

自动控制理论 A

Matlab 仿真实验报告

实 验 名 称 : 一、二阶系统时域分析

姓 名 : Maxwell Jay

学 号 :

班 级 :

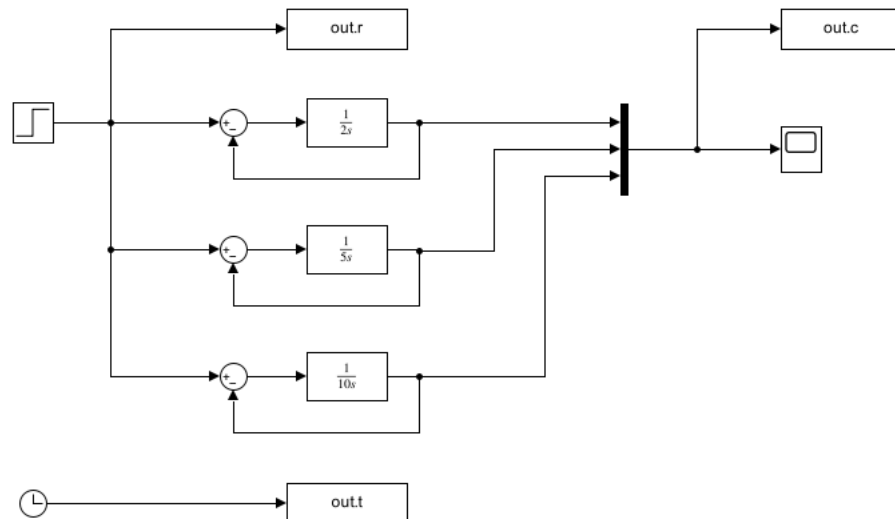
撰 写 日 期 : 2024. 10. 13

哈尔滨工业大学（深圳）

一、 一阶系统的时域分析

1. 利用 Simulink 绘制一阶系统的阶跃响应曲线（给出 Simulink 仿真文件截图和代码），结合曲线分析一阶系统时间常数 T 变化对系统响应速度的影响，并给出输出信号对输入信号稳态跟踪误差。

仿真文件截图：

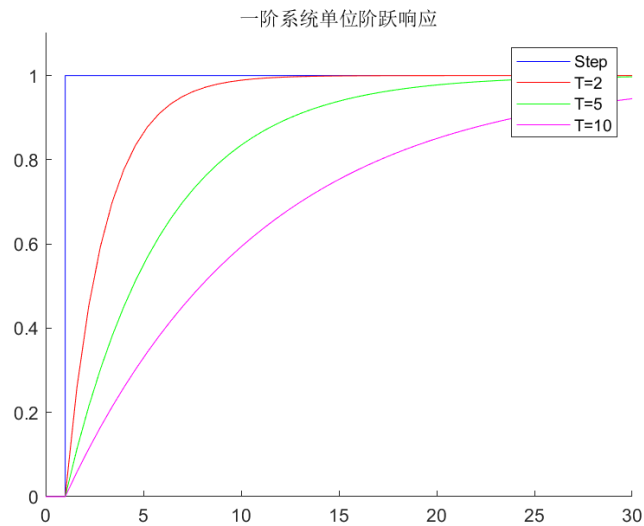


绘图代码：

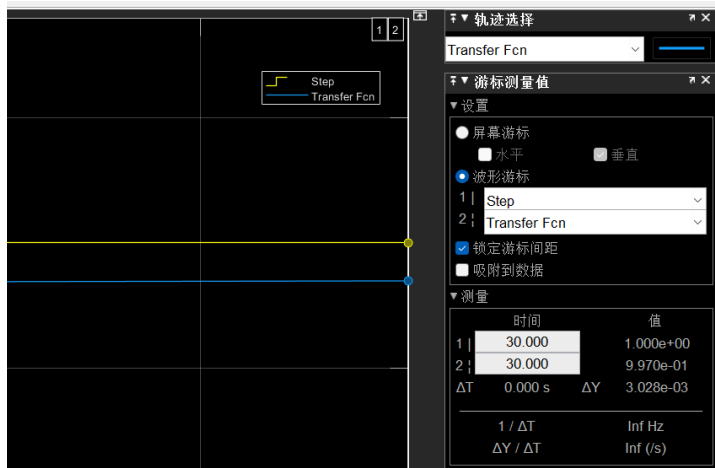
```
clc; clear;
name = 'first_order_step';
% 打印 Simulink 模型框图
open_system(name);
print(append('-s', name), '-dpng', append(name, '_model.png'));
out = sim(name); % 运行模型
close_system(name);

% 打印响应曲线
figure, hold on;
plot(out.t, out.r, 'b');
plot(out.t, out.c(:,1), 'r', out.t, out.c(:,2), 'g', out.t, out.c(:,3),
'm');
legend({'Step', 'T=2', 'T=5', 'T=10'});
title('一阶系统单位阶跃响应');
ylim([0, 1.1]);
saveas(gcf, strcat(name, '.png'));
hold off;
```

