

实验报告

课程名称: DSP 的原理与应用

实验名称: 实验 6.1: 直流电机控制实验

专业-班级: 电气 1 班 学号: 220330124 姓名: 舒晟超

实验日期: 2024 年 6 月 4 日

试验台号:

报告总分数:

教师评语:

助教签字:

教师签字:

日 期:

一、实验目的

1. 学习用 C 语言编制中断程序，控制 F28335 DSP 通用 I/O 管脚产生不同占空比的 PWM 信号。
2. 学习 F28335 DSP 的通用 I/O 管脚的控制方法。
3. 学习直流电机的控制原理和控制方法。

二、实验过程

1. 阅读代码
2. 连接线路，编译并下载程序，进行硬件仿真
3. 观察实验结果

三、实验结果

1. 阅读代码

```
1. unsigned int uCountDuty = 0, uCountSpeed = 0, bSpeed = 0;
2. interrupt void cpu_timer0_isr()
3. {
4.     CpuTimer0.InterruptCount++;
5.     // Acknowledge this interrupt to receive more interrupts from group 1
6.     PieCtrlRegs.PIEACK.all = PIEACK_GROUP1;
7.     // 清除中断标志位
8.     CpuTimer0Regs.TCR.bit.TIF = 1;
9.     // 使能定时器重载
10.    CpuTimer0Regs.TCR.bit.TRB = 1;
11.    // PWM 输出控制
12.    GpioDataRegs.GPBDAT.bit.GPIO52 = (uCountDuty < uDuty) ? 1 : 0;
13.    uCountDuty++;
14.    uCountDuty %= 100;
15. }
```

CPU Timer 通过对 GPIO 通用引脚输出控制进行 PWM 输出，uCountDuty 从 0 计数到 100 进行循环，uDuty 小于 uCountDuty 时，GPIO 引脚输出高电平，反之输出低电平，故 PWM 占空比由 uDuty 决定，主循环中的按键控制 uDuty 值以控制电机的开环转速。

2. 连接线路，编译并下载程序，进行硬件仿真
3. 观察实验结果

观察到按键 1-6 可以控制电机开环转速的快慢，同时 7-8 可以控制电机的正反转，由于电机为开环控制，所以在外加阻力矩时转速有明显下降。

[实验现象见附件。](#)

四、问题与思考

1. 计算例程中产生的 PWM 的周期是多少？通过 ePWM 模块产生 PWM 脉冲对比通过 CPU_TIMER0 中断产生 PWM 脉冲有什么优势？（1.5 分）
(1) TPR 寄存器值为 0，PRD 寄存器值为 0x100 即 256，由公式：

$$T = \frac{(PRDH : PRD) * (TDDRH : TDDR + 1)}{SYSCLKOUT}$$

可得，CPU Timer 0 周期为 1.7066us，PWM 周期为 170.66us。

（2）CPU Timer0 产生 PWM 主要依赖于在中断中进行计数比较并通过普通 GPIO 引脚输出，输出的 PWM 波形精度不高；且无影子寄存器保护，当参数改变时可能会导致 PWM 波形变化不平滑；同时 CPU Timer0 频繁进入中断，使得主程序运行效率不高；CPU Timer0 配置输出波形不灵活，配置复杂波形需要进行复杂的逻辑控制。

（3）ePWM 模块专用于输出 PWM 波，PWM 波形配置灵活，精度较高，有影子寄存器保护使得参数改变时波形能够平滑过渡。

实验报告

课程名称: DSP 的原理与应用

实验名称: 实验 6.2: PID 算法控制实验

专业-班级: 电气 1 班 学号: 220330124 姓名: 舒晟超

实验日期: 2024 年 6 月 4 日

试验台号: _____

报告总分数: _____

教师评语:

助教签字: _____

教师签字: _____

日 期: _____

一、实验目的

1. 掌握利用 ICETEK-F28335-AF 评估板与 ICETEK-CTRF 板上带速度反馈的直流电机 B 的连接和控制原理。
2. 熟悉 F28335DSP 的通用 IO 端口和定时器的编程使用。
3. 学习利用数字 PID 控制算法控制电机转速。

二、实验过程

1. 阅读代码
2. 连接线路，编译并下载程序，进行硬件仿真
3. 设置电机转速，观察实验结果

三、实验结果

1. 阅读代码

程序使用了离散化后的 PID 增量式算法，其中的 A, B, C 与 PID 参数不完全对应。

```
1. // PID 算法, 增量式
2. void PIDControl(int rk, int yk)
3. {
4.     // 误差计算
5.     ek = rk - yk;
6.     duk = a * ek + b * ek1 + c * ek2; // 进行PID计算, A, B, C 与PID参数不完全对应
7.     // 误差更新
8.     ek2 = ek1;
9.     ek1 = ek;
10.    // 输出幅值限制
11.    if (duk > 10)
12.        duk = 3;
13.    if (duk < -10)
14.        duk = -5;
15.    tz = (int)duk;
16.    // 增量式PID, 将PID计算值作为增量输出
17.    pwm += tz;
18.    // 输出限幅
19.    if (pwm < 0)
20.        pwm = 0;
21.    else if (pwm > 99)
22.        pwm = 99;
23. }
```

