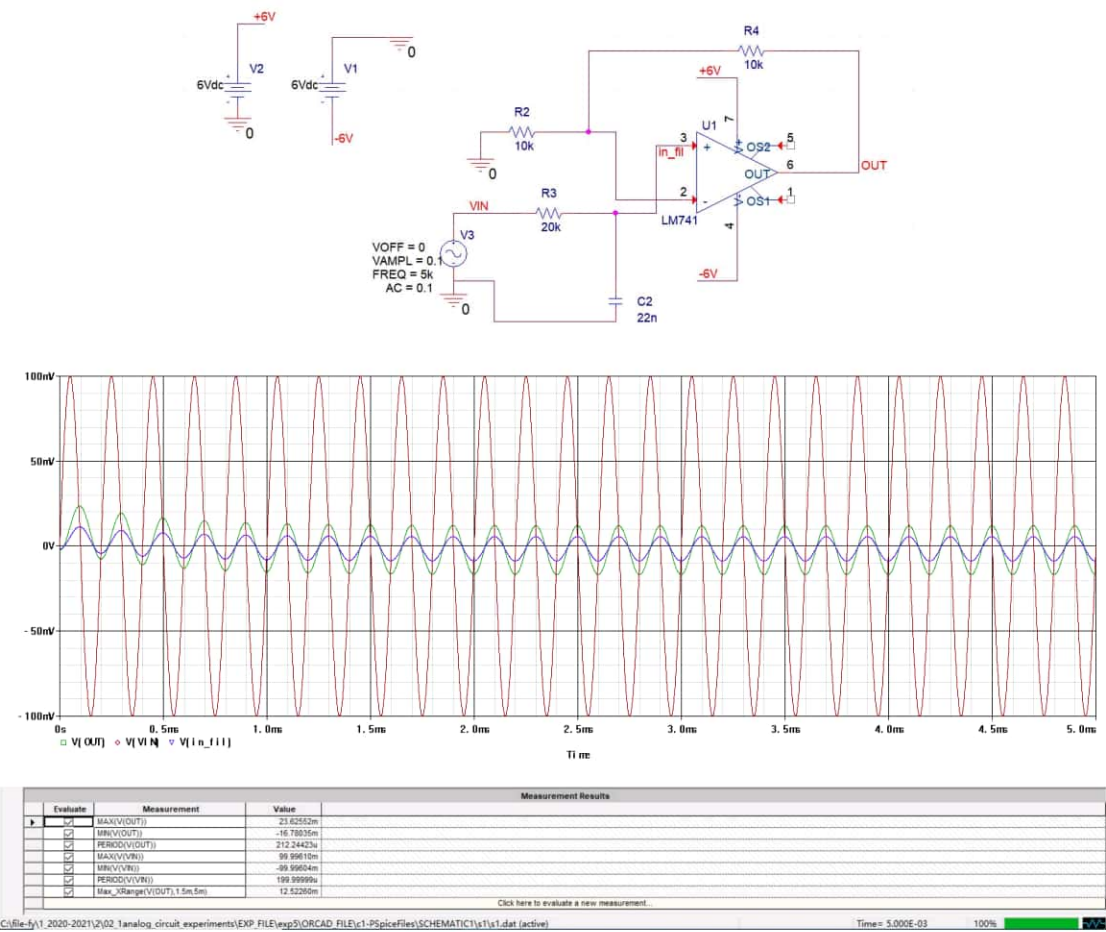
五、实验数据分析

（按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析 and 处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线请在坐标纸中进行。也可以按要求自拟实验数据分析文档附上。）

