



浙江工业大学  
ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## DSP 原理及应用

### 实验 6：直流电机控制实验 实验报告

姓 名： 林宇航  
班 级： 自动化 1901  
学 号： 201906060308  
学 院： 信息工程学院

设计日期 2022. 4. 17

# 实验六 直流电机控制实验

## 一、实验目的

1. 了解直流电机的驱动原理;
2. 了解 PWM 对直流电机调速的原理;
3. 掌握 DSP 配置 PWM 的方法。

## 二、实验主要内容

1. DSP 的 PWM 初始化;
2. 改变 PWM 占空比来调整电机转速。

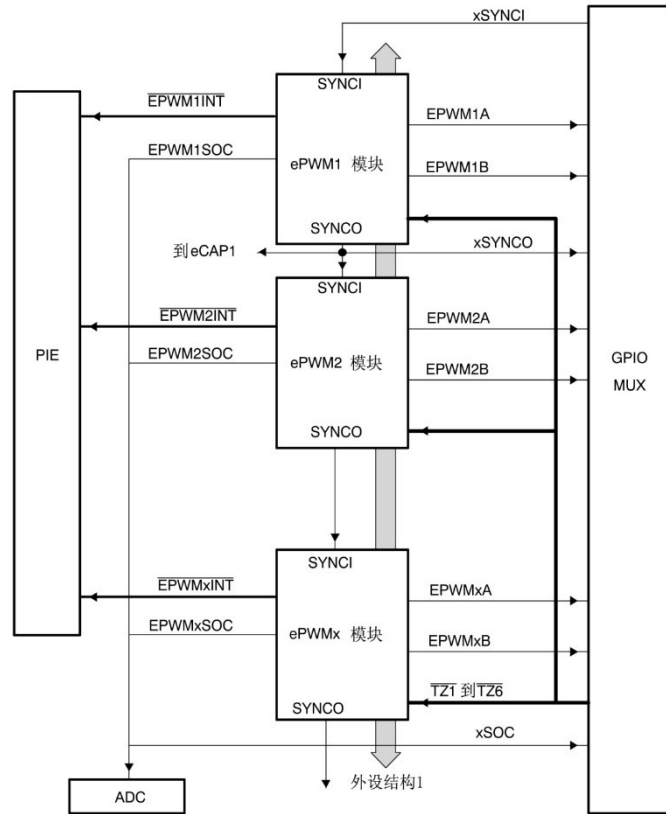
## 三、实验基本原理

### 1. PWM 简介

脉宽调制(PWMN)是利用微处理器的数字输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术, 广泛应用在从测量、通信到功率控制与变换的许多领域中。PWM 是一种对模拟信号电平进行数字编码的方法。通过高分辨率计数器的使用, 方波的占空比被调制用来对一个具体模拟信号的电平进行编码。

PWM 有如下特点:

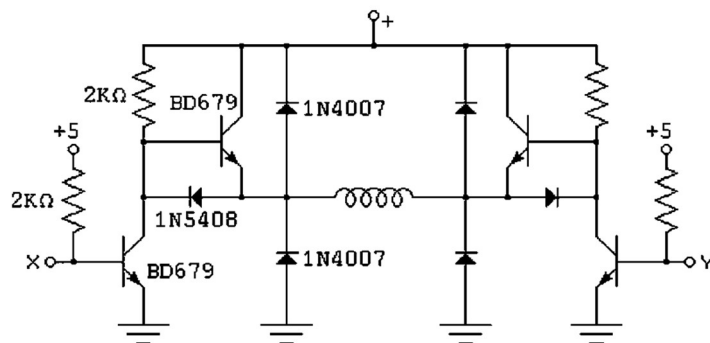
- 16 位寄存器
- 可编程死区, 最小死区宽度为一个 CPU 时钟周期
- 可直接改变 PIM 频率
- 每个 PWM 周期内或周期结束后都可以改变 PWM 脉宽, 最小脉宽和调整最小量都是一个 CPU 时钟周期
- 外部可屏蔽 的功率和驱动保护
- 脉冲生成电路可以用来产生可编程的不对称、对称以及 8 个空间矢量的 PWM 波形
- 自动装载比较和周期寄存器减少 CPU 开销 PDPINTx 可直接屏蔽 PWM 输出 F28335 有六个增强型脉宽调制模块, 原理框图如下图所示:



## 2. PWM 的管脚和信号

EPWM1A (O)	J1-1	J1-2	EPWM1B (O)
EPWM2A (O)	J1-3	J1-4	EPWM2B (O)
EPWM3A (O)	J1-5	J1-6	EPWM3B (O)
EPWM4A (O)	J3-1	J3-2	EPWM4B (O)
EPWM5A (O)	J3-3	J3-4	EPWM5B (O)
EPWM6A (O)	J3-5	J3-6	EPWM6B (O)

