

应用笔记

Application Note

文档编号: **AN1097**

APM32F035_MOTOR EVAL 无感矢量控制方案

版本: **V1.1**

目录

1	整体介绍	3
1.1	项目概述.....	3
1.2	APM32F035 芯片资源.....	3
2	硬件介绍	5
2.1	整体硬件电路.....	5
2.2	接口电路及设置.....	6
2.3	系统硬件实物.....	9
3	软件介绍	10
3.1	整体程序架构.....	10
3.2	状态机介绍.....	11
3.3	顶层外设配置.....	12
3.4	关键参数设置.....	16
4	实际测试波形	18
5	修订历史	19

1 整体介绍

1.1 项目概述

APM32F035 是极海半导体针对电机控制推出的专用芯片，本设计基于 APM32F035 设计了双电阻采样矢量控制方案，使用了闭环的滑模观测器估算方案。具体设计规格如下表所示：

表格 1 设计规格

控制方式	无位置传感器磁场导向控制 (FOC)
观测器	滑模观测器+PLL
PWM 调制方式	SVPWM
PWM 频率	8KHz
电机转速	400~3000RPM(2 对极)
起动方式	开环起动
保护功能	过压, 欠压, 过流, 堵转
代码大小	11Kbytes
开发软件	Keil C (V5.23 版本及以上)

1.2 APM32F035 芯片资源

APM32F035 是一款基于 Arm Cortex-M0+内核，集成 FOC 算法中常用的数学运算加速器 (Cordic, Svpwm, 硬件除法等)，并且集成了运放、比较器等模拟外设，以及 CAN 控制器的高性能电机控制专用 MCU。

表格 2 APM32F035 系列芯片功能和外设

产品	APM32F035	
型号	C8T7	K8T7
封装	LQFP48	LQFP32
内核及最大工作频率	Arm® 32-bit Cortex®-M0+@72MHz	
M0CP 协处理器	1	
闪存 (KB)	64	
SRAM(KB)	10	
定时器	32 位/16 位通用	1/2
	16 位高级	1
	16 位基本	2
	24 位计数器	1

产品		APM32F035	
型号		C8T7	K8T7
	看门狗 (WDT)	2 (1 个独立看门狗+1 个窗口看门狗)	
	实时时钟	1	
通信接口	USART	2	
	SPI/I2S	1/1	
	I2C	1	
	CAN	1	
12 位 ADC	单元	1	
	外部通道	16	12
	内部通道	3	
比较器		2	
运算放大器		4	2
GPIOs		42	27
工作温度		环境温度: -40°C 至 105°C 结温度: -40°C 至 125°C	
工作电压		2.0~3.6V	

2 硬件介绍

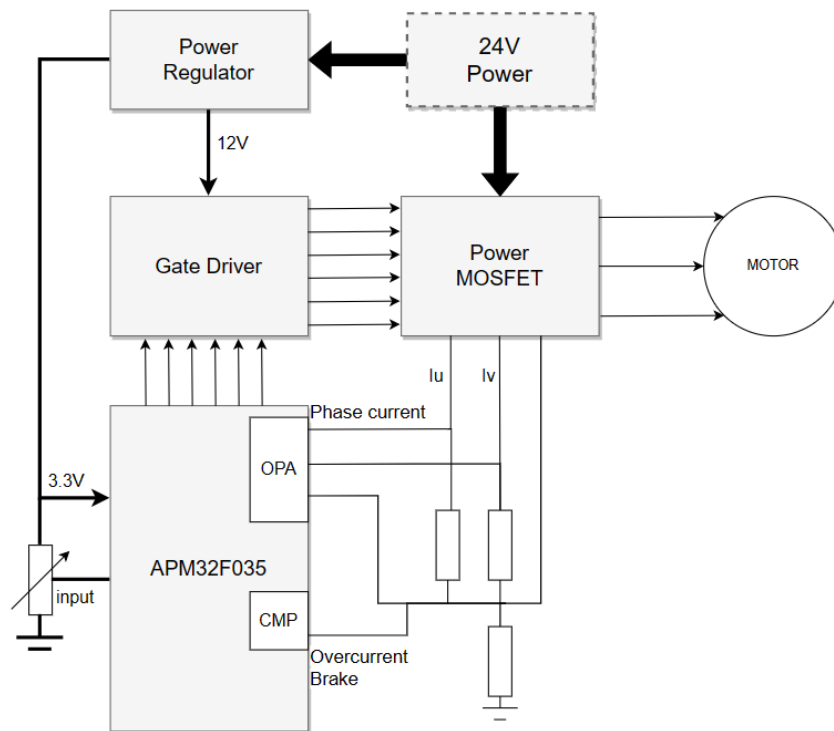
2.1 整体硬件电路

整体硬件系统是采用外部 24V 电源供电，并经过相应的电源降压电路转换后输出稳定的 12V、5V、3.3V 电压，其中 12V 电压输出给到 Gate driver IC、3.3V 电压输出给到 APM32F035 系列微处理器，而功率开关管则直接使用 24V 电源。同时，该方案采用可变电阻旋钮调节 0~3.3V 的电压输入作为速度命令的输入端，以此调节电机转速。用户实际使用可直接通过转动可变电阻旋钮以此调节输入电压，同时当输入电压值超过起动阈值时，电机将会启动运行，而当电压值低于阈值时电机将会关闭运行。

当电机启动后，APM32F035 处理器通过内置的运算放大器并经由相应的采样电路可获取三相的相电流 I_u 、 I_v 与 I_w ，并将该数据经过坐标轴的转换进而控制电机的力矩电流大小及相位；通过 FOC 控制计算环节后调节 TMR1 外设输出相应的三路互补的 PWM 波控制逆变器的开关元器件。

