

# 实验 8 数字滤波器设计 MATLAB 仿真

计算机 20-1 刘宇诺

## 【实验目的】

1、了解利用 MATLAB 信号处理工具箱进行 FIR 滤波器设计的几种方法：程序设计法、FilterDesigner 设计法、Simulink、filterbuilder、SPTool 分析法。

2、加深对 IIR 滤波器设计方法：脉冲响应不变法、双线性变换法的了解、窗函数法和频率采样法的了解；

3、加深对 FIR 滤波器设计方法：窗函数法的了解；

4、掌握 MATLAB 进行滤波器设计的子函数。

## 【实验内容】

【例 8-1】利用脉冲响应不变法，用巴特沃斯滤波器原型设计一个低通滤波器，满足： $\omega_p = 0.2\pi$ ， $R_p = 1dB$ ， $\omega_s = 0.3\pi$ ， $A_s = 15dB$ ，采样频率为 10000Hz。

代码：

```
wp=0.2*pi;
```

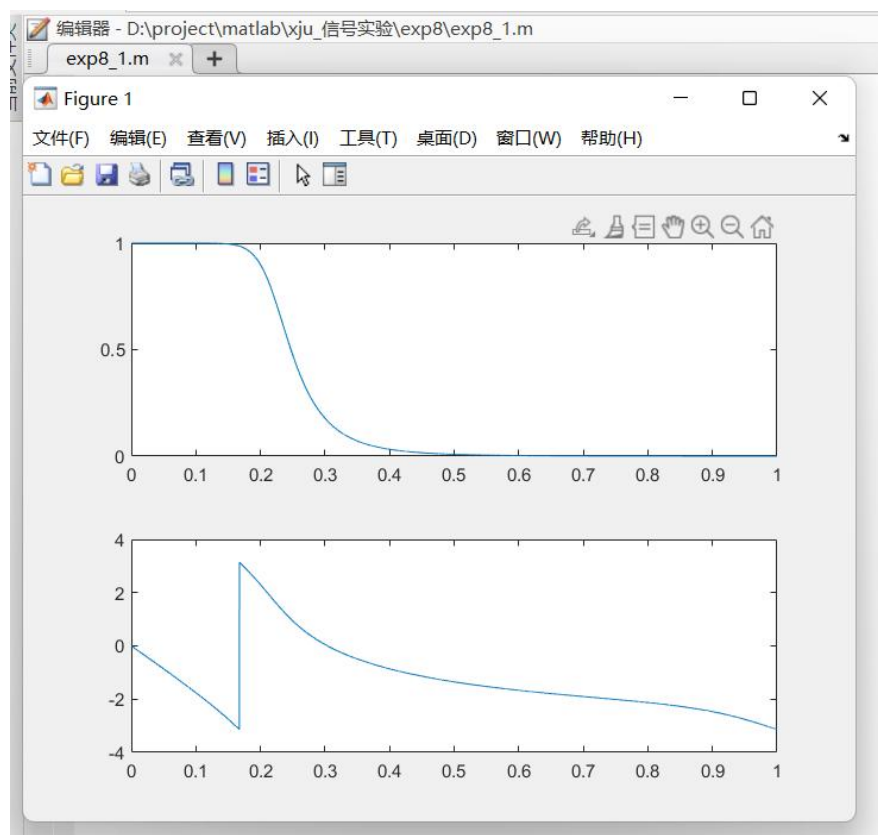
```
ws=0.3*pi;
```

```
rp=1;
```

```
rs=15;
```

```
fs=10000;
```

```
omgp=wp*fs;  
omgs=ws*fs;  
[n,omgc]=buttord(omgp,omgs,rp,rs,'s');  
[z,p,k]=buttap(n);  
[bap,aap]=zp2tf(z,p,k);  
[ba,aa]=lp2lp(bap,aap,omgc);  
[bz,az]=impinvar(ba,aa,fs);  
[H,w]=freqz(bz,az,fs);  
subplot(2,1,1),plot(w/pi,abs(H));  
subplot(2,1,2),plot(w/pi,angle(H));
```



【例 8-2】设计巴特沃斯高通数字滤波器，满足：通带边界频率为 400Hz，阻带边界频率为 200Hz，通带衰减小于 3dB，阻带衰减大于 15dB，采样频率为 1000Hz。

代码：

```
rp=3;

rs=15;

fs=1000;

wp=2*pi*400/fs;

ws=2*pi*200/fs;

wp2=2*tan(wp/2)*fs;

ws2=2*tan(ws/2)*fs;

[n,omgc]=buttord(wp2,ws2,rp,rs,'s');

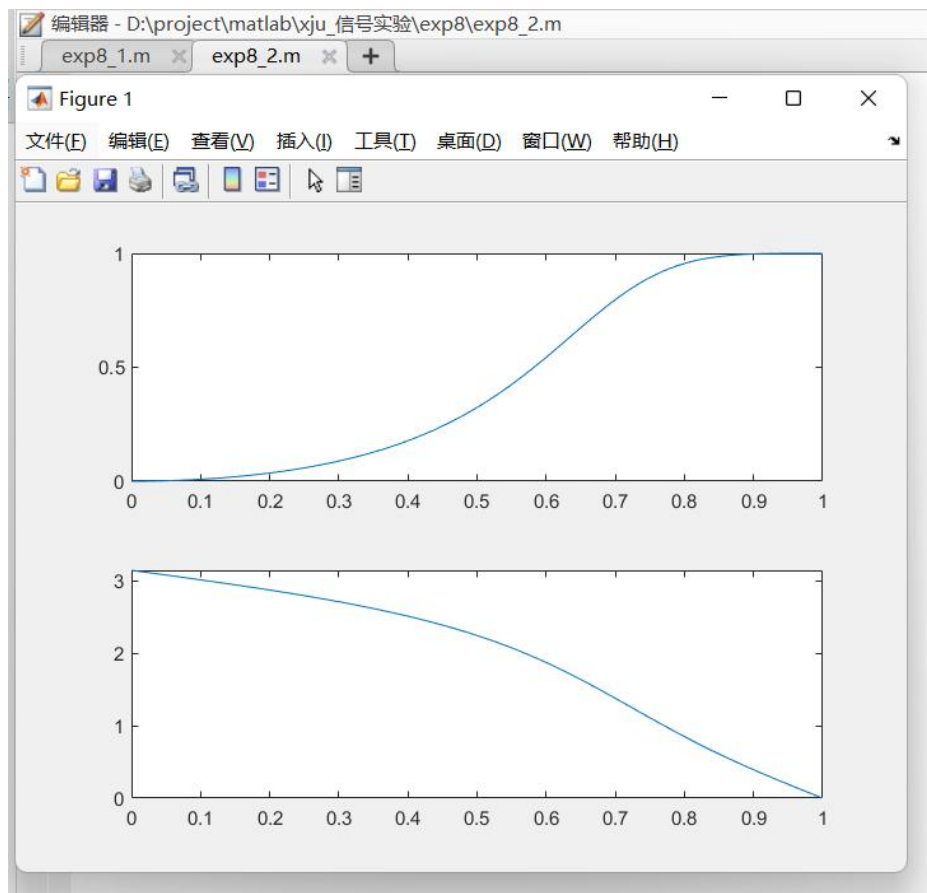
[b,a]=butter(n,omgc,'high','s');

[bz,az]=bilinear(b,a,fs);

[H,w]=freqz(bz,az,fs);

subplot(2,1,1),plot(w/pi,abs(H));

subplot(2,1,2),plot(w/pi,angle(H));
```

