重慶郵電大學

学生实验实习报告册

学年学期：2020 -2021学年 秋学期

课程名称：信号处理实验

学生学院：通信与信息工程学院

专业班级：01011803

学生学号：2018210190

学生姓名：傅祥

联系电话：

重庆邮电大学教务处制

<table>
<tr><td>课程名称</td><td>信号处理实验</td><td>课程编号</td><td>A2010550003</td></tr>
<tr><td>实验地点</td><td>YF304</td><td>实验时间</td><td>第九周 周二 一二节</td></tr>
<tr><td>校外指导教师</td><td>无</td><td>校内指导教师</td><td>邵凯</td></tr>
<tr><td>实验名称</td><td colspan="3">z 变换及离散时间 LTI 系统的 z 域分析</td></tr>
<tr><td>评阅人签字</td><td></td><td>成绩</td><td></td></tr>
</table>

一、实验目的

1. 进一步加深对 DFT 算法原理和基本性质的理解（因为 FFT 只是 DFT 的一种 快速算法，所以 FFT 的运算结果必然满足 DFT 的基本性质）。

2. 熟悉 FFT 算法原理和 FFT 子程序的应用。

3. 学习用 FFT 对连续信号和时域离散信号进行谱分析的方法，了解可能出现的 分析误差及其原因，以便在实际中正确应用 FFT。

二、实验原理

DFT：离散傅里叶变换（Discrete Fourier Transform，缩写为 DFT），是傅里叶变换在时域和频域上都呈离散的形式，将信号的时域采样变换为其 DTFT 的频域采样。在形式上，变换两端（时域和频域上）的序列是有限长的，而实际上这两组序列都应当被认为是离散周期信号的主值序列。即使对有限长的离散信号作 DFT，也应当将其看作其周期延拓的变换。在实际应用中通常采用快速傅里叶变换计算 DFT。

FFT：快速傅里叶变换（英语：Fast Fourier Transform, FFT），是快速计算序列的离散傅里叶变换（DFT）或其逆变换的方法。傅里叶分析将信号从原始域（通常是时间或空间）转换到频域的表示或者逆过来转换。FFT 会通过把 DFT 矩阵分解为稀疏（大多为零）因子之积来快速计算此类变换。 因

此，它能够将计算 DFT 的复杂度从只用 DFT 定义计算需要的，降低到，其中 为数据大小。

三、实验程序及结果分析

$$x_1(n)=R_4(n) \tag{1-1}$$

$$x_2(n)=\begin{cases} n+1, 0\le n\le 3 \\ 8-n, 4\le n\le 7 \\ 0, 其他n \end{cases} \tag{1-2}$$

$$x_3(n)=\begin{cases} 4-n, 0\le n\le 3 \\ n-3, 4\le n\le 7 \\ 0, 其他n \end{cases} \tag{1-3}$$

