

**安徽大学人工智能学院**

**《数字信号处理》**

**期末大作业报告**

课程名称：数字信号处理

专 业：人工智能

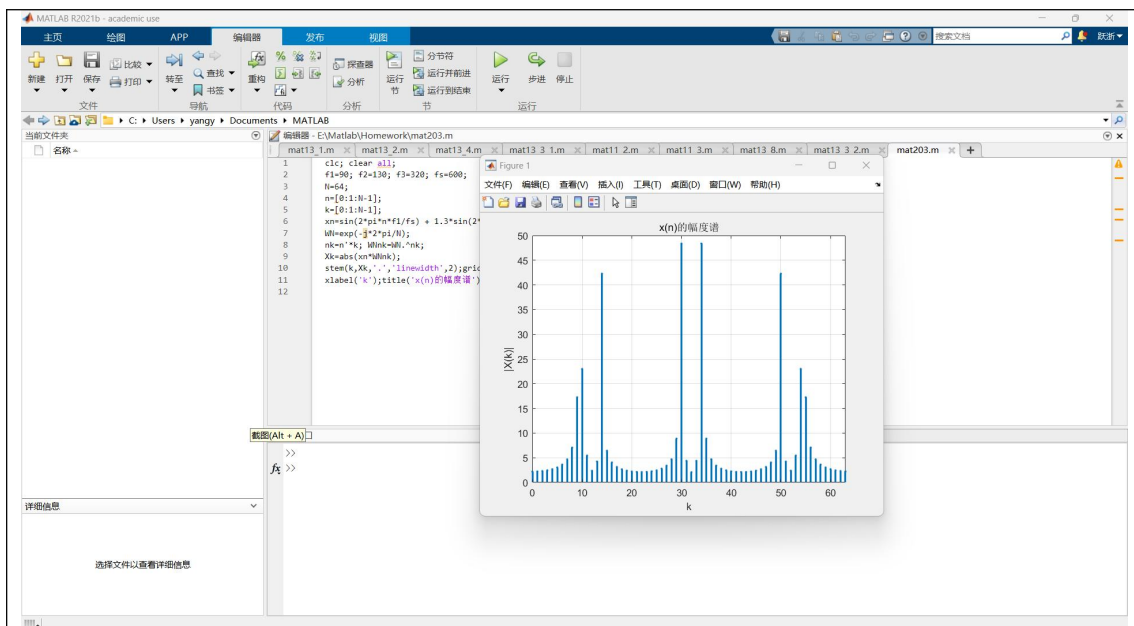
班 级：人工智能二班

学 号：WA2214014

姓 名：杨跃浙

任课老师：谭春雨

名称	期末大作业
<p>内容:</p> <p>P209 3.39</p> <p>已知一个模拟信号为<math>x(t) = \sin(180\pi t) + 1.3\sin(260\pi t) + 1.6\sin(640\pi t)</math> 用 <math>f_s = 600</math> Hz 对<math>x(t)</math> 抽样,取其长度为<math>N = 64</math> 点,得到序列为<math>x(n)</math>。</p> <p>(1) 作<math>x(n)</math>的 64 点 DFT,并画出频谱幅度<math> X(k) </math>, <math>k = 0, 1, \dots, 63</math> (采用 MATLAB 方法)。</p> <p>(2) 讨论<math> X(k) </math>中与 <math>x(t)</math> 有关的各个频谱值, 并说明这些值代表的意义。</p> <p>(1)</p> <p>实现代码:</p> <pre> clc; clear all;  f1=90; f2=130; f3=320; fs=600;  N=64;  n=[0:1:N-1];  k=[0:1:N-1];  xn=sin(2*pi*n*f1/fs) + 1.3*sin(2*pi*n*f2/fs) + 1.6*sin(2*pi*n*f3/fs);  WN=exp(-j*2*pi/N);  nk=n'*k; WNnk=WN.^nk;  Xk=abs(xn*WNnk);  stem(k,Xk,'.', 'linewidth',2);grid  xlabel('k');title('x(n)的幅度谱');ylabel(' X(k) ');axis([0,63,0,50]); </pre> <p>运行结果:</p>	



(2) 给定的模拟信号为：

$$x(t) = \sin(180\pi t) + 1.3\sin(260\pi t) + 1.6\sin(640\pi t)$$

我们使用采样频率  $f_s = 600$  Hz 进行采样，得到的离散信号  $x(n)$ 。信号的频率成分分别为 90 Hz 130 Hz 和 320 Hz。通过 64 点的 DFT 分析其频谱。

