

西北工业大学

《信号与系统》实验报告

学 院： 软件学院

学 号： 2021302853

姓 名： 张苏宇

专 业： 软件工程

实验时间： 2023 年 11 月 18 日

实验地点： 启翔楼 264

指导教师： 柳艾飞、汪彦婷

西北工业大学

2023 年 11 月

一、实验目的

- 掌握周期信号的傅里叶级数展开;
- 掌握非周期信号的傅里叶变换正反变换的定义及求解方法;
- 掌握非周期信号的频谱密度函数的求解方法,并用 Matlab 绘制频谱图;

二、实验报告要求

1. 提交: 实验报告一份, PDF 格式, 其他格式拒收。

实验报告中需要包括:

- a) 若题目要求理论结果, 报告中需要给出理论结果。
- b) 结果图; 图中需要有适当的标识。
- c) 源代码。源代码中要有合适的注释。
- d) 实验体会和感悟。

2. 提交实验报告规则:

2023 年 11 月 19 日 09pm 之前将实验报告提交到坚果云

一班实验二提交链接: <https://send2me.cn/UMeYHQin/QruBnVBjxZo8qg>

二班实验二提交链接: <https://send2me.cn/0WgljHmz/S-mPNkUXYndOMQ>

文件名命名规则: 课堂号-学号-姓名-第几次实验。(比如第 2 课堂的学生, 姓名: 李三, 学号为 2019050, 第 2 次实验, 文件名命名为: 2-2019050-李三-2)

三、实验设备(环境)

Matlab R2023b, Windows 10

四、实验内容与实验结果

➤ 实验 1: 周期信号的 FS 实验

- 1) 利用三角函数/正余弦正交函数集合, 对周期信号 $f(t)$ 进行三角傅里叶级数展开, 写出其三角傅里叶级数表达式。

$$\begin{aligned}a_0 &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) dt = \frac{1}{2} \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} 1 dt = \frac{1}{2} \\a_n &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \cos n\omega t dt \\&= \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} \cos n\omega t dt \\&= \frac{2}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \\b_n &= 0\end{aligned}$$

$$f(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \cos(n\pi t)$$

所以三角傅里叶级数表达式为

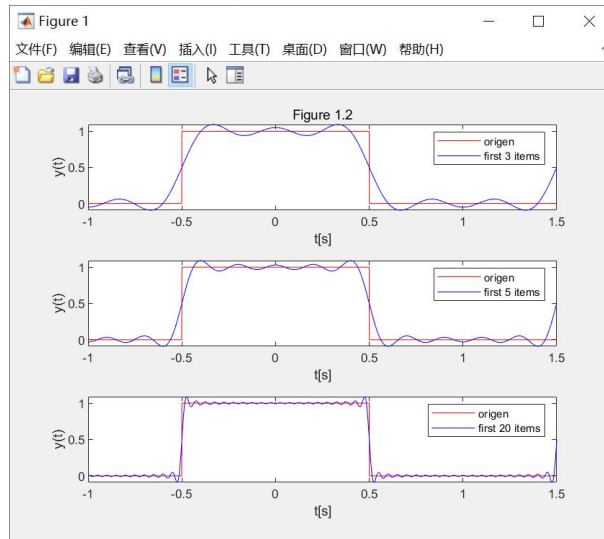
- 2) 利用 MATLAB 画出其三角傅里叶级数展开表达式中的前 3 项之和(每项系数不为 0), 画出其前 5 项之和(每项系数不为 0), 画出其前 20 项之和(每项系数不为 0), 观察它们近似原信号的程度。

前三项和:

$$f(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos(\pi t) - \frac{2}{3\pi} \cos(3\pi t)$$

前五项和:

$$f(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos(\pi t) - \frac{2}{3\pi} \cos(3\pi t) + \frac{2}{5\pi} \cos(5\pi t) - \frac{2}{7\pi} \cos(7\pi t)$$



由图可得, 项数越多, 得到的傅里叶展开与原函数近似程度越大。

```
t=-1:0.00001:1.5; % time vector; unit: second
y_t = 1.*rectpuls(t); % function vector
f_1 = 1/2;
f_2 = 1/2;
f_3 = 1/2;
for n=1:2:5
    f_1 = f_1 + 2/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*cos(n*pi*t);
end
for n=1:2:9
    f_2 = f_2 + 2/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*cos(n*pi*t);
end
for n=1:2:39
    f_3 = f_3 + 2/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*cos(n*pi*t);
end

figure;
subplot(3,1,1)
plot(t,y_t,'r',t,f_1,'b') % show the figure
legend('origen','first 3 items');
title('Figure 1.2');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');
```

```

subplot(3,1,2)
plot(t,y_t,'r',t,f_2,'b') % show the figure
legend('origen','first 5 items');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

subplot(3,1,3)
plot(t,y_t,'r',t,f_3,'b') % show the figure
legend('origen','first 20 items');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

