

成绩_____

信号与系统实验报告册

实验项目

实验 1 连续信号的变换与分析

实验 2 离散信号的变换与分析

学院：西安交通大学

班级：电气 810

姓名：聂永欣

学号：2186113564

西安交通大学
电工电子教学实验中心
实验 1 连续信号的变换与分析

一、实验目的

1. 了解基本信号及其运算。
2. 学习 MATLAB 中信号的表示与变换方法。
3. 掌握连续时间信号的时域、频域及复频域的分析方法。
4. 学习用 MATLAB 对连续系统的编程方法。

二、原理说明

1. 对于一个系统特性的研究，其中重要的一个方面是研究它的输入输出关系，即在一特定的输入信号下，系统对应的输出响应。因而对信号的研究是对系统研究的出发点，是对系统特性观察的基本手段与方法。

(1) 连续时间正弦、单位阶跃等这些基本信号通常用数学函数表示。为了观察信号随时间变化的总体状况，信号常常用图形表示。信号与系统中大多数信号都可以直接用 MATLAB 的函数库调用。

(2) 信号的移位、翻转及缩展变换，在 MATLAB 中可用 subs 语句实现。语句格式为：

$y = \text{subs}(x, t, -t)$ 其中， x 为原信号函数， y 为变换后的函数 $x(-t)$ 。

2. 对连续时间 LTI 系统，时域输入输出方程的一般形式为：

$$a_0 \frac{d^N y(t)}{dt^N} + a_1 \frac{d^{N-1} y(t)}{dt^{N-1}} + \dots + a_N y(t) = b_0 \frac{d^M x(t)}{dt^M} + b_1 \frac{d^{M-1} x(t)}{dt^{M-1}} + \dots + b_M x(t)$$

其中， $x(t)$ 为输入信号， $y(t)$ 为输出信号。

线性系统的响应是由初始状态和输入共同作用的结果。系统的微分方程、傅里叶变换及拉普拉斯变换在信号与系统的分析中起着非常重要的作用。

三、相关语句

参考《电路与系统分析——使用 MATLAB》一书第九~十三章的内容及 MATLAB 的帮助，了解如下语句的用法。

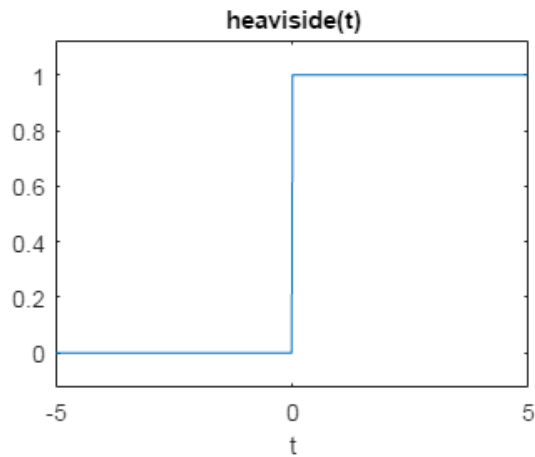
- | | | | | | |
|------------|-------------|--------------|------------|-------------|------------|
| 1. syms | 2. sym | 3. ezplot | 4. subplot | 5. int | 6. inf |
| 7. subs | 8. axis | 9. dsolve | 10. symmul | 11. fourier | 12. xlabel |
| 13. ylabel | 14. laplace | 15. ilaplace | | | |

例 1：利用 MATLAB 绘出连续的单位阶跃信号波形。

MATLAB 实现程序：

```
ezplot('heaviside(t)',[-5,5]);
```

图形结果：

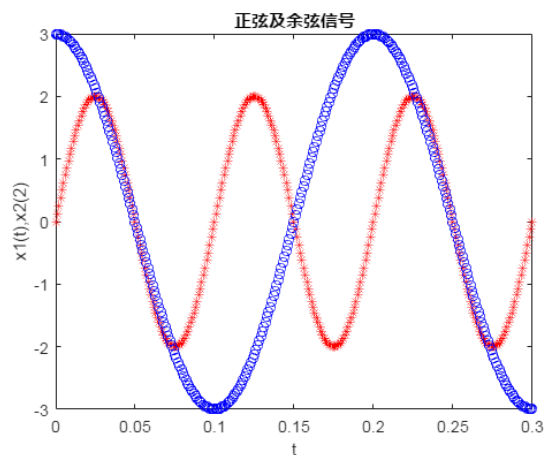


例 2：利用 MATLAB 绘出幅值为 2，频率为 10Hz 的正弦信号，和幅值为 3，频率为 5 的余弦信号。

MATLAB 实现程序：

```
f1=10;
f2=5;
t=0:0.001:0.3;
x1=2*sin(2*pi*f1*t);
x2=3*cos(2*pi*f2*t);
plot(t,x1,'r*');hold on %r 指线是红色，*指数据点类型用*号标记
plot(t,x2,'b+'); %b 指线是蓝色，+指数据点类型用+号标记
xlabel('t'); ylabel('x1(t),x2(t)');
title('正弦及余弦信号');
```

