

平头哥 CDK 助力中科昊芯 HX2000 系列芯片之双电机有感 FOC 控制系统专题（三）永磁电机双闭环

平头哥半导体有限公司的剑池集成开发环境（以下简称“CDK”）已发布最新版本 V2.10.5, 请及时更新。

自中科昊芯推出专题阐述 HXS320F28034 双电机有感 FOC 控制系统实现以来，第一期主要分析了双电机有感 FOC 控制原理，第二期着重分析了永磁 BLDC 的霍尔位置开环控制。

本期采用 CDK-V2.10.3 版本与 AioneMotor_DSC28034 电机驱控一体板联合开发内置霍尔位置传感器的永磁 BLDC 双闭环调速，特点是实现方法简单、硬件成本低，相比 FOC 转矩脉动较大。

BLDC 的双闭环调速原理如图 1，系统给定转速 n_{ref} 与通过每 60 度换相的时间间隔求得的 BLDC 实际转速 n_{fbk} 相比较，经速度 PI 调节器运算得到电流给定值 i_{ref} ，与电流采样的反馈值 i_{fbk} 进行比较，经电流 PI 调节器输出调制波信号，与 PWM 模块输出的三角波信号相比较得到调制的脉宽信号，按“六步换相”算法驱动逆变器，实现双闭环调速。

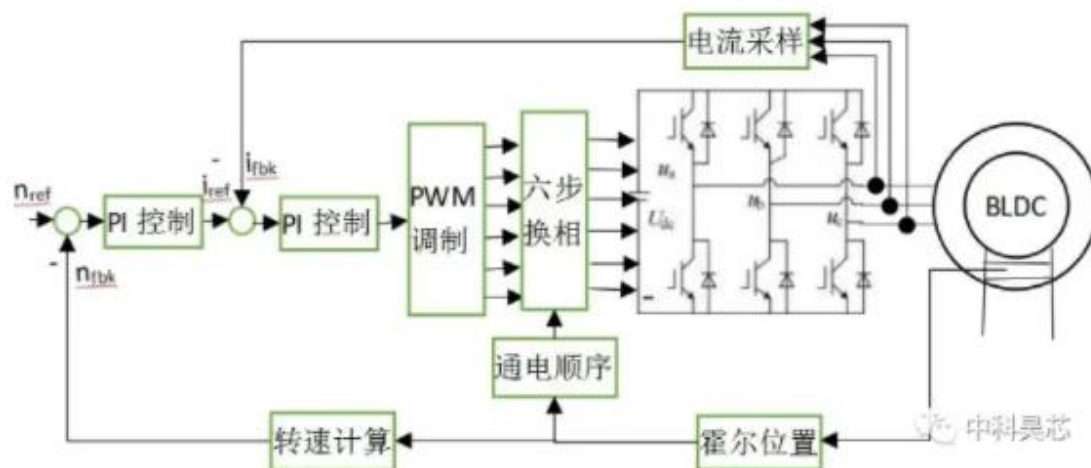


图1

依照上述原理，设计 HXS320F28034 永磁电机双闭环控制系统如图 2，通过 GPIO 按键控制电机使能与转速给定，经双闭环 PI 调节输出 PWM 波的导通脉宽从而实现电机调速，