阶跃响应曲线：



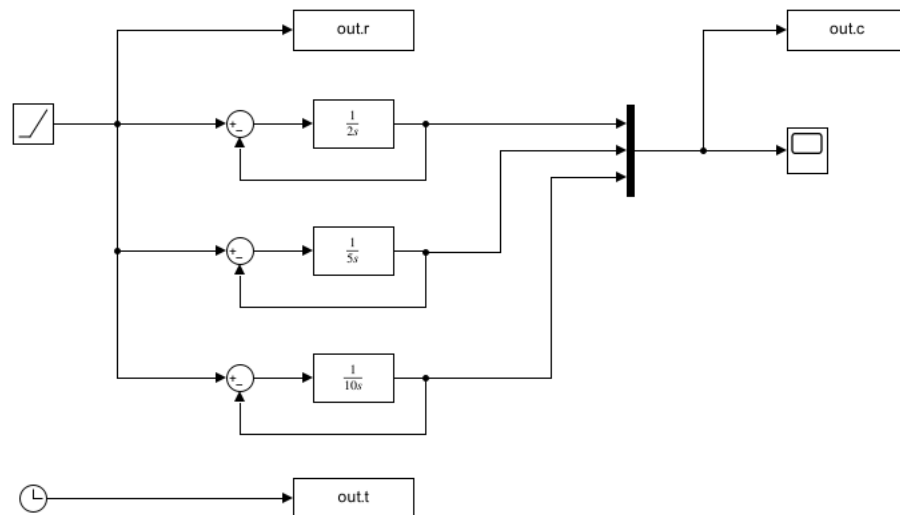
由响应曲线可以得出，一阶系统的时间常数 T 越大，响应速度越慢。



使用游标测量得 30.0s 时，输出值为 0.9970，所以在误差范围内，阶跃响应的稳态跟踪误差为 0。

2. 利用 Simulink 绘制一阶系统的斜坡响应曲线（给出 Simulink 仿真文件截图和代码），结合曲线给出输出信号对输入信号的稳态跟踪误差，并分析一阶系统时间常数 T 的变化对系统稳态误差的影响。

