《机器人导论实验》报告

第四次实验	日期：2022-11-12	得分：
学号：	姓名：	专业：

一、 实验准备

安装 Matlab，熟悉 Simulink 基本流程。

理解 PID 控制原理。

二、 实验原理

PID 基本要素由比例、积分、微分构成，其控制公式为：

$$u(t) = K_p[e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(t)dt + T_d\frac{de(t)}{dt}]$$

每一项要素完成不同任务，对系统功能产生不同的影响，其原理框图如图 5.2 所示。

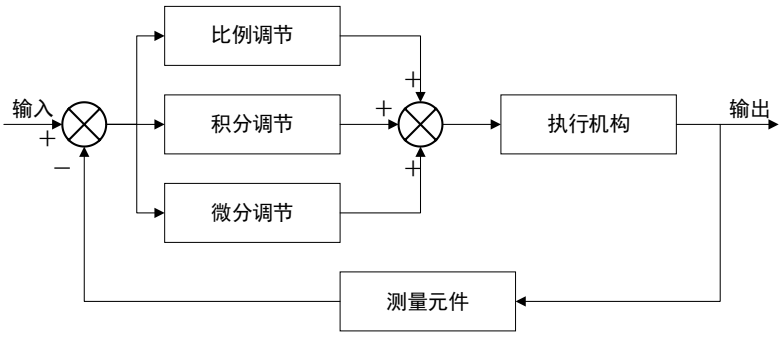


图 1 PID 原理框图

其中比例、积分、微分调节的作用分别为：

1. 比例调节：即时反馈控制系统的偏差信号 e(t)，偏差一旦产生，调节器立即产生控制作用以减小偏差。
2. 积分调节：主要用于消除静态误差，提高系统的无差度。积分作用的强弱取决于积分时间常数 T_i，T_i 越大，积分作用越弱，反之越强。

3. 微分调节：能反应偏差信号的变化趋势（变化速率），并能在偏差信号的值变得太大之前，在系统中引入一个有效的早期修正信号，从而加快系统的动作速度，减小调节时间。

三、 实验任务

通过 Matlab 或 Octave 或其他仿真软件，仿真出一个 PID 动图。

实验过程与实验结果

本次实验首先要根据 PID 控制原理，在 Simulink 中搭建模型。于是按照其流程，构建了如图所示的简单模型。

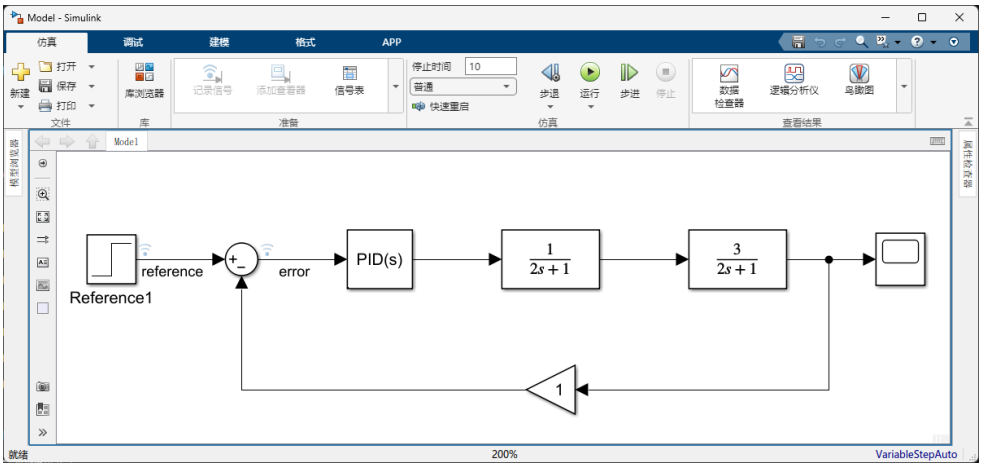
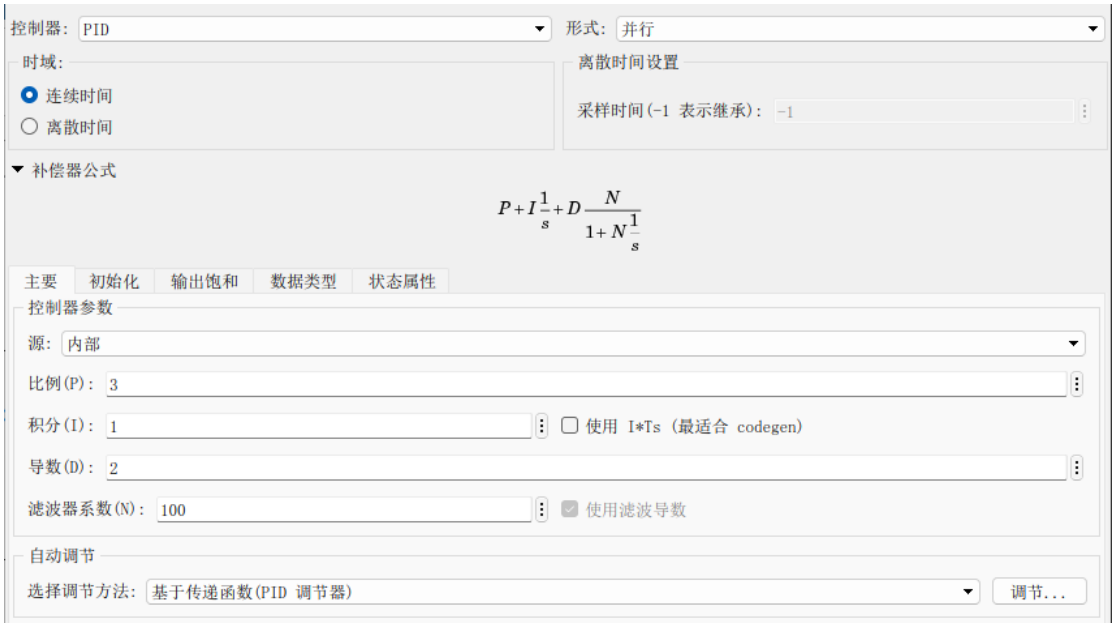


