

# 中山大學



## 自控实验

题目：基于Matlab的控制系统时域性能指标分析  
与设计

上课时间：第3周

授课教师：李雪芳

姓名：周德峰

学号：21312210

日期：2023-9-15

## 实验目的

- 学会使用MATLAB绘制控制系统的单位阶跃响应曲线
- 研究二阶控制系统中参数 $\zeta, \omega_n$ 对系统阶跃响应的影响
- 掌握准确读取动态特性指标的方法
- 分析二阶系统闭环极点和闭环零点对系统动态性能的影响

## 实验任务

- 求取系统的特征根
- 求取系统的闭环极点及对应的 $\zeta, \omega_n$
- 求取系统的单位阶跃响应

## 实验仪器及设备

Matlab2022a

PC with CPU: AMD Ryzen 7 5800H with Radeon Graphics

GPU: NVIDIA GeForce RTX 3050 Ti Laptop GPU

## 实验原理

- 典型二阶系统的闭环极点
- 二阶系统的动态性能指标

## 实验步骤

### 1 典型二阶系统的闭环极点

已知二阶控制系统为

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

Q: 求系统的特征根

解:

```
1 num=10;  
2 den=[1 2 10];  
3 root=roots(den);  
4 sys=tf(num,den);  
5 eig(sys);
```

#### 命令行窗口

```
>> eig(sys)  
  
ans =  
  
    -1.0000 + 3.0000i  
    -1.0000 - 3.0000i  
  
>> root  
  
root =  
  
    -1.0000 + 3.0000i  
    -1.0000 - 3.0000i
```