图形结果：



例 3：已知描述某连续系统的微分方程为

$$y''(t) + 5y'(t) + 6y(t) = 2x'(t) + 8x(t)$$

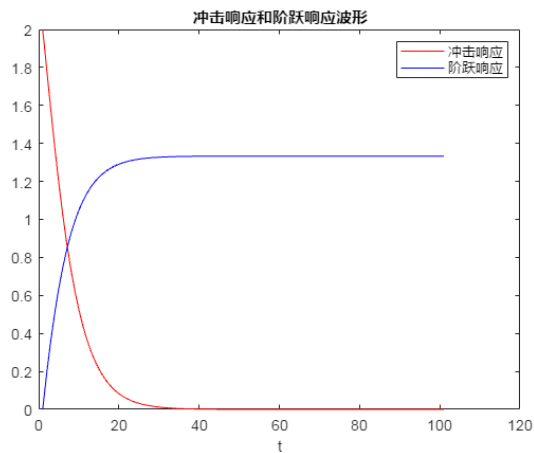
计算该系统的单位冲击响应波形 $h(t)$ 和单位阶跃响应波形 $h1(t)$ 。

MATLAB 实现程序：

```
a=[1,5,6]; b=[2,8];
sys=tf(b,a);
t=0:0.1:10;
h=impz(sys,t);
h1=step(sys,t);
```

```
plot(h,'r');hold on
plot(h1,'b'); xlabel('t'); title('冲击响应和阶跃响应波形');
legend('冲击响应','阶跃响应');
```

运行结果为：



四、实验任务

1.连续时间信号 $x(t)$ 如图 1-1 所示，画出下列每一信号的波形。

(1) $x(-\frac{1}{2}t+1)$ (2) $x(-t)x(-\frac{1}{2}t)$

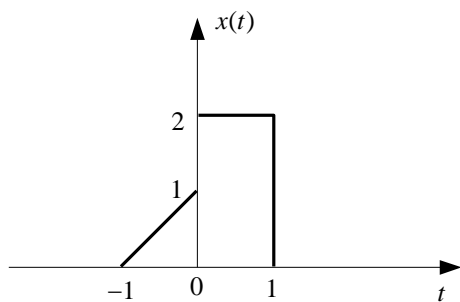


图 1-1

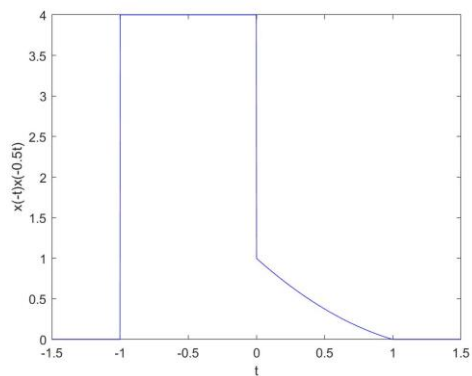
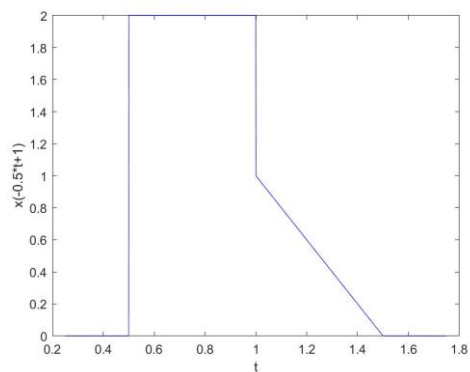
提示：用阶跃函数的加窗特性表示图 1-1 所示信号。

编写程序：

```
(1)
t=-1.5:0.001:1.5;
xt=(t+1).*(heaviside(t+1)-heaviside(t))+2*(heaviside(t)-heaviside(t-1));
plot(-0.5*t+1,xt,'b-');
ylabel('x(-0.5*t+1)');
xlabel('t');
figure 1;

(2)
t=-1.5:0.001:1.5;
xt1=(-t+1).*(heaviside(-t+1)-heaviside(-t))+2*(heaviside(-t)-heaviside(-t-1));
xt2=(-0.5*t+1).*(heaviside(-0.5*t+1)-heaviside(-0.5*t))+2*(heaviside(-0.5*t)-heaviside(-0.5*t-1));
plot(t,xt1.*xt2,'b-');
ylabel('x(-t)x(-0.5t)');
xlabel('t');
figure 1;
```

