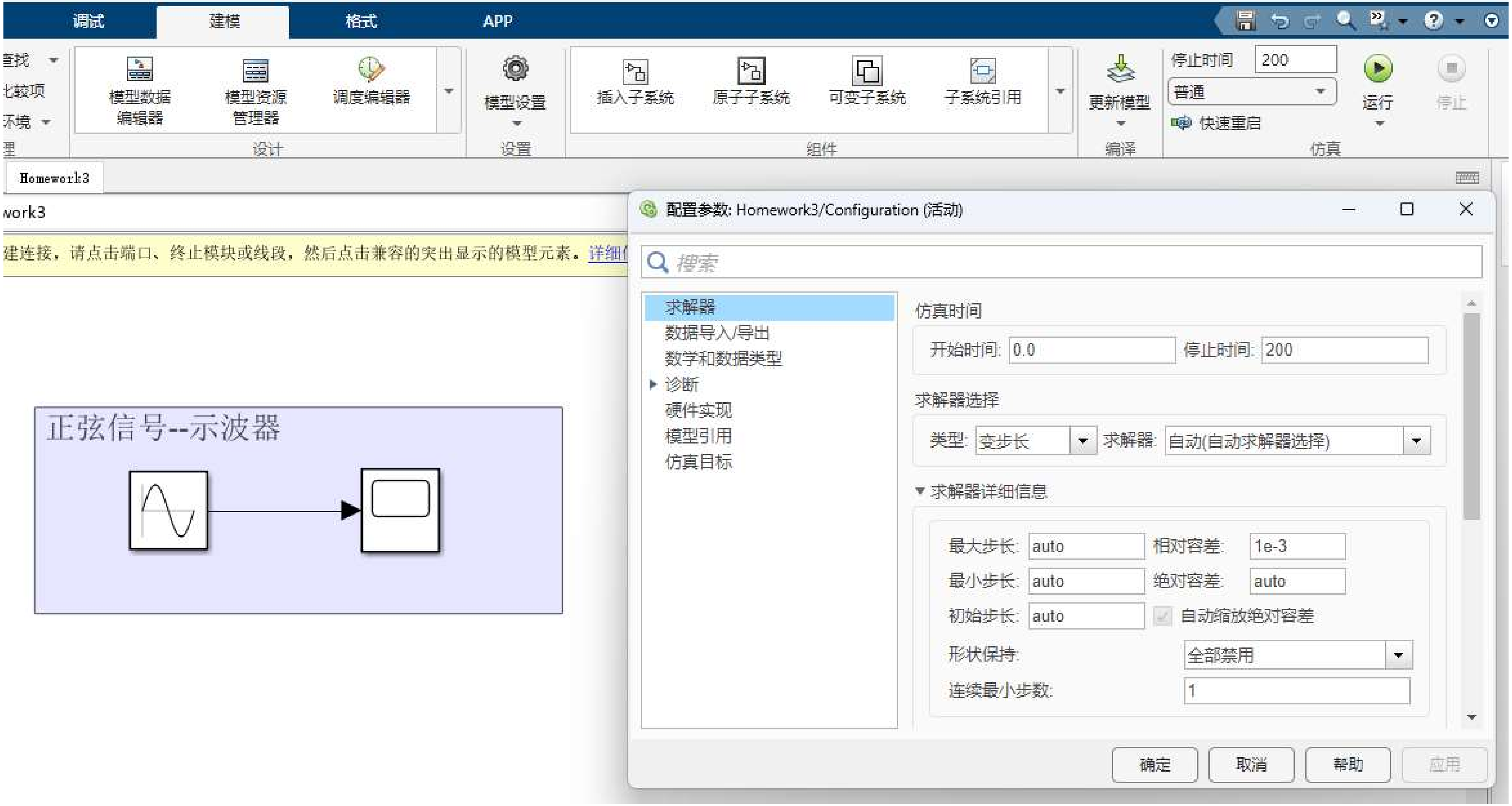
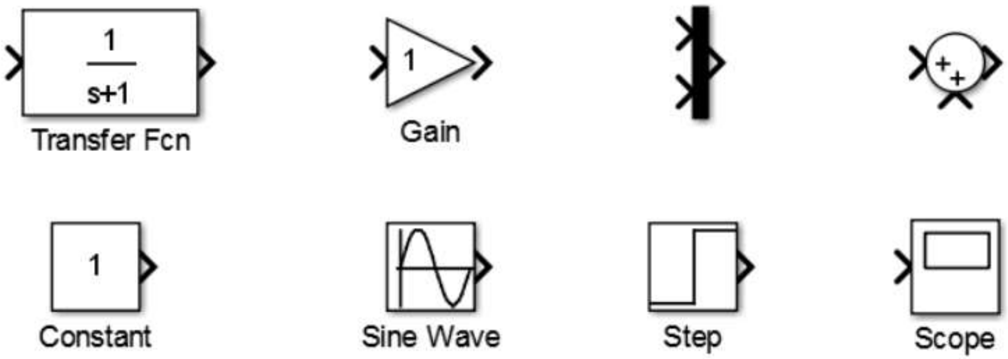
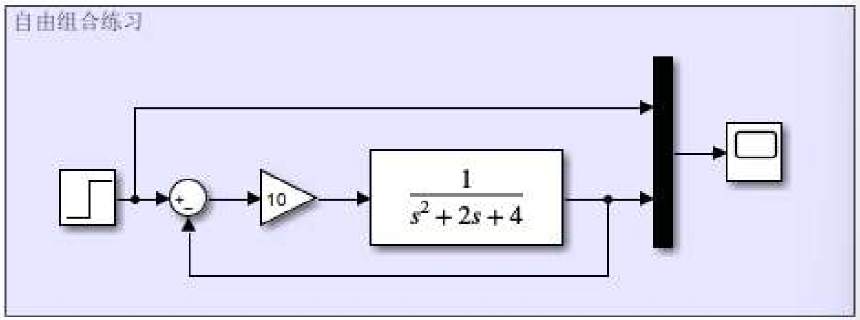
第七章 交互式仿真工具Simulink

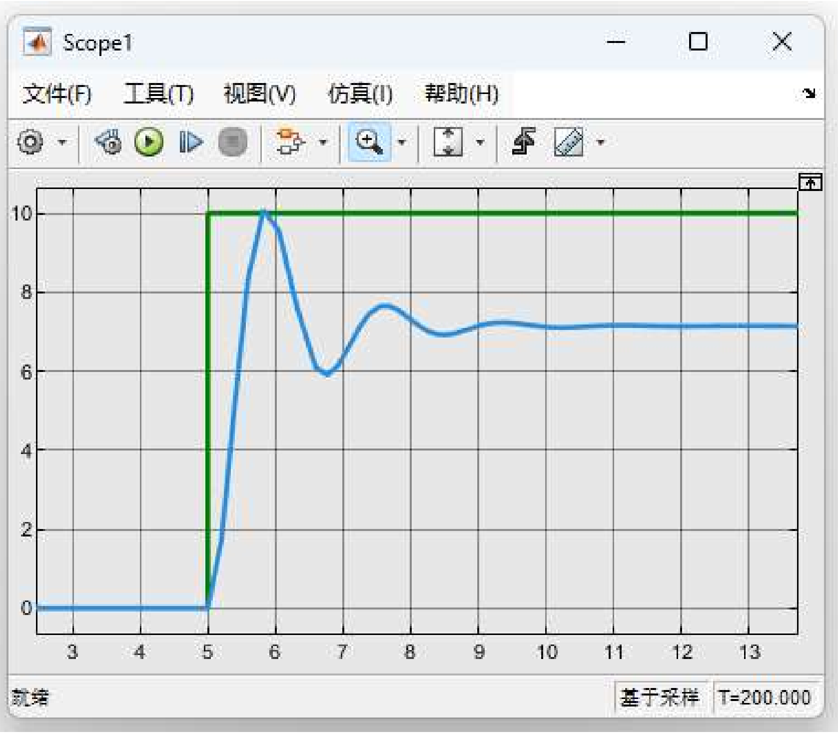
1. Simulink建模仿真的基本操作过程：使用simulink设计一个简单的模型，将正弦信号输出到示波器，仿真时间0-200。