```

- 3) 利用虚指数正交函数集合，对周期信号 $f(t)$ 进行指数傅里叶级数展开，写出其指数傅里叶级数表达式。

$$\begin{aligned}
 F_0 &= a_0 = \frac{1}{2} \\
 F_n &= F_{-n} = \frac{1}{2} a_n = \frac{1}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \\
 f(t) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega t} \\
 &= \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} e^{jn\pi t} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} e^{-jn\pi t}
 \end{aligned}$$

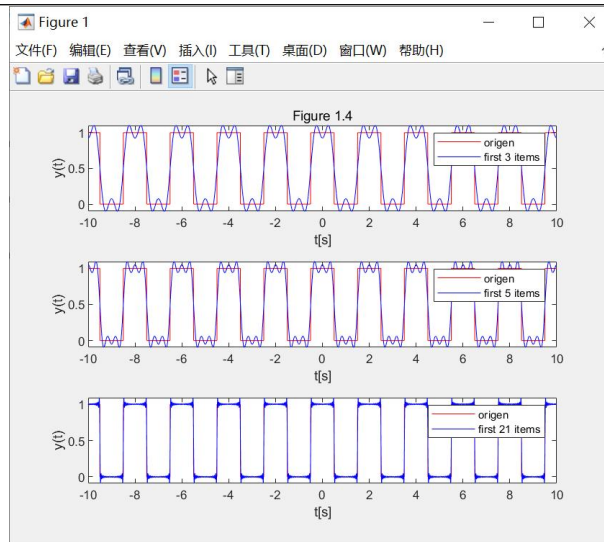
- 4) 利用 MATLAB 画出其指数傅里叶级数展开表达式中的前 3 项之和(即 $n = \{-1, 0, 1\}$)，并画出其前 7 项之和(即 $n = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$)，画出其前 21 项之和(即 $n = \{-10, -9, \dots, 0, 1, 2, \dots, 10\}$)，观察它们近似原信号的程度。

前三项和：

$$f(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} e^{j\pi t} + \frac{1}{\pi} e^{-j\pi t} - \frac{1}{3\pi} e^{3j\pi t} - \frac{1}{3\pi} e^{-3j\pi t}$$

前五项和：

$$f(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} e^{j\pi t} + \frac{1}{\pi} e^{-j\pi t} - \frac{1}{3\pi} e^{3j\pi t} - \frac{1}{3\pi} e^{-3j\pi t} + \frac{1}{5\pi} e^{5j\pi t} + \frac{1}{5\pi} e^{-5j\pi t}$$



```

t=-10:0.00001:10; % time vector; unit: second
y_t = 0.5*(square(pi*(t+0.5),50)+1); % function vector
f_1 = 1/2;
f_2 = 1/2;
f_3 = 1/2;
for n=1:2:3
    f_1 = f_1 +
    1/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*exp(1i*n*pi*t)+1/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*exp(-1*1i*n*pi
    *t);
end
for n=1:2:5
    f_2 = f_2 +
    1/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*exp(1i*n*pi*t)+1/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*exp(-1*1i*n*pi
    *t);
end
for n=1:2:39
    f_3 = f_3 +
    1/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*exp(1i*n*pi*t)+1/(n*pi)*sin(0.5*n*pi)*exp(-1*1i*n*pi
    *t);
end

figure;
subplot(3,1,1)
plot(t,y_t,'r',t,f_1,'b') % show the figure
legend('origen','first 3 items');
title('Figure 1.4');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

subplot(3,1,2)
plot(t,y_t,'r',t,f_2,'b') % show the figure

```

```

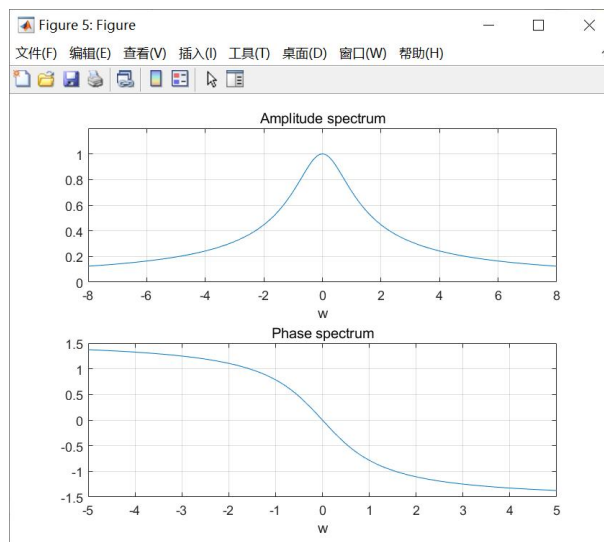
legend('origen','first 5 items');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

subplot(3,1,3)
plot(t,y_t,'r',t,f_3,'b') % show the figure
legend('origen','first 21 items');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