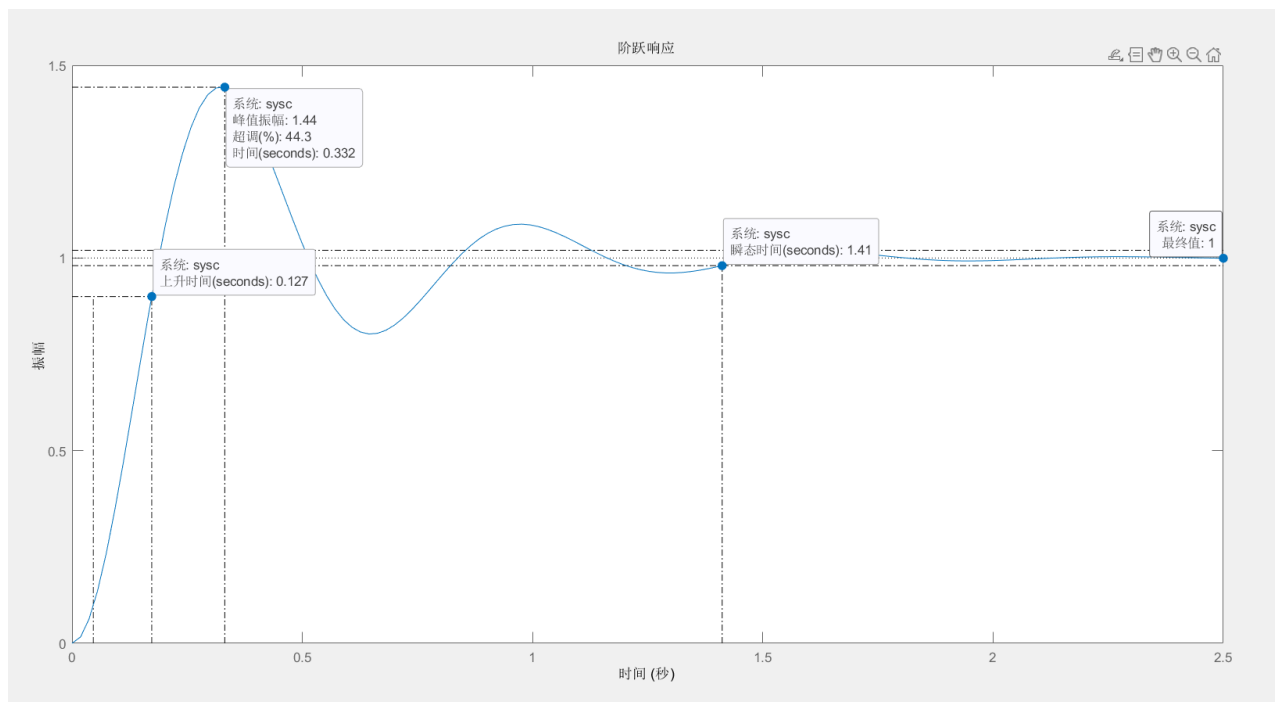
## 2 求系统的单位阶跃响应

已知单位负反馈系统前向通道的传递函数为

$$G(s) = \frac{100}{s^2 + 5s}$$

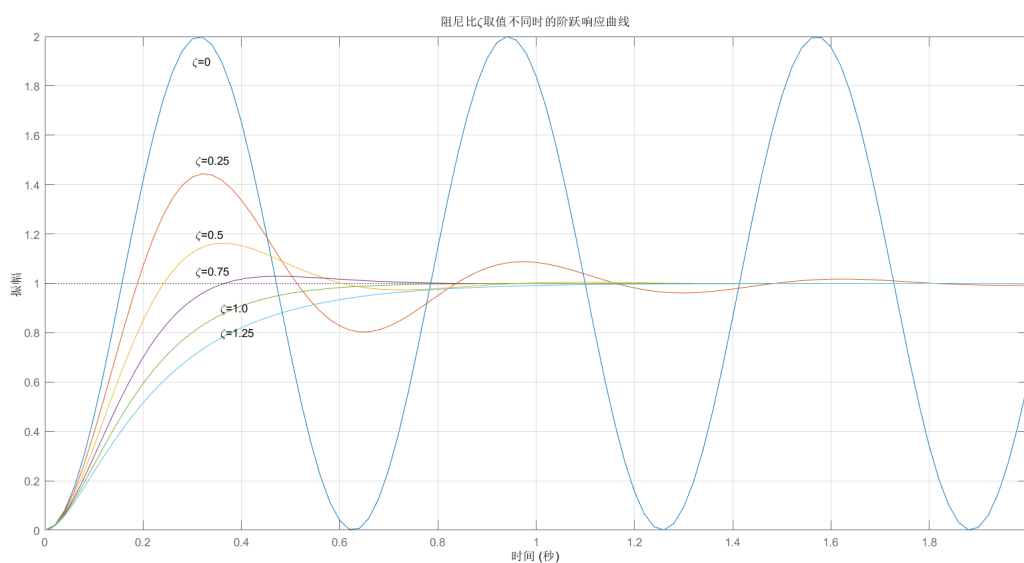
Q: 试绘出其单位响应曲线, 准确读出其动态性能指标, 并记录数据

解:



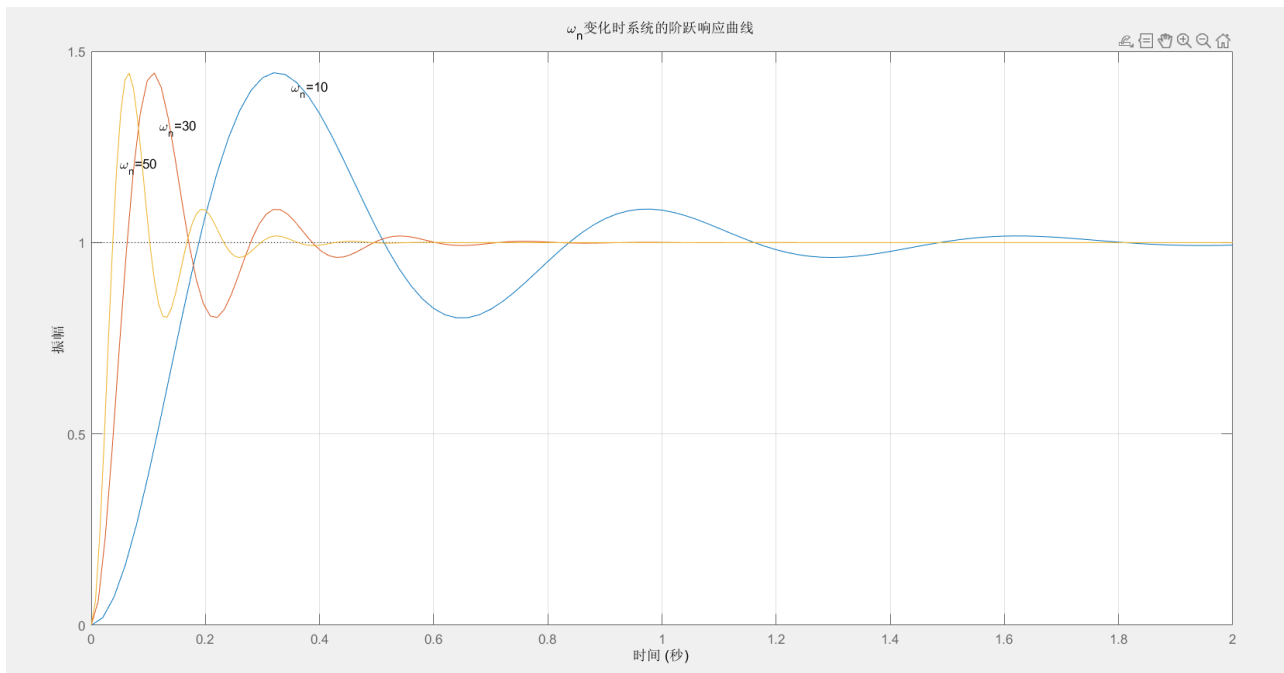
Q: 分析当 $\omega_n = 10, \zeta = 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.25$  时，系统的闭环极点和对应系统的阶跃响应曲线的变化。

解:



可见，当 $\omega_n$ 一定时，系统随着阻尼比 $\zeta$ 的增大，闭环极点的实部在 $s$ 左半平面的位置逐渐远离原点，虚部逐渐减小到0，超调量减小，调节时间缩短，稳定性更好。