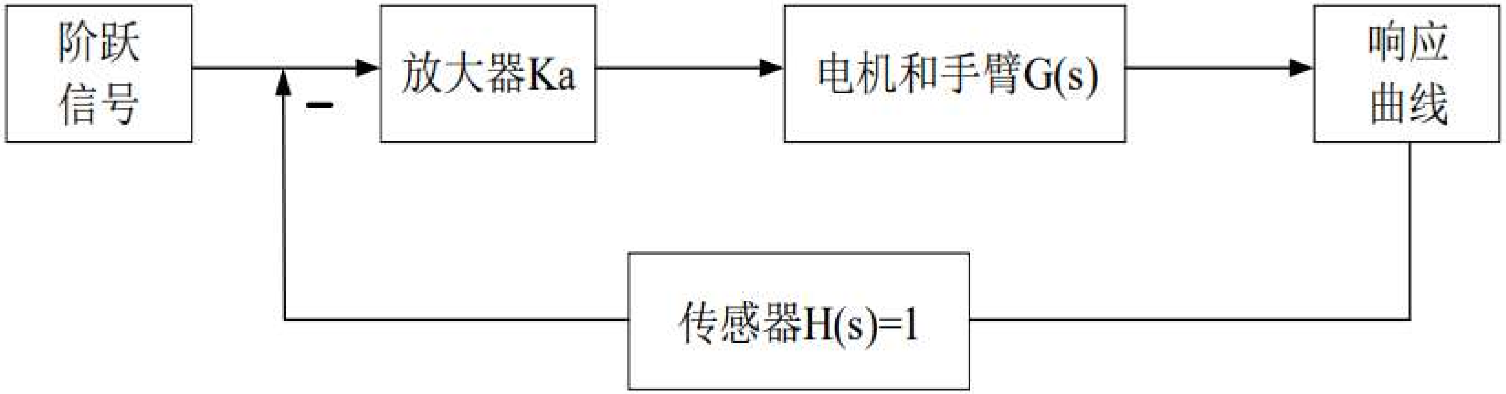
2.使用下面给出的模块，自由组合练习。随机选取3种考查是否掌握了使用方法。

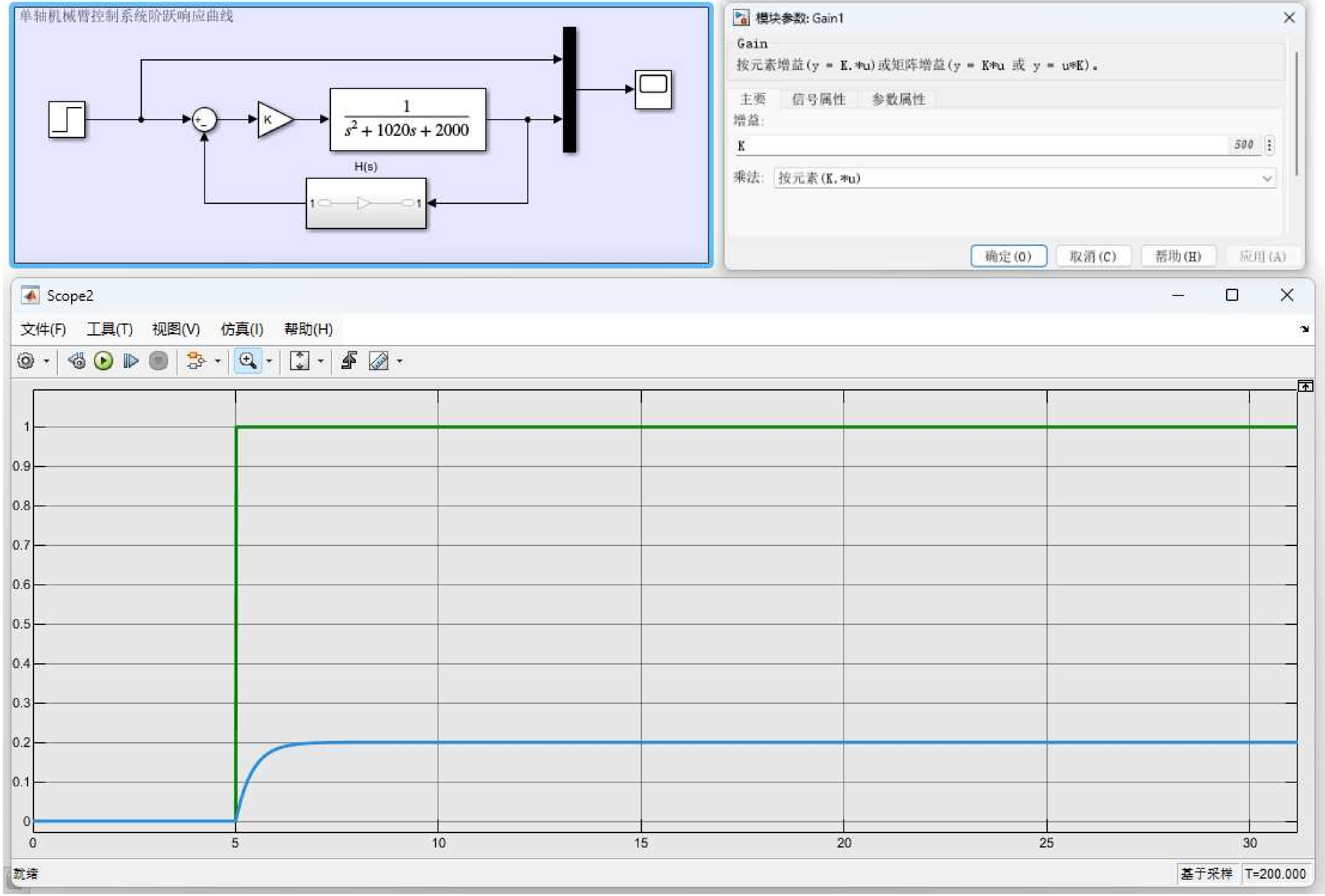






3.已知单轴机械臂控制系统框图如下所示，使用Simulink给出其阶跃响应曲线。其中：放大器取值范围Ka=10-1000；G(s)=1/s^3+1020s^2+2000s。


阶跃信号
放大器Ka
电机和手臂G(s)
响应曲线
传感器H(s)=1
-



单轴机械臂控制系统阶跃响应曲线
K
$\frac{1}{s^2+1020s+2000}$
H(s)
模块参数: Gain1
Gain
按元素增益(y = K.*u)或矩阵增益(y = K*u 或 y = u*K)。
主要
信号属性
参数属性
增益:
K
500
乘法:
按元素(K.*u)
确定(O)
取消(C)
帮助(H)
应用(A)
Scope2
文件(F)
工具(T)
视图(V)
仿真(I)
帮助(H)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
就绪
基于采样
T=200.000

第8章 控制系统模型的定义

1. 已知系统的零极点模型如下，试用MATLAB进行描述并封装

$$G(s)=\frac{(s-1.3114)(s+3.6557-2.6878i)(s+3.6557+2.6878i)}{(s+4)(s+1)(s+3)}$$

```
% 零极点模型的描述
k_1_1 = 1
```

```
k_1_1 = 1
```

```
z_1_1 = [1.3114 -3.6557+2.6878i -3.6557-2.6878i]
```

```
z_1_1 = 1×3 complex
   1.3114 + 0.0000i  -3.6557 + 2.6878i  -3.6557 - 2.6878i
```

```
p_1_1 = [-4 -1 -3]
```

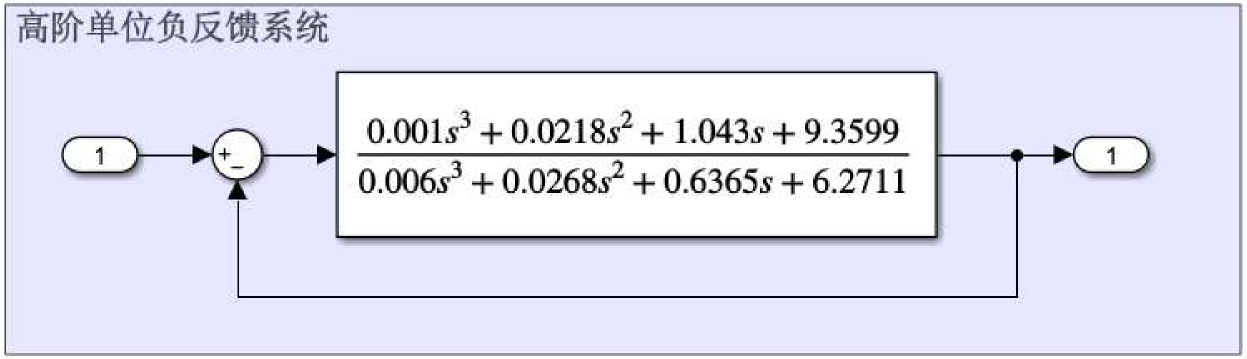
```
p_1_1 = 1×3
    -4    -1    -3
```

```

% 零极点模型的封装
sys_1_1 = zpk(z_1_1,p_1_1,k_1_1)
```

```
sys_1_1 =

  (s-1.311) (s^2 + 7.311s + 20.59)
  --------------------------------
         (s+4) (s+3) (s+1)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

2. 已知一高阶单位负反馈系统的开环传递函数如下，使用Simulink中的传递函数模块建立系统。

$$G(s)=\frac{0.001s^3+0.0218s^2+1.0436s+9.3599}{0.006s^3+0.0268s^2+0.6365s+6.2711}$$



3. 已知两系统的传递函数模型，使用连接函数分别求两系统串联、并联时的传递函数。

$$G_1(s)=\frac{6(s+2)}{(s+1)(s+3)(s+5)},\ G_2(s)=\frac{(s+2.5)}{(s+1)(s+4)}$$

