

105002 信号与系统

“信号与系统”实验指导书（一）

一、实验课程编码：105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：MATLAB 编程简介

四、实验目的

熟悉 MATLAB 编程环境，掌握 Help 命令、基本的变量类型、矩阵的基本运算、基本的绘图函数和 M-file 的建立。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

（一）例题

例 1、Help 命令

```
help cos
help plot
help abs
help exp
help +
```

例 2、变量和矩阵运算

(1) Matrix——The basic variable type

```
M=3
```

```
M=[1 2 6]
```

```
M=[1 2 6; 4 6 7]
```

```
M13=M(1,3)
```

```
size(M)
```

(2) The Colon Operator (:)

```
%Creating Array and Vector
```

```
% v = start: skip: end
```

```
x1=0:2:10
```

```
x2=0:1:10 (or x=0:10)
```

```
t=-1:0.2:1
```

```
%Accessing Matrix
```

```
A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
A(2:3,1:2)
x2(4:8)
```

(3) Matrix Operations ($A \pm B$)

```
A=[2 3 4; 6 9 8]
B=[1 2 3; 5 8 7]
C1=A+B
C2=A-B
C3=A-4
```

(4) Matrix Operations ($A*B$ $A.*B$)

```
% A*B
A=[2 3 4; 6 9 8]
B=[1 2; 3 5; 8 7]
A*B
```

```
% A.*B
A=[2 3 4; 6 9 8]
B=[1 2 3 ;5 8 7]
A.*B
```

(5) Matrix Operations (B/A , $A \setminus C$, $B./A$, $A.\setminus C$)

```
% B/A --- B*inv(A)
% A \ C --- inv(A)*C
% B./A --- B(i,j)/A(i,j)
% A.\B --- A(i,j)\B(i,j)
```

(6) Matrix Operations (\wedge and $.\wedge$)

```
% ^ Operation
A=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
b=A^2

% .^ Operation
A=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
b=A.^2
```

(7) Matrix Operations (A' and $A.'$)

```
% A' 共轭转置
a=[1+2i 3+4i; 3+2i 5+5i]
a'
```

```
% A.' 非共轭转置
a.'
```

例 3、绘图函数 plot(x,y) , stem(k,y)

```
% plot(x,y)
    x=0:0.01:2;
    y=sin(2*pi*x);
    plot(x,y)
% stem(k,y)
    k=0:50;
    y=exp(-0.1*k);
    stem(k,y)
```

例 4、M file

```
% y(t)=sin(2t) + sin(5t)      -2pi ≤ t ≤ 2pi
    t=-2*pi:0.02:2*pi;
    y=sin(2*t) + sin(5*t);
    plot(t,y)
```

(二) 练习题

1、基本命令

```
help plot
help colon
help ops
help zeros
help ones
pi*pi-10
sin(pi/4)
ans^2
zz=3+4i;
conj(zz)
abs(zz)
angle(zz)
real(zz)
imag(zz)
```

2、Array Indexing

```
xx=[ones(1,4),[2:2:11],zeros(1,3)]
xx(3:7)
length(xx)
xx(2:2:length(xx))
xx(3:7)=pi*(1:5)
```

3、用以下语句建立 M-file

```
t=-2:0.05:3;
```

```
y=sin(2*pi*0.789*t);  
plot(t,y), grid on  
title('TEST PLOT of SINUSOID')  
xlabel('TIME(sec)')
```

4、画出以下信号的波形 ($-1 \leq t \leq 2$) (用 M-file 实现)

$$x_1(t) = 2 \cos(2\pi t + 30^\circ)$$

$$x_2(t) = 4 \cos(2\pi t - 60^\circ)$$

七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并，运行程序在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（二）

一、实验课程编码：105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：常见信号的 MATLAB 表示

四、实验目的

掌握用 MATLAB 表示信号与系统中的常见信号，熟悉 MATLAB 中一些常用的信号生成函数。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

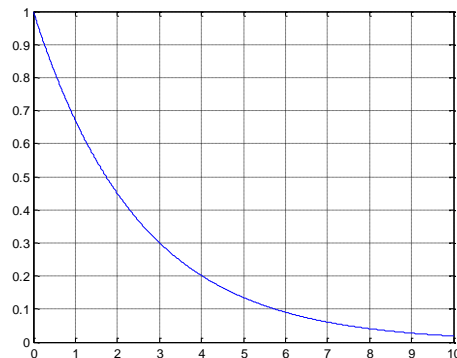
（一）例题

例 1 、 画图表示指数信号 $y = Ae^{at}$, $A = 1, a = -0.4$

[MATLAB 程序]:

```
% decaying exponential signal
A=1;a=-0.4;
t=0:0.01:10;
ft=A*exp(a*t);
plot(t,ft);grid on;
```

[运行结果]:



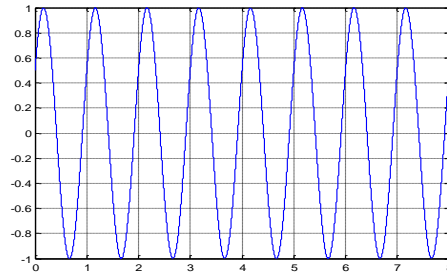
例 2 、 画图表示正弦信号 $y = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$, $A = 1, \omega_0 = 2\pi, \varphi = \pi / 6$

[MATLAB 程序]:

```
% sinusoidal signal
A=1;w0=2*pi;phi=pi/6;
```

```
t=0:0.001:8;
ft=A*sin(w0*t+phi);
plot(t,ft);grid on;
```

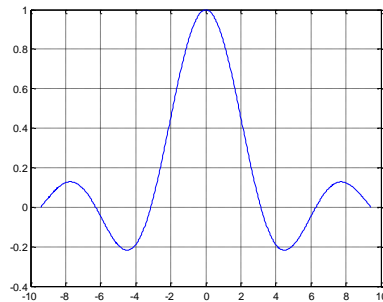
[运行结果]:



例3 、 画图表示抽样函数 $y = \text{sinc}(\pi)/(\pi)$ 。(利用函数 sinc(t))

[MATLAB 程序]:

```
% sample function
t=-3*pi:pi/100:3*pi;
ft=sinc(t/pi);
plot(t,ft);grid on;
```



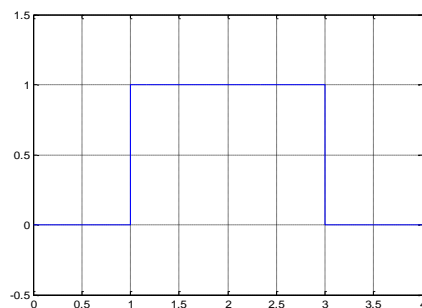
[运行结果]:

例 4、 画图表示矩形信号，设幅度 $A=1$ ，宽度为 $W=2$ 。

[MATLAB 程序]:

```
% rectangular pulse signal
t=0:0.001:4;
T=1;
ft=rectpuls(t-2*T,2*T);
plot(t,ft);grid on;axis([0 4 -0.5 1.5]);
```

[运行结果]:

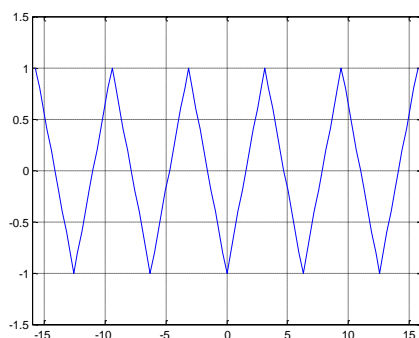


例 5、 画图表示周期形三角波信号，设幅度 $A=1$ ，宽度为 $W=4$ ，斜度 $k=0.5$ 。

[MATLAB 程序]:

```
% periodic triangular pulse signal
t=-5*pi:pi/10:5*pi;
x=sawtooth(t,0.5);
plot(t,x);axis([-16 16 -1.5 1.5]);grid on;
```

[运行结果]:

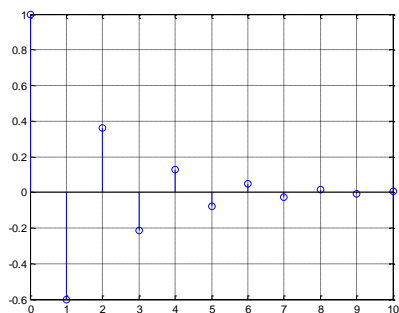


例6、画图表示指数序列 $y = Ae^{ak}$ ， $A = 1, a = -0.6$

[MATLAB 程序]:

```
% exponential sequence
k=0:10;A=1;a=-0.6;
fk=A*a.^k;
stem(k,fk);grid on;
```

[运行结果]:

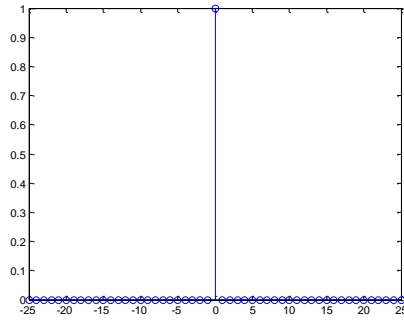


例 7、 画图表示单位样值序列。

[MATLAB 程序]:

```
% unit impulse sequence
k=-25:25;
delta=[zeros(1,25),1,zeros(1,25)];
stem(k,delta);
```

[运行结果]:

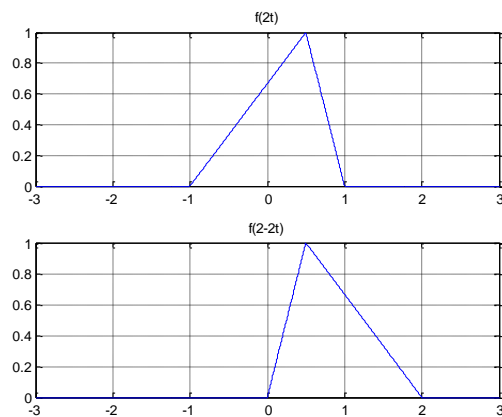


例8 、利用 MATLAB 画出 $f(2t)$ 和 $f(2-2t)$ 的波形。

[MATLAB 程序]:

```
%changed triangular pulse signal
t=-3:0.001:3;
ft1=tripuls(2*t,4,0.5);
subplot(2,1,1);plot(t,ft1);title('f(2t)');grid on;
ft2=tripuls((2-2*t),4,0.5);
subplot(2,1,2);plot(t,ft2);title('f(2-2t)');grid on;
```

[运行结果]:



例9 、利用 MATLAB 计算三角波信号的微分和积分。设三角波信号幅度 $A=1$ ，宽度为 $W=4$ ，斜度 $k=0.5$ 。

[MATLAB 程序]:

```
% functri(t) function
function yt=functri(t)
    yt=tripuls(t,4,0.5);

%differentiation of triangular signal
h=0.001;t=-3:h:3;
y1=diff(functri(t))*1/h;
figure(1);plot(t(1:length(t)-1),y1);title('df(t)/dt');grid on;
```

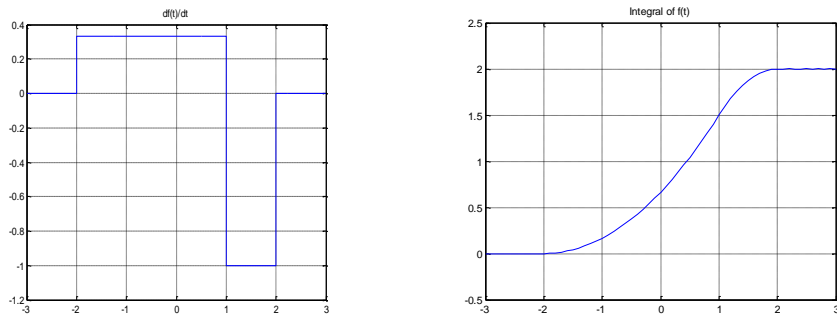


```

%integration of triangular signal
t=-3:0.1:3;
for x=1:length(t)
    y2(x)=quad('functri',-3,t(x));
end
figure(2);plot(t,y2);axis([-3 3 -0.5 2.5]);title('Integral of f(t)');grid on;

```

[运行结果]:



(二) 练习题

1. 画图表示周期矩形信号，设幅度 $A=1$ ，占空比为 $D=75\%$ 。
2. 画图表示三角波信号，设幅度 $A=1$ ，宽度为 $W=4$ ，斜度 $k=0.5$ 。
3. 画图表示周期性矩形脉冲信号和周期性三角波脉冲信号（周期信号发生器）。
4. 画图表示正弦序列 $\sin(\pi/6)k$
5. 画图表示单位阶跃序列。

七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并，运行程序在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（三）

一、实验课程编码：105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：连续时间系统时域分析的 MATLAB 实现

四、实验目的

掌握应用 MATLAB 实现对线性时不变连续时间系统的时域分析，即熟悉应用 MATLAB

实现微分方程的求解、连续时间信号卷积计算等。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

(一) 例题

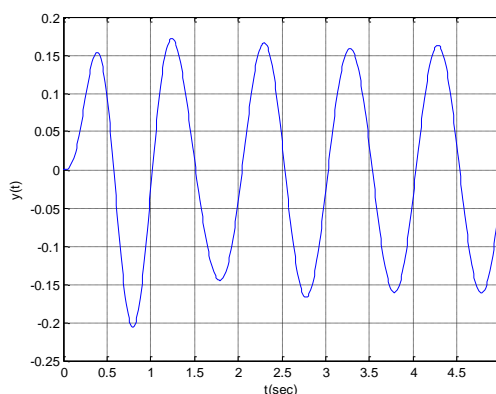
例1、已知系统的输入信号为 $f(t) = 10 \sin 2\pi t$ ，系统的初始状态为零，系统的

微分方程为 $\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2 \frac{dy(t)}{dt} + 100y(t) = f(t)$ ，求 $y(t)$ 。

[MATLAB 程序]:

```
%solution of differential equation
ts=0;
te=5;
dt=0.01;
sys=tf([1],[1 2 100]);
t=ts:dt:te;
f=10*sin(2*pi*t);
y=lsim(sys,f,t);
plot(t,y);
xlabel('t(sec)');
ylabel('y(t)');
grid on;
```

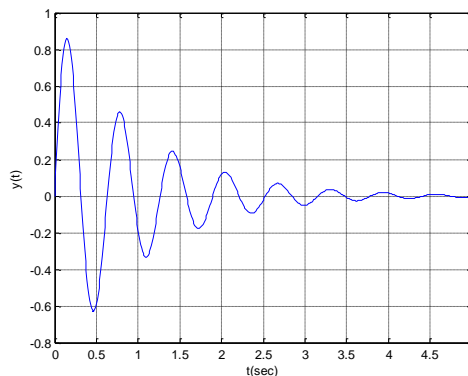
[运行结果]:



例2、在上题中，若输入信号为强度为 10 的冲激信号，求 $y(t)$ 。

[MATLAB 程序]:

```
%impulse response of LTI system
ts=0;
te=5;
dt=0.01;
sys=tf([10],[1 2 100]);
t=ts:dt:te;
y=impz(sys,t);
plot(t,y);
xlabel('t(sec)');
ylabel('y(t)');
grid on;
```

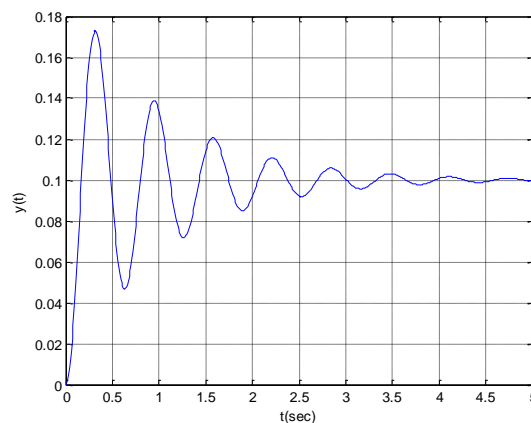


[运行结果]:

例 3、在上题中，若输入幅度为 10 的阶跃信号，求 $y(t)$ 。

[MATLAB 程序]:

```
%step response of LTI system
ts=0;
te=5;
dt=0.01;
sys=tf([10],[1 2 100]);
t=ts:dt:te;
y=step(sys,t);
plot(t,y);
xlabel('t(sec)');
ylabel('y(t)');
grid on;
```



[运行结果]:

例4、已知信号 $x(t) = \varepsilon(t) - \varepsilon(t-2)$ ， $y(t) = \varepsilon(t-3) - \varepsilon(t-5)$ ，利用 MATLAB

计算 $x(t) * y(t)$ ，并画出卷积结果。

[MATLAB 程序]:

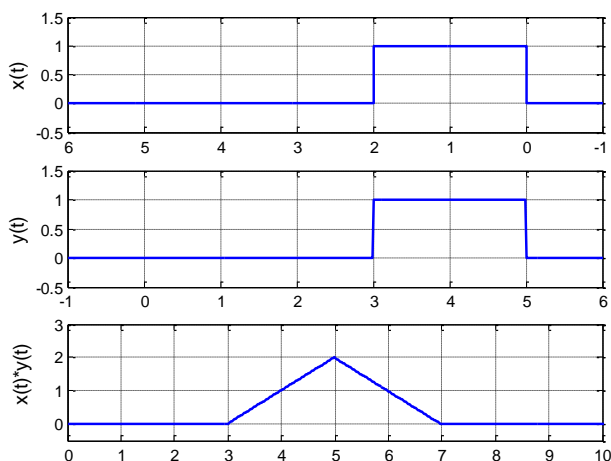
```
%convolution of two signal
t=-1:0.01:6;
T=1;
```

```

ft1=rectpuls(t-1,2*T);
subplot(3,1,1); plot(t,ft1);grid on;axis([-1 6 -0.5 1.5]);ylabel('x(t)');
ft2=rectpuls(t-4,2*T);
subplot(3,1,2); plot(t,ft2);grid on;axis([-1 6 -0.5 1.5]);ylabel('y(t)')
z=conv(0.01*ft1,ft2);
t2=(0:length(z)-1)*0.01-2;
subplot(3,1,3); plot(t2,z);grid on;axis([0 10 -0.5 3]);ylabel('x(t)*y(t)')

```

[运行结果]:



(二) 练习题

1. 已知一线性系统的微分方程为

$$y''(t) + 5y'(t) + 6y(t) = \delta(t) - \delta(t-1)$$

试求该系统的零状态响应 $y(t)$ 。

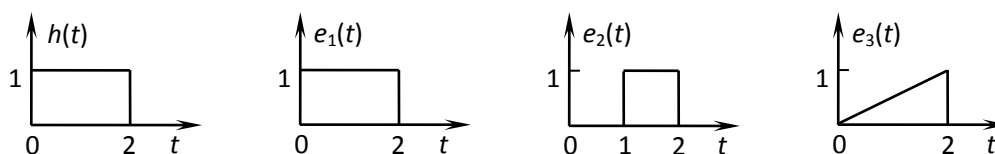
2. 已知一线性系统的微分方程为

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 4 \frac{dy(t)}{dt} + 25y(t) = e(t)$$

试求：(1) 该系统的单位冲激响应；

(2) 该系统的单位阶跃响应。

3. 已知某 LTI 连续系统的单位冲激响应 $h(t)$ 和各激励信号 $e(t)$ 的波形如下图所示，试求该系统对各激励信号的零状态响应。



七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并运行，在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（四）

一、实验课程编码：105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：连续时间系统频域分析的 MATLAB 实现

四、实验目的

掌握应用 MATLAB 实现对线性时不变连续时间系统的频域分析，掌握应用 MATLAB 近似计算和绘制信号的频谱、连续时间系统的频率响应（幅频响应和相频响应）。

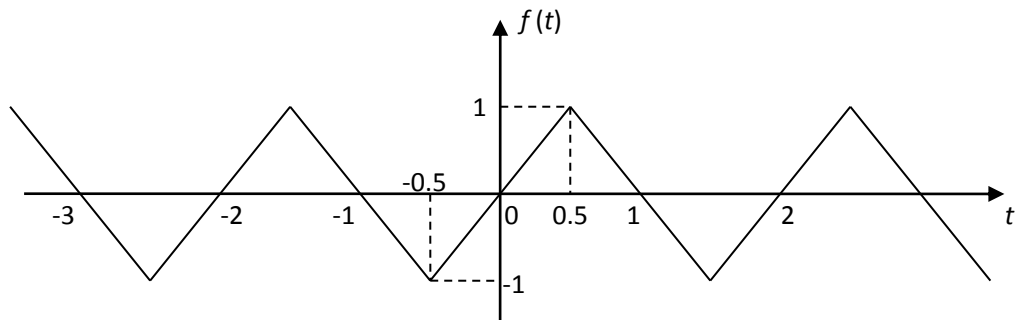
五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

（一）例题

例1、利用 MATLAB 画出下图所示的周期三角波信号的频谱。



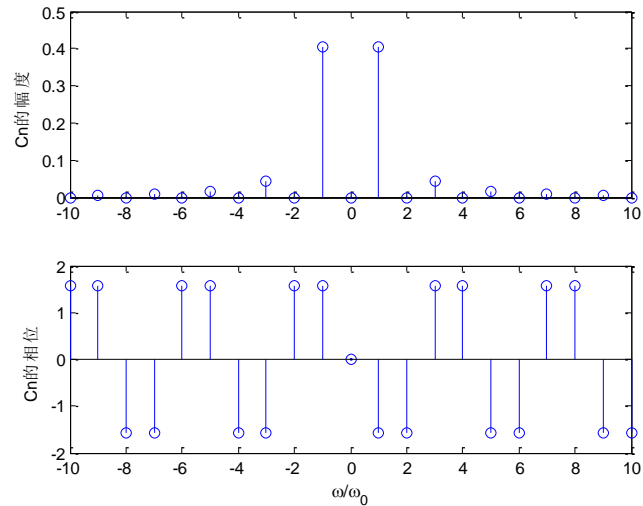
经计算，该周期三角波信号的傅立叶级数系数为 $c(n) = \begin{cases} \frac{-4j}{n^2\pi^2} \sin(\frac{n\pi}{2}) & n \neq 0 \\ 0 & n = 0 \end{cases}$

[MATLAB 程序]:

```
%frequency spectrum of periodic triangular signal
N=10;
n1=-N:-1;
c1=-4*j*sin(n1*pi/2)/pi^2./n1.^2; %计算 n=-N 到 -1 时的傅立叶级数系数
c0=0; % 计算 n=0 时的傅立叶级数系数
n2=1:N;
c2=-4*j*sin(n2*pi/2)/pi^2./n2.^2; %计算 n=1 到 N 时的傅立叶级数系数
cn=[c1 c0 c2];
n=-N:N;
subplot(2,1,1);stem(n,abs(cn));ylabel('Cn 的幅度');
```

```
subplot(2,1,2);stem(n,angle(cn));ylabel('Cn 的相位');
xlabel('\omega/\omega_0');
```

[运行结果]:



例2、利用 MATLAB 采用数值方法近似计算三角波信号 $f(t) = \begin{cases} 1-|t| & |t| \leq 1 \\ 0 & |t| > 1 \end{cases}$

的频谱。

[MATLAB 程序]:

%example2 的函数

function y=sf1(t,w)

y=(abs(t)<=1).*(1-abs(t)).*exp(-j*w*t);

% Frequency spectrum of triangular signal using quad8 function

w=linspace(-6*pi,6*pi,512);

N=length(w);

F=zeros(1,N);

for k=1:N

 F(k)=quadl(@sf1,-1,1,[],[],w(k));

end

figure(1);

plot(w,real(F));

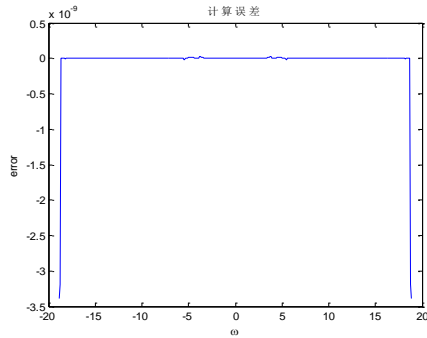
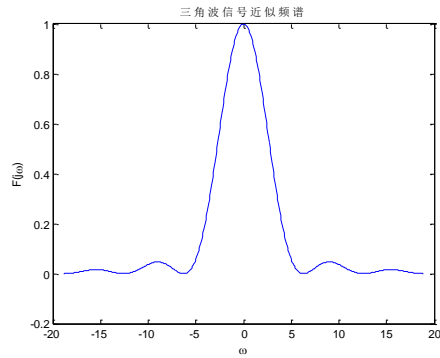
xlabel('\omega');ylabel('F(j\omega)');title('三角波信号近似频谱');

figure(2);

plot(w,real(F)-sinc(w/2/pi).^2); %这里的 sinc 函数值即为理论计算结果

xlabel('\omega');ylabel('error');title('计算误差');

[运行结果]:

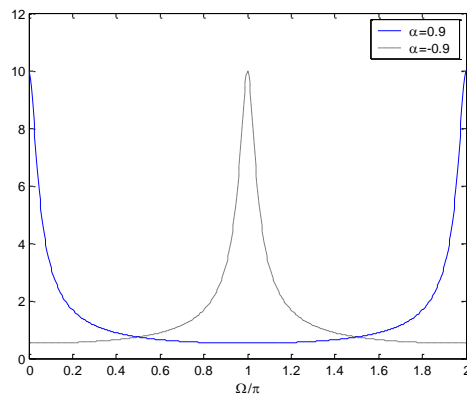


例3、利用 MATLAB 画出 $\alpha = \pm 0.9$ 时 $F(e^{j\Omega}) = \frac{1}{1 - \alpha e^{-j\Omega}}$ 的幅度频谱。

[MATLAB 程序]:

```
% amplitude frequency spectrum of a sequence
b=[1];a1=[1 -0.9];a2=[1 0.9];
w=linspace(0,2*pi,512); %线性均分 0 到 2pi 的间隔, 共 512 个点
h1=freqz(b,a1,w);
h2=freqz(b,a2,w);
plot(w/pi,abs(h1),w/pi,abs(h2),'k:');
xlabel('\Omega/\pi');
legend('\alpha=0.9','\alpha=-0.9');
```

[运行结果]:



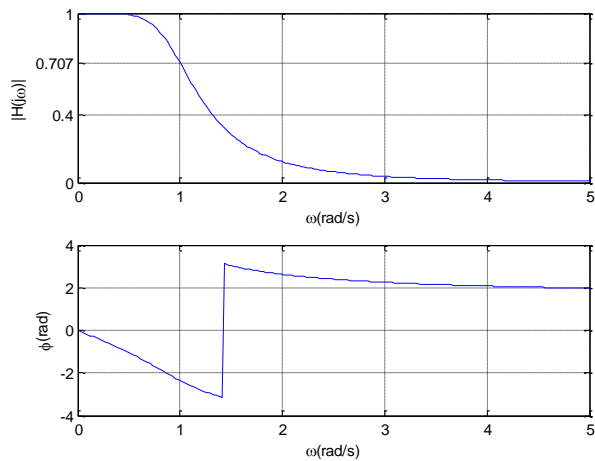
例4、某连续线性系统的频率响应为: $H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^3 + 2(j\omega)^2 + 2(j\omega) + 1}$

利用 MATLAB 画出该系统的幅频响应 $|H(j\omega)|$ 和相频响应 $\phi(\omega)$ 。

[MATLAB 程序]:

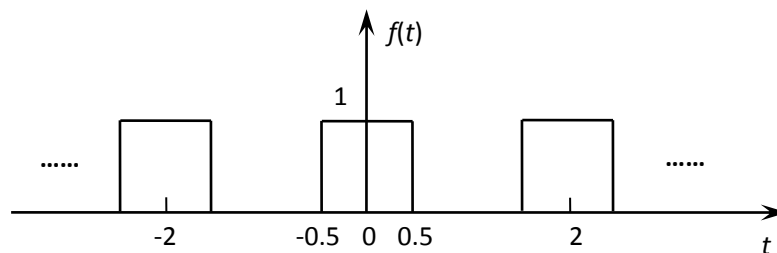
```
% frequency response of a system
b=[1];a=[1,2,2,1];
w=linspace(0,5,200);
H=freqs(b,a,w);
subplot(2,1,1);
plot(w,abs(H));
set(gca,'xtick',[0 1 2 3 4 5]);
set(gca,'ytick',[0 0.4 0.707 1]);
xlabel('\omega(rad/s)');
ylabel('|H(j\omega)|');
grid on;
subplot(2,1,2);
plot(w,angle(H));
set(gca,'xtick',[0 1 2 3 4 5]);
xlabel('\omega(rad/s)');
ylabel('\phi(rad)');
grid on;
```

[运行结果]:



(二) 练习 题

1. 求下图所示周期矩形脉冲信号的傅立叶级数表示式。并用 MATLAB 求出由前 N 次谐波合成的信号近似波形。

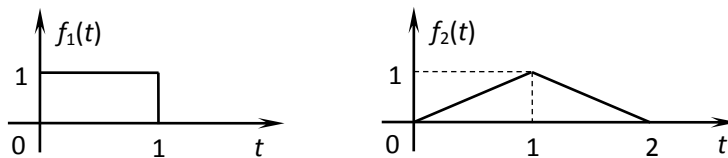


周期矩形脉冲信号

2. 利用 MATLAB 采用数值方法近似计算三角波信号 $f(t) = \varepsilon(t+1) - \varepsilon(t-1)$ 的频谱。

3. 信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 如下图所示。

(1) 取 $t=0:0.05:2.5$ ，画出 $f(t) = f_1(t) + f_2(t)\cos(50t)$ 的波形。



(2) 一系统的 $H(j\omega)$ 为:

$$H(j\omega) = \frac{j2\omega}{(j\omega)^2 + j6\omega + 8}$$

用 freqs 画出 $H(j\omega)$ 幅频响应和相频响应曲线。

(3) 用 lim 函数求出信号 $f(t)$ 和 $f(t)\cos(50t)$ 通过上述系统的响应 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ ，并根据理论知识解释说的结果。

七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并运行，在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（五）

一、实验课程编码： 105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：连续时间系统复频域分析的 MATLAB 实现

四、实验目的

掌握用 MATLAB 实现连续时间系统 S 域分析中的零极点求解、拉氏变换及反拉氏变换、由系统函数求冲激响应、频率响应等。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

（一） 例题

例 1、 用部分分式展开法求 $F(s)$ 的 Laplace 反变换：
$$F(s) = \frac{s+2}{s^3+4s^2+3s}$$

[MATLAB 程序]: % inverse Laplace transform by partial-fraction expansion

```
format rat; % 将分数以近似的小整数之比的形式显示
num=[1 2];
den=[1 4 3 0];
[r,p]=residue(num,den) % r,p 均为列向量
```

[运行结果]:

```
r =
    -1/6
    -1/2
     2/3
```

```
p =
    -3
    -1
     0
```

即，由程序已算出

$$r' = \left[-\frac{1}{6}, -\frac{1}{2}, \frac{2}{3}\right], \quad p' = [-3, -1, 0],$$

$$\text{则 } F(s) = \frac{2/3}{s} + \frac{-1/2}{s+1} + \frac{-1/6}{s+3},$$

$$\text{反变换为 } f(t) = \frac{2}{3}u(t) - \frac{1}{2}e^{-t}u(t) - \frac{1}{6}e^{-3t}u(t)$$

例 2 、 用部分分式展开法求 $F(s)$ 的 Laplace 反变换: $F(s) = \frac{s-2}{s(s+1)^3}$

[MATLAB 程序]: % inverse Laplace transform using conv function and partial-fraction expansion

```
num=[1 -2];
a=conv([1 0],[1 1]);
b=conv([1 1],[1 1]);
den=conv(a,b);
[r,p]=residue(num,den) % r,p 均为列向量
```

%第二种解法

% inverse Laplace transform using poly function and partial-fraction expansion

```
num=[1 -2];
den=poly([0,-1,-1,-1]);
[r,p]=residue(num,den) % r,p 均为列向量
```

[运行结果]:

```
r =
     2
     2
     3
    -2

p =
    -1
    -1
    -1
     0
```

即, 用程序可算出

$$r' = [2, 2, 3, -2], \quad p' = [-1, -1, -1, 0],$$

$$\text{则 } F(s) = \frac{2}{s+1} + \frac{2}{(s+1)^2} + \frac{3}{(s+1)^3} + \frac{-2}{s},$$

$$\text{反变换为 } f(t) = (2e^{-t} + 2te^{-t} + 1.5t^2e^{-t} - 2)u(t)$$

例 3、 用部分分式展开法求 $F(s)$ 的 Laplace 反变换: $F(s) = \frac{2s^3 + 3s^2 + 5}{(s+1)(s^2 + s + 2)}$

[MATLAB 程序]: % inverse Laplace transform by partial-fraction expansion

```
num=[2 3 0 5];
den=conv([1 1],[1 1 2]);
[r,p,k]=residue(num,den) % r,p 均为列向量
[angle,mag]=cart2pol(real(r),imag(r))
```

[运行结果]:

```

r =
    -2      + 2024/1785i
    -2      - 2024/1785i
     3
p =
   -1/2      + 1012/765i
   -1/2      - 1012/765i
    -1
k =
     2
angle =
    1972/751
   -1972/751
     0
mag =
    7895/3434
    7895/3434
     3

```

即，用程序可算出

$r' = [-2.0000 + 1.1339i, -2.0000 - 1.1339i, 3.0000]$, $p' = [-0.5000 + 1.3229i, -0.5000 - 1.3229i, -1.0000]$, $k = 2$
 $angle' = [2.6258, -2.6258, 0]$, $mag' = [2.2991, 2.2991, 3.0000]$

所以

$$F(s) = 2 + \frac{3}{s+1} + \frac{-2 - 1.1339i}{s + 0.5 + 1.3229i} + \frac{-2 + 1.1339i}{s + 0.5 - 1.3229i} = 2 + \frac{3}{s+1} + \frac{2.2991e^{-2.6258i}}{s + 0.5 + 1.3229i} + \frac{2.2991e^{2.6258i}}{s + 0.5 - 1.3229i}$$

$$f(t) = 2\delta(t) + 3e^{-t}u(t) + 4.5982e^{-0.5t} \cos(1.3229t + 2.6258)u(t)$$

例 4、 分别利用 MATLAB 中的 laplace 和 ilaplace 函数求：（1）

$f(t) = e^{-t} \sin(at)u(t)$ 的 Laplace 变换；（2） $F(s) = \frac{s^2}{s^2 + 1}$ 的 Laplace 反变换。

[MATLAB 程序]: %(1) Laplace transform using laplace function

```

f=sym('exp(-t)*sin(a*t)');
F=laplace(f)
%(2) Inverse Laplace transform using ilaplace function
F=sym('s^2/(s^2+1)');
ft=ilaplace(F)

```

[运行结果]:

```

F =
      a/((s+1)^2+a^2)
ft =

```

Dirac(t)-sin(t)