## 3. 直流电机驱动控制原理图



#### 四、实验过程和关键程序解读

1. 启动 CCS，进入 CCS 的操作环境，并导入 dcmotor 工程。
2. 加载 dcmotor 工程，添加 NewTargetConfiguration.ccxml 文件
3. 阅读源代码

1) 初始化系统控制寄存器与要使用的 GPIO:

```
102 // Step 1. 初始化系统控制寄存器:
103 InitSysCtrl();
104
105 // Step 2. 初始化 ePWM3 的对应的IO口
106 InitEPwm3Gpio();
```

2) PIE 相关初始化:

```
108 // 关 CPU 中断
109 DINT;
110 // 初始化PIE控制寄存器
111 InitPieCtrl();
112 // 关 CPU 中断 and 清除中断标志位:
113 IER = 0x0000;
114 IFR = 0x0000;
115 // 初始化PIE中断向量表
116 InitPieVectTable();
```

3) 重映射中断向量表:

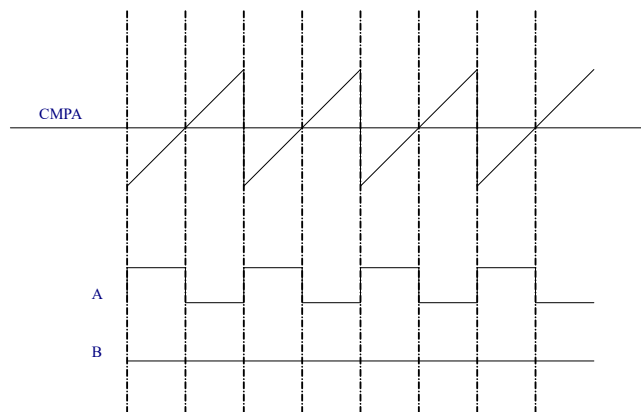
```
118 // 重映射中断服务函数
119 EALLOW;
120 PieVectTable.EPWM3_INT = &epwm3_isr;
121 EDIS;
```

4) PWM 配置:

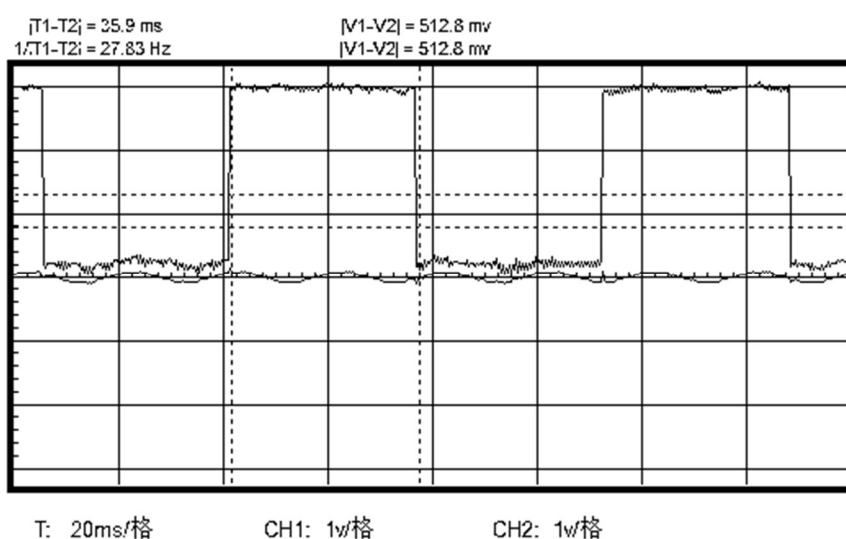
由于实验箱中的直流电机驱动开关速度不能太高，会导致输出波形失真，所以这里分频系数给得较大，为 128 分频。

```
203 EPwm3Regs.TBPRD = 6000; // 设置PWM周期
204 EPwm3Regs.TBPHS.half.TBPHS = 0x0000; // 相位偏置
205 EPwm3Regs.TBCTR = 0x0000; // 计数器清零
206 // Setup TBCLK
207 EPwm3Regs.TBCTL.bit.CTRMODE = TB_COUNT_UP; // 增计数模式
208 EPwm3Regs.TBCTL.bit.PHSEN = TB_DISABLE; // 禁用载入相位计数器
209 EPwm3Regs.TBCTL.bit.HSPCLKDIV = 7; // 系统分频
210 EPwm3Regs.TBCTL.bit.CLKDIV = 7;
211 EPwm3Regs.TBCTL.bit.SYNCSEL = TB_SYNC_DISABLE;
212
213 // Setup compare
214 EPwm3Regs.CMPA.half.CMPA = 3000;
215
216 EPwm3Regs.CMPCTL.bit.SHDWAMODE = CC_SHADOW; // 过零时加载寄存器
217 EPwm3Regs.CMPCTL.bit.SHDWBMODE = CC_SHADOW;
218 EPwm3Regs.CMPCTL.bit.LOADAMODE = CC_CTR_ZERO;
219 EPwm3Regs.CMPCTL.bit.LOADBMODE = CC_CTR_ZERO;
220
222 // Set actions
223 EPwm3Regs.AQCTLA.bit.CAU = AQ_CLEAR; // PWM2A增计数过比较寄存器时产生一个动作: 复位
224 EPwm3Regs.AQCTLA.bit.ZRO = AQ_SET; // PWM2B计数过零时产生一个动作: 置位
225
226 EPwm3Regs.AQCTLB.bit.CAU = AQ_CLEAR; // PWM2A增计数过比较寄存器时产生一个动作: 复位
227 EPwm3Regs.AQCTLB.bit.ZRO = AQ_CLEAR; // PWM2B计数过零时产生一个动作: 复位
```

