

实验三 用 FFT 进行谱分析

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、实验仪器

微型计算机

三、实验步骤

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：

$$x_1(n) = R_4(n) \quad (1-1)$$

$$x_2(n) = \begin{cases} n+1, & 0 \leq n \leq 3 \\ 8-n, & 4 \leq n \leq 7 \\ 0, & \text{其他 } n \end{cases} \quad (1-2)$$

$$x_3(n) = \begin{cases} 4-n, & 0 \leq n \leq 3 \\ n-3, & 4 \leq n \leq 7 \\ 0, & \text{其他 } n \end{cases} \quad (1-3)$$

$$x_4(n) = \cos\left(\frac{\pi}{4}n\right) \quad (1-4)$$

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

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

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 f_s 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 $x(n) = x_a(nT)$, $(0 \leq n \leq N-1)$ ），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。

4. 编写 M 文件。

四、实验内容

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。

【实例 4-1】对 x_3 做 8 点 FFT，绘制出离散幅度谱。

MATLAB 参考代码如下：

```
N=8;
```

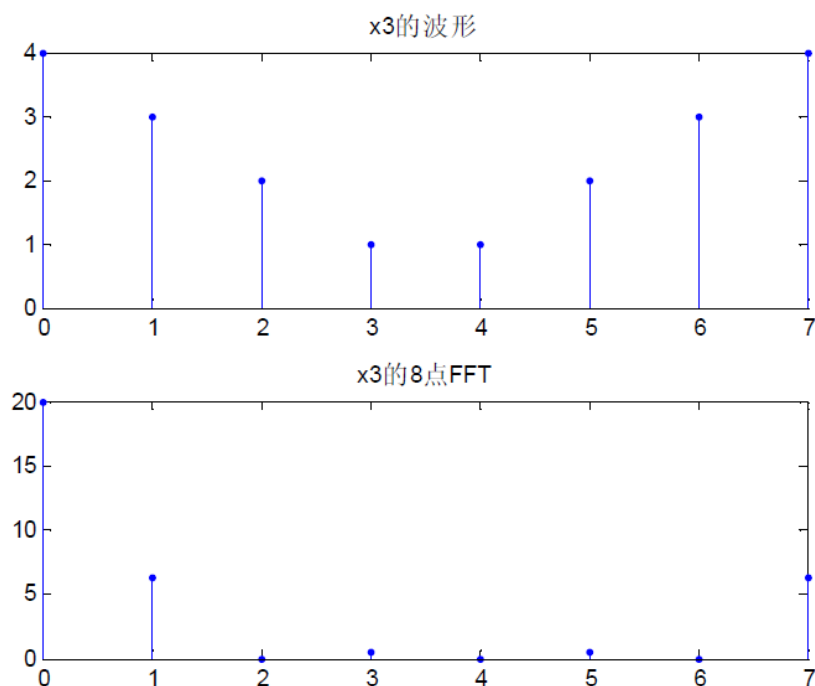
```
x=[4:-1:1 1:4];
```

```
xk=fft(x,N);
```

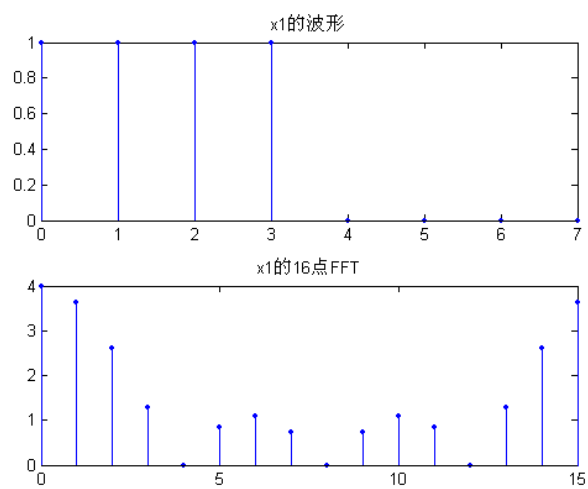
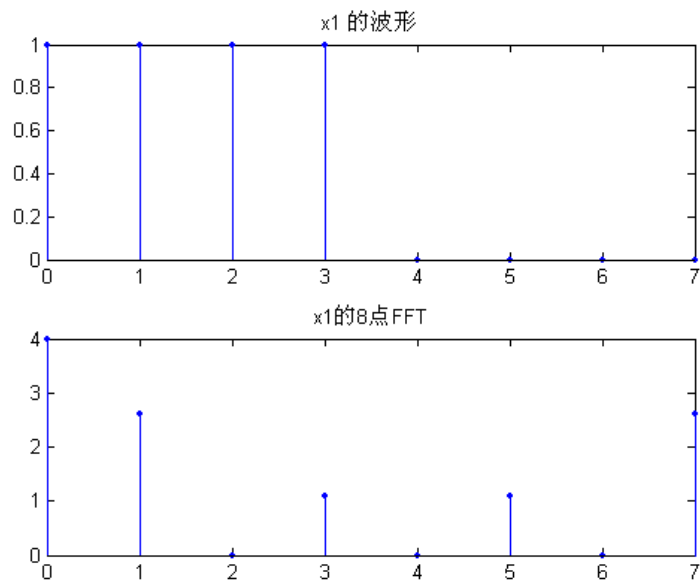
```
figure;
```

```
subplot(211); stem(0:length(x)-1,x,'.'); title('x3 的波形');
```