即, 结果为 $F = a/((s+1)^2 + a^2)$,

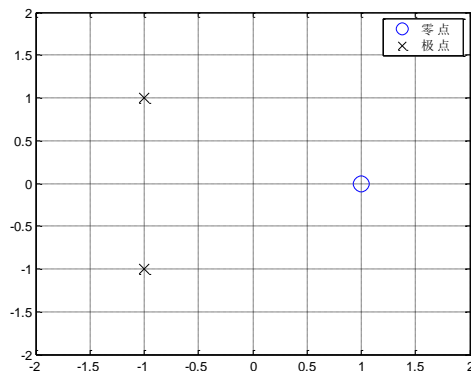
$ft = \text{Dirac}(t) - \sin(t)$, 即 $f(t) = \delta(t) - \sin(t)u(t)$

例 5、 已知系统函数为 $H(s) = \frac{s-1}{s^2+2s+2}$, 利用 MATLAB 求出该系统的零极点, 并画出零极点分布图。

[MATLAB 程序]: % pole-zero map of H(s) using plot function

```
b=[1 -1];  
a=[1 2 2];  
zs=roots(b);  
ps=roots(a);  
plot(real(zs),imag(zs),'o',real(ps),imag(ps),'kx','markersize',12);  
axis([-2 2 -2 2]);  
grid on;  
legend('零点','极点');
```

[运行结果]:



例 6、 已知系统函数为 $H(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$, 利用 MATLAB 画出该系统的零极点分布图; 求出该系统的单位冲激响应 $h(t)$ 的幅频响应, 并判断系统是否稳定。

[MATLAB 程序]: % impulse response, amplitude frequency response and stability analysis

% of LTI H(s)

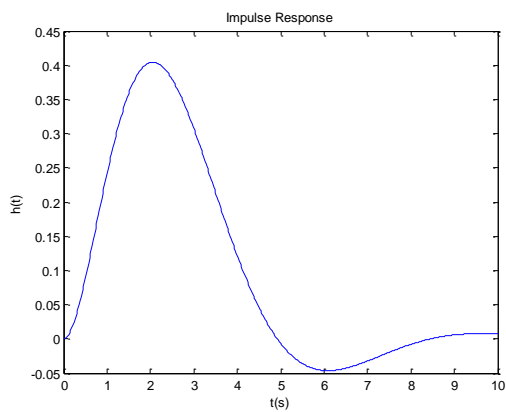
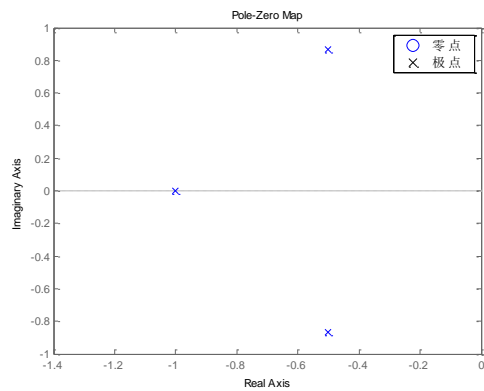
```
num=[1];  
den=[1 2 2 1];  
sys=tf(num,den);
```

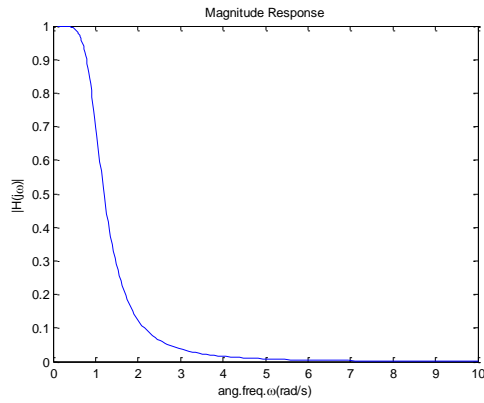
```

poles=roots(den);
figure(1);
pzmap(sys);
t=0:0.02:10;
h=impz(num,den,t);
figure(2);
plot(t,h);
xlabel('t(s)');ylabel('h(t)');title('Impulse Response');
[H,w]=freqz(num,den);
figure(3);
plot(w,abs(H));
xlabel('ang.freq.\omega(rad/s)');
ylabel('|H(j\omega)|');
title('Magnitude Response');

```

[运行结果]:





(二) 练习题

1、已知连续时间信号的 S 域表示式，试用 `residue` 求出 $F(s)$ 的部分分式展开式，并写出 $f(t)$ 的表达式

$$(1) F(s) = \frac{41.6667}{s^3 + 3.7444s^2 + 25.7604s + 41.6667}$$

$$(2) F(s) = \frac{s^3}{(s+5)(s^2+5s+25)}$$

2、已知某连续时间系统的微分方程为

$$y''(t) + 4y'(t) + 3y(t) = 2f'(t) + f(t)$$

$f(t) = \varepsilon(t)$, $y(0_-) = 1$, $y'(0_-) = 2$ ，试求系统的零输入响应、零状态响应和全响应，并画出相应的波形。

3、已知系统函数为 $H(s) = \frac{1}{s^2 + 2\alpha s + 1}$ ，试分别画出 $\alpha = 0, 1/4, 1, 2$ 时系统的零极点图。如果系统是稳定的，画出系统的幅度响应曲线。

4、已知 $F(s) = \frac{s+2}{s^3 + 2s^2 + 2s+1}$ ，画出该系统的零极点分布图，求出系统的冲激响应、阶跃响应和频率响应。

七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并运行，在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（六）

一、实验课程编码： 105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：离散时间系统时域分析的 MATLAB 实现

四、实验目的

掌握用 MATLAB 实现离散时间系统的零状态响应、冲激响应、阶跃响应、卷积和的求解等。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

（一）例题

例 1、受噪声干扰的信号为 $f(k) = s(k) + d(k)$ ，其中 $s(k) = (2k)0.9^k$ 是原始信号，

$d(k)$ 是噪声。已知 M 点滑动平均系统的输入输出关系为：
$$y(k) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} f(k-n)。$$

试用 MATLAB 编程实现 M 点滑动平均系统对噪声干扰的信号去噪。

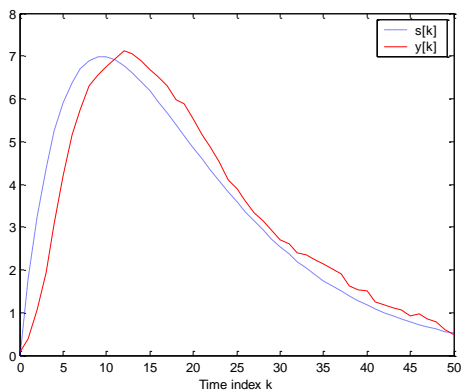
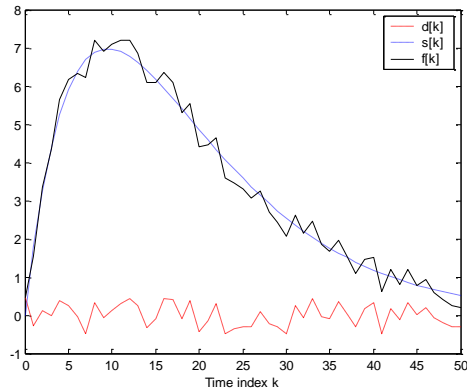
[提示：噪声信号可用 MATLAB 中的 rand 函数产生，将其叠加在原始信号上，即得到受噪声干扰的输入信号 $f(k)$ 。]

