石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

控制系统matlab计算与仿真

线性控制系统的建模与时域分析

主讲 ： 刘希太

◆用简单matlab程序实现控制系统功能

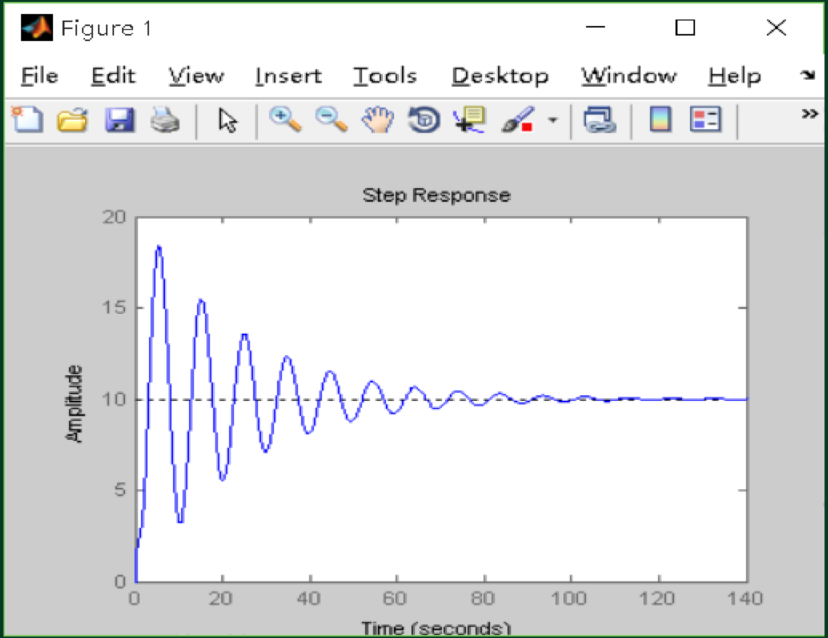
Matlab中，对自动控制系统的描述常采用三种模型：状态空间模型(ss)、传递函数模型(tf)以及零极点增益模型(zpk)。模型转换函数：ss2tf，ss2zp，tf2ss，tf2zp，zp2ss和zp2tf。

可新建script程序文件执行，亦可直接在指令窗中执行。

◆示例1:利用传递函数分子分母系数建模

系统传递函数为 $G(s)=\dfrac{6s^3+s^2+6s+10}{s^4+2s^3+3s^2+s+1}$，求其单位阶跃响应。

```
bm=[6,1,6,10];
as=[1,2,3,1,1];
g=tf(bm,as);
step(g)
```



◆示例2:利用传递函数多项式因子系数建模

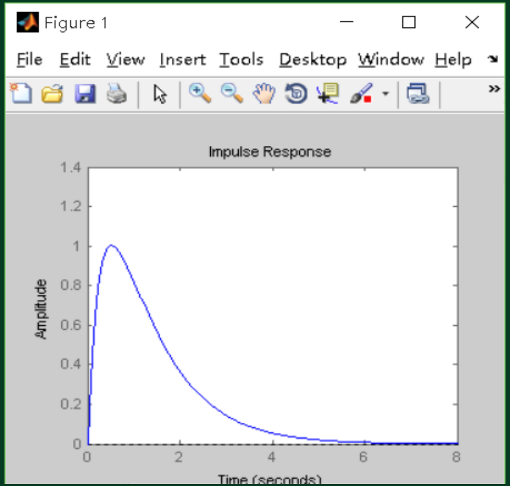
系统传递函数为 $G(s)=\dfrac{6(s+3)}{(s+1)(s+2)(s+5)}$ ，求其单位脉冲响应。

若已知系统零、极点，可用零、极点模式来建模：

```
s=zpk([-3],[-1,-2,-5],6);
impulse(s)
```

也可用多项式求积函数conv来建模：

```
num=6* [1,3];
den=conv([1,1],conv([1,2],[1,5]))
s=tf(num,den); impulse(s)
```



