

# 浙江大学实验报告

专业： 信息工程  
姓名： 箫宇  
学号：  
日期： 2023 年 7 月 2 日  
地点： 教 4-421

课程名称： 数字信号处理 指导老师： 徐元欣 成绩：  
实验名称： 确定性信号谱分析 实验类型： 验证 同组学生姓名： —

## 一 实验目的和要求

谱分析即求信号的频谱。本实验采用 DFT/FFT 技术对周期性信号进行谱分析。通过实验，了解用  $X(k)$  近似地表示频谱  $X(e^{j\omega})$  带来的栅栏效应、混叠现象和频谱泄漏，了解如何正确地选择参数（抽样间隔  $T$ 、抽样点数  $N$ ）。

## 二 实验内容和步骤

1. 选用最简单的周期信号：单频正弦信号、频率  $f=50$  赫兹，进行谱分析。
2. 谱分析参数可以从下表中任选一组（也可自定）。对每组参数时的序列，计算：一个正弦周期是否对应整数个抽样间隔？观察区间是否对应整数个正弦周期？

信号频率 $f$ (赫兹)	谱分析参数	抽样间隔 $T$ (s)	截断长度 $N$
50	第一组参数	0.000625	32
50	第二组参数	0.005	32
50	第三组参数	0.0046875	32
50	第四组参数	0.004	32
50	第五组参数	0.0025	16

3. 对以上几个正弦序列，依次进行以下过程。
  - 3.1 观察并记录一个正弦序列的图形（时域）、频谱（幅度谱、频谱实部、频谱虚部）形状、幅度谱的第一个峰的坐标（ $U$ ,  $V$ ）。
  - 3.2 分析抽样间隔  $T$ 、截断长度  $N$ （抽样个数）对谱分析结果的影响；
  - 3.3 思考  $X(k)$  与  $X(e^{j\omega})$  的关系；
  - 3.4 讨论用  $X(k)$  近似表示  $X(e^{j\omega})$  时的栅栏效应、混叠现象、频谱泄漏。

## 三 主要仪器设备

MATLAB 编程。

## 四 操作方法和实验步骤

(参见“二、实验内容和步骤”)

## 五 实验数据记录和处理

Listing 1: 主函数

---

```
1 %please open this file with UTF-8

3 %设置频率为50Hz
  f = 50;
5 %设置五种序列的抽样间隔
  T = [0.000625 , 0.005 , 0.0046875 , 0.004 , 0.0025];
7 %设置截断点数为32
  N1 = 0:1:31;
9 %设置截断点数为16
  N2 = 0:1:15;
11 %序列一: 抽样间隔为0.000625s, 截断点数为32
  x1 = sin(2*pi*f*T(1)*N1);
13 %序列二: 抽样间隔为0.005s, 截断点数为32
  x2 = sin(2*pi*f*T(2)*N1);
15 %序列三: 抽样间隔为0.0046874s, 截断点数为32
  x3 = sin(2*pi*f*T(3)*N1);
17 %序列四: 抽样间隔为0.004s, 截断点数为32
  x4 = sin(2*pi*f*T(4)*N1);
19 %序列五: 抽样间隔为0.0025s, 截断点数为16
  x5 = sin(2*pi*f*T(5)*N2);
21
  %调用drawPic函数绘制五个序列的时域图像和频域分析结果
23 drawPic(x1 , N1 , '序列1');
  drawPic(x2 , N1 , '序列2');
25 drawPic(x3 , N1 , '序列3');
  drawPic(x4 , N1 , '序列4');
27 drawPic(x5 , N2 , '序列5');
```