```

➤ 实验 2：非周期信号的 FT 实验

1. 利用符号求解方法，求 $e^{-t}\varepsilon(t)$ 的傅里叶变换，并绘制其频谱（幅度谱和相位谱）。



```

% 定义符号变量
syms t;
% 按题目要求定义函数
ft=sym(exp(-t).*heaviside(t));
% 转为 ft 的傅里叶变换表达式
Fw=fourier(ft);
% 定义幅度谱对应的函数
amplitude=abs(Fw);
% 划分显示区域
subplot(2,1,1);
% 画出图像
fplot(amplitude);
% 设置坐标范围
axis([-8 8 0 1.2]);

```

```

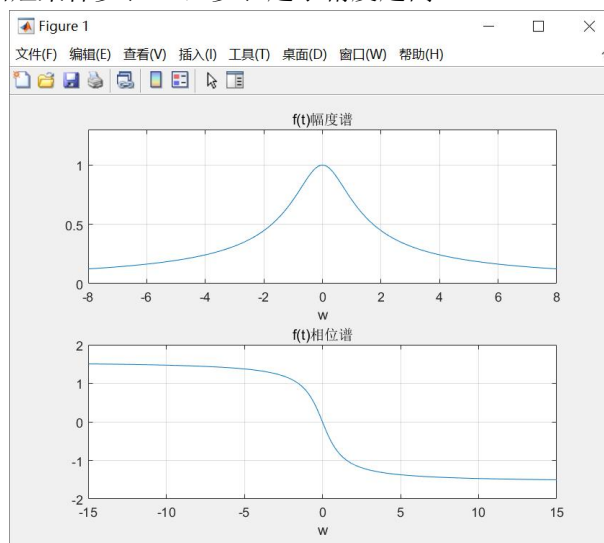
% 坐标线
grid on
% 设置标题
title('Amplitude spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')
% 定义相位谱对应的函数
phase=atan(imag(Fw)/real(Fw));
% 划分显示区域
subplot(2,1,2);
% 画出图像
fplot(phase);
% 设置坐标范围
axis([-5 5 -1.5 1.5]);
% 坐标线
grid on
% 设置标题
title('Phase spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```

2. 用数值计算的方法，求 $e^{-t}\varepsilon(t)$ 的傅里叶变换，并绘制其频谱（幅度谱和相位谱）。就幅度谱，将数值解与理论值进行对比，观察误差，思考提升数值计算精度的方法。

误差对比：将本题中第一问和第二问的图对比知：绘制图像的差别很小，同一横坐标对应的相位/幅度值在小数点后第四位才开始不同。

提升精度的方法：缩短采样步长 T_s ，步长越小精度越高。



```

N = 5000;%采样点数
Ts=1/N;%设定时域函数区间
t=-15:1/N:15;%设置时间宽度

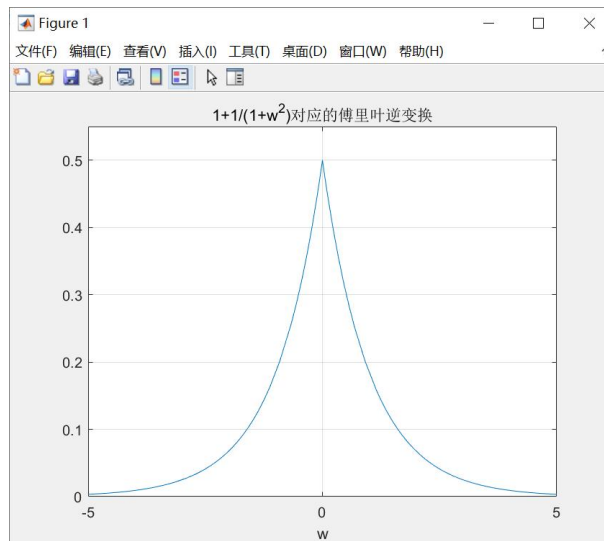
```

```

w=-15:0.01:15;%设定频谱范围
ft=exp(-t).*heaviside(t);%指数信号
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);%进行傅里叶变换
subplot(2,1,1);
plot(w,abs(Fw))%利用 abs 函数求得幅度谱
% plot(w,amplitude,'r')
axis([-8 8 0 1.3])
grid on
title('f(t)幅度谱');
% 设置横轴坐标
xlabel('w')
subplot(2,1,2);
plot(w,angle(Fw));
grid on
title('f(t)相位谱');
% 设置横轴坐标
xlabel('w')

```

3. 利用符号求解方法，求 $\frac{1}{\omega^2+1}$ 的傅里叶反变换，并绘制其波形图。



```

% 定义符号变量
syms t;
% 定义 F(w)对应的符号表达式
Fw=str2sym('1/(1+w^2)');
% 转为关于 t 的表达式
ft=ifourier(Fw,t);
% 画出图像
fplot(ft);
% 设置横纵坐标范围
axis([-5 5 0 0.55])
% 坐标线
grid on