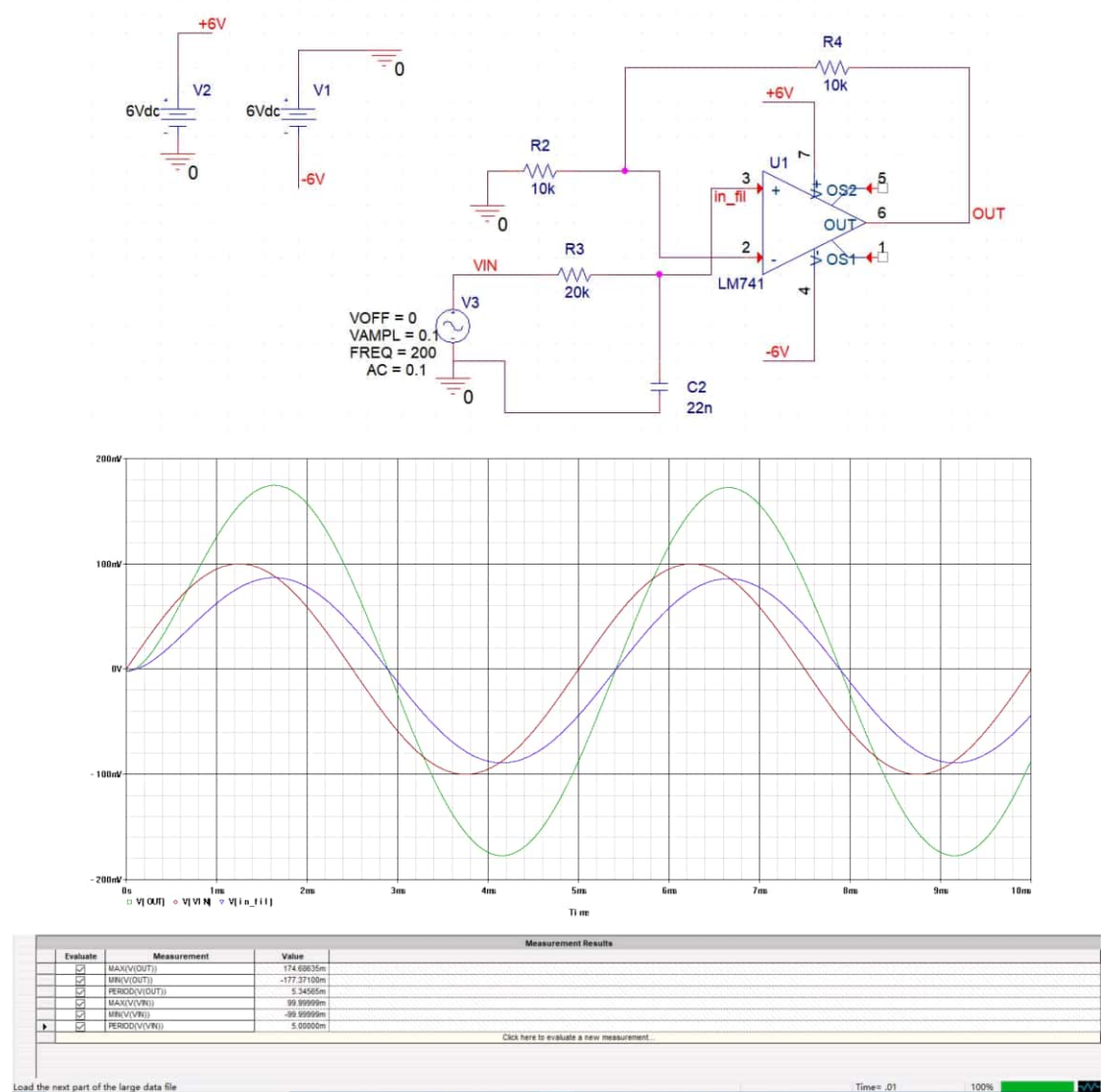
1、一阶有源低通滤波器实域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）

在两种输入条件下，测试并保存电路图截屏和 vin0 和输出波形 out0 的图，测量输入信号和输出信号的幅值、频率等信息

1) 一阶低通时域（5KHZ）

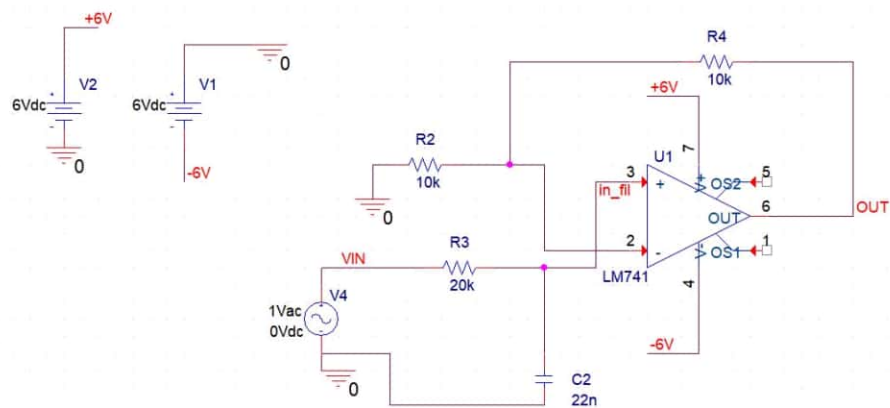


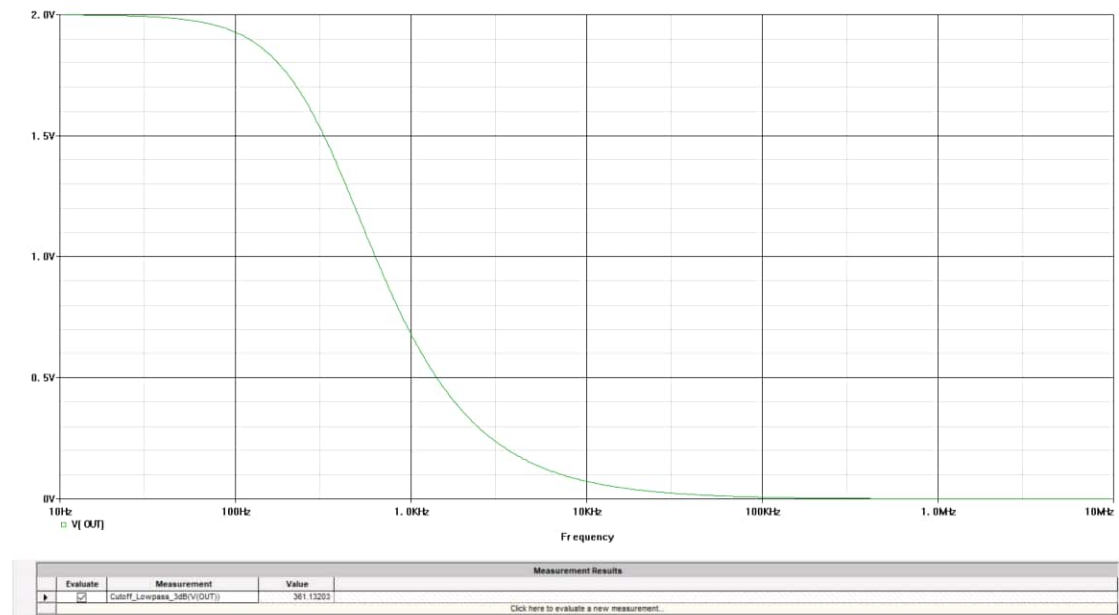
2) 一阶低通时域 (200HZ)