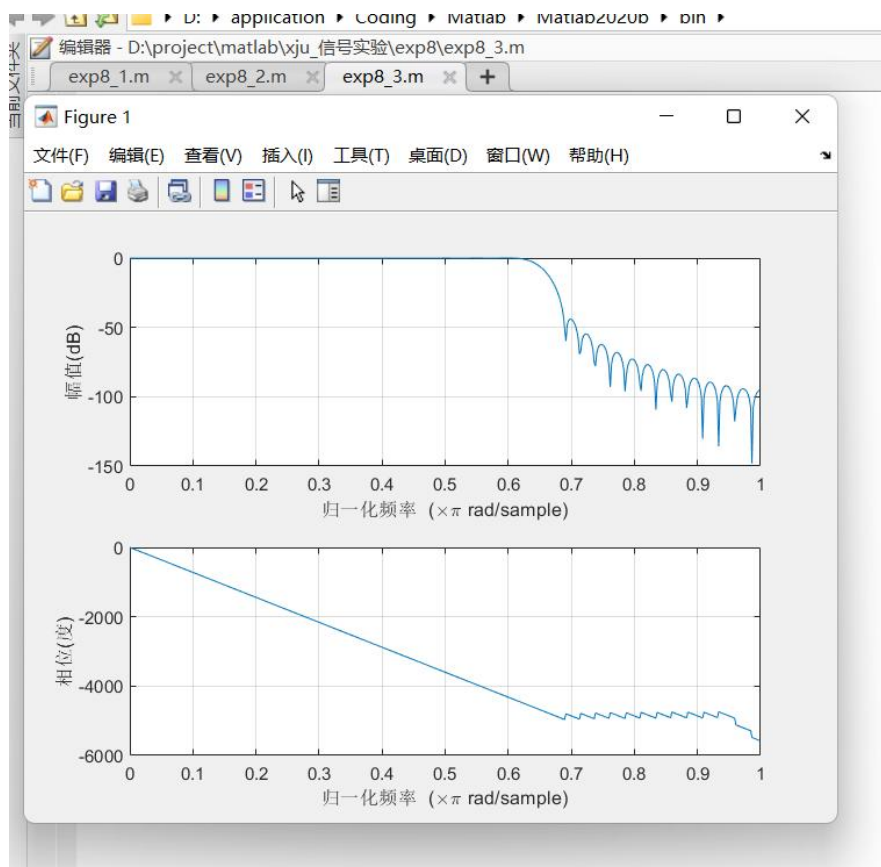


【例 8-3】用窗函数法设计一个线性相位 FIR 低通滤波器，满足：通带边界频率  $\omega_p = 0.6\pi$ ，阻带边界频率  $\omega_s = 0.7\pi$ ，阻带衰减不小于 50dB，通带波纹不大于 1dB。

代码：

```
wp=0.6*pi;  
ws=0.7*pi;  
N= ceil(8*pi/(ws-wp))  
if rem(N,2)==0  
N=N+1;  
end
```

```
Nw = N;  
  
wc =(wp+ws)/2;  
  
n=0:N-1;  
  
a=(N-1)/2;  
  
m =n-a+0.00001;  
  
hd =sin(wc*m)./(pi*m);  
  
win =(hanning(Nw))';  
  
h=hd.*win;  
  
b=h;  
  
freqz(b,1)
```



【例 8-4】用频率采样法设计一高通数字滤波器，满足：  
阻带边界频率  $\omega_s = 0.6\pi$ ，通带边界频率  $\omega_p = 0.8\pi$ ，设过渡带中的频率样本值为  $T_1 = 0.1095$ ， $T_2 = 0.598$ 。