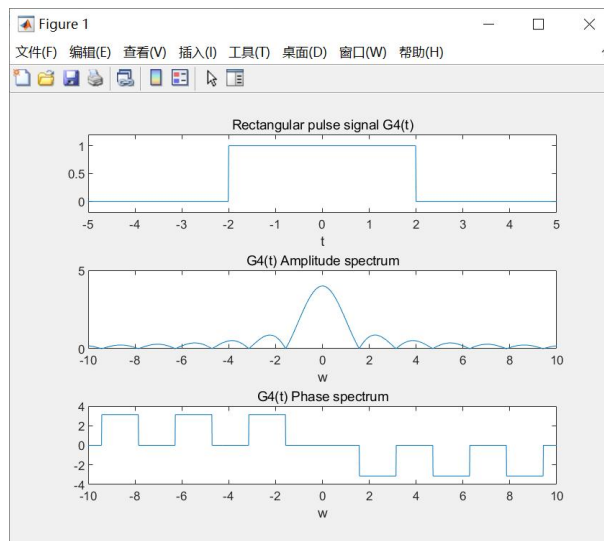
```



```
% 设置标题
title('1+1/(1+w^2)对应的傅里叶逆变换')
% 设置横轴坐标
xlabel('w')
```

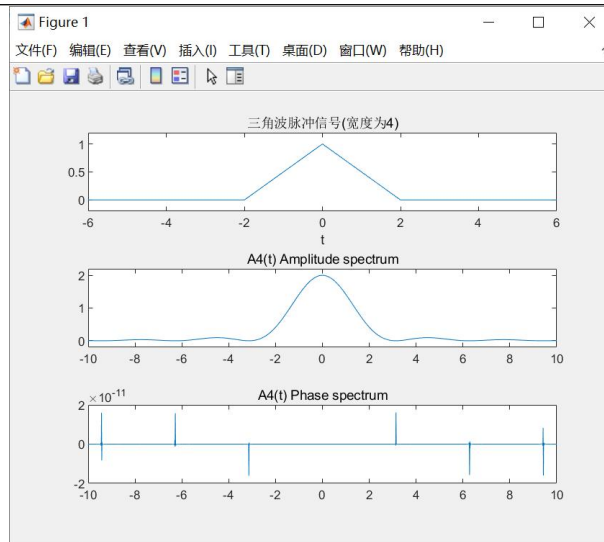
➤ 实验 3：傅里叶变换性质验证实验（要求采用数值求解方法进行 FT）

1. （奇偶特性）分别画出 $G_4(t)$ 、 $\Lambda_4(t)$ 、 $e^{-t}\varepsilon(t)$ 、 $e^{-t}\varepsilon(t) - e^t\varepsilon(-t)$ 的时域波形图及其幅度谱和相位谱。结合图像，给出奇偶特性相关结论。



```
% 矩形脉冲信号 G4
% 设置时间范围与步长
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,rectpuls(0.25*t));
% 设置坐标范围
axis([-5,5,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('Rectangular pulse signal G4(t)')
% 设置横轴名称
xlabel('t')
% 求矩形脉冲幅度谱和相位谱
% 采样点数，即 dt 在数值上的倒数
N = 5000;
% 抽样间隔
Ts=1/N;
% 设置时间尺度上的取值区间[-10,10]
```

```
t=-10:1/N:10;  
% 设定频谱范围  
w=-10:0.01:10;  
% 矩形脉冲信号  
ft=rectpuls(t,4);  
% 进行傅里叶变换  
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);  
% 划分显示范围  
subplot(3,1,2);  
% 求幅度谱  
amplitude=abs(Fw);  
% 显示图像  
plot(w,amplitude);  
% 设置坐标范围  
axis([-10,10,0,5])  
% 设置标题  
title('G4(t) Amplitude spectrum');  
% 设置横轴名称  
xlabel('w')  
% 划分显示范围  
subplot(3,1,3);  
% 求相位谱  
phase=angle(Fw);  
% 显示图像  
plot(w,phase);  
% 设置坐标范围  
axis([-10,10,-4,4])  
% 设置标题  
title('G4(t) Phase spectrum');  
% 设置横轴名称  
xlabel('w')
```



