

# KF32A156 多电阻无感 FOC 程序说明文档

## V1.1

## 目录

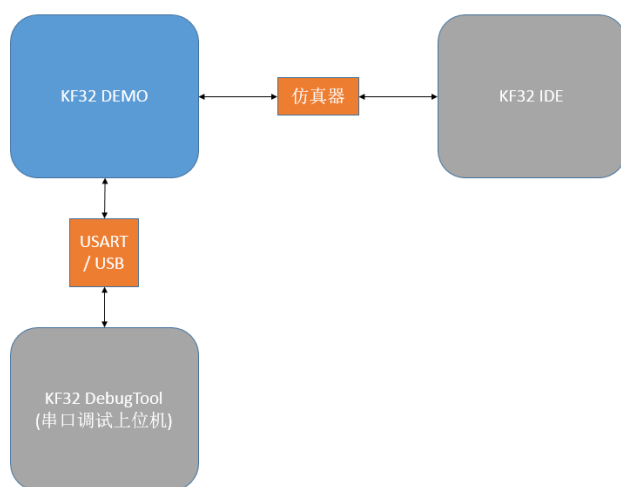
序.....	3
1 KF32A156 DEMO 硬件说明 .....	3
2 KF32A156 无感 FOC 软件说明 .....	6
2 KF32A156 无感 FOC 调试说明 .....	11
3 参数说明.....	14

# 序

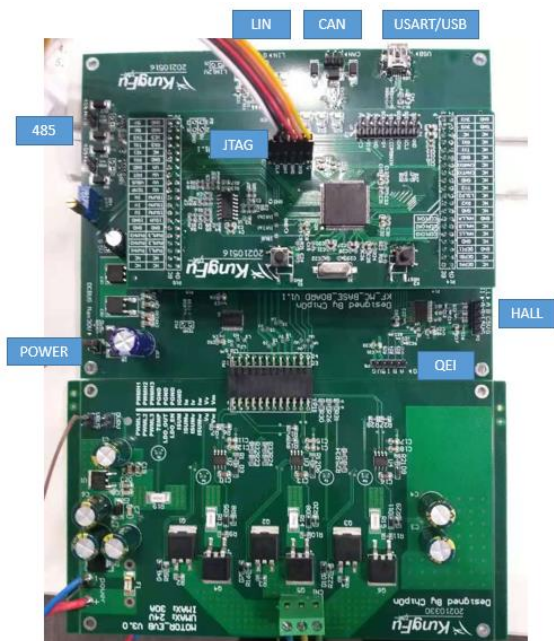
此文档是针对 KF32A156 芯片的无感 FOC 程序调试说明，硬件基于 KF32A156 DEMO，调试工具使用 ChipON 串口调试上位机。