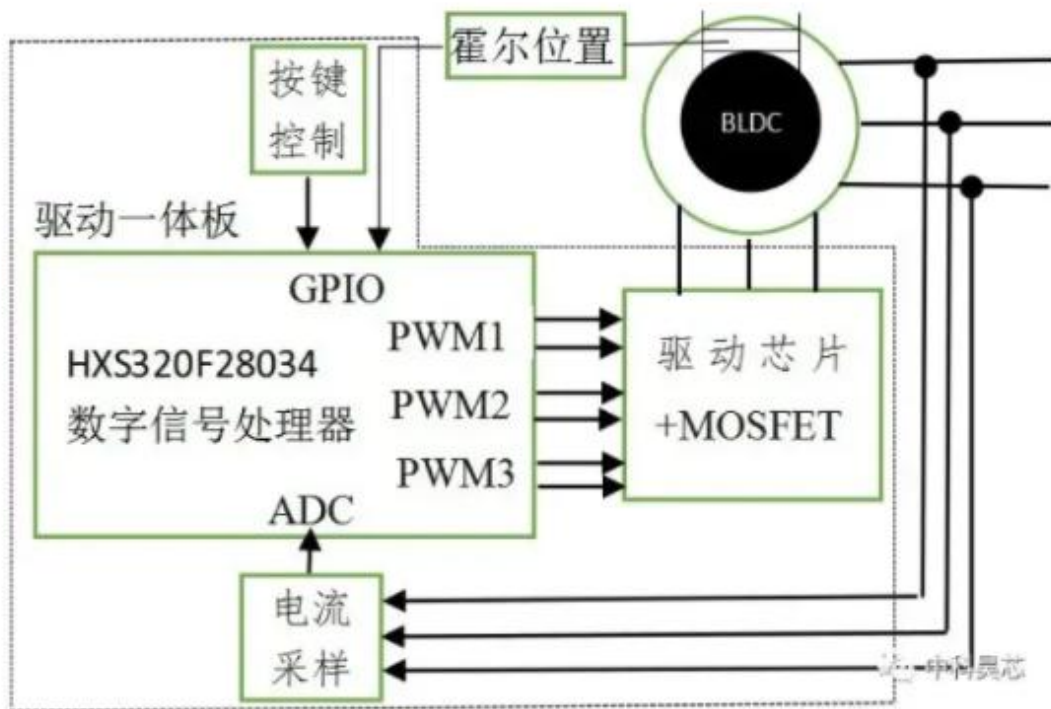


图2

硬件连接如图 3



图3

系统所采用的软硬件开发环境详见《芯教程 | 平头哥 CDK 助力中科昊芯 HX2000 系列芯片之双电机有感 FOC 控制系统专题（一）第一期：双电机有感 FOC 控制原理》。

根据上述分析，基于 CDK 开发双闭环调速，代码包括：PWM 的外设 Gpio 引脚配置、三路三相 PWM 波输出配置，霍尔位置采样与转速计算、电流采样、PI 调节算法、按六步换相输出的 EPWM 事件触发中断服务程序，主程序执行调用。