输出结果波形（截图结果粘贴）



2.画出图 1-2 所示信号的偶分量和奇分量。

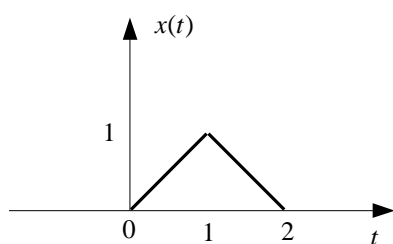


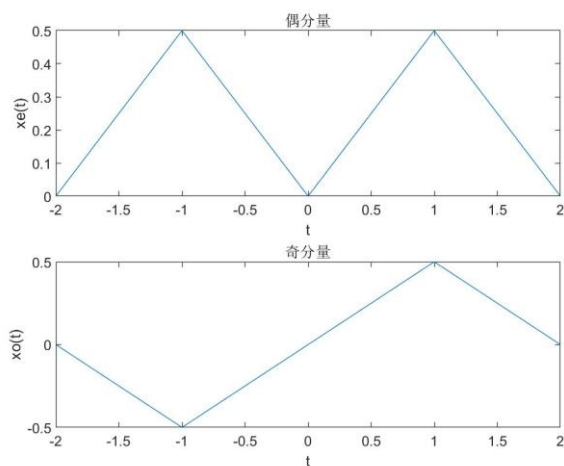
图 1-2

提示：用阶跃函数的加窗特性表示图 1-2 所示信号。

编写的程序：

```
syms t
x = t*(heaviside(t)-heaviside(t-1))+(2-t)*(heaviside(t-1)-heaviside(t-2));
x1 = subs(x,t,-t);
xe = (x+x1)/2;
xo = (x-x1)/2;
subplot(2,1,1)
fplot(xe,[-2,2]);
title('偶分量');
xlabel('t');
ylabel('xe(t)')
subplot(2,1,2)
fplot(xo,[-2,2])
title('奇分量')
xlabel('t');
ylabel('xo(t)')
```

输出结果波形（截屏结果粘贴）：



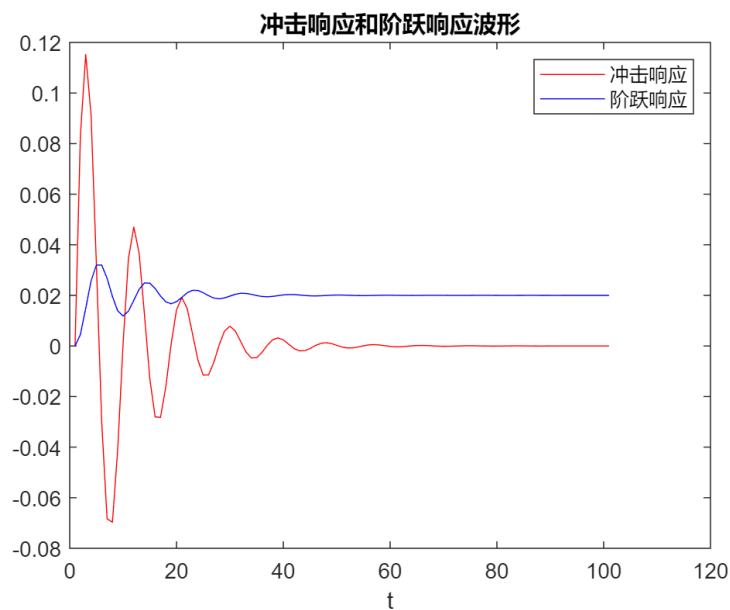
3. 已知微分方程 $y''(t) + 2y'(t) + 50y(t) = x(t)$ ，求该系统的冲激响应波形 $h(t)$ ，和单位阶跃响应波形 $h_1(t)$ 。

提示: impulse 函数可求出系统的冲激响应波形，step 函数可求出系统的单位阶跃响应波形。

编写的程序:

```
a=[1,2,50]; b=[1];
sys=tf(b,a);
t=0:0.1:10;
h=impz(sys,t);
h1=stepz(sys,t);
plot(h,'r');hold on
plot(h1,'b'); xlabel('t'); title('冲击响应和阶跃响应波形');
legend('冲击响应','阶跃响应');
```

输出结果:



4. 求下列各信号从 $-\infty$ 到 $+\infty$ 的积分。

$$(1) x(t) = e^{-|t|} \quad (2) x(t) = \begin{cases} 0.5[1 + \cos(2\pi t)] & |t| \leq 0.5 \\ 0 & |t| > 0.5 \end{cases}$$

编写的程序:

```
(1)
syms x
f = exp(-abs(x));
int(f, x, -inf, inf)
(2)
syms x
f=0.5.*(1+cos(2.*pi.*x)).*(heaviside(x+0.5)-heaviside(x-0.5));
int(f,x,-0.5,0.5)
```

输出结果:

ans = 2

ans = 1/2

5. 计算 $x(t) = e^t$ 与 $h(t) = (3e^{-2t} - 1)\varepsilon(t)$ 的卷积 (注: 利用卷积的定义编程)。

编写的程序:

```
syms t z
x = exp(t);
h = (3*exp(-2*t)-1)*heaviside(t);
int(subs(x,t,z)*subs(h,t,t-z),z,-inf,inf)
```

输出结果:

Ans = 0

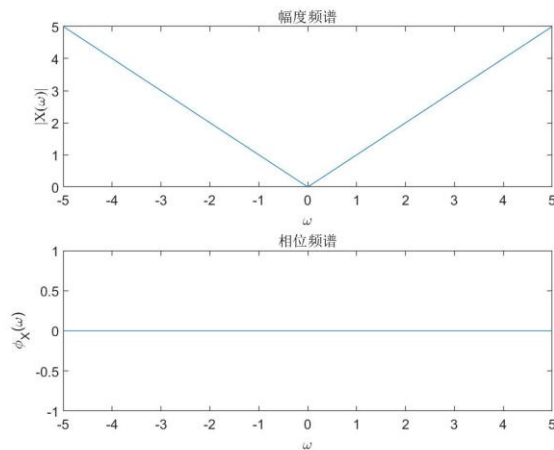
6. 求 $-\frac{1}{\pi t^2}$ 的傅里叶变换, 并绘制其频谱图。

编写的程序:

```
syms t w
f(t) = -1/(pi*t^2);
F(w) = fourier(f(t),t,w)
subplot(2,1,1)
fplot(abs(F(w)),[-5,5])
title('幅度频谱')
xlabel('\omega')
ylabel('|X(\omega)|','FontName','Times New Roman')
subplot(2,1,2)
fplot(angle(F(w)),[-5,5])
title('相位频谱')
xlabel('\omega')
ylabel('\phi_X(\omega)','FontName','Times New Roman')
```

输出结果波形 (截屏结果粘贴):

$F(w) = w \cdot \text{sign}(w)$



7. 求下列函数的拉普拉斯变换。

(1) $\sin^2(t)$ (2) $t\mathcal{E}(t-2)$

编写的程序:

```
syms t s
xt1 = (sin(t))^2;
xt2 = t*heaviside(t-2);
X1 = laplace(xt1,t,s)
X2 = laplace(xt2,t,s)
```

输出结果:

$X1 = 2/(s*(s^2 + 4))$

$X2 = (2*\exp(-2*s))/s + \exp(-2*s)/s^2$

8. 求表达式 $\frac{1-e^{-2s}}{s+1}$ 的逆拉普拉斯变换。

编写的程序:

```
syms s t
Xs = (1-exp(-2*s))/(s+1);
xt = ilaplace(Xs,s,t)
```

输出结果:

$xt = \exp(-t) - \text{heaviside}(t-2)*\exp(2-t)$

五、实验总结

1. 归纳、总结出用 **MATLAB** 进行连续信号变换与分析的方法。

1.规定变量，确定变量的取值范围

2.写出需要被分析的原函数，包括将信号的函数图转化为方程后表示

3.按照题目所需进行计算、分析（调用各种函数）

4.运行程序，得到分析结果以及所需函数图示

5.完成分析

实验2 离散信号分析

一、实验目的

1. 掌握离散信号的时域、频域及复频域的分析方法。

二、原理说明

1. 离散时间系统用差分方程描述，即

$$\sum_{k=0}^N a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k] \quad \text{其中, } x[n] \text{ 为输入, } y[n] \text{ 为输出。}$$

2. 序列 $x[n]$ 的单边 z 变换定义为: $X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x[n]z^{-n}$ 。计算 $x[n]$ 的单边 z 变换既可用

MATLAB 语句 `ztrans`，也可用上面的定义式实现。

3. 离散的脉冲序列在 MATLAB 中可用 `stem` 语句进行描绘。

三、相关语句

参考《电路与系统分析——使用 MATLAB》一书第十四~十五章的内容及 MATLAB 的帮助，了解如下语句的用法。

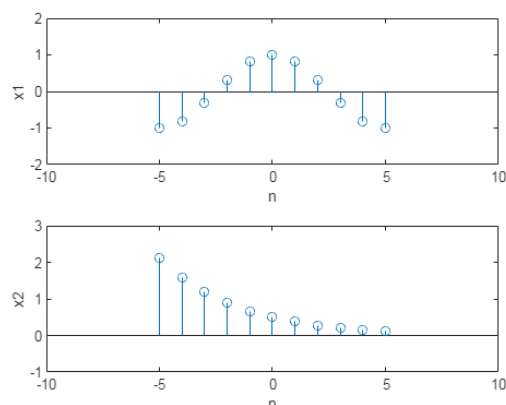
- | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1. <code>impz</code> | 2. <code>stem</code> | 3. <code>conv</code> | 4. <code>cconv</code> | 5. <code>length</code> | 6. <code>ztrans</code> |
| 7. <code>zplane</code> | 8. <code>freqz</code> | 9. <code>kronckerDelta</code> | 10. <code>zp2tf</code> | 11. <code>tf</code> | 12. <code>semilogx</code> |
| 13. <code>figure</code> | 14. <code>plot</code> | 15. <code>subplot</code> | | | |

例 1. 在 MATLAB 中生成离散指数序列 $x_1(n) = \cos(2\pi \frac{n}{10})$ 和 $x_2(n) = 0.5(\frac{3}{4})^n$ 。

MATLAB 实现程序:

```
n=-5:1:5;
x1=cos(2*pi*n/10);
x2=0.5*(3/4).^n;
subplot(2,1,1); stem(n,x1); xlabel('n'); ylabel('x1'); axis([-10,10,-2,2]);
subplot(2,1,2); stem(n,x2); xlabel('n'); ylabel('x2'); axis([-10,10,-1,3]);
```

运行结果为:



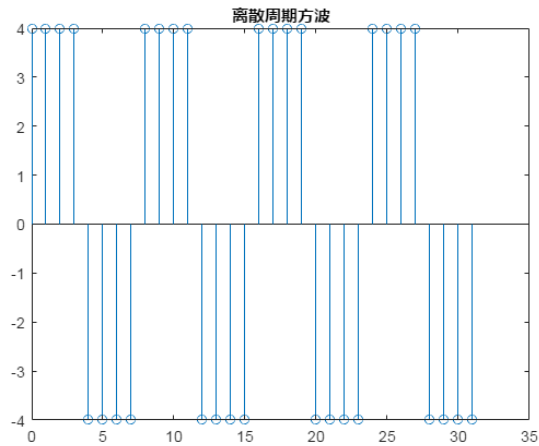
例 2. 生成离散矩形脉冲信号，幅度为 4，频率为 1/8，占空比为 50%。

MATLAB 实现程序:

```
f=1/8;
k=0:31;
x=4*square(2*pi*f*k,50);
```

```
stem(k,x);
title('离散周期方波') ;
```

运行结果为:

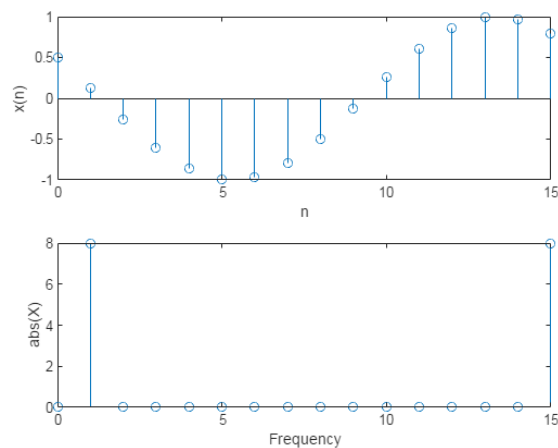


例 3.利用 FFT 分析信号 $x(n) = \cos(\frac{\pi}{8}n + \frac{\pi}{3})$ 的频谱。

MATLAB 实现程序:

```
N=16;
n=0:N-1;
x=cos(pi*n/8+pi/3);
subplot(2,1,1); stem(n,x); xlabel('n'); ylabel('x(n)');
X=fft(x);
subplot(2,1,2); stem(n,abs(X)); xlabel('Frequency'); ylabel('abs(X)');
```

运行结果为:



建议修改为:

```
N=16;
n=0:N-1;
x=cos(pi*n/8+pi/3);
X=fft(x);
subplot(2,1,1); stem(n,x); xlabel('n'); ylabel('x(n)');
subplot(2,1,2); stem(n,abs(X)); xlabel('Frequency'); ylabel('Magnitude');
```

四、实验任务

1. 利用 MATLAB 产生下列离散信号并作图。

(1) $x(n) = (0.9)^n [\sin(0.25\pi n)]$

(2) $x(n) = \sin(n/3 + \pi/5)$

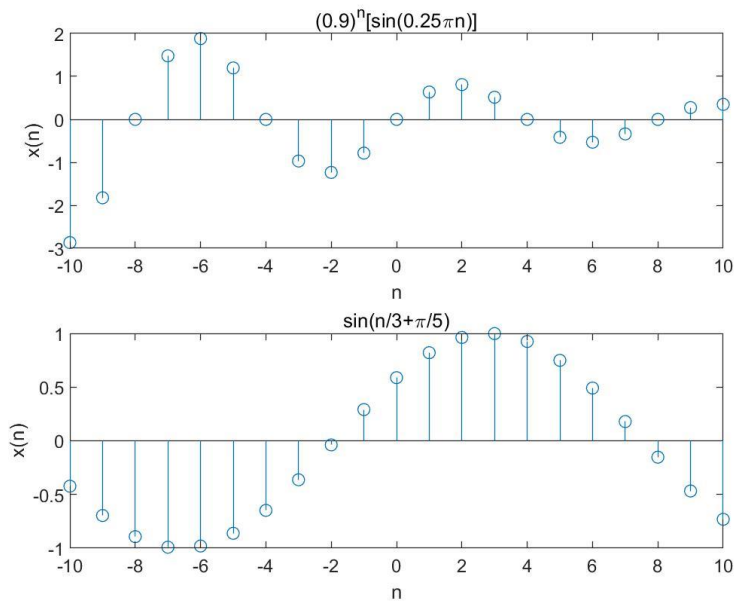
编写的程序:

```
n = -10:10;
```

```

xn1 = (0.9).^n.*(sin(0.25*pi.*n));
xn2 = sin(n/3+pi/5);
subplot(2,1,1);
stem(n,xn1);
xlabel('n');
ylabel('x(n)');
title('(0.9)^n[sin(0.25\pin)]')
subplot(2,1,2);
stem(n,xn2);
xlabel('n');
ylabel('x(n)');
title('sin(n/3+\pi/5)')
输出结果（截屏结果粘贴）：