## 1 KF32A156 DEMO 硬件说明

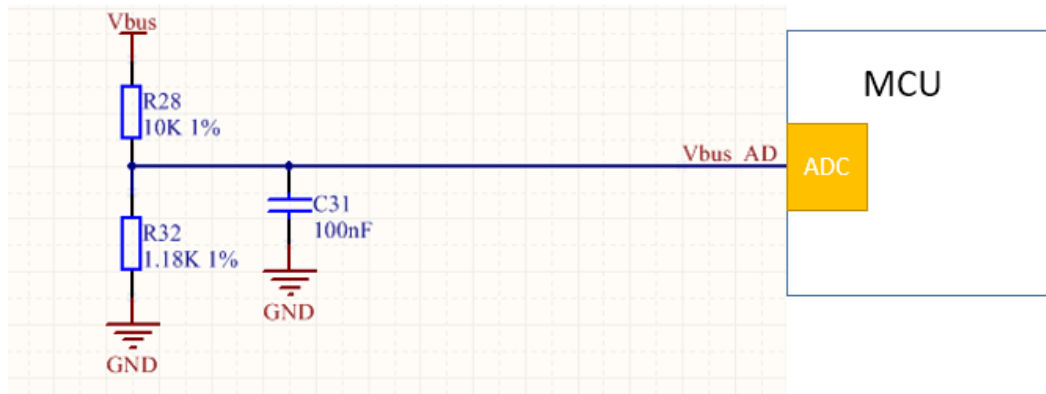
### 1.1 调试工具



### 1.2 KF32A156 DEMO 接口说明



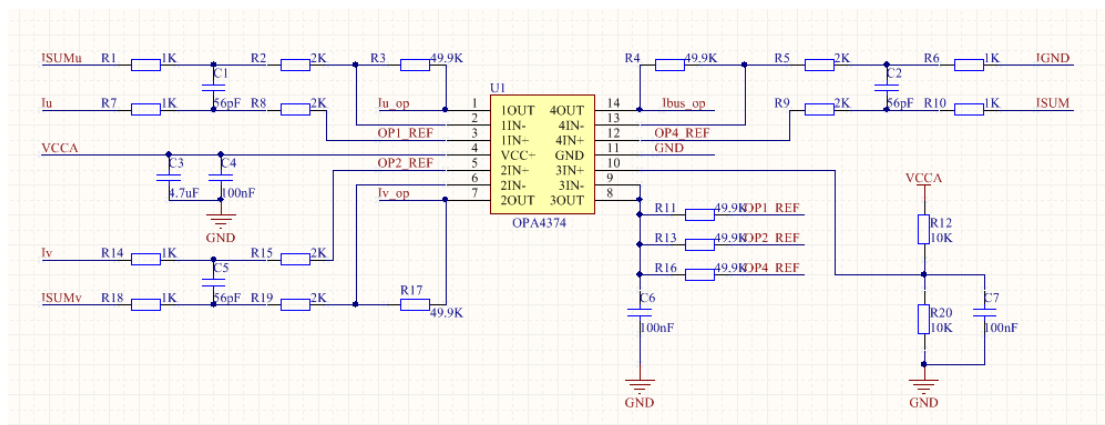
### 1.3 母线电压采样



- 1.  $V_{bus\_AD} = V_{bus} \times 1.18 / (10 + 1.18) = V_{bus} \times 0.1055$ 。
- 2. 如果  $ADCREF=5V$ , 最大母线电压测量值  $= 5 / 0.1055 = 47.39V$ 。
- 3. 将上下分压电阻参数配置到程序中, 如下图所示。

```
//ADC parameter
#define USER_ADC_REF          (5.0) //V
#define USER_SHUNT_RES        (0.002) //R
#define USER_ADC_VOLTAGE_RU    (10000.0) //R
#define USER_ADC_VOLTAGE_RD    (1180.0) //R
#define USER_FULL_SCALE_VOLTAGE (24.0) //V
#define USER_FULL_SCALE_CURRENT (50.0) //A
#define USER_ADC_SCALE_VOLTAGE (USER_ADC_REF/USER_ADC_VOLTAGE_RD*(USER_ADC_VOL
#define USER_ADC_SCALE_CURRENT (USER_ADC_REF/2/USER_OP_GAIN/USER_SHUNT_RES)
```

### 1.4 电流采样



- 1.  $OP\_REF = 2.5V$ 。
- 2.  $OP\_GAIN = 49.9 / 3 = 16.633$ 。
- 3. 电流测量值  $I_{shunt} = (V_{adc} - 2.5) / 16.633 / R_{shunt}$ 。

## 1.5 配置电流采样电阻和外部 OP 反馈/输入电阻

```
//ADC parameter
#define USER_ADC_REF (5.0) //V
#define USER_SHUNT_RES (0.002) //R
#define USER_ADC_VOLTAGE_RU (10000.0) //R
#define USER_ADC_VOLTAGE_RD (1180.0) //R
#define USER_FULL_SCALE_VOLTAGE (24.0) //V
#define USER_FULL_SCALE_CURRENT (50.0) //A
#define USER_ADC_SCALE_VOLTAGE (USER_ADC_REF/USER_ADC_VOLTAGE_RD*(USER_ADC_V
#define USER_ADC_SCALE_CURRENT (USER_ADC_REF/2/USER_OP_GAIN/USER_SHUNT_RES)

//PGA parameter
#define USER_OP_FBK_RES (49900.0) //R
#define USER_OP_INPUT_RES (3000.0) //R
#define USER_OP_GAIN (USER_OP_FBK_RES/USER_OP_INPUT_RES)
```

## 1.6 电流采样 OP 增益选择

用户可根据采样电阻阻值和测量量程调整合适的放大倍数以满足测量量程和测量精度上的需求。

## 1.7 配置 PWM 参数

配置 PWM 频率/死区时间参数。

```
//PWM parameter
#define USER_PWM_CLK_MHZ (120) //MHZ
#define USER_PWM_FREQ_10KHZ (10) //default=10,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_16KHZ (16) //default=16,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_20KHZ (20) //default=20,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_KHZ USER_PWM_FREQ_20KHZ
#define USER_PWM_PERIOD (USER_PWM_CLK_MHZ*1000/USER_PWM_FREQ_KHZ/2)
#define USER_PWM_DEADTIME_US (1.0) //us
```

## 1.8 配置电机参数

```
//MOTOR parameter
#if(USER_MOTOR_SELECT==USER_MOTOR_TYPE0)
#define USER_MOTOR_POLE_PAIRS (4) //pairs
#define USER_MOTOR_RS (0.1825) //R
#define USER_MOTOR_LS (0.000252) //H
#define USER_MOTOR_MAX_CURRENT (10.0) //A
#elif(USER_MOTOR_SELECT==USER_MOTOR_TYPE1)
```