---

Listing 2: 绘图函数

```
1 function drawPic(x , n , text)
   %绘制传入序列的时域图谱
3 figure('Name',text,'NumberTitle','off')
   stem(n,real(x),'filled');
5 title(text);

7 saveas(gcf , text , 'png')
   close(gcf)
9
   %对传入序列进行fft变换
11 X = fft(x);
   %为图片名称加入“频谱”前缀
13 text1 = ['频谱_' , text];
   %绘制频域的实部图像
15 figure('Name',text,'NumberTitle','off')
   subplot(3,1,1);
17 stem(n,real(X),'filled');
   title('实部');
19 %绘制频域的虚部图像
   subplot(3,1,2);
21 stem(n,imag(X),'filled');
   title('虚部');
23 %绘制频域的模的图像
   subplot(3,1,3);
25 stem(n,abs(X),'filled');
   title('模');
27 saveas(gcf , text1 , 'png')
   close(gcf)
29
end
```

## 六 实验结果与分析

### 1. 序列图像

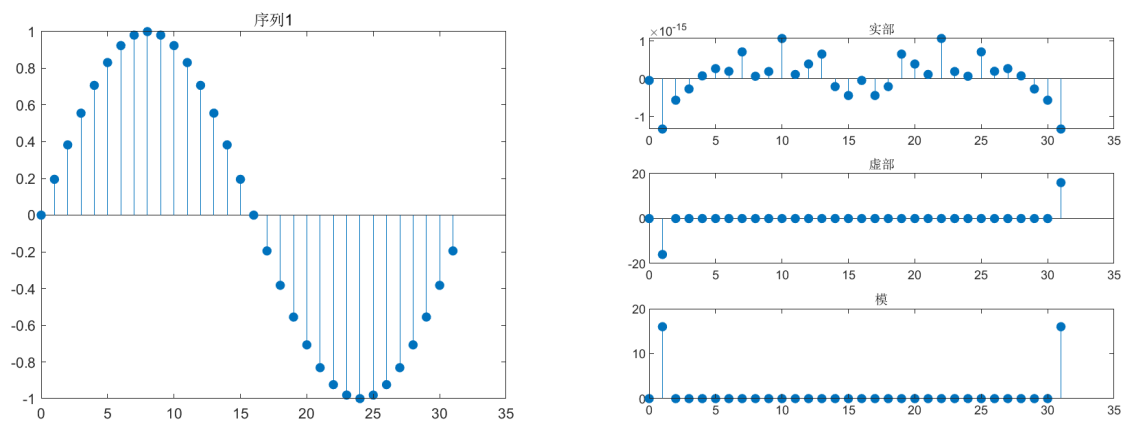


