# 重庆邮电大学

# 学生实验实习报告册

学年学期： 2019 -2020 学年 □春✓秋学期

课程名称： 数字处理实验

学生学院： 通信与信息工程学院

专业班级： 01011803

学生学号： 2018210189

学生姓名： 范彬

联系电话： 15223745747

重庆邮电大学教务处制

| | | | |
|---|---|---|---|
| 课程名称 | 信号处理实验 | 课程编号 | S01201A2010550003 |
| 实验地点 | YF304 | 实验时间 | 周二，一二节 |
| 校外指导教师 | | 校内指导教师 | 邵凯 |
| 实验名称 | 用 FFT 进行谱分析 | | |
| 评阅人签字 | | 成绩 | |

## 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

1. 复习 DFT 的定义、性质和用 DFT 作谱分析的有关内容。

2. 复习 FFT 算法原理与编程思想，并对照 DIT-FFT 运算流图和程序框图，读懂 本实验提供的 FFT 子程序。

3. 编制信号产生子程序，产生以下典型信号供谱分析用:

$$x1(n)=R_n(n)$$

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

$$x_3(n)=\begin{cases} 4-n,0\leqslant n\leqslant 3\\ n-3,4\leqslant n\leqslant 7\\ 0,\text{其他}n \end{cases}$$

$$x_4(n)=\cos\left(\frac{\pi}{4}n\right)$$

$$x_5(n)=\sin\left(\frac{\pi}{8}n\right)$$

$$x_6(n)=\cos(8\pi t)+\cos(16\pi t)+\cos(20\pi t)$$

应当注意，如果给出的是连续信号 $x_a(t)$ ，则首先要根据其最高频率确定采 样速率 fs 以及由频率分辨率选择采样点数 N，然后对其进行软件采样（即计算 $x(n) = x_a(nT),(0 \le n \le N-1)$），产生对应序列 x(n) 。对信号$x_6(t)$，频率分辨率的选择要以能分辨开其中的三个频率对应的谱线为准则。对周期序列,最好截取周期的整数倍进行谱分析，否则有可能产生较大的分析误差。请实验者根据 DFT 的隐含周期性思考这个问题。

函数 fft(x)可以计算 R 点序列的 R 点 DFT 值；而 fft(x,N)则计算 R 点序列的 N 点 DFT，若 R>N，则直接截取 R 点 DFT 的前 N 点,若$R < N$,则 x 先进行补零扩展为 N 点序列再求 N 点 DFT。

## 三、 实验程序及结果分析

画图函数代码：

```
function count=huatu(x,N,count,flag)
%% x 是函数序列，N 是 DFT 的离散点，count 是用于画图编号，flag 是判断连续和离散
if flag==0
    for i=1:length(N)
        xk=fft(x,N(i));
        figure(length(N)*(count-1)+i)
        subplot(2,1,1)
        stem(0:length(x)-1,x,'.');
        title("x 的波形")
        subplot(2,1,2)
        stem(0:N(i)-1,abs(xk),'.');
        title(strcat("x 的",num2str(N(i)),"点 fft"))
    end
else
    for i=1:length(N)
        xk=fft(x,N(i));
        figure(length(N)*(count-1)+i)
        subplot(2,1,1)
        stem(0:length(x)-1,x,'.');
        title("x 的波形")
        subplot(2,1,2)
        plot(0:N(i)-1,abs(xk));
        title(strcat("x 的",num2str(N(i)),"点 fft"))
    end
end
end
```

绘制$x_1(n),x_2(n),x_4(n),x_6(n)$的 8 点和 16 点 FFT，$x_6(n)$的 16，32，64 点 FFT 代码：

```
%% 任务一
clc
```

```
clear all
x1=[1 1 1 1 0 0 0 0];
x2=[1:1:4 4:-1:1];
n=[1:1:8];
N=[8 16];
%% x4 和 x5 是一个函数，取样点不同
x4=[cos(pi/4.*n)];
x5=[cos(pi/4.*[1:1:16])];
x=[x1;x2;x4]
for i=1:size(x,1)-1
    huatu(x(i,:),N,i,0);
end
count=5;
huatu(x4,N(1),count,0);
count=count+1;
huatu(x5,N(2),count,0);
count=count+1;
N=[16 32 64];
for i=1:length(N)
n=[0:1/64:(N(i)-1)*(1/64)];
x6=cos(8*pi.*n)+cos(16*pi.*n)+cos(20*pi.*n);
huatu(x6,N(i),count,0);
count=count+1;
end
```

**如下图一图二是$x_1(n)$的 8 点和 16 点 FFT。**

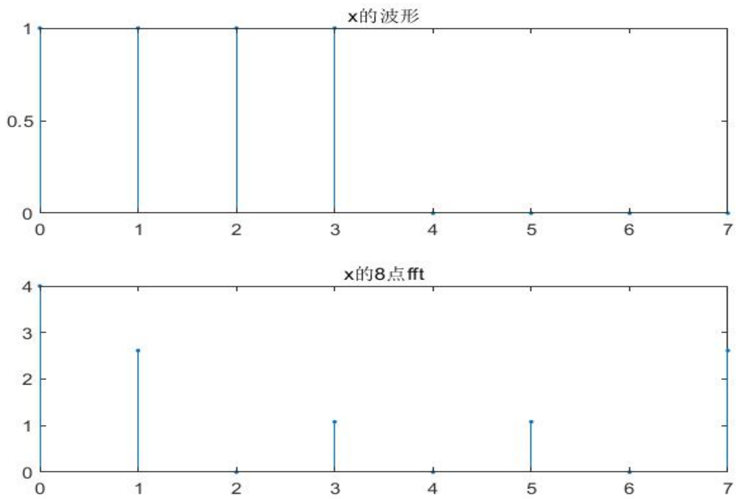


**图 1 $x_1(n)$的 8 点 FFT**

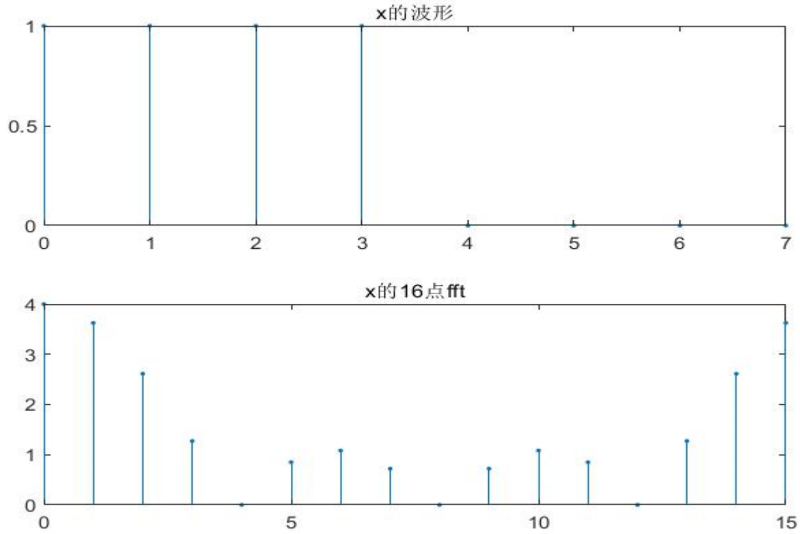


**图 2 $x_1(n)$的 16 点 FFT**

**图 3 图 4 是$x_2(n)$的 8 点和 16 点 FFT**

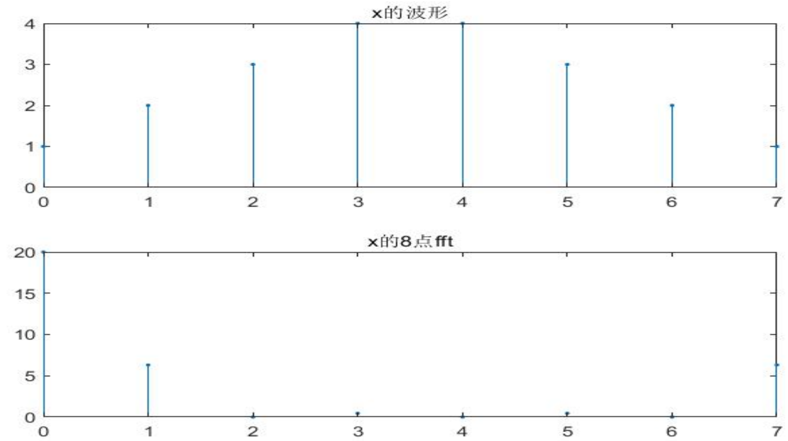


**图 3 $x_2(n)$的 8 点 FFT**

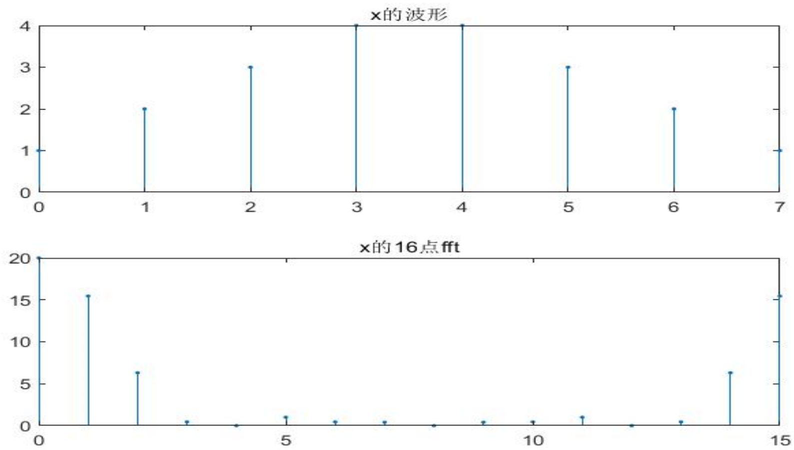