2、一阶有源低通滤波器频域仿真: (打印出电路图, 和输出波形图, 贴上)

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 并测量其截止频率, 同计算的截止频率相比较, 得出实验和理论分析结论





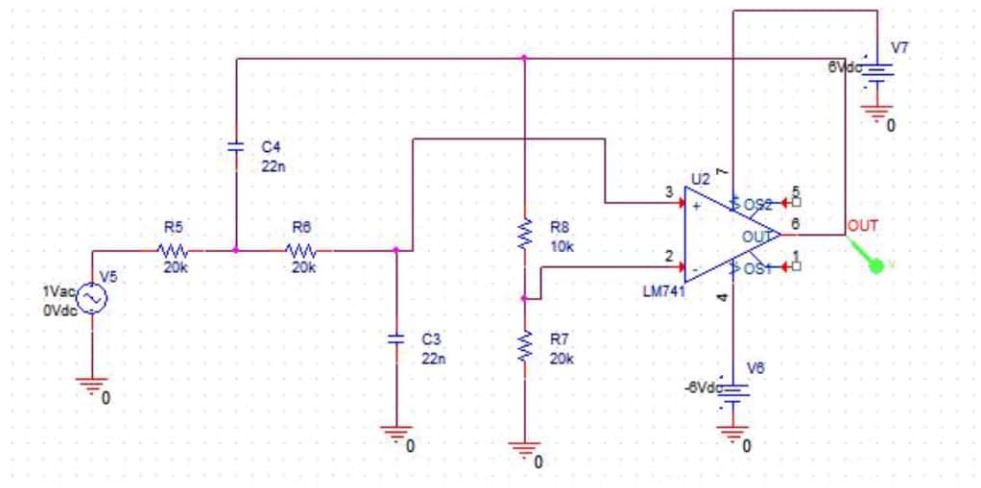
测量得到 $f_p=361.13203\text{HZ}$ ，理论值 $f_p=361.72\text{HZ}$ ，误差=0.163%

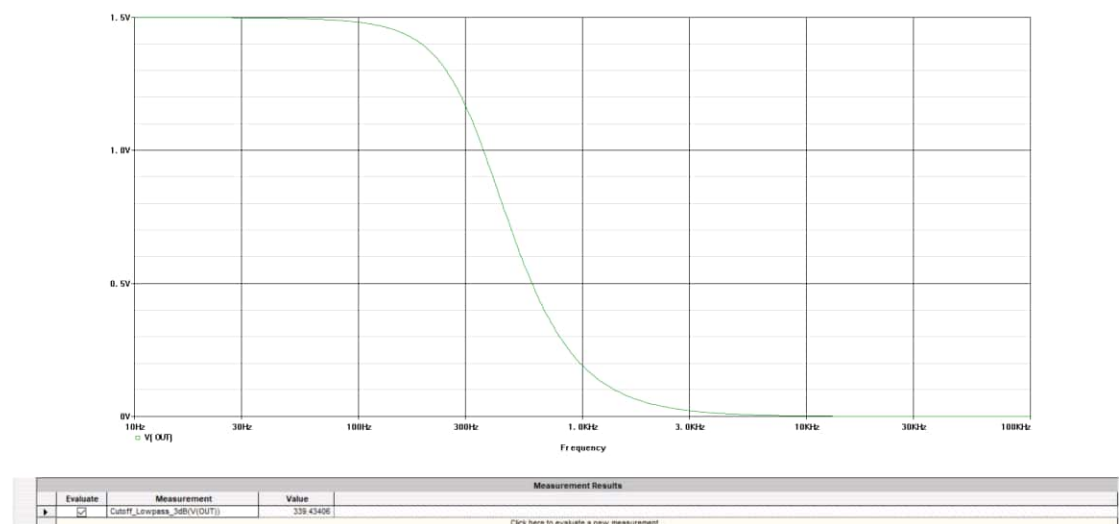
3、二阶有源低通滤波器频域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图，并测量其截止频率，改变 R_3 , R_4 的大小，来改变 Q 值的大小，保存分析 Q 值大小对于二阶有源低通滤波器幅频特性的影响（需测试 3 中不同情况的 Q 值的波形），并同一阶有源滤波器幅频特性进行比较。