Q: 分析当 $\omega_n = 10, 30, 50$ 时，对应系统的阶跃响应曲线的变化



可见，当 $\zeta$ 一定时，随着 $\omega_n$ 增大，系统响应加速，振荡频率增大，系统调整时缩短，但是超调量没变化。

### 3 分析系统零点对系统阶跃响应的影响

试绘出以下系统的阶跃响应，与原系统  $G(s) = \frac{10}{s^2+2s+10}$  的阶跃响应曲线进行比较，并对实验结果进行分析。

$$(1) z = -5, G_1(s) = \frac{2(s+5)}{s^2+2s+10}$$

$$(2) z = -2, G_1(s) = \frac{5(s+2)}{s^2+2s+10}$$

$$(3) z = -1, G_1(s) = \frac{10(s+1)}{s^2+2s+10}。$$

```

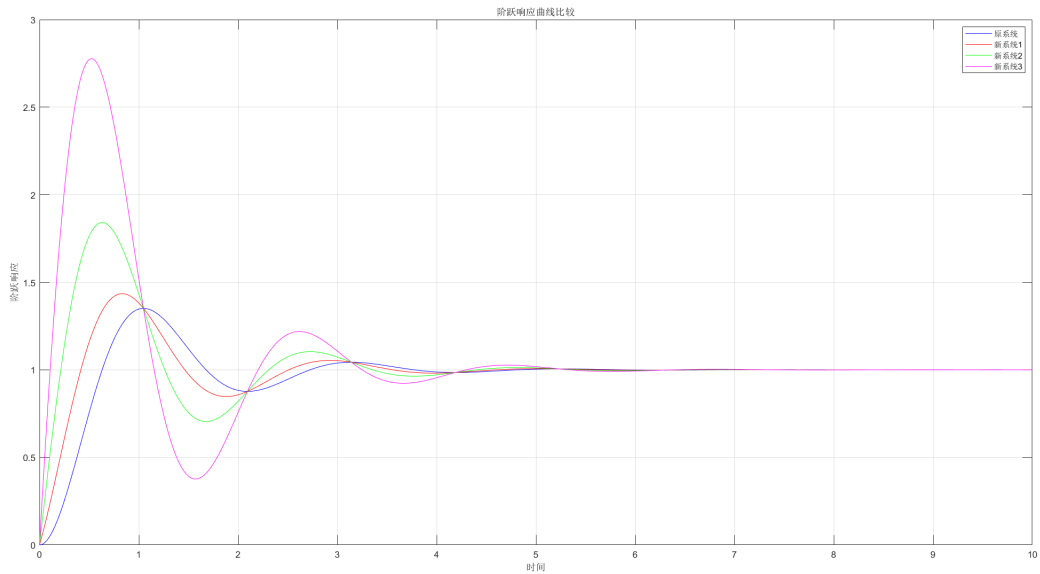
1 % 定义原系统的传递函数
2 s=tf('s');
3 num = [10];
4 den = [1, 2, 10];
5 G = tf(num, den);
6
7 % 定义新系统的传递函数
8 z1 = -5;
9 G1_1 = tf([2*[1,5]], den);
10
11 z2 = -2;
12 G1_2 = tf([5*[1,2]], den);
13
14 z3 = -1;
15 G1_3 = tf([10*[1,1]], den);
16
17 % 计算阶跃响应
18 t = 0:0.01:10; % 时间范围
19 [y, ~] = step(G, t); % 原系统阶跃响应
20 [y1, ~] = step(G1_1, t); % 新系统1的阶跃响应

```

```

21 [y2, ~] = step(G1_2, t); % 新系统2的阶跃响应
22 [y3, ~] = step(G1_3, t); % 新系统3的阶跃响应
23
24 % 绘制阶跃响应曲线
25 plot(t, y, 'b', t, y1, 'r', t, y2, 'g', t, y3, 'm');
26 legend('原系统', '新系统1', '新系统2', '新系统3');
27 xlabel('时间');
28 ylabel('阶跃响应');
29 title('阶跃响应曲线比较');
30 grid on;