[MATLAB 程序]: %signal smoothing by moving average filter

```
R=51; %length of input signal
%generate(-0.5,0.5)uniformly distributed random numbers
d=rand(1,R)-0.5;
k=0:R-1;
s=2*k.*(0.9.^k);
f=s+d;
figure(1);
plot(k,d,'r-',k,s,'b:',k,f,'k-');
xlabel('Time index k');
legend('d[k]','s[k]','f[k]');
M=5;
b=ones(M,1)/M;
a=1;
y=filter(b,a,f);
figure(2);
plot(k,s,'b:',k,y,'r-');
```

```
xlabel('Time index k');
legend('s[k]','y[k]');
```

[运行结果]:



例 2、用 `impz` 函数求下列离散时间系统的单位样值响应 $h(k)$ ，并与理论值

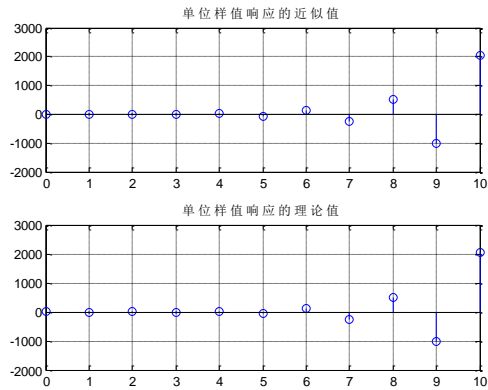
$h(k) = -(-1)^k + 2(-2)^k, k \geq 0$ 进行比较。 $y(k) + 3y(k-1) + 2y(k-2) = f(k)$

[MATLAB 程序]: %impulse response of discrete system

```
k=0:10;
a=[1,3,2];
b=[1];
h=impz(b,a,k);
subplot(2,1,1);
stem(k,h);
title('单位样值响应的近似值');
grid on;
hk=-(-1).^k+2*(-2).^k;
subplot(2,1,2);
stem(k,hk);
```

```
title('单位样值响应的理论值');
grid on;
```

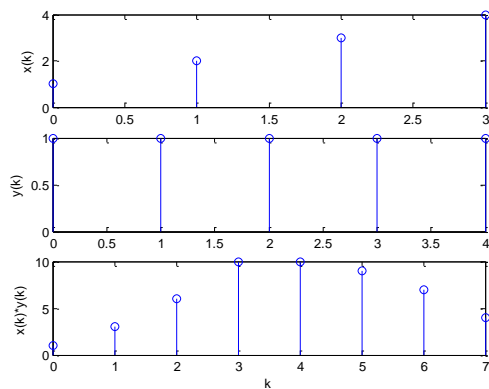
[运行结果]:



例 3、 已知序列 $x(k)=\{1,2,3,4;n=0,1,2,3\}$, $y(k)=\{1,1,1,1,1;n=0,1,2,3,4\}$, 利用 MATLAB 计算 $x(k)*y(k)$, 并画出卷积结果。

```
[MATLAB 程序]: %convolution of two sequences
x=[1,2,3,4];
y=[1,1,1,1,1];
z=conv(x,y);
subplot(3,1,1);stem(0:length(x)-1,x);ylabel('x(k)');
subplot(3,1,2);stem(0:length(y)-1,y);ylabel('y(k)');
subplot(3,1,3);stem(0:length(z)-1,z);ylabel('x(k)*y(k)');xlabel('k');
```

[运行结果]:



(二) 练习题

1. 已知 $f(k)=\pm f(N-1-k)$, $h(k)=\pm h(N-1-k)$, 用 conv 函数计算 $f(k)*h(k)$ 。

2. 利用 `impz` 函数，计算系统

$$y(k) + 0.7y(k-1) - 0.45y(k-2) - 0.6y(k-3) = \\ 0.8f(k) - 0.44f(k-1) + 0.36f(k-2) + 0.02f(k-3)$$

的单位脉冲响应，并画出前 31 点的图。

3. 利用 `filter` 函数，求出系统 $y(k) - 1.85y(k-1) + 0.85y(k-2) = f(k)$ 的单位脉冲响应，并判断系统是否稳定。

七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 `MATLAB` 程序并运行，在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（七）

一、实验课程编码： 105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：离散时间系统 Z 域分析的 MATLAB 实现

四、实验目的

掌握用 MATLAB 实现离散时间系统 Z 域分析中的零极点求解、Z 变换及反 Z 变、由系统函数求冲激响应、频率响应等。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

(一) 例题

例 1、利用 MATLAB 计算 $F(z) = \frac{18}{18 + 3z^{-1} - 4z^{-2} - z^{-3}}$ 的部分分式展开式。

[MATLAB 程序]: % Partial-fraction expansion of F(z)

```
num=[18];
```

```
den=[18 3 -4 -1];
```

```
[r,p k]=residuez(num,den)% r,p 为列向量
```

[运行结果]:

```
r =
```

```
0.3600
```

```
0.2400
```

```
0.4000
```

```
p =
```

```
0.5000
```

```
-0.3333
```

```
-0.3333
```

```
k =
```

```
[]
```

即，由程序已算出

$$r' = [0.3600, 0.2400, 0.4000], \quad p' = [0.5000, -0.3333, -0.3333], \quad k = []$$

$$\text{所以有 } F(z) = \frac{0.36}{1 - 0.5z^{-1}} + \frac{0.24}{1 + 0.3333z^{-1}} + \frac{0.4}{(1 + 0.3333z^{-1})^2}$$

例 2、已知一离散因果 LTI 系统的系统函数为：

$$H(z) = \frac{z^{-1} + 2z^{-2} + z^{-3}}{1 - 0.5z^{-1} - 0.005z^{-2} + 0.3z^{-3}}, \quad \text{求该系统的零极点。}$$

说明：先将系统改写为： $H(z) = \frac{z^2 + 2z + 1}{z^3 - 0.5z^2 - 0.005z + 0.3}$ ，然后用 tf2zp 函数求系

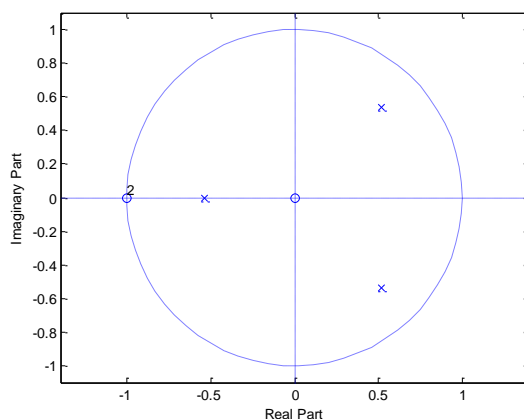
统的零极点。

```
[MATLAB 程序]: % zeros and poles of H(z)
b=[1 2 1];
a=[1 -0.5 -0.005 0.3];
[r,p k]=tf2zp(b,a)      % r,p 为列向量
zplane(b,a);
```

[运行结果]:

```
r =
    -1
    -1
    p =
    0.5198 + 0.5346i
    0.5198 - 0.5346i
   -0.5396
    k=1
```

求出的零点为： $z = -1(2\text{阶}), z = 0$ ；极点为： $z = 0.5198 \pm 0.5346i, z = -0.5396$ 。
零极点图如下：



例 3、已知一离散因果 LTI 系统的系统函数为： $H(z) = \frac{z^2 + 2z + 1}{z^3 - 0.5z^2 - 0.005z + 0.3}$ 。

利用 MATLAB 画出该系统的零极点分布图，求系统的单位样值响应和幅频响应，并判断系统的稳定性。

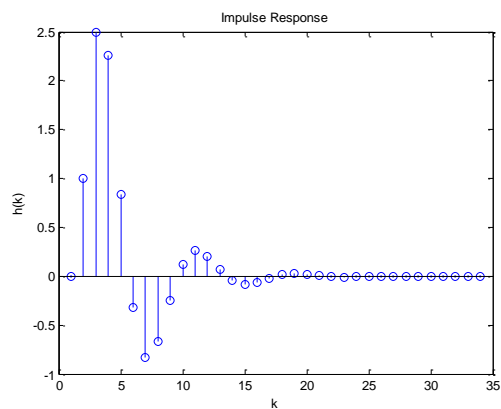
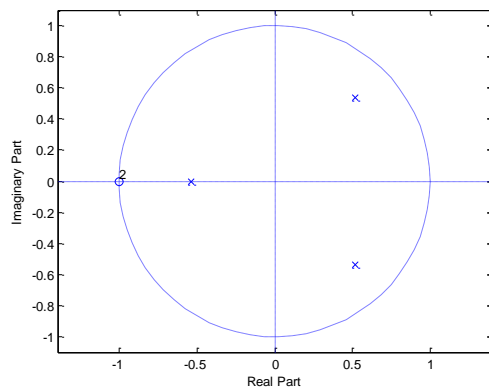
```
[MATLAB 程序]: % Impulse response, amplitude frequency response and stability
analysis of %LTI H(z)
b=[0 1 2 1];
```

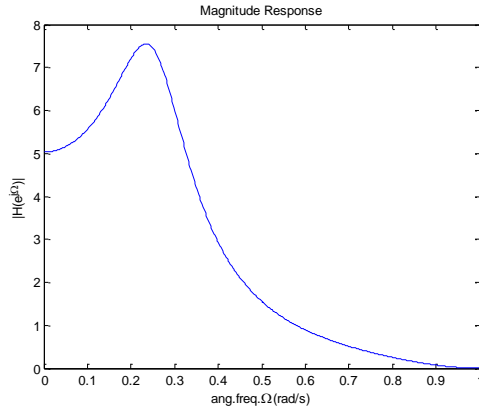
```

a=[1 -0.5 -0.005 0.3];
figure(1);
zplane(b,a);
num=[0 1 2 1];
den=[1 -0.5 -0.005 0.3];
h=impz(num,den)
figure(2);
stem(h);
xlabel('k');
ylabel('h(k)');
title('Impulse Response');
[H,w]=freqz(num,den);
figure(3);
plot(w/pi,abs(H));
xlabel('ang.freq.\Omega(rad/s)');
ylabel('|H(e^j\Omega)|');
title('Magnitude Response');

```

[运行结果]:





该系统为非稳定系统， \because 在右半平面存在极点

例 4、分别利用 MATLAB 中的 ztrans 和 iztrans 函数求：(1) $f(k) = \cos(ak)u(k)$ 的 z 变换；

(2) $F(z) = \frac{1}{(1+z)^2}$ 的反变换。

```
[MATLAB 程序]: % (1)Z transform using ztrans function
f=sym('cos(a*k)');
F=ztrans(f)
% (2)Inverse Z transform using iztrans function
F=sym('1/(1+z)^2');
f=iztrans(F)
```

[运行结果]:

```
F =
      (z-cos(a))*z/(z^2-2*z*cos(a)+1)
f =
charfcn[0](n)-(-1)^n+(-1)^n*n
```

(二) 练习 题

1、用 reiduez 函数，求出下列各式的部分分式展开式和 $f(k)$

$$(1) F(z) = \frac{2z^4 + 16z^3 + 44z^2 + 56z + 32}{3z^4 + 3z^3 - 15z^2 + 18z - 12}$$

$$(2) F(z) = \frac{4z^4 - 8.68z^3 - 17.98z^2 + 26.74z - 8.04}{z^4 - 2z^3 + 10z^2 + 6z + 65}$$

2、已知离散时间系统的差分方程为

$$2y(k) - y(k-1) - 3y(k-2) = 2f(k) - f(k-1)$$

$f(k) = 0.5^k \varepsilon(k)$, $y(-1) = 1$, $y(-2) = 3$ ，试用 filter 函数求系统的零输入响

应、零状态响应和完全响应

3、利用 filter 函数求出系统 $H(z) = \frac{1}{1-1.85z^{-1}+0.85z^{-2}}$ 的单位脉冲响应, 并由 $h(k)$ 判断系统是否稳定。

4、用 zplane (num,den) 函数, 画出 $H(z) = \frac{2z^4+16z^3+44z^2+56z+32}{3z^4+3z^3-15z^2+18z-12}$ 的零极点图。

5、已知离散时间 LTI 系统的单位脉冲响应 $h(k) = a^k [\varepsilon(k) - \varepsilon(k-N)]$, $a > 0$, 求系统函数, 画出系统的零极点分布图、幅度响应曲线和相位响应曲线。

七、实验步骤

1. 由指导教师讲解上机实验的基本操作原理、基本操作方法。
2. 学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并运行, 在计算机上输出仿真结果。

“信号与系统”实验指导书（八）

一、实验课程编码： 105002

二、实验课程名称：信号与系统

三、实验项目名称：连续系统、离散系统的系统分析（综合性实验）

四、实验目的

巩固和提高学生在信号与系统课程中综合应用 MATLAB 的能力。

五、主要设备

安装有 MATLAB 软件的电脑

六、实验内容

1. 求系统函数 $H(z) = \frac{4z^4 + 15.6z^3 + 6z^2 + 2.4z - 6.4}{3z^4 + 2.4z^3 + 6.3z^2 - 11.4z + 6}$ 的因式形式，并画出

零极点图，并判断系统的稳定性，求该系统的阶跃响应。

2. 有一模拟滤波器，其系统函数为 $H(s) = \frac{2s+1}{s^2+4s+3}$ ，（1）求冲激响应

$h(t)$ ，（2）求该系统的频率响应，并画出它的幅频特性曲线，（3）已

知系统激励 $x(t) = \varepsilon(t)$ ，

$y(0_-) = 1, y'(0_-) = 2$ ，求零输入响应、零状态响应及全响应。

七、实验步骤

学生独立编程实现实验练习题。

八、实验结果

学生对实验练习题编写 MATLAB 程序并运行，在计算机上输出仿真结果。