硬件框图如图所示。

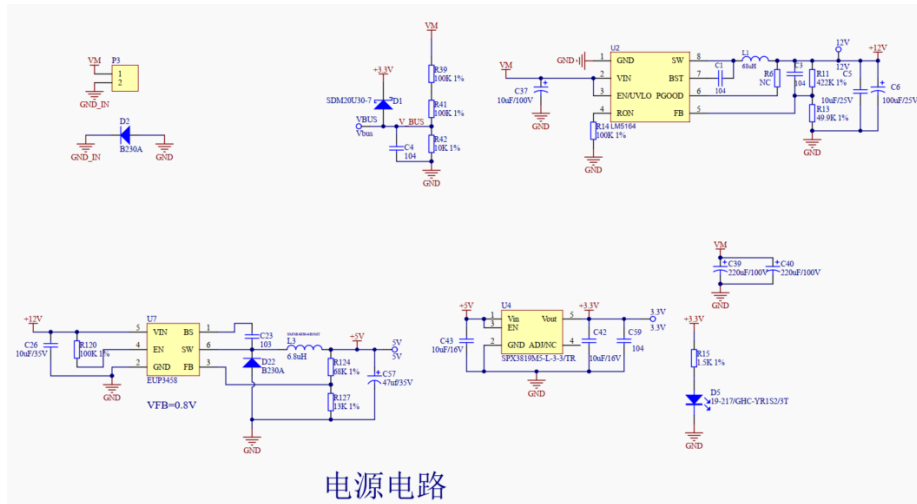
图 1 硬件系统框图



2.2 接口电路及设置

2.2.1 电源电路

图 2 电源电路



如图所示，电源电压 $V_BUS = VM / ((100K + 100K + 10K) / 10K) = VM / 21$
 采用 12 位 ADC，采样范围 0-3.3V 对应 0-4096
 则 3.3V 对应最大可采样电压为： $VM = 3.3 * 21 = 69.3V$

2.2.2 相电流采样电路

图 3 MOSFET 电路

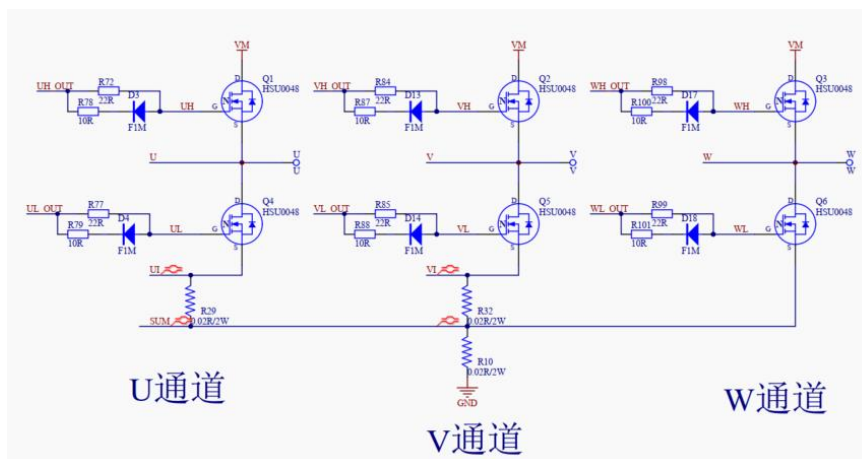
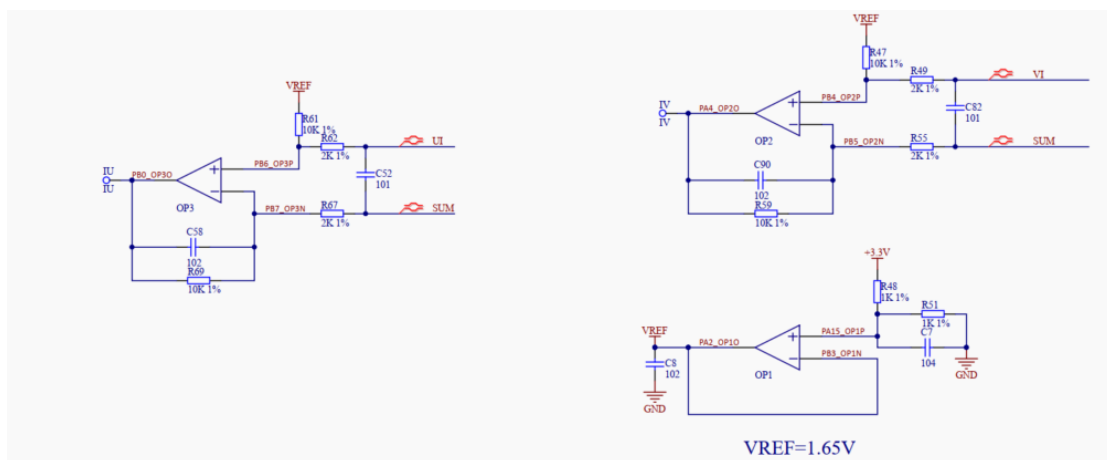