```

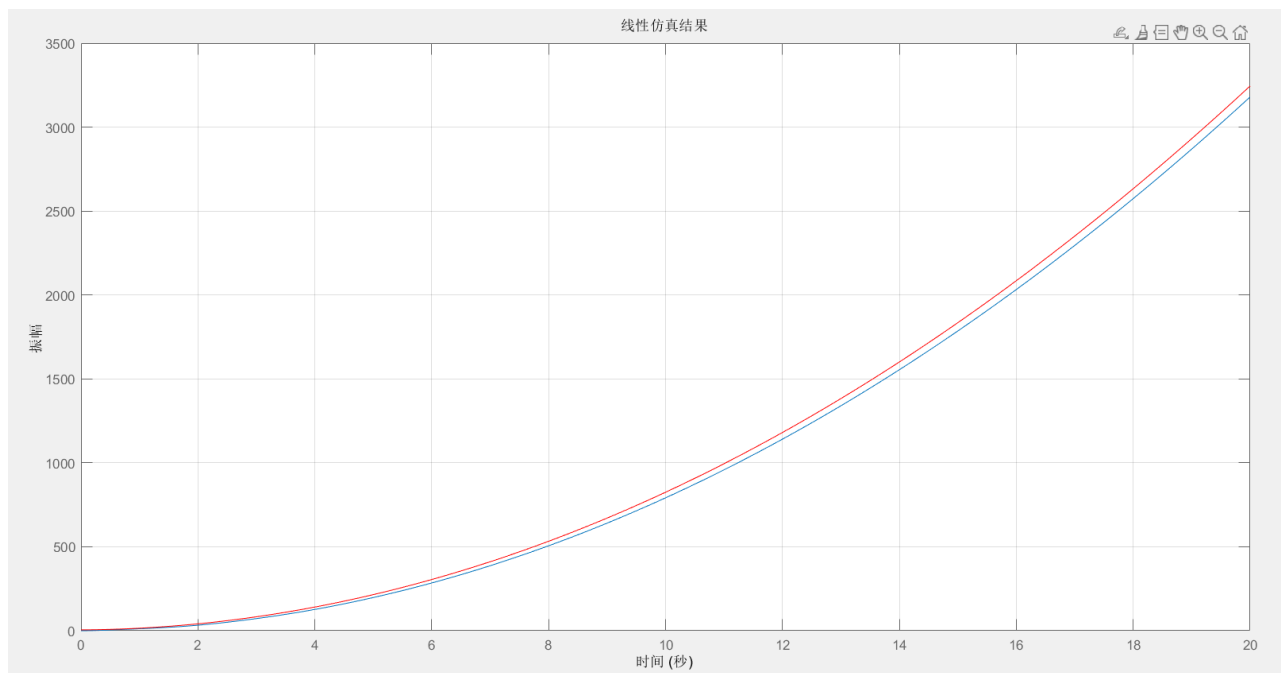


## 4 观察系统在任意输入激励下的响应

```

1 num=10;
2 den=[1 2 10];
3 G=tf(num,den);
4 t=[0:0.1:20];
5 u=5+2*t+8*t.^2;
6 lsim(G,u,t);
7 hold on, plot(t, u, 'r');
8 grid on;

```



## 实验结果及心得

### 1 Task1

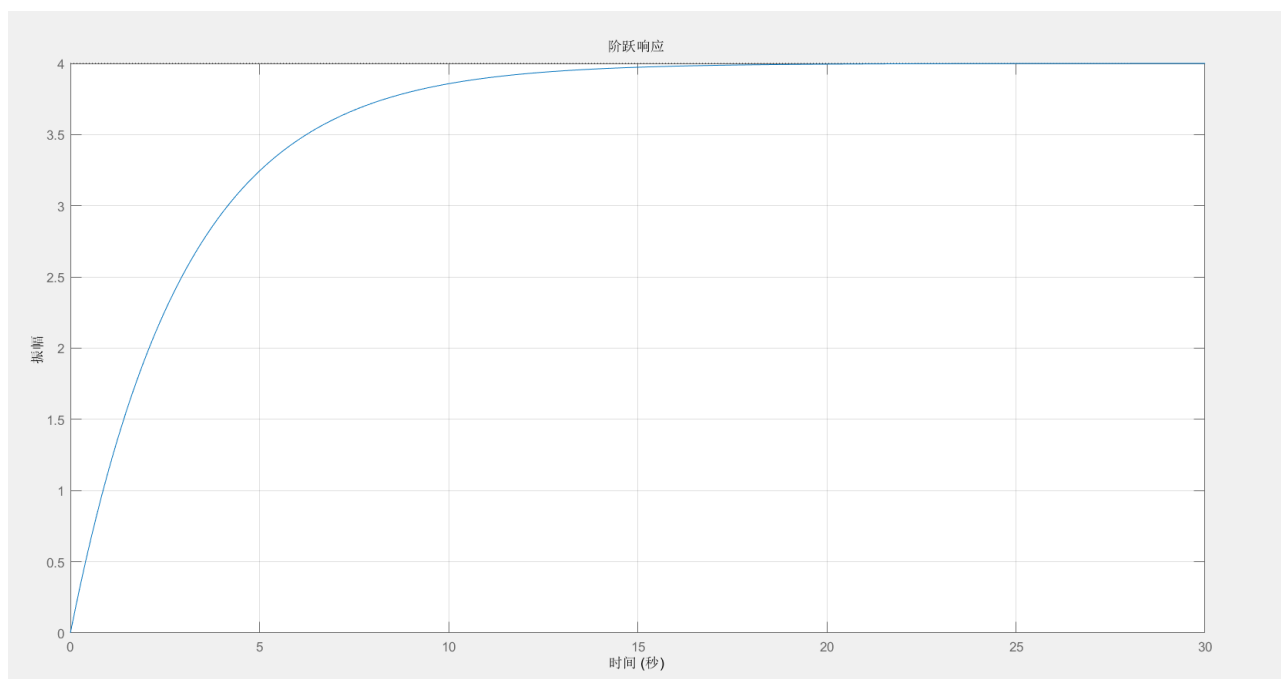
Q: 已知系统传递函数为  $G(s) = \frac{4}{3s+1}$ , 试绘制其阶跃响应曲线, 并标注惯性时间常数。

A:

```

1 clear;
2 num=4;
3 den=[3 1];
4 sys=tf(num,den);
5 step(sys);
6 grid on;

```

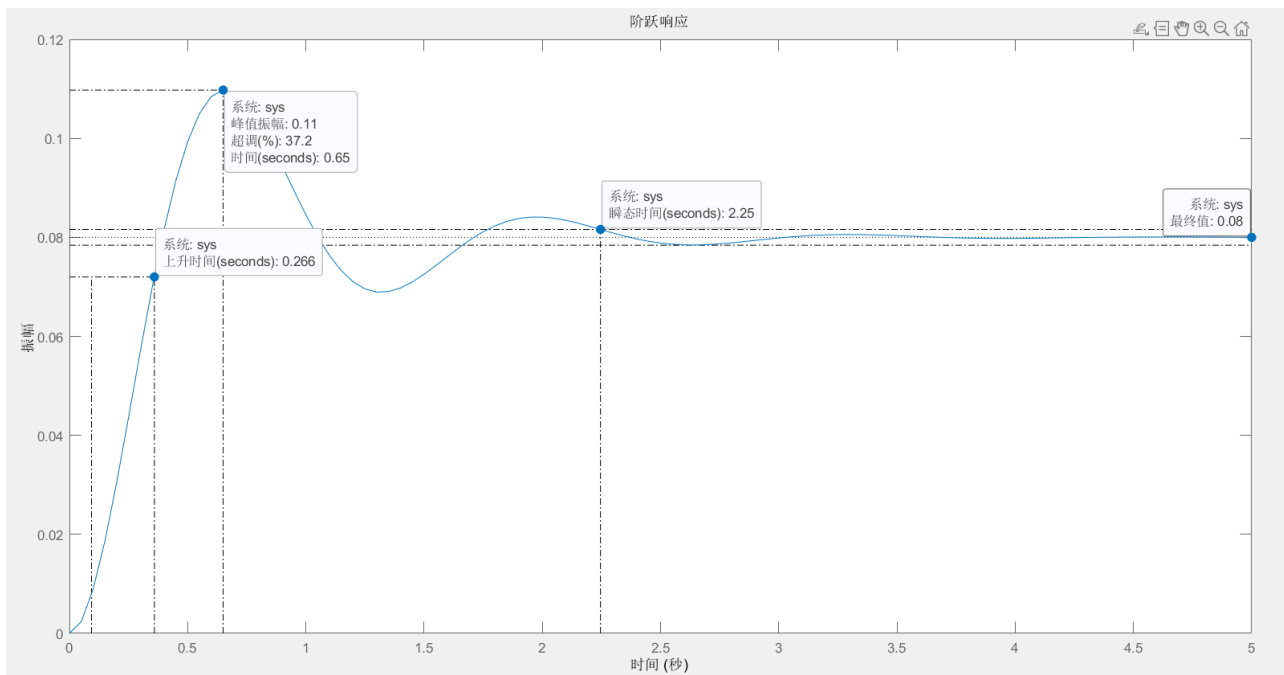


## 2 Task2

Q: 已知系统传递函数为  $G(s) = \frac{2}{s^2+3s+25}$  , 试绘制其在 5 s 内的单位阶跃响应曲线, 并测出动态性能指标。

A:

```
1 num=2;  
2 den=[1 3 25];  
3 sys=tf(num,den);  
