

# 实验九. 滤波器仿真一

## 一. 实验目的

1. 掌握一般无源、有源滤波器的原理设计及组成元件参数的调整方法;
2. 分析了解影响滤波效果的一些参数。

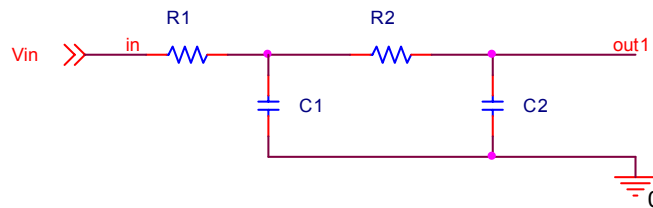
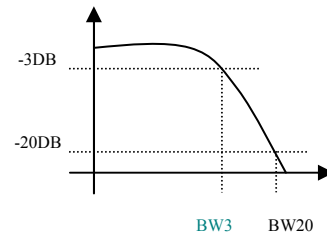
## 二. 实验内容

1. 设计二、三阶无源 RC 低通滤波器, 其高端截止频率为  $f_c=1\text{kHz}$ , 参见实图 9.2 (A)、(B), 试用值: (a)  $R_1=R_2=1.2\text{K}$ ,  $C_1=C_2=0.047\mu$   
(b)  $R_3=R_4=R_5=1\text{K}$ ,  $C_3=C_4=C_5=0.033\mu$   
仿真滤波器幅频、相频特性曲线, 由图求出矩形系数。

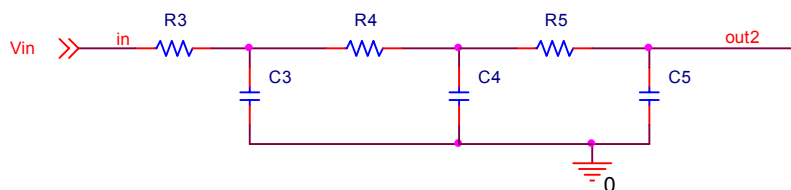
矩形系数定义:

$$\text{矩形系数} = \text{BW}_{20} / \text{BW}_3$$

其中  $\text{BW}_{20}$  为 20dB 带宽;  
 $\text{BW}_3$  为 3dB 带宽。

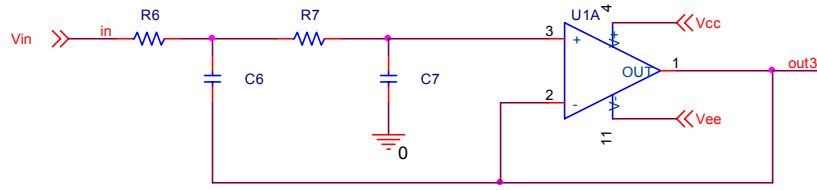


实图 9.2 (A) 二阶无源 RC 低通滤波器

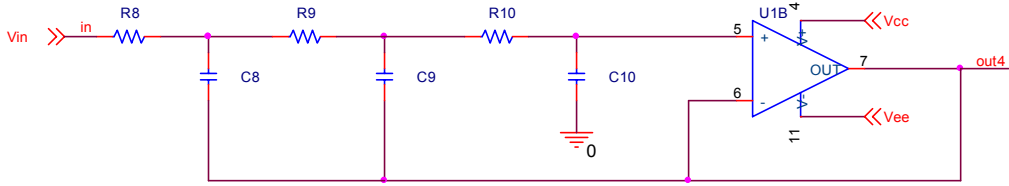


实图 9.2 (B) 三阶无源 RC 低通滤波器

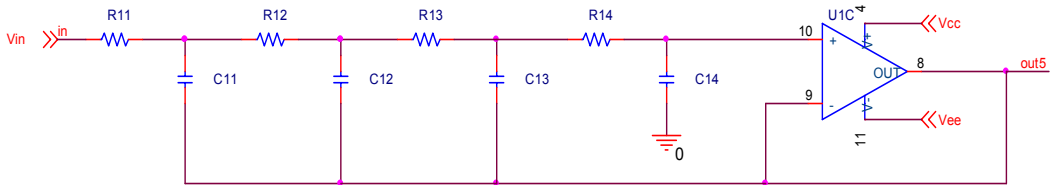
2. 设计二、三、四阶有源低通滤波器, 其高端截止频率为  $f_c=1\text{kHz}$ , 参见实图 9.3, 试用值: (a)  $R_6=R_7=4.7\text{k}$ ,  $C_6=C_7=0.022\mu$   
(b)  $R_8=R_9=R_{10}=5.6\text{k}$   $C_8=C_9=C_{10}=0.015\mu$   
(c)  $R_{11}=R_{12}=R_{13}=R_{14}=4.7\text{k}$   $C_{11}=C_{12}=C_{13}=C_{14}=0.015\mu$   
仿真滤波器幅频特性曲线, 由图求出矩形系数。