**图 4 $x_2(n)$的 16 点 FFT**

**图 5 图 6 是$x_4(n)$的 8 点和 16 点 FFT**

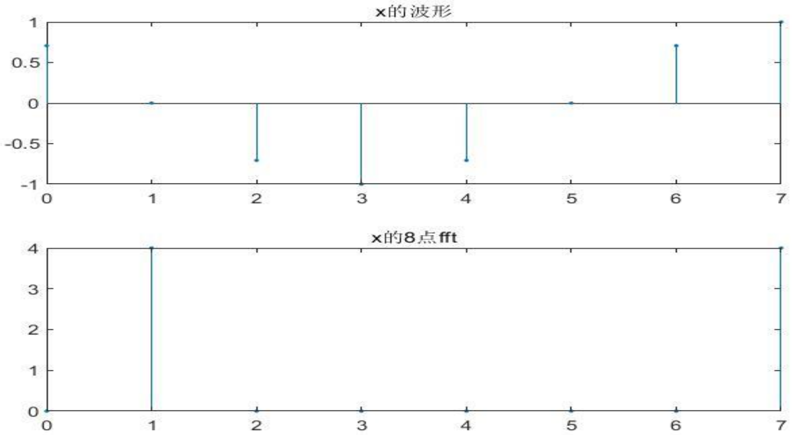


**图 5 $x_4(n)$的 8 点 FFT**

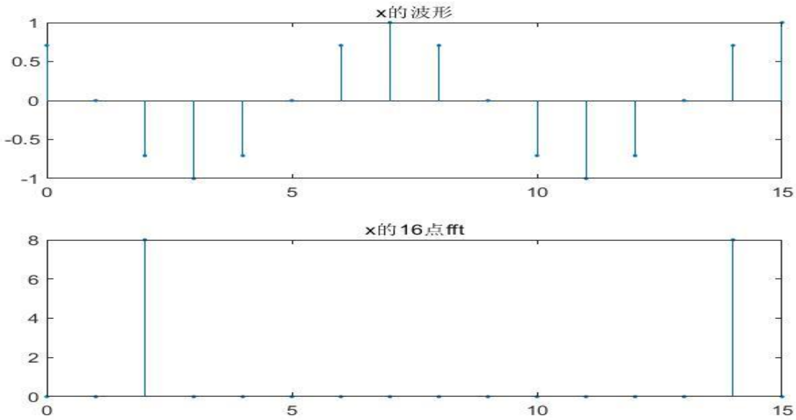


**图 6 $x_4(n)$的 16 点 FFT**

**图 7 图 8 图 9 是$x_6(n)$的 16 点和 32 点和 64 点 FFT**

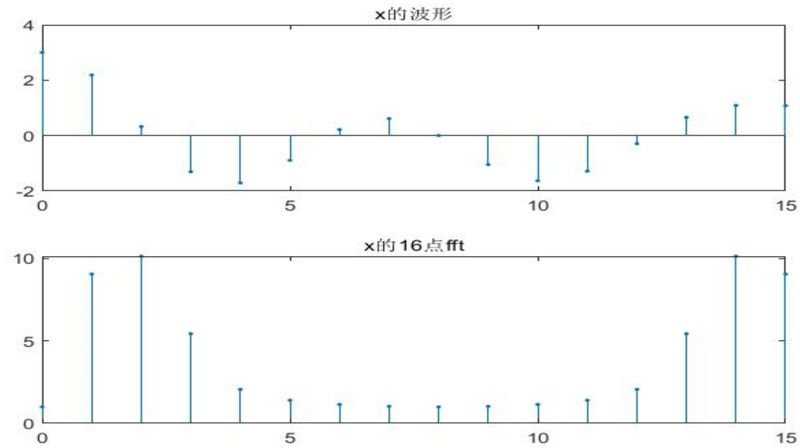


**图 7 $x_6(n)$的 16 点 FFT**

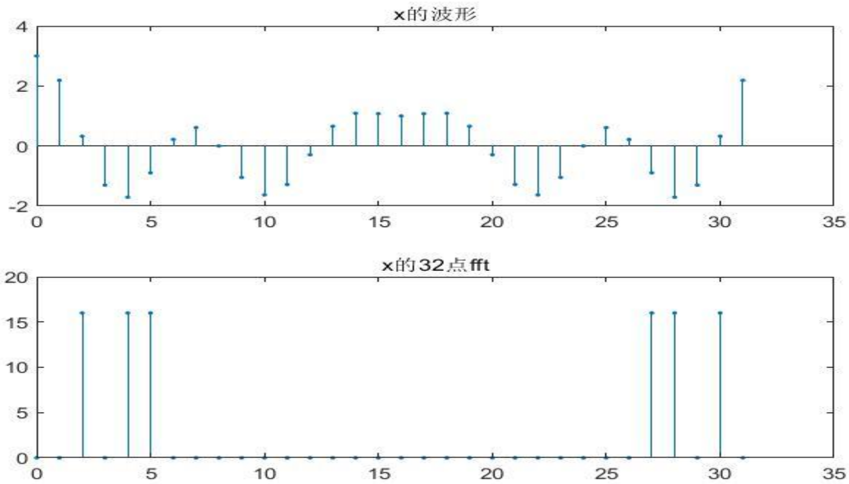


**图 8 $x_6(n)$的 32 点 FFT**

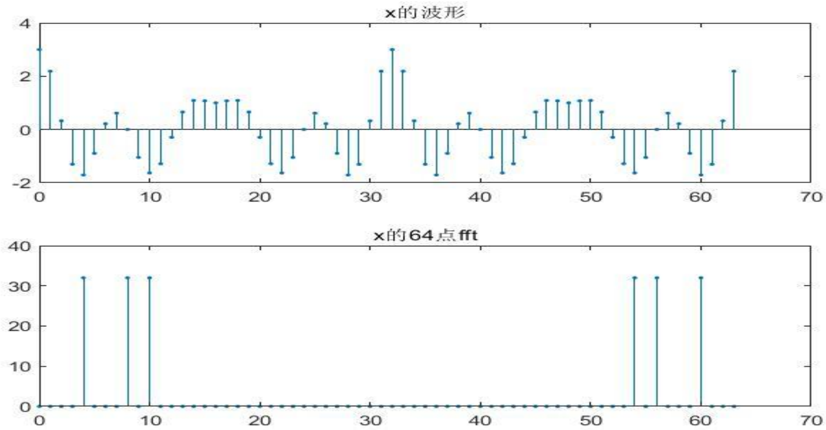


**图 9 $x_6(n)$的 32 点 FFT**

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：

```
%% 第五题
[xn,p]=audioread("motherland.wav");
x=xn(8000:8199);
huatu(x,512,1,1);
title("音频文件的幅度谱");
xk=fft(x,512);
figure(20)
xH=angle(xk);
plot(xH);

%% 思考题
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
    N=32;
    huatu(x,N,2,1);
    huatu(x1,N,3,1);
    huatu(x2,N,4,1);
```