$$x_4(n)=\cos(\frac{\pi}{4}n) \tag{1-4}$$

$$x_5(n)=\sin(\frac{\pi}{8}n) \tag{1-5}$$

$$x_6(t)=\cos(8\pi t)+\cos(16\pi t)+\cos(20\pi t) \tag{1-6}$$

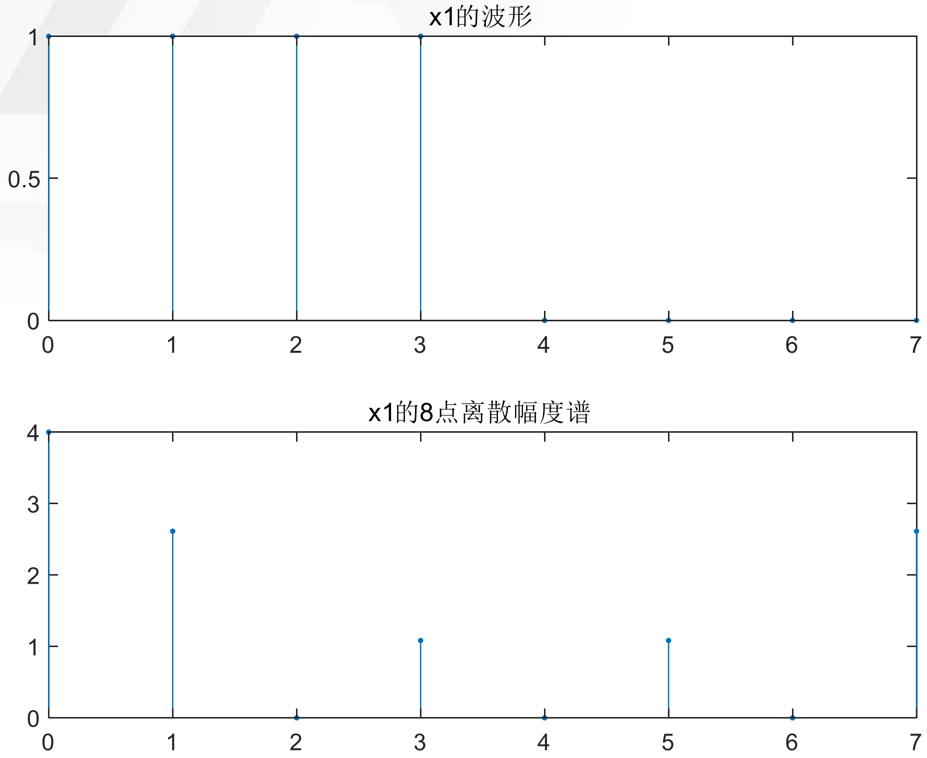
实验任务一：

编写 matlab.M 文件对信号 x1（n）做 8 点和 16 点的 FFT，

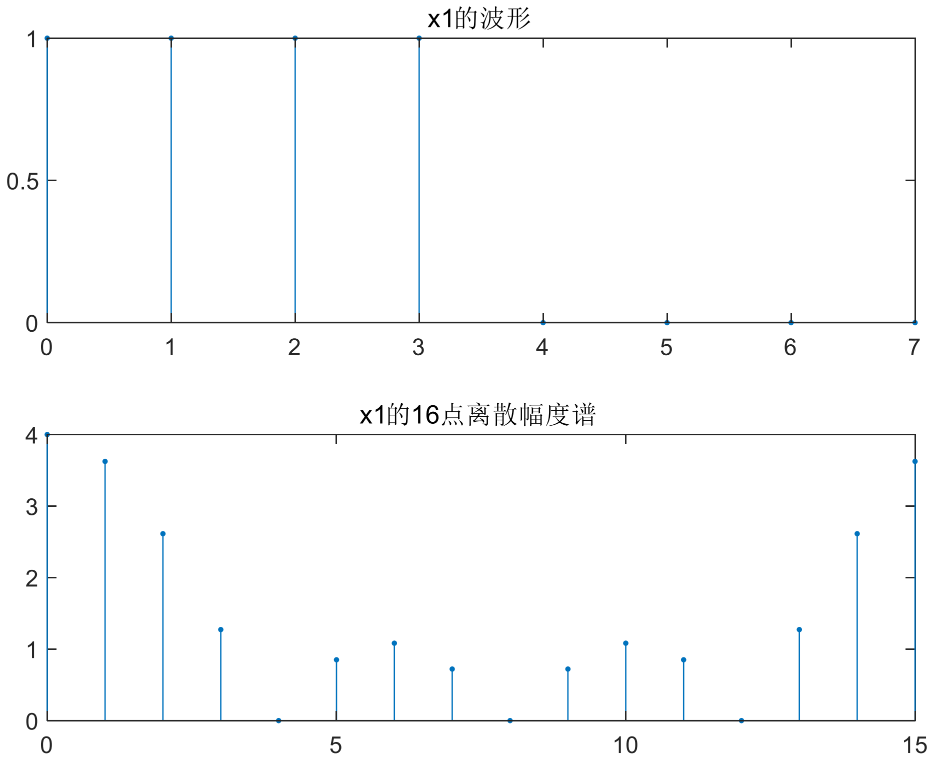
matlab代码展示：

```
%对 x1(n)作 8 点和 16 点的 FFT，
x1=[1 1 1 1 0 0 0 0];
X18=fft(x1,8);
X116=fft(x1,16);
figure(1);
subplot(211);
stem(0:length(x1)-1,x1,'.');
title('x1 的波形');
subplot(212);
stem(0:7,abs(X18),'.');
title('x1 的 8 点离散幅度谱');
figure(2);
subplot(211);
stem(0:length(x1)-1,x1,'.');
title('x1 的波形');
subplot(212);
stem(0:15,abs(X116),'.');
title('x1 的 16 点离散幅度谱');
```