图 4 电流采样电路



如图所示， $I_U = U_I * 5 + 1.65$

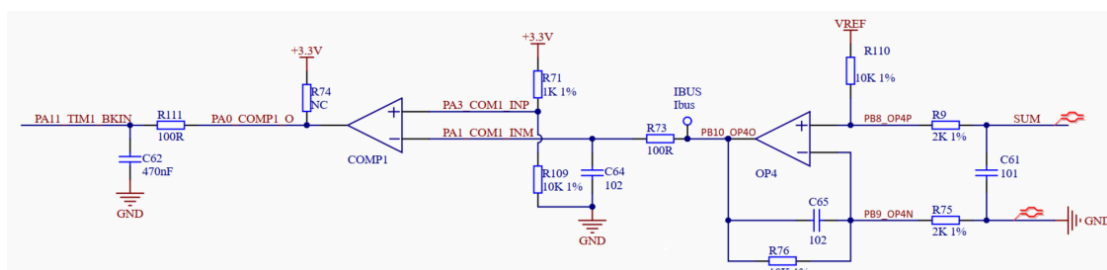
采用 12 位 ADC，采样范围 0-3.3V 对应 0-4096

如图 2-3 所示，采样电阻选用 0.02R，

则 3.3V 对应的最大峰峰值电流为 $(3.3 - 1.65) / 5 / 0.02 = 16.5A$ 。

2.2.3 过流保护电路

图 5 过流保护电路



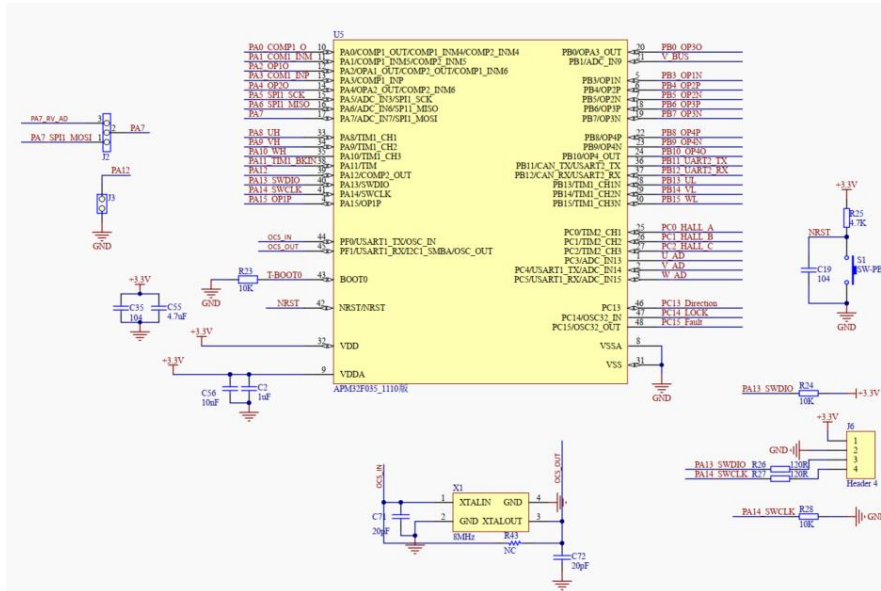
如图所示，采用内置运放 OPA4 对母线电流进行采样，采用 12 位 ADC，采样范围 0-3.3V 对应 0-4096，结合图 2-3 所示，可知采样电阻选用 0.02R；

将 OPA4 的输出端作为 COMP1 的反向输入端，而正向输入端采用电阻分压的方式，通过简单计算可知输入为 3V；

则 3V 对应的最大电流为 $(3 - 1.65) / 5 / 0.02 = 13.5A$ 。

2.2.4 最小系统电路

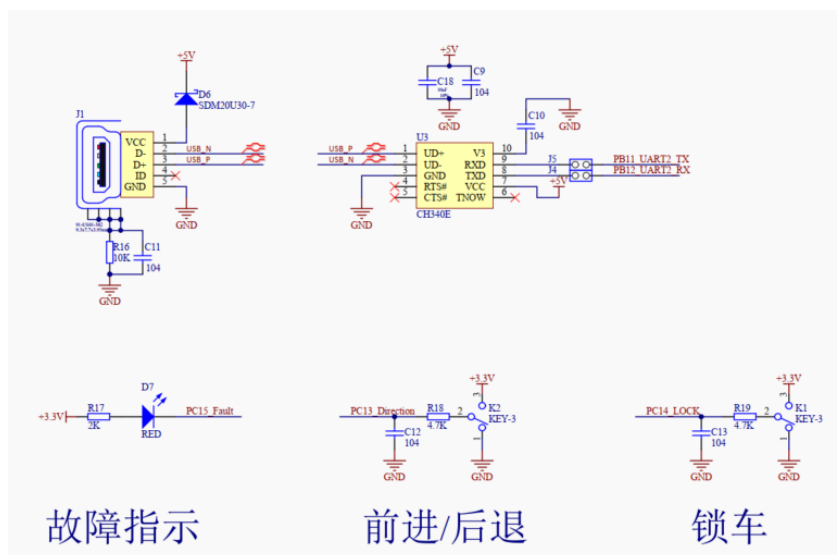
图 6 最小系统电路



如图所示，APM32F035 MOTOR EVAL V1.0 板级硬件接口资源使用情况如上图所描述。HSE 外部晶振输入采用 8MHz，烧录采用 SWD 烧录接口。

2.2.5 通信接口及按键电路

图 7 通信接口及按键电路



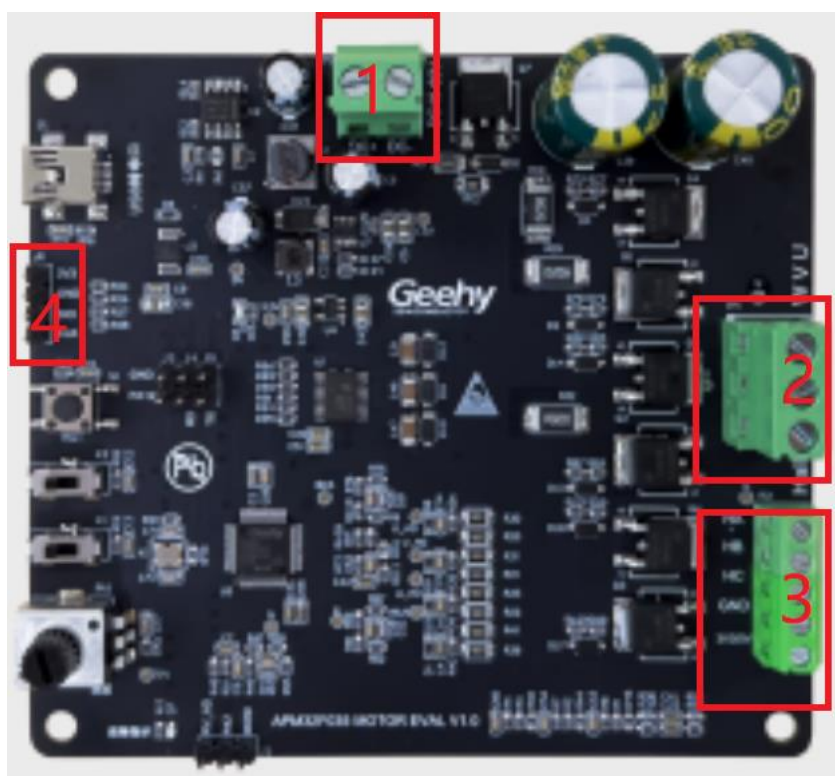
如图所示，APM32F035 MOTOR EVAL V1.0 板级硬件预留有 USB 转串口以及故障指示灯，以便开发者调试使用；两处按键负责控制电机运行方向及锁车功能。