```

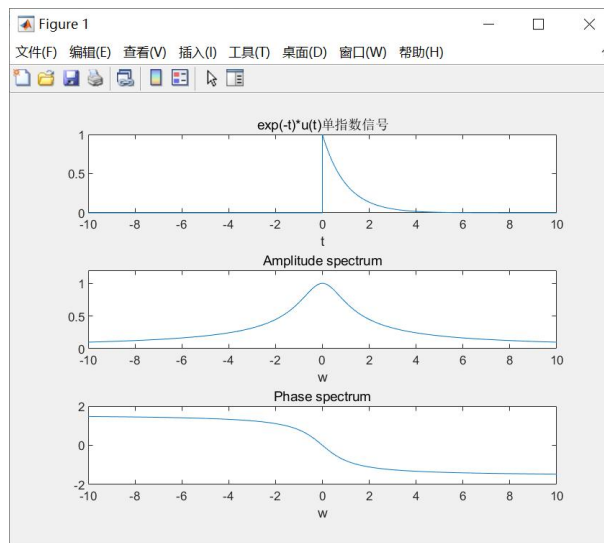
%三角波脉冲信号 A4
% 设置时间范围与步长
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 加载图像
plot(t,tripuls(0.25*t,1));
% 设置坐标范围
axis([-6,6,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('三角波脉冲信号(宽度为4)')
% 设置横轴名称
xlabel('t')
% 求三角脉冲幅度谱和相位谱
% 采样点数，dt 在数值上的倒数
N = 5000;
% 抽样间隔
Ts=1/N;
% 设置时间尺度上的取值区间[-10,10]
t=-10:1/N:10;
%设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
%三角脉冲信号 A4
ft=tripuls(t/4,1);
%进行傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
%求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像

```

```

plot(w,amplitude)
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,2.2])
% 设置标题
title('A4(t) Amplitude spectrum');
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 显示图像
plot(w,angle(Fw));
% 设置标题
title('A4(t) Phase spectrum');

```



```

% 求指数信号幅度谱和相位谱，数值解法

```

```

% 采样点数

```

```

N = 5000;

```

```

% 采样步长

```

```

Ts=1/N;

```

```

% 设置时间宽度

```

```

t=-10:1/N:10;

```

```

% 设定频谱范围

```

```

w=-10:0.01:10;

```

```

% 指数信号

```

```

ft=exp(-t).*heaviside(t);

```

```

% 划分

```

```

subplot(3,1,1);

```

```

% 显示

```

```

plot(t,ft);

```

```

% 设置标题

```

```

title('exp(-t)*u(t)单指数信号')

```

```

% 设置横轴名称

```

```

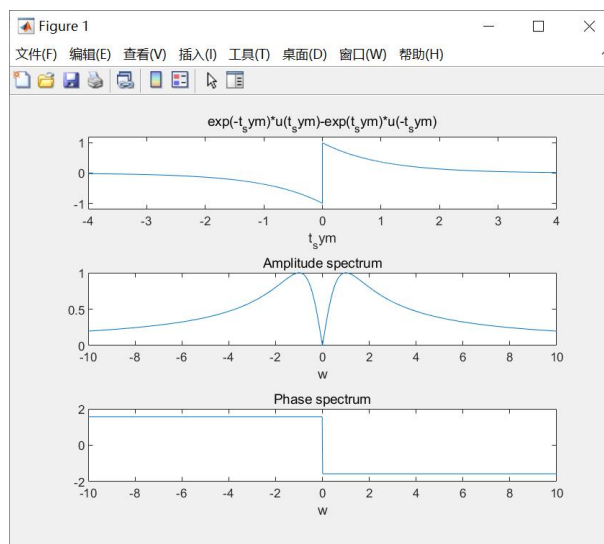
xlabel('t')

```

```

% 进行傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude)
% 设置坐标范围
axis([-10,10,0,1.2])
% 设置标题
title('Amplitude spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('Phase spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```



```

% 求幅度谱和相位谱
% 采样点数
N = 5000;
% 设置采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;

```

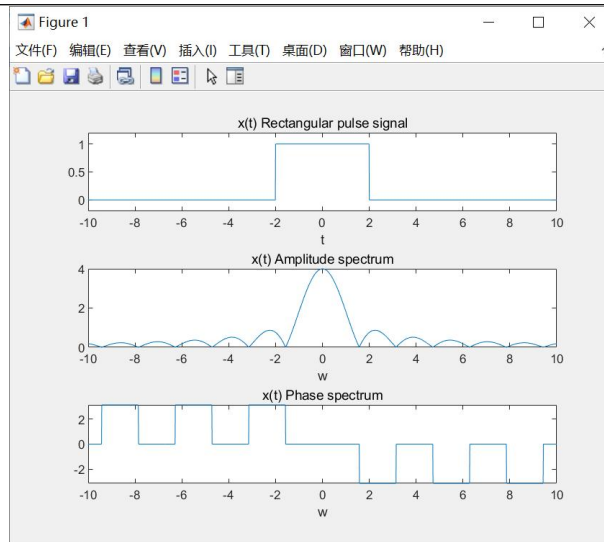
```

% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
% 指数差信号
ft=exp(-t).*heaviside(t)-exp(t).*heaviside(-t);
subplot(3,1,1)
plot(t,ft)
axis([-4,4,-1.2,1.2])
title('exp(-t_sym)*u(t_sym)-exp(t_sym)*u(-t_sym)')
xlabel('t_sym')
% 进行傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude)
% 设置标题
title('Amplitude spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('Phase spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```

结论：奇偶特性中，偶信号的频谱是偶函数，奇信号的频谱是奇函数。

2.（展缩特性）假设 $x(t) = G_4(t)$ ，分别画出 $x(t)$ ， $x(t/2)$ ， $x(2t)$ 的时域波形图及其幅度谱和相位谱。结合图像，给出展缩特性相关结论。