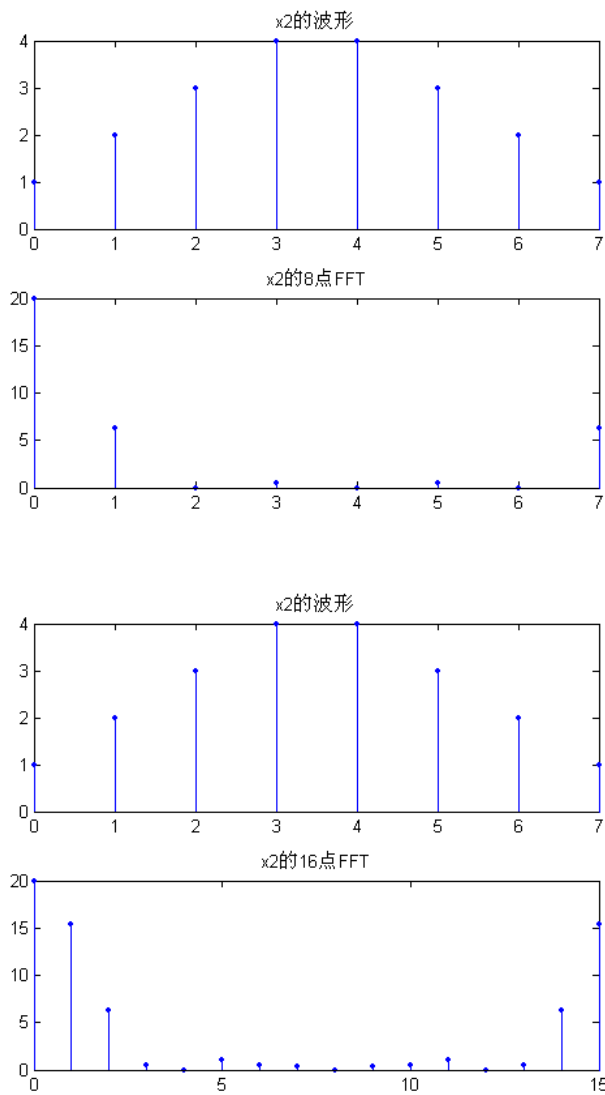
```
subplot(212); stem(0:N-1,abs(xk),'.' ); title('x3 的 8 点离散幅度谱');
```



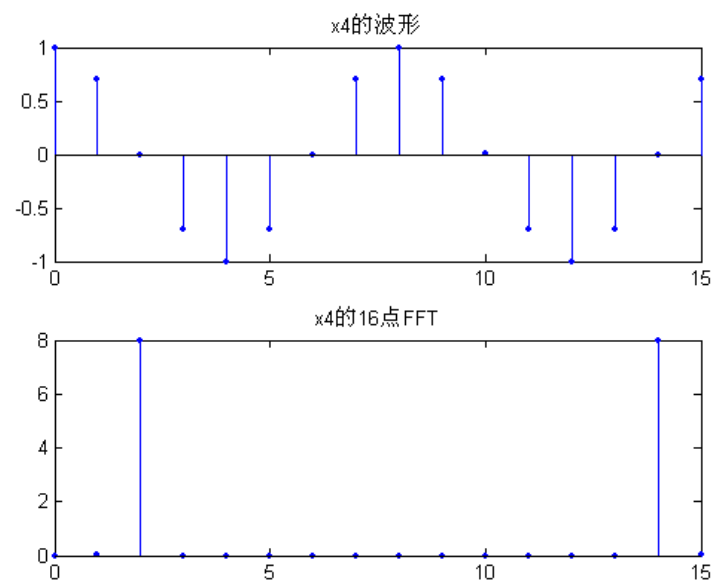
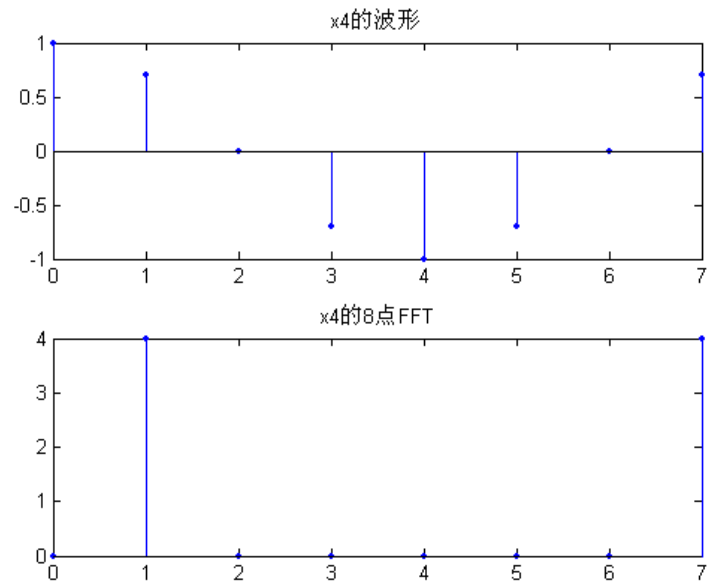
1. 编写 matlab M 文件对信号 $x_1(n)$ 做 8 点和 16 点的 FFT，**保存如下两幅实验结果图形。**