代码：

```
N=37;

wp=0.8*pi;

ws=0.6*pi;

wc=(wp+ws)/2;

N1=fix(wc/(2*pi/N));

N2=N-2*N1-1;

A=[zeros(1,N1+1),ones(1,N2),zeros(1,N1)];

A(N1+2)=0.1095;

A(N-N1)=0.598;

thta=-pi*[0:N-1]*(N-1)/N;

H=A.*exp(j*thta);

h=real(ifft(H));

v=1:N;

subplot(2,2,1),

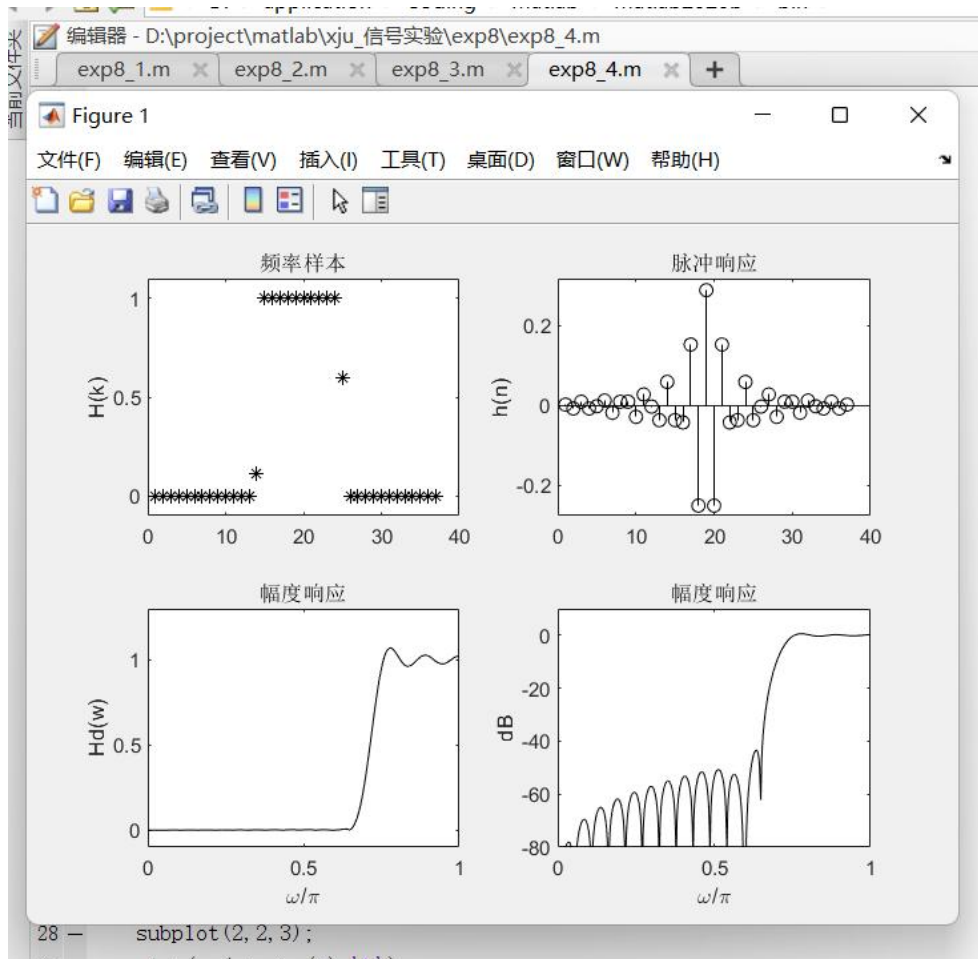
plot(v,A,'k*');

title('频率样本');

ylabel('H(k)');

axis([0,fix(N*1.1),-0.1,1.1]);
```

```
subplot(2,2,2),  
stem(v,h,'k');  
title('脉冲响应');  
ylabel('h(n)');  
axis([0,fix(N*1.1),min(h)*1.1,max(h)*1.1]);  
M=500;  
n1=[1:N];  
w=linspace(0,pi,M);  
X=h*exp(-j*n1'*w);  
subplot(2,2,3);  
plot(w./pi,abs(X),'k');  
xlabel('\omega/\pi');  
ylabel('Hd(w)');  
title('幅度响应');axis([0,1,-0.1,1.3]);  
subplot(2,2,4);  
plot(w./pi,20*log10(abs(X)),'k');  
title('幅度响应'),  
xlabel('\omega/\pi');  
ylabel('dB');  
axis([0,1,-80,10]);
```



【例 8-5】设计一个 ButterWorth 数字滤波器满足以下参数：  
 采样频率为 1Hz，通带临界频率  $W_p=0.2$ 、通带内衰减小于 1dB  
 ( $R_p=1$ )；阻带临界频率  $W_s=0.3$ 、阻带内衰减大于 25dB( $R_s=25$ )。

(1)直接法

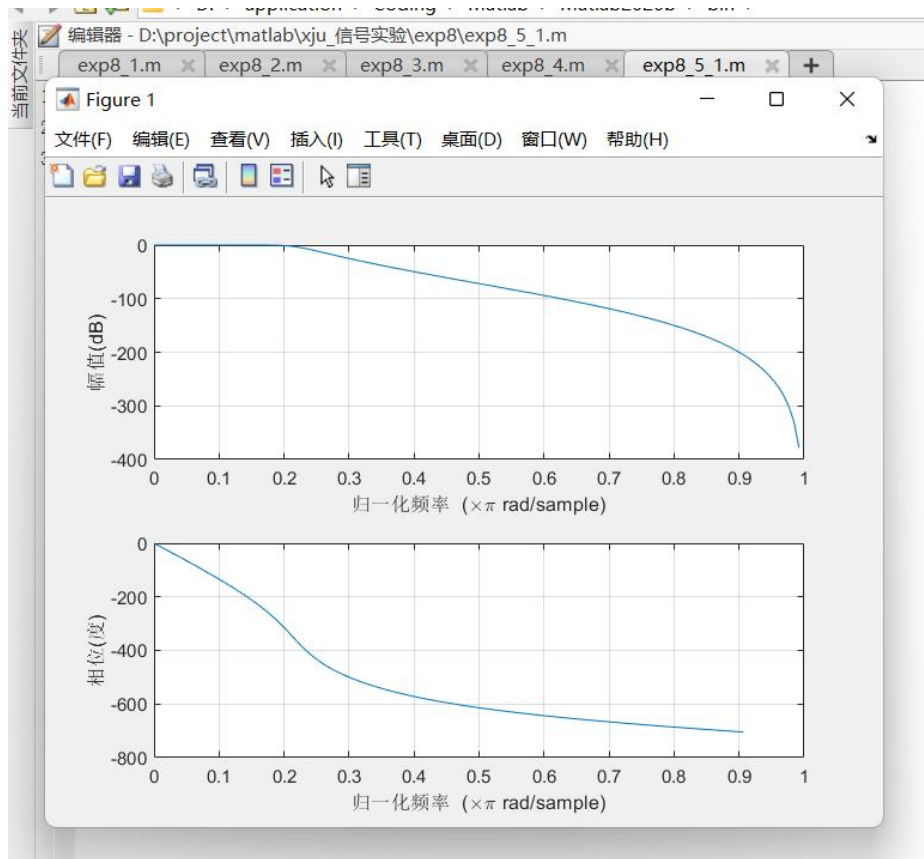
$[n, W_n] = \text{buttord}(0.2, 0.3, 1, 25);$

$[b, a] = \text{butter}(n, W_n);$

$\text{freqz}(b, a, 128);$

运行得幅频特性和相频特性如下：





(2)间接法:

脉冲响应不变法设计 ButterWorth(巴特沃斯)数字滤波器

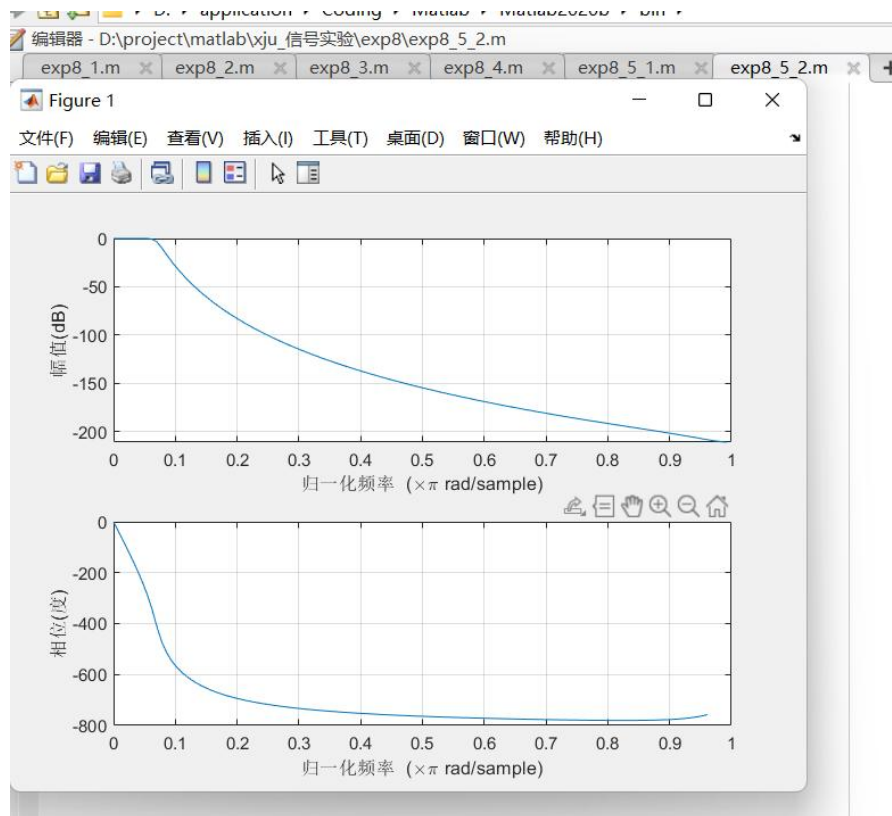
代码:

```
[n,Wn]=buttord(0.2,0.3,1,25,'s');
```

```
[b,a]=butter(n,Wn,'s');
```

```
[bz,az]=impinvar(b,a,1);
```

```
freqz(bz,az,128);
```



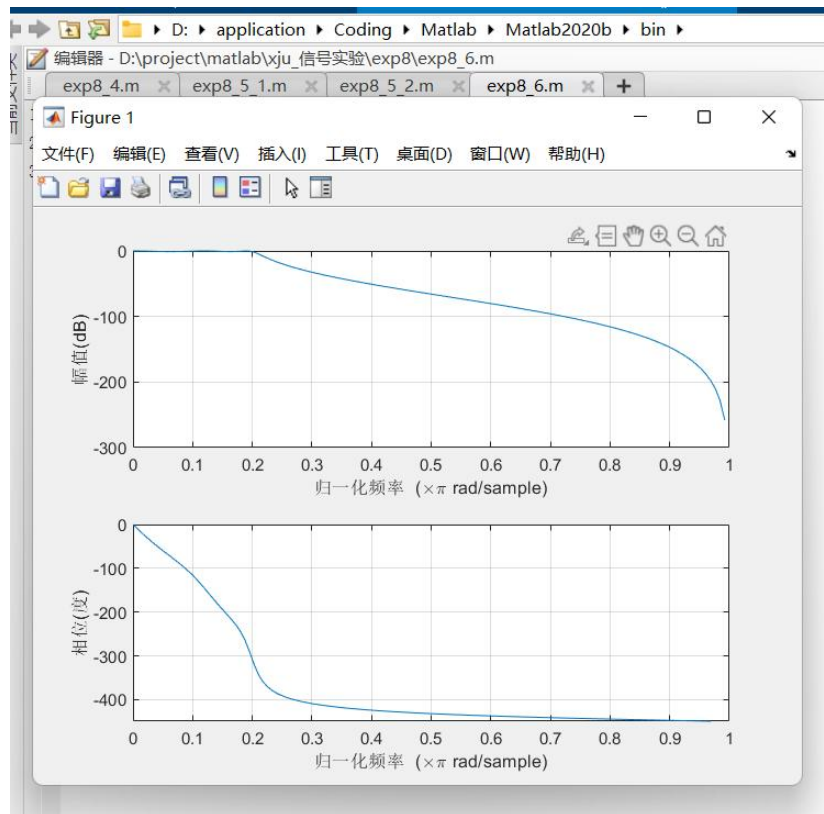
【例 8-6】设计一个 Chebyshev 数字滤波器知足以下参数：  
采样频率为 1Hz，通带临界频率  $W_p=0.2$ 、通带内衰减小于 1dB  
( $R_p=1$ )；阻带临界频率  $W_s=0.3$ 、阻带内衰减大于 25dB( $R_s=25$ )。

代码：

```
[n,Wn]= cheb1ord(0.2, 0.3, 1, 25);
```

```
[b,a]= cheby1(n,1, Wn);
```

```
freqz(b,a,128);
```



### 【例 8-7】

- (1) 设计三个频率混合的信号  $y$ , 频率可设为 30Hz、200Hz、100Hz;
- (2) 设计 3 个巴特沃斯模拟滤波器, 分别为低通、高通、带通;
- (3) 用双线性变换法将设计好的巴特沃斯滤波器转换为数字滤波器;
- (4) 对混合信号  $y$  进行滤波;
- (5) 比较滤波前后信号各分量的变化;

代码:

```
clc;
```

```
Fs=4000;
```

```
t=0:1/Fs:1;

x=sin(2*pi*20*t)+sin(2*pi*100*t)+sin(2*pi*200*t);

%低通滤波器设计:

wp=2*30/Fs;

ws=2*60/Fs;

Rp=1;

As=30;

subplot(331);

plot(t,x);

title('原始信号');

[N,wc]=buttord(wp,ws,Rp,As);

[B,A]=butter(N,wc);

[H,W]=freqz(B,A);

y=filter(B,A,x);

subplot(334);

plot(W,abs(H));

title('低通滤波器');

subplot(337);

plot(t,y)

title('30Hz 信号');

%高通滤波器设计:

wp=2*170/Fs;
```

```
ws=2*120/Fs;

Rp=20;

As=50;

subplot(332);

plot(t,x);

title('原始信号');

[N,wc]=buttord(wp,ws,Rp,As);

[B,A]=butter(N,wc,'high');

[H,W]=freqz(B,A);

y=filter(B,A,x);

subplot(335);

plot(W,abs(H));

title('高通滤波器');

subplot(338);

plot(t,y);

title('200Hz 信号');

%带通滤波器设计：

fp=[70 130];fs=[30 170];

wp=2*fp/Fs; ws=2*fs/Fs;rp=0.5;rs=50;

subplot(333);

plot(t,x);

title('原始信号');
```

```
[N,wc]=ellipord(wp,ws,rp,rs);
```

```
[B,A]=ellip(N,rp,rs,wc);
```

```
[H,w]=freqz(B,A);
```

```
y=filter(B,A,x);
```

```
subplot(336);
```