改变 R_3 , R_4 的大小，在 $Q=\infty$ 时，选择一合适的输入电压（幅值、频率），测试此电路的实域波形，观察输入电压 $VSIN$ 和输出电压 out 之间的关系，得出结论，分析理论和仿真是否一致。

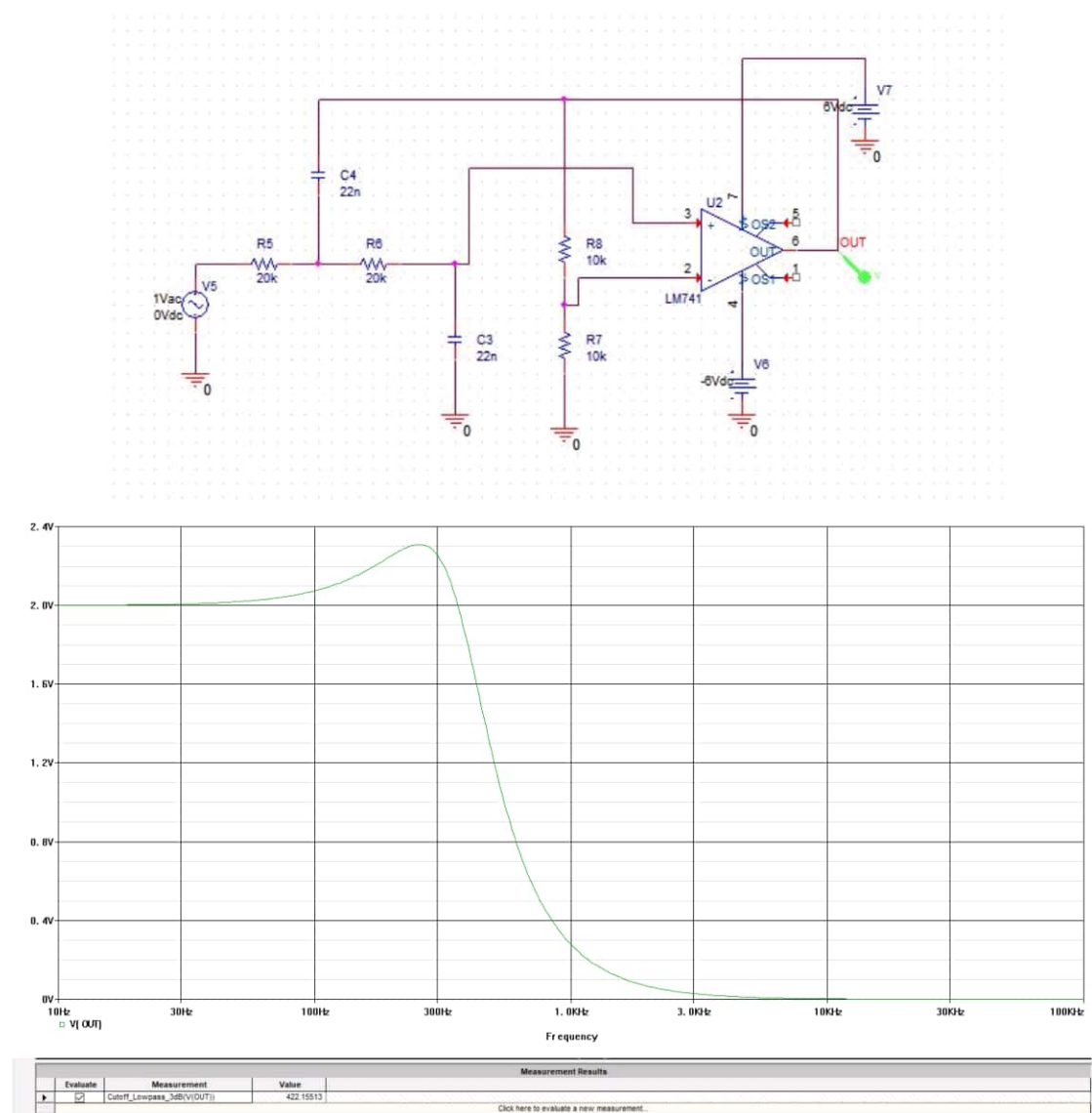
1) $R_3=10k$, $R_4=20k$





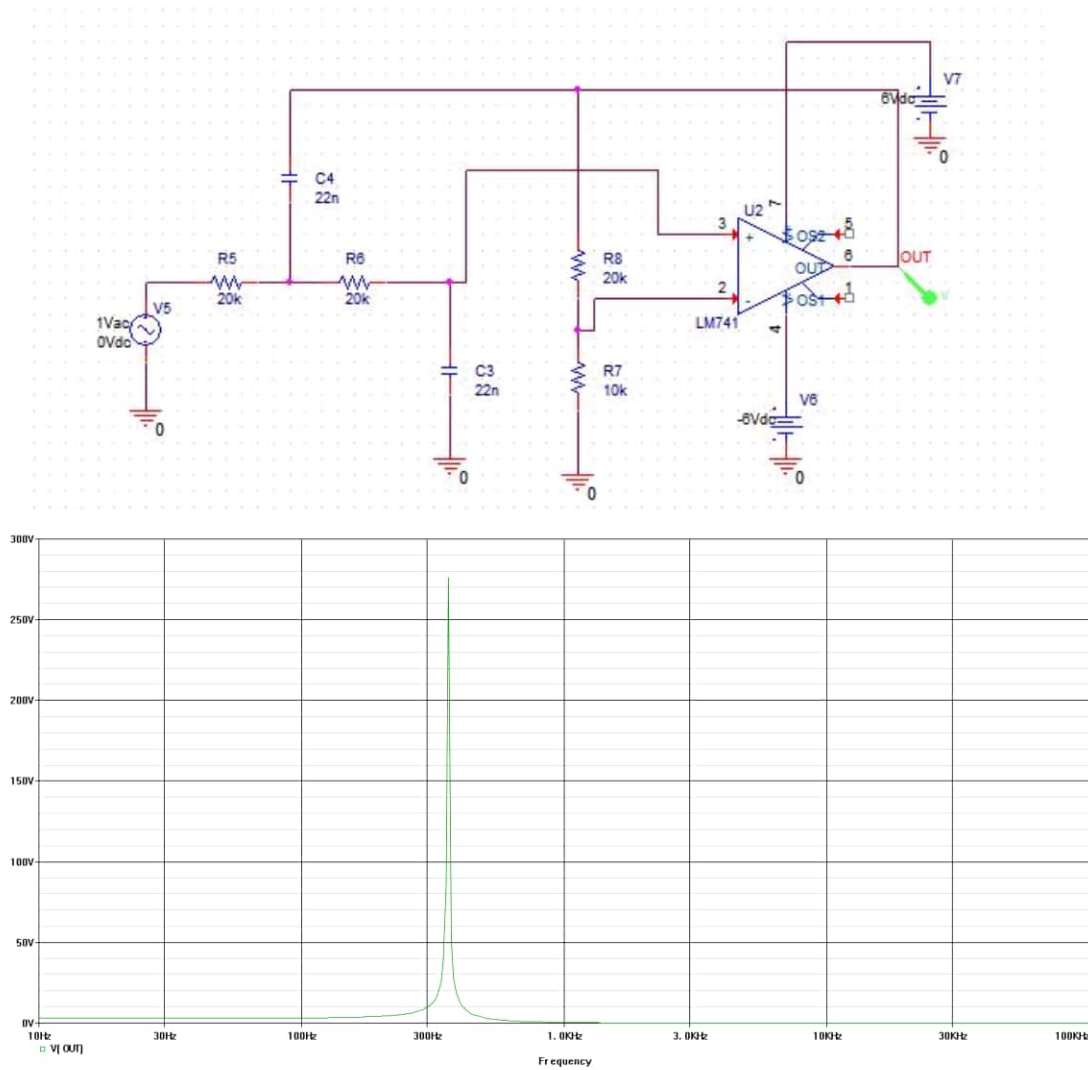