```

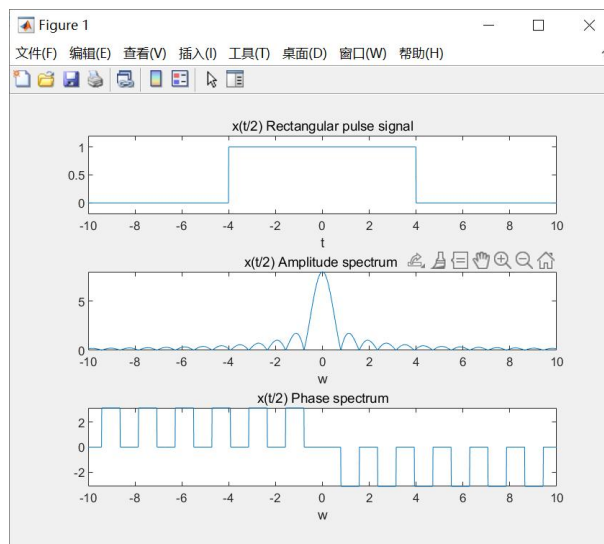
% x(t)
% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,rectpuls((1/4)*t));
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(t) Rectangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
% 求 x(t)矩形脉冲幅度谱和相位谱
% 采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
% ft 函数
ft=rectpuls(t,4);
% 进行傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
plot(w,amplitude)

```

```

% 设置标题
title('x(t) Amplitude spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t) Phase spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```



```

% x(t/2)
% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,rectpuls((1/8)*t));
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(t/2) Rectangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
% 采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;

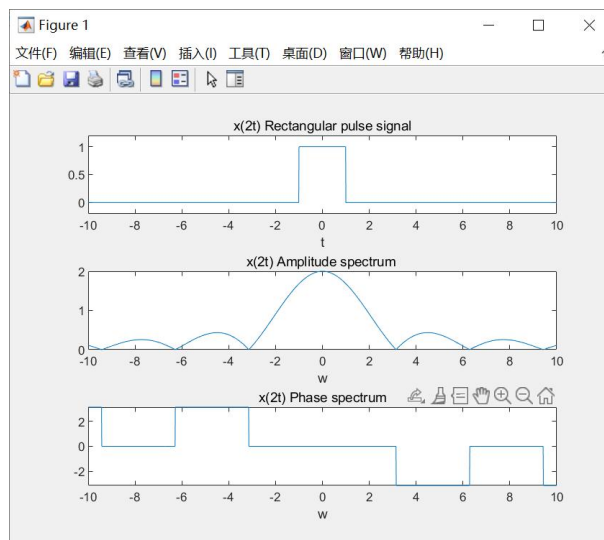
```



```

%设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
%设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
%ft 函数
ft=rectpuls(t,8);
%傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude);
% 设置标题
title('x(t/2) Amplitude spectrum ');
% 设置横轴名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t/2) Phase spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```



% x(2t)

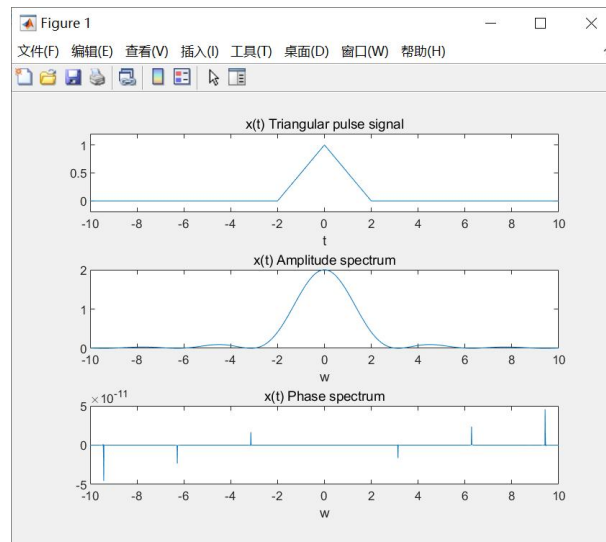
```

% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,rectpuls((1/2)*t));
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(2t) Rectangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
% 采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
% ft 函数
ft=rectpuls(t,2);
% 傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude);
% 设置标题
title('x(2t) Amplitude spectrum ');
% 设置横轴名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(2t) Phase spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```

结论：时域增加一倍，频域、幅度均增加一倍；时域减少一半，频域、幅度均减小一半。

3.（时移特性）假设 $x(t) = \Lambda_4(t)$ （三角函数，偶对称，其在0点处幅度为1，持续时间为4），分别画出 $x(t)$ ， $x(t - 0.1)$ ， $x(t - 1)$ 的时域波形图及其幅度谱和相位谱。结合图像，给出时移特性相关结论。