理论产生的波形如图:



使用虚拟示波器测得波形为：



同时为了防止直流电机上下两桥臂同时导通而短路，代码中还设置了死区：

```

230 // pwm死区中断
231 EPwm3Regs.ETSEL.bit.INTSEL = ET_CTR_ZERO; // 过零产生中断
232 EPwm3Regs.ETSEL.bit.INTEN = 1; // 中断使能
233 EPwm3Regs.ETPS.bit.INTPRD = ET_3RD; // 3个周期产生一次中断

```

中断服务函数：

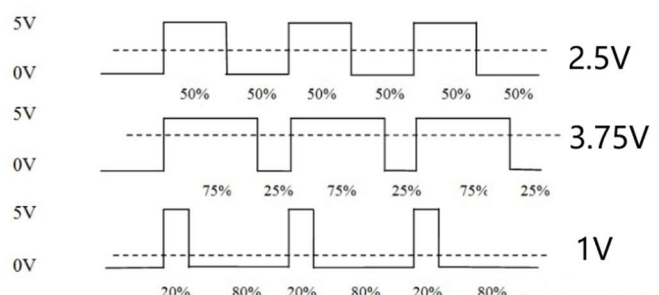
```

159 if(EPwm3_DB_Direction == DB_UP)
160 {
161     if(EPwm3Regs.DBFED < EPWM3_MAX_DB)
162     {
163         EPwm3Regs.DBFED++;
164         EPwm3Regs.DBRED++;
165     }
166     else
167     {
168         EPwm3_DB_Direction = DB_DOWN;
169         EPwm3Regs.DBFED--;
170         EPwm3Regs.DBRED--;
171     }
172 }
173 else
174 {
175     if(EPwm3Regs.DBFED == EPWM3_MIN_DB)
176     {
177         EPwm3_DB_Direction = DB_UP;
178         EPwm3Regs.DBFED++;
179         EPwm3Regs.DBRED++;
180     }
181     else
182     {
183         EPwm3Regs.DBFED--;
184         EPwm3Regs.DBRED--;
185     }
186 }

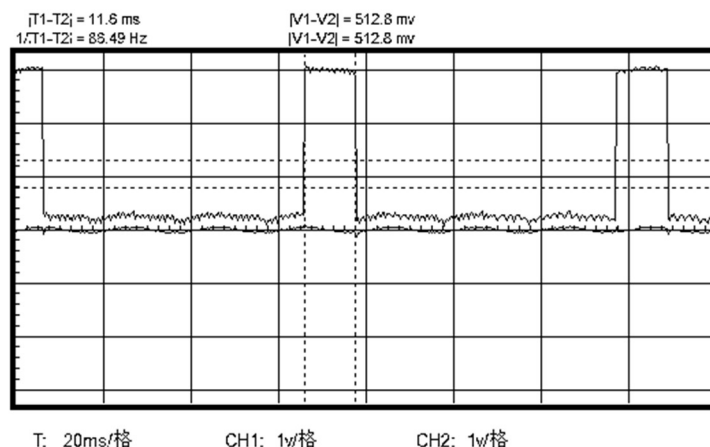
```

## 5) 电机调速:

不同的占空比其等效电压就不一样, 电机转速就不一样, 所以只需调节 CMPA 寄存器或者修改周期值, 其占空比计算公式为  $duty = \frac{CMPA}{TBPRD}$ 。



我选择将 CMPA 的值修改为 1000, 则其理论占空比为 1/6, 用虚拟示波器测得大约为 16.67%



## 五、实验总结与思考

由于在平时的竞赛中, 直流电机驱动是十分常用的, 而且原理也是比较简单的, 所以这次实验没有太大的困难, 唯一的阻碍可能就说电机驱动的开关速度不能过快, 在我们平时使用的驱动板中, pwm 控制信号可以达到 15Khz 以上, 所以想当然了, 这次实验也可以, 导致电机只能满速转, 或者不转, 说实话在测其波形的时候我就应该第一时间想到。同样的在最近我指导大一新生的智能车校赛中, 选择的一块驱动板也是不能支持太大的开关频率的, 导致我设置 15Khz 电机的噪音很大, 更不应该的是我在测完波形后没有第一时间想到, 所以这些碰壁的经验很重要。