$Q=2/3$, $f_p=339.43406\text{Hz}$, 理论值为 $f_T=361.72\text{Hz}$, $f_p=339.86\text{Hz}$, 误差: 0.13%

2) $R_3=10\text{k}$, $R_4=10\text{k}$



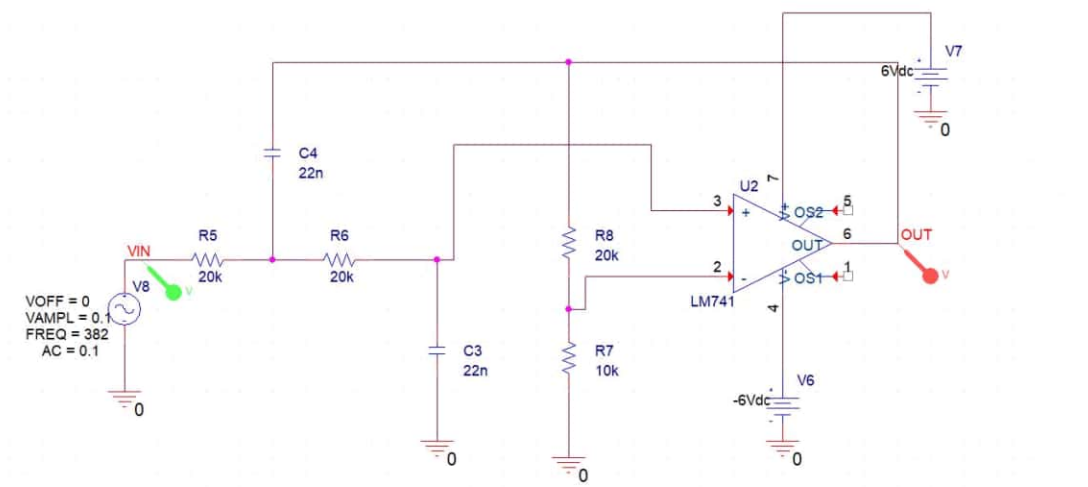
$Q=1$, $f_p=422.15513\text{Hz}$, 理论计算结果为 460.11Hz , 误差=8.25%

