实验一报告 MATLAB 基础实验

夏厚 PB18051031

2021 年 4 月 18 日

1 实验目的

- 了解掌握 MATLAB 程序设计语言的基本特点，熟悉 MATLAB 软件运行环境
- 掌握创建、保存、打开 m 文件及函数的方法
- 掌握二维平面图形的绘制方法，能够使用这些方法进行常用的数据可视化处理
- 理解周期信号的傅里叶级数展开的物理意义
- 掌握信号的傅里叶变换及反变换

2 实验原理

2.1 周期信号的傅里叶级数

若一周期信号 $f(t) = f(t + kT)$，其中 k 为整数，T 为信号的额周期。若周期信号在一个周期内可积，则可以通过傅里叶级数对该信号进行展开。其傅里叶展开式如下：

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{j2\pi n f_s t}$$

$$F_n = \frac{1}{T}\int_{T/2}^{-T/2} f(t) e^{-j2\pi n f_s t} dt$$

其中，T 为信号的最小周期：$f_s = 1/T$ 为信号的基波；F_n 为傅里叶技术展开系数，其物理意义为频率分量 nf_s 的幅度和相位。

2.2 信号的傅里叶变换及其反变换

对于非周期信号 $s(t)$，满足绝对可积的条件下，可利用傅里叶变换对其进行频域分析。

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft}dt$$
$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f)e^{j2\pi ft}df$$

其中，$S(f)$ 成为信号 $s(t)$ 傅里叶变换，表示了该信号的幅频特性。

3 实验内容

3.1 在 Command Window 里面计算

- (3+5+8)÷5×10;

```
>> (3+5+8)/5*10

ans =

    32
```

图 1: 计算结果

- $sin(3\pi) \div \sqrt{9/5}$;

```
>> sin(3*pi)/((9/5)^0.5)

ans =

   2.7384e-16
```

图 2: 计算结果

- $$A=\begin{bmatrix}1&2&3\\4&5&6\\7&8&8\end{bmatrix}\qquad B=\begin{bmatrix}7&8&8\\4&5&6\\1&2&3\end{bmatrix}$$

  计算：C=A× B,D=A+B,A\ C,C/B;

```
C =

    18    24    29
    54    69    80
    89   112   128

>> D=A+B

D =

     8    10    11
     8    10    12
     8    10    11

>> A\C

ans =

    7.0000    8.0000    8.0000
    4.0000    5.0000    6.0000
    1.0000    2.0000    3.0000

>> C/B

ans =

    1.0000    2.0000    3.0000
    4.0000    5.0000    6.0000
    7.0000    8.0000    8.0000
```

图 3: 计算结果

- $$A=\begin{bmatrix}3&1.2&4\\7.5&6.6&3.1\\5.4&3.4&6.1\end{bmatrix}$$

计算：$A^{'}, A^{-1}, |A|$;

```
>> A=[3 1.2 4;7.5 6.6 3.1;5.4 3.4 6.1]

A =

    3.0000    1.2000    4.0000
    7.5000    6.6000    3.1000
    5.4000    3.4000    6.1000

>> A'

ans =

    3.0000    7.5000    5.4000
    1.2000    6.6000    3.4000
    4.0000    3.1000    6.1000

>> inv(A)

ans =

    2.1555    0.4555   -1.6449
   -2.1040   -0.2393    1.5013
   -0.7354   -0.2698    0.7833

>> det(A)

ans =

   13.7880
```

图 4: 计算结果

- $$Z = \begin{bmatrix} 1+2i & 3+4i \\ 5+6i & 7+8i \end{bmatrix}$$

输入复数阵矩；

```
>> Z=[1+2i 3+4i;5+6i 7+8i]

Z =

   1.0000 + 2.0000i   3.0000 + 4.0000i
   5.0000 + 6.0000i   7.0000 + 8.0000i
```

图 5: 输入结果

3.2 实验内容 2

建立.m 文件,用 for 循环语句生成 50×50 的矩阵 A: $\begin{bmatrix} 1 & 2 & \cdots & 50 \\ 2 & 3 & \cdots & 51 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 50 & 51 & \cdots & 99 \end{bmatrix}$ 将 A 矩阵进行水平和垂直翻转得到矩阵 B 和 C。将 A 矩阵的前 10 行，10 列变成 0 并赋值给 D。

```
A =

  1 至 22 列

    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15
    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16
    3    4    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17
    4    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18
    5    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19
    6    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20
    7    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21
    8    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22
    9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23
   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24
   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24   25
   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26
   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27
   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28
   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29
   16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30
   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31
   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31   32
   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31   32   33
   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31   32   33   34
   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31   32   33   34   35
   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31   32   33   34   35   36
```

```
B =

  1 至 22 列

   50   49   48   47   46   45   44   43   42   41   40   39
   51   50   49   48   47   46   45   44   43   42   41   40
   52   51   50   49   48   47   46   45   44   43   42   41
   53   52   51   50   49   48   47   46   45   44   43   42
   54   53   52   51   50   49   48   47   46   45   44   43
   55   54   53   52   51   50   49   48   47   46   45   44
   56   55   54   53   52   51   50   49   48   47   46   45
   57   56   55   54   53   52   51   50   49   48   47   46
   58   57   56   55   54   53   52   51   50   49   48   47
   59   58   57   56   55   54   53   52   51   50   49   48
   60   59   58   57   56   55   54   53   52   51   50   49
   61   60   59   58   57   56   55   54   53   52   51   50
   62   61   60   59   58   57   56   55   54   53   52   51
   63   62   61   60   59   58   57   56   55   54   53   52
   64   63   62   61   60   59   58   57   56   55   54   53
   65   64   63   62   61   60   59   58   57   56   55   54
```