实图 9.3 (A) 二阶有源低通滤波器



实图 9.3 (B) 三阶有源低通滤波器

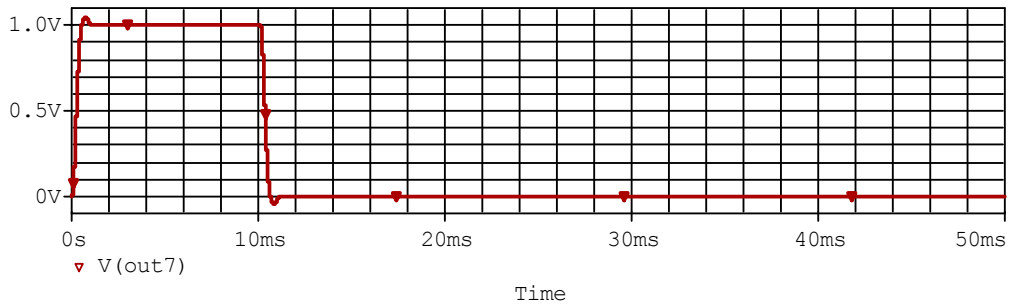


实图 9.3 (C) 四阶有源低通滤波器

- 对二阶有源低通滤波器 (实图 9.3 (A)), 改变  $C7$  大小,  $C7=2200p, 4700p, 0.022u, 0.047u, 0.22u$ , 进行参量扫描, 观察其幅频特性的不同。(为便于观察区别, 作幅频曲线时纵坐标用增益值, 而不要用  $DB$  坐标。参数扫描时采用 Value List 选项)。
- 对二阶有源低通滤波器 (实图 9.3 (A)), 取  $C6 = 2C7 = 0.044uF$ , 通过 Time Domain 扫描观测输入脉冲信号的脉冲响应, 注意观察过冲现象 (如下图)。

脉冲信号设置如下:

V1	V2	TD	TR	TF	PW	PER
0	1v	10ns	10ns	10ns	10ms	50ms



### 选做题

- \*设计二、三阶无源  $RC$  高通滤波器, 其低端截止频率为  $1kHz$ , 对设计电路进行仿真实验, 得到滤波器的幅频和相频特性曲线, 根据仿真结果和设计要求对电路元件参数作调

整，尽量达到满意效果。在曲线中寻找并比较增益衰减 20dB 的频率点。

6. \*设计二、三、四阶有源高通滤波器，其低端截止频率为 1kHz，对设计电路进行仿真实验，得到滤波器的幅频和相频特性曲线，根据仿真结果和设计要求对电路元件参数作调整，尽量达到满意效果。在曲线中寻找并比较增益衰减 20dB 的频率点。

提示：选择高通滤波器的电容取值与相应低通滤波器的电容取值相同，选择合适的电阻取值（注意选取实际应用中电阻的标称阻值），使其低端截止频率满足设计要求。

例如：选择二阶无源 RC 高通滤波器的电容取值为 0.047 $\mu$ ，通过仿真发现，当电阻取 9.1k 欧姆时可以满足设计要求。

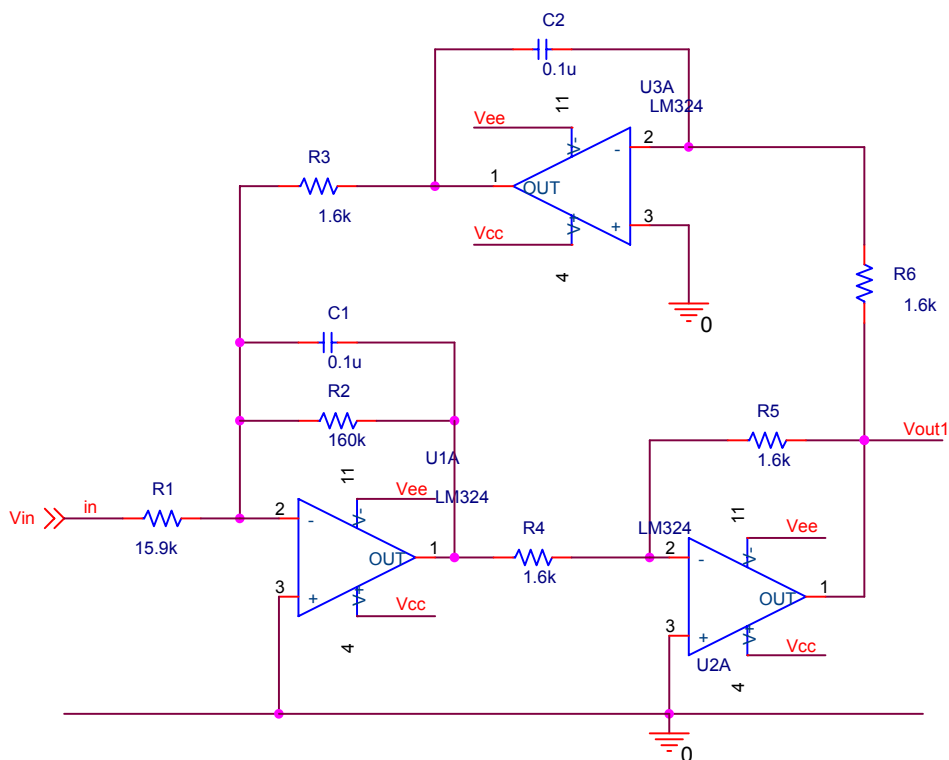
7. 实图 9.4 给出了一个二阶双二次有源带通滤波器，图中  $C1=C2=C$ ,  $R4=R5=R6$ ，电路参数

如下：增益  $G = \frac{R_2}{R_1}$

带宽  $B = \frac{1}{R_2 C}$

中心频率  $\omega_0^2 = \frac{1}{R_3 R_4 C^2}$

试通过仿真作出其幅频特性曲线，并测出增益、带宽和中心频率，比较与设计值是否相符。试改变电路参数，体会此滤波器的优点（增益、带宽和中心频率可独立调节）。



实图 9.4 二阶双二次有源带通滤波器

### 三. 思考题

1. 说明对电路参数调整的经过，分析理论设计产生误差的原因
2. 比较各种低通滤波器的幅频、相频特性，分析有源和无源、低阶和高阶滤波器的区别。
3. 比较各种高通滤波器的幅频、相频特性，分析有源和无源、低阶和高阶滤波器的区别。
4. 试从理论上证明二阶 RC 有源低通滤波器到高通滤波器的 RC: CR 变换，其中的放大器假设为理想运放。