

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: 210320111 姓名: 吕家昊

实验日期: 2023年5月16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)

- 一阶有源低通滤波器实域仿真: 按照 5-8 图参数进行仿真
保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 测量不同频率下的输入输出信号的幅值、周期并截图, 实验最后要求统一给老师看波形图。
- 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 = 361.71 Hz (写出计算过程)

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = 361.71 \text{ Hz}$$

保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图 (幅频特性曲线), 测量其截止频率并截图, 实验最后要求统一给老师看波形图。

- 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 = 361.71 Hz, 截止频率 = 339.85 Hz, $Q = \frac{2}{3}$ 。改变 R_3, R_4 大小, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$, 计算的 $Q_1 = \underline{1}$; $R_3 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$, 计算的 $Q_2 = \underline{\infty}$ 。(写出计算过程)

$$R_3 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_4 = 20 \text{ k}\Omega \quad Q = \frac{1}{2 - \frac{R_3}{R_4}} = \frac{2}{3}$$

$$\text{令 } \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{\omega}{Q\omega_0}\right)^2 = 2 \quad \text{得 } f_H = \frac{\omega}{2\pi} = 339.85 \text{ Hz}$$

保存三组 Q 值下仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图 (幅频特性曲线), 测量其截止频率并截图, 实验最后要求统一给老师看波形图。

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并保存, 实验最后要求统一给老师看波形图。

- 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 = 361.71 Hz (写出计算过程)

保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图 (幅频特性曲线), 测量其截止频率并截图, 实验最后要求统一给老师看波形图。

- 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 = 128.76 Hz 上限截止频率 = 128.76 Hz 下限截止频率 = 49.18 Hz 通频带 79.57 Hz。(写出计算过程)

中心频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 79.57 \text{ Hz}$ 。令 $\left|Q\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)\right| = 1$ 得 $f = 49.18 \text{ Hz}, 128.76 \text{ Hz}$ 。 $\Delta f = 79.57 \text{ Hz}$

保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图 (幅频特性曲线), 测量其中心频率, 上下限截止频率并截图, 实验最后要求统一给老师看波形图。

- 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)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 49.97 \text{ Hz}$$

保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图, 测量其中心频率并截图, 实验最后要求统一给老师看波形图。

一、实验目的

1. 掌握有源滤波器的组成及滤波特性, 学会用运算放大器、电阻、电容设计组成有源低通、高通、带通、带阻滤波器。
2. 掌握仿真软件 ORCAD PSPICE 使用
3. 学会 RC 有源滤波器设计, 并用仿真软件验证工作特性
4. 学会调节滤波器截止频率及了解增益及值对幅频特性影响。

二、实验设备及元器件

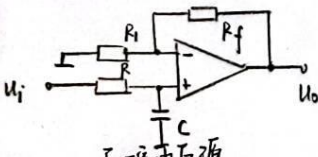
ORCAD PSPICE 软件 SPB 16.6

三、实验原理 (重点简述实验原理, 画出原理图)

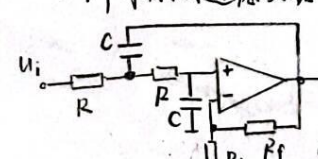
1. 有源低通滤波器

一阶: $H(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{A_0}{1+sRC}$

$H(j\omega) = \frac{A_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_H}}$ ($A_0 = 1 + \frac{R_f}{R_1}$, $\omega_H = \frac{1}{RC}$)



二阶有源低通滤波器:



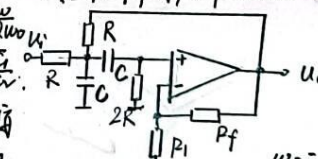
$A_0 = 1 + \frac{R_f}{R_1}$

$\omega_0 = \frac{1}{RC}$, $Q = \frac{1}{3-A_0}$

$H(j\omega) = \frac{A_0}{1 - (\frac{\omega}{\omega_0})^2 + j\frac{\omega}{Q\omega_0}}$

3. 二阶有源带通滤波器

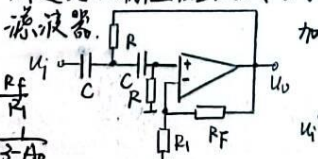
二阶低通滤波器其中一阶改为高通利或基本二阶有源带通滤波器



二阶有源低通滤波器 $Q = 0.707$ 时可得 40dB/十倍频衰减, 有较好衰减特性且在 ω_0 处出现峰值

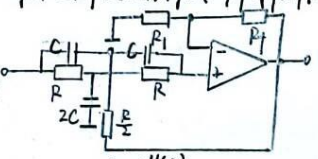
二阶有源高通滤波器

低通滤波器阻容互换, 成为高通滤波器。



二阶带阻滤波器

无源低通、高通滤波器构成 T 网络加同相比例放大器构成二阶有源带阻滤波器。



$A_u = \frac{1 - (\frac{\omega}{\omega_0})^2}{1 - (\frac{\omega}{\omega_0})^2 + j2(2-A_0)\frac{\omega}{\omega_0}}$, $Q = \frac{1}{2(2-A_0)}$