4 step(sys,5);
```



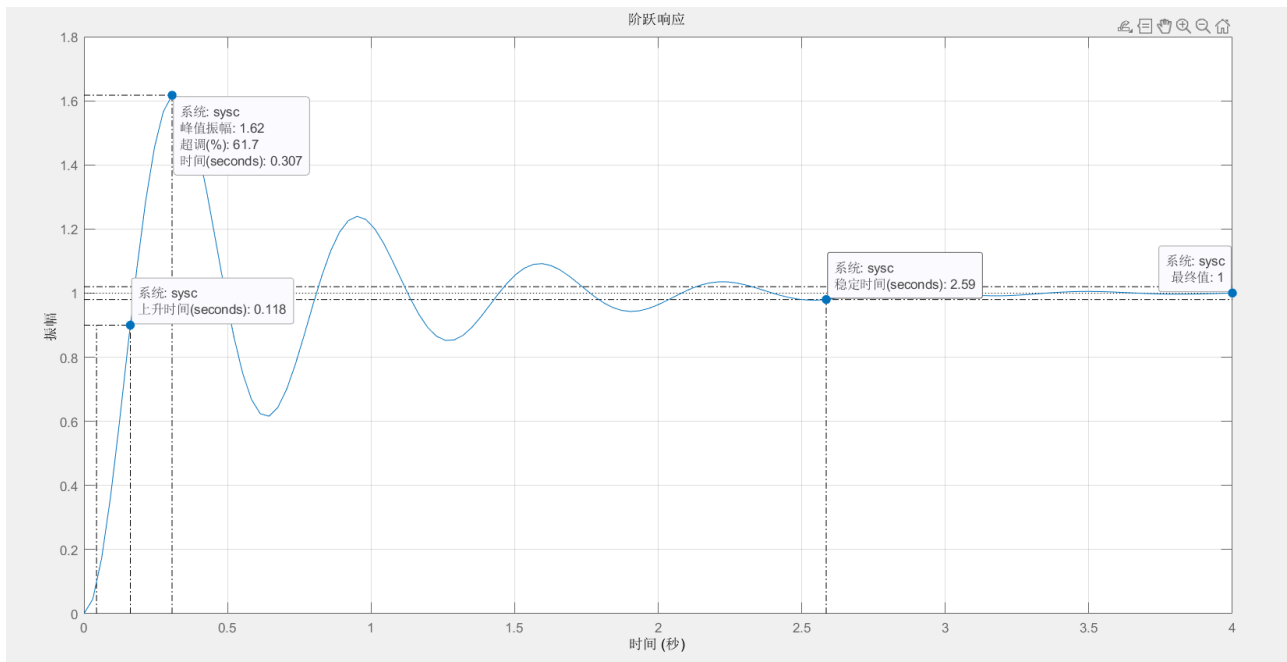
## 3 Task3

Q: 已知系统的开环传递函数为  $G(s)=\frac{100}{s^2+3s}$  , 试绘制其单位负反馈闭环系统的单位阶跃响应曲线, 并测出动态性能指标。

A:

```
1 num=100;  
2 den=[1 3 0];  
3 sys=tf(num,den);  
4 sysc=feedback(sys,1);  
5 step(sysc);  
6 grid on;
```





