

同濟大學

控制工程基础实验思考题



学院 机械与能源工程学院

专业 机械设计制造及其自动化

学号 1851960

组别 第一组

姓名 郑光泽

指导教师 于颖

完成日期 2020 年 12 月 18 日

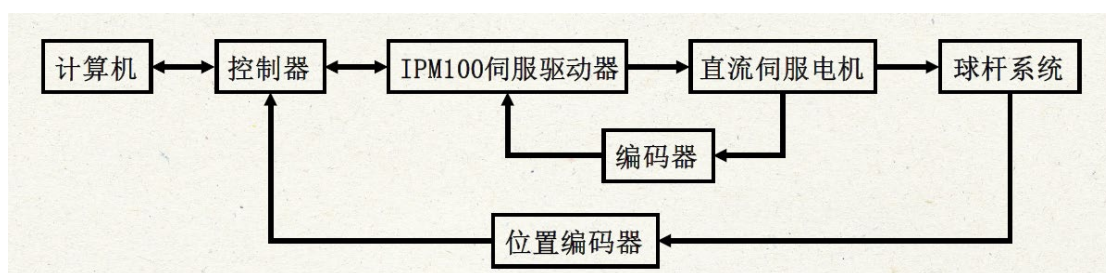
目录

实验一、球杆系统.....	3
实验二、板球系统.....	4
实验三、PID 控制的一级直线倒立摆	4
实验四、LQR 控制的一级直线倒立摆.....	6
实验五、平面倒立摆	6
实验六、四旋翼无人机的控制	7

实验一、球杆系统

- 1) 画出球杆控制系统控制原理框图
- 2) 数据采集与处理实验采样数据为什么要进行滤波处理？哪些因素会影响小球位置精度？
- 3) 写出PID控制的传递函数。
- 4) 写出根轨迹控制的传递函数。

1)



球杆控制系统控制原理框图

2)

主要是为了去除干扰。

影响小球位置精度的因素来源于实验者的影响、桌面的平整度、小球表面的平整度、仪器的精密度、自然环境的影响等。

3)

PID控制中，输入控制偏差 $e(t)$ 与输出控制结果 $u(t)$ 的关系为：

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

上式进行拉氏变换，得其传递函数为：

$$\begin{aligned} G(s) &= \frac{U(s)}{E(s)} \\ &= K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s \\ &= \frac{K(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}{s} \end{aligned}$$

其中 $K_p = 1.5$, $K_I = 0.3$, $K_D = 1.5$ 。

4)

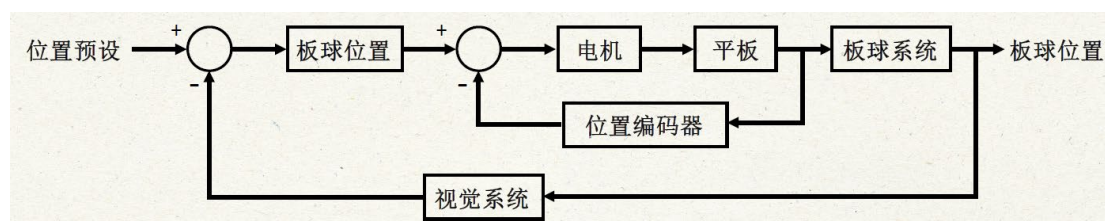
根轨迹控制的传递函数为

$$G(s) = K \frac{s - z_c}{s - z_p}$$

实验二、板球系统

- 1) 画出板球控制系统的控制原理框图
- 2) 为什么在此实验中需要建立球盘坐标系?
- 3) 图像二值化处理的目的是什么?

1)



板球控制系统控制原理框图

2)

为了视觉系统能定量的反馈和控制小球的位置信息，系统通过对摄像机采集的图像进行识别可得到小球质心在图像坐标系 I 中的坐标，经过坐标映射可得到小球在世界坐标系 W 中坐标，定义的坐标系有：图像坐标系 $I(u, v)$ ，摄像机坐标系 $C(X_c, Y_c, Z_c)$ ，世界坐标系 $W(X_w, Y_w, Z_w)$ 。其中，图像坐标系 I 以像素为单位，摄像机坐标系 C 和世界坐标系 W 以物理尺寸为单位。

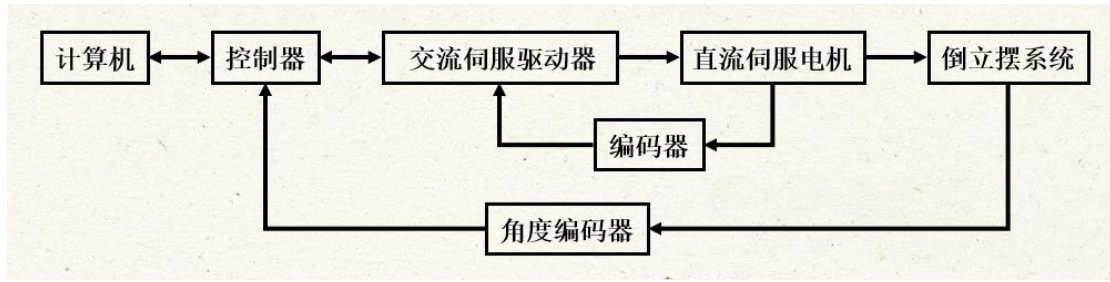
3)