频谱分析

计算离散傅里叶变换（DFT）时，频谱的频率分辨率为：

$$\Delta f = \frac{f_s}{N} = \frac{600}{64} \approx 9.375 \text{ Hz}$$

频谱  $X(k)$  中第  $k$  个频率分量对应的频率为：

$$f_k = k \cdot \Delta f$$

我们来看看这些频率成分对应的  $k$  值：

·对于 90 Hz:

$$k_1 = \frac{90}{9.375} \approx 9.6$$

在  $k = 10$  处有一个峰值。

对于 130 Hz:

$$k_2 = \frac{130}{9.375} \approx 13.9$$

在  $k = 14$  处有一个峰值。

对于 320 Hz:

$$k_3 = \frac{320}{9.375} \approx 34.1$$

由于  $k = 34$  超过了  $N/2$  (即 32),

所以该频率成分会产生混叠失真。

混叠失真分析

由于  $x(n)$  是实序列, 频谱  $|X(k)|$  是偶对称的, 对称中心为  $k = N/2 = 32$ 。因此, 320 Hz 的正弦信号会产生混叠失真,  $k = 34.1$  是一个混叠失真信号。从频谱角度看, 在  $k = 32$  的两边还会有折叠频率产生, 即:

· 对于 90 Hz 频率分量:  $f_1$  在  $k = 64 - 9 = 55$  与  $k = 64 - 10 = 54$  之间 这是折叠频率分量。

· 对于 130 Hz 频率分量:  $f_2$  在  $k = 64 - 13 = 51$  与  $k = 64 - 14 = 50$  之间 这也是折叠频率分量。

· 对于 320 Hz 频率分量:  $f_3$  在  $k = 64 - 34 = 30$  与  $k = 64 - 35 = 29$  之间 这是混叠失真信号。

在频谱  $|X(k)|$  中,

90 Hz 在  $k=10$  和  $k=54$  处出现峰值。

130 Hz 在  $k=14$  和  $k=50$  处出现峰值。

320 Hz 混叠为 280 Hz, 在  $k=30$  和  $k=34$  处出现峰值。

## P464 7.7

要求设计一个线性相位FIR数字低通滤波器来对模拟信号进行滤波, 技术要求为  $f_p = 4\text{kHz}$ ,  $f_{st} = 4.5\text{kHz}$ ,  $A_s = 60\text{dB}$ , 抽样频率  $f_s = 20\text{kHz}$ 。选择合适的窗函数及窗长度, 求  $h(n)$  并画出幅度响应曲线(dB)及相位响应曲线。

采用布莱克曼窗

实现代码:

```
clc; clear all;
```

```
Fs = 20 * 10^3; fp = 4000; fst = 4500;
```

```
wp = 2 * pi * fp / Fs; ws = 2 * pi * fst / Fs; Rp = 0.5; As = 60;
```

```

wc = (wp + ws) / 2;

delw = ws - wp;

N = ceil(11 * pi / delw); M = N - 1;

n = [0:N-1];

h = fir1(M, wc / pi, blackman(N));

[db, mag, pha, grd, w] = freqz_m(h, [1]);

dw = 2 * pi / 1000;

subplot(311)

stem(n, h, '!', 'linewidth', 2); title('布莱克曼窗'); xlabel('n'); ylabel('w(n)'); axis([0, N, 0, 0.45]); grid

subplot(312)

plot(w / pi, db, 'linewidth', 2);

title('幅度响应(dB)'); xlabel('\omega/\pi'); ylabel('20log|H(e^{j\omega})| (dB)'); axis([0, 1, -120, 10]); grid

set(gca, 'xtickmode', 'manual', 'xtick', [0, 0.2, 0.4, 0.45, 0.7, 1.0]);

set(gca, 'ytickmode', 'manual', 'ytick', [-120, -90, -60, 0, 10]);

subplot(313)

plot(w / pi, pha, 'linewidth', 2); axis([0, 1, -4, 4]); grid

title('相位响应'); xlabel('\omega/\pi'); ylabel('arg20log|H(e^{j\omega})|');

```

### 函数 freqz\_m():

```

function [db, mag, pha, grd, w] = freqz_m(b, a, n)

if nargin < 3
n = 512;
end

[h, w] = freqz(b, a, n);

mag = abs(h);

db = 20*log10((mag+eps)/max(mag));

pha = -angle(h);

grd = grpdelay(b, a, n);

end

```

### 运行结果:

