

FIR 数字滤波器设计

Part1 用窗函数法设计 FIR 数字低通滤波器，截止频率 $\omega_c = 0.25\pi$ 。

1. 窗函数法：

将一理想滤波器的无限长冲激响应序列 $h_d(n)$ 进行截取，得到有限长序列 $h(n)$ 为所要设计的 FIR 滤波器（截止频率为 0.25π ），参考程序如下

```
clear;
N=33;                      %%% 窗口长度
w=0.25*pi;                 %% 截止频率wc
n=0:N-1;
m=n-0.5*(N-1)+eps;
hd=sin(w*m)/(pi*m);        %% 理想低通滤波器单位脉冲响应
figure;
subplot(2,3,1);
stem(n,hd);
axis([0 N-1 -0.1 0.3]);
hold on;
xlabel('n');
title('理想低通滤波器的hd(n)');

B=boxcar(N);               %%%矩形窗
%B=hanning(N);            %%%汉宁窗
%B=hamming(N);            %%%海明窗
%B=blackman(N);           %%%布莱克曼窗
subplot(2,3,4);
stem(n,B);
axis([0 N-1 0 1]);
hold on;
xlabel('n');
title('窗函数w(n)');

string=['N=',num2str(N)];
```

```

h=hd.*(B);          %% 得到FIR数字滤波器(理想滤波器乘以窗函数)
subplot(2,3,2);
n=0:N-1;
stem(n,h,'.');
axis([0 N-1 -0.1 0.3]);
hold on;
xlabel('n');
title('实际低通滤波器的h(n)');
text((0.3*N),0.27,string);

```

```

[H,W]=freqz(h,1,100);          %% 求其频响
mag=abs(H);
db=20*log10(mag/max(mag));      %% 增益(dB)
mag=mag/mag(1);                %% 得到归一化幅值特性
pha=angle(H);                  %% 得到相位

```

```

subplot(2,3,3);
plot(W/pi,db);
axis([0 1 -100 0]);
title('幅频特性-增益(dB)');
xlabel('w/pi');
grid;
subplot(2,3,5);
plot(W/pi,pha);
hold on;
title('相频特性');
xlabel('w/pi');
axis([0 1 -4 4]);
subplot(2,3,6);
plot(W/pi,mag);
axis([0 1 0 1.5]);
title('幅频特性');
xlabel('w/pi');
grid;

```

2. 改变窗函数为矩形窗(Boxcar)、汉宁窗(Hanning)、海明窗(Hamming)和布莱克曼窗(Blackman), 每一种窗的长度分别取 $N=15, 33$, 观察窗函数的形状及滤波器的性能, 给出每个窗函数对应滤波器的阻带最小衰减 dB 值;

Part2 信号滤波

1) 利用上面 $N=33$ 的汉宁 Hanning 窗设计的 FIR 滤波器对输入信号 $xn=x1+x2+x3$ 进行滤波, 滤除高频干扰信号 $x3$, 输出得到低频信号 $yn=x1+x2$ 。

$N=128$;

$n=1:N$;

$fs=64$;