输出图像如图一、二：



图一



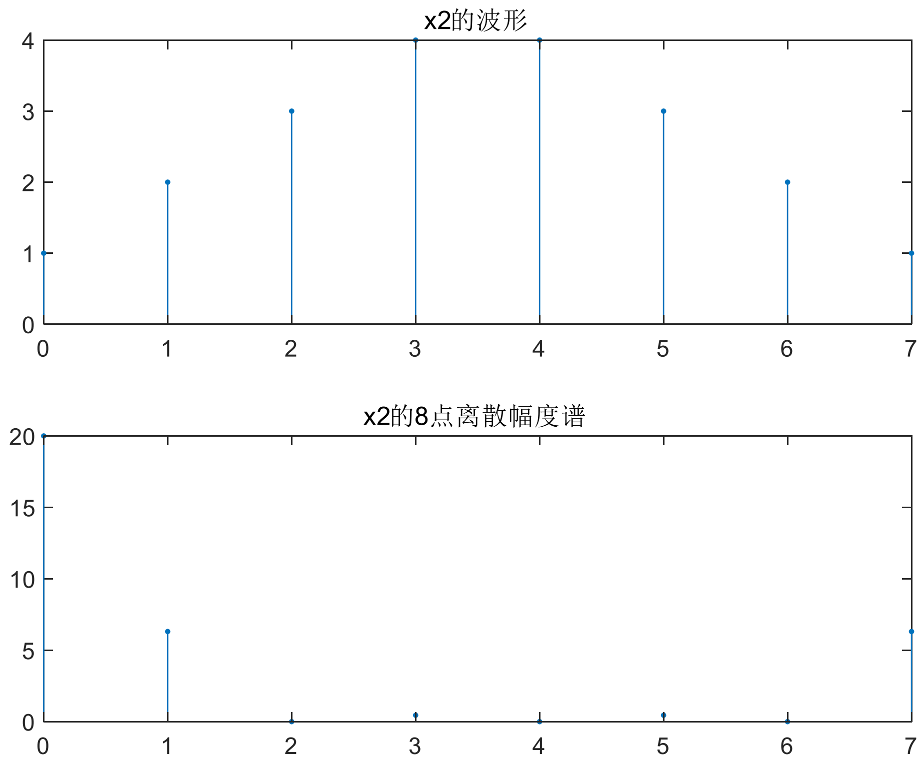
图二

实验任务二：、编写 matlab. M 文件对信号 x2（n） 做 8 点和 16 点的 FFT。

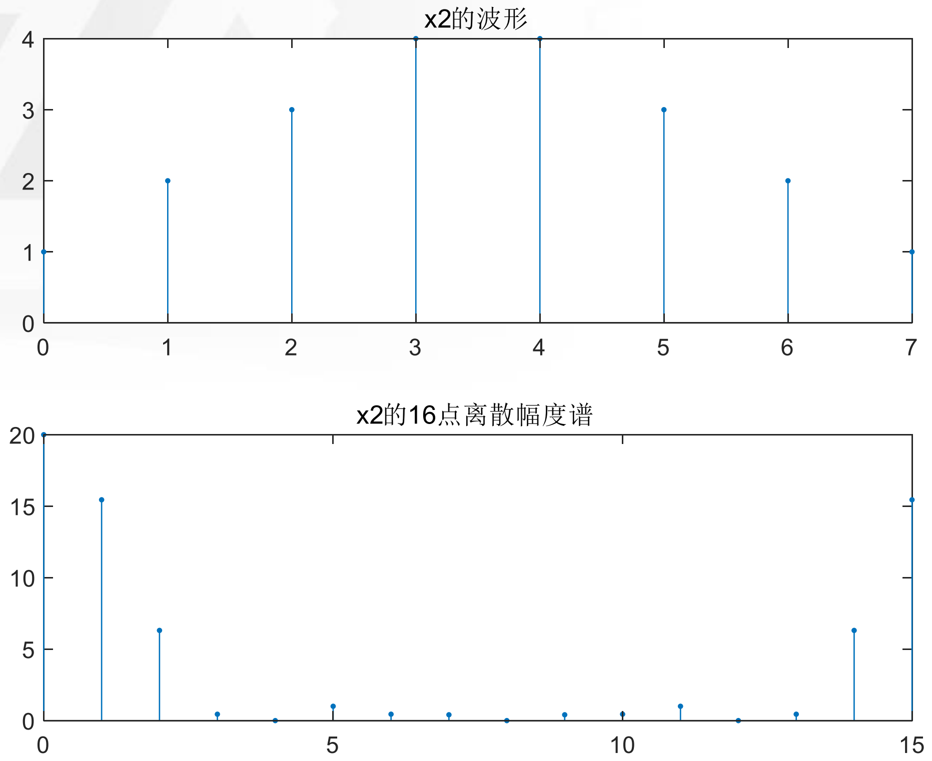
代码展示

```
%对 x2(n)作 8 点和 16 点的 FFT,
x2=[1:4 4:-1:1];
X28=fft(x2,8);
X216=fft(x2,16);
figure(1);
subplot(211);
stem(0:length(x2)-1,x2,'.');
title('x2 的波形');
subplot(212);
stem(0:7,abs(X28),'.');
title('x2 的 8 点离散幅度谱');
figure(2);
subplot(211);
stem(0:length(x2)-1,x2,'.');
title('x2 的波形');
subplot(212);
stem(0:15,abs(X216),'.');
title('x2 的 16 点离散幅度谱');
```

输出图形如图三、图四：



图三



图四

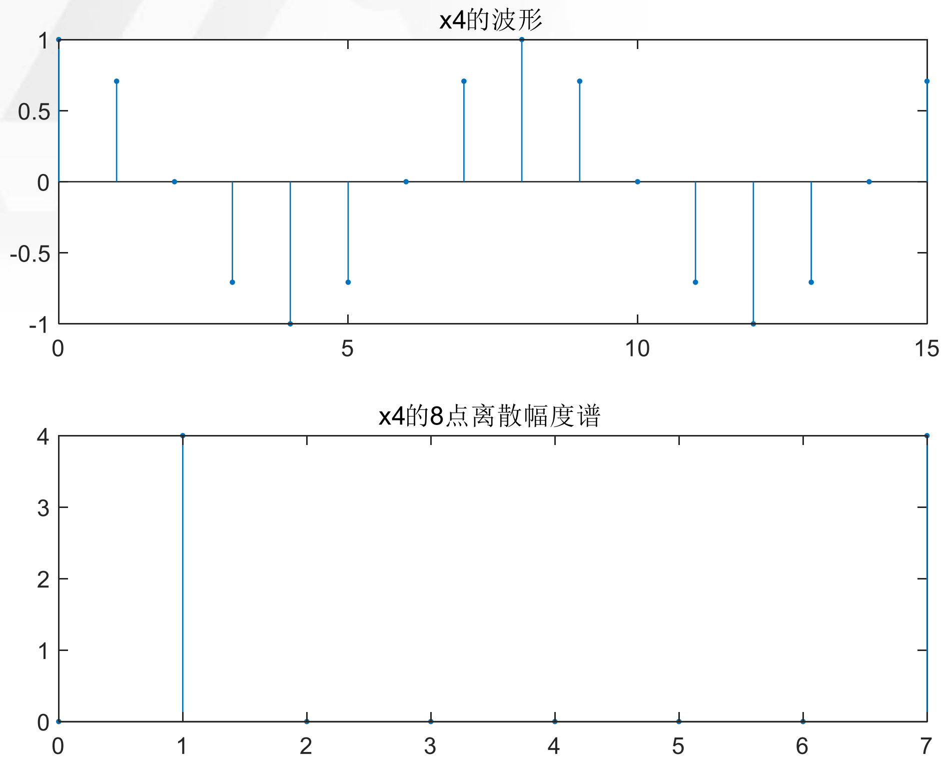
实验任务三：编写 matlab.M 文件对信号 x4（n）做 8 点和 16 点的 FFT。

代码展示：

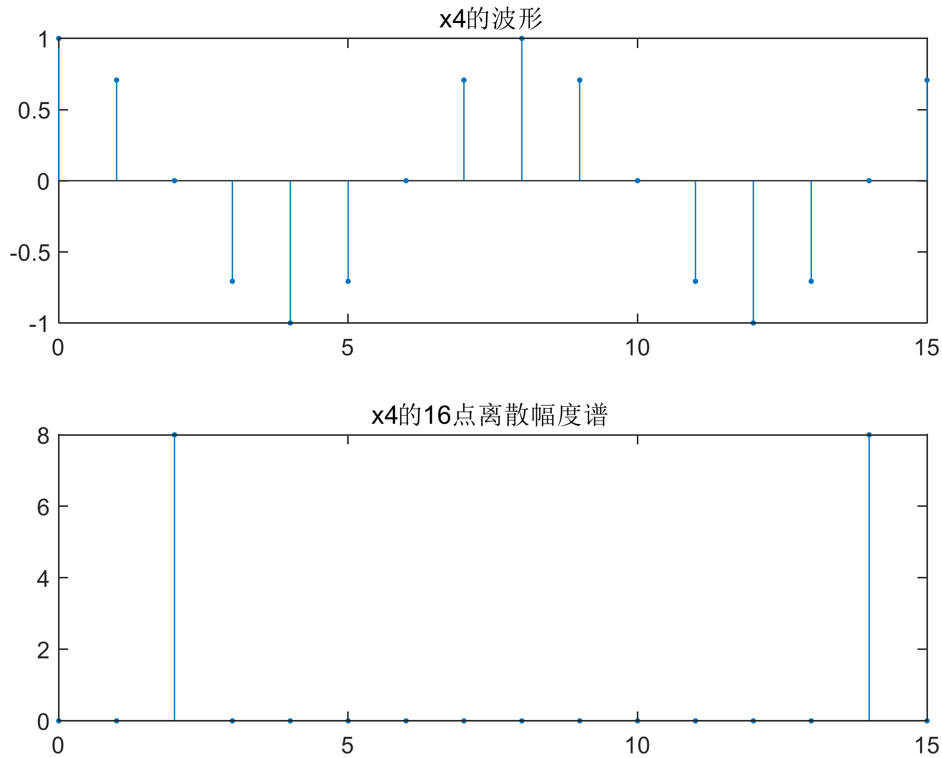
```
%对 x4(n)作 8 点和 16 点的 FFT，
n=0:15;
x4=cos(pi/4*n);
X48=fft(x4,8);
X416=fft(x4,16);
figure(1);
subplot(211);
stem(0:length(x4)-1,x4,'.');
title('x4 的波形');
subplot(212);
stem(0:7,abs(X48),'.');
title('x4 的 8 点离散幅度谱');
figure(2);
subplot(211);
stem(0:length(x4)-1,x4,'.');
title('x4 的波形');
subplot(212);
stem(0:15,abs(X416),'.');
```

```
19.title('x4 的 16 点离散幅度谱');
```

结果截图如图五、图六：



图五



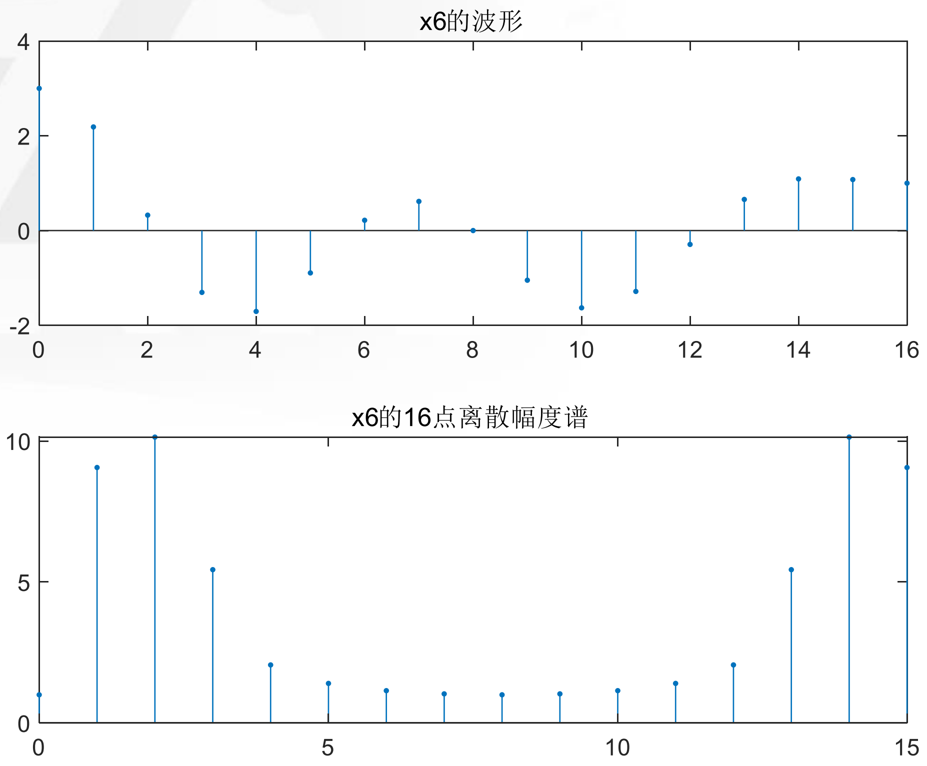
图六

实验任务四：编写 matlab M 文件对信号 x6（n） 以 fs=64（Hz）采样后做 N=16、32、64 点的 FFT。

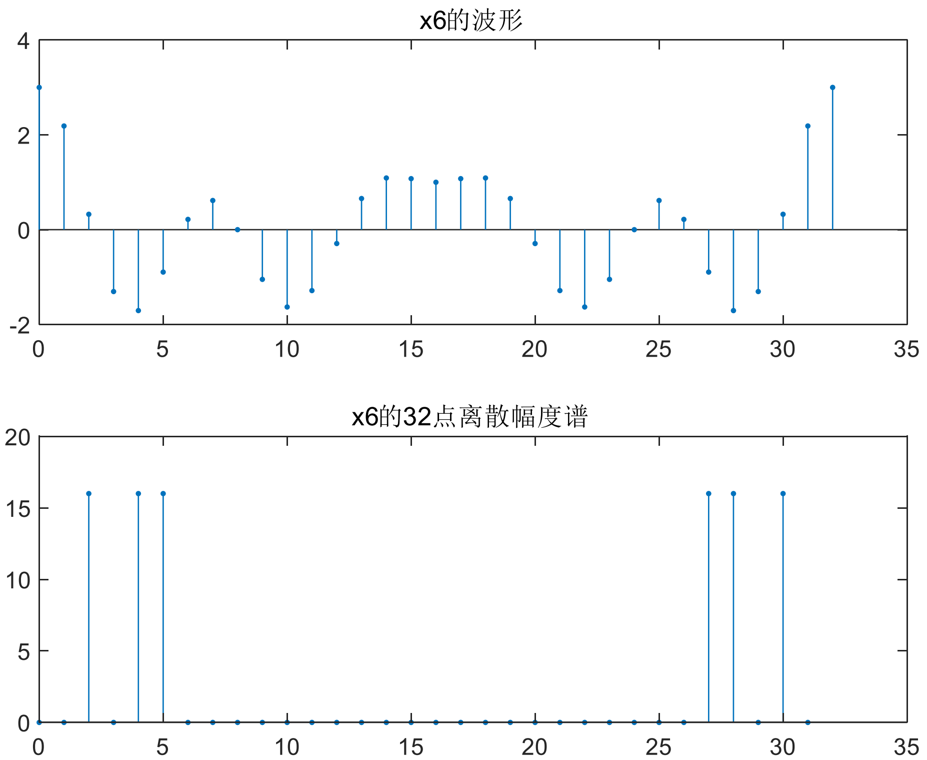
代码展示：

```
%对 x6(n)作 16 点、32 点和 64 点的 FFT,
n1=0:16;
fs=64;
x6=cos(8*pi*n1/fs)+cos(16*pi*n1/fs)+cos(20*pi*n1/fs);
X616=fft(x6,16);
figure(1);
subplot(211);
stem(0:length(x6)-1,x6,'.');
title('x6 的波形');
subplot(212);
stem(0:15,abs(X616),'.');
title('x6 的 16 点离散幅度谱');
n2=0:32;
x6=cos(8*pi*n2/fs)+cos(16*pi*n2/fs)+cos(20*pi*n2/fs);
X632=fft(x6,32);
figure(2);
subplot(211);
stem(0:length(x6)-1,x6,'.');
title('x6 的波形');
subplot(212);
stem(0:31,abs(X632),'.');
title('x6 的 32 点离散幅度谱');
n3=0:64;
x6=cos(8*pi*n3/fs)+cos(16*pi*n3/fs)+cos(20*pi*n3/fs);
X664=fft(x6,64);
figure(3);
subplot(211);
stem(0:length(x6)-1,x6,'.');
title('x6 的波形');
subplot(212);
stem(0:63,abs(X664),'.');
title('x6 的 64 点离散幅度谱');
```

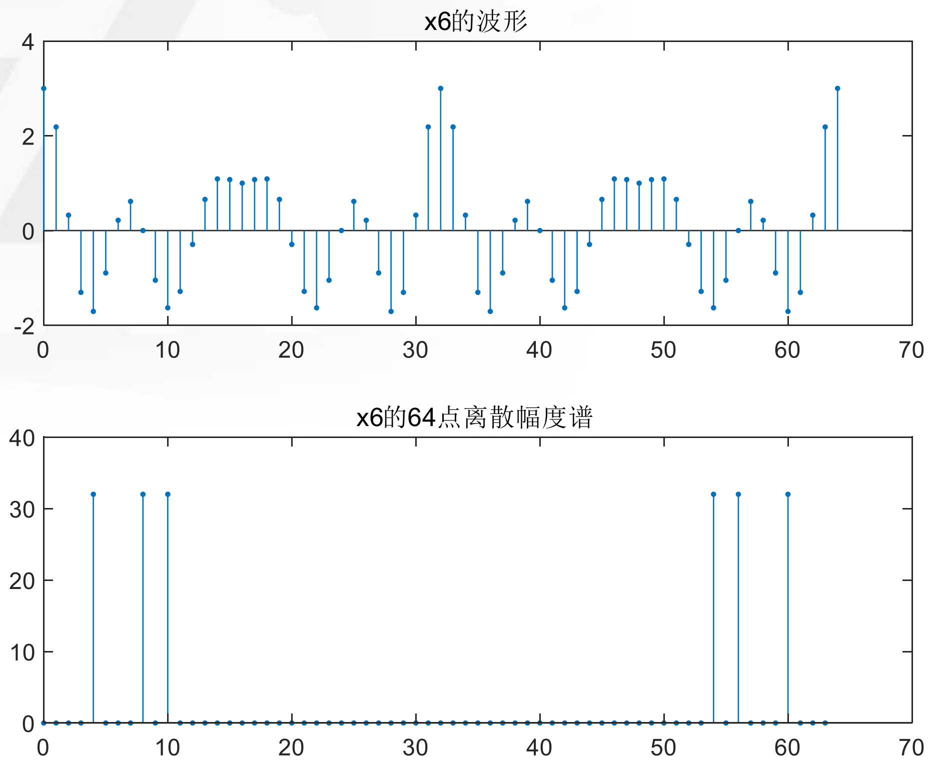
结果截图如图七、图八、图九：


x6的波形
4
2
0
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
x6的16点离散幅度谱
10
5
0
0
5
10
15