```
% 定义传递函数 G1(s) 和 G2(s)的分子分母参数
k_3_1 = 6;
k_3_2 = 1;
z_3_1 = -2;
z_3_2 = -2.5;
p_3_1 = [-1 -3 -5];
p_3_2 = [-1 -4];

% 利用零极点模型封装传递函数 G1(s) 和 G2(s)
sys_3_1 = zpk(z_3_1,p_3_1,k_3_1)
```

```
sys_3_1 =

       6 (s+2)
  -----------------
  (s+1) (s+3) (s+5)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```
sys_3_2 = zpk(z_3_2,p_3_2,k_3_2)
```

```
sys_3_2 =

    (s+2.5)
  -----------
  (s+1) (s+4)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```

% 计算串联组合
G_series_3 = series(sys_3_1, sys_3_2);

% 计算并联组合
G_parallel_3 = parallel(sys_3_1, sys_3_2);

% 显示结果
disp('串联组合:');
```

```
串联组合:
```

```
G_series_3
```

```
G_series_3 =

        6 (s+2.5) (s+2)
  -------------------------
  (s+1)^2 (s+3) (s+4) (s+5)
```

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性

```
disp('并联组合:');
```

并联组合:

```
G_parallel_3
```

```
G_parallel_3 =

  (s+10.53) (s+3.879) (s+2.094) (s+1)
  -----------------------------------
       (s+1)^2 (s+3) (s+4) (s+5)
```

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性

4. 已知某两输入两输出系统的状态方程，用MATLAB建立系统的状态空间模型，并求传递函数。考查ss2tf函数的使用方法：[b,a] = ss2tf(A,B,C,D,iu)。

$$\begin{cases} \dot{x}t = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 9 & 10 \\ 3 & 12 & 6 & 8 \\ 4 & 7 & 9 & 11 \\ 5 & 12 & 13 & 14 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 4 & 6 \\ 2 & 4 \\ 2 & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} u(t) \\ y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 1 \\ 8 & 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} x \end{cases}$$

```
% 建立系统状态空间模型
A_4 = [1 6 9 10;3 12 6 9;4 7 9 11;5 12 13 14];
B_4 = [4 6;2 4;2 2;1 0];
C_4 = [0 0 2 1;8 0 2 2];
D_4 = [0 0;0 0];

% 分别求两个输入各自对应的两个输出传递函数
[num_4_1, den_4_1] = ss2tf(A_4,B_4,C_4,D_4,1);
sys_4_1_1 = tf(num_4_1(1,:),den_4_1)
```

```
sys_4_1_1 =

      5 s^3 + 22 s^2 - 165 s + 97
  ----------------------------------
  s^4 - 36 s^3 + 40 s^2 + 466 s + 408
```

连续时间传递函数。
模型属性

```
sys_4_1_2 = tf(num_4_1(2,:),den_4_1)
```

```
sys_4_1_2 =

   38 s^3 - 730 s^2 + 2362 s + 2976
  ----------------------------------
  s^4 - 36 s^3 + 40 s^2 + 466 s + 408
```

连续时间传递函数。
模型属性

```
[num_4_2, den_4_2] = ss2tf(A_4,B_4,C_4,D_4,2);
sys_4_2_1 = tf(num_4_2(1,:),den_4_2)
```

```
sys_4_2_1 =

     4 s^3 + 100 s^2 - 58 s + 386
  ----------------------------------
  s^4 - 36 s^3 + 40 s^2 + 466 s + 408
```

连续时间传递函数。
模型属性

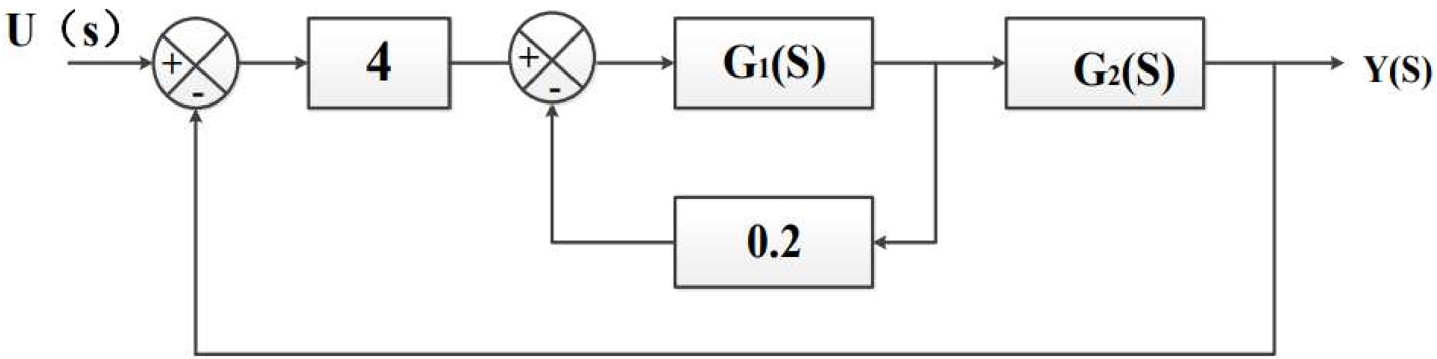
```
sys_4_2_2 = tf(num_4_2(2,:),den_4_2)
```

```
sys_4_2_2 =
```

```
 52 s^3 - 1140 s^2 + 5324 s + 6240
-----------------------------------
s^4 - 36 s^3 + 40 s^2 + 466 s + 408
```

连续时间传递函数。
模型属性

5.已知系统框图如下，求闭环系统传递函数。其中：G1(s)=2/((s+1)(s+8))；G2=1/s。



```
% 定义传递函数 G1(s) 和 G2(s)的分子分母参数
k_5_1 = 2;
k_5_2 = 1;
z_5_1 = [];
z_5_2 = [];
p_5_1 = [-1 -8];
p_5_2 = 0;

% 利用零极点模型封装传递函数 G1(s) 和 G2(s)
sys_5_1 = zpk(z_5_1,p_5_1,k_5_1)
```

```
sys_5_1 =

       2
  -----------
  (s+1) (s+8)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```
sys_5_2 = zpk(z_5_2,p_5_2,k_5_2)
```

```
sys_5_2 =

  1
  -
  s

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```
%定义
G_feedback_5_1 = feedback(sys_5_1,0.2,-1)
```

```
G_feedback_5_1 =

           2
  -----------------
  (s+1.058) (s+7.942)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```
G_series_5_1 = series(4,G_feedback_5_1)
```

```
G_series_5_1 =

          8
  ------------------
  (s+1.058) (s+7.942)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```
G_series_5_2 = series(G_series_5_1,sys_5_2)
```

```
G_series_5_2 =

           8
  --------------------
  s (s+1.058) (s+7.942)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

```
G_5 = feedback(G_series_5_2,1,-1)
```

```
G_5 =

                 8
  ----------------------------------
  (s+8.083) (s^2 + 0.9167s + 0.9897)

连续时间零点/极点/增益模型。
模型属性
```

第九章 控制系统的稳定性分析

1. 已知单位负反馈系统的开环传递函数如下，绘制系统的单位负反馈零极点图并判断系统的稳定性。（可利用多项式乘法运算函数conv( )处理）

$$G(s) = \frac{7(s+1)}{s(s+3)(s^2+4s+5)}$$

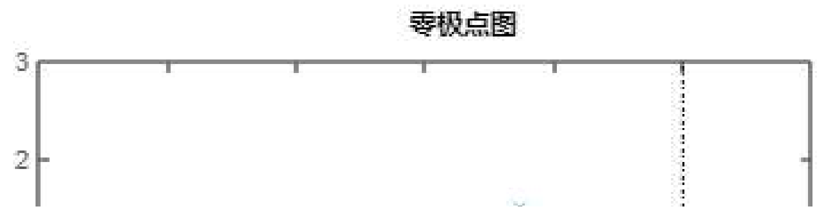
```
close
% 利用conv()定义传递函数分子分母系数
num_1_1 = 7*[1 1];
den_1_1 = conv([1,0],conv([1,3],[1,4,5]));
[num_1,den_1] = feedback(num_1_1,den_1_1,1,1,-1);

% 输出单位负反馈传递函数以验证是否正确
sys_1 = tf(num_1,den_1)
```