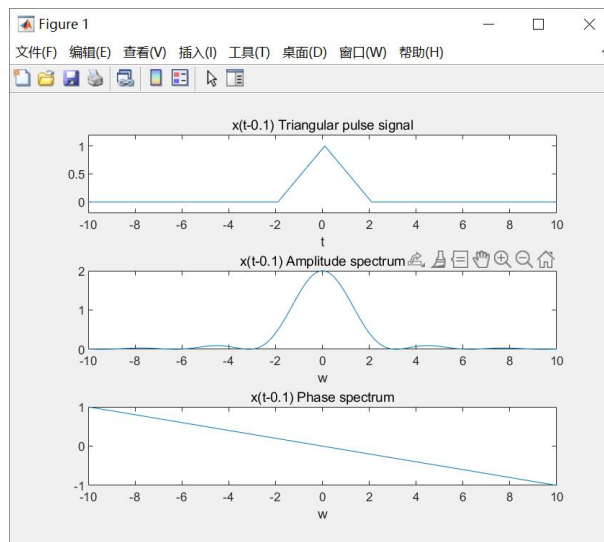


```
% x(t)=A4(t)
% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,tripuls(0.25*t,1));
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(t) Triangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
%采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
% ft 函数
ft=tripuls(0.25*t,1);
```

```

% 傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude);
% 设置标题
title('x(t) Amplitude spectrum');
% 设置横坐标名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t) Phase spectrum');
% 设置横坐标名称
xlabel('w')

```



```

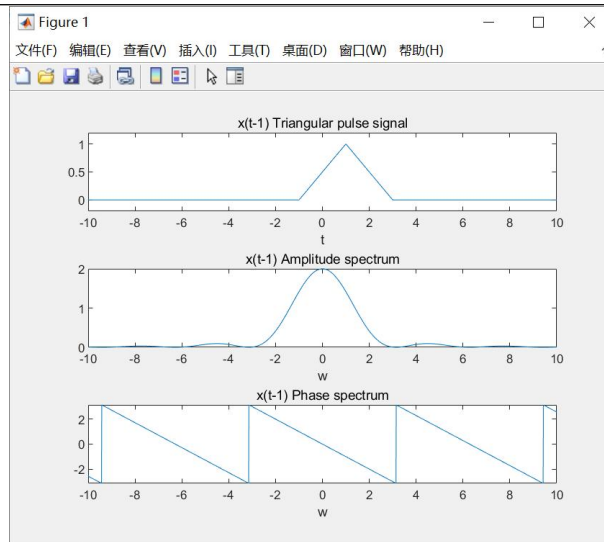
% x(t-0.1)
% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,tripuls(0.25*(t-0.1),1));
% 设置坐标范围

```

```

axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(t-0.1) Triangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
%采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
% ft 函数
ft=tripuls(0.25*(t-0.1),1);
% 傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude);
% 设置标题
title('x(t-0.1) Amplitude spectrum');
% 设置横坐标名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t-0.1) Phase spectrum');
% 设置横坐标名称
xlabel('w')

```



```

% x(t-1)
% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,tripuls(0.25*(t-1),1));
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(t-1) Triangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
%采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
% ft 函数
ft=tripuls(0.25*(t-1),1);
% 傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude);

```

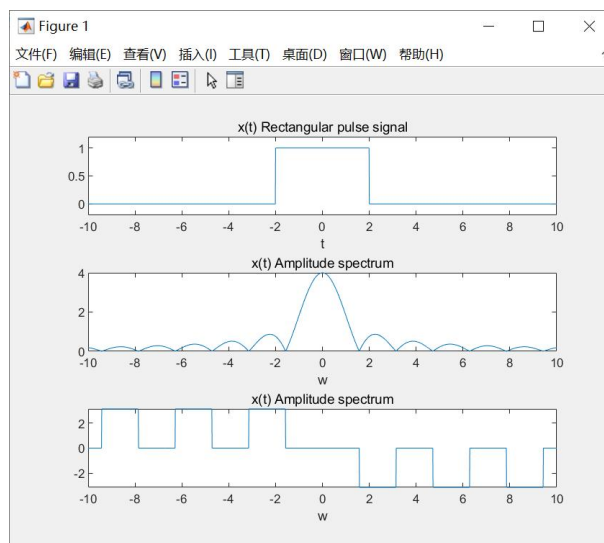
```

% 设置标题
title('x(t-1) Amplitude spectrum');
% 设置横坐标名称
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t-1) Phase spectrum');
% 设置横坐标名称
xlabel('w')

