

# 实验四： FIR数字滤波器设计与软件实现

## 1. 实验目的

- (1) 掌握用窗函数法设计FIR数字滤波器的原理和方法。
- (2) 掌握 FIR 滤波器的快速卷积实现原理。
- (3) 学会调用M函数设计与实现FIR滤波器。

## 2. 实验内容及步骤

- (1) 认真复习第7章中用窗函数法设计FIR数字滤波器的原理；
- (2) 给定一个具有加性噪声的信号 $x(t)$ ，显示 $x(t)$ 及其频谱，如图1所示。

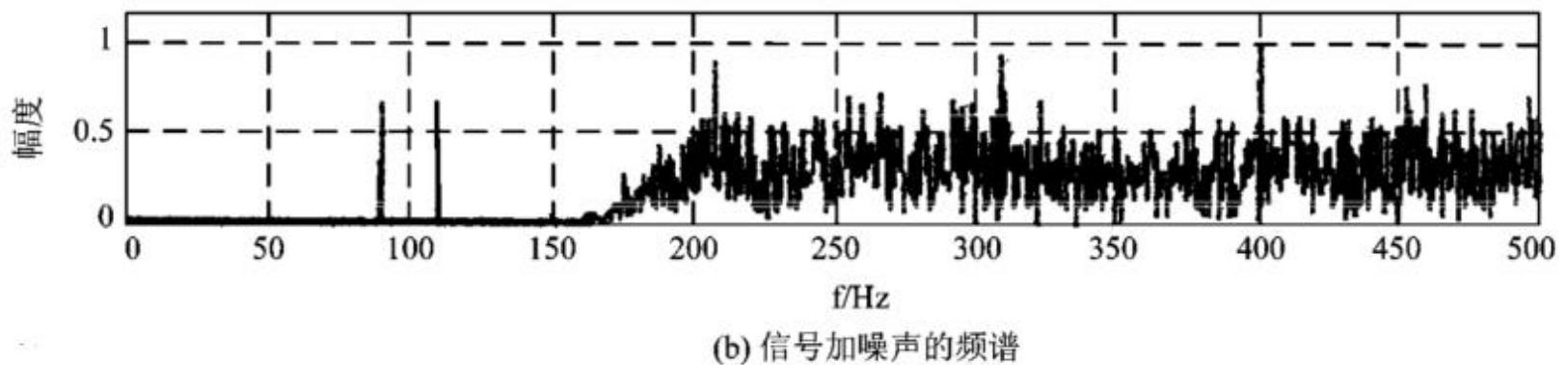
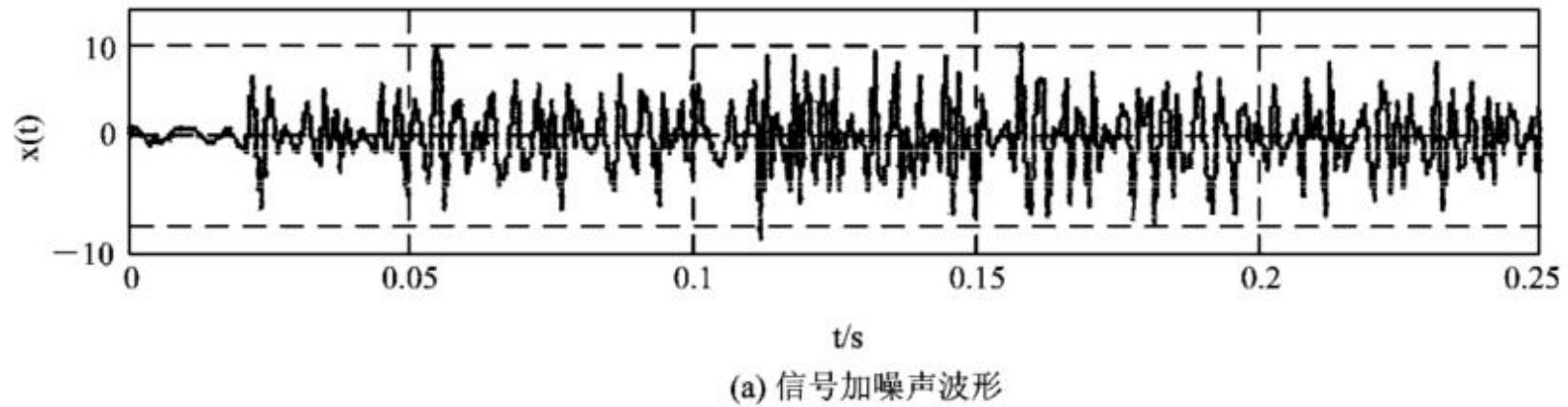


