

## 一 工程项目：

- 1 项目名称：pmsm\_encoder\_foc
- 2 项目使用的资源与软件：
  - (1) 正点原子阿波罗 STM32H743 开发板
  - (2) 正点原子无刷电机驱动板
  - (3) Keil uvision5
  - (4) Minibalance 波形上位机显示 3.5（可选）

## 二 工程目标：

- 1 实验现象：
  - (1) 使用按键控制永磁同步电机的启停、正转、反转、加速、减速动作。
  - (2) 使用速度环进行电机转速的 PID 控制。
- 2 实验内容：
  - (1) 使用 vvvf 方法，启动永磁同步电机。
  - (2) 使用无感换向方法，根据反电动势的过零信号进行永磁同步电机的换向操作。
  - (3) 按下开发板上不同的按键，直流无刷电机可以进行启停、正转、反转、加速、减速操作。
  - (4) 进行永磁同步电机的开环控制和闭环速度控制，闭环速度控制使用 PID 控制对电机转速进行控制。
- 3 具体要求：
  - (1) 按键控制永磁同步电机时，按下相应的按键可以使得电机正常地启停、正转、反转、加速、减速。
  - (2) 使用 vvvf 方法，启动永磁同步电机。
  - (3) 使用无感换向方法，并根据反电动势的过零信号进行换向操作。
  - (4) 使用编码器进行速度反馈。
  - (5) 电机错误状态的捕获并及时进行异常处理，包括当电机堵转时、vvvf 出错、过零检测出错等，及时关闭驱动桥停止电机运转。
  - (6) 根据开环、闭环控制系统的结构，进行结构化、模块化编程。
  - (7) 使用 PID 控制对永磁同步电机的转速进行控制，包含位置式 PID 控制和增量式 PID 控制两种方法，转速控制精度 $\pm 1\%$ 。

## 三 学习目标（下述内容非先后顺序）：

- 1 学习永磁同步电机及电机驱动板的基本原理：
  - (1) 了解永磁同步电机的基本概念与结构。
  - (2) 掌握永磁同步电机的运行原理。
  - (3) 了解永磁同步电机驱动板的驱动桥基本原理，加深原理图分析理解能力。
- 2 学习永磁同步电机的 vvvf 启动的基本原理：
  - (1) 了解 vvvf 的工作原理。
  - (2) 了解 vvvf 启动电机时，正传、反转的各自换向操作。
- 3 学习永磁同步电机的反电动势过零检测无感换向的基本原理：
  - (1) 了解反电动势的产生以及对应的电压电流波形。
  - (2) 了解反电动势过零检测的工作原理。
  - (3) 掌握永磁同步电机正反转两种情况下，反电动势过零检测信号的变化情况。

#### 4 学习增量式光电编码器测速的基本原理：

- (1) 了解增量式光电编码器的测速原理。
- (2) 使用光电编码器进行转速测量。

#### 5 学习 STM32H743 的外设使用：

- (1) 掌握 STM32H743 的高级定时器（TIM1 或 TIM8）的使用方法，包括 3 相 PWM 互补输出、编码器模式等。
- (2) 掌握 STM32H743 的定时器的使用方法，包括定时中断等。
- (3) 了解 STM32H743 的时钟树结构及配置。

#### 6 学习速度闭环控制和 PID 控制：

- (1) 了解电机速度闭环控制的系统结构，每一部分对应什么元器件。
- (2) 根据开环控制、闭环控制的系统结构，编写每一部分对应的程序，增强系统结构化、模块化编程能力。
- (3) 掌握 PID 控制的基本原理以及 PID 参数调试方法。
- (4) 掌握位置式 PID 控制和增量式 PID 控制的原理。

### 四 可以重复利用的资源：

- 1 工程项目目录下 Library 下面的内容，包括 STM32H7 的 HAL 库、Minibalance 波形上位机显示的程序代码。
- 2 工程项目目录下 User\fw\pmsm\_ctrl 目录，这里包含了永磁同步电机的开环、闭环速度控制的源代码，以及 vvvf 启动、反电动势过零检测的源代码。

### 五 注意事项：

- 1 该项目包含永磁同步电机的反电动势过零检测、开环控制和闭环速度控制，具体功能使用由 design\_define.h 里面的宏定义决定。
- 2 系统上电前，务必检查电路接线是否正确，包括电机与驱动板的连接、驱动板和开发板的连接；务必检查程序中换向操作是否正确，绝对不允许每一项的上下管同时导通。
- 3 小编时间仓促，因此项目中有不完善的地方敬请大家提出建议。
- 4 学习交流群 1126635164。

### 六 项目环境目录介绍：

项目目录下，各文件夹的含义是（含空文件夹，加粗的是本项目包含的文件）：

**Doc** 目录为项目文档，包括参考资料、设计文档、原理图等。

**Library** 目录为项目所使用到的库文件，包括 **Monitor**、**Model**、**ThirdParty Firmware** 等。

**Project** 目录为项目包含的工程目录，包括 **firmware** 工程等，以及工程专用代码、脚本等。

**User** 目录包含用户主要的项目文件，包含 **firmware** 代码等。

目前最适合的使用方法是使用 Cygwin，编辑代码、文件操作在 Cygwin 下面，软件使用在 Windows 下面，可以大幅节省开发时间。后期会开发快捷键切换目录，届时适合在 Cygwin、Linux 环境下运行。