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。

画电路图并修改元器件参数，设置分析功能，仿真。

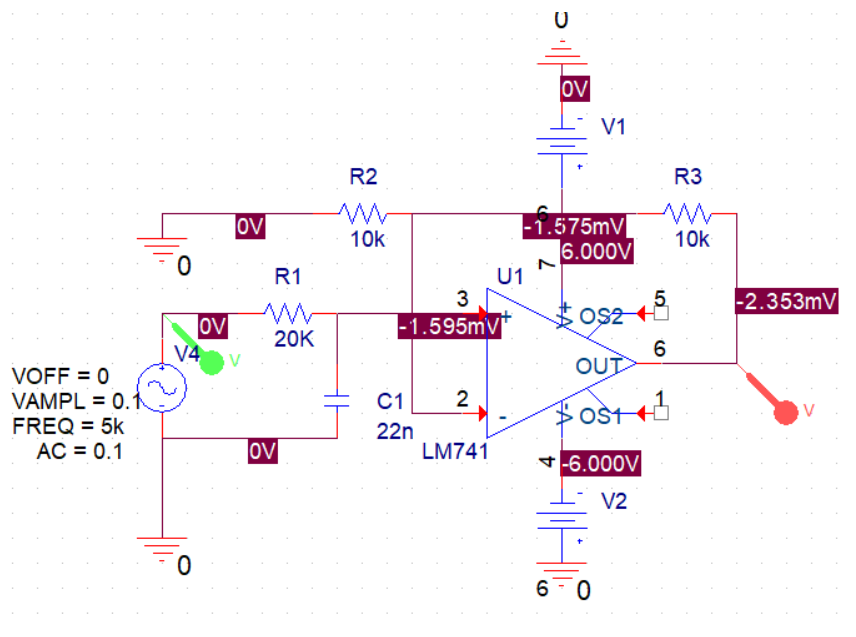
在进行带通滤波器仿真时，无法直接输入表达式测量中心频率，可使用光标选取最低点的方式解决。

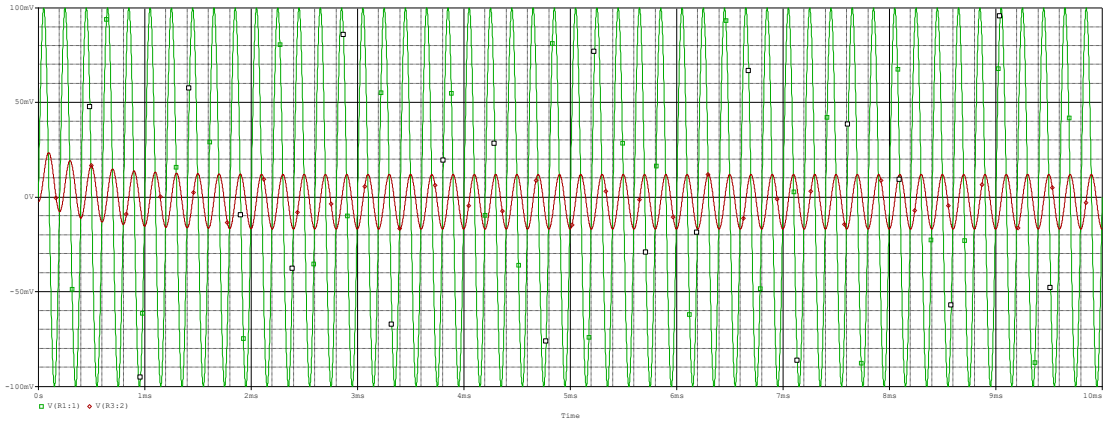
五、实验数据分析

（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和处理，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。）

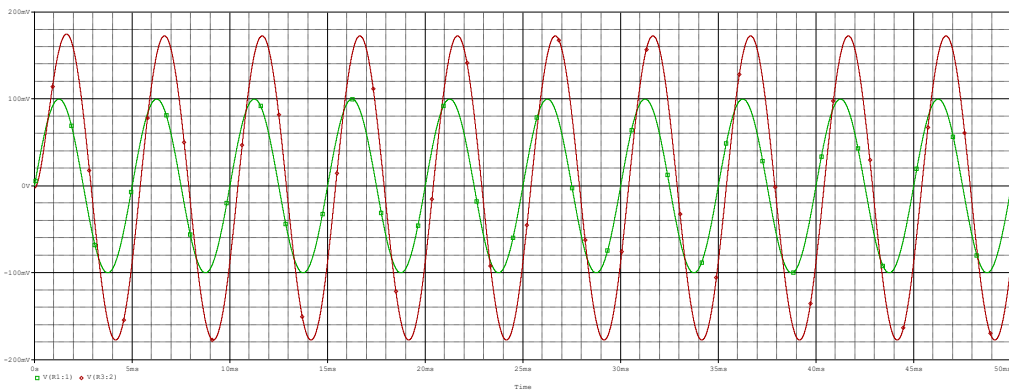
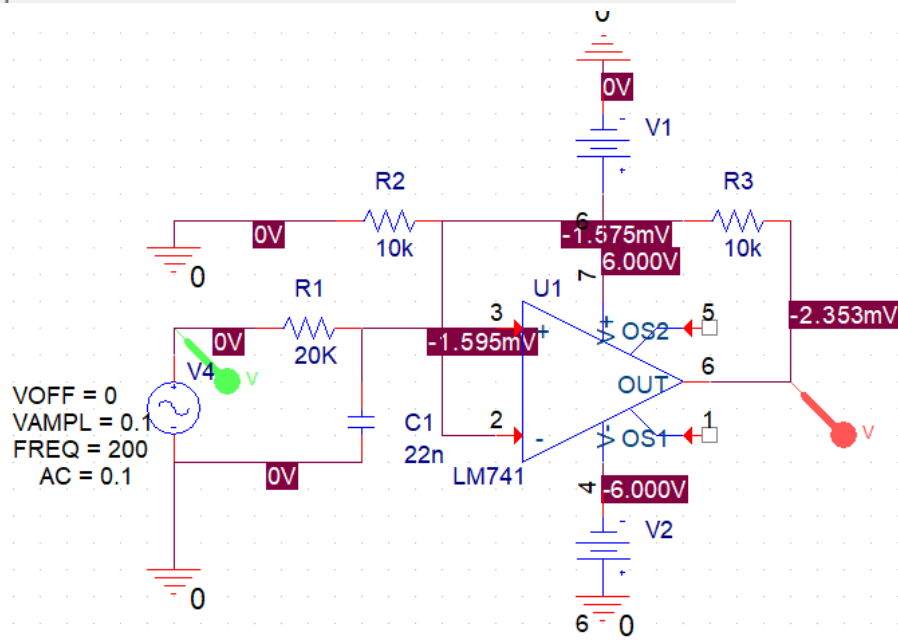
1、一阶有源低通滤波器实域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）