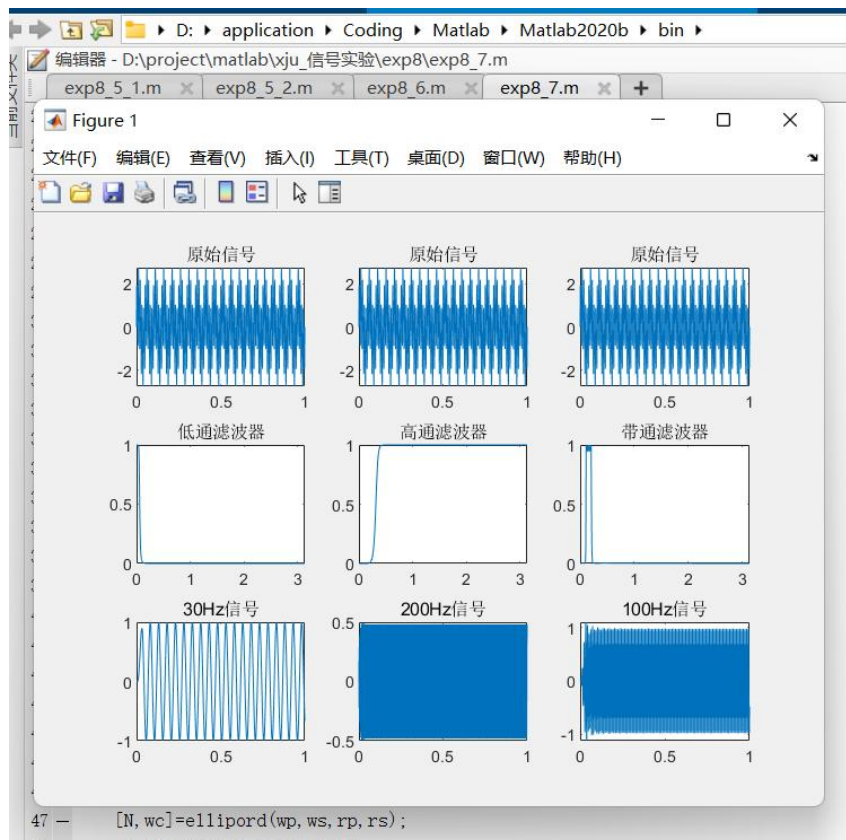
```
plot(W,abs(H));
```

```
title('带通滤波器');
```

```
subplot(339);
```

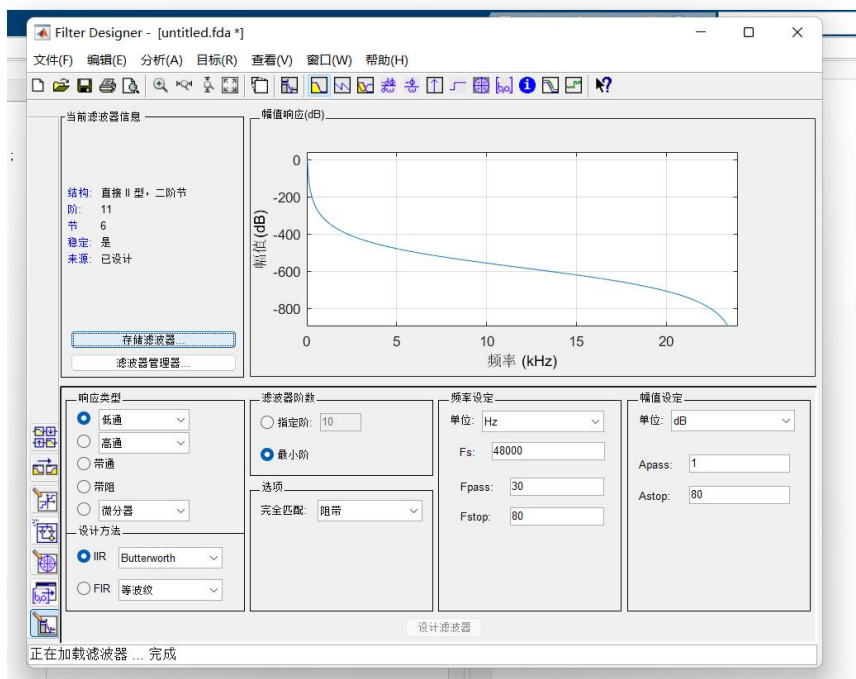
```
plot(t,y);
```

```
title('100Hz 信号');
```