图 6: 矩阵 A 与矩阵 B 的部分截图

MATLAB 代码文件见 exp1_2.m，其中矩阵水平翻转和竖直翻转分别使用函数 $fliplr(A)$ $flipud(A)$, 原矩阵与旋转和变换之后的矩阵见图 6、图 7.

C =

1 至 22 列

50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48

D =

1 至 22 列

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	13
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

图 7: 矩阵 C 与矩阵 D 的部分截图

3.3 实验内容 3

建立.m 文件，随机产生一个 50×50 的矩阵，元素值为从 0 到 255，要求用 0 和 255 对该矩阵进行标记，元素值大于 128 的标记为 255，元素值小于 128 的标记为 0。

MATLAB 代码文件见 exp1_3.m，图 8 可以看到，矩阵大于 128 的元素标

A =

1 至 22 列

255	0	0	0	255	255	0	0	0	255	255	255	255	0	255
255	255	255	0	0	255	255	255	0	0	255	0	255	0	255
0	255	0	255	255	255	0	255	255	0	255	255	255	0	0
255	0	255	255	255	0	0	255	0	0	0	255	255	255	0
255	0	0	0	0	0	255	255	255	0	0	0	255	0	0
0	0	255	0	255	255	0	255	255	255	0	0	255	255	0
0	255	0	0	255	255	255	0	255	0	255	0	255	255	255
255	0	255	255	255	0	255	0	0	255	255	0	255	0	0
255	255	255	0	255	0	255	255	0	0	0	0	0	255	255
255	0	255	0	255	255	0	0	0	0	255	0	255	0	0
0	255	0	255	0	0	255	0	255	0	255	255	255	0	255
255	0	0	0	0	255	255	255	255	255	255	0	255	0	255
255	255	0	0	0	255	255	255	0	0	255	255	255	255	255
0	255	255	0	0	255	255	255	255	0	255	0	0	255	255
255	255	0	0	255	0	255	0	255	0	255	255	255	0	0
0	255	255	0	0	0	0	0	255	255	255	0	0	0	0
0	255	255	255	0	0	0	0	255	0	0	255	0	255	0
255	0	255	255	0	255	255	255	0	255	0	255	255	255	255
255	0	0	255	0	0	0	0	0	0	0	0	255	0	255
255	0	0	0	0	255	0	255	255	255	0	0	255	0	0

图 8: 标记之后的矩阵

记为 255，小于 128 的元素标记为 0. 由于一开始产生的是 0 到 255 的随机矩阵，所以标记后的矩阵，255 的元素与 0 元素个数会大致相同。

3.4 实验内容 4

产生一个均值为 2.4，方差为 0.2，大小为 3×4 的随机矩阵。

其中 randn(3,4) 产生一个服从标准正态分布的 3×4 的随机矩阵，该矩

```
>> A=2.4+sqrt(0.2)*randn(3,4)

A =

    3.2786    2.1431    2.5066    2.6630
    2.7956    2.6235    2.7480    3.0162
    2.4378    2.1835    2.8133    3.2279
```

图 9: 产生均值为 2.4，方差为 0.2 的矩阵

阵乘以标准差 sqrt(0.2) 并加上均值，得到均值为 2.4，方差为 0.2 的随机矩阵。

3.5　实验内容 5

假设 N=12. 对于 M=4，5，7，10，在 0≤n≤2N-1 区间上画出 $X_M[n] = sin(\frac{2\pi MN}{N})$, 并添加上适当标注。用 plot 和 stem 分别绘制信号，并比较。
因为 N=12，所以当 M=4，5，7，10 时，$X_M[n]$ 的周期分别为 3，12，12，

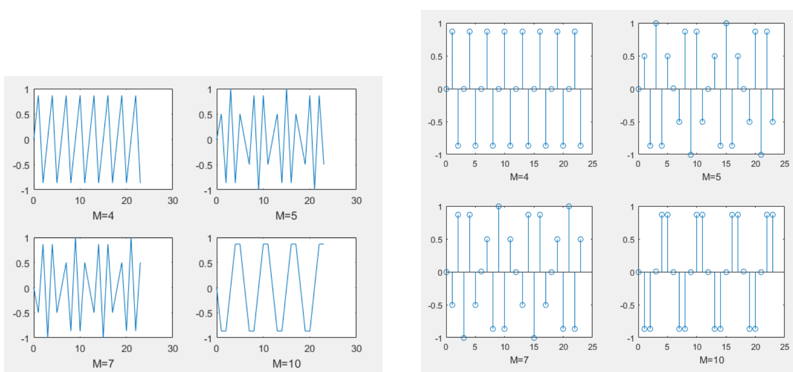

图 10: 分别用 plot 和 stem 绘制信号

6，可以从图 10 看到，并且在 MATLAB 中，plot 函数画出的是“连续“图，在绘制的点与点之间将会连线，而 stem 函数画出的是杆图。

3.6　实验内容 6

设周期信号一个周期 [0,T] 的波形为 $s(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t \le T/2 \\ 0, & T/2 \le t \le T \end{cases}$ ，其中 T=1. 求该信号傅里叶级数展开式，并用 MATLAB 画出傅里叶级数展开后

的波形，并通过展开式项数的变化考察 $s(t)$ 的逼近程度，考察其物理意义。
解：

$$
\begin{aligned}
F_n &= \frac{1}{T}\int_0^T f(t)e^{-j2\pi f_s t}dt \\
&= \frac{1}{T}\left(\int_0^{T/2} e^{-j2\pi f_s t}dt - 0\right) \\
&= \frac{1}{T}\left(\frac{e^{-j\pi n}-1}{-j2\pi n f_s} - 0\right) \\
&= \frac{e^{-j\pi n}-1}{-j2\pi n f_s T}
\end{aligned}
$$

MATLAB 代码见 exp1_6，画出傅里叶级数展开后的波形如图 11。可以看到，阶数越高，越能逼近原波形，这是因为阶数越高包含的谐波分量就越多。$f_s = 1/T$ 为信号的基波；F_n 为傅里叶展开系数，其物理意义为频率分量 nf_s 的幅度和相位。

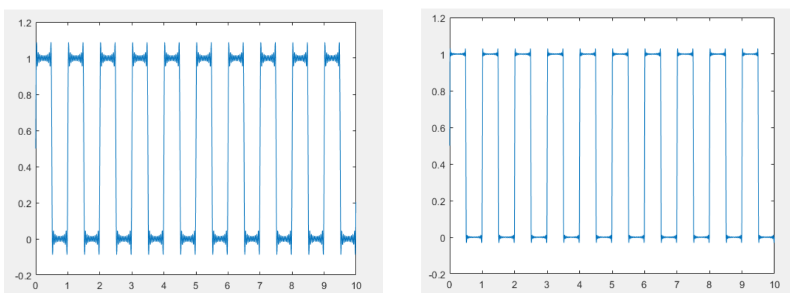

图 11: 傅里叶展开阶数分别为 20、100

3.7 实验内容 7

设非周期信号 $s(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t \le 1/2 \\ 0, & 1/2 \le t \le 1 \end{cases}$，求该信号的傅里叶变换，MATLAB 画出变换后的频谱，并对频谱进行反变换，画出 $s(t)$ 的波形。

解：

$$
\begin{aligned}
S(f) &= \int_0^{T/2} e^{-j2\pi ft} \quad dt - \int_{T/2}^{T} 0 \times e^{-j2\pi ft} \quad dt \\
&= \frac{e^{-j\pi ft}-1}{-j2\pi ft} \\
&= \frac{1-e^{-j\pi ft}}{j2\pi ft}
\end{aligned}
$$

MATLAB 代码见 exp1_7、F2T、T2F, 画出波形如图 12.

对于连续的非周期信号，满足绝对可积可以用傅里叶变换对其频域分析。

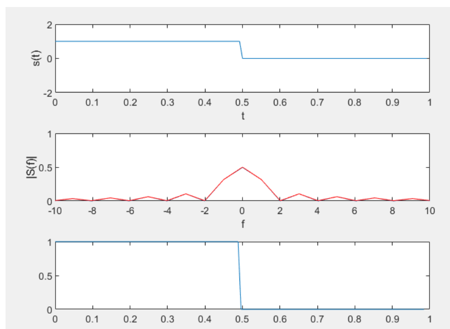

图 12: 原信号、信号的频谱、频谱反变换得到的信号

由于计算机本身只能处理离散信号，所以需要联系傅里叶变换与离散傅里叶变换之间的关系。先对信号 $s(t)$ 进行时间域的均匀抽样，然后利用 fft 进行变换。从图 12，频谱反变换得到的信号可以看到，抽样间隔小时，这样可以获得较为精确的信号频谱。

4 实验总结

- 通过本次实验，回忆起许多数字信号处理实验中用过的 MATLAB 函数和相关运算。
- 在此实验中首次接触使用 MATLAB 进行矩阵的旋转操作。
- 实验中学习到更多 MATLAB 关于图形可视化的功能，包括 axis、legend 等函数。