在两种输入条件下，测试并保存仿真电路图截屏和输入、输出波形图，测量输入信号和输出信号的幅值、周期等信息并截图。



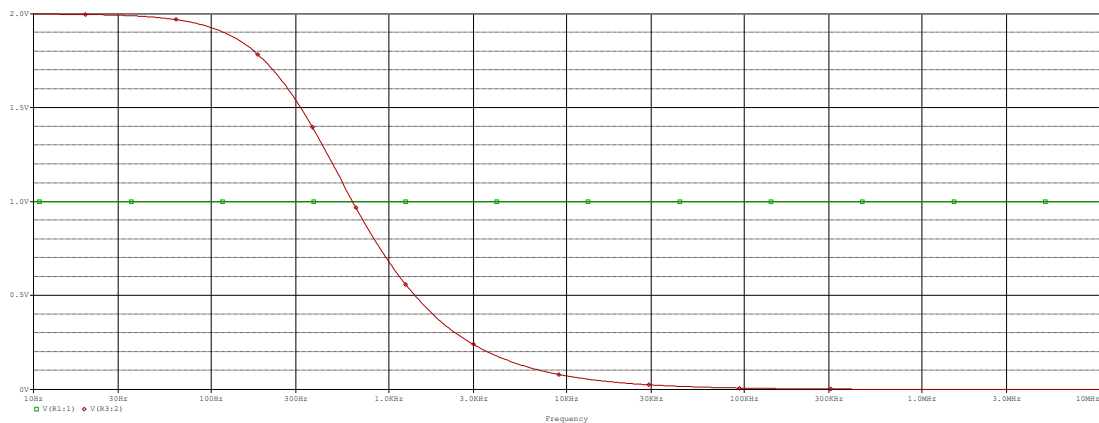
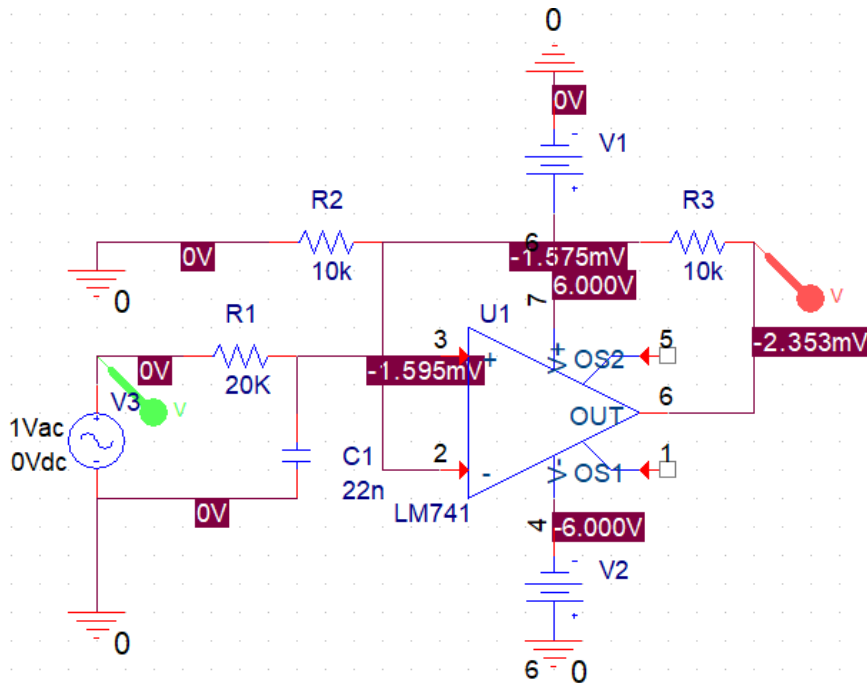


	Evaluate	Measurement	Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	Max(V(N00392))	23.62552m
	<input checked="" type="checkbox"/>	Period(V(N00392))	212.24427u
	<input checked="" type="checkbox"/>	Max(V(V4:+))	99.99610m
	<input checked="" type="checkbox"/>	Period(V(V4:+))	199.99999u



	Evaluate	Measurement	Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	Max(V(N00392))	174.68635m
	<input checked="" type="checkbox"/>	Period(V(N00392))	5.34565m
	<input checked="" type="checkbox"/>	Max(V(V4:~))	100.00000m
	<input checked="" type="checkbox"/>	Period(V(V4:~))	5.00000m