图七


x6的波形
4
2
0
-2
0
5
10
15
20
25
30
35
x6的32点离散幅度谱
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
25
30
35

图八



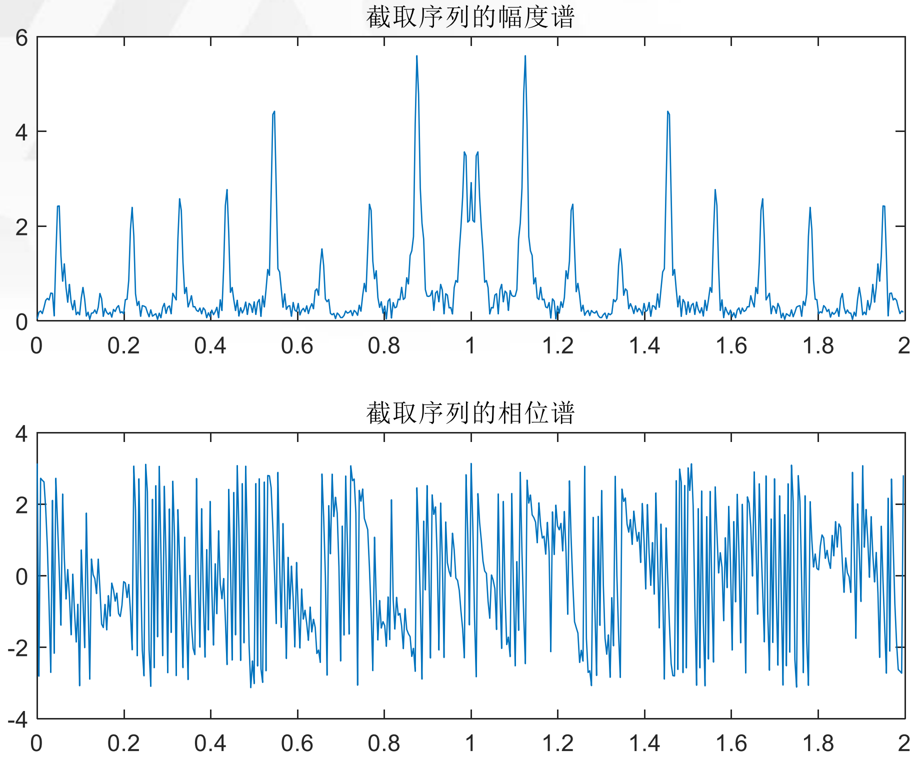
图九

实验任务五:、编写 matlab M 文件，读取 motherland.wav 数据，分析第 8000 至 8199 共 200 个采样点的频谱（提示是傅里叶变换）。方法：对这 200 个点数据做 N=512 的 DFT（采用 FFT 实现）。要求：画出其在[0,2π)的连续幅度谱和相位谱图。

代码展示：

```
[xn,fs]=audioread('motherland.wav');
x=xn(8000:8199);
N=512;
xnk=fft(x,N);
subplot(211);
plot(2*(0:N-1)/N,abs(xnk(1:N)));
title('截取序列的幅度谱');
subplot(212);
plot(2*(0:N-1)/N,angle(xnk(1:N)));
title('截取序列的相位谱');
```

结果截图如图十：



图十

四、思考题

1、在 N=8 和 N=16 两种情况下 x2（n）、x3（n） 的幅频特性会相同吗？为什么？

答：当 N=8 时，两种幅频特性相同；当 N=16 时不同；原因是：由图可知，N=8 时正、反三角波的频域图形是相同的。因为作 DFT 时要先周期延拓作完后取主值部分，而正反三角波周期延拓后是相同的，只差一个相位，因此得到的频域图形也是相同的；N=16 时，两者的频谱不同，因为此时再做周期延拓就不相同了。在后面补零对于正三角波在 n=8 时是连续的，而反三角波在 n=8 时有个突变，时域中出现了陡峭的地方，在频域中频谱分量会增多。通过 N=8 和 N=16 比较得，通过在原序列的末端补零，增加了采样的点数，使谱线增多，弱化了栅栏效应，但增多后的谱线形状是与时域信号的形状有关的。

