

实验八 有源滤波器的设计

姓名：夏卓 学号：2020303245

一、实验任务

(1) 根据所给元器件，设计一个低通有源滤波器，截至频率约为 159.2Hz，通带电压增益为 2，其中函数信号发生器输出正弦波， $V_{pp}=1V$ 。

(2) 通过示波器观察输入输出波形，并利用点频法画出该低通有源滤波器的幅频特性曲线（8 个点以上）。

(3) 在（1）的基础上设计后续电路实现一个带通有源滤波器，其中函数信号发生器输出正弦波， $V_{pp}=1V$ 。要求通带范围约：159.2Hz-1592.4Hz（通带电压增益为 4）。

(4) 通过示波器观察输入输出波形，并利用点频法画出该带通有源滤波器的幅频特性曲线（8 个点以上）。

二、实验原理

1、无源滤波器与有源滤波器的比较

无源滤波器：仅由无源元件(R、L 和 C)组成的滤波器，它是利用电容和电感元件的电抗随频率的变化而变化的原理构成的；

优点是：电路比较简单，不需要直流电源供电，可靠性高，成本低廉；

缺点是：通带内的信号有能量损耗，负载效应比较明显，使用电感元件时容易引起电磁感应，当电感 L 较大时滤波器的体积和重量都比较大，在低频域不适用。

有源滤波器：由无源元件(R 和 C)和有源器件(如集成运算放大器)组成。

优点是：通带内的信号不仅没有能量损耗，而且还可以放大，负载效应不明显，多级相联时相互影响很小，利用级联的简单方法很容易构成高阶滤波器，并且滤波器的体积小、重量轻、不需要磁屏蔽(因为不使用电感元件)；

缺点是：通带范围受有源器件的带宽限制，需要直流电源供电，可靠性不如无源滤波器高，在高压、高频、大功率的场合不适用。

2、有源滤波器的设计原理

常用的四种有源滤波器幅频特性曲线如下图所示：

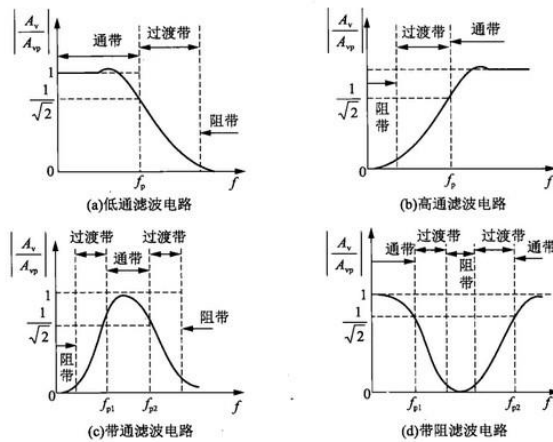
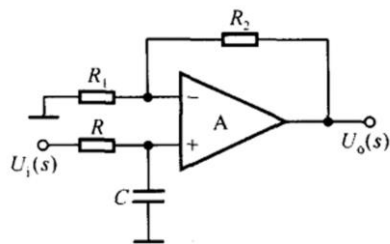


图 7.17 滤波电路的幅频特性

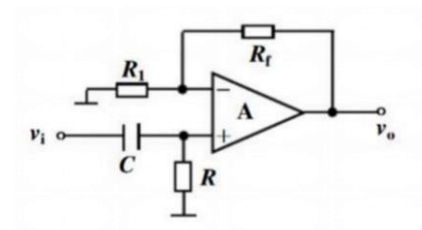
一阶有源低通滤波器设计电路



$$\text{截至频率为: } f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\text{通带电压增益: } A_u = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

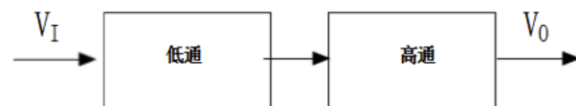
一阶有源高通滤波器设计电路



$$\text{截至频率为: } f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\text{通带电压增益: } A_u = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

