

实验四： FIR数字滤波器设计与软件实现

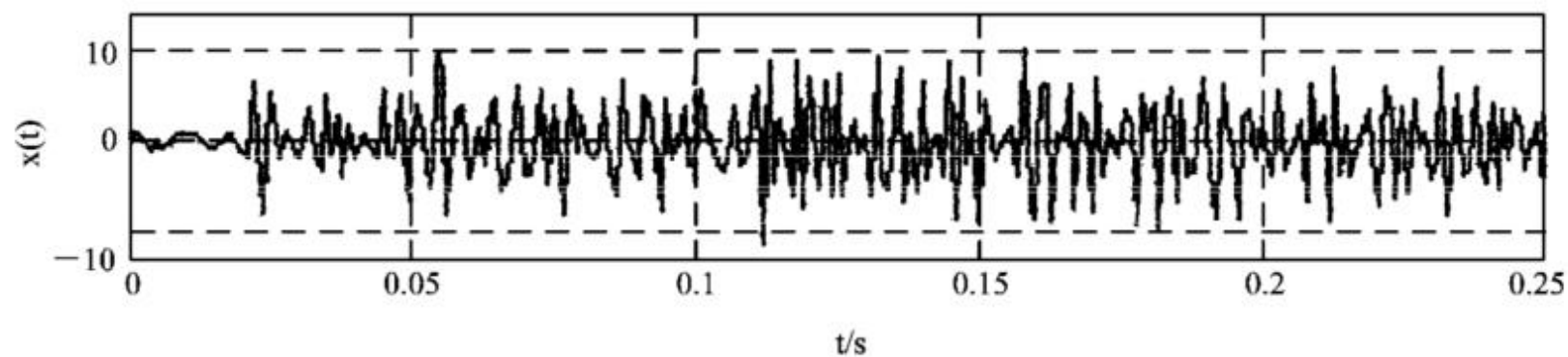
1. 实验目的

- (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。

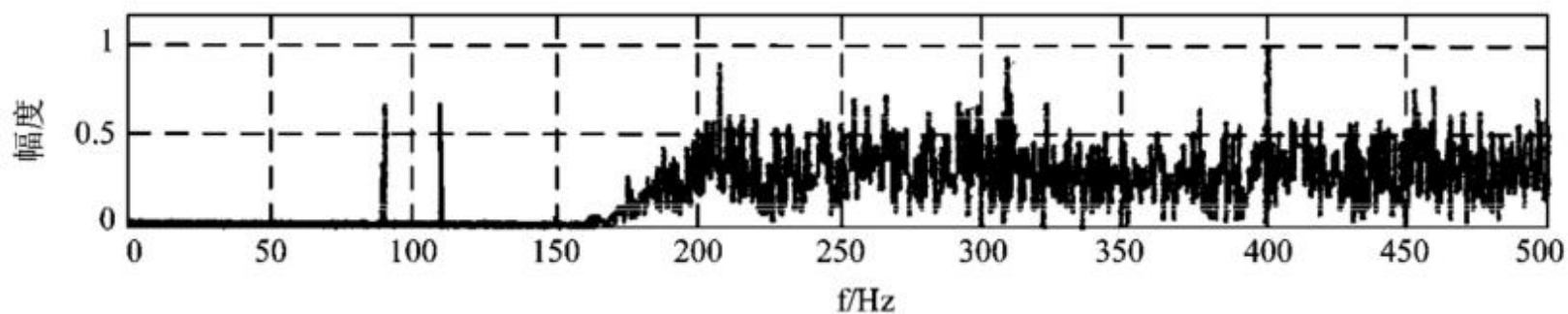
2. 实验内容及步骤

(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。



(a) 信号加噪声波形



(b) 信号加噪声的频谱

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 $F_s=1000$ 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 $f_p=120$ Hz, 阻带截止频率 $f_s=150$ 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 dB, 阻带截止频率 $\omega_s=2\pi f_s T=0.3\pi$, 阻
带最小衰为60 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 W_c (关于 π 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	$4 \frac{\pi}{N}$	P=1 -21
Barlett	-25	$8 \frac{\pi}{N}$	P=2 -25
Hanning	-31	$8 \frac{\pi}{N}$	
Hamming	-41	$8 \frac{\pi}{N}$	
Blackman	-57	$12 \frac{\pi}{N}$	P=3 -74
Kaiser ($\beta = 7.865$)	-57	$10 \frac{\pi}{N}$	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 ω_{pl} 和 ω_{pu} , 阻带上、下截止频率为 ω_{sl} 和 ω_{su} , 试求理想带通滤波器的截止频率 ω_{cl} 和 ω_{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')
```