中断程序用于采样电机速度和 PWM 输出

```
1. interrupt void cpu_timer0_isr(void)
2. {
3.     PieCtrlRegs.PIEACK.all = PIEACK_GROUP1;
4.     CpuTimer0Regs.TCR.bit.TIF = 1;
5.     CpuTimer0Regs.TCR.bit.TRB = 1;
```

```

6. // 200Hz 频率 PWM 波输出
7. nCount1++;
8. nCount1 %= Hz200;
9. GpioDataRegs.GPBSET.bit.GPIO52 = 1;
10. GpioDataRegs.GPBDAT.bit.GPIO52 = (nCount1 > uN) ? 1 : 0;
11. // 计算电机速度，采样频率为 1Hz
12. if (nCount2 == 0)
13. {
14.   GpioDataRegs.GPBDAT.bit.GPIO53 = nnn;
15.   nnn = 1 - nnn;
16. }
17. nCount2++;
18. nCount2 %= Hz1;
19. nJSSpeed++;
20. nJSSpeed %= 7000;
21. nCount++;
22. nCount %= 25000;
23. }

```

2. 连接线路，编译并下载程序，进行硬件仿真

3. 设置电机转速，观察实验结果

由于电机存在闭环控制，在外界力矩干扰后在一定时间内能够稳定到原转速。PID 控制的性能受到输出限幅，采样频率的影响，输出限幅限制了响应速度，采样频率过低引入延时环节，可能导致控制的延时。

实验现象见附件。

四、问题与思考

1、PID 控制的参数可以随需要变化，当采用不同的参数组合时，得到的系统响应也不尽相同，优化的参数值并不是唯一的。在测试参数时，可以按照先比例—后积分—再微分的顺序反复调试参数，直到满意为止。通过表格记录下不同比例—积分—微分参数下，系统的响应速度变化。（2 分）

$$A = K_p \left(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_D}{T}\right), \quad B = -K_p \left(1 + 2 \frac{T_D}{T}\right), \quad C = K_p \frac{T_D}{T}$$

取 $T = 1$ ，可以得到 A，B，C 和增量式 PID 参数的对应关系。

PID 限幅为 3 时得到的响应速度如下：

Kp	Ti	Td	A	B	C	响应时间	超调
-0.4	-0.44444 4	-0.25	0.6000009	0.2	0.1	30s	37
-0.5	-0.4	-0.25	0.875	0.25	0.125	40s	37
-1	-0.4	-0.25	1.75	0.5	0.25	系统震荡，无法稳定	
-1	-0.6	-0.25	0.91666666 7	0.5	0.25	39s	35
-1	-1	-0.25	0.25	0.5	0.25	20s	35
-1	-1.2	-0.25	0.08333333 3	0.5	0.25	53s	38
-1	-1	-0.5	0.5	0	0.5	43s	37

-1	-1	-0.2	0.2	0.6	0.2	系统震荡，无法稳定	
----	----	------	-----	-----	-----	-----------	--

PID 限幅为 10 时得到的响应速度如下：

Kp	Ti	Td	A	B	C	响应时间	超调
-0.4	-0.44444 4	-0.25	0.6000009	0.2	0.1	15s	37
-0.5	-0.4	-0.25	0.875	0.25	0.125	13s	37
-1	-0.4	-0.25	1.75	0.5	0.25	30s	43
-0.5	-0.6	-0.25	0.45833333 3	0.25	0.125	13s	36
-0.5	-0.8	-0.25	0.25	0.25	0.125	12s	37
-0.5	-0.8	-0.1	0.175	0.4	0.05	12s	35

- (1) 直流电机存在死区特性，从 0 启动时需要 30%左右的 PWM 波输出方能使得电机启动；
- (2) 采样率为 1Hz，过低的采样率导致系统存在延迟，可能引发系统振荡；
- (3) 系统的 PID 增量限幅影响了系统的调整幅度，增大响应时间，同时产生超调时难以快速抑制。
- (4) 增量式 PID 和全量式 PID 的调参逻辑完全不同，难以通过频域分析和时域分析的方法进行调整参数。

以上调整得到的比较好的参数：A=0.175 B =0.4 C=0.05