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

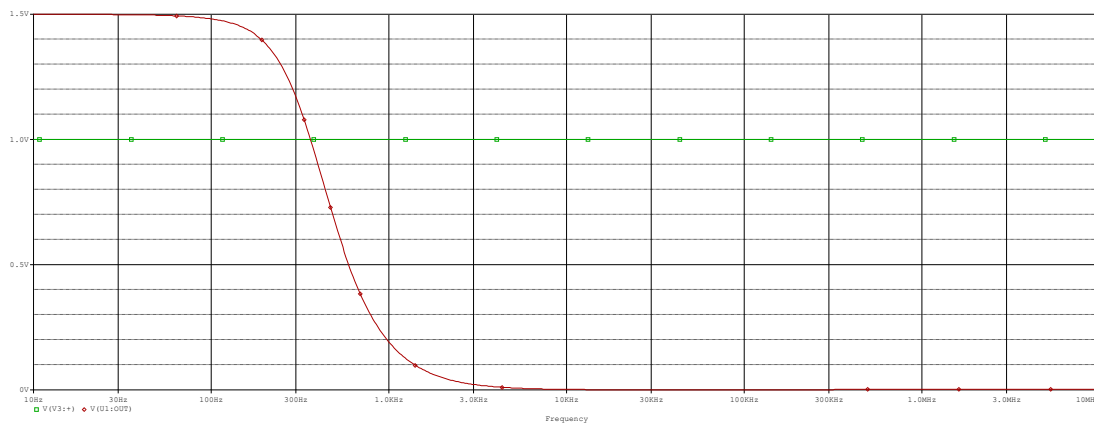
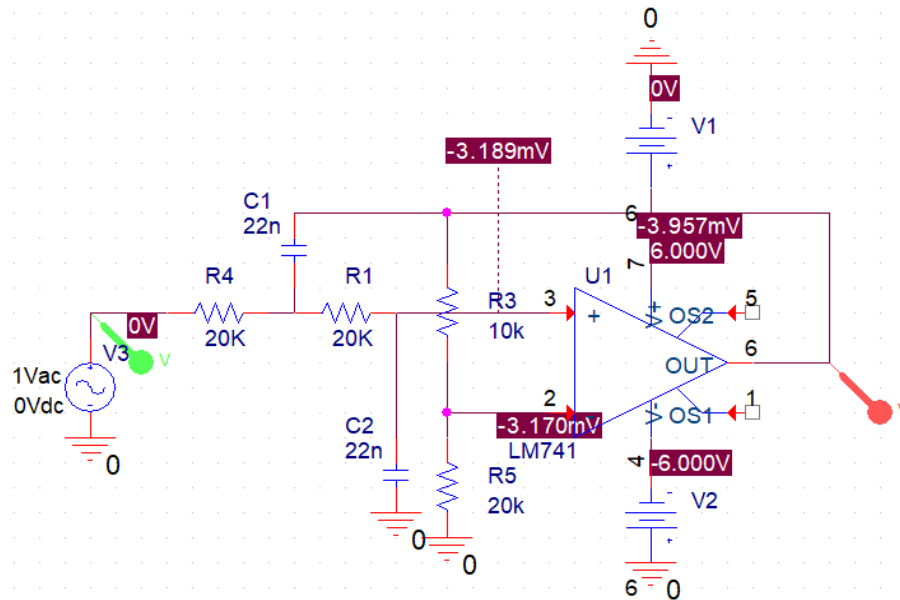


	Evaluate	Measurement	Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff_Lowpass_3dB(V(N00392))	361.13203

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）
保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图，测量其截止频率并截图。通过改变 R_3 , R_4 的大小，来改变 Q 值的大小，需测试 3 种不同 Q 值下的波形。分析 Q 值大小对于二阶有源低通滤波器幅频特性的影响，并同一阶有源滤波器幅频特性进行比较。

