



哈爾濱工業大學

飞行器控制实验教学中心

实验报告

课程名称: 自动控制理论(1)

实验名称: 控制系统时域控制器设计

实验日期: 2023.5.23

班 级: 21WL022

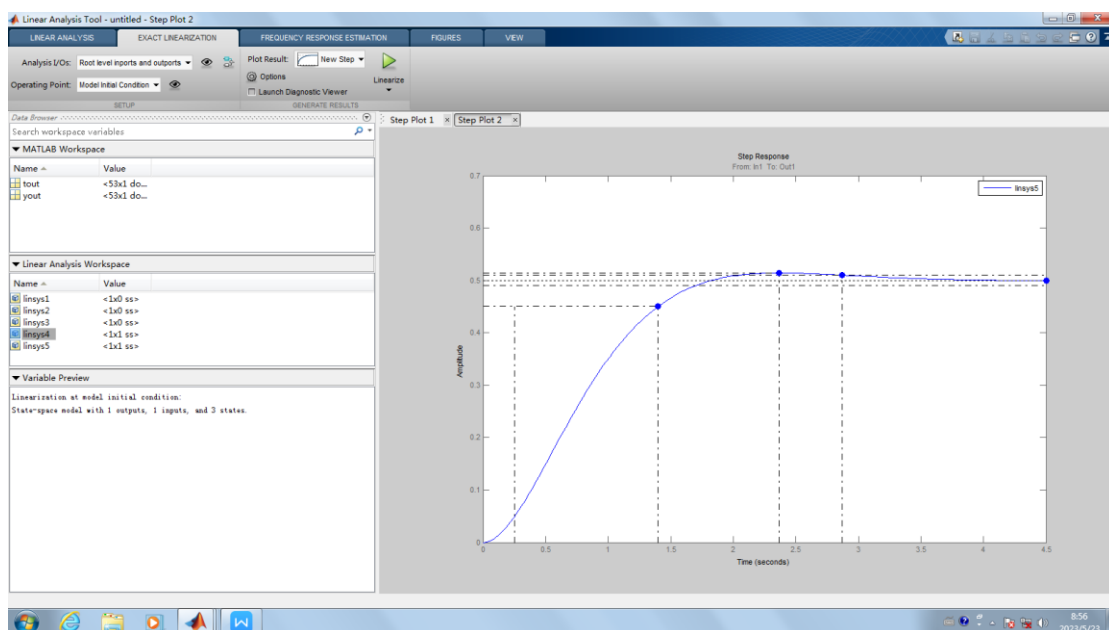
姓 名: 陈俊乐

指导教师: 何朕

实验报告仍需网上提交，本模板为内容说明， 可记录实验结果

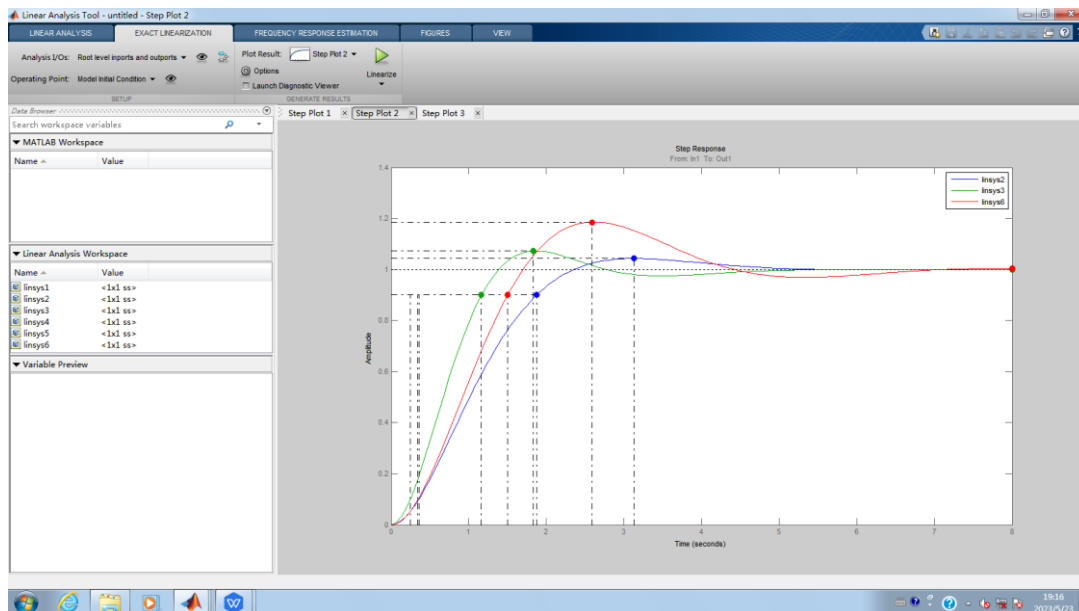
项目一 控制系统时域控制器设计 Simulink 建模仿真（30 分）

1、单位负反馈控制Simulink仿真阶跃响应图（5分）



2、PI 闭环控制 Simulink 仿真（10 分）

PI闭环控制1、2、3（三个阶跃响应放到一张图）



3、实验结果记录（10 分）

项目	单位负反馈	PI控制1	PI控制2	PI控制3
是否稳定	是	是	是	是
稳态误差 e_{ss1}	0.5	0	0	0
稳态误差 e_{ss2}				
超调量 σ_p	2.84%	4.32%	7.19%	21.4%
上升时间 t_r	1.14	1.52	0.92	0.75

调整时间 t_s	2.87	4.22	3.92	2.69