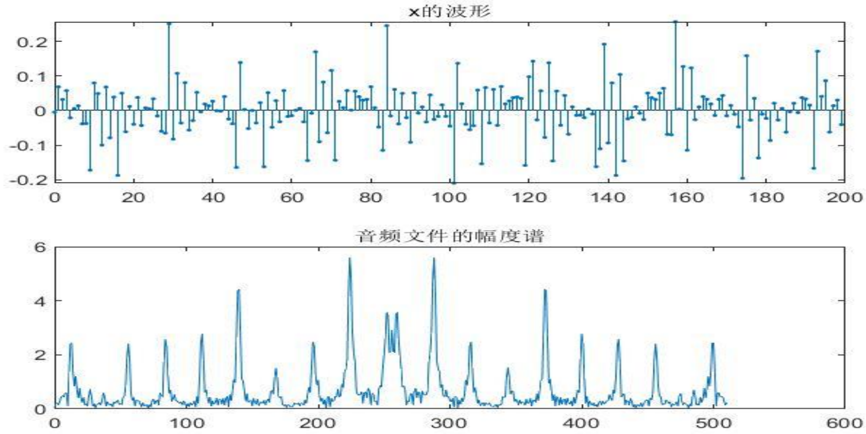


**图 10 幅度谱**

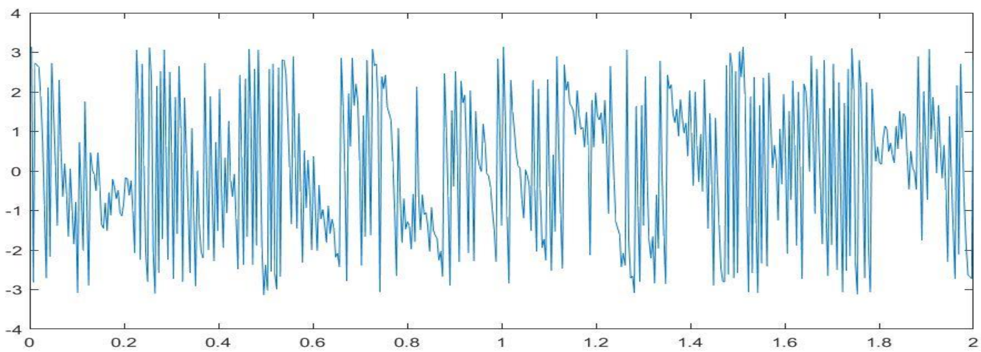


**图 11 相位谱**

# 四、思考题

**1. 在 N=8 和 N=16 两种情况下，$x_2(n),x_3(n)$的幅频特性会相同吗？为什么？**

当 N=8 时，幅频特性相同。

$$x_3(n)=x_2((n-4))_8, 0\leqslant n\leqslant 7$$

$$DFT(x_3(n))=e^{-j(2\pi/8)k4}X_2[k]=e^{-j(\pi)k}X_2[k]$$

所以$x_2(n)$和$x_3(n)$的幅频特性相同。

N=16 时不相同，因为$x_2(n)$,$x_3(n)$需补零，不满足循环位移。

**2. 如果周期信号的周期预先不知道，如何用 FFT 进行分析?**

先截取 M 点 FFT，得到:

$$x_M(n) = \widetilde{x(n)} * R_M(n)$$

$$x_M(k) = DFT[x_M(n)]$$

长度扩大 1 倍后:

$$x_{2M}(n) = \widetilde{x(n)} * R_{2M}(n)$$

$$x_{2M}(k) = DFT[x_{2M}(n)]$$

如果两者满足误差分析要求，则$x_M(k)$或$x_{2M}(k)$近似表示$\widetilde{x(n)}$的频谱，否则继续长度加倍。

**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）内插 0 得到 x2=[1,0,1,0,2,0,2,0,3,0,3,0,2,0,2,0,1,0,1,0]。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:

```
%% 思考题
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
N=32;
huatu(x,N,2,1);
huatu(x1,N,3,1);
huatu(x2,N,4,1);
```