图 2 PID 仿真控制模型

同时经过调试，设定的 P、I、D 值如下，使得输出最终能够收敛。



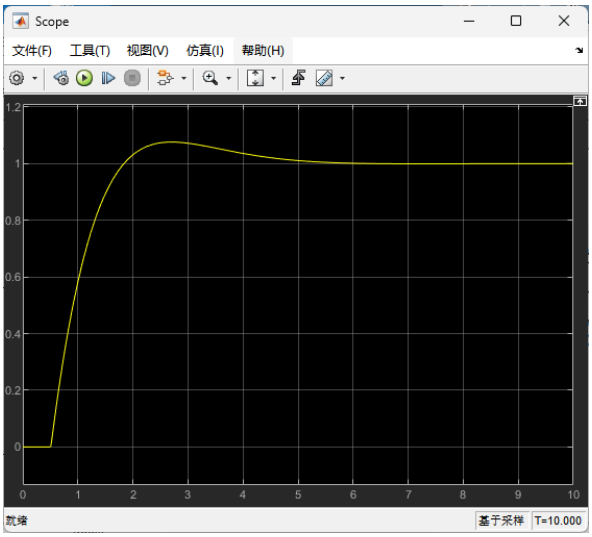


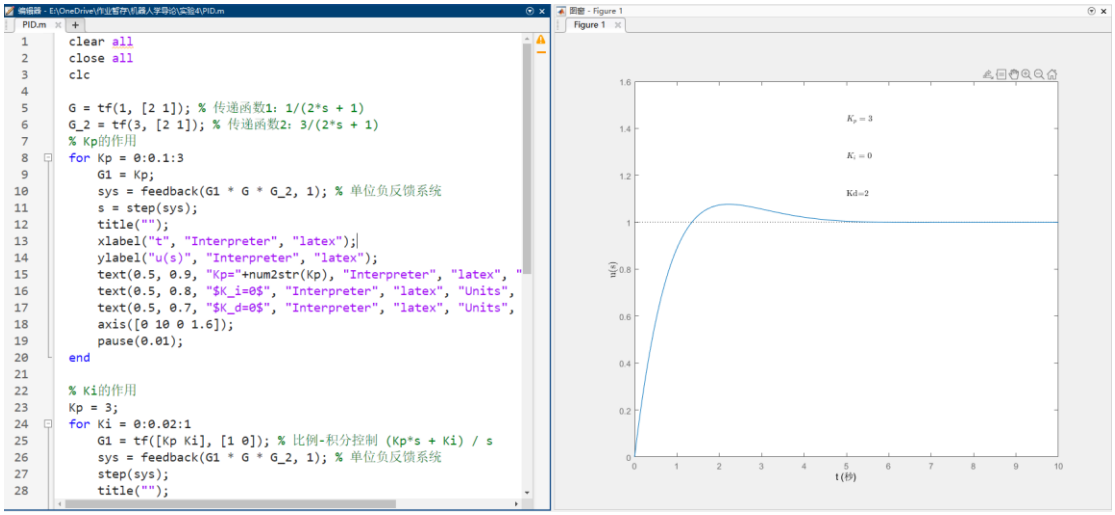
图 3　P、I、D 的取值设置

随后是绘制动态曲线图，使用 Matlab 完成。由于不清楚如何用 Matlab 代码调用 Simulink 程序，故使用 Matlab 根据已有结果重新绘制。绘图代码如下

```
clear all
close all
clc

G = tf(1, [2 1]); % 传递函数 1：1/(2*s + 1)
G_2 = tf(3, [2 1]); % 传递函数 2：3/(2*s + 1)
% Kp 的作用
for Kp = 0:0.1:3
    G1 = Kp;
    sys = feedback(G1 * G * G_2, 1); % 单位负反馈系统
    step(sys);
    title(" ");
    xlabel("t", "Interpreter", "latex");
    ylabel("u(s)", "Interpreter", "latex");
    text(0.5, 0.9, "Kp="+num2str(Kp), "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    text(0.5, 0.8, "$K_i=0$", "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    text(0.5, 0.7, "$K_d=0$", "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    axis([0 10 0 1.6]);
    pause(0.01);
end

% Ki 的作用
```

```
Kp = 3;
for Ki = 0:0.05:1
    G1 = tf([Kp Ki], [1 0]); % 比例-积分控制 (Kp*s + Ki) / s
    sys = feedback(G1 * G * G_2, 1); % 单位负反馈系统
    step(sys);
    title(" ");
    xlabel("t", "Interpreter", "latex");
    ylabel("u(s)", "Interpreter", "latex");
    text(0.5, 0.9, "$K_p=3$", "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    text(0.5, 0.8, "Ki="+num2str(Ki), "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    text(0.5, 0.7, "$K_d=0$", "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    axis([0 10 0 1.6]);
    pause(0.01);
end

% Kd 的作用
Kp = 3;
Ki = 1;
for Kd = 0:0.1:2
    G1 = tf([Kd, Kp, Ki], [1 0]); % PID 控制 (kd*s^2 + Kp*s +
Ki) / s
    sys = feedback(G1 * G * G_2, 1); % 单位负反馈系统
    step(sys);
    title(" ");
    xlabel("t", "Interpreter", "latex");
    ylabel("u(s)", "Interpreter", "latex");
    text(0.5, 0.9, "$K_p=3$", "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    text(0.5, 0.8, "$K_i=1$", "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    text(0.5, 0.7, "Kd="+num2str(Kd), "Interpreter", "latex",
"Units", "normalized");
    axis([0 10 0 1.6]);
    pause(0.01);
end
```

代码与执行结果如下



```
clear all
close all
clc

G = tf(1, [2 1]); % 传递函数1: 1/(2*s + 1)
G_2 = tf(3, [2 1]); % 传递函数2: 3/(2*s + 1)
% Kp的作用
for Kp = 0:0.1:3
    G1 = Kp;
    sys = feedback(G1 * G * G_2, 1); % 单位负反馈系统
    s = step(sys);
    title("");
    xlabel("t", "Interpreter", "latex");
    ylabel("u(s)", "Interpreter", "latex");
    text(0.5, 0.9, "Kp="+num2str(Kp), "Interpreter", "latex", "
    text(0.5, 0.8, "$K_i=0$", "Interpreter", "latex", "Units",
    text(0.5, 0.7, "$K_d=0$", "Interpreter", "latex", "Units",
    axis([0 10 0 1.6]);
    pause(0.01);
end

% Ki的作用
Kp = 3;
for Ki = 0:0.02:1
    G1 = tf([Kp Ki], [1 0]); % 比例-积分控制 (Kp*s + Ki) / s
    sys = feedback(G1 * G * G_2, 1); % 单位负反馈系统
    step(sys);
    title("");
```

图 4　动态 P I D 曲线代码及结果

详细过程视频将会放在压缩包的附件中。

四、　实验心得

虽然第一次使用 Simulink，在仿真环境中配置时一开始有些不知所措，但由于已经比较习惯 Matlab 了，很快就完成了仿真模型。

相比之下，PID 原理则有些难以理解，之前在上课时，虽然内心明白什么是积分、微分，但是并不清楚为什么要这么做，也就是“知其然不知其所以然”。之后看了一个视频，这其中使用了“调节水温”的过程打比方，才明白了为什么要这么做，也因此受益匪浅。