## 4 Task4

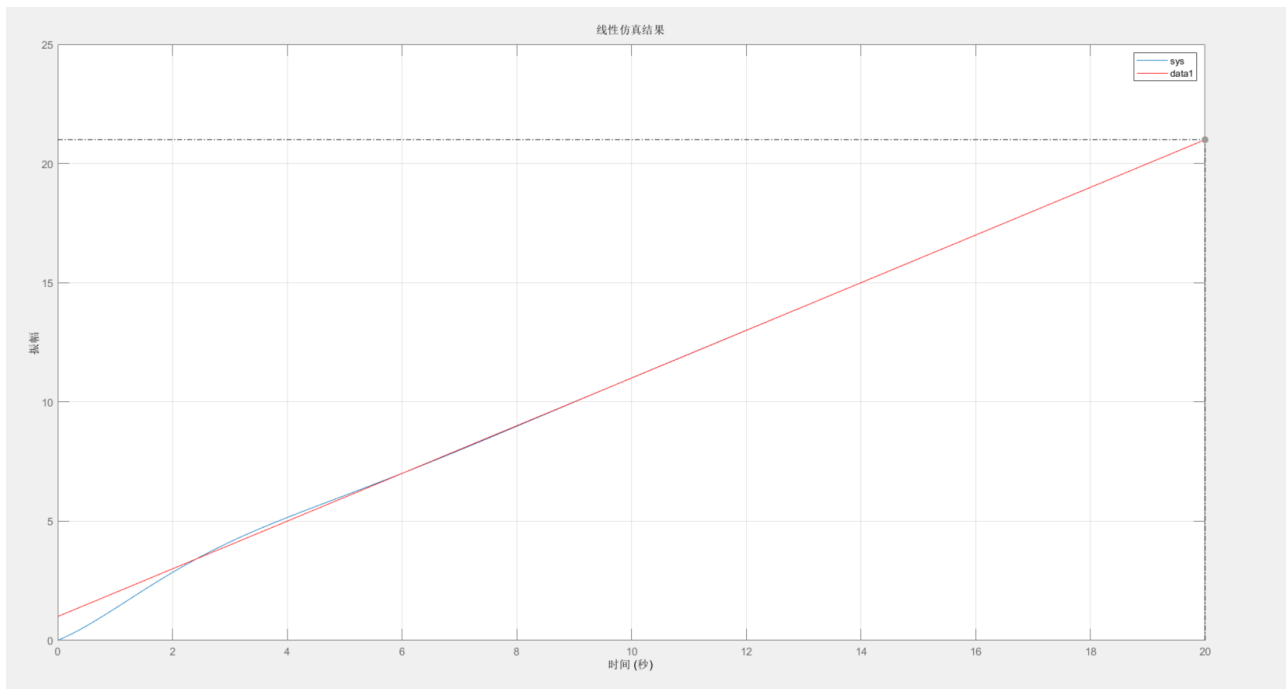
Q: 当输入信号为  $u(t) = 1(t) + t \cdot 1(t)$  时, 求系统  $G(s) = \frac{s+1}{s^2+s+1}$  的输出响应曲线

A:

```

1 num=[1 1];
2 den=[1 1 1];
3 sys=tf(num,den);
4 t=[0:0.1:20];
5 u=1+t;
6 lsim(sys,u,t);
7 hold on, plot(t, u, 'r');
8 grid on;

```



## 5 心得

根据上述实验报告的内容，我对控制系统的时域性能指标分析与设计有了更深入的了解。以下是我的一些心得体会：

- MATLAB在控制系统分析中的重要性：** MATLAB是一个非常强大的工具，对于控制系统的分析和设计非常有帮助。它提供了丰富的控制系统工具箱，使得可以轻松地建立传递函数、绘制阶跃响应曲线、计算特征根等操作。实验中使用MATLAB简化了许多复杂的计算过程。
- 二阶控制系统的特征根：** 通过计算特征根，我们可以了解二阶系统的稳定性和动态性能。特征根的实部和虚部决定了系统的阻尼比和振荡频率，这对于系统设计和调整非常重要。
- 阶跃响应曲线的分析：** 阶跃响应曲线是评估系统性能的重要工具。从曲线中可以读取许多动态性能指标，如超调量、峰值时间、上升时间等。这些指标反映了系统的响应速度和稳定性。
- 零点对系统响应的影响：** 实验中还探讨了系统的零点对阶跃响应曲线的影响。不同的零点位置可以导致不同的响应特性，例如超调量的变化。这进一步强调了系统设计零点的重要性。
- 实验数据的记录和分析：** 在实验中，详细记录和分析数据是非常重要的。这有助于理解系统的行为并作出合理的设计和调整决策。

总的来说，这些实验让我更深入地了解了控制系统的时域性能分析方法，并提高了我在MATLAB中进行控制系统分析和设计的技能。这些知识和技能对于工程领域的应用和研究非常有价值。