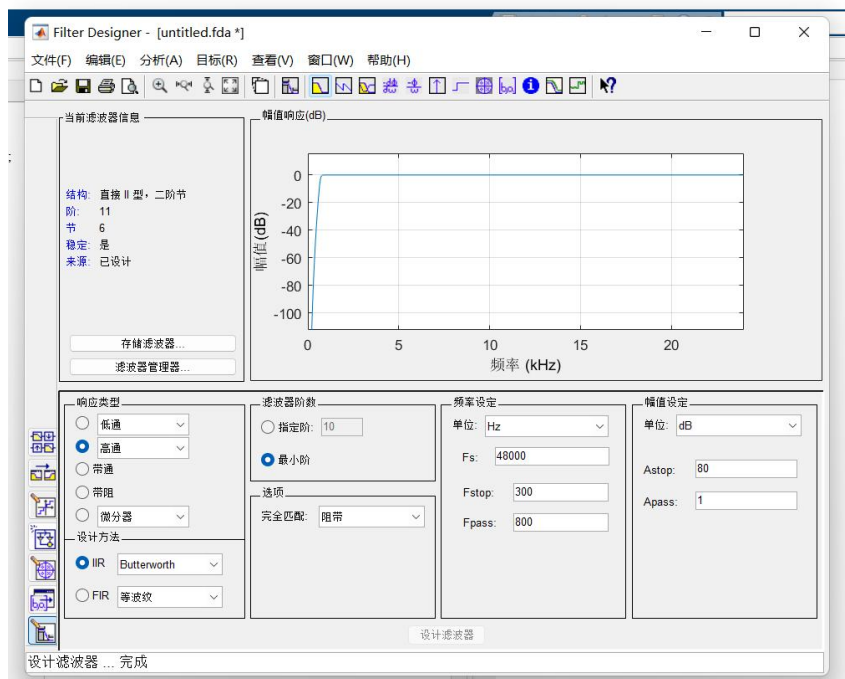


## Matlab——FilterDesigner

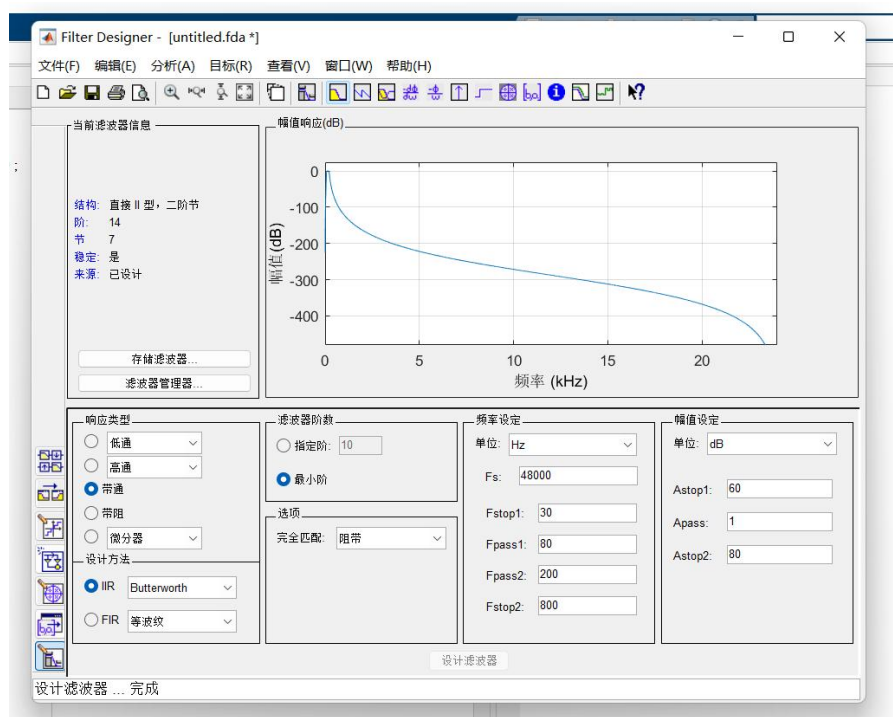
低通滤波器：



高通滤波器：



## 带通滤波器：



【例 8-8】针对一个含有 5Hz、15Hz 和 30Hz 的混和正弦波信号，设计一个 FIR 带通滤波器，给出利用 MATLAB 实现的三种方法：程序设计法、FDATool 设计法和 SPTool 设计法。

参数要求：采样频率  $f_s=100\text{Hz}$ ，通带下限截止频率  $f_{c1}=10\text{Hz}$ ，通带上限截止频率  $f_{c2}=20\text{Hz}$ ，过渡带宽  $6\text{Hz}$ ，通阻带波动  $0.01$ ，采用凯塞窗设计。



### (1) 程序设计法

代码:

```
fc1 = 10;

fc2 = 20;

fs = 100;

[n, Wn, beta, ftype] = kaiserord([7 13 17 23], [0 1 0], [0.01
0.01 0.01], fs);

w1 = 2 * fc1 / fs;

w2 = 2 * fc2 / fs;

window = kaiser(n + 1, beta);

b = fir1(n, [w1 w2], window);

freqz(b, 1, 512);

t = (0:100) / fs;

s = sin(2 * pi * t * 5) + sin(2 * pi * t * 15) + sin(2 * pi * t *
30);

sf = filter(b, 1, s);

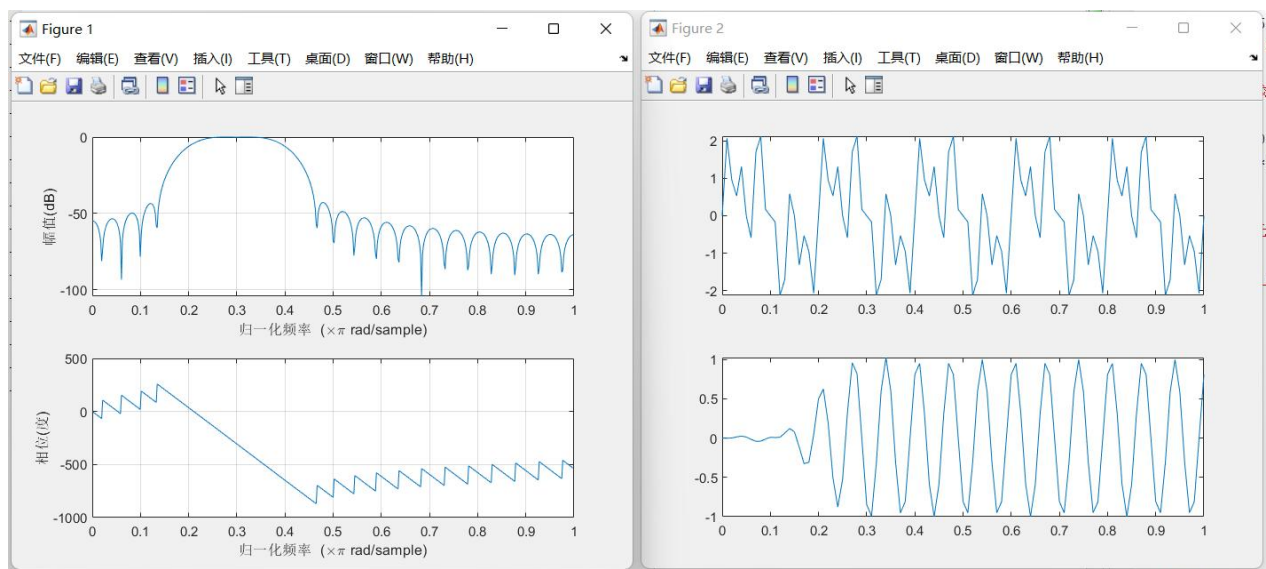
figure;

subplot(2, 1, 1);

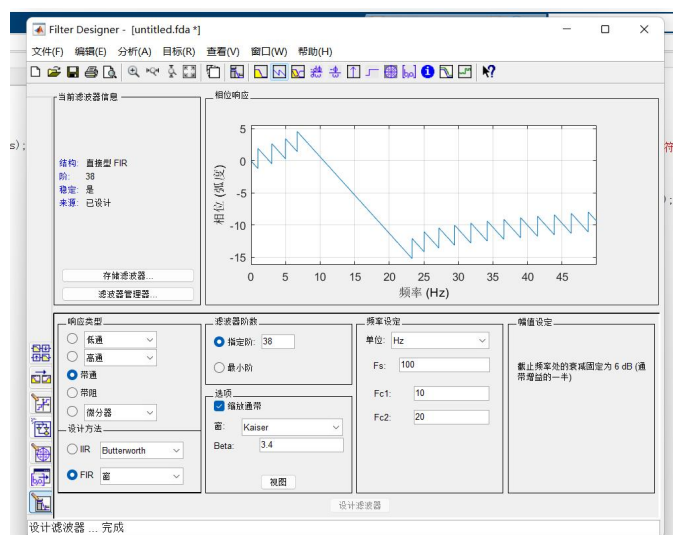
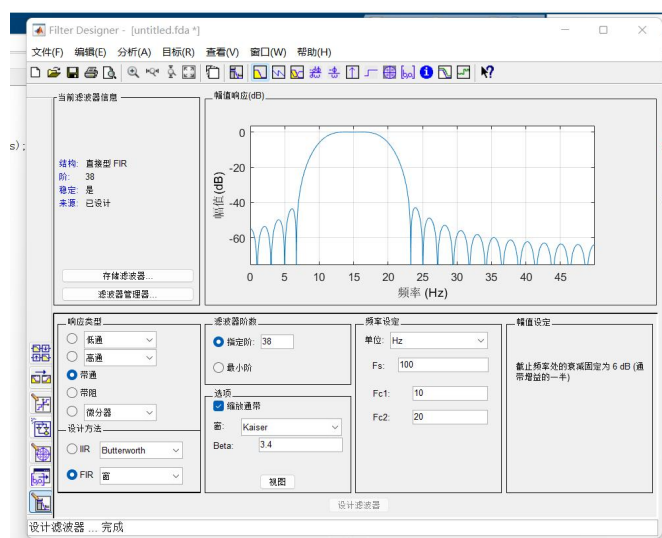
plot(t, s);

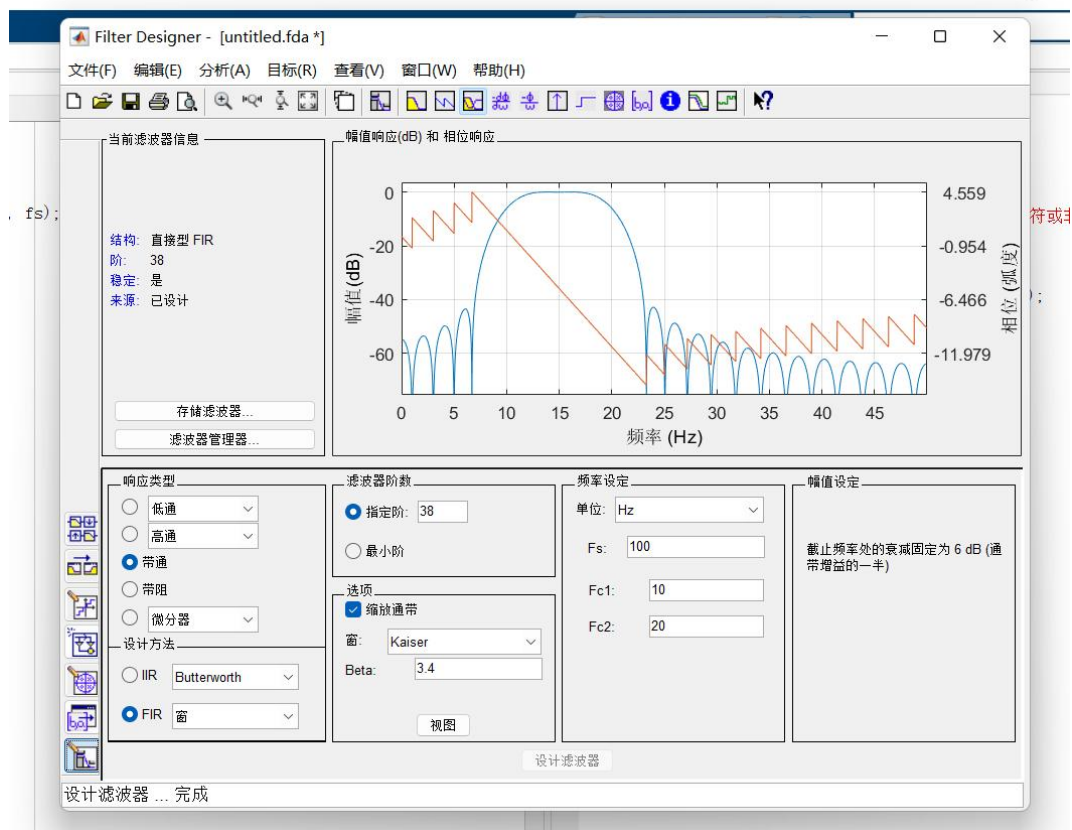
subplot(2, 1, 2);

plot(t, sf);
```

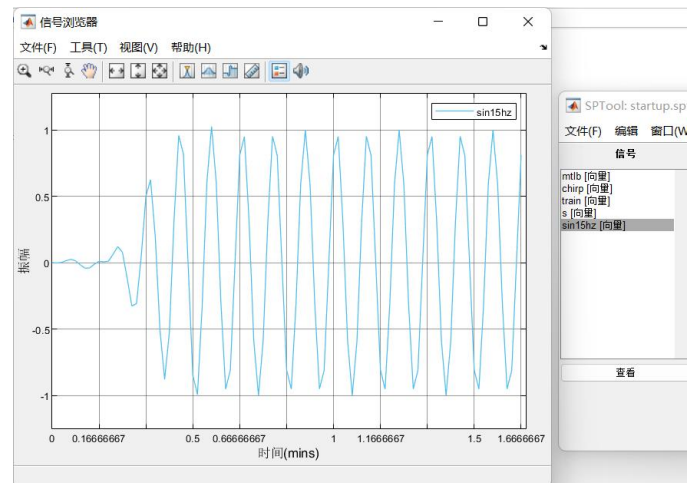
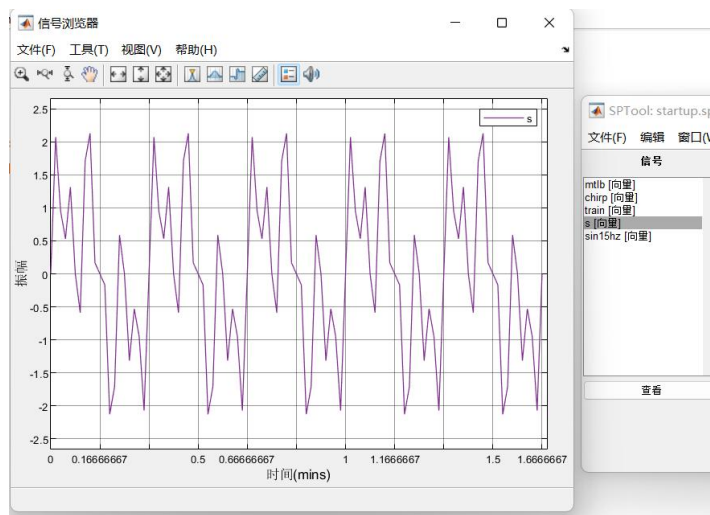