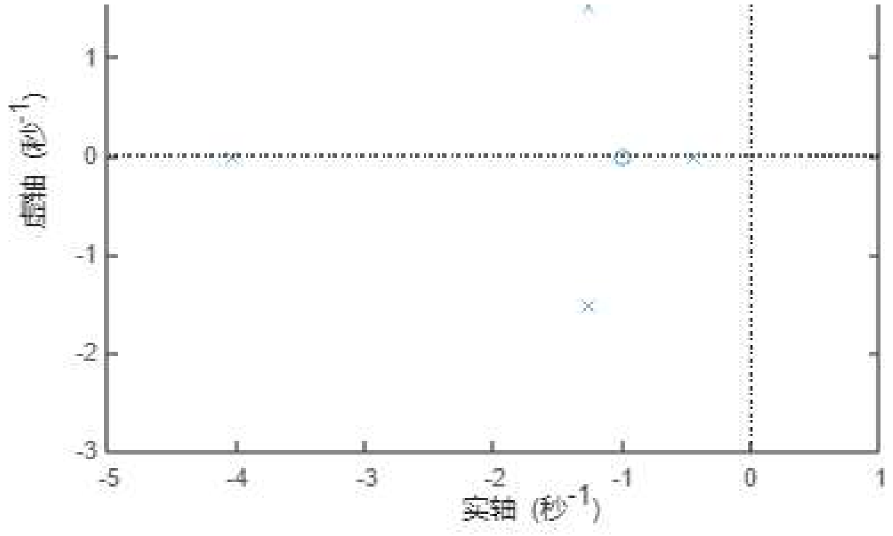
```
sys_1 =

              7 s + 7
  ------------------------------
  s^4 + 7 s^3 + 17 s^2 + 22 s + 7

连续时间传递函数。
模型属性
```

```
sys_val_1 = tf(num_1_1,den_1_1);
sys_val_2 = feedback(sys_val_1,1,-1)
```

```
sys_val_2 =

              7 s + 7
  ------------------------------
  s^4 + 7 s^3 + 17 s^2 + 22 s + 7

连续时间传递函数。
模型属性
```

```

% 绘制连续系统的零极点图
hold off
pzmap(num_1,den_1)
axis([-5 1 -3 3])
hold off;
```






```
% 输出连续系统的零极点，判断系统稳定性
[p_1,z_1] = pzmap(sys_1);
i_1 = find(real(p_1)>0);  % 从极点中查找实部大于0的数
n_1 = length(i_1);  % 将极点中实部大于0的个数赋值于n
if(n_1>0) % 有极点位于S右半平面
    disp('系统不稳定'); % 显示系统不稳定
else % 极点全部位于S左半平面
    disp('系统稳定'); % 显示系统稳定
end
```

系统稳定

2. 计算以下系统的正弦波响应，已知正弦波的周期为4s，信号持续时间25s，表示采样周期0.1s，并使用Simulink实现仿真。

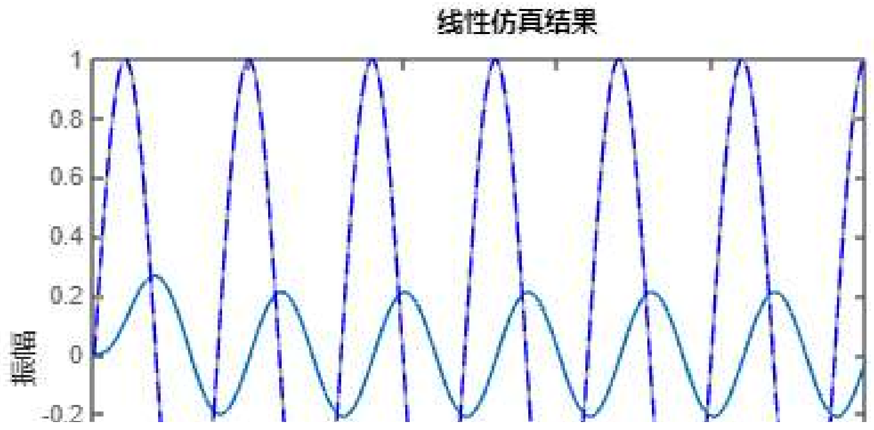
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

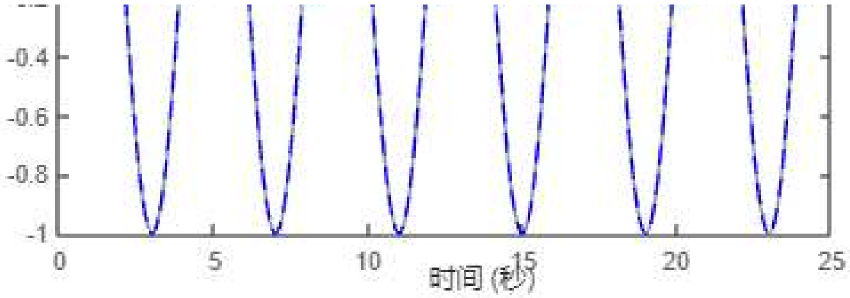
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

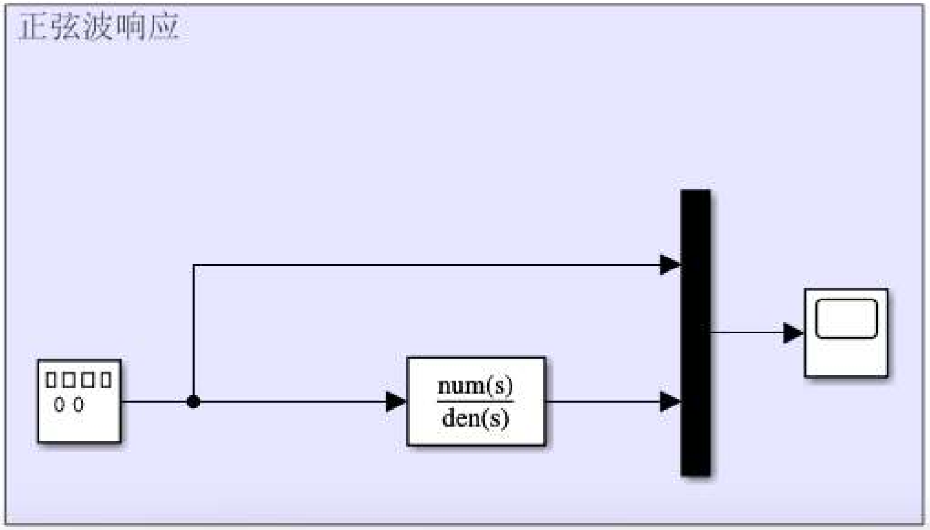
```
close
% 定义系统的传递函数
A_2 = [0 1;-2 -3];
B_2 = [0;1];
C_2 = [1 0];
D_2 = 0;
[num2_1,den2_1] = ss2tf(A_2,B_2,C_2,D_2)
```

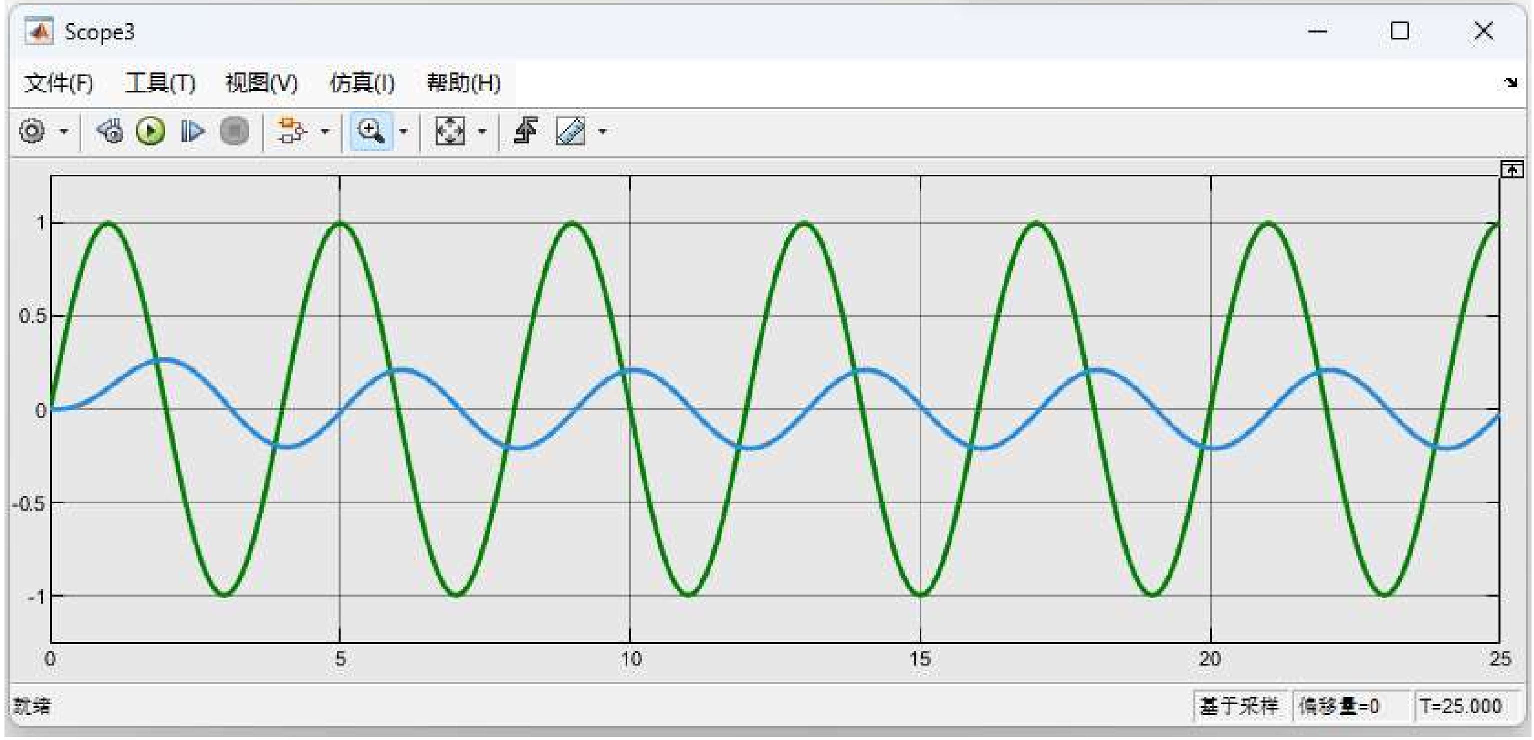
```
num2_1 = 1×3
     0     0     1
den2_1 = 1×3
     1     3     2
```

```
% 定义正弦波信号
tau_2 = 4;
Tf_2 = 25;
Ts_2 = 0.1;
[u_2,t_2] = gensig('sin',tau_2,Tf_2,Ts_2);

% 定义绘图窗口坐标轴范围
axis([0 30 -0.1 1.1]);

% 绘图
lsim(num2_1,den2_1,u_2,t_2);
hold on
plot(t_2,u_2,'b--');
hold off;
```



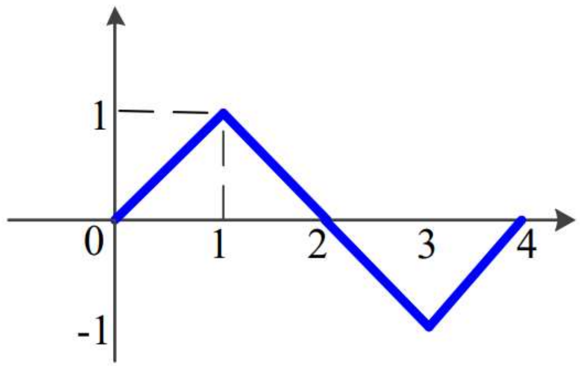

-0.4
-0.6
-0.8
-1
0
5
10
15
20
25
时间 (秒)



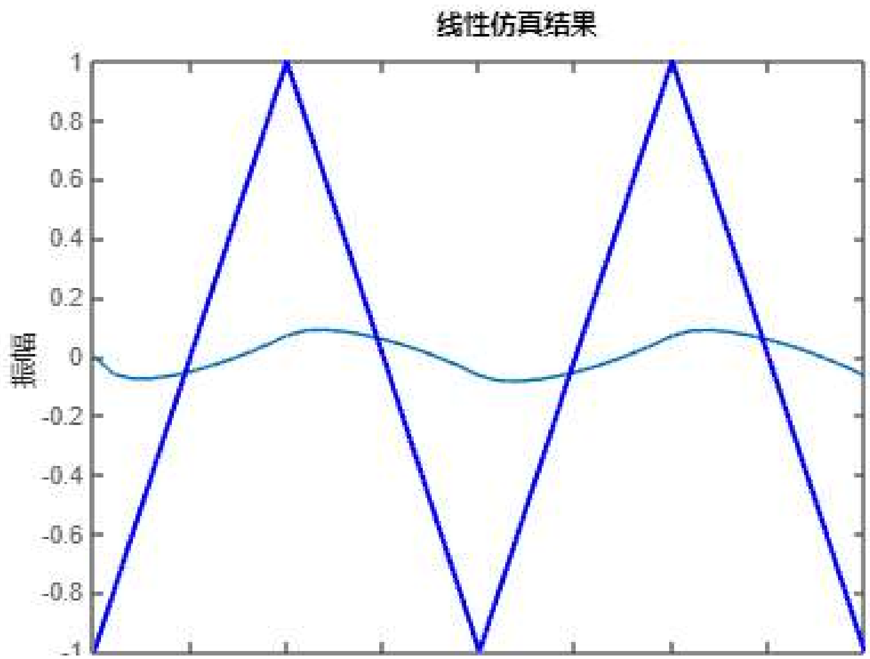


3. 已知单位负反馈系统，其开环传递函数如下，系统输入信号为下图的三角波，用两种方法求系统输出响应，并将输入和输出信号对比显示

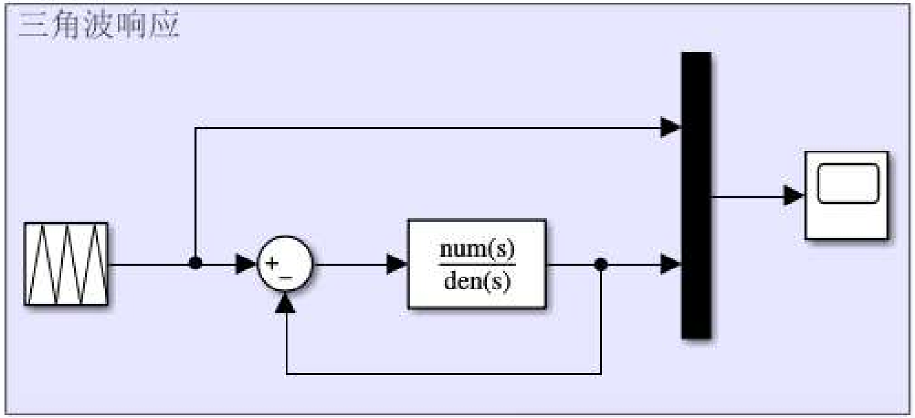
$$G(s) = \frac{s + 2}{s^2 + 10s + 1}$$

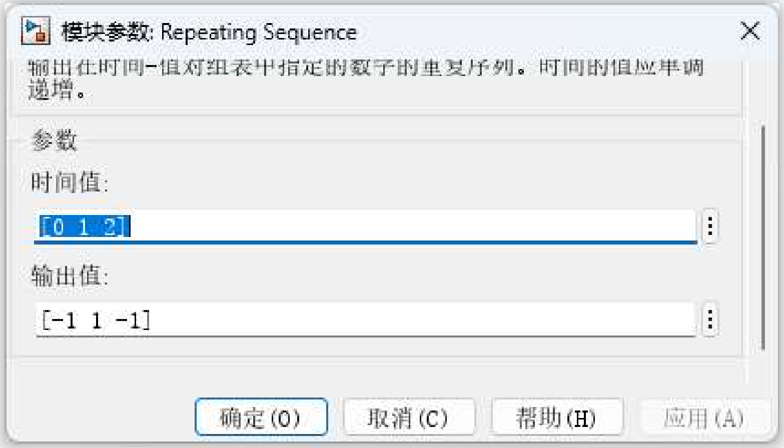


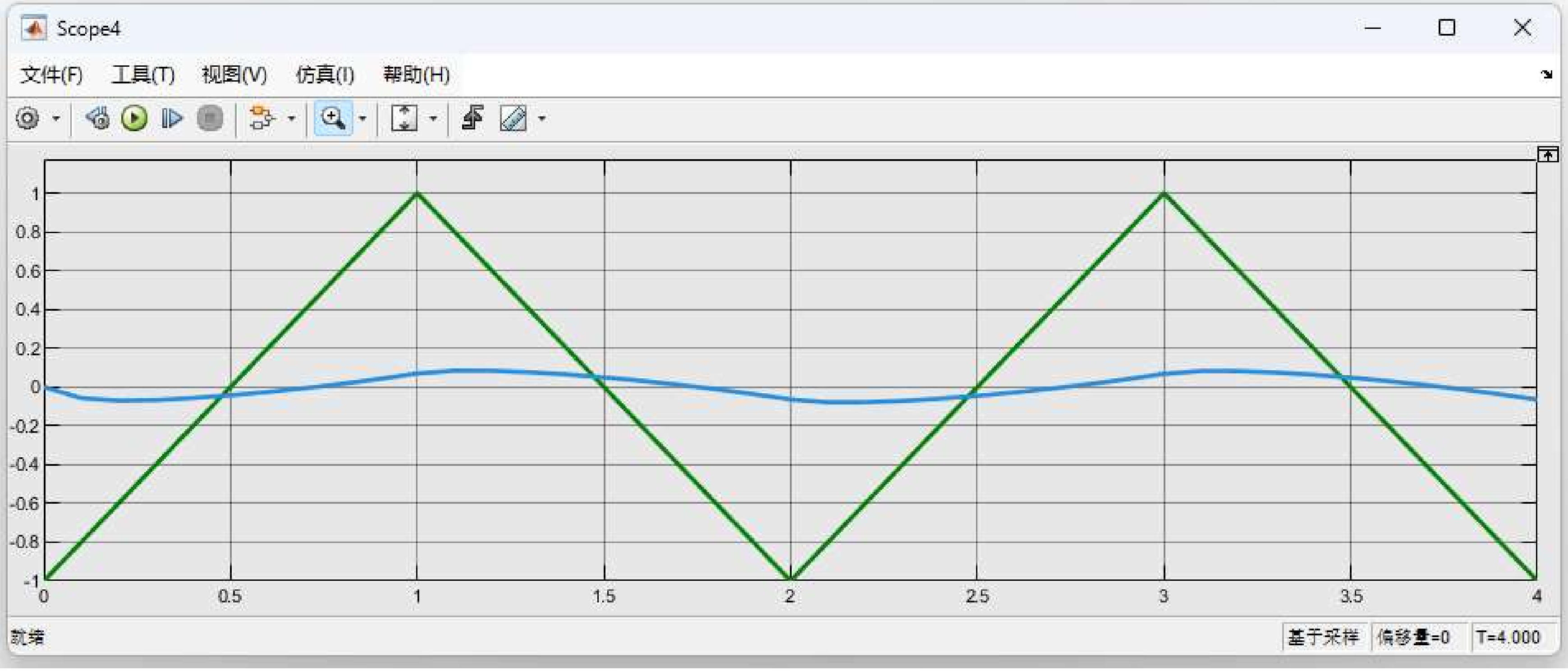
```
% 方法一：用自定义的三角波信号生产传递函数响应
close
% 定义系统的传递函数
num_3_1 = [1 2];
den_3_1 = [1 10 1];

% 定义系统的闭环传递函数
[num_3,den_3] = feedback(num_3_1,den_3_1,1,1,-1);

% 生成三角波信号
t_3 = 0:0.1:4;
T_3 = 2;
f_3 = 1/T_3;
v_3 = 2 * abs(2 * (t_3 * f_3 - floor(t_3 * f_3 + 0.5))) - 1;

% 绘制信号
axis([0 4 -2 2]); % 设置轴范围
lsim(num_3,den_3,v_3,t_3);
hold on
plot(t_3, v_3, 'b', 'LineWidth', 2); % 使用蓝色线条，线宽为2
hold off
```




```
% 方法二：使用simulink实现仿真(Repeating Sequence模块)
```







第10章 控制系统的时域分析

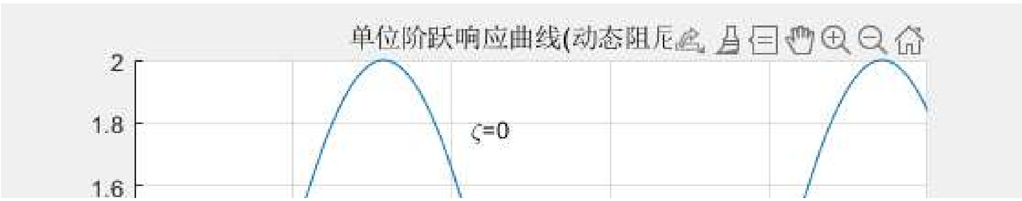
1. 已知二阶振荡环节的传递函数，其中 $\omega_n = 0.4$ ， ξ 从0变化到2。

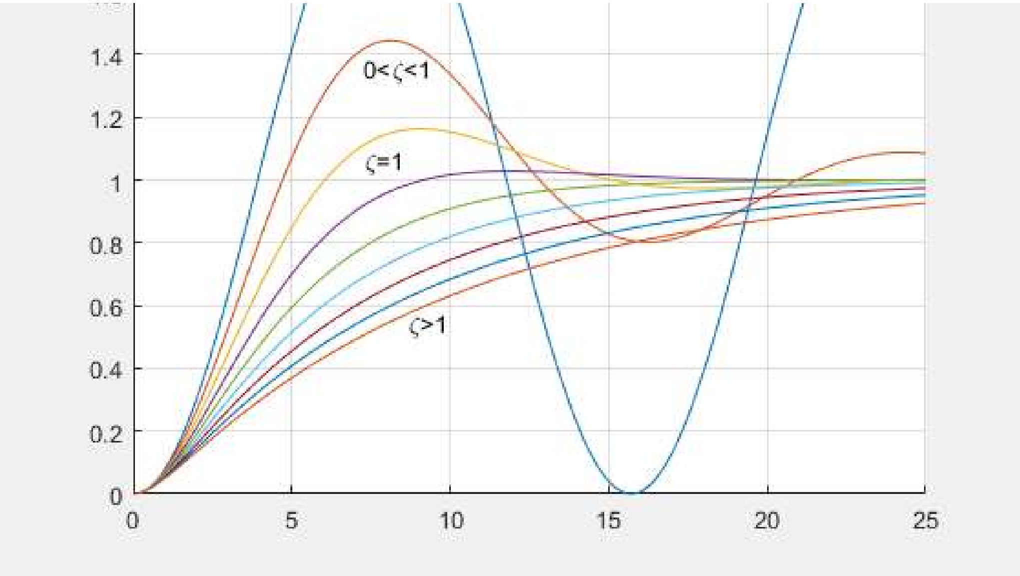
1）求该系统的单位阶跃、脉冲响应曲线。

2）求该系统单位阶跃响应的最大偏差mp，峰值时间tp，最大超调量sigma，上升时间tr。

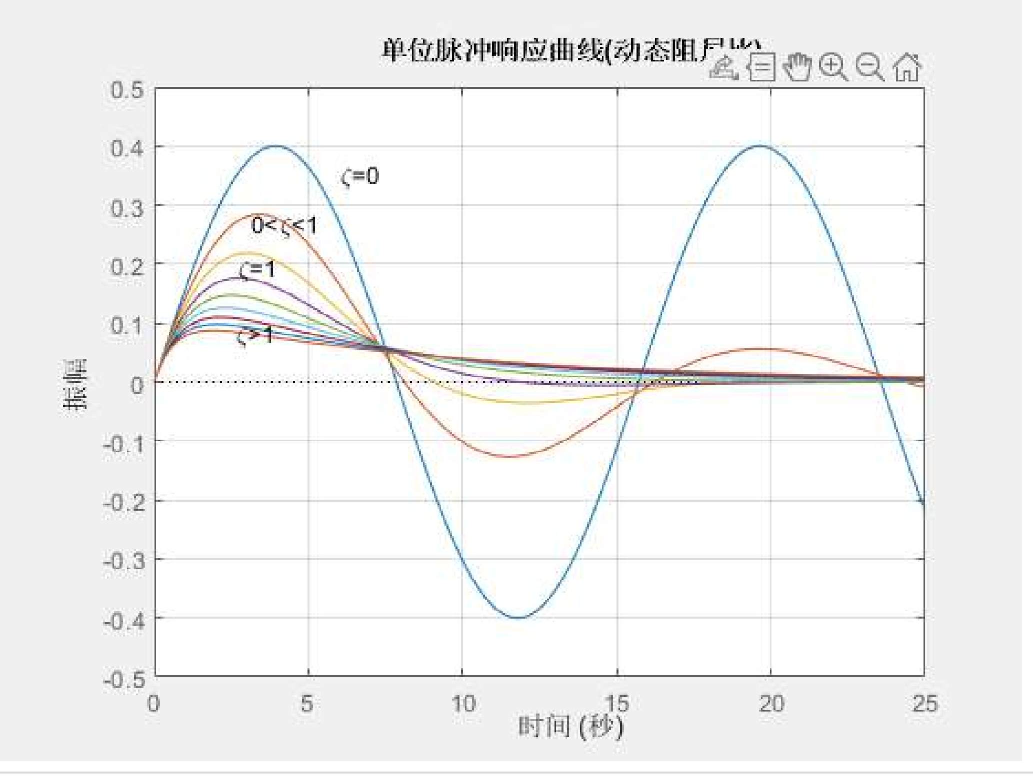
$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

```
% 1.1) 绘制单位阶跃响应曲线
% 参数定义
close
clear
wn = 0.4;
zetas = 0:0.25:2;  % 阻尼比变化
t = 0:0.1:25; %定义阶跃响应仿真时间
y = [];

% 遍历阻尼比绘制单位阶跃响应曲线
for zeta=zetas
    if zeta == 0
        y1 = 1-cos(wn*t);
    elseif(zeta>0 && zeta<1)
        wd = wn*sqrt(1-zeta^2);
        th = atan(sqrt(1-zeta^2)/zeta);
        y1 = 1-exp(-zeta*wn*t).*sin(wd*t+th)/sqrt(1-zeta^2);
    elseif zeta == 1
        y1 = 1-(1+wn*t).*exp(-wn*t);
    elseif zeta >1
        s1 = (-zeta+sqrt(zeta^2-1))*wn;
        s2 = (-zeta-sqrt(zeta^2-1))*wn;
        y1 = 1-0.5*wn*(-exp(s1*t)/s1+exp(s2*t)/s2)/sqrt(zeta^2-1);
    end
    y = [y;y1];
end

hold on
plot(t,y)
grid %在绘制的图形中添加栅格
gtext('\zeta=0') %设置图标
gtext('0<\zeta<1') %设置图标
gtext('\zeta=1') %设置图标
gtext('\zeta>1') %设置图标
title('单位阶跃响应曲线(动态阻尼比)')
hold off
```




0<ζ<1
ζ=1
ζ>1
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
5
10
15
20
25

```
% 1.2) 使用impulse绘制单位脉冲响应曲线
close
clf;
hold on %图形绘制开关ON
for i=1:length(zetas)
    num_3=wn^2; %定义分子系数
    den_3=[1,2*wn*zetas(i), wn^2]; %对应分母系数
    axis([0 25 -1 1]); %设定x和y轴范围
    impulse(num_3,den_3,t) %绘制单位阶跃响应曲线
end
axis([0 25 -0.5 0.5]); %设定x和y轴范围
gtext('\zeta=0') %设置图标
gtext('0<\zeta<1') %设置图标
gtext('\zeta=1') %设置图标
gtext('\zeta>1') %设置图标
title('单位脉冲响应曲线(动态阻尼比)')
grid %绘制网格
hold off %图形绘制开关OFF
```



```
% 2) 时域分析
num_3 = wn^2; %定义传递函数分子系数
for i = 1:length(zetas)
    de = [1,2*zetas(i)*wn,wn^2]; %定义传递函数分母系数
    sys = tf(num_3,den_3); %建立传递函数模型
    t = 0:0.01:20; %响应时间
    [Y,T] = step(sys,t); %单位阶跃响应
    n = num2str(zetas(i));
    disp([newline,'zeta=',n]);
    [mp, tp, sigma,tr1]=steppa(Y,T) %调用计算动态指标的steppa函数
    disp('--------------');
end
```

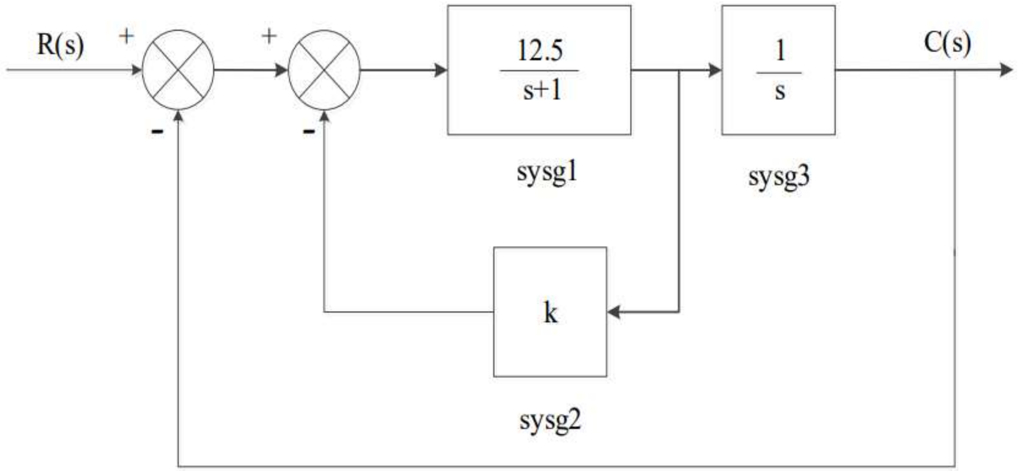
```
zeta=0
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=0.25
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=0.5
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=0.75
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=1
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
```

```
zeta=1.25
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=1.5
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=1.75
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
zeta=2
mp = 0.8737
tp = 20
sigma = 0
tr1 = 13.6400
--------------
```

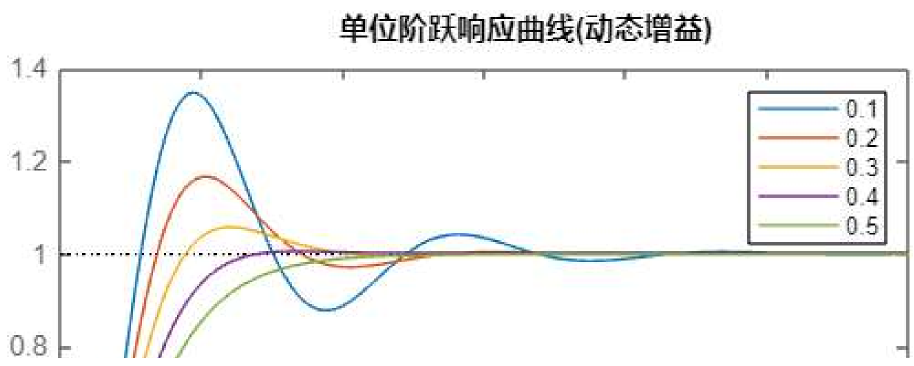
2.如图，针对某流速计设计的闭环控制系统，

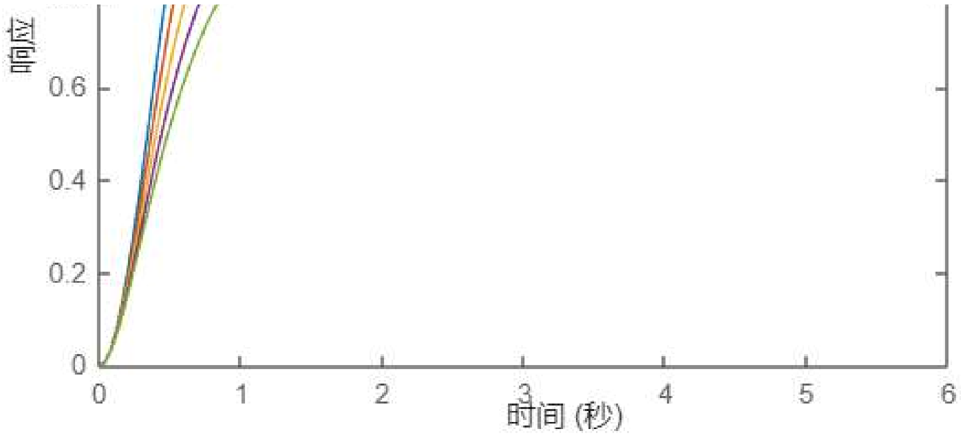
1）在同一绘图窗口中给出其负反馈环节增益k，分别为k=0.1,0.2,0.3,0.4,0.5时所对应的单位阶跃响应曲线。

2）使用图形法给出k=0.2时的最大偏差和上升时间。



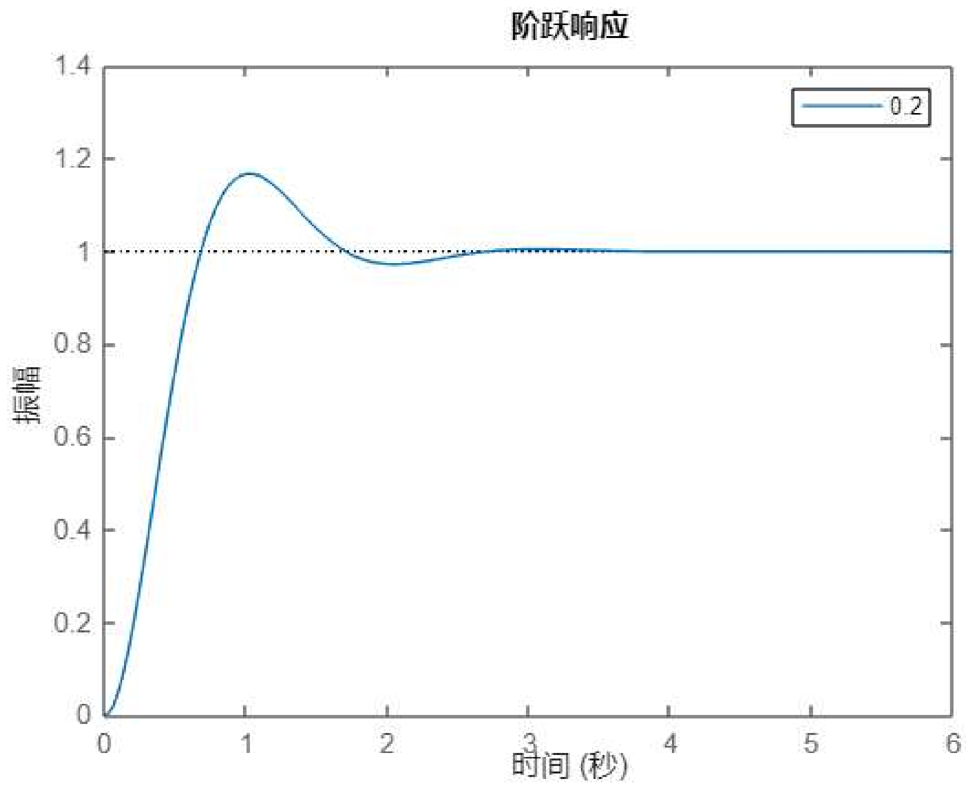
```
% 1) 不同增益k对应的单位阶跃响应曲线
% 定义系统的传递函数
close
clear
sysg1 = tf(12.5, [1 1]);
sysg3 = tf(1, [1 0]);

% k值数组
k_s = 0.1:0.1:0.5;


% 对每个k值计算和绘制单位阶跃响应
for k = k_s
    sysg2 = tf(k);

    % 根据图中的控制系统计算不同增益下的闭环传递函数
    sys1 = feedback(sysg1,sysg2,-1); % 定义内部反馈系统sys1
    sys2 = series(sys1, sysg3); % sysg3和内部反馈系统sys1串联
    sys = feedback(sys2,1,-1); % 定义整体系统传递函数

    % 绘制单位阶跃响应
    step(sys);
    hold on; % 保持图形，以便在同一图形上绘制所有曲线
end

% 添加图例
legend(arrayfun(@num2str, k_s, 'UniformOutput', false));
title('单位阶跃响应曲线(动态增益)');
xlabel('时间');
ylabel('响应');
```



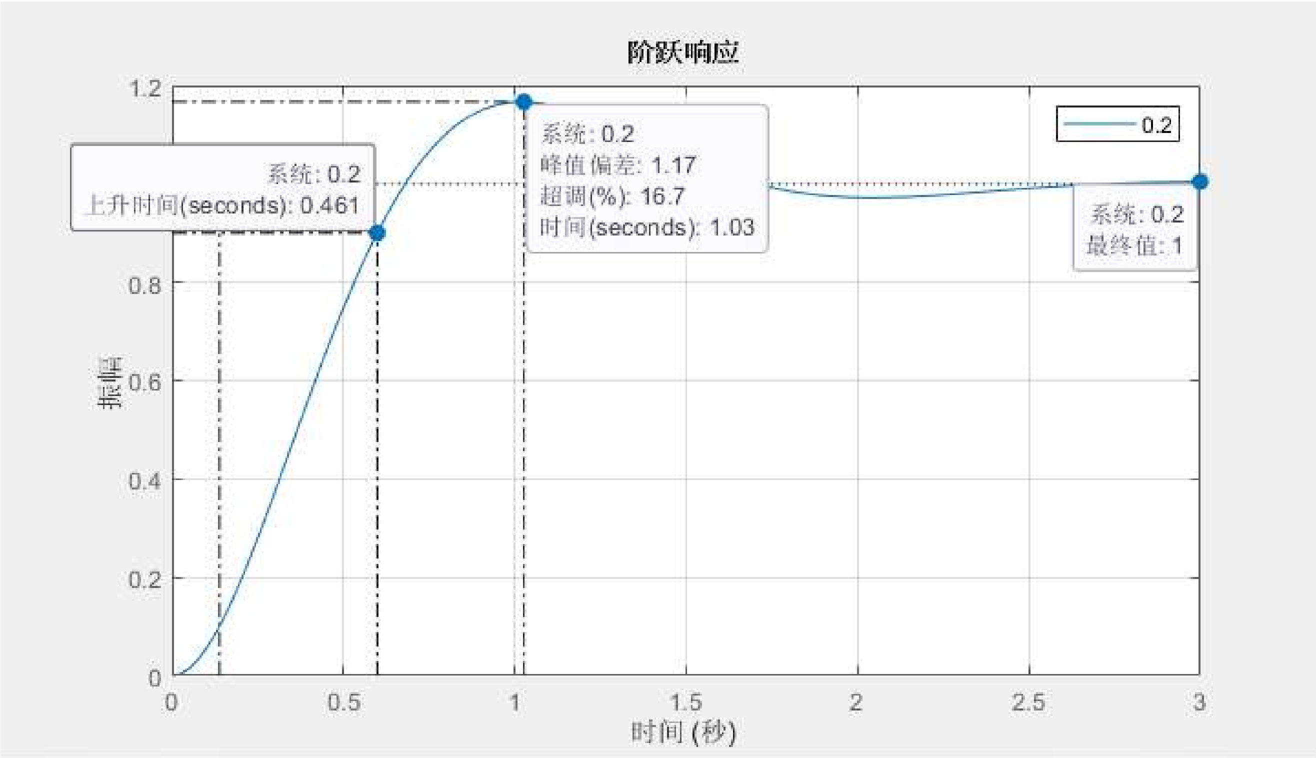


响应
0.6
0.4
0.2
0
0
1
2
3
4
5
6
时间 (秒)

```
% 2) 图形法计算最大偏差和上升时间
close
clear
sysg1 = tf(12.5, [1 1]);
sysg3 = tf(1, [1 0]);
k = 0.2;
sysg2 = tf(k);
sys1 = feedback(sysg1,sysg2,-1); % 定义内部反馈系统sys1
sys2 = series(sys1, sysg3); % sysg3和内部反馈系统sys1串联
sys = feedback(sys2,1,-1); % 定义整体系统传递函数


% 绘制单位阶跃响应
figure
step(sys)
axis([0 6 0 1.4]); %设定x和y轴范围
legend('0.2');
```



```
% 利用图形法得到下图
% k=0.2时最大偏差为1.17，上升时间为0.461s
```



3.设单位负反馈控制系统的开环传递函数如下，利用LTI Viewer工具绘制系统的单位阶跃响应曲线和单位冲激响应曲线。

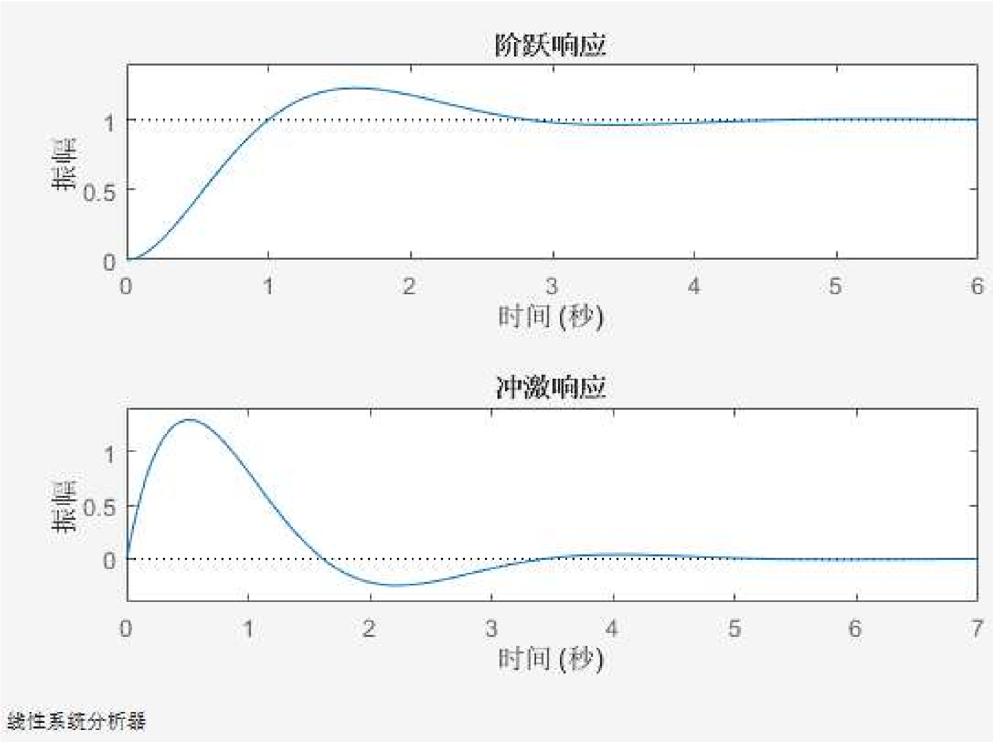
$$G(s)=\frac{3(0.5s+1)}{s(s+1)(0.25s+1)}$$

```
% 3）利用LTI Viewer工具绘制单位阶跃响应曲线和单位冲激响应曲线
% 定义系统传递函数
num_3_1 = [0.5 1];
num_3 = 3*num_3_1;
den_3_1 = conv([1,0],[1,1]);
den_3 = conv([1,0],conv([1,1],[0.25,1]));
sys_3 = tf(num_3,den_3)
```

```
sys_3 =

         1.5 s + 3
  ----------------------
  0.25 s^3 + 1.25 s^2 + s
```

连续时间传递函数。
模型属性

```
sys = feedback(sys_3,1,-1);

ltiview;
% 利用LTI Viewer工具绘制单位阶跃响应曲线和单位冲激响应曲线如下图所示：
```


阶跃响应
振幅
1
0.5
0
0
1
2
3
4
5
6
时间 (秒)
冲激响应
振幅
1
0.5
0
0
1
2
3
4
5
6
7
时间 (秒)
线性系统分析器