2. 如果周期信号的周期预先不知道，如何用 FFT 进行分析？

答：设一个定长的 m 值,先取 2m,看 2m/m 的误差是否大，如大的话再取 4m,看 4m/2m 的误差是否大，如不大，4m(4 倍的 m 值)则可近似原来点的谱分析。

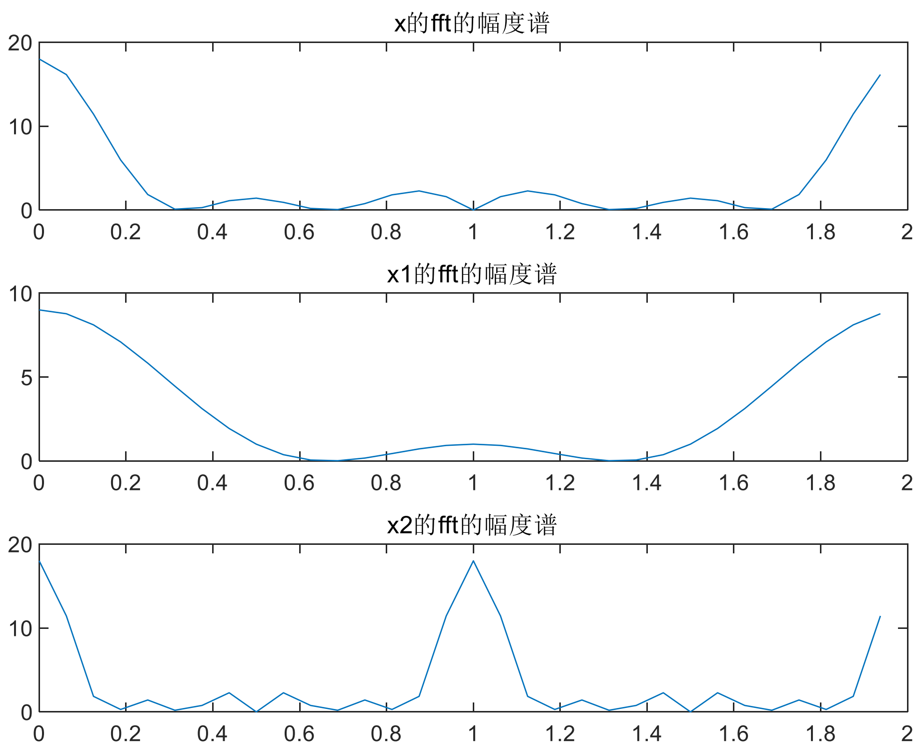
3. 序列 x=[1,1,2,2,3,3,2,2,1,1]。（1）对 x 进行 2 选 1 的抽取，得到序列 x1=[1,2,3,2,1]；（2）对 x 进行 0 值内插，得到序列 x2=[1,0,2,0,2,0,3,0,3,0,2,0,2,0,1]。试使用函数 fft 分别画出 x、x1 和 x2 在 [0,2π)的连续幅度谱图（提示是序列傅里叶变换的幅 度谱）。写出 x1 和 x2 与 x 频谱关系的数学表达式,并解释 x1 和 x2 与 x 的幅度 频谱的变化。

代码展示：

```
N=32;
x=[1,1,2,2,3,3,2,2,1,1];
x1=zeros(length(x)/2,1);
for i=1:length(x1)
    x1(i)=x(2*i);
end
x2=zeros(length(x)*2,1);
for i=1:length(x)
    x2(2*i-1)=x(i);
end
subplot(311);
X=fft(x,N);
X1=fft(x1,N);
X2=fft(x2,N);
```

```
subplot(311);

plot(2*(0:N-1)/N,abs(X(1:N)));

title('x 的 fft 的幅度谱');

subplot(312);

plot(2*(0:N-1)/N,abs(X1(1:N)));

title('x1 的 fft 的幅度谱');

subplot(313);

plot(2*(0:N-1)/N,abs(X2(1:N)));

title('x2 的 fft 的幅度谱');
```

结果截图如图十一：



图十一

分析：当抽取时，利用尺度变换，$X_d(e^{j\Omega})=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}X(e^{j(\frac{\Omega}{N}-\frac{2k\pi}{N})})$ （N=2），抽取信号的频谱是被扩展 N 倍的离散时间信号的频谱以 2p 为间隔周期重复的结果。或者说，抽取信号的频谱由 N 个离散时间信号的频谱叠加而成，这 N 个频谱的频带被扩展了 N 倍，而且，每个频谱之间相距 2p；

内插时：利用尺度变换，$X_i(e^{j\Omega})=X_d(e^{jN\Omega})$

该式表明，内插信号的频谱是对抽取信号的频谱进行尺度压缩变换的结果，其尺度因子为 1/N （N=2）。