◆示例3:利用conv建模技巧

用conv建模可避免求传函零、极点，但因子多了也烦恼。

试对系统 $G(s)=\dfrac{5(s^2+s+1)}{(s^2+3s+1)^2(s^3+6s^2+5s+3)(s+2)}$ 建模。

教材P71给出程序如下：

```
num=5*[1,1,1];
den=conv(conv (conv ([1,3,1],[1,3,1],[1,6,5,3],[1,2])))
G(s)=tf(num,den)
```

结论是:Error using conv

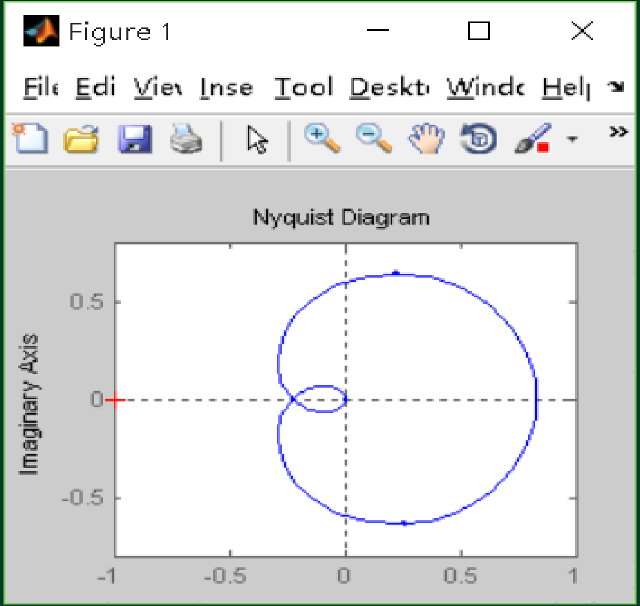
正确的来了：

$$G(s)=\frac{5(s^2+s+1)}{(s^2+3s+1)^2(s^3+6s^2+5s+3)(s+2)}$$

```
num=5*[1,1,1];
den=conv([1,3,1],conv([1,3,1],conv([1,6,5,3],[1,2])))
s=tf(num,den);
nyquist(s),hold on
```

还可以分步使用conv：

```
num=5*[1,1,1];
den1=conv([1,3,1],[1,3,1]);
den2=conv(den1,[1,6,5,3]);
den3=conv(den2,[1,2]);
s=tf(num,den3);
nyquist(s),hold on
```



◆示例4:利用matlab求系统时域指标

系统传递函数为 $G(s)=\dfrac{1}{s^2+0.6s+1}$ ，求系统时域响应指标。

```
s=tf([1], [1,0.6,1]);
[y,t,x]=step(s);
mp=max(y);
tp=spline(y,t,mp) %峰值时间
cs=length(t);
yss=y(cs) %稳态值
ct=(mp - yss)/yss %超调量
```

运行结果:

```
tp =
    3.3224
yss =
    1.0018
ct =
    0.3696
```

◆利用状态空间模型建模

多输入多输出系统的状态方程和输出方程的向量表达式:

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + Bu \\ Y = CX + Du \end{cases}$$

其中，$\dot{X}$为n维状态变量，Y为m维输出变量，u为r维控制向量，A、B、C、D为系数矩阵。

系统可表示为： ss (A,B,C,D);

本课程对状态空间模型不作要求。

◆控制系统某些常用模型表示方法

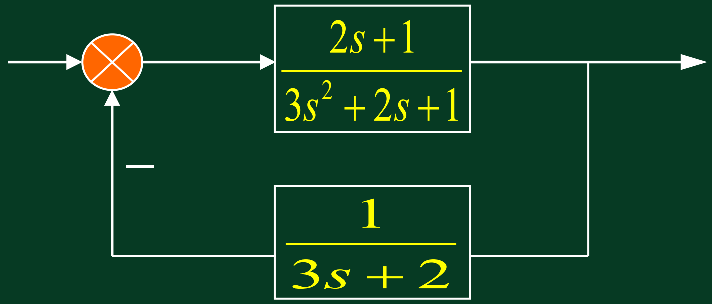
系统的闭环cloop: [numc,denc]=cloop(num,den,sign)