带通滤波器设计电路：



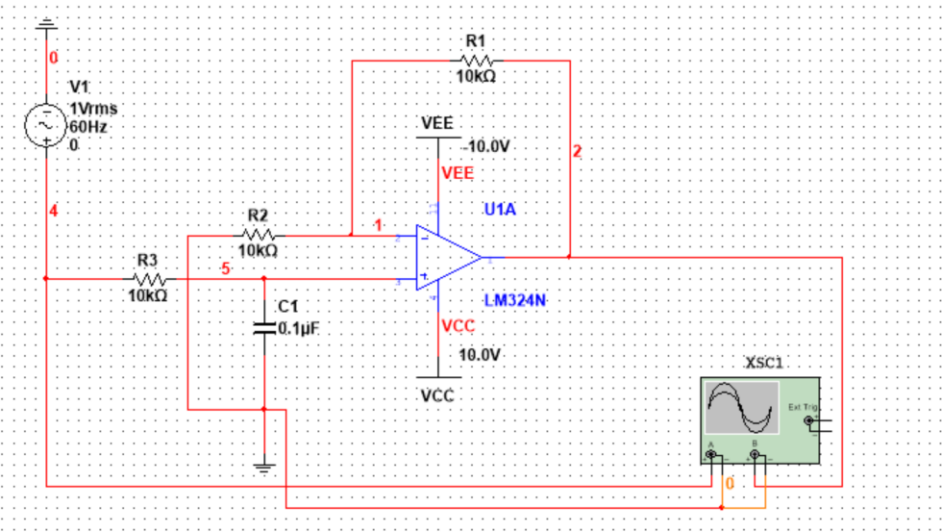
可以看成是由一个低通滤波器串联一个高通滤波器而成。

其中低通特征角频率为 $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_1}$ ，高通特征角频率为 $\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2}$ ，且必

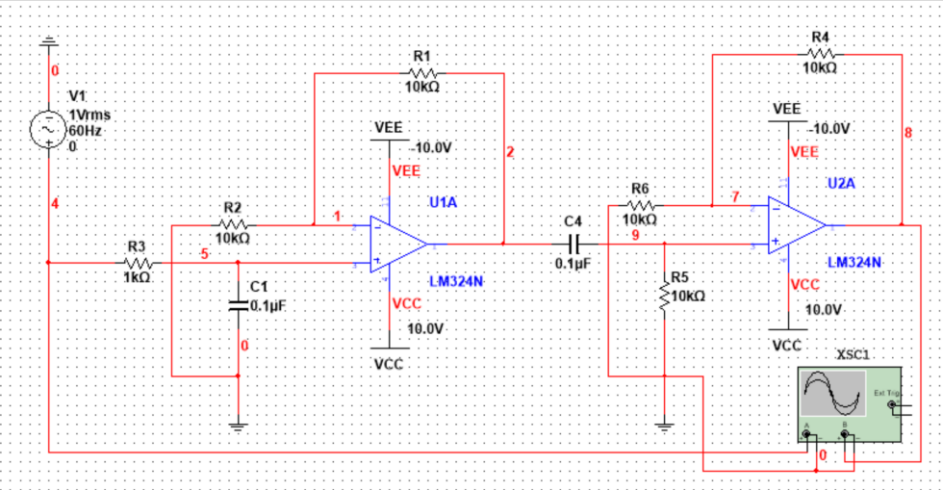
须满足 $\omega_2 < \omega_1$

三、实验电路方案

低通有源滤波器：



带通有源滤波器：



四、测试与分析

1. 测试用仪器

仪器名称	数量
直流稳压电源	2
函数信号发生器	1
示波器	1
面包板	1
电容箱	2

LM324 模块	1
1K Ω 电阻	1
10K Ω 电阻	5
导线	若干

2. 测试步骤

(1) 根据实验电路图连接电路，构成一个低通有源滤波器，因为截至频率需约为 159.2Hz，通带电压增益为 2，因此令 $R=10k\Omega$, $C=0.1\mu F$, $R1=R2$ 即可。调节函数信号发生器输出正弦波， $V_{pp}=1V$ 。

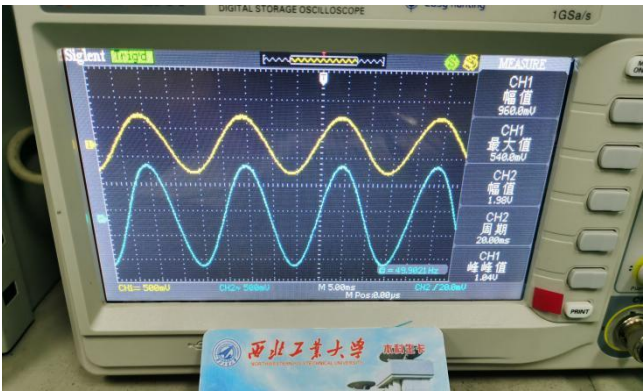
(2) 通过示波器观察输入输出波形，记录不同频率下输出电压的大小，并利用点频法画出幅频特性曲线。

(3) 在（1）的基础上根据实验电路图连接电路，构成一个带通有源滤波器，因为要求通带范围约 159.2Hz~1592.4Hz，通带电压增益为 4，因此令低通滤波器中 $R=1k\Omega$, $C=0.1\mu F$, $R1=R2$ ；高通滤波器中 $R=10k\Omega$, $C=0.1\mu F$, $R1=R2$ 即可。