2.3 系统硬件实物

系统实物图如图所示，其中主要有以下四个接口：

- (1) 电源输入接口（接入 24V，注意正负）
- (2) 三相电机接口（相序只会影响旋转方向）
- (3) HALL 输入接口
- (4) SWD 调试接口

图 8 硬件实物图



3 软件介绍

3.1 整体程序架构

此项目整体代码架构主要可划分为 4 层，用户层、外设驱动层、电机控制驱动层以及电机算法层，具体功能描述如下：

3.1.1 用户层（USER 层）

main.c: 主函数入口，负责初始化电机参数、底层外设、中断优先级、while 循环及低速状态机环路的切换；

apm32f035_int.c: 所有的中断处理函数，重点包括 TMR1 中断函数、ADC 中断处理函数；

user_function.c: 包括电机参数的初始化配置、参数复位等处理函数；

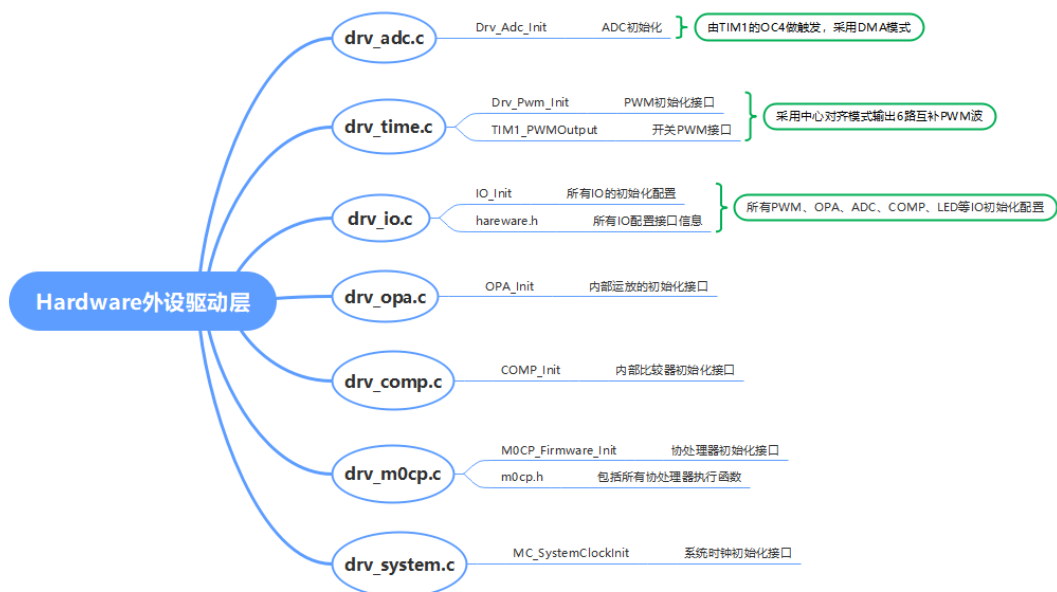
parameter.h: 包括了所有的需要配置参数信息；

board.c: 包括板级的底层外设初始化配置函数。

3.1.2 外设驱动层（HARDWARE 层）

外设驱动层主要负责 APM32F035 芯片的外设驱动函数及配置，主要涉略包括 GPIO、PWM、ADC、OPA、COMP、M0CP 协处理器等，具体如下图所示。

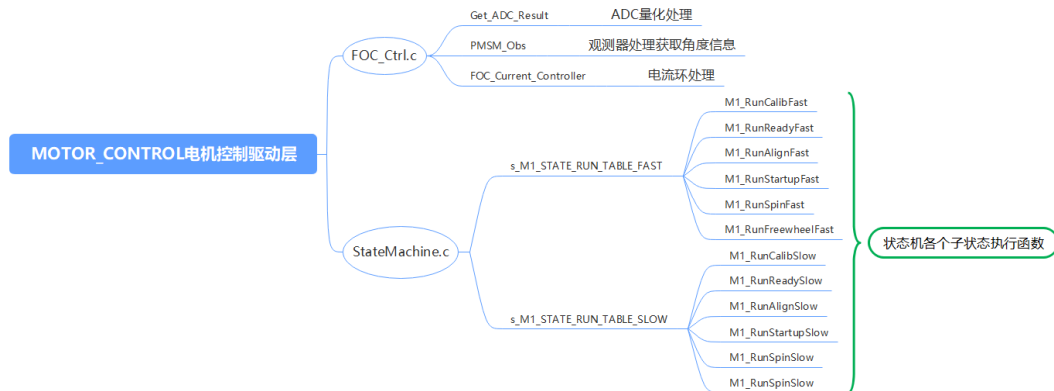
图 9 外设驱动层



3.1.3 电机控制驱动层 (MOTOR_CONTROL 层)

电机控制驱动层主要负责电机的控制运行逻辑及核心处理算法调用，具体如下图所示。

图 10 电机控制驱动层



3.1.4 极海电机算法层 (Geehy_MCLIB 层)

电机算法层包括坐标变换、矢量控制等相关函数，数学库，滑模观测器等库函数。

3.2 状态机介绍

本案例中采用了主状态机嵌套子状态机的结构，如下所示：

四个主状态：INIT、STOP、FAULT、RUN；

同时主状态 RUN 的六个子状态：**run-calib**、**run-ready**、**run-align**、**run-startup**、**run-spin**、**run-freewheel**。