系统的并联parallel:
[num,den]=parallel(num1,den1,num2,den2)

系统的串联series:
[num,den]=series(num1,den1,num2,den2)

系统的反馈feedback: [num,den]=feedback(s,sign)

◆示例5:系统的反馈feedback应用




```
sys1=tf([2 1],[3 2 1]);
sys2=tf(1,[3 2]);
H=feedback(sys1,sys2)
```

运行结果:

```
H =
       6 s^2 + 7 s + 2
  --------------------------
  9 s^3 + 12 s^2 + 9 s + 3
Continuous-time transfer
function.
```

◆示例6: 阻尼变化对二阶系统脉冲响应的影响

对典型二阶系统 $G(s)=\dfrac{\omega_n^{\ 2}}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^{\ 2}}$ ，已知 $\omega_n=10$ ，

(1)绘出 $\xi=0.1;0.4;0.7;1.0$ 时连续系统的脉冲响应曲线；

(2)绘出采样周期 $T_s=0.05$ 时，离散系统脉冲响应曲线。

```
clear,clf
wn=10,Ts=0.05
    for zeta=[0.1:0.3:1]
    [num,den]=ord2(wn,zeta);
    s=tf(num,den);
    sd=c2d(s,Ts)
    figure(1),impulse(s,2),hold on
    figure(2),impulse(sd,2),hold on
end
hold off
```

在线开放课程

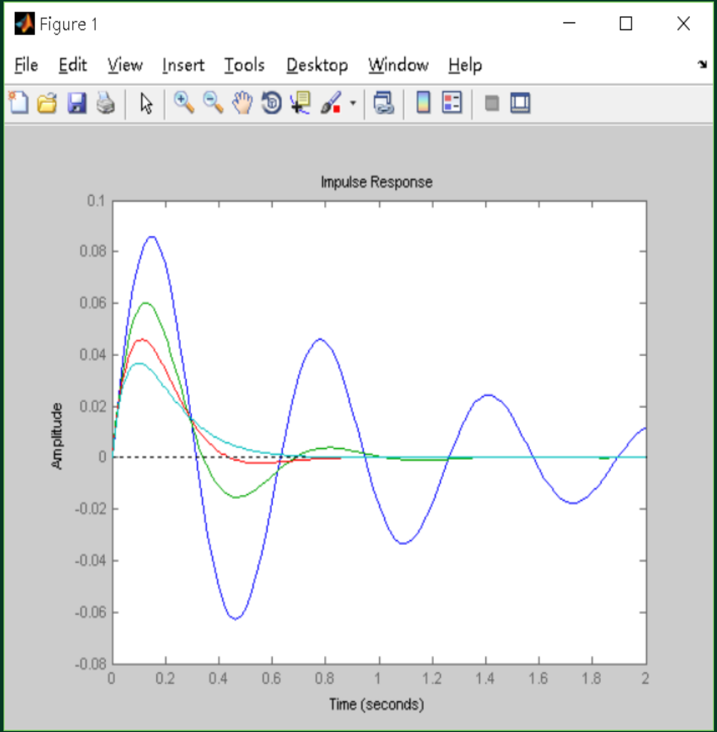


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Impulse Response
Amplitude
Time (seconds)
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2