K_1		1	2	2
K_2		1	1.5	2.5

4、实验结果分析（5分）

分析单位负反馈及 PI 控制的区别，描述 PI 控制器中比例控制和积分控制的作用，以及比例控制系数 K_1 、积分控制系数 K_2 的设计过程。

区别：

1.单位负反馈是一种基本的控制策略，用于消除系统的误差。在这种控制策略中，控制器输出的信号与输入信号的差值（误差）相乘以一个负系数。这样，当系统误差减小时，控制器会减小其输出，从而使系统更加稳定。单位负反馈主要用于简单的线性系统。

2.PI 控制是一种更复杂的控制策略，包括比例控制（P）和积分控制（I）两个部分。PI 控制器可以消除系统的稳态误差，并具有较好的动态响应特性。这种控制策略适用于具有非线性特性的复杂系统。

比例控制：比例控制是根据误差的大小来调整控制器输出的。比例控制系数 K_1 决定了控制器输出与误差之间的比例关系。较大的 K_1 可以使系统响应更快，可以减少稳态误差，但可能会导致系统震荡。

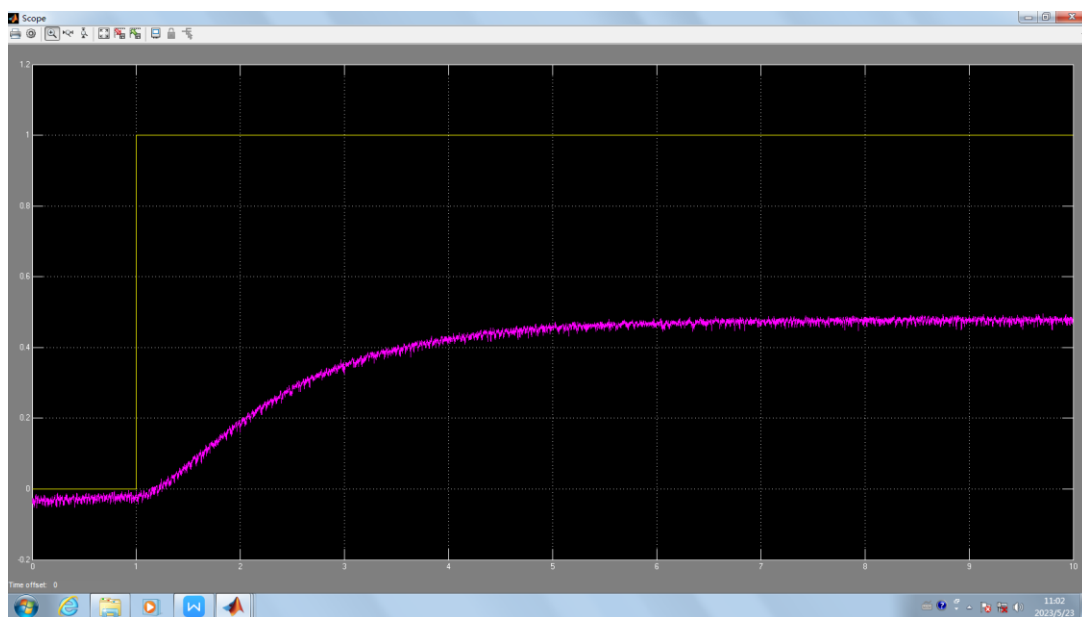
积分控制：提高系统的型别，从而减小稳态误差，但是它的相位角是-90 度，这将明显减小相位裕度，甚至导致系统不稳定。