对主状态机的描述如下：

Fault: 当系统有错误发生时一直处于此状态，直到错误的标志位被清除；

而后会延时一段时间，然后从 **Fault** 状态跳转到 **STOP** 状态等待启动命令。

Init: 此主状态执行变量初始化。

Stop: 系统完成初始化等待速度命令。此状态下关闭 **PWM** 输出。

Run: 当在运行状态时，若有 **Stop** 指令下发，便会执行系统停止运行操作。

当运行在 **Run** 状态时，其子状态会相应被调用并执行。

Run-Calib: 可以执行电流偏置 **ADC** 自校准功能。执行完此状态后系统将切 **Ready** 状态，同时禁止 **PWM** 输出。

Ready: 使能 **PWM** 输出，同步采样电流，并执行异常状态检查。

Align: 执行采样电流，调用预定位算法，同时更新 PWM。在指定时间内执行态，系统将切换到 Startup 子状态，同时采样直流母线电压并滤波处理。

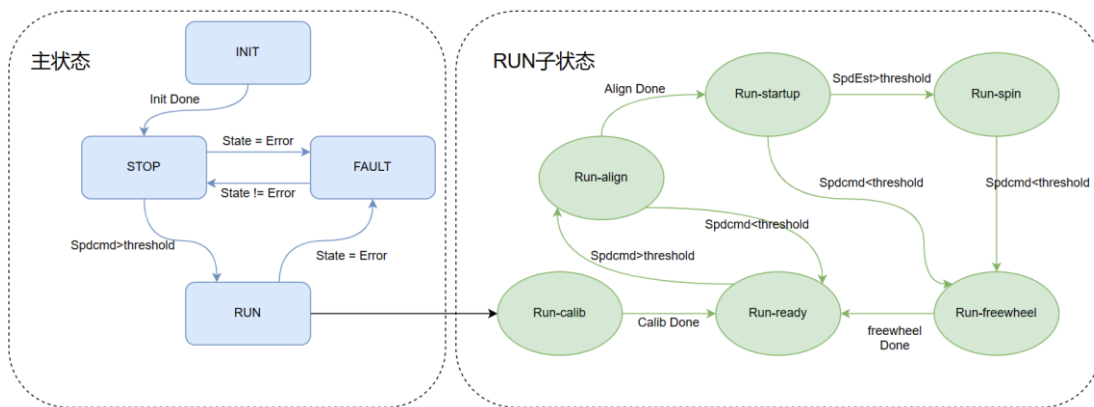
Startup: 采样电流，采用开环起动电机，并调用观测器估计转子转速和位置，调用相应算法，更新 PWM。如果起动成功，系统将 Spin 子状态，同时采样直流母线电压并滤波处理。

Spin: 采样电流，调用观测器估计转子转速和位置，调用相应算法，更新 PWM，电机开始切入闭环运行。

Freewheel: 使能 PWM 输出，并采用短接制动的方式进行停机，由于转子惯性，需等待到电机停止运行后在进行状态的切换，进而切换到 Ready 状态。如果有错误发生则将进入 Fault 状态。

综上所述，系统的状态机流程图如下图所示。

图 11 状态机流程图



3.3 顶层外设配置

3.3.1 PWM 输出配置

void Drv_Pwm_Init(uint16_t u16_Period, uint16_t u16_DeadTime)

(1) PWM 通用配置如下所示:

设置 PWM clock 分频为 1 分频，选用中心对齐模式 2，设置重复计数器为 1，如下图所示。

图 12 PWM 通用配置

```

... /* Time Base configuration, init timel freq */
... TIM_TimeBaseInitStructure.period ..... = u16_Period;
... TIM_TimeBaseInitStructure.div ..... = 0; PWM clock分频1分频 72M
... TIM_TimeBaseInitStructure.counterMode ..... = TMR_COUNTER_MODE_CENTERALIGNED2;
... TIM_TimeBaseInitStructure.clockDivision ..... = TMR_CKD_DIV1;
... TIM_TimeBaseInitStructure.repetitionCounter = 1;
... TMR_ConfigTimeBase(TMR1, &TIM_TimeBaseInitStructure);

```

图 13 中心对齐模式选择

选择中央对齐模式 (Center Aligned Mode Select),
 中央对齐模式下, 计数器交替的向上向下计数; 否则只向上或向下计数。
 不同的中央对齐模式, 影响输出输出通道的输出比较中断标志位置 1 的时机; 在计数器禁止时 (CNTEN=0) 时, 选择中央对齐模式。

00: 边沿对齐模式
 01: 中心对齐模式 1 (在向下计数时, 输出通道的输出比较中断标志位置 1)
10: 中心对齐模式 2 (在向上计数时, 输出通道的输出比较中断标志位置 1)
 11: 中心对齐模式 3 (在向上/下计数时, 输出通道的输出比较中断标志位置 1)