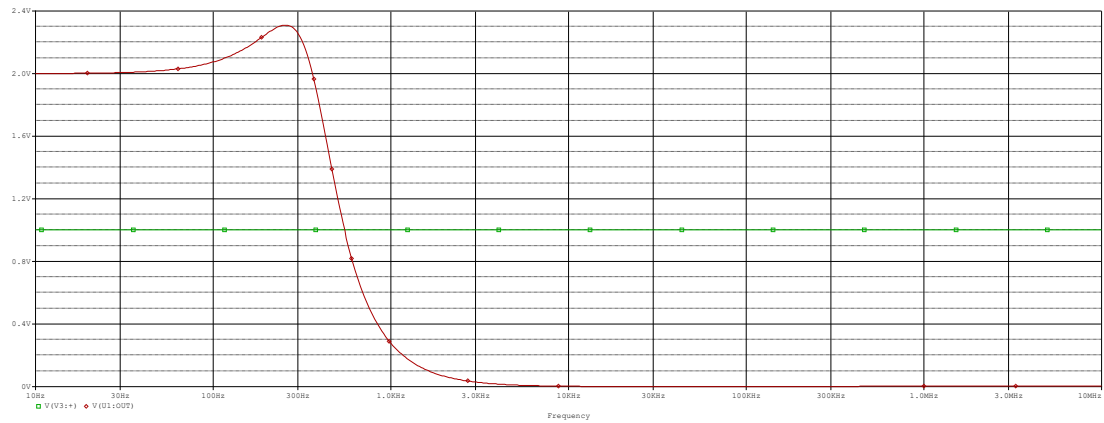
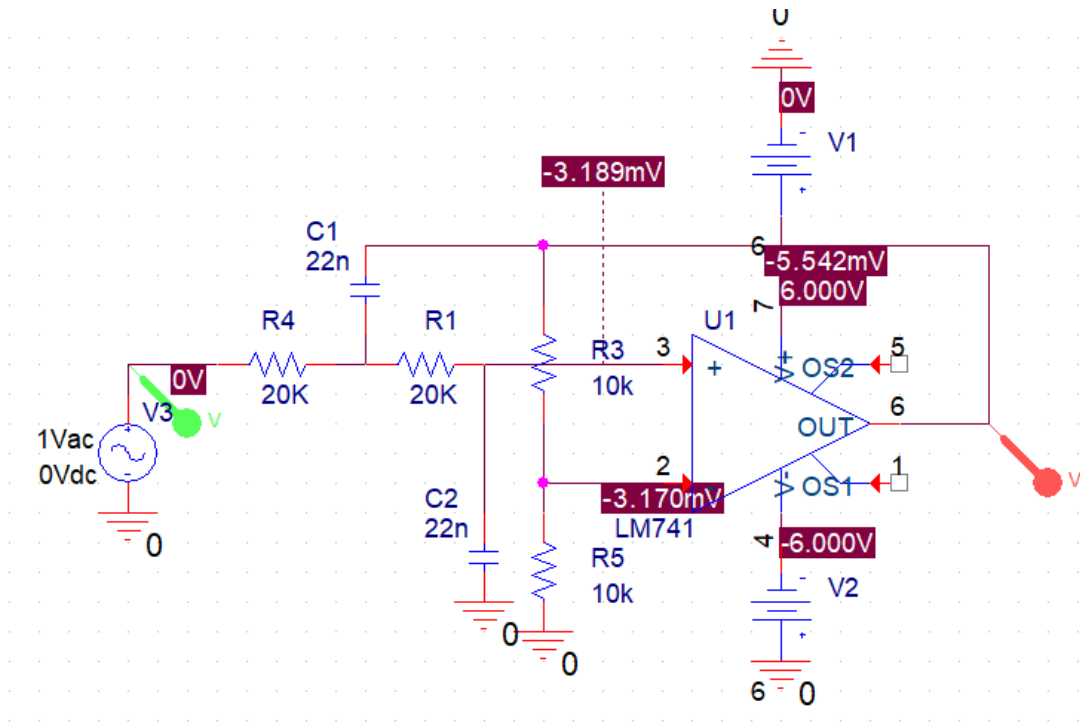
改变 R_3 , R_4 的大小, 在 $Q=\infty$ 时, 选择一合适的输入电压 (幅值、频率), 测试此电路的实域波形并保存, 观察输入电压 V_{SIN} 和输出电压 V_{out} 之间的关系, 得出结论, 分析理论和仿真是否一致。

Q=1:



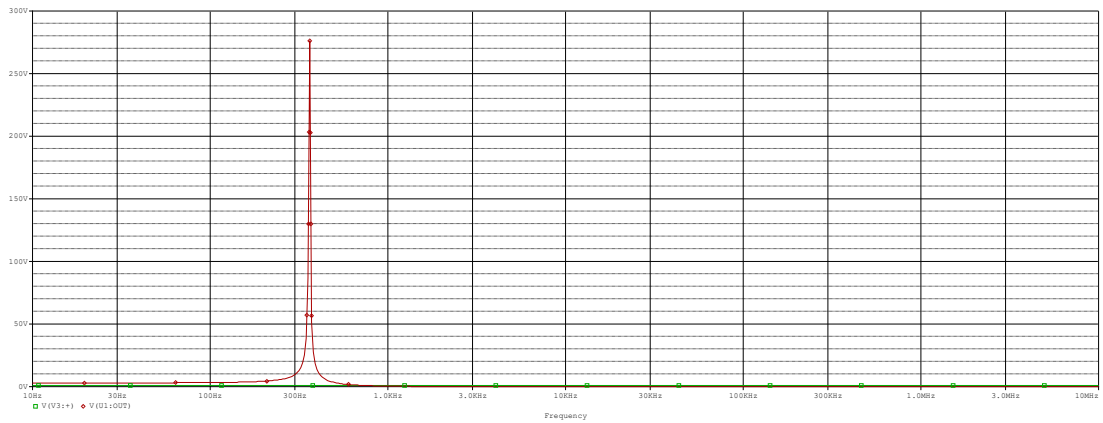
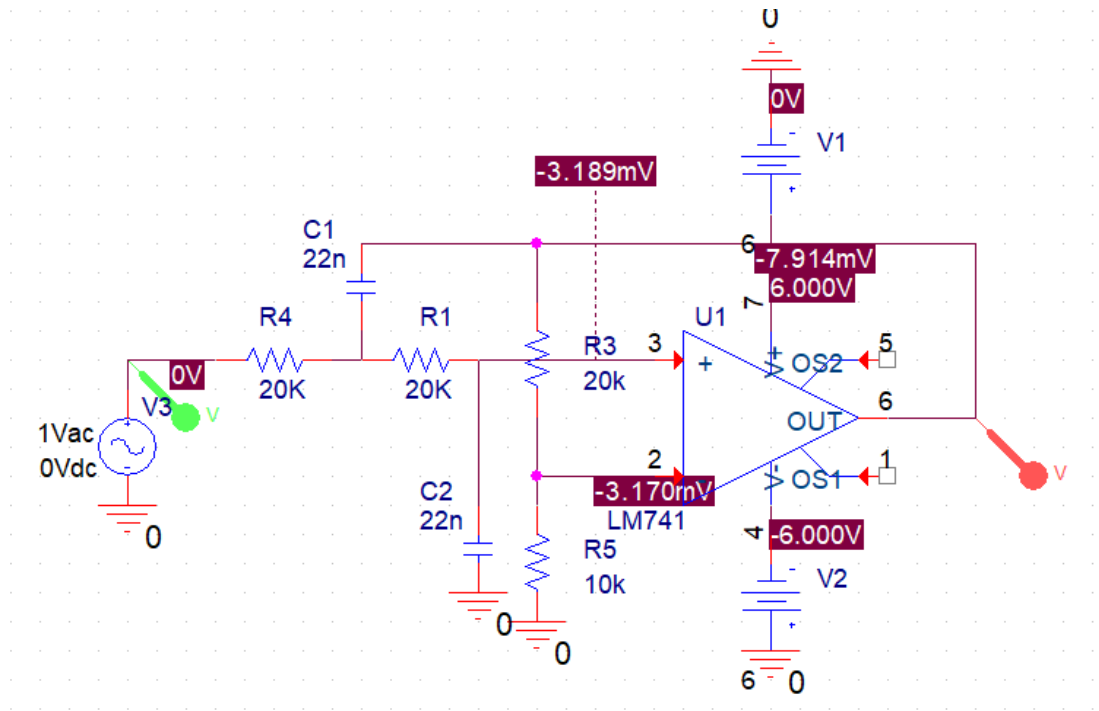
	Evaluate	Measurement	Value
	<input type="checkbox"/>	CenterFrequency(V(N00392),3)	
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff_Lowpass_3dB(V(N00392))	339.43406
	<input type="checkbox"/>	Cutoff_Highpass_3dB(V(N00392))	