设计比例控制系数 K_1 和积分控制系数 K_2 的过程：

在 matlab simulink 仿真过程中，通过仿真或实际实验，观察系统在初步 K_1 和 K_2 值下的性能表现。根据观察结果，逐步调整 K_1 和 K_2 的值，直至系统性能满足要求。发现可以通过增大 K_1 , K_2 ，来提高系统的最大超调量，减小上升时间，提高响应速度，同时也要控制开环放大倍数大于等于 0.9（即 K_2 大于 0.9）

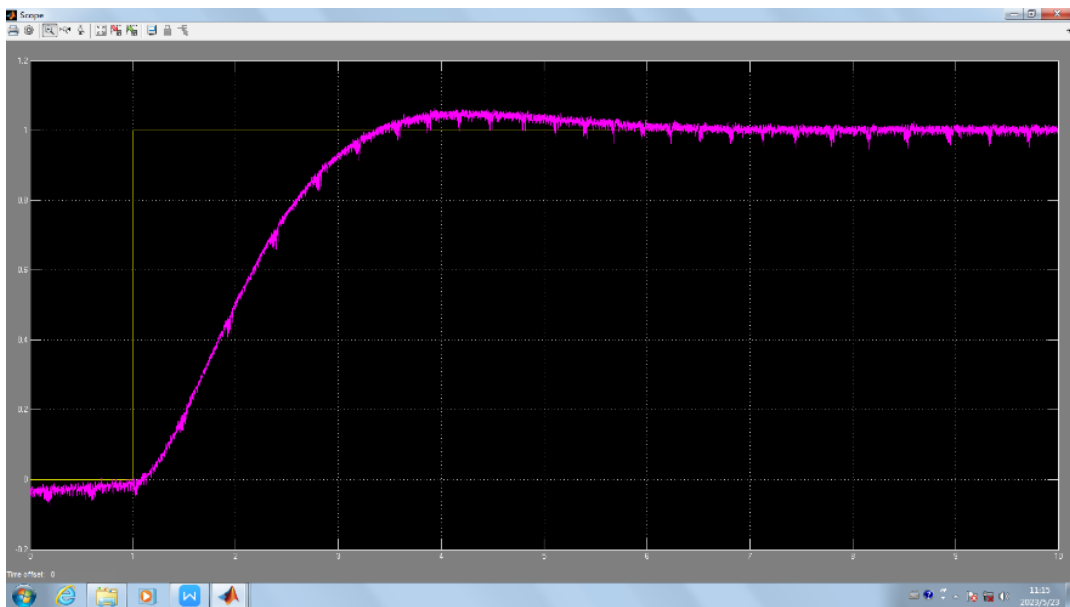
项目二 控制系统时域控制器设计 Simulink 半实物仿真（70 分）

1、单位负反馈控制Simulink半实物仿真阶跃响应图（10分）

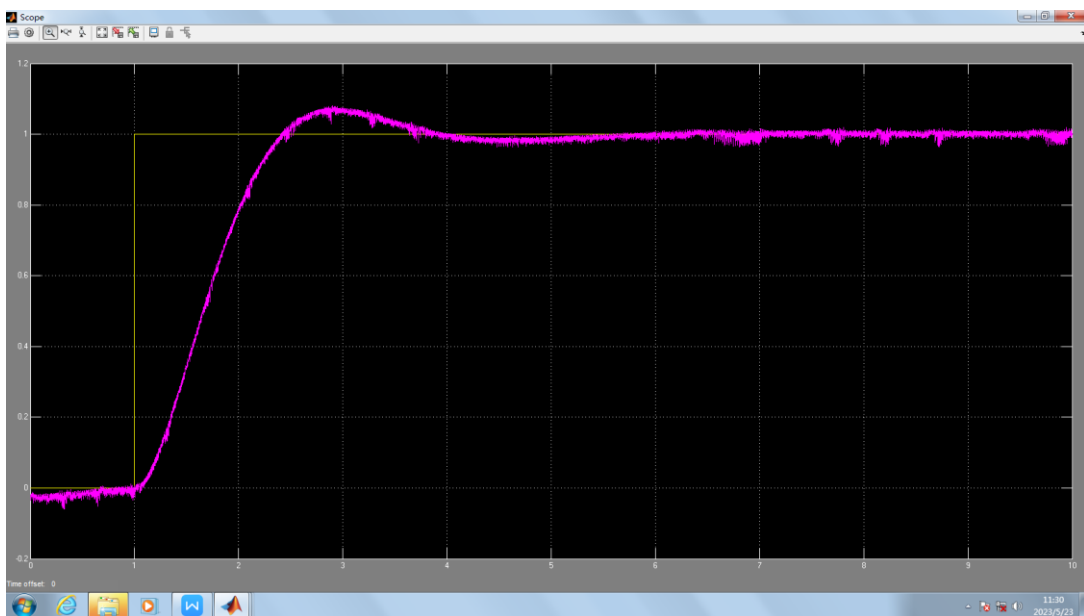


2、PI闭环控制Simulink半实物仿真（30分）

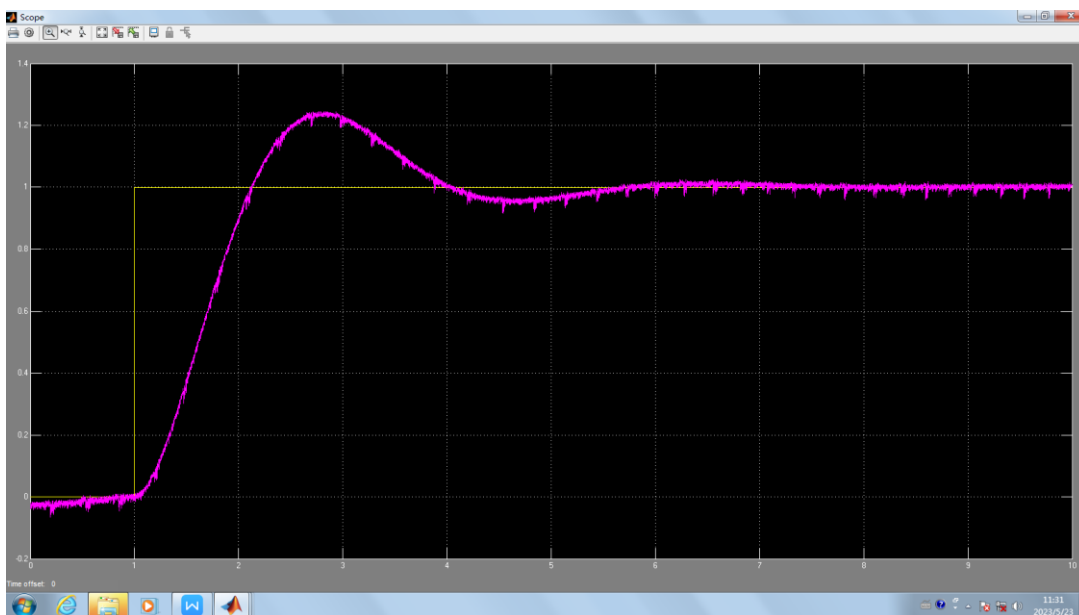
（ 1 ） PI 闭 环 控 制 1 （ 阶 跃 响 应 图 ） （ 1



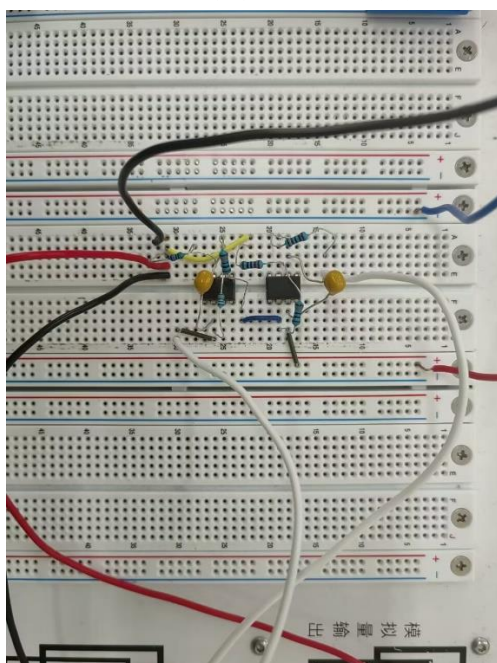
(2) PI闭环控制2 (阶跃响应图) (10分)



(3) PI闭环控制3 (阶跃响应图) (10分)



3、保存半实物仿真 3 的电路板图片（10 分）



4、实验结果记录（15 分）

项目	单位负反馈	PI控制 1	PI控制 2	PI控制 3
是否稳定	是	是	是	是
稳态误差 e_{ss1}	0.5			
稳态误差 e_{ss2}		0	0	0
超调量 σ_p	1.2%	4.5%	8.1%	24.0%
上升时间 t_r	1.70	1.44	0.96	0.72
调整时间 t_s	3.01	4.30	3.90	2.71
K_1		1	2	2
K_2		1	1.5	2.5

5、实验结果分析（5分）

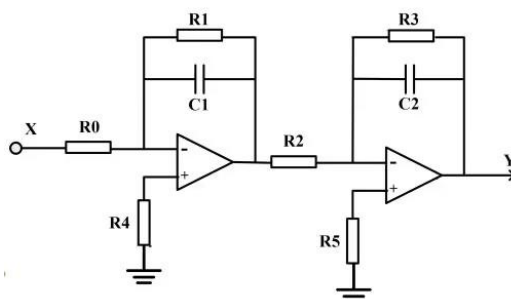
简述半实物仿真实验3的电路搭建过程，对使用的电子器件类型及数值进行说明。

简述半实物仿真实验3的电路搭建过程，对使用的电子器件类型及数值进行说明。

1) 电路搭建：我们要搭建的是被控对象，传递函数为 $G_o(s) = \frac{1}{(s+1)(0.5s+1)}$ ，可知存在

两个积分环节，于是搭建了两个积分电路，传递函数分别为 $1/(s+1)$ 和 $1/(0.5s+1)$ ，接着我们

选择合适的电阻、电容数值进行连接即可。电路模拟图如下图所示：



2) 数值说明:我们将系统函数与标准二阶系统的传递函数进行比较即可得到相应的电阻和电容值，计算过程如下图所示：

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_1}{\frac{1}{SC_1}} = \frac{U_0}{R_0} \dots \textcircled{1} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U_2}{R_3} + \frac{U_2}{\frac{1}{SC_2}} = \frac{U_1}{R_2} \dots \textcircled{2} \end{array} \right.$$

化简①、②可知

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{R_1/R_0}{SC_1R_1+1}$$

$$\text{又} \because G_0(s) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{(s+1)(0.5s+1)}$$

--对应可求得

$$C_1 = C_2 = 1\text{MF}$$

$$R_0 = R_1 = 100\text{k}\Omega$$

$$R_3 = R_2 = 50\text{k}\Omega$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_3/R_2}{SC_2R_3+1}$$