(2) PWM 输出状态配置

设置 PWM 上下管输出状态, 并使能配置上下管 PWM 输出有效,
 配置使能刹车, 配置刹车输入极性, 关闭刹车硬件自动恢复。

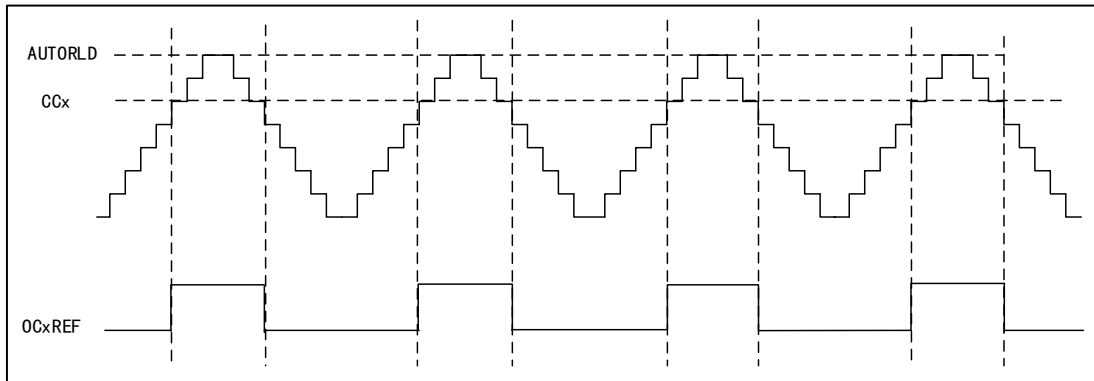
图 14 PWM 输出状态配置

```

/* Automatic Output enable, Break, dead time and lock configuration*/
TIM_BDTRInitStructure.RMOS_State ..... = TMR_RMOS_STATE_ENABLE;
TIM_BDTRInitStructure.IMOS_State ..... = TMR_IMOS_STATE_ENABLE;
TIM_BDTRInitStructure.lockLevel ..... = TMR_LOCK_LEVEL_OFF;
TIM_BDTRInitStructure.deadTime ..... = ul6_DeadTime; //死区时间
/**
** Brake configuration: enable brake
** Brake input polarity: active in low level
** Auto output enable configuration: Disable MOE bit hardware control
**/
TIM_BDTRInitStructure.breakState ..... = TMR_BREAK_STATE_ENABLE;
TIM_BDTRInitStructure.breakPolarity ..... = TMR_BREAK_POLARITY_LOW;
TIM_BDTRInitStructure.automaticOutput ..... = TMR_AUTOMATIC_OUTPUT_DISABLE;
TMR_ConfigBDT(TMRI, &TIM_BDTRInitStructure);

/*pwm driver set, channel 1,2,3,4set pwm mode*/
TIM_OCInitStructure.OC_Mode ..... = TMR_OC_MODE_PWM2;
TIM_OCInitStructure.OC_OutputState ..... = TMR_OUTPUT_STATE_ENABLE; //TMR_OUTPUT_STATE_DISABLE;
TIM_OCInitStructure.OC_OutputNState ..... = TMR_OUTPUT_NSTATE_ENABLE; //TMR_OUTPUT_NSTATE_DISABLE;
TIM_OCInitStructure.Pulse ..... = 0;
TIM_OCInitStructure.OC_Polarity ..... = TMR_OC_POLARITY_HIGH;
TIM_OCInitStructure.OC_NPolarity ..... = TMR_OC_NPOLARITY_HIGH; //互补输出极性-----
TIM_OCInitStructure.OC_Idlestate ..... = TMR_OCIDLESTATE_RESET; //TMR_OCIDLESTATE_SET; //
TIM_OCInitStructure.OC_Nidlestate ..... = TMR_OCNIDLESTATE_RESET; //TMR_OCNIDLESTATE_SET; //
    
```

图 15 PWM2 中央对齐模式的时序图



在递增计数时, 当 $TMR1_CNT < TMR1_CCR1$ 时通道 1 为无效电平, 否则为有效电平;

在递减计数时, 当 $TMR1_CNT > TMR1_CCR1$ 时通道 1 为有效电平, 否则为无效电平。

3.3.2 ADC 配置

```
void Drv_Adc_Init(void)
```

1、ADC 底层配置

采用 DMA 模式, ADC 量化后的数据直接搬运到 `ADC_ConvertedValue` 数组中存储, ADC 触发条件采用 TMR1 的 CC4 作为触发源, 开启 ADC 使能及配置 ADC 中断优先级及其使能。具体如下图所示。

图 16 ADC 底层配置

```

void Drv_Adc_Init(void)
{
    ... ADC_Config_T ... ADC_InitStructure;
    ... DMA_Config_T ... DMA_InitStructure;
    ... DMA_InitStructure.peripheralAddress ... = (uint32_t)&(ADC->DATA); //ADC地址
    ... DMA_InitStructure.memoryAddress ... = (uint32_t)&ADC_ConvertedValue[0]; //内存地址
    ... DMA_InitStructure.direction ... = DMA_DIR_PERIPHERAL; //方向(从外设到内存)
    ... DMA_InitStructure.bufferSize ... = 4; //TOTAL_CHANNEL; //传输内容的大小---传输次数
    ... DMA_InitStructure.peripheralInc ... = DMA_PERIPHERAL_INC_DISABLE; //外设地址固定
    ... DMA_InitStructure.memoryInc ... = DMA_MEMORY_INC_ENABLE; //DMA_MEMORY_INC_ENABLE; //内存地址固定
    ... DMA_InitStructure.peripheralDataSize ... = DMA_PERIPHERAL_DATASIZE_HALFWORD; //外设数据单位
    ... DMA_InitStructure.memoryDataSize ... = DMA_MEMORY_DATASIZE_HALFWORD; //内存数据单位
    ... DMA_InitStructure.circular ... = DMA_CIRCULAR_ENABLE; //DMA模式: 循环传输
    ... DMA_InitStructure.priority ... = DMA_PRIORITY_LEVEL_VERYHIGH; //优先级: 高
    ... DMA_InitStructure.memoryToMemory ... = DMA_M2M_DISABLE; //禁止内存到内存的传输

    ... DMA_Config(DMA_CHANNEL_1, &DMA_InitStructure); //配置DMA的1通道
    ... DMA_Enable(DMA_CHANNEL_1);
    ... ADC_ClockMode(ADC_CLOCK_MODE_ASYNCCLK);
    ... ADC_ConfigStructInit(&ADC_InitStructure);
    ... ADC_InitStructure.convMode ... = ADC_CONVERSION_SINGLE;
    ... ADC_InitStructure.scanDir ... = ADC_SCAN_DIR_UPWARD;
    ... ADC_InitStructure.extTrigConv1 ... = ADC_EXT_TRIG_CONV_TRG1; //timer1-CC4
    ... ADC_InitStructure.extTrigEdge1 ... = ADC_EXT_TRIG_EDGE_RISING;
    ... ADC_InitStructure.dataAlign ... = ADC_DATA_ALIGN_RIGHT;
    ... ADC_InitStructure.resolution ... = ADC_RESOLUTION_12B;
    ... ADC_Config(&ADC_InitStructure);
    ... ADC_ConfigChannel(ADC_CHANNEL_2 | ADC_CHANNEL_8 | ADC_CHANNEL_7 | ADC_CHANNEL_9, ADC_SAMPLE_TIME_1_5);
    ... ADC->CFGL_B.OVRMAG = 1;
    ... ADC_EnableInterrupt(ADC_INT_CS);
    //-----adc中断使用
    ... NVIC_EnableIRQ(ADC_COMP_IRQn);
    ... NVIC_SetPriority(ADC_COMP_IRQn, 0);
    ... ADC_DMAResquestMode(ADC_DMA_MODE_CIRCULAR);
    ... ADC_EnableDMA();
    ... ADC_Enable();
    ... ADC_StartConversion(); //必需要启动一下
}

```

3.3.3 OPA 与 COMP 底层配置

1、OPA 底层配置

配置 OPA 底层配置需先配置 OPA 管脚，先 DISABLE 运算放大器 OPA，配置为使用外部电阻网络，而后再 ENABLE。如下图所示：

图 17 OPA 底层配置

```

void OPA_Init(void)
{
    ... OPA_Disable(OPA1);
    ... OPA_Disable(OPA2);
    ... OPA_Disable(OPA3);
    ... OPA_Disable(OPA4);
    ... OPA_SelectGainFactor(OPA1, OPA_GAIN_FACTOR_0);
    ... OPA_SelectGainFactor(OPA2, OPA_GAIN_FACTOR_0);
    ... OPA_SelectGainFactor(OPA3, OPA_GAIN_FACTOR_0);
    ... OPA_SelectGainFactor(OPA4, OPA_GAIN_FACTOR_0);
    ... OPA_Enable(OPA1);
    ... OPA_Enable(OPA2);
    ... OPA_Enable(OPA3);
    ... OPA_Enable(OPA4);
}

```

1、COMP 底层配置

COMP 用于过流异常检测，配置 COMP 底层配置需先配置 COMP 管脚，设置 COMP 输出

为接入 TMR1 的 BKIN，设置输出反向，低电平触发 TMR1 的 BKIN，如下图所示：

图 18 COMP 底层配置

```
void COMP_Init(void)
{
    ...COMP_Config_T...compConfig;
    .../*Configure COMP1*/
    ...COMP_ConfigStructInit(&compConfig);
    ...compConfig.invertingInput = COMP_INVERTING_INPUT_PA1;
    ...compConfig.output = COMP_OUTPUT_TIM1BKIN;
    ...compConfig.outputPol = COMP_OUTPUTPOL_NONINVERTED;
    ...compConfig.hysterrsis = COMP_HYSTERRSIS_NO;
    ...compConfig.mode = COMP_MODE_HIGHSPEED;
    ...COMP_Config(COMP_SELECT_COMP1,&compConfig);
    .../*Enable COMP2*/
    ...COMP_Enable(COMP_SELECT_COMP1);
}
```

3.4 关键参数设置

此系统中所有参数均在用户层的 parameter.h 中进行配置，主要分为系统参数、底板相关参数、状态机相关参数、电机相关参数等。如下所述：

3.4.1 系统参数

表格 3 系统参数

参数名称	参数说明	设定值
SYS_REFV	系统供电电压	3.3 (V)
SYSCLK_HSE_72MHz	系统主频	72000000 (Hz)
PWMFREQ	PWM 频率	8000 (Hz)
DEAD_TIME	PWM 死区时间	1.0 (µs)
SLOWLOOP_FREQ	慢速环控制频率	1000 (Hz)

3.4.2 底板硬件参数

表格 4 底板硬件参数

参数名称	参数说明	设定值
ADC_REFV	ADC 参考电压	3.3 (V)
R_SHUNT	采样电阻阻值	0.02 (Ω)
CURRENT_OPA_GAIN	运放放大倍数	5.0
I_MAX	电流标幺化基准值	16.5 (A)

参数名称	参数说明	设定值
UDC_MAX	电压标么化基准值	69.0 (V)
U_MAX	相电压标么化基准值	39.83 (V)

3.4.3 状态机参数

表格 5 状态机参数

参数名称	参数说明	设定值
STOP_TO_RUN_SPEED	从 Stop 跳转到 Run 状态速度命令阈值	500 (rpm)
STARTUP_TO_SPIN_SPEED	从 Startup 跳转到 Spin 状态实际速度阈值	400 (rpm)
FREEWHEEL_SPEED	转速命令低于阈值后停机	400 (rpm)
IQ_ALIGN	Align 状态下的 IQ 命令值	1.0 (A)
MAXSTARTUP_SPEED	开环旋转的最大速度	500 (rpm)
STARTUP_SPEED_RAMP	开环下速度命令的斜率值	500 (rpm/s)
STARTUP_TIME	开环时间	1.0 (s)