Q=2:



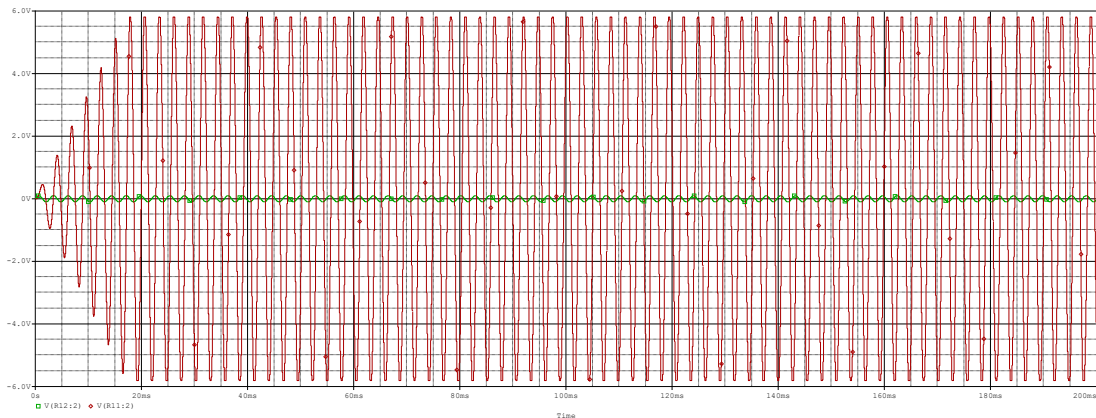
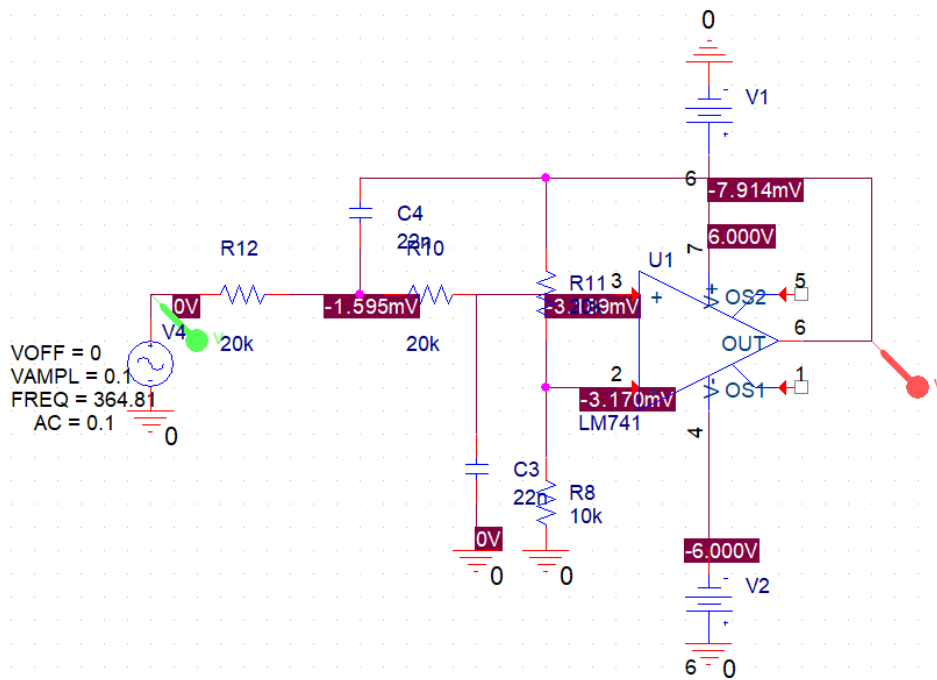
<input type="checkbox"/>	CenterFrequency(V(N00392),3)	
<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff_Lowpass_3dB(V(N00392))	422.15513
<input type="checkbox"/>	Cutoff_Highpass_3dB(V(N00392))	