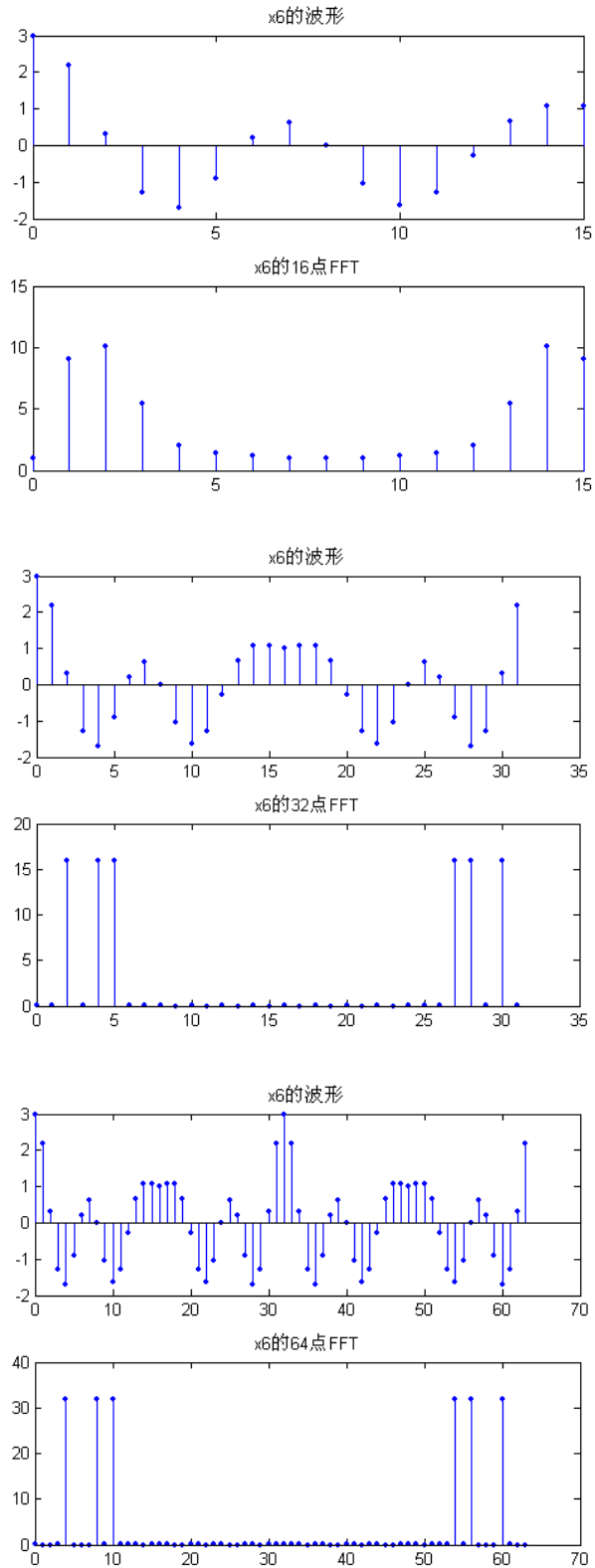
2. 编写 matlab M 文件对信号 $x_2(n)$ 做 8 点和 16 点的 FFT，**保存如下两幅实验结果图形。**



3、编写 matlab M 文件对信号 $x_4(n)$ 做 8 点和 16 点的 FFT，**保存如下两幅实验结果图形。**



4、编写 matlab M 文件对信号 $x_6(t)$ 以 $f_s=64$ (Hz) 采样后做 $N=16$ 、32、64 点的 FFT，**保存如下三幅实验结果图形。**



5、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 $[0, 2\pi)$ 的连续幅度谱和相位谱图。

五、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?
2. 如果周期信号的周期预先不知道, 如何用 FFT 进行分析?
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 $x_1=[1,2,3,2,1]$;
(2)对 x 进行 0 值内插, 得到序列 $x_2=[1,0,1,0,2,0,2,0,3,0,3,0,2,0,2,0,1,0,1,0]$ 。试使用函数 `fft` 分别画出 x 、 x_1 和 x_2 在 $[0, 2\pi)$ 的连续幅度谱图 (提示是序列傅里叶变换的幅度谱)。写出 x_1 和 x_2 与 x 频谱关系的数学表达式, 并解释 x_1 和 x_2 与 x 的幅度频谱的变化。