USER\_MOTOR\_POLE\_PAIRS: 磁极对数。

USER\_MOTOR\_RS: 相电阻, 等于相间电阻测量值/2。

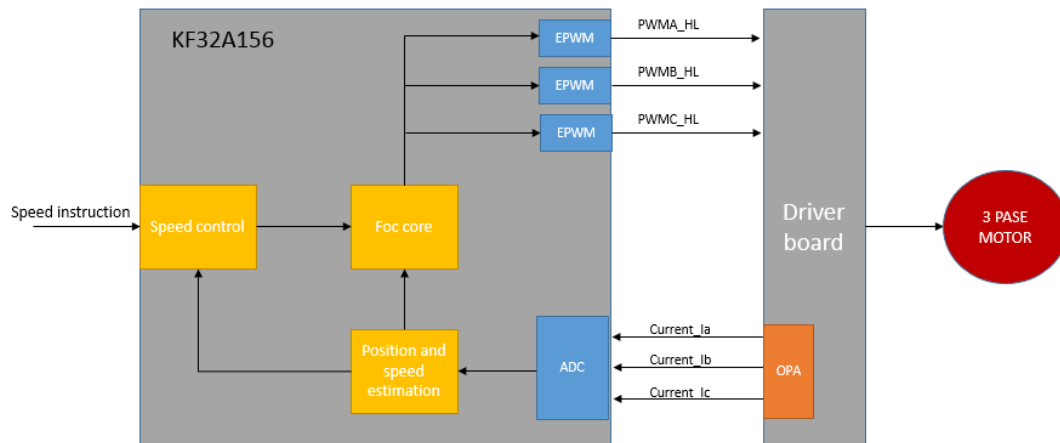
USER\_MOTOR\_LS: 相电感, 等于相间电感测量值/2。

USER\_MOTOR\_MAX\_CURRENT: 电机额定电流。

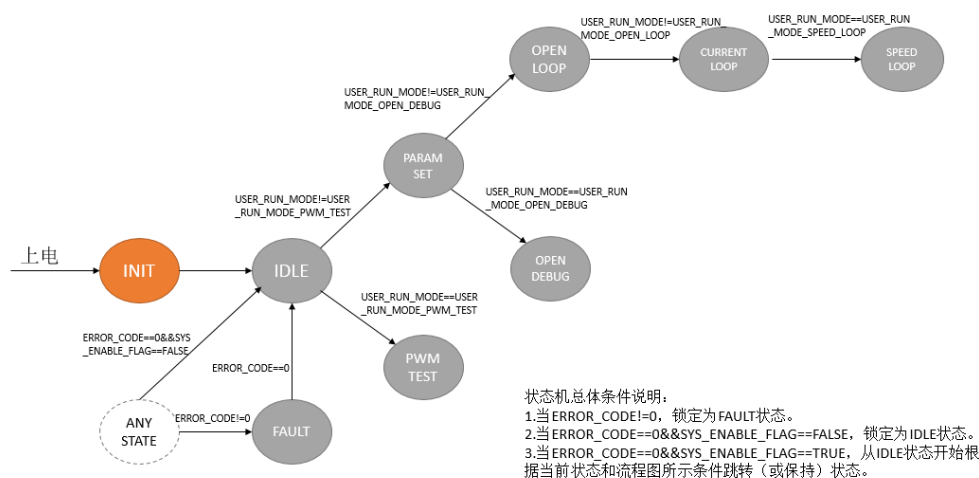
## 2 KF32A156 无感 FOC 软件说明

### 2.1 KF32A156 无感 FOC 信号流程图

KF32A156 无感FOC信号流程图



## 2.2 程序状态机流程图



**INIT:** 上电系统初始化过程，实际状态机不存在此状态。

**IDLE:** 空闲状态，PWM 输出锁定为关闭，等待启动命令。

**PWM TEST:** PWM 测试状态，用来测试 PWM 频率/占空比/死区时间。

**PARAM SET:** 参数配置状态，根据运行模式配置相关参数。

**OPEN DEBUG:** 电流/位置开环调试状态。

**OPEN LOOP:** 电流闭环/位置开环调试状态。

**CURRENT LOOP:** 电流环工作状态。

**SPEED LOOP:** 速度环工作状态。

**FAULT:** 故障状态。

## 2.3 程序状态机基本控制流程

- 1. 当有故障时，状态机锁定为故障状态，故障清除后跳转为空闲状态。
- 2. 空闲状态时当检测到启动命令后，根据条件进行相应的状态跳转。

## 2.4 PWM 测试模式

PWM 测试模式可以用来测试验证 PWM 输出频率/占空比/死区时间是否配置正确以及 PWM 硬件通路是否正常，相关配置参数如下图所示。

```
//run mode parameter
#define USER_RUN_DIRECTION      USER_MOTOR_RUN_CCW
#define USER_RUN_MODE_PWM_TEST  0
#define USER_RUN_MODE_OPEN_DEBUG 1
#define USER_RUN_MODE_OPEN_LOOP 2
#define USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP 3
#define USER_RUN_MODE_SPEED_LOOP 4
#define USER_RUN_MODE           USER_RUN_MODE_PWM_TEST

//PWM TEST
#define USER_PWM_SET_DUTY       (10) //default=10(duty A:10% B:20% C:30%)

//PWM parameter
#define USER_PWM_CLK_MHZ        (120) //MHZ
#define USER_PWM_FREQ_10KHZ     (10) //default=10,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_16KHZ     (16) //default=16,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_20KHZ     (20) //default=20,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_KHZ       USER_PWM_FREQ_20KHZ
#define USER_PWM_PERIOD          (USER_PWM_CLK_MHZ*1000/USER_PWM_FREQ_KHZ/2)
#define USER_PWM_DEADTIME_US    (1.0) //us
```

## 2.5 OPEN DEBUG 测试模式

OPEN DEBUG 模式为电流开环测试模式，程序按给定的转速(对应的电角度)发 SVPWM 信号，用户连上电机拖动后观测 ADC 电流采样波形可以看到一个近似正弦的电流波形，以此来验证 ADC 配置及电流采样电路是否正常，相关参数配置如下图所示。

```
//run mode parameter
#define USER_RUN_DIRECTION      USER_MOTOR_RUN_CCW
