

## 《数字信号处理》实验报告四

1.  $f_c = 0.2kHz$  ,  $\delta = 1dB$  ,  $f_r = 0.3kHz$  ,  $At = 25dB$  ,  $T = 1ms$  ; 分别用脉冲响应不变法及双线性变换法设计一巴特沃思数字低通滤波器, 观察所设计数字滤波器的幅频特性曲线, 记录带宽和衰减量, 检查是否满足要求。

```
clc;
fs=1000;fc=200;fr=300;T=0.001;
wp1=2*pi*fc;wr1=2*pi*fr;
[N1,wn1]=buttord(wp1,wr1,1,25,'s');
[B1,A1]=butter(N1,wn1,'s');
[num1,den1]=impinvar(B1,A1,fs);      %脉冲响应不变法
[h1,w]=freqz(num1,den1);
wp2=2*fs*tan(2*pi*fc/(2*fs));
wr2=2*fs*tan(2*pi*fr/(2*fs));
[N2,wn2]=buttord(wp2,wr2,1,25,'s');
[B2,A2]=butter(N2,wn2,'s');
[num2,den2]=bilinear(B2,A2,fs);      %双线性变换法
[h2,w]=freqz(num2,den2);
f=w/(2*pi)*fs;
plot(f,20*log10(abs(h1)),'-.',f,20*log10(abs(h2)),'-');
axis([0,500,-80,10]);grid;
xlabel('频率/Hz');ylabel('幅度/dB');title('巴特沃思数字低通滤波器');
legend('脉冲响应不变法','双线性变换法');
```

2. 利用双线性变换法分别设计满足下列指标的巴特沃思型、切比雪夫型和椭圆型数字低通滤波器, 并作图验证设计结果:  $f_c = 1.2kHz$  ,  $\delta \leq 0.5dB$  ,  $f_r = 2kHz$  ,  $At \geq 40dB$  ,  $f_s = 8kHz$  。比较这三种滤波器的阶数。

```
clc;
wc=2*pi*1200;wr=2*pi*2000;rp=0.5;rs=40;fs=8000;
```

```

w1=2*fs*tan(wc/(2*fs));
w2=2*fs*tan(wr/(2*fs));
[Nb,wn]=buttord(w1,w2,rp,rs,'s')           %巴特沃思
[B,A]=butter(Nb,wn,'s');
[num1,den1]=bilinear(B,A,fs);
[h1,w]=freqz(num1,den1);
[Nc,wn]=cheb1ord(w1,w2,rp,rs,'s')           %切比雪夫
[B,A]=cheby1(Nc,rp,wn,'s');
[num2,den2]=bilinear(B,A,fs);
[h2,w]=freqz(num2,den2);
[Ne,wn]=ellipord(w1,w2,rp,rs,'s')           %椭圆型
[B,A]=ellip(Ne,rp,rs,wn,'low','s');
[num3,den3]=bilinear(B,A,fs);
[h3,w]=freqz(num3,den3);
f=w/pi*4000;
plot(f,20*log10(abs(h1)),'-',f,20*log10(abs(h2)),'--',f,20*log10(abs(h3)),':');
axis([0,3000,-100,10]);grid;
xlabel('频率/Hz'); ylabel('幅度/dB'); title('三种数字低通滤波器');
legend('巴特沃思数字低通滤波器','切比雪夫数字低通滤波器','椭圆数字低通滤波器',3);

```

3. 分别用脉冲响应不变法和双线性变换法设计一巴特沃思型数字带通滤波器，

已知  $f_s = 30\text{kHz}$ ，其等效的模拟滤波器指标为  $\delta < 3\text{dB}$ ， $2\text{kHz} < f \leq 3\text{kHz}$ ；

$A_t \geq 5\text{dB}$ ， $f \geq 6\text{kHz}$ ； $A_t \geq 20\text{dB}$ ， $f \leq 1.5\text{kHz}$ 。

```

clc;
wc=[2*pi*2000,2*pi*3000];wr=[2*pi*1500,2*pi*6000];rp=3;rs=20;fs=30000;
[N,wn]=buttord(wc,wr,rp,rs,'s');
[B,A]=butter(N,wn,'s');
[num1,den1]=impinvar(B,A,fs);

```

%脉冲响应不变法

```

[h1,w]=freqz(num1,den1);
w1=2*fs*tan(2*pi*2000/(2*fs));
w2=2*fs*tan(2*pi*3000/(2*fs));
wr1=2*fs*tan(2*pi*1500/(2*fs));
wr2=2*fs*tan(2*pi*6000/(2*fs));
[N,wn]=buttord([w1,w2],[wr1,wr2],rp,rs,'s');
[B,A]=butter(N,wn,'s');
[num2,den2]=bilinear(B,A,fs);           %双线性变换法
[h2,w]=freqz(num2,den2);
f=w/pi*15000;
plot(f,20*log10(abs(h1)),'-.',f,20*log10(abs(h2)),'-');
axis([500,7000,-30,10]);grid;
xlabel('频率/Hz'); ylabel('幅度、dB'); title('巴特沃思数字低通滤波器');
legend('脉冲响应不变法','双线性变换法',1);

```

4.  $N=15$ ，带通滤波器的两个通带边界分别为  $\omega_1=0.3\pi$ ， $\omega_2=0.5\pi$ 。用汉宁窗设计线性相位带通滤波器，观察它的实际 3dB 和 20dB 带宽。 $N=45$ ，重复这一设计，观察幅度和相位特性的变化，注意长度  $N$  变化的影响。

**$N=15$  时：**

```

N=15;wn=[0.3,0.5];window=hanning(N+1);
b=fir1(N,wn>window);
[H,w]=freqz(b);
figure(1);plot(w/pi,20*log10(abs(H)));grid;
xlabel('归一化频率');ylabel('幅度');title('幅频响应');
figure(2);plot(w/pi,angle(H));grid;
xlabel('归一化频率');ylabel('相位');title('相位响应');

```

5. 分别改用矩形窗和布莱克曼窗，设计(2)中的带通滤波器，观测并记录窗函数对滤波器幅独特性的影响，比较三种窗的特点。

**矩形窗：( $N=15$  时)**

```
N=input('请输入 N 的值');wn=[0.3,0.5];
b=fir1(N,wn,boxcar(N+1));
[H,w]=freqz(b,1,512);
figure(1);plot(w/pi,20*log10(abs(H)));grid;
xlabel('归一化频率');ylabel('幅度');title('幅频响应');
figure(2);plot(w/pi,angle(H));grid;
xlabel('归一化频率');ylabel('相位');title('相频响应');
```

布莱克曼窗：（N=15 时）

```
N=input('请输入 N 的值');
wn=[0.3,0.5];
window=blackman(N+1);
b=fir1(N,wn>window);
[H,w]=freqz(b);
figure(1);plot(w/pi,20*log10(abs(H)));grid;
xlabel('归一化频率');ylabel('幅度');title('幅频响应');
figure(2);plot(w/pi,angle(H));grid;
xlabel('归一化频率');ylabel('相位');title('相频响应');
```