图 1: 序列一及其频谱

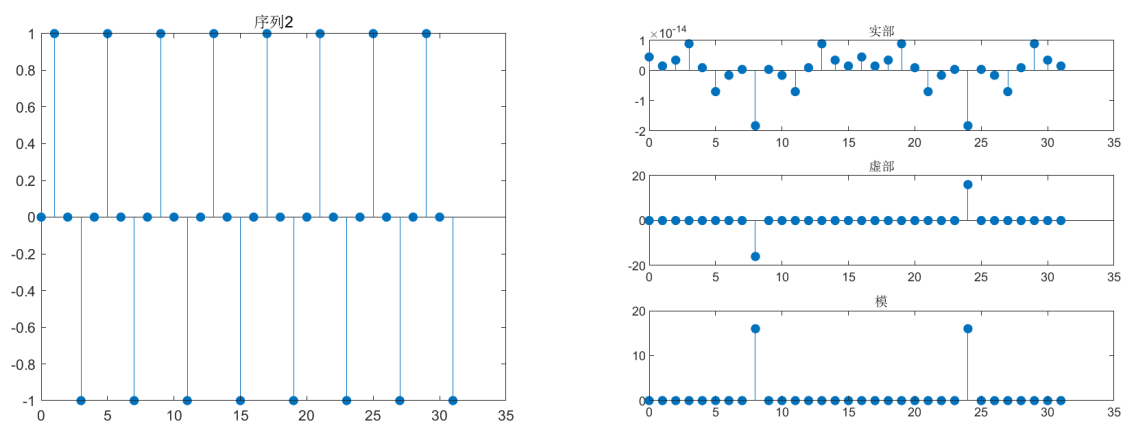


图 2: 序列二及其频谱

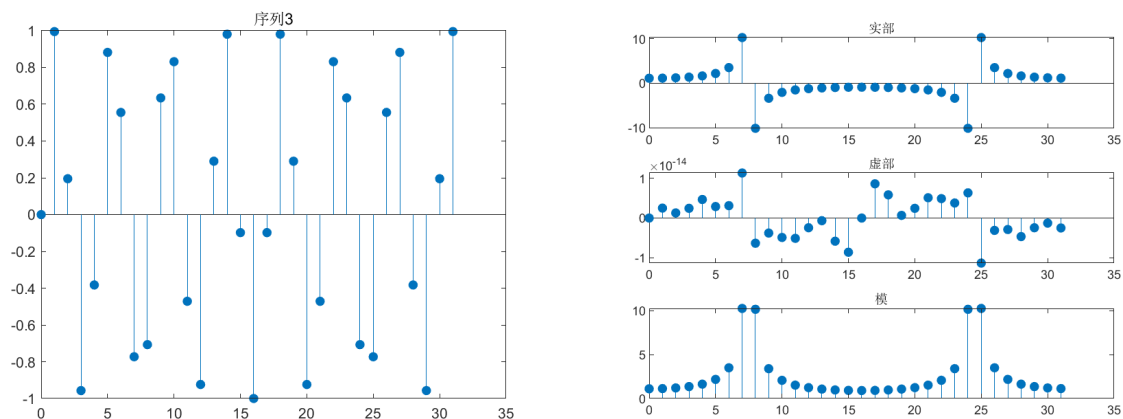


图 3: 序列三及其频谱

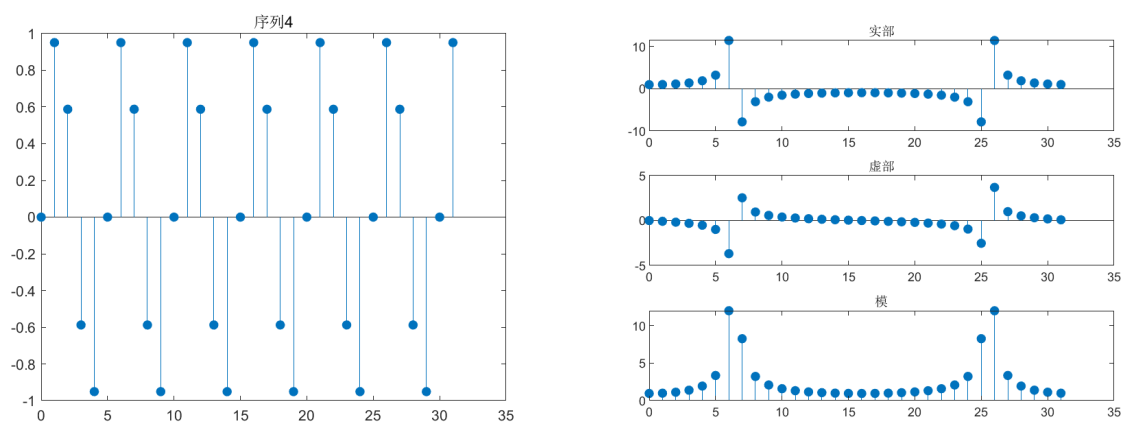


图 4: 序列四及其频谱

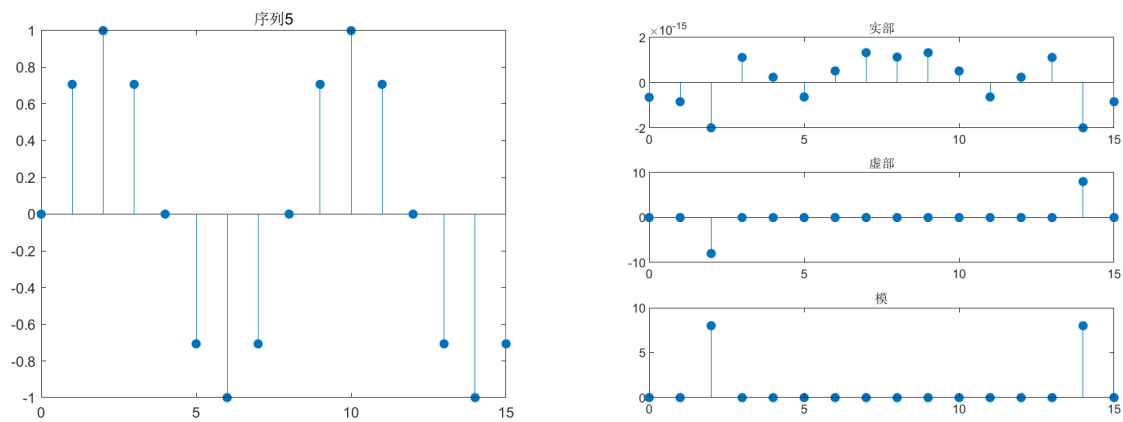


图 5: 序列五及其频谱

2. 实验前预习有关概念, 并根据上列参数来推测相应频谱的形状、谱峰所在频率 (U) 和谱峰的数值 (V)、混叠现象和频谱泄露的有无。

序列	一个周期为多少个抽样间隔	是否对应整数个正弦周期	U	V	是否有混叠	是否有频谱泄露
序列一	32	1	1	16	否	否
序列二	4	8	8	16	否	否
序列三	4.27	7.5	7.5	10.25	否	有
序列四	5	6.4	6.4	12	否	有
序列五	8	2	2	8	否	否

### 3. 分析抽样间隔 $T$ 、截断长度 $N$ (抽样个数) 对谱分析结果的影响

抽样间隔越小, 在时域中就越能够反映出该序列真实的图像。只有当抽样频率大于该信号最大频率的两倍在频谱中才不会发生混叠, 观察本次实验中采样得到的五个序列, 可以发现五个序列均满足奈奎斯特采样率, 均未发生混叠。

同时抽样的时间长短决定是否发生频谱泄露, 同时当采样同步时, 窗口宽度等于整数个信号周期, 矩形框的过零点与离散频点正好对齐, 没有泄露