$x1=\sin(\pi*n*6.4/fs);$ %% $0.1*\pi$

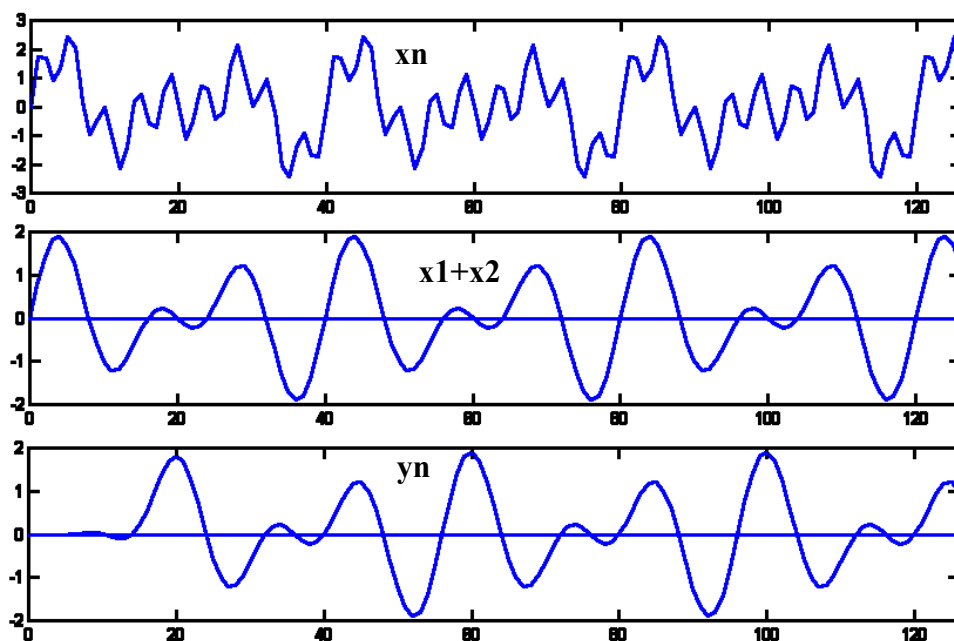
$x2=\sin(\pi*n*9.6/fs);$ %% $0.15*\pi$

$x3=\sin(\pi*n*28.8/fs);$ %% $0.45*\pi$

$xn=x1+x2+x3$;

$yn=\text{filter}(h,1,xn)$;

参考曲线如下

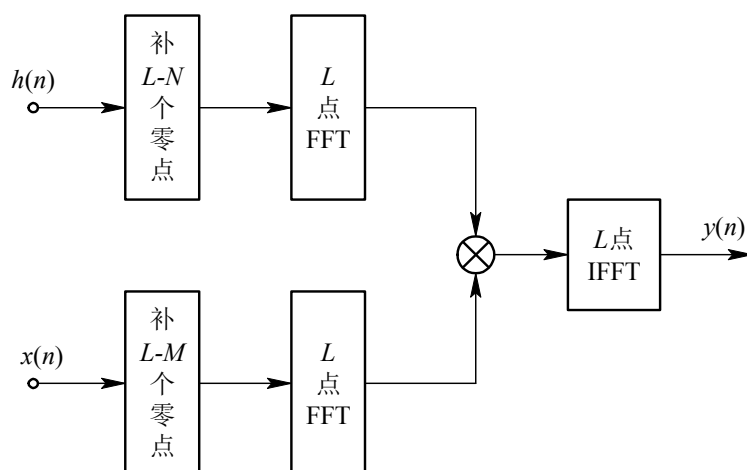


2) 定量给出滤波器延迟的大小;

Part3 滤波器的实现

1) 在 Matlab 中调用 fft 函数: $\text{FFT}(X,N)$: is the N-point FFT, padded with zeros if X has less than N points and truncated if it has more。

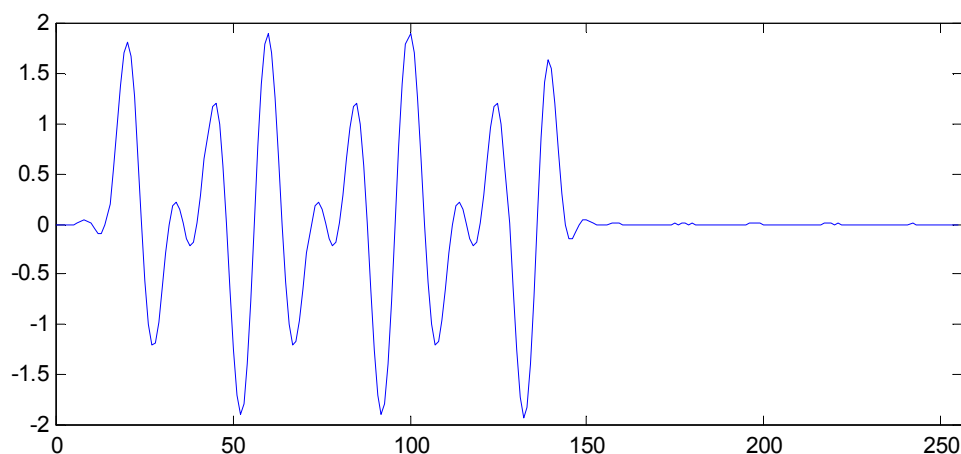
下图为 FFT 实现快速卷积的原理方框图，



图中 L 取值为 2 的整次幂， L 值大小根据如下：

$$y_c(n) = \sum_{q=-\infty}^{\infty} y_l(n+qL)R_L(n), \text{ 当 } L \geq N+M-1 \text{ 时, 有 } y_c(n) = y_l(n)$$

根据上面的原理，用 FFT 实现 FIR 滤波，FIR 低通滤波器为 Part1 中的汉宁窗 $N=33$ ，对 Part2 中的信号 x_n 滤波；输出的参考曲线如下，要特别注意输出的长度。



2) 与上相同的滤波器和输入信号（连续采集时间为100s），采用分段卷积的方式对其进行滤波，每段卷积用 $L=128$ 点 FFT 快速卷积来实现，编程前要先确定好每段信号的长度和分段数量。