```

结论：在时间域上提前或者滞后时间 $t-t_0$ ，则在频域表现为增加或减少一个线性相位 $w-t_0$ 。

4.（频移特性）假设 $x(t) = G_4(t)$ ，分别画出 $x(t)$ ， $x(t)\cos(20t)$ 的时域波形图及其频谱图。结合图像，给出频移特性相关结论。



```

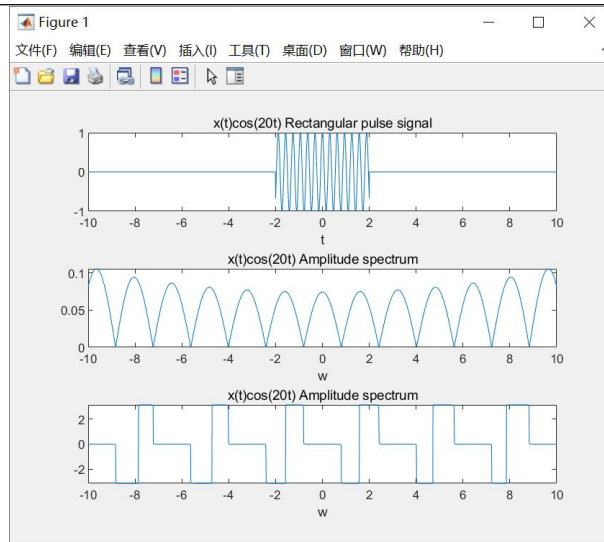
% x(t)=G4(t)
% 设置时间宽度
t = -10:0.01:10;
% 划分显示范围
subplot(3,1,1);
% 显示图像
plot(t,rectpuls((1/4)*t));
% 设置坐标范围
axis([-10,10,-0.2,1.2])
% 设置标题
title('x(t) Rectangular pulse signal')

```

```

% 设置横坐标名称号
xlabel('t')
% 采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
%ft=G4(t)
ft=rectpuls(t,4);
% 傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude);
% 设置标题
title('x(t) Amplitude spectrum');
% 设置横坐标名称号
xlabel('w')
% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位图
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t) Amplitude spectrum');
% 设置横坐标名称号
xlabel('w')

```

```

% $x(t)\cos(20t)$ 
% 采样点数
N = 10000;
% 设定采样步长
Ts=1/N;
% 设置时间宽度
t=-10:1/N:10;
% 设定频谱范围
w=-10:0.01:10;
%  $G_4(t)\cos(20t)$ 
ft=rectpuls(t,4).*cos(20*t);
% 划分
subplot(3,1,1)
% 显示
plot(t,ft)
% 标题
title('x(t)cos(20t) Rectangular pulse signal')
% 设置横坐标名称
xlabel('t')
% 傅里叶变换
Fw=Ts*ft*exp(-1j*t'*w);
% 划分显示范围
subplot(3,1,2);
% 求幅度谱
amplitude=abs(Fw);
% 显示图像
plot(w,amplitude)
% 设置标题
title('x(t)cos(20t) Amplitude spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```

```

% 划分显示范围
subplot(3,1,3);
% 求相位谱
phase=angle(Fw);
% 显示图像
plot(w,phase);
% 设置标题
title('x(t)cos(20t) Amplitude spectrum');
% 设置横轴名称
xlabel('w')

```

结论：为信号乘以一个 $\cos(wt)$, 频域上表现为将频谱向左和向右搬移 w 的距离

五、实验体会和感悟

通过本次实验，我不仅学习了使用 Matlab 绘制系统的幅频响应和相频响应，还对信号与系统的基本概念和性质有了更深入的理解。我认识到了傅里叶变换和傅里叶逆变换的重要性和实用性，它们可以将时域信号转换为频域信号，从而方便地分析信号的特征和系统的性能。我也了解了脉冲信号和三角信号的频谱特点，以及它们在数字信号处理中的应用。我觉得这些知识点都是信号与系统的基础，对于后续的学习和研究都有很大的帮助。

在实验过程中，我也遇到了一些困难和挑战，主要是在 Matlab 编程方面。我发现 Matlab 是一种非常强大和灵活的编程语言，它可以实现很多复杂的数学运算和图形绘制，但是它也有一些特殊的语法规则，需要仔细学习和掌握。例如，plot、ezplot 和 fplot 都可以用来绘制函数图像，但是它们的参数和用法有所不同，需要根据具体的情况选择合适的函数。另外，Matlab 的符号运算方法也让我感到很新奇，它可以直接对符号表达式进行计算和求解，而不需要给出具体的数值。这对于理解和验证数学公式非常有用，但是也需要注意符号表达式的定义和转换。

总的来说，我觉得这次实验是一次非常有意义和有收获的学习经历，它让我对信号与系统的理论和实践都有了更深的认识和体会，也提高了我的 Matlab 编程能力和问题解决能力。我希望能够继续学习和探索这门课程的更多内容，为我的专业发展打下坚实的基础。

<p>教师评语：</p> <p style="text-align: right;">签名：</p> <p style="text-align: right;">日期：</p>	<p>成绩：</p>
--	------------