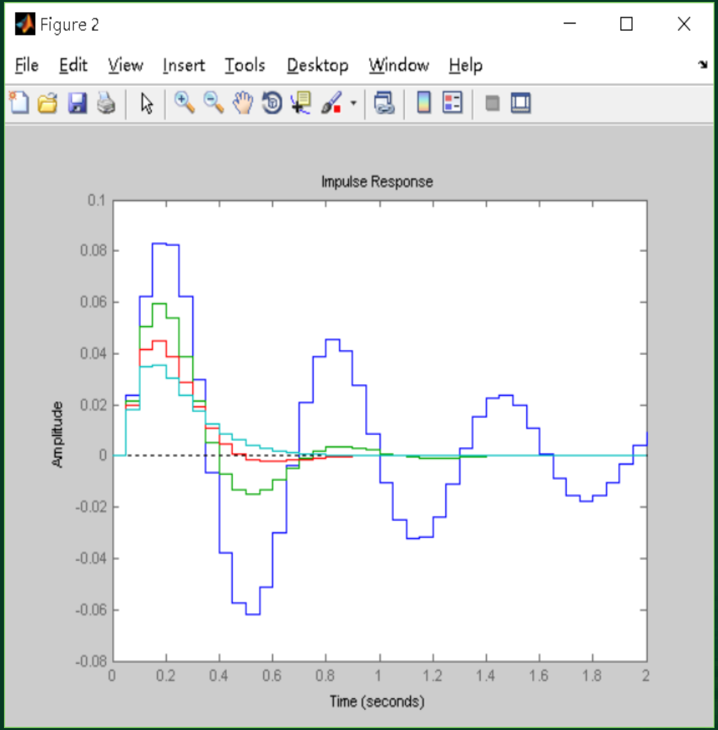


Figure 2
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Impulse Response
Amplitude
Time (seconds)
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2

采样周期取0.01时

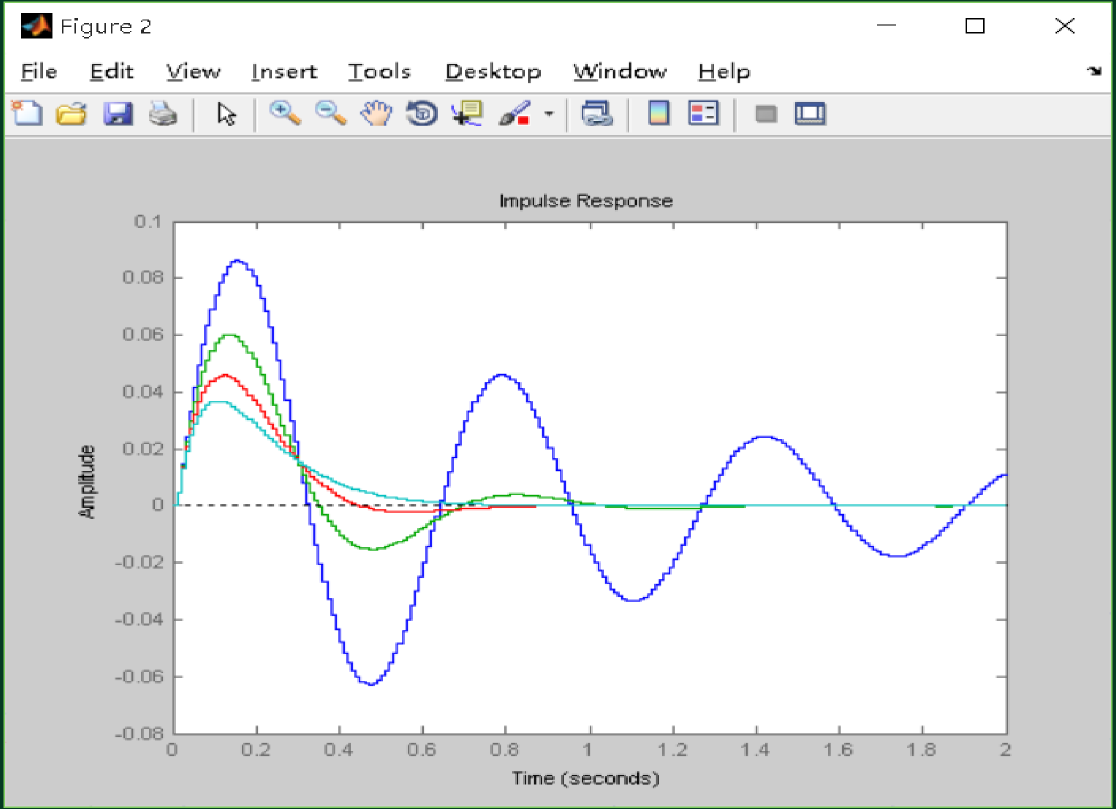


Figure 2
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Impulse Response
Amplitude
Time (seconds)
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

◆示例7: 阻尼变化对二阶系统脉冲响应的影响

若同时考虑过阻尼情况，来个更完美的例子：

对典型二阶系统 $G(s)=\dfrac{\omega_n{}^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n{}^2}$ ，已知 $\omega_n=6$ ，

绘出 $\xi=0.1;0.2;\ldots;1.0;2.0;3.0$ 时连续系统脉冲响应曲线。

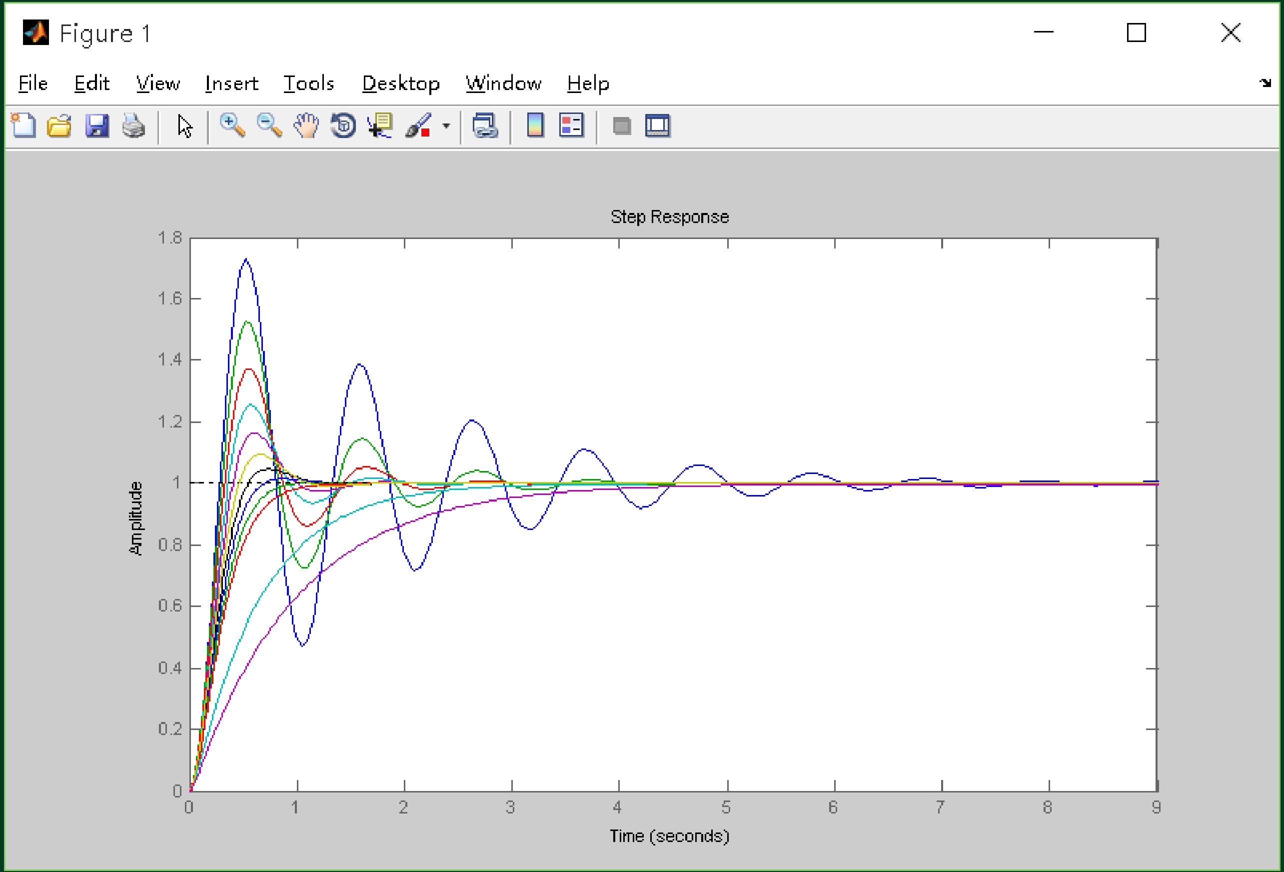
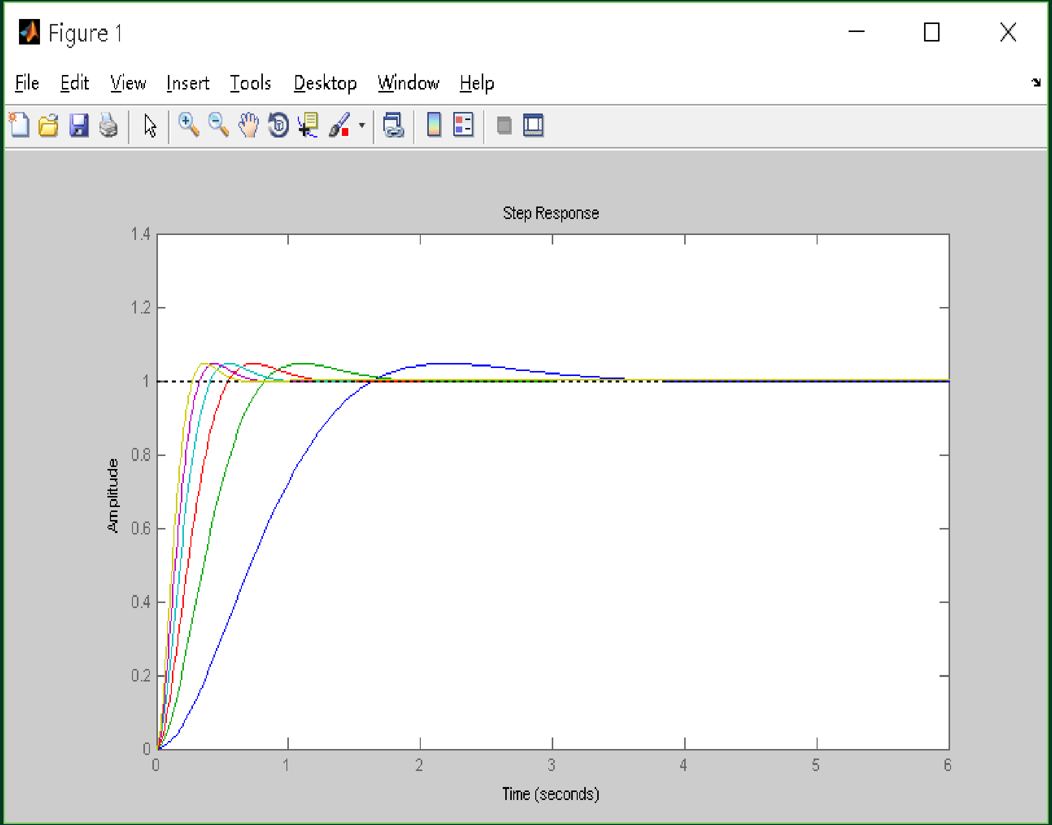


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Step Response
Amplitude
Time (seconds)
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

◆示例8: 固有频率变化对二阶系统脉冲响应的影响

对典型二阶系统 $G(s)=\dfrac{\omega_n{}^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n{}^2}$，已知 $\xi=0.7$，

绘出 $\omega_n=2;4;6;8;10;12$ 时连续系统脉冲响应曲线。



固有频率增加时，
响应速度加快，
峰值不变。

小结

利用简单易学的matlab程序对控制系统建模,，可得到各种形式的系统模型。还可对script文件设置断点，方便修改及保存程序。