图 12，13，14 分别是$x, x_{1,} x_2$的连续幅度谱：

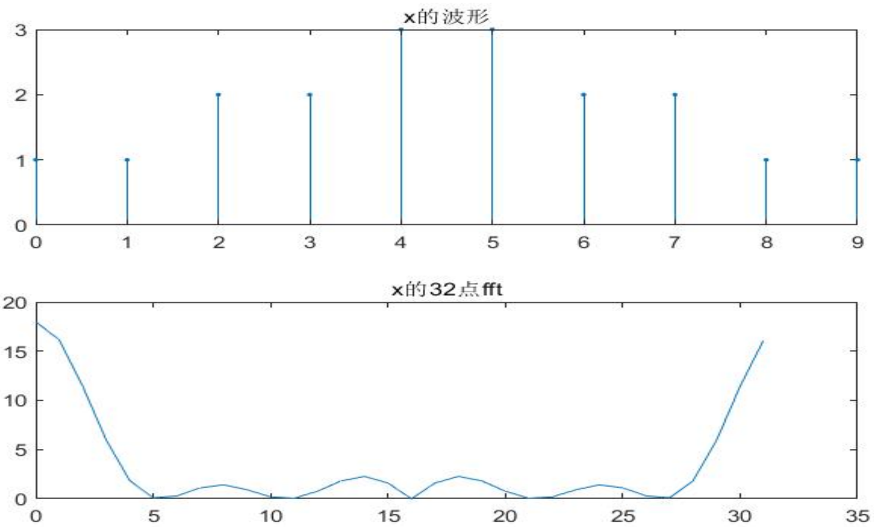


图 12

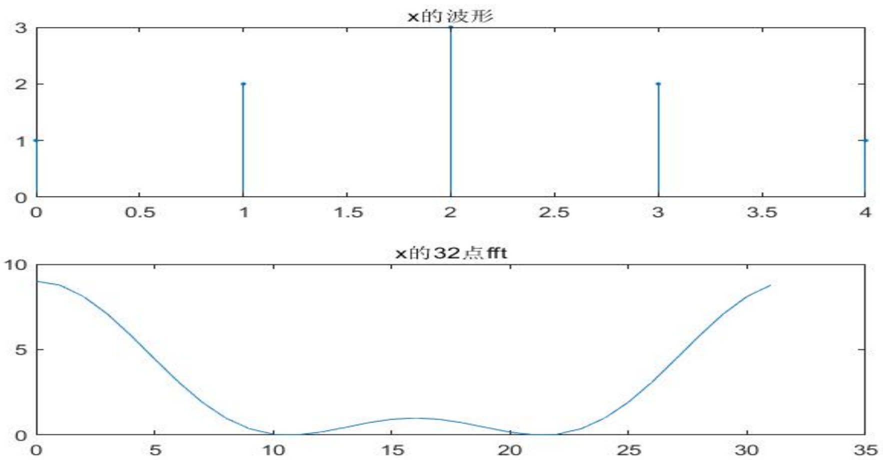


图 13

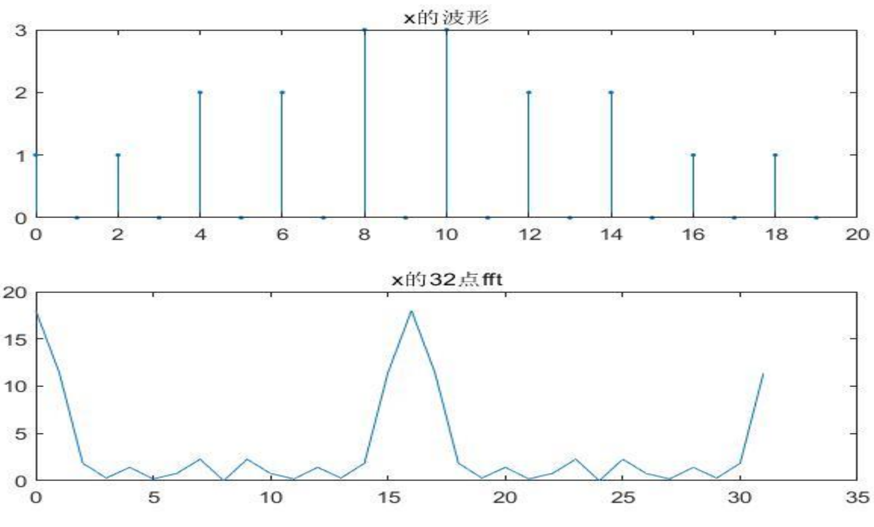


图 14

当抽取时，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。

内插时，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