```



2. 已知序列 $x(n)=[1,2,3]$ ， $h(n)=[3,2,1]$ 。试求：

- (1) $x(n)$ 与 $h(n)$ 的线卷积。
- (2) $x(n)$ 与 $h(n)$ 的 3 点圆卷积。
- (3) $x(n)$ 与 $h(n)$ 的 5 点圆卷积。
- (3) $x(n)$ 与 $h(n)$ 的 6 点圆卷积。

编写的程序：

```

xn1 = [1 2 3];
xn2 = [3 2 1];
yn = conv(xn1,xn2)
yn3 = cconv(xn1,xn2,3)
yn5 = cconv(xn1,xn2,5)
yn6 = cconv(xn1,xn2,6)
输出结果：

```

```

yn =
    3     8    14     8     3
yn3 =
    11    11    14
yn5 =
    3     8    14     8     3

```

```

yn6 =
    3.0000    8.0000   14.0000    8.0000    3.0000    0.0000

```

3. 已知系统的差分方程为: $y[n] - \frac{1}{6}y[n-1] - \frac{1}{6}y[n-2] = 11x[n] - x[n-1] - x[n-2]$, 求

单位样值响应 $h[n]$ 的序列。

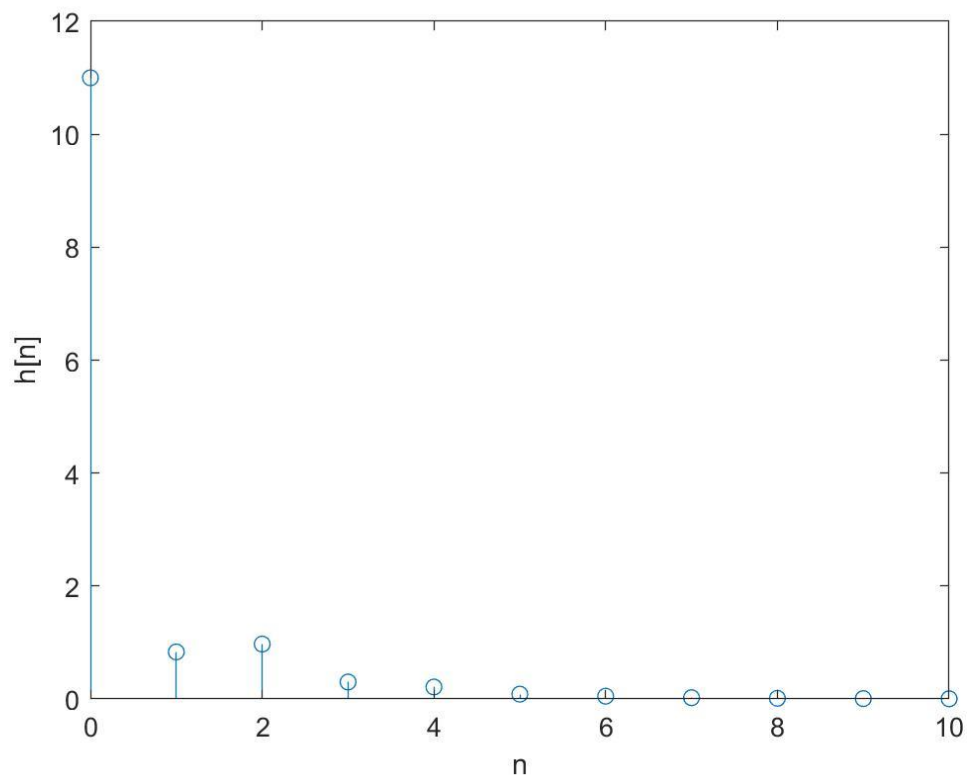
编写的程序:

```

a = [1 -1/6 -1/6];
b = [11 -1 -1];
zy = [0 0];
zx = [0 0];
z = filtic(b,a,zy,zx);
xn = [ones(1,1),zeros(1,10)];
yn = filter(b,a,xn,z);
n = 0:length(xn)-1;
stem(n,yn); ylabel('h[n]'); xlabel('n');

```

截屏结果粘贴:



4. 绘出系统函数 $H(z) = \frac{z^2 + 2z + 3}{3z^2 + 2z + 1}$ 的极零点图和频响波形图。

编写的程序:

```

a = [3 2 1];
b = [1 2 3];
[z p k] = tf2zp(b,a);
subplot(2,2,[1,3])
zplane(z,p);
title('零极点图');
[H,w] = freqz(b,a);
subplot(2,2,2);
plot(w,abs(H),'linewidth',2);

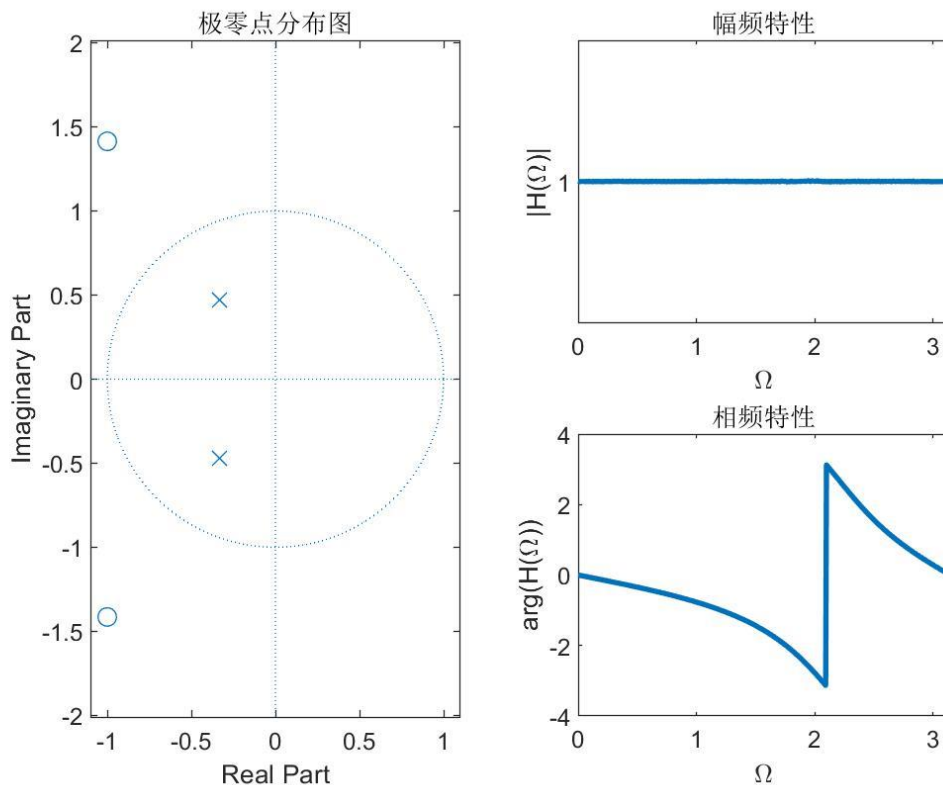
```

```

title('幅频特性');
xlabel('\Omega');
ylabel('|H(\Omega)|');
set(gca,'YTick',-1:1:1);
subplot(2,2,4);
plot(w,angle(H),'linewidth',2);
title('相频特性');
xlabel('\Omega');
ylabel('arg(H(\Omega))');

```

输出结果（截屏结果粘贴）：



5. 求下列序列的 Z 变换。

(1) $\delta[n] + \delta[n-1]$ (2) $\left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$

注意：移位样值序列 $\delta[n-1]$ 在 MATLAB 中用 `kroneckerDelta(n,1)` 表示。

编写的程序：

```

syms n
xn1 = kroneckerDelta(n,0)+kroneckerDelta(n,1);
xn2 = (1/2)^(n-1);
Xz1 = ztrans(xn1)
Xz2 = ztrans(xn2)

```

输出结果：

Xz1 =

$1/z + 1$

Xz2 =

$$(2z)/(z - 1/2)$$

6. 求序列 $\frac{z}{(z-1)^2(z-2)}$ 的逆 Z 变换。

编写的程序：

```
syms z
Xz = z/((z-1)^2*(z-2));
xn = iztrans(Xz)
```

输出结果：

xn =

$$2^n - n - 1$$

7. 已知图 2-1 所示周期矩形脉冲信号 $x(n)$ ，其脉冲幅度为 1，脉宽为 $\frac{1}{4}$ s，周期为 1s，设一个周期的抽样点数为 32，利用 FFT 分析信号 $x(n)$ 的频谱（提示可以用 square 函数生成矩形脉冲信号）。