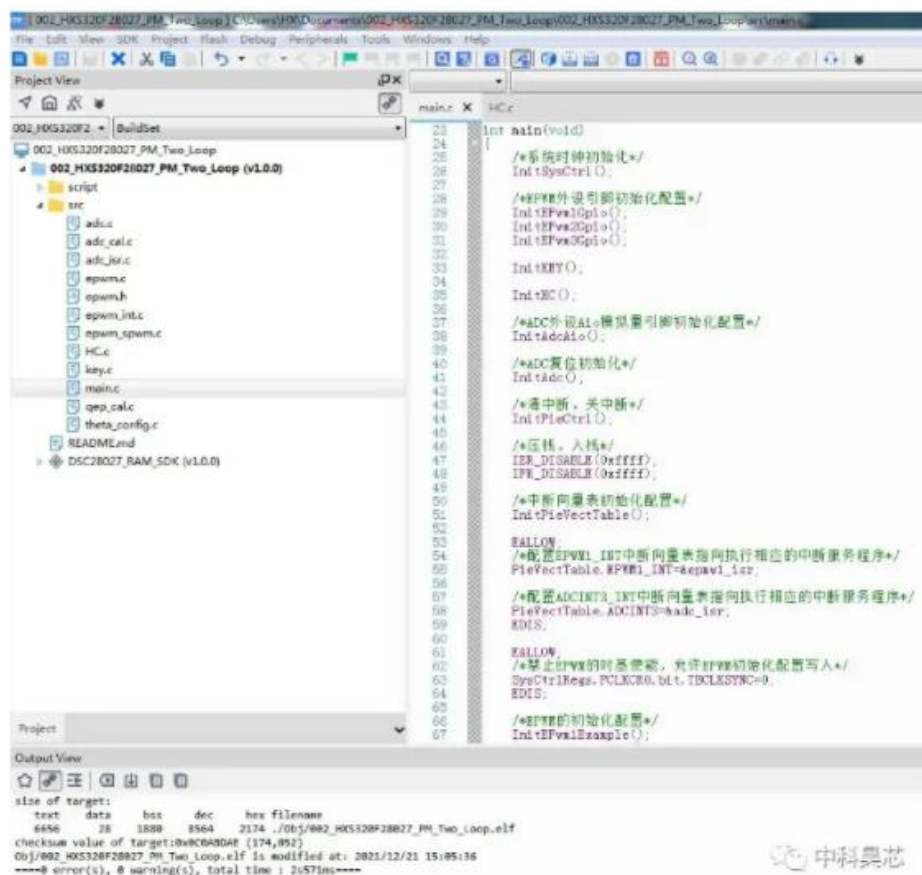
其中霍尔位置采样与转速计算、电流采样代码为：

例程主要代码：

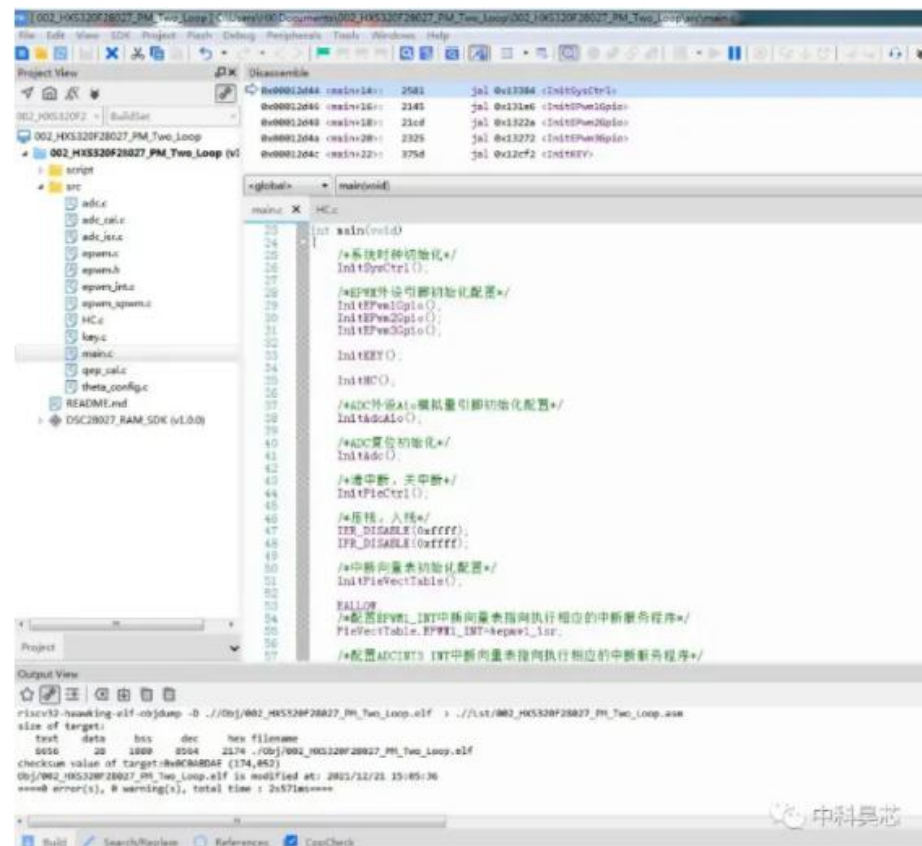
```
void speed_cal(void)
{
/*定义脉冲计数器 Speed_cnt:求解两个换相点间的时间*/
Speed_cnt++;
/*判断该时刻是否换相*/
if(Hall!=Hall_old)
{
/*换相时，记录两个换相点间计数*/
HallTime=Speed_cnt;
/*换相时，计数清零，使记录的计数值为两个换相点间的变化值*/
Speed_cnt=0;
/*换相时，以该时刻的霍尔位置信息作为当前时刻霍尔位置值*/
Hall_old=Hall;
}
/*通过计算换相时间，求解转速 speed=60/p/(Speed_cnt*6*PWM 中断周期)*/
Speed=50000/HallTime;
}

void current_phase(void)
{
/*电流零点校准，令驱动上电，电机使能前一刻的电流为 0*/
adccdata[3]=adcVal[0]+current_offset;
/*根据运放电路求解 BLDC 的实际电流值，变比根据驱动一体板电路确定*/
i=_IQ8mpy(_IQ8div(adccdata[3]-2048, 2048), _IQ8(1.65)*_IQ8(16.5/1000));
}
```

CDK 上开发永磁电机开环控制程序，其编译结果为：



编译通过后，就可以开始调试了，其调试结果如下：



调试后，永磁电机的转动效果如下：



往期回顾：

《芯教程 | 平头哥 CDK 助力中科昊芯 HX2000 系列芯片之双电机有感 FOC 控制系统专题(一)》

《芯教程 | 平头哥 CDK 助力中科昊芯 HX2000 系列芯片之双电机有感 FOC 控制系统专题(二)
永磁电机开环控制》

关于中科昊芯

“智由芯生 创享未来”，中科昊芯是数字信号处理器专业供应商。作为中国科学院科技成果转化企业，瞄准国际前沿芯片设计技术，依托多年积累的雄厚技术实力及对产业链的理解，以开放积极的心态，基于开源指令集架构 RISC-V，打造多个系列数字信号处理器产品，并构建完善的处理器产品生态系统。产品具有广阔的市场前景，可广泛应用于数字信号处理、工业控制及电机驱动、数字电源、消费电子、白色家电等领域。