(4) 通过示波器观察输入输出波形，记录不同频率下输出电压的大小，并利用点频法画出幅频特性曲线。

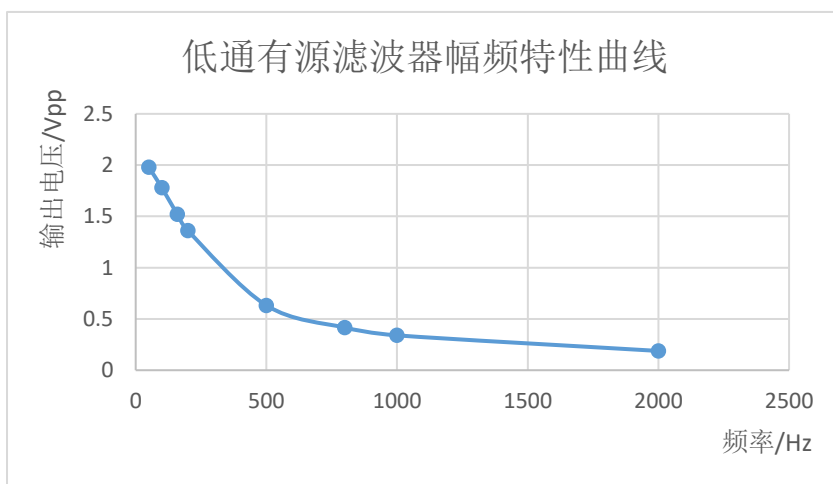
3. 数据记录

(1) 低通有源滤波器波形

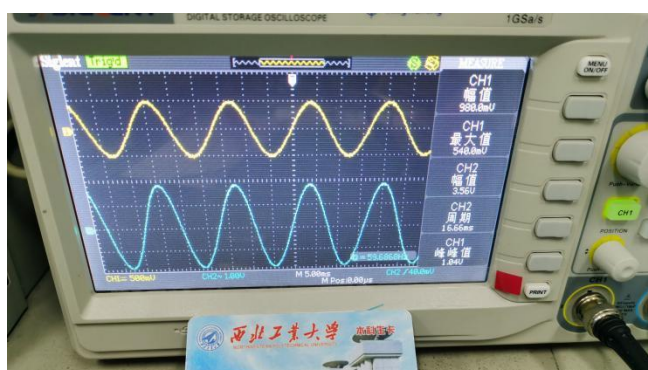


(2) 不同输入频率下对应的输出电压

频率/Hz	50	100	159.2	200	500	800	1000	2000
幅度/V	1.98	1.78	1.52	1.36	0.632	0.416	0.340	0.188

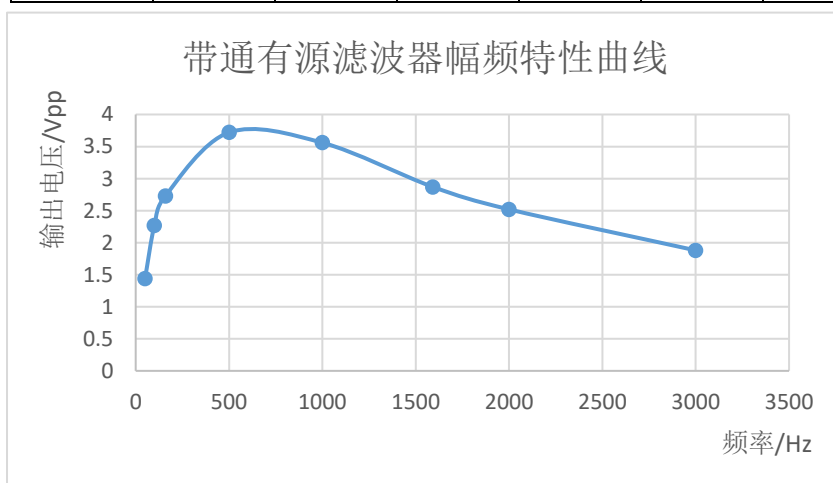


(3) 带通有源滤波器波形



(4) 不同输入频率下对应的输出电压

频率/Hz	50	100	159.2	500	1000	1592	2000	3000
幅度/V	1.44	2.27	2.73	3.72	3.56	2.87	2.52	1.88



五、分析与结论

1、思考如何取测数据才能正确的测出电路的幅频特性？

答：采用点频法测量幅频特性曲线时，可以在输出电压变化快的频率段选取更多的采样点，在输出电压变化慢的频率段只需选取具有代表性的少数几个点即可，这样可以使得曲线拟合的更好。

2、根据测试数据和波形，分析测试结果总结相关内容。

答：由测试所得频率特性曲线可知，设计电路基本满足设计要求，成功实现了低通有源滤波器，并在此基础上串联了一个高通滤波器得到了带通滤波器。实际滤波器的幅频特性曲线都存在一个过渡带，与理想滤波器之间存在一定误差，设计一个好的滤波器即是尽可能使得过渡带变窄。通过本次实验，我感受到了设计一个满足需求的电路的基本思路，通过将平常积累的简单电路模型进行搭接即可得到新的电路模型。