仿真模型：

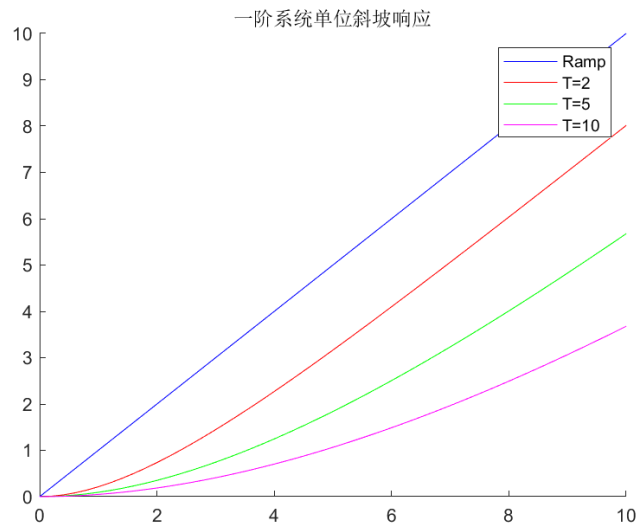


代码：

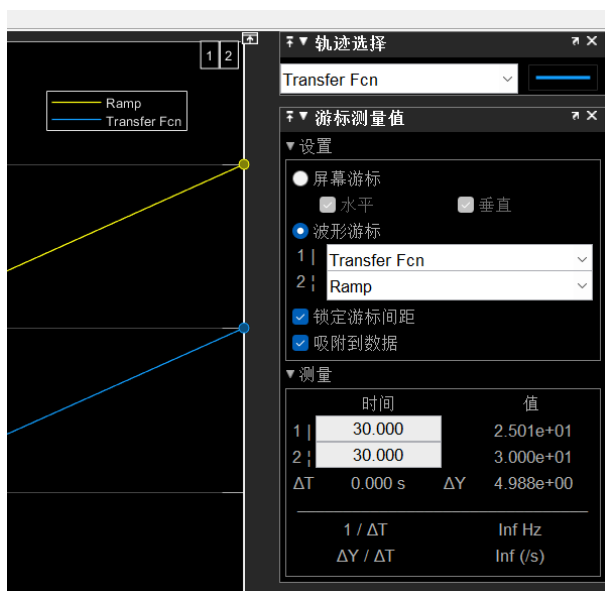
```
clc; clear;
name = 'first_order_ramp';
% 打印 Simulink 模型框图
open_system(name);
print(append('-s', name), '-dpng', append(name, '_model.png'));
out = sim(name); % 运行模型
close_system(name);

% 打印响应曲线
figure, hold on;
plot(out.t, out.r, 'b');
plot(out.t, out.c(:,1), 'r', out.t, out.c(:,2), 'g', out.t, out.c(:,3), 'm');
legend({'Ramp', 'T=2', 'T=5', 'T=10'});
title('一阶系统单位斜坡响应');
saveas(gcf, strcat(name, '.png'));
hold off;
```

单位斜坡响应仿真结果：



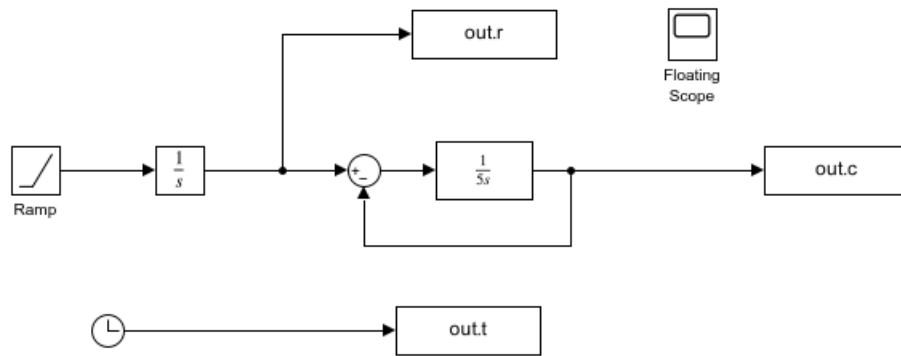
由响应曲线可以得出，一阶系统的时间常数 T 越大，系统响应速度越慢。



使用光标测量得 30.0s 时，存在误差 4.998。一阶系统对单位斜坡信号存在稳态误差，并且误差值为 T 。

3. 利用 Simulink 绘制一阶系统的加速度响应曲线（给出 Simulink 仿真文件截图和代码），结合曲线给出输出信号对输入信号的稳态跟踪误差。

仿真模型；



代码:

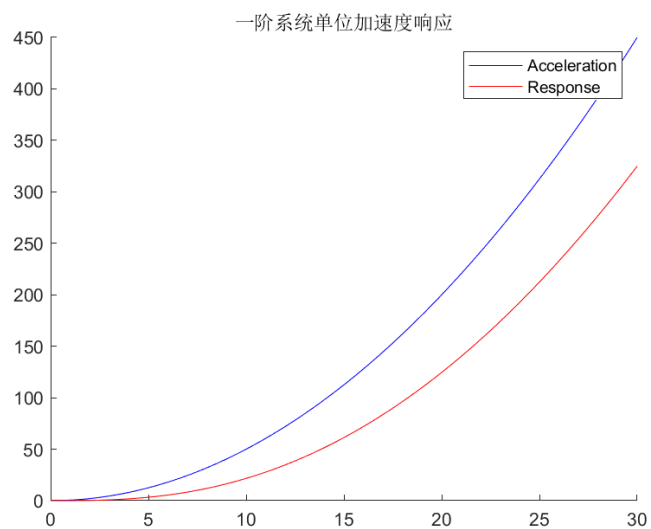
```
clc; clear;

name = 'first_order_accel';

% 打印 Simulink 模型框图
open_system(name);
print(append('-s', name), '-dpng', append(name, '_model.png'));
out = sim(name); % 运行模型
close_system(name);

% 打印响应曲线
figure, hold on;
plot(out.t, out.r, 'b');
plot(out.t, out.c, 'r');
legend({'Acceleration', 'Response'});
title('一阶系统单位加速度响应');
saveas(gcf, strcat(name, '.png'));
hold off;
```