二值化是将图像上的像素点的灰度值设为 0 或 255，即整个图像只呈现出黑白的效果。为了方便勾勒轮廓，减小数据的运算量。

实验三、PID 控制的一级直线倒立摆

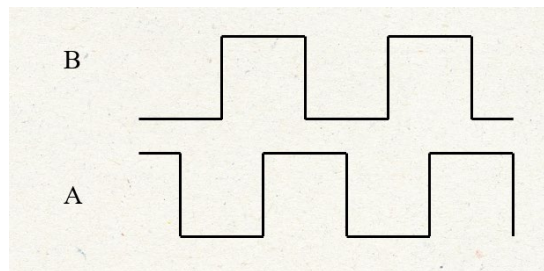
- 1) 画出直线倒立摆控制系统的控制原理框图
- 2) 在编码器数据读取实验中，画出正反向 A/B 相脉冲输出波形
- 3) 在 PID 实验中，测试比较 P、PI、PD、PID 控制方式的性能。
- 4) 在根轨迹控制器设计中，需要将根轨迹先设计好，在不接入固高的情况进行模拟测试，怎样模拟测试?
- 5) 在频率响应法实验中，控制的目标参数是什么？在实验中应注意摆杆必要达到极限位置，避免实验失败，为什么？

1)

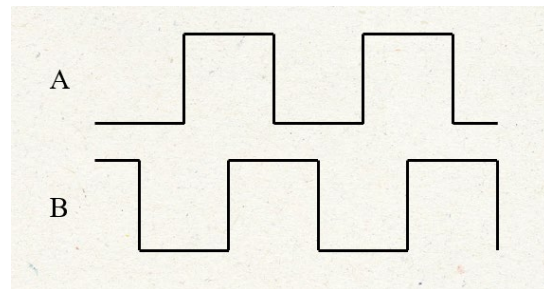


PID控制系统控制一级直线倒立摆原理框图

2)



正转



反转

3)

P 控制稳定震荡，PI 震荡且发散，PD 可以实现稳定但是存在静态误差。PID 综合控制可以实现控制要求，具有较好性能。

4)

在 matlab 自带的 simulink 可以进行数学模拟测试，需要仿真输入，控制器，系统（传递函数），输出至示波器观察波形。也可以在 simulink 中建立实物模型进行仿真，实物模型仿真在 adams 中更容易一些。

5)

目标参数是静态误差系数，相位裕量，幅值裕量。达到极限位置很容易造成剧烈碰撞，电机进行自动保护，需要重新启动才可以重新实验，并且频繁撞击容易造成系统设备精度下降（如电机皮带无法张紧），甚至是设备损坏。

实验四、LQR 控制的一级直线倒立摆

- 1) 在状态空间极点配置实验 (DEMO) 中, 分别比较在此实验系统上添加 $s=0$ 的零点以及 $s=0$ 的极点后对原系统的影响。
- 2) 在LQR实验中, 控制的目标参数是什么?

1)

零点对系统的稳定性没有很大的影响而级点会改变系统稳定性。

2)

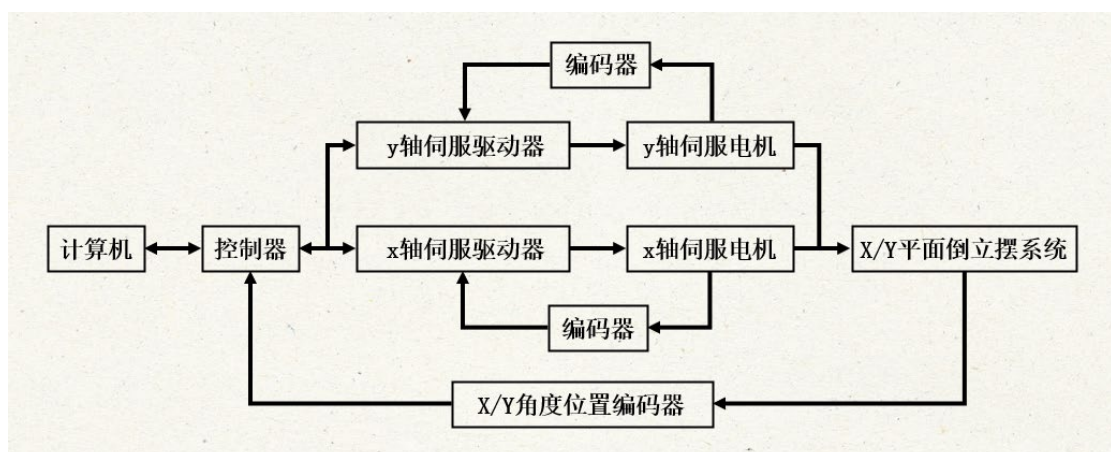
小车的位移和摆杆的角度, 获得一个反馈矩阵 K , 通过 $u=KX$ 输入使得系统目标函