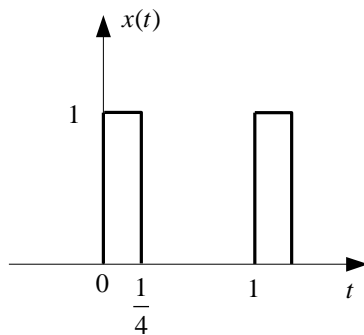


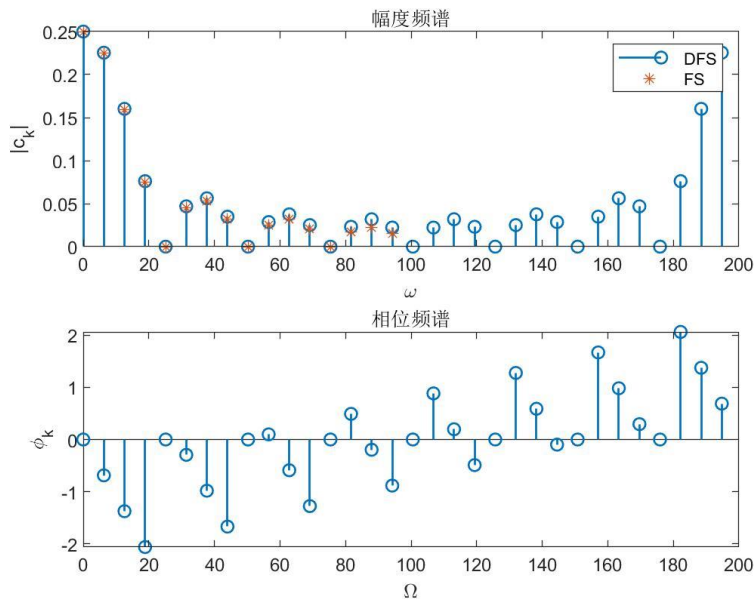
图 2-1 周期矩形脉冲信号 $x(n)$

编写的程序：

```
T = 1;
w0 = 2*pi/T;

%% DFT
N = 32;
Ts = T/N;
n = 0:N-1;
xn = square(2*pi.*n*Ts,25)/2+1/2;
Xk = fft(xn,N);

%% FS
syms w t
ck = int(exp(-j*n*w0*t)/T, t, 0, 1/4);
ck = ck(1,1:N/2);
wk = n*w0;
wk = wk(1,1:N/2);
subplot(2,1,1);
stem(n*w0,abs(Xk)/N,'linewidth',1);
xlabel('\omega'); ylabel('|c_k|'); title('DFS');
hold on
plot(wk,abs(ck),'*')
legend('DFS','FS')
subplot(2,1,2);
stem(n*w0,angle(Xk),'linewidth',1);
xlabel('\Omega'); ylabel('\phi_k'); title('Phase');
输出结果（截屏结果粘贴）：
```



8. 已知有限长序列 $x[n] = [1, 3, 5, 2]$ ，利用 DFT 计算其频谱，并绘出其幅度谱。

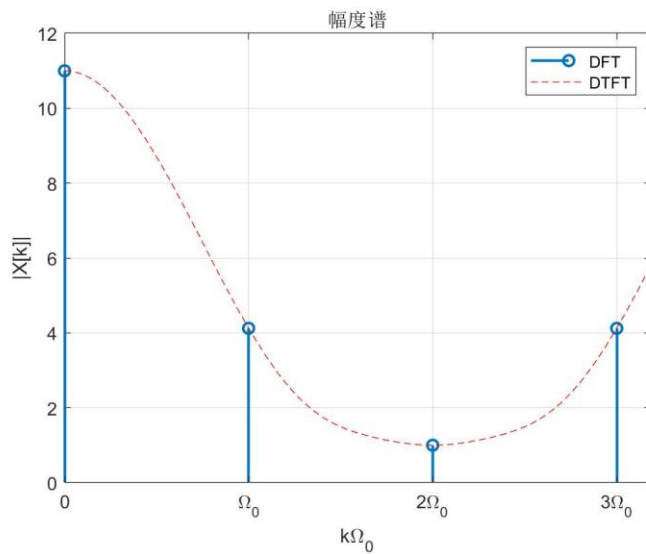
编写的程序：

```
N = 4; % 序列长度
x = [1 3 5 2];

%% DFT
syms k
Hkk = [];
for k = 0:N-1
    Hk = 0;
    for n = 0:N-1
        Hk = Hk + x(n+1)*exp(-j*2*pi*k*n/N);
    end
    Hkk = [Hkk Hk];
end
n = 0:N-1;
w0 = 2*pi/N;
stem(n*w0,abs(Hkk),'linewidth',1.5); xlabel('k\Omega_0'); ylabel('|X[k]|');
title('幅度谱');
set(gca, 'XTick',0:w0:(N-1)*w0)
set(gca, 'XTicklabel', {'0','\Omega_0','2\Omega_0','3\Omega_0'})
hold on

%% DTFT
syms w
Xw = 0;
for i = 1:N
    Xw = Xw + x(i)*exp(-j*w*i);
end
fplot(abs(Xw),[0,5],'r--')
grid on
legend('DFT','DTFT')
```

输出结果（给出计算结果及粘贴截屏结果）：



五、实验总结

1. 归纳、总结出用 MATLAB 进行离散信号变换与分析的方法。

1、用适当的区间表示信号

2、选择适当的函数根据题目需求对信号进行处理，必要的时候可以构造函数（特殊的有固定表达方式的函数应该熟记）

3、运行调试程序

4、输出结果并分析