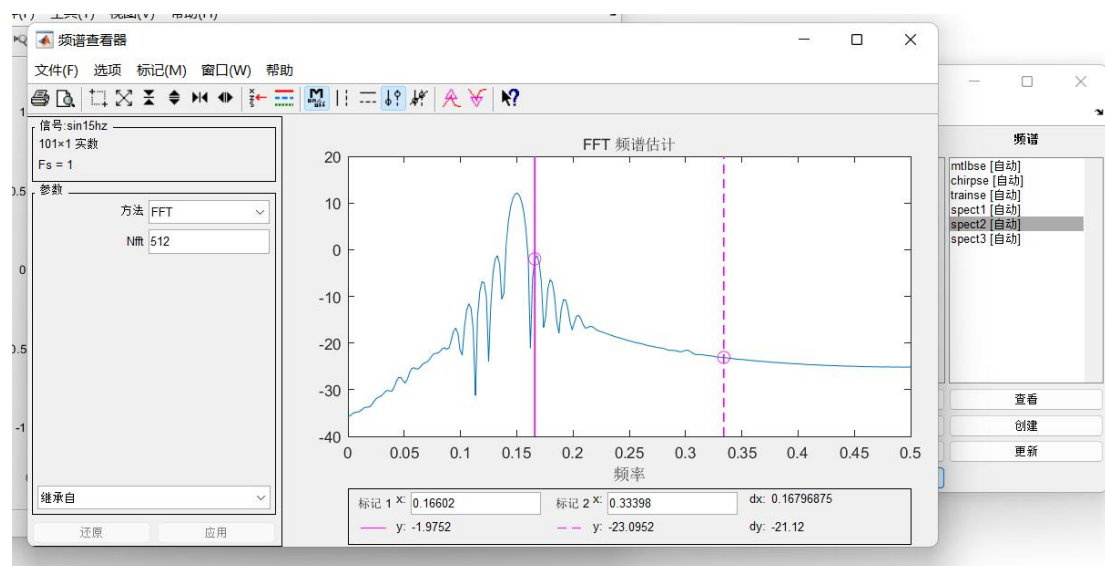
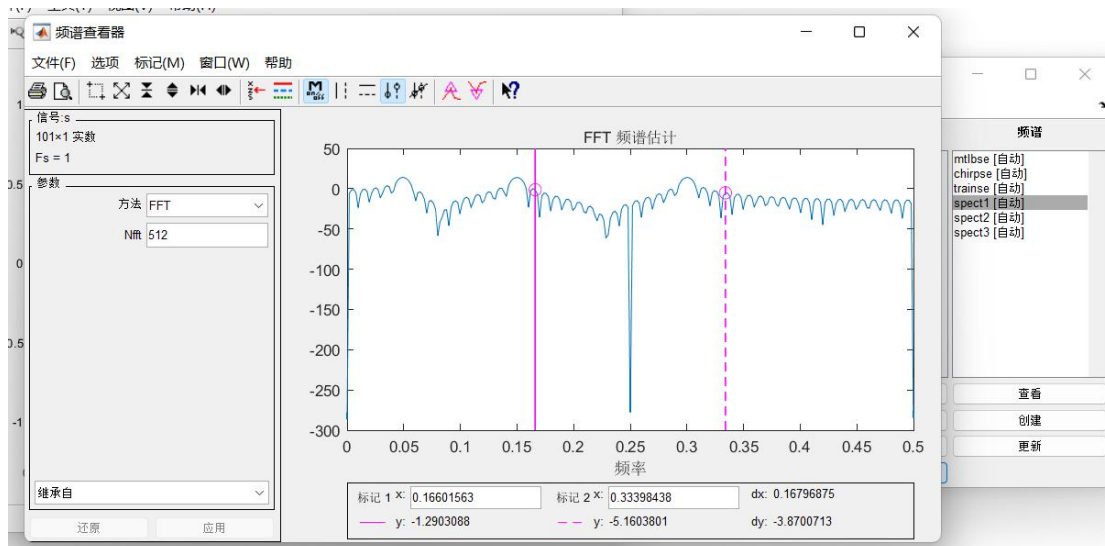
## Matlab——FilterDesigner





## Sptool





## 【思考题】

班级自行组队，每组 5-7 人，共形成 7 组，标注成员，分工合作，各司其职，分别绘制实验二至实验八的思维导图(将各实验所涉及到的信号处理函数整理出来，标注基本功能)，形成一个文档。



# 信号分析基础实验

计算机 20-1

实验2	实验3	实验4	实验5	实验6	实验7	实验8	实验5
洪敏捷	刘宇诺	刘天乐	刘天伦	张兆恒	齐开放	彭开	闫梦蝶

## 【实验总结】

实验中练习了 FIR 滤波器设计和 IIR 滤波器设计的几种常见方法。了解了 MATLAB 提供的不同工具和函数用于设计滤波器。

在 FIR 滤波器设计方面，可以使用程序设计法，通过编写 MATLAB 程序来实现滤波器的设计。FilterDesigner 工具提供了一个可视化界面，方便拖拽滑块、设置参数等方式设计 FIR 滤波器。对于 IIR 滤波器设计，研究了脉冲响应不变法和双线性变换法。脉冲响应不变法将 IIR 滤波器的脉冲响应与离散时间进行采样，然后使用 MATLAB 函数进行模拟滤波器和离散时间系统之间的转换。双线性变换法则是将模拟滤波器的传递函数转换为离散时间系统的传递函数。通过本实验，对 MATLAB 中的滤波器设计方法有了更深入的了解。掌握了使用各种工具和函数来设计 FIR 和 IIR 滤波器的技巧。