数 $J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (x^T Q x + u^T R u) dt$ 最小, 进而使得系统平衡, 得到最优控制轨线 $\dot{x} = [A - BK]x$ 。

实验五、平面倒立摆

- 1) 画出平面倒立摆控制系统的控制原理框图。
- 2) 为什么将摆杆快速至垂直位置不易于实现自动竖立平衡?
- 3) 在原有 demo 的基础上增加零点和极点后对系统的影响。

1)



平面倒立摆控制系统原理框图

2)

因为初始化达到稳定态需要时间, 此外迅速的摆至竖直位置会有较大的加速度和速度, 有可能导致系统无法正常运行。

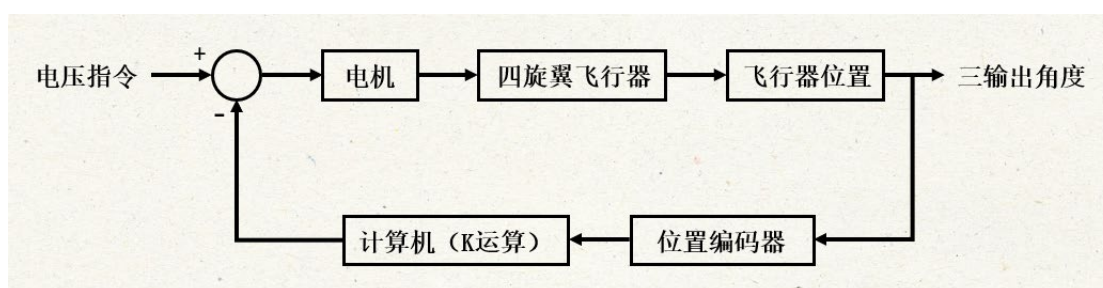
3)

增加极点系统相位滞后，而零点可以使得相位超前。

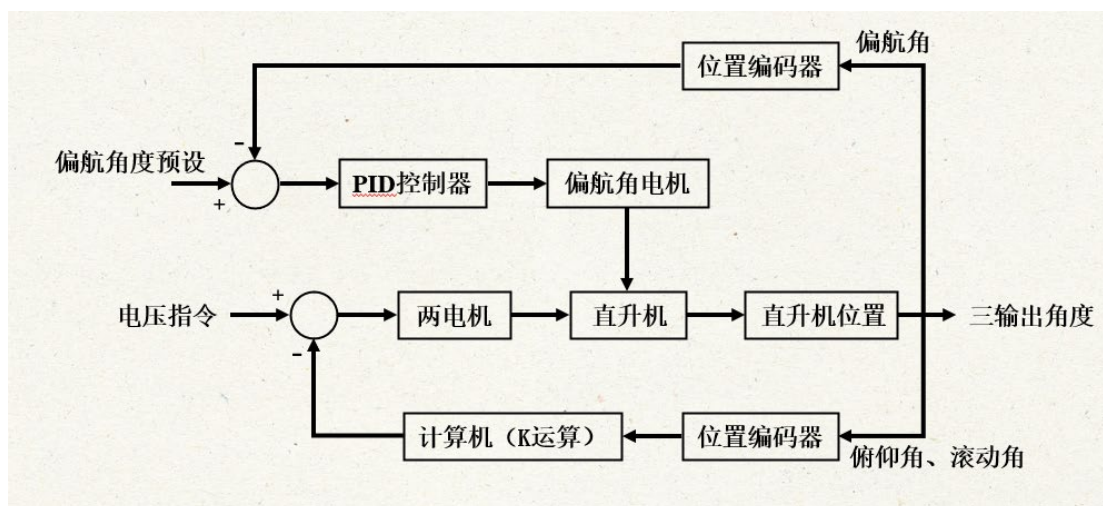
实验六、四旋翼无人机的控制

- 1) 分别画出四旋翼仿真器和三自由度直升机控制系统的控制原理框图。
- 2) 四旋翼仿真器有几个输入出变量？ 输入有哪些传感器？ 输出控制哪些电机？
- 3) 三自由度直升机有几个输入出变量？ 输入有哪些传感器？ 输出控制哪些电机？

1)



四旋翼控制系统原理框图



直升机控制系统原理框图

2)

四旋翼是四输入三输出系统，四输入为前后左右四个电机的电压，三输出为俯仰角，偏航角，还有滚动角，四个输入造成转速/升力的不同进而控制三个输出的角度，三个角度由三个位置编码器反馈回来，进而控制四个电机电压的输入，来实现系统的稳定。

3)

三自由度直升机是两输入三输出系统，两输入为两侧两个电机的电压，三输出为俯仰角，偏航角，还有滚动角，两个输入造成转速/升力的不同进而控制三个输出的角度，三个角度由三个位置编码器反馈回来，进而控制两个电机电压的输入，来实现系统的稳定。