$Q = \infty$:



<input type="checkbox"/>	CenterFrequency(V(N00392),3)	
<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff_Lowpass_3dB(V(N00392))	364.81335
<input type="checkbox"/>	Cutoff_Highpass_3dB(V(N00392))	

当 $Q > 1$ 时, $f = f_0$ 的电压放大倍数 $|A_u|$ 大于通带放大倍数 $|A_{up}|$, 且 Q 越大, $f = f_0$ 时 $|A_u|$ 越大。

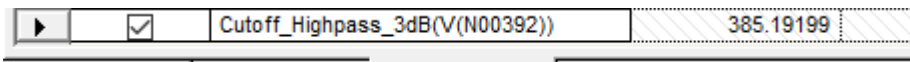
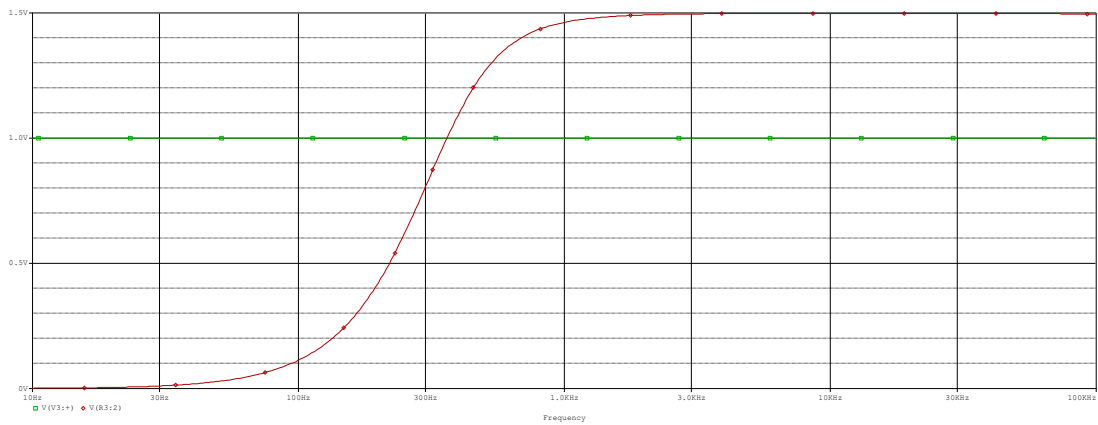
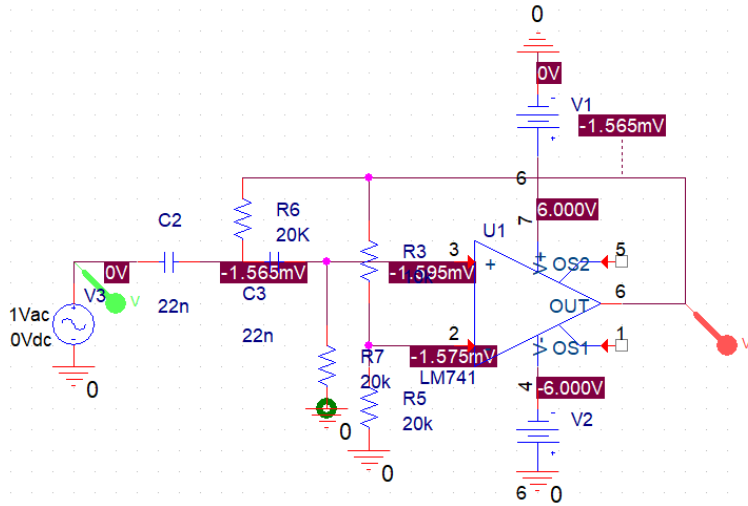


	Evaluate	Measurement	Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	Period(V(N00392))	3.15048m
	<input checked="" type="checkbox"/>	Max(V(N00392))	5.81609

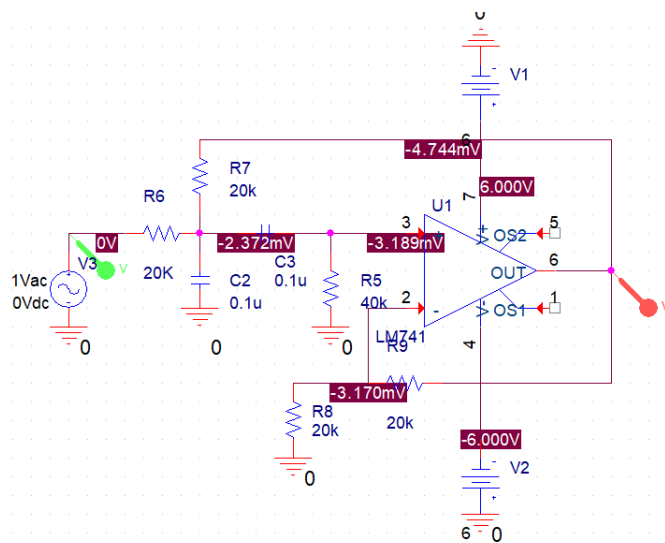
$Q=\infty$ 时，若输入频率为 f_0 ，电路产生自激振荡， V_{out} 开始时逐渐变大，最终为稳定的正弦波，与 V_{sin} 周期相同。

