

一 工程项目：

- 1 项目名称：bldc_hall
- 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/野火无刷电机驱动板
 - (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) 使用按键控制直流无刷电机的启停、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) 使用霍尔传感器，根据传感器的反馈值进行直流无刷电机的换向操作。
 - (2) 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。
 - (3) 进行直流无刷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) 按键控制直流无刷电机时，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) 使用霍尔传感器，并根据传感器的反馈值进行换向操作。
 - (3) 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、当霍尔传感器捕获到不正确的值时，及时关闭驱动桥停止电机运转。
 - (4) 根据开环、闭环控制系统的结构，进行结构化、模块化编程。
 - (5) 使用 PID 控制对直流无刷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 学习直流无刷电机及电机驱动板的基本原理：
 - (1) 了解直流无刷电机的基本概念与结构。
 - (2) 掌握直流无刷电机的运行原理。
 - (3) 了解直流无刷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 学习直流无刷电机的霍尔换向的基本原理：
 - (1) 了解霍尔传感器的工作原理。
 - (2) 掌握直流无刷电机正反转两种情况下，霍尔传感器的输出值的变化情况。
- 3 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 互补输出等。
 - (2) 掌握 STM32H743 的定时器的使用方法，包括定时中断、霍尔捕获模式等。
 - (3) 了解 STM32H743 的时钟树结构及配置。
- 4 学习速度环闭环控制和 PID 控制：
 - (1) 了解电机速度环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\bldc_ctrl 目录，这里包含了直流无刷电机的开环、闭环速度控制的源代码，以及霍尔换向的源代码。

五 注意事项：

- 1 该项目包含直流无刷电机的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）：

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，包括仿真库、Monitor、Model、ThirdParty Firmware 等。

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

Script 目录包含项目专用的脚本、功能等。

Sim 目录为项目包含的仿真的目录，包含仿真工程、testbench、激励文件、脚本等、以及仿真专用代码、脚本等。

User 目录包含用户主要的项目文件，包含 rtl 代码、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。