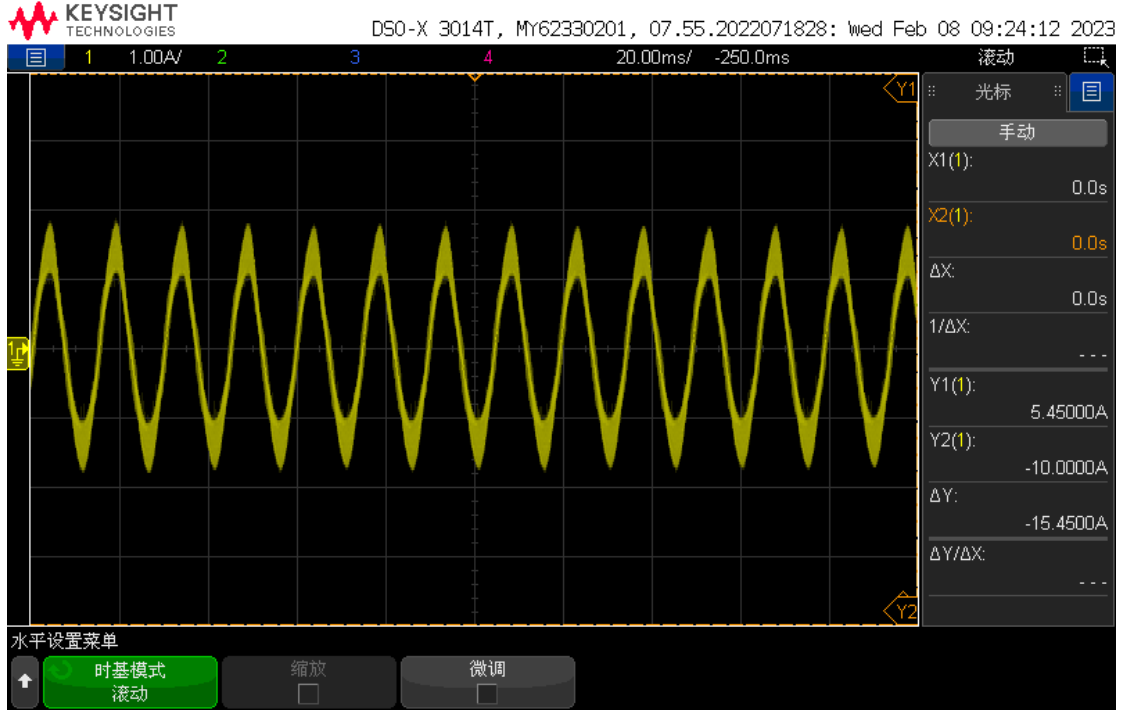
3.4.4 电机相关参数

表格 6 电机相关参数

参数名称	参数说明	设定值
Rs	电机相电阻	0.15 (ohm)
Ls	电机相电感	0.00037 (H)
POLEPAIRS	电机极对数	2 (unit)
SPEED_MAX	速度定标值	5000 (rpm)
MAX_DUTY	最大占空比	0.92 (unit)
M1_IQ_KP_Q15	Q 轴电流环 KP 参数 Q15 格式	980
M1_IQ_KI_Q15	Q 轴电流环 KI 参数 Q15 格式	220
M1_ID_KP_Q15	D 轴电流环 KP 参数 Q15 格式	980
M1_ID_KI_Q15	D 轴电流环 KI 参数 Q15 格式	220
M1_SPEED_KP_Q15	速度环 KP 参数 Q15 格式	16384
M1_SPEED_KI_Q15	速度环 KI 参数 Q15 格式	163

4 实际测试波形

图 19 实际波形图



5 修订历史

表格 7 文件修订历史

日期	修订	变更历史
2023.07.26	1.0	新建
2023.08.14	1.1	(1) 修改产品信息表 (2) 修改格式

声明

本手册由珠海极海半导体有限公司（以下简称“极海”）制订并发布，所列内容均受商标、著作权、软件著作权相关法律法规保护，极海保留随时更正、修改本手册的权利。使用极海产品前请仔细阅读本手册，一旦使用产品则表明您（以下称“用户”）已知悉并接受本手册的所有内容。用户必须按照相关法律法规和本手册的要求使用极海产品。

1、权利所有

本手册仅应当被用于与极海所提供的对应型号的芯片产品、软件产品搭配使用，未经极海许可，任何单位或个人均不得以任何理由或方式对本手册的全部或部分内容进行复制、抄录、修改、编辑或传播。本手册中所列带有“®”或“TM”的“极海”或“Geehy”字样或图形均为极海的商标，其他在极海产品上显示的产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

2、无知识产权许可

极海拥有本手册所涉及的全部权利、所有权及知识产权。

极海不应因销售、分发极海产品及本手册而被视为将任何知识产权的许可或权利明示或默示地授予用户。

如果本手册中涉及任何第三方的产品、服务或知识产权，不应被视为极海授权用户使用前述第三方产品、服务或知识产权，除非在极海销售订单或销售合同中另有约定。

3、版本更新

用户在下单购买极海产品时可获取相应产品的最新版的手册。

如果本手册中所述的内容与极海产品不一致的，应以极海销售订单或销售合同中的约定为准。

4、信息可靠性

本手册相关数据经极海实验室或合作的第三方测试机构批量测试获得，但本手册相关数据难免会出现校正笔误或因测试环境差异所导致的误差，因此用户应当理解，极海对本手册中可能出现的该等错误无需承担任何责任。本手册相关数据仅用于指导用户作为性能参数参照，不构成极海对任何产品性能方面的保证。

用户应根据自身需求选择合适的极海产品，并对极海产品的应用适用性进行有效验证和测试，以确认极海产品满足用户自身的需求、相应标准、安全或其它可靠性要求；若因用户未充分对极海产品进行有效验证和测试而致使用户损失的，极海不承担任何责任。

5、合规要求

用户在使用本手册及所搭配的极海产品时，应遵守当地所适用的所有法律法规。用户应了解产品可能受到产品供应商、极海、极海经销商及用户所在地等各国有关出口、再出口或其它法律的限制，用户（代表其本身、子公司及关联企业）应同意并保证遵守所有关于取得极海产品及 / 或技术与直接产品的出口和再出口适用法律与法规。

6、免责声明

本手册由极海“按原样”（as is）提供，在适用法律所允许的范围内，极海不提供任何形式的明示或暗示担保，包括但不限于对产品适销性和特定用途适用性的担保。

对于用户后续在针对极海产品进行设计、使用的过程中所引起的任何纠纷，极海概不承担责任。

7、责任限制

在任何情况下，除非适用法律要求或书面同意，否则极海和/或以“按原样”形式提供本手册的任何第三方均不承担损害赔偿责任，包括任何一般、特殊因使用或无法使用本手册相关信息而产生的直接、间接或附带损害（包括但不限于数据丢失或数据不准确，或用户或第三方遭受的损失）。

8、适用范围

本手册的信息用以取代本手册所有早期版本所提供的信息。

©2023 珠海极海半导体有限公司 - 保留所有权利