

实验四 直流电机转速控制实验

1 实验目的

- (1) 掌握数字 PID 控制的设计方法；
- (2) 考虑计算过程所需时间，合理设计程序结构。

2 实验电路

2.1 实验装置硬件说明

电机控制实验箱的原理框图如图 1 所示。

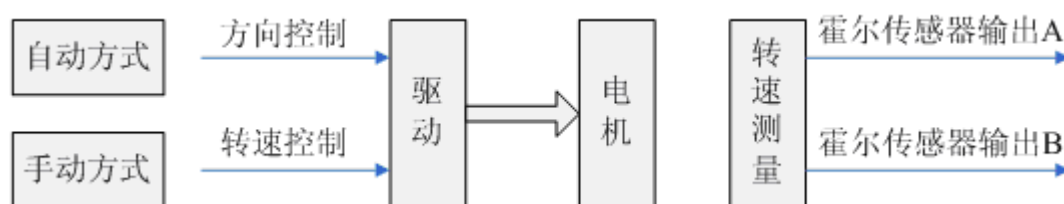


图 1 电机控制实验箱原理框图

从图 1 可知，控制电机需要两个信号，分别为方向控制和转速控制，控制信号经过驱动电路后驱动电机运转，在电机的轴上安装有塑料转盘，转盘上装有小磁铁，当电机运动时带动小磁铁运动，每个小磁铁经过安装的霍尔传感器后，霍尔传感器都会输出一个脉冲信号，这个脉冲信号在实验中用于检测电机的转速。

电机有两种控制方式，即手动方式和自动方式。在手动方式时，可以通过开关来控制电机方向；通过旋转电位器可以控制电机速度。在自动方式时，通过程序来控制电机的方向和转速。

2.2 实验装置接口说明

控制系统与电机实验箱通过 DB9 插头连接，其接口定义如表 1 所示。

表 1 电机实验箱 DB9 插头引脚信号特性

DB9 引脚号	颜色	标号	信号特性	信号类型	信号方向 (对实验箱而言)
1	棕	DIR	方向控制	数字量	输入
2	红	PWM	转速控制	数字量	输入
3	橙				
4	黄				
5	绿	GND	电源地	地	

6	蓝	OUTA	霍尔器件 A 输出	数字量	输出
7	灰	OUTB	霍尔器件 B 输出	数字量	输出
8	白				
9	黑				

3 PID 控制算法简介

3.1 增量式 PID 算法

增量式 PID 输出表达式为：

$$\Delta p_n = [(e_n - e_{n-1}) + \frac{T_s}{T_I} e_n + \frac{T_D}{T_s} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})] \quad (1)$$

$$= K_p (e_n - e_{n-1}) + K_I e_n + K_D (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})$$

其中：

K_p 、 T_I 、 T_D ：分别为调节器比例系数、积分时间和微分时间

T_s ：采样周期

p_n ：第 n 次采样时调节器的输出

e_n ：第 n 次采样时的偏差值

K_I 、 K_D ：PID控制算式的积分和微分系数

采用归一化参数整定法，即：

$$T_s = 0.1T_K \quad T_I = 0.5T_K \quad T_D = 0.125T_K$$

T_K 为纯比例下的临界振荡周期，带入式（1）得：

$$\Delta p_n = K_p * (2.45e_n - 3.5e_{n-1} + 1.25e_{n-2}) \quad (2)$$

实际实验时，可以采取试凑法来得出 K_p 值。

3.2 增量式 PID 算法流程图

采用单片机实现 PID 算法时，可以采取如图 2 所示的流程图进行。

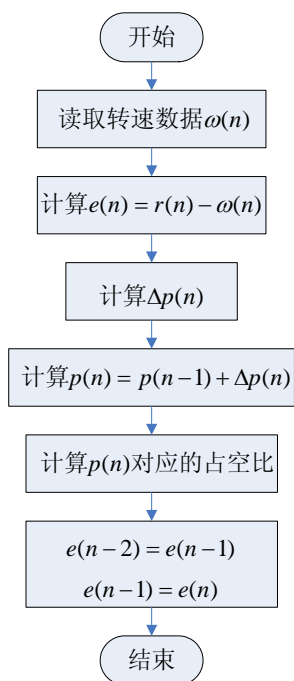


图 2 PID 算法流程图

3.3 闭环控制框图

图 3 是电机转速控制的闭环框图，其中 $r(s)$ 代表要求达到的转速值， $w(s)$ 代表电机当前的转速值，折线代表电机的转速死区， $\frac{K_m}{T_ms+1}$ 代表电机的特性。

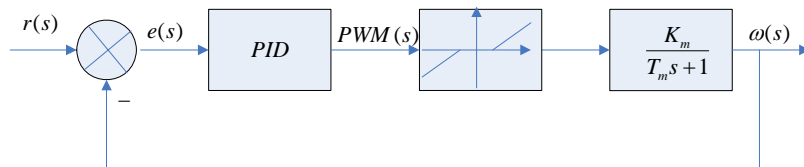


图 3 电机转速控制闭环框图

4 开发环境

程序开发调试软件为 KeilC，下载软件为 S51ISP，关于这两个软件的使用方法请参考“键盘显示实验指导书”。

5 实验要求

- (1) 通过实验箱上的键盘输入需要达到的转速值，转速范围为 200~1300r/min
- (2) 将测量到的电机转速显示到实验箱的数码管 LED3~LED6 上，转速单位为“转/分”。

6 实验报告

- (1) 绘出闭环控制框图
- (2) 写出 PID 参数调整说明
- (3) 给出软件流程图
- (4) 写出实验步骤
- (5) 附上带注释的软件源码，并对各模块进行说明
- (6) 总结实验心得

7 注意事项

计算过程可能占用较长的时间，会影响 PWM 输出的稳定性，需要合理调整程序结构。