### 4. 思考 $X(k)$ 与 $X(e^{j\omega})$ 关系

$X(k)$  是  $X(e^{j\omega})$  上的均匀采样。

### 5. 讨论用 $X(k)$ 近似表示 $X(e^{j\omega})$ 时的栅栏效应、混叠现象、频谱泄露。

- (1) 栅栏效应: 因为  $X(k)$  是  $X(e^{j\omega})$  上的均匀采样, 所以一定会产生栅栏效应, 采样点数越多, 间隔越小, 栅栏效应就越弱
- (2) 混叠效应: 当采样频率高于信号最高频率的两倍时, 不会发生混叠现象
- (3) 频谱泄露: 窗口函数的宽度等于整数个信号周期时, 不会发生频谱泄露

### 6. 观察实验结果 (数据及图形) 的特征, 做必要的记录。

- (1) 采样点数的数目会影响频谱的高度
- (2) 序列三与序列四出现了频谱泄露, 序列一、二与五没有出现
- (3) 序列一、二与五被取到了整数个信号周期

### 7. 用基本理论、基本概念来解释各种现象

因为  $X(k)$  是  $X(e^{j\omega})$  在  $0 - 2\pi$  上的均匀采样, 所以可以看出序列 1, 3, 5 取到峰值的地方可以归为  $\frac{\pi}{16}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{4}$ , 这一现象与我们理论计算出来的值相等。

因为序列一、三与五是没发生频谱泄露, 所以这三个序列的频谱仅在理论计算出的位置; 而序列三与四窗函数的宽度并不是信号周期的整数倍, 所以发生了频谱泄露。