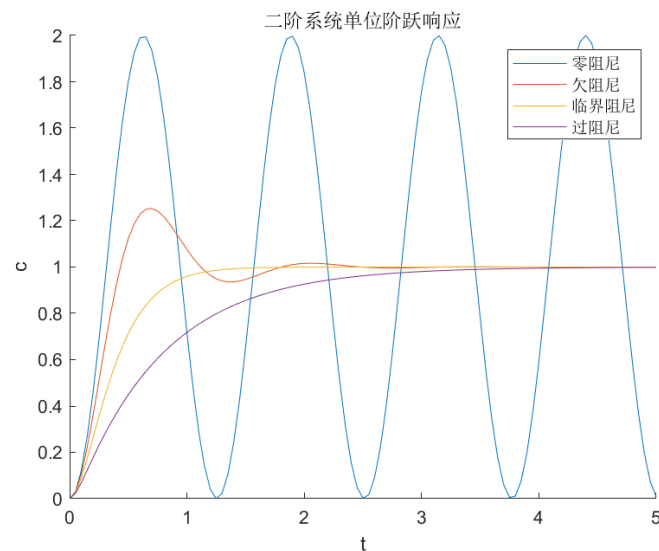
单位加速度响应仿真结果:



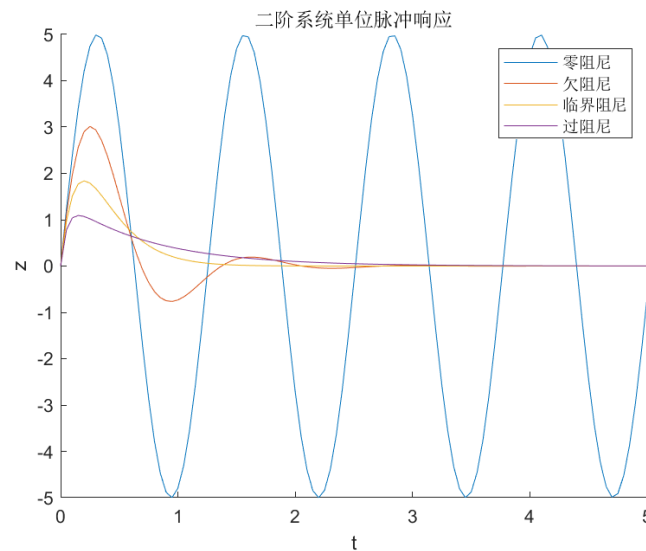
由响应曲线可以发现，一阶系统对加速度信号存在跟踪误差。这个误差值会随着时间增大。

二、 二阶系统的时域分析

1. 绘制二阶系统在无阻尼、欠阻尼、临界阻尼和过阻尼四种情形下的单位阶跃响应曲线。

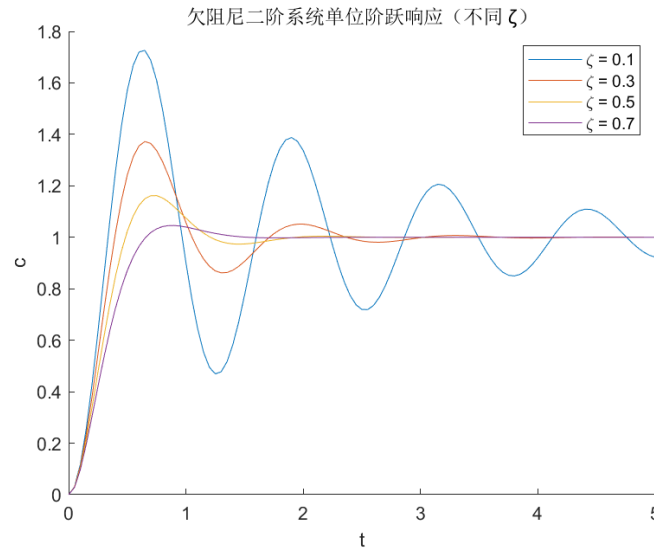


2. 绘制二阶系统在无阻尼、欠阻尼、临界阻尼和过阻尼四种情形下的单位脉冲响应曲线。



3. 对于欠阻尼二阶系统，当无阻尼振荡频率 ω_n 不变时，结合响应曲线，分析阻尼比 ξ 对阶跃响应的影响。

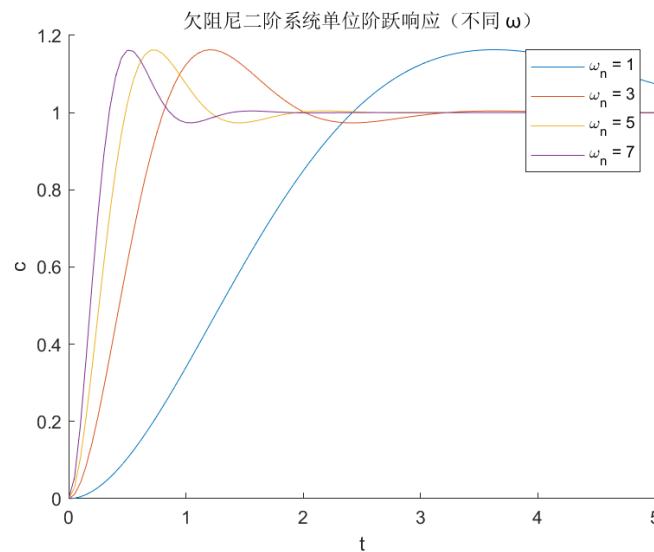
保持 $\omega_n = 5$ ，令 ζ 分别为 0.1, 0.3, 0.5, 0.7，结果如下：



可以发现， ζ 越小，系统超调量越大，调节时间越长，峰值时间越小，振荡次数越多。

4. 对于欠阻尼二阶系统，当阻尼比 ξ 不变时，结合响应曲线，分析震荡频率 ω_n 阶跃响应的影响。

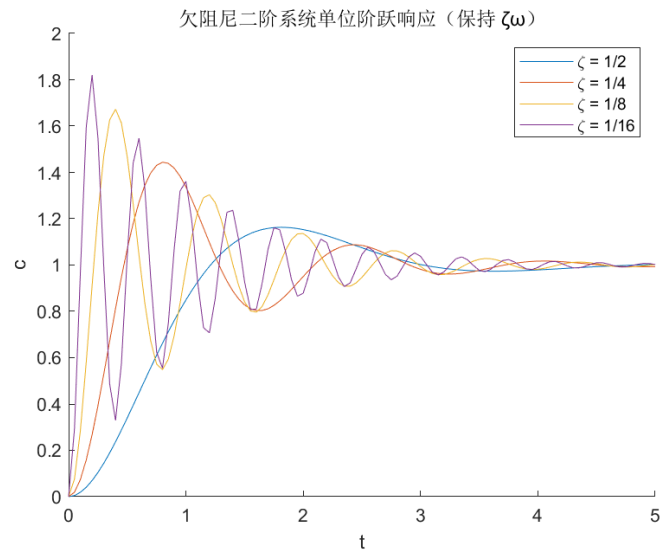
保持 $\zeta = 0.5$ ，令 ω_n 分别为 1, 3, 5, 7，结果如下：



可以得出，当 ζ 一定时， ω_n 越大，峰值时间越早，调节时间、上升时间越短，但超调量保持不变。这是因为超调量只与 ζ 有关。

5. 对于欠阻尼二阶系统，当 $\zeta\omega_n$ 一定时，结合响应曲线，分析不同的 ζ 对动态过程的影响。

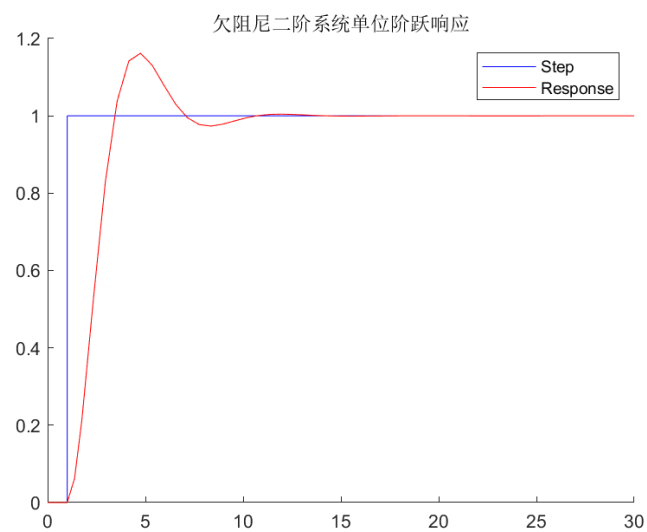
分别令 $\omega_n = 2, \zeta = 0.5; \omega_n = 4, \zeta = 0.25; \omega_n = 8, \zeta = 0.125; \omega_n = 16, \zeta = 0.0625$ ，保持 $\zeta\omega_n = 1$ 不变，仿真结果如下：



当 $\zeta\omega_n$ 一定时，响应曲线的包络线不变； ζ 越小，系统的超调量越大、峰值时间越早、振荡次数越多，但调节时间是没有变化的。

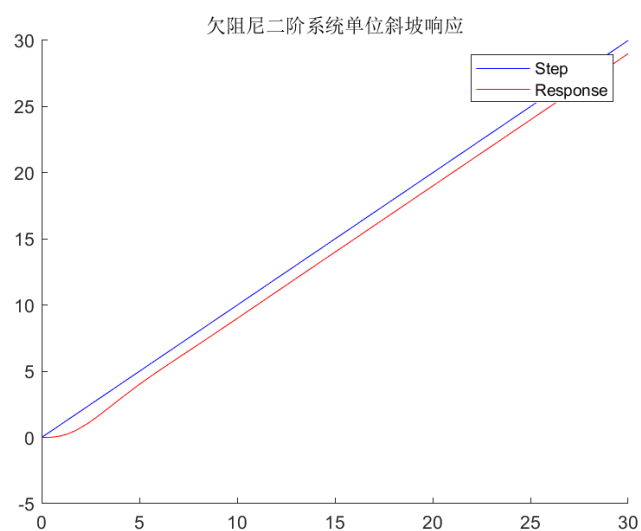
- 结合响应曲线，分析欠阻尼二阶系统在阶跃信号、斜坡信号和加速度信号作用下，输出信号对输入信号的跟踪情况。

阶跃信号跟踪：



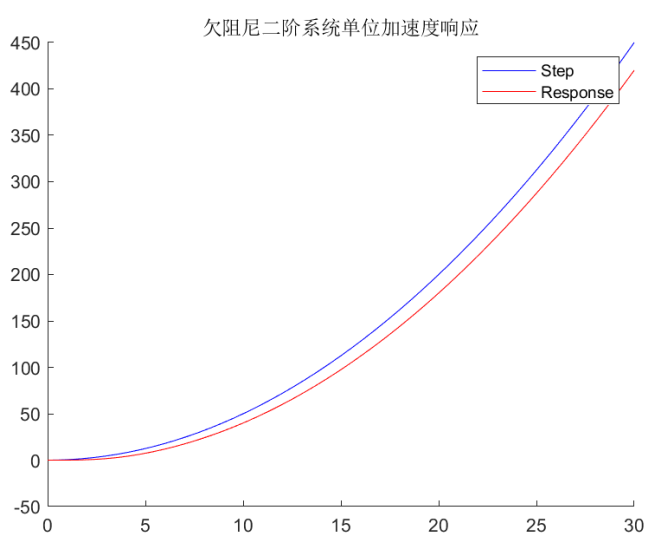
可以看出，二阶系统对阶跃信号有良好的跟踪，稳态误差为 0。

斜坡信号跟踪：



二阶系统的斜坡响应存在稳态误差，大小为 $\frac{2\zeta}{\omega_n}$ 。

加速度信号跟踪：



二阶系统对加速度信号不能稳定跟踪，存在随时间增大的误差。