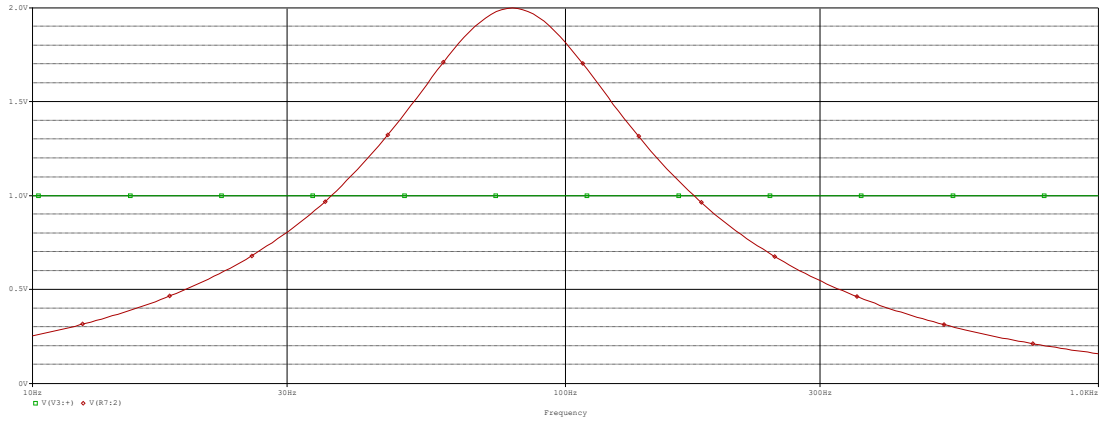
4、二阶有源高通滤波器频域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）

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



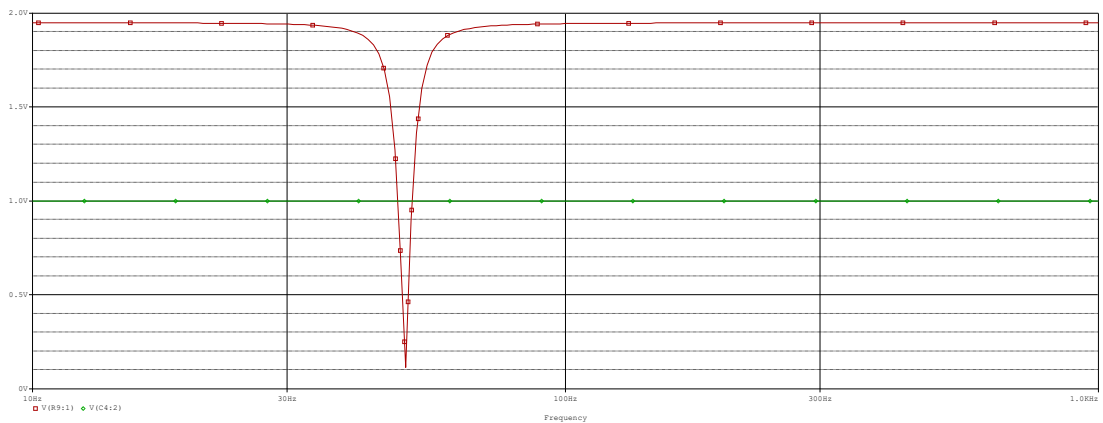
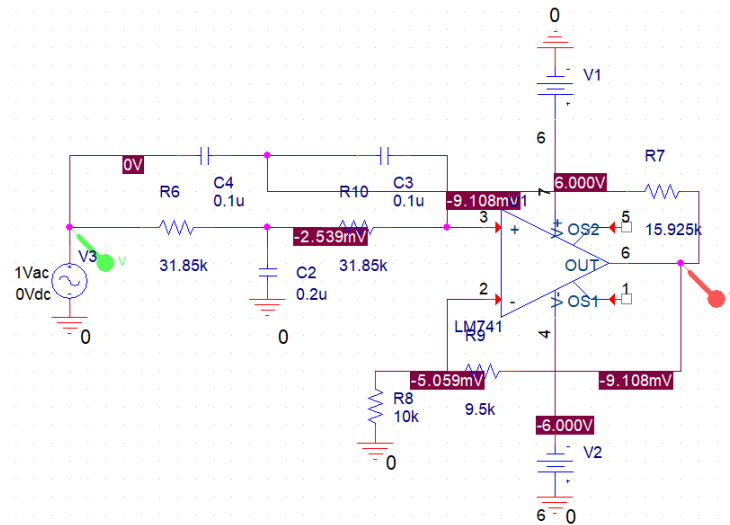
5、二阶有源带通滤波器频域仿真：（打印出电路图，和输出波形图，贴上）
保存仿真电路图截屏和输出波形 V_{out} 图，测量其中心频率并截图，同计算的中心频率相比较，得出实验和理论分析结论。





	Evaluate	Measurement	Value
	<input checked="" type="checkbox"/>	CenterFrequency(V(N00392),3)	88.91548
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff_Lowpass_3dB(V(N00392))	128.60017
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff_Highpass_3dB(V(N00392))	49.23079

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



Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1 - Y2
	X Values	50.119	68.835	-18.716	Y1 - Y1(
CURSOR 1,2	V(R9:1)	115.334m	1.9257	-1.8104	0.000
	V(C4:2)	1.0000	1.0000	0.000	884.666r

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。

无源滤波器的放大倍数小于 1，而有源滤波器对相应频率的放大倍数可以大于 1。无源滤波器的放大倍数、阻抗与截止频率会随所接负载而变化，而有源滤波器此类参数与负载无关。

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，相比于单个运放，两个运放构成的电路可改变输入与输出阻抗。另一方面，可使用低通滤波器与高通滤波器搭建带通滤波器。

七、实验体会与建议