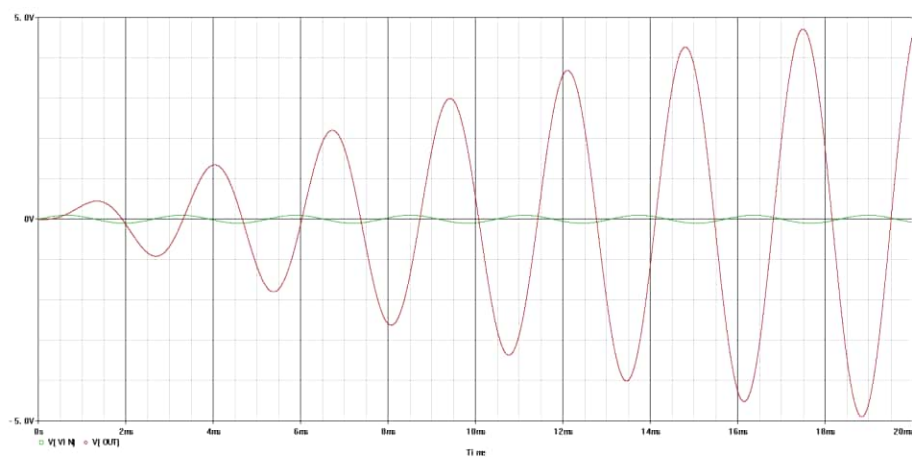
3) $R_3=20k$, $R_4=10k$



$Q=\infty$, $f_p=560.515Hz$, 理论值 $f_p=562.03Hz$, 误差=0.27%

4) 改变 R_3 , R_4 的大小, $Q=\infty$ 时域

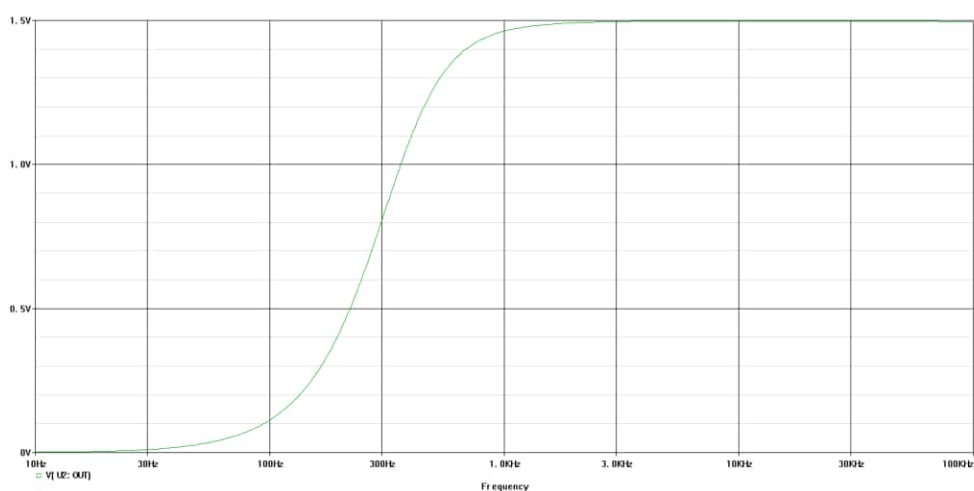
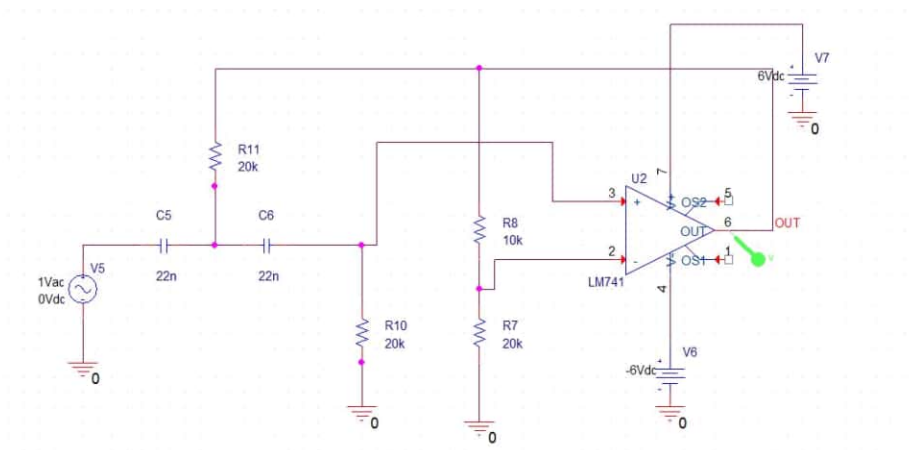




发现该电路输出电压不断增大,可以认为其发生了自激振荡现象,理论与仿真实验结果相同。

4、二阶有源高通滤波器频域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图，并测量其截止频率，同计算的截止频率相比较，得出实验和理论分析结论。

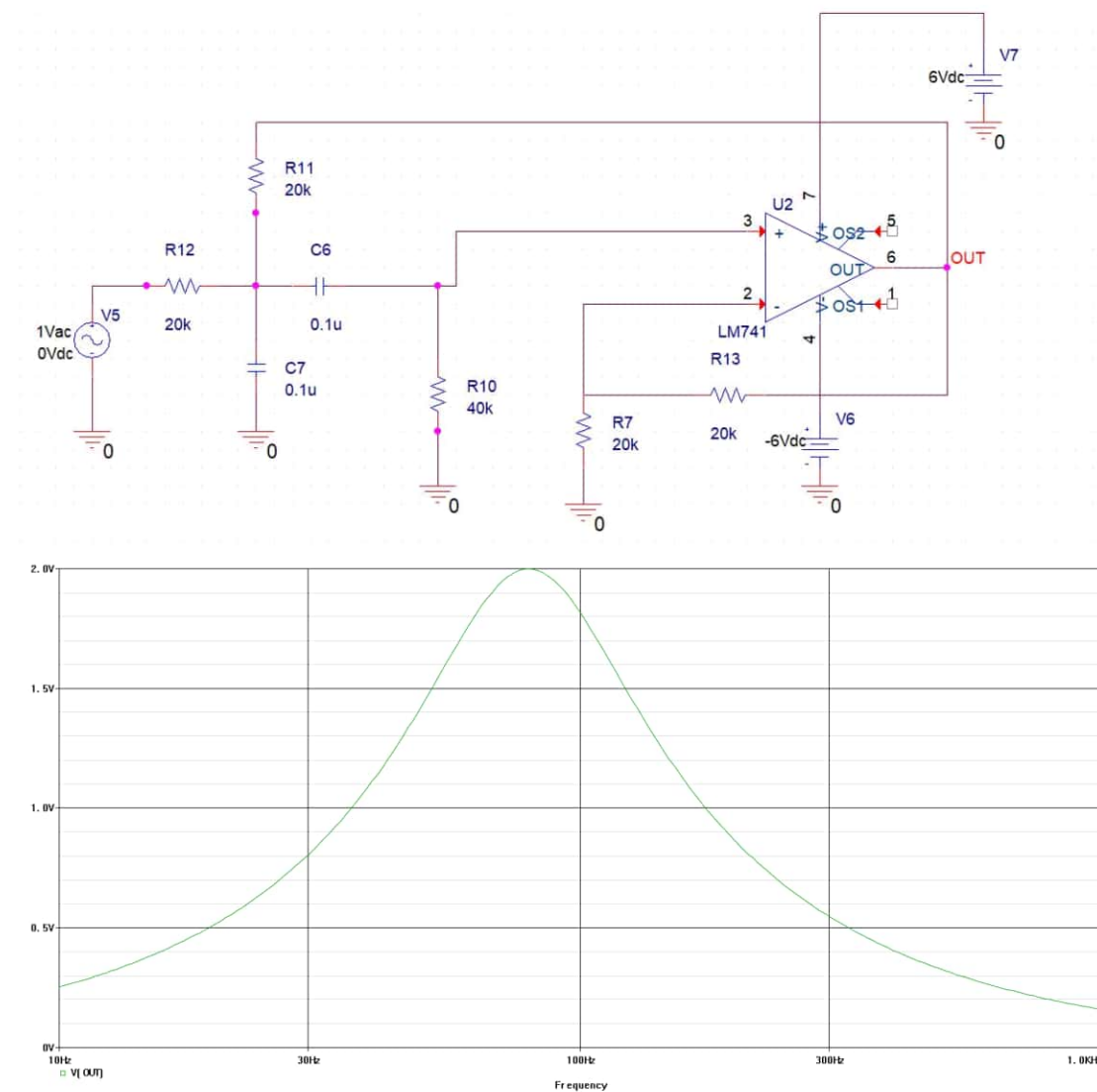


Measurement Results			
Evaluate	Measurement	Value	
385	Cutoft_HighPass_3dB(V[OUT])	385.19199	

$f_p=385.19\text{Hz}$, 理论值 $f_p=384.99\text{Hz}$, 误差=0.052%

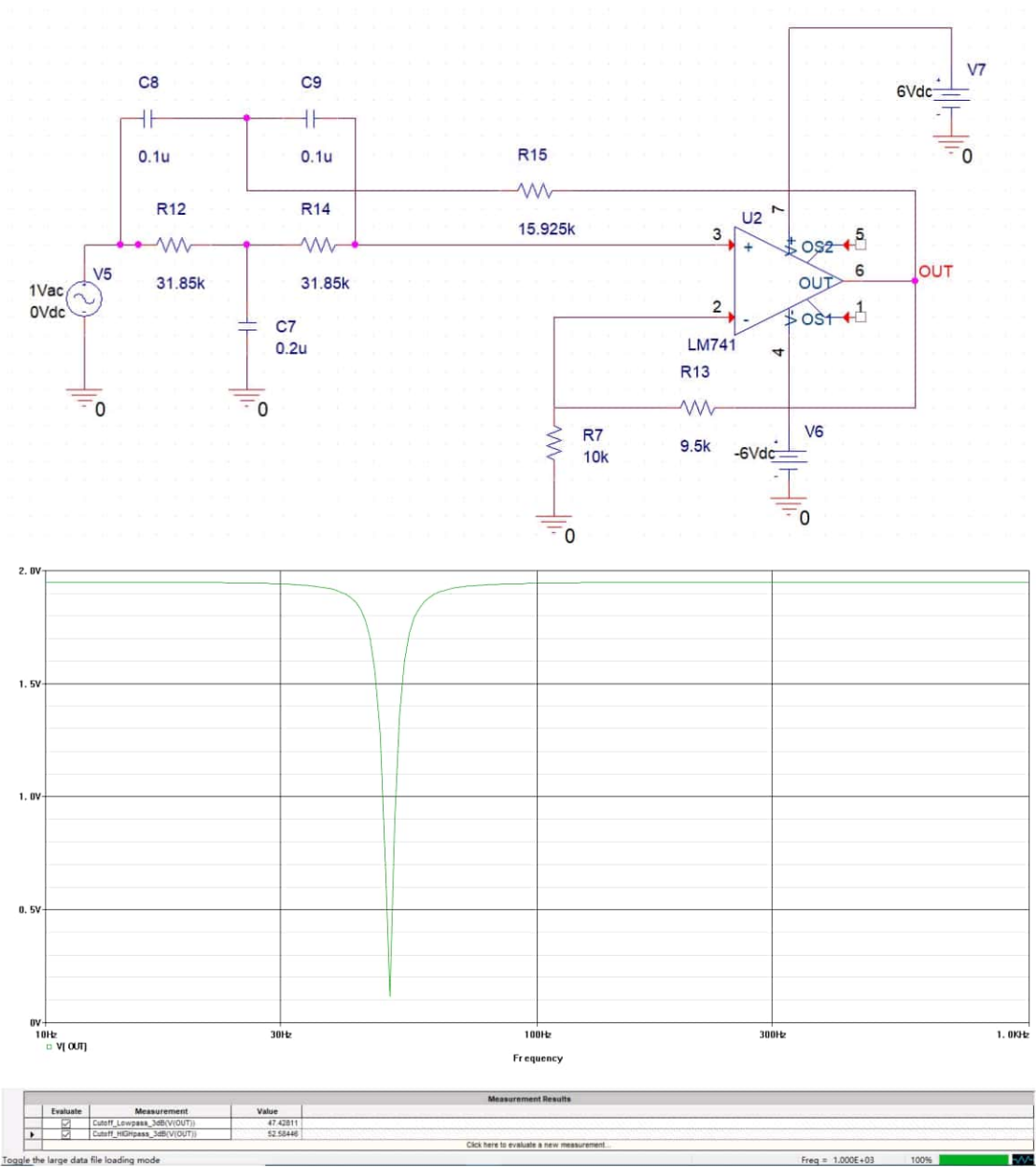
5、二阶有源带通滤波器频域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）

保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图，并测量其中心频率，同计算的中心频率相比较，得出实验和理论分析结论。



测量得中心频率为 79.433Hz，理论计算结果为 79.58Hz，理论与仿真实验结果相同。

6、二阶有源带阻滤波器频域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）
保存电路图截屏和输出波形 V_{out} 图，并测量其中心频率，同计算的中心频率相比较，得出实验和理论分析结论。



测量得中心频率为 50.006Hz，理论计算结果为 49.97Hz，理论与仿真实验结果相同。

六、问题思考

（回答指导书中的思考题）

1. 分析有源滤波器和无源滤波器的差异。
 - 1) 有源滤波电路含有有源元件（双极型管、单极型管、集成运放），而无源滤波器由 LC 等无源元件组成；
 - 2) 有源滤波可以改变放大倍数，无源滤波最大为 1；
 - 3) 有源滤波特征频率不会随负载改变而改变，而无源滤波器则会。
2. 是否可以运用两个运放搭建二阶有源滤波器，如果可以，和单个运放构成的二阶有源滤波器有什么差异。

可以，输出波形不具有极值点。

七、实验体会与建议

- 1) 掌握了有源滤波器的组成原理及滤波特性，学会了用运算放大器、电阻、电容设计组成的有源低通、高通、带通、带阻滤波器。
- 2) 初步掌握了仿真软件 ORCAD PSPICE 的使用。
- 3) 学习了 RC 有源滤波器的设计，并用仿真软件验证了其工作特性。
- 4) 学会了调节滤波器截止频率以及了解了等效 Q 值对滤波器幅频特性的影响。