图1 具有加性噪声的信号 $x(t)$ 及其频谱图

(3) 请设计低通滤波器，从高频噪声中提取 $x(t)$ 中的单频调幅信号，要求信号幅频失真小于0.1 dB（通带最大衰减），将噪声频谱衰减60 dB（阻带最小衰减）。观察 $x(t)$ 的频谱，确定滤波器指标参数。

(4) 根据滤波器指标选择合适的窗函数，计算窗函数的长度N，调用MATLAB函数fir1设计一个FIR低通滤波器。并编写程序，调用MATLAB快速卷积函数fftfilt实现对 $x(t)$ 的滤波。绘图显示滤波器的频响特性曲线、滤波器输出信号的幅频特性图和时域波形图。

提示：

① M函数fir1和fftfilt的功能及其调用格式请查阅help；

补充说明fftfilt和filter的区别

filter：用于对递归滤波器（IIR）或非递归滤波器（FIR）对数据进行数字滤波

fftfilt：利用基于FFT的重叠相加法对数据进行滤波，只适用于非递归滤波器（FIR）。

本实验用fftfilt函数进行滤波。

- ② 采样频率  $F_s = 1000 \text{ Hz}$ , 采样周期  $T = 1/F_s$ ;
- ③ 根据实验要求, 可选择滤波器指标参数(参考):  
通带截止频率  $f_p = 120 \text{ Hz}$ , 阻带截止频率  $f_s = 150 \text{ Hz}$ ,  
换算成数字频率, 通带截止频率  $\omega_p = 2\pi f_p T = 0.24\pi$ , 通  
带最大衰为  $0.1 \text{ dB}$ , 阻带截至频率  $\omega_s = 2\pi f_s T = 0.3\pi$ , 阻  
带最小衰为  $60 \text{ dB}$ 。

根据上述参数：

1. 选窗类型

2. 确定fir1函数的输入参数：理想低通滤波器截止频率Wc(关于pi归一化) 代入fir1函数，根据过渡带长度计算窗的长度N

加窗后滤波器过渡带和阻带指标				
Type of Window	Relative sidelobe (dB)	Transition bandwidth Width of mainlobe	Minimum stopband attenuation(dB)	
Rectangular	-13	$4 \frac{\pi}{N}$	$\text{P=1}$	-21
Barlett	-25	$8 \frac{\pi}{N}$		-25
Hanning	-31	$8 \frac{\pi}{N}$	$\text{P=2}$	-44
Hamming	-41	$8 \frac{\pi}{N}$		-53
Blackman	-57	$12 \frac{\pi}{N}$	$\text{P=3}$	-74
Kasier	-57 $(\beta = 7.865)$	$10 \frac{\pi}{N}$	$\text{P=2.5}$	-80

## 利用 M提供的函数 fir1来实现

调用格式： `fir1(n, Wn, 'ftype', Window)`， n 为阶数、 Wn 是截止频率。

仔细查阅Matlab的help中fir1和各类Window的具体操作用法！

Blackman Window 调用格式： `w=blackman(n)`， 根据长度 n 产生一个布拉克曼窗 w。

### 3. 思考题

如果要求用窗函数法设计带通滤波器, 且给定通带上、下截止频率为 $\omega_{pl}$ 和 $\omega_{pu}$ , 阻带上、下截止频率为 $\omega_{sl}$ 和 $\omega_{su}$ , 试求理想带通滤波器的截止频率 $\omega_{cl}$ 和 $\omega_{cu}$ 。

## 附：输入信号载入程序

```
%信号x(t)产生,并显示信号的幅频特性曲线  
%载入一个长度为N,有加性高频噪声的单频调幅信号xt,采样频率Fs=1000Hz  
%载波频率fc=Fs/10=100Hz,调制正弦波频率f0=fc/10=10Hz.  
load('xt.mat');  
N=length(xt);  
Fs=1000;T=1/Fs;Tp=N*T;  
t=0:T:(N-1)*T;  
fst=fft(xt,N);k=0:N-1;f=k/Tp;  
subplot(3,1,1);plot(t,xt);grid;xlabel('t/s');ylabel('x(t)');  
axis([0,Tp/5,min(xt),max(xt)]);title('(a) 信号加噪声波形')  
subplot(3,1,2);plot(f,abs(fst)/max(abs(fst)));grid;title('(b) 信号加噪声的频谱')  
axis([0,Fs/2,0,1.2]);xlabel('f/Hz');ylabel('幅度')
```