#define USER_RUN_MODE_PWM_TEST  0
#define USER_RUN_MODE_OPEN_DEBUG 1
#define USER_RUN_MODE_OPEN_LOOP 2
#define USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP 3
#define USER_RUN_MODE_SPEED_LOOP 4
#define USER_RUN_MODE           USER_RUN_MODE_OPEN_DEBUG

//PWM TEST
#define USER_PWM_SET_DUTY       (10) //default=10(duty A:10% B:20% C:30%)

//OPEN DEBUG
#define USER_DEBUG_CURRENT       (20) //0-100%(PWM duty)
#define USER_DEBUG_SPEED        (100) //RPM
```



## 2.6 OPEN LOOP 测试模式

OPEN LOOP 为电流闭环/估算角度开环测试模式，程序按给定的转速（对应的电角度）发 SVPWM 信号。当转速相对稳定后观测估算角度与给定角度差是否稳定在一个固定的范围内，以此来初步验证观测器是否工作正常，相关参数配置如下图所示。

```
//run mode parameter
#define USER_RUN_DIRECTION      USER_MOTOR_RUN_CCW
#define USER_RUN_MODE_PWM_TEST 0
#define USER_RUN_MODE_OPEN_DEBUG 1
#define USER_RUN_MODE_OPEN_LOOP 2
#define USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP 3
#define USER_RUN_MODE_SPEED_LOOP 4
#define USER_RUN_MODE          USER_RUN_MODE_OPEN_LOOP

//PWM TEST
#define USER_PWM_SET_DUTY      (10) //default=10(duty A:10% B:20% C:30%)

//OPEN DEBUG
#define USER_DEBUG_CURRENT      (20) //0-100%(PWM duty)
#define USER_DEBUG_SPEED        (100) //RPM

//CURRENT LOOP
#define USER_INIT_TORQUE        (5.0) //A
#define USER_SET_TORQUE         (20.0) //A
#define USER_INIT_LOCK_TIME     (1.0) //SEC
#define USER_OPEN_RUN_TIME      (3.0) //SEC
#define USER_OPEN_RUN_SPEED     (200) //RPM
#define USER_CURRENT_ACC        (5) //Q15
```

## 2.7 CURRENT LOOP 工作模式

CURRENT LOOP 为电流环正常工作模式(电流闭环/估算位置闭环)，以上测试模式初步测试正常后可运行电流环工作模式进行调试，基本配置参数如下图所示。

```
//run mode parameter
#define USER_RUN_DIRECTION      USER_MOTOR_RUN_CCW
#define USER_RUN_MODE_PWM_TEST 0
#define USER_RUN_MODE_OPEN_DEBUG 1
#define USER_RUN_MODE_OPEN_LOOP 2
#define USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP 3
#define USER_RUN_MODE_SPEED_LOOP 4
#define USER_RUN_MODE          USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP

