

自动控制实践 II 课程实验二： 位置单闭环 PID 控制器设计实验

一. 实验任务

1. 打开实验界面和仿真程序，登录界面，熟悉对实验程序的使用。
2. 设计 PID 控制器参数，模拟对直流电机和负载的位置伺服控制。
3. 本次实验指标要求为：在赋值为 60° 的阶跃信号输入下，系统在 $4s$ 内跟踪输入信号达到稳定，且上升时间不超过 $1.5s$ ，超调量不超过 10% ，稳态误差不超过 0.2° 。
4. 多次调整控制器参数，争取满足实验指标。
5. 实验 B 任务：自主编写位置式 PID 控制器，实现对模拟直流电机系统的控制。（实验 B 的具体要求和程序编写方法会在后文明确标注）

二. 实验流程

1. 打开 MATLAB，找到实验二 PID 测试版文件夹，如下图所示：

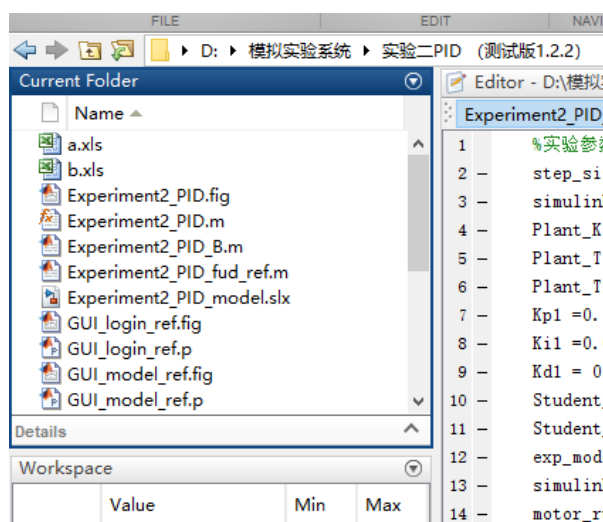
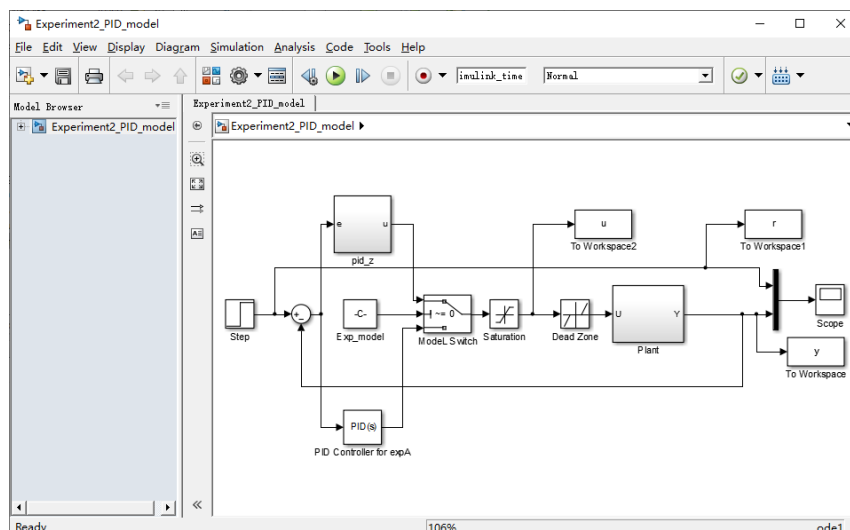


图 1：实验二文件路径

注意：实验文件名为：实验二 PID（学生版），在实验过程中保持 MATLAB 的文件路径不要改动，否则会导致部分功能无法正常运行。

2. 打开实验仿真文件：

运行实验二 PID 测试版文件夹下的 Experiment2_PID_model.slx，即为实验的仿真文件如下图所示：



注意：实验过程中最小化该文件即可，不要对此文件进行任何操作，不要更改任何参数，实验完成后关闭 Simulink 即可。程序中含有对模型参数和模块类型的检测，一旦改变仿真模型会导致本次实验成绩无效。如果出现误操作，不要保存模型文件，关闭文件后重新打开即可。

3. 打开实验主界面:

运行实验二 PID 测试版文件夹下的 Experiment2_PID_fud_ref.m，如下图所示：



图 3: 实验二主界面

本实验所需要的全部操作都在此界面下,如果有自己对数据的处理可以使用 MATLAB 的命令行。

注意：实验过程中不要同时打开两个主界面，会导致部分功能不可用，如果误操作导致关闭界面，重新运行打开主界面即可。

4.学生登录：

单击学生登录按钮，在弹出的界面下输入学号和姓名，如下图所示：



图 4：学生登录界面

输入完成后单击“登录”，“学生登录”按钮会变成红色，登录界面会自动关闭，如果输入内容错误重新点击“学生登录”按钮即可。

注意：请不要输入个人信息后单击右上角的关闭，会导致无法正常录入个人信息。

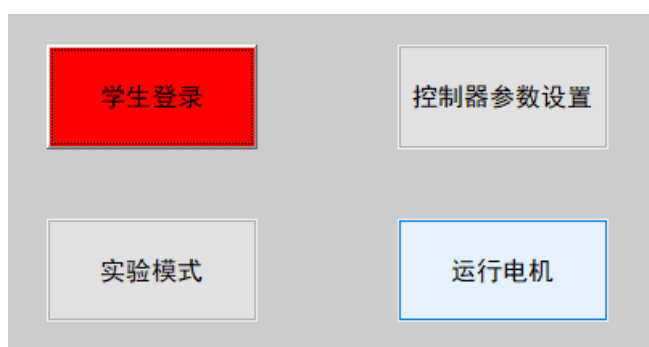


图 5：学生登录完成

5.选取实验模式：

单击实验模式选取按钮，根据自己的需要选取实验 A 或实验 B。如下图所示：



图 6：实验模式选取界面

单击“确认实验模式”即可。单击后“实验模式”按键会变为红色。



图 7：实验模式选取成功

6.输入控制器参数：

单击“控制器参数设置”按钮，在弹出的界面中配置 PID 控制器参数，由于每次打开参数设置界面都会初始化参数（不会保留之前的参数），建议手动记录自己的参数设计过程。



图 8：控制器参数设置界面

7.运行仿真模型：

单击“运行电机”按钮，稍等 5s 会弹出“电机运行成功”对话框。

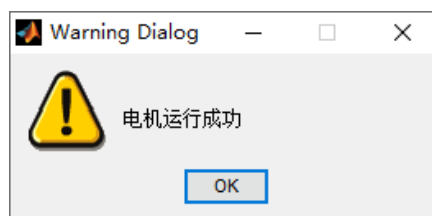


图 9：电机运行成功提示

8.观测实验数据波形：

单击绘制输出曲线、绘制误差曲线、绘制控制量曲线（控制量即为电压）都可以看到对应波形，这里只展示输出波形。

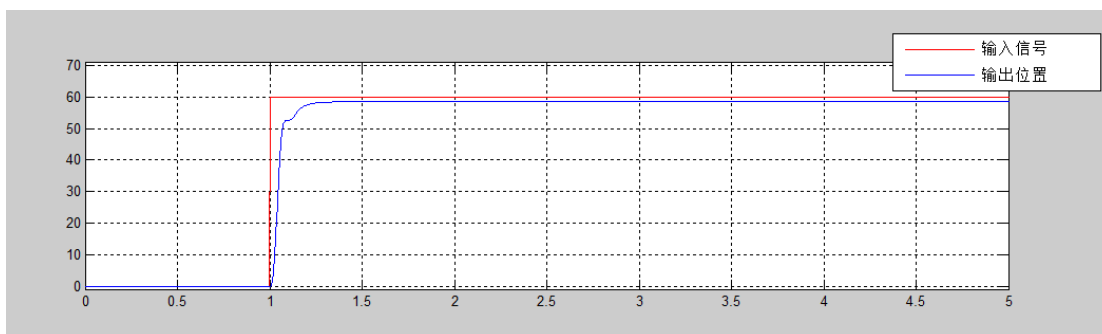


图 10: 输入输出波形

9.一键评分:

本次实验的指标要求为超调量不超过 10%，上升时间不超过 1.5s，稳态误差小于 0.2° ，可以用“一键评分”查看自己的指标和分数（指标好一些之后再用这个功能，计算指标会耽误一点时间），弹出如下对话框，根据每项指标的差距，自行调节 PID 控制器参数。

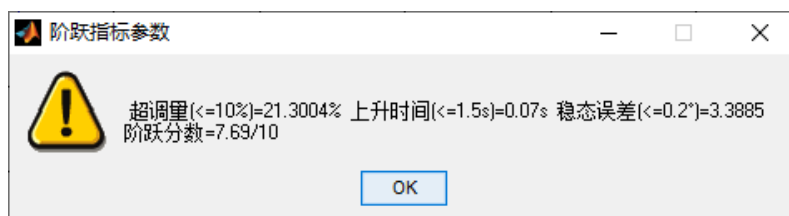


图 11: 一键评分结果显示

10.实验数据保存:

实验任务全部完成后，单击“保存数据”按键，实验的输入输出和控制量数据会被存入“a.xls”的 Excel 文件中，其余相关参数会被存入“b.xls”的文件中；a 文件用于后续的数据处理和报告撰写，b 文件用于实验结果提交。两个文件自动被存入实验二文件夹中。

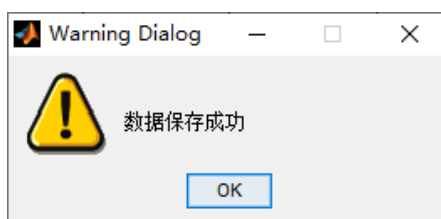


图 12: 数据保存成功提示

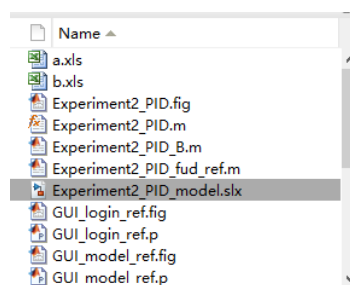


图 13: 实验数据保存的文件路径

11.实验 B 的控制器代码编写：

本实验的实验 B 为学生自主编写控制器代码，本实验的控制器为位置式 PID 控制器，故需编写位置式 PID 程序。只需要学生编写控制器部分，相关变量都已声明，无需改动。

学生通过 MATLAB 的 S 函数编写控制器代码。实验流程与 A 的区别如下：

在实验模式选取界面选择实验 B，单击确认实验模式（只需一次，之后不用更改，重新打开界面除外）

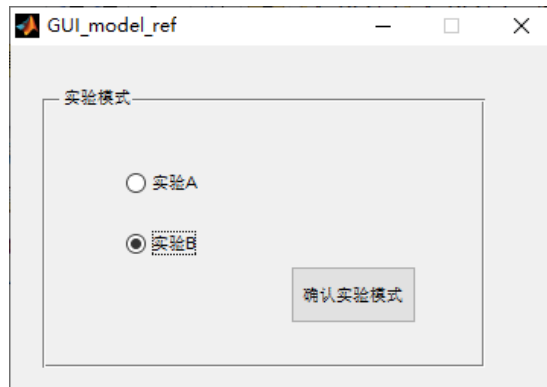


图 14：实验 B 的实验模式确认

打开 S 函数，pid_controller.m 文件

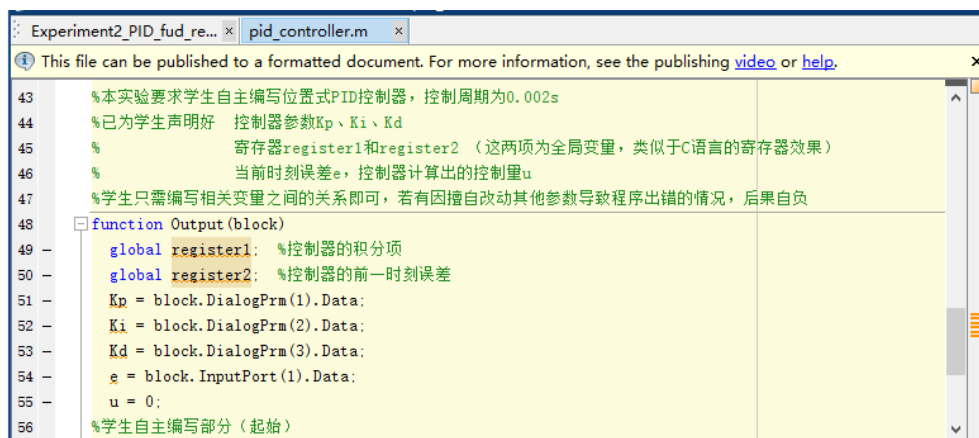


图 15：控制器代码对应的 S 函数

编写好 S 函数后点击保存，即可回到实验界面配置控制器参数运行电机。S 函数写好后关闭即可，无需更改。

三．实验结果提交

1.实验结果仅需要在实验平台提交 b 文件即可，a 文件供同学实验结束后的数据处理和撰写实验报告使用。

2.实验报告中需提供：

实验参数包括：实验模式、KP、KI、KD、超调量、上升时间、稳态误差、阶跃评分。

实验图片包括：阶跃响应输出曲线、误差曲线、控制量曲线。

实验代码（实验 B）：自行设计的 PID 控制器实现代码及代码说明。

四．注意事项

1.实验主界面的使用：

（1）主界面只需打开一次即可，不要多次打开，多次打开界面会导致绘图功能不可用。

（2）打开主界面后不要更改 MATLAB 的文件路径，会导致全部功能不可用

2.图形界面的使用：

本界面的使用与 MATLAB 的 figure 界面使用相同：

保存图像界面可以通过截图或另存为图片的方式（这里推荐大家使用另存为图片的方式）。

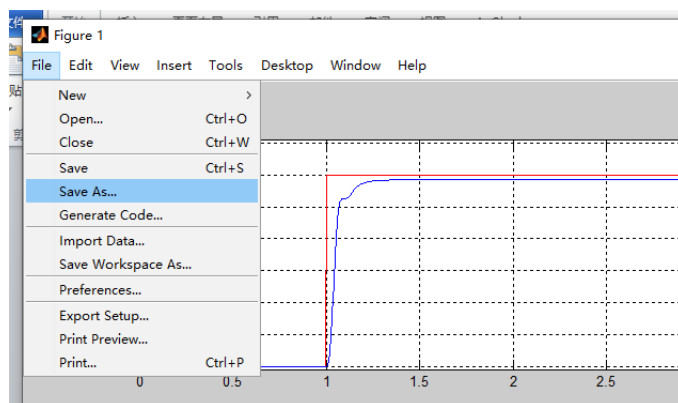


图 16：保存输出曲线

示波器的放大，缩小，拖动，光标等功能都在 Tools 中，如下图所示：

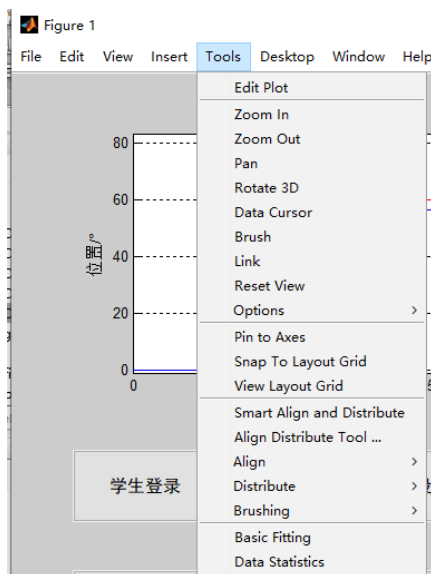


图 17：示波器的辅助工具使用

Zoom in 为放大，Zoom out 为缩小，Pan 为移动，Data Cursor 为光标（可以精确测量单点数据）。

3.控制器参数设计：

实验系统对控制器的初始化参数为[1 0 0]，每次打开控制器参数设置界面都会初始化参数，建议同学们在调参过程中手动记录使用过的参数，避免由于系统死机或程序 bug 导致实验过程未被记录的问题。此外，本实验所使用的直流电机模型本身的增益在 100~200 之间，不需要过大的控制器增益，建议大家控制好参数的数量级。

4.实验要求指标可行性问题：

本实验系统经理论验证和实际测试，对于给出的全部模型都可以完成实验要求指标，不存在无法满足实验要求性能的被控对象模型。若同学们在实验中设计参数没有达到实验要求，请耐心等待。

5.防作弊机制：

数据保存后加入了校验码，实验结果提交后会自动对实验参数进行校验，若发现有同学擅自更改实验参数，本次实验成绩作废。

实验所使用的 Simulink 模型参数不需要进行任何改动，实验程序中加入了检测函数，如果发现有同学擅自更改实验模型，本次成绩作废。实验过程中不需要对 Simulink 进行任何操作（包括运行 Simulink 文件），如有误操作导致实验模型被更改，在不保存的情况下关闭文件，重新打开即可。

本实验程序已对除主界面和 S 函数外的全部代码进行加密封装，如果擅自更改实验界面程序导致部分功能不可用，后果自负。

6.实验结果二次审查：

实验结束后会随机抽取 10 名同学对其 a 文件和 b 文件进行检测，如果发现有同学存在：擅自更改实验参数或模型、找其他人代替实验、a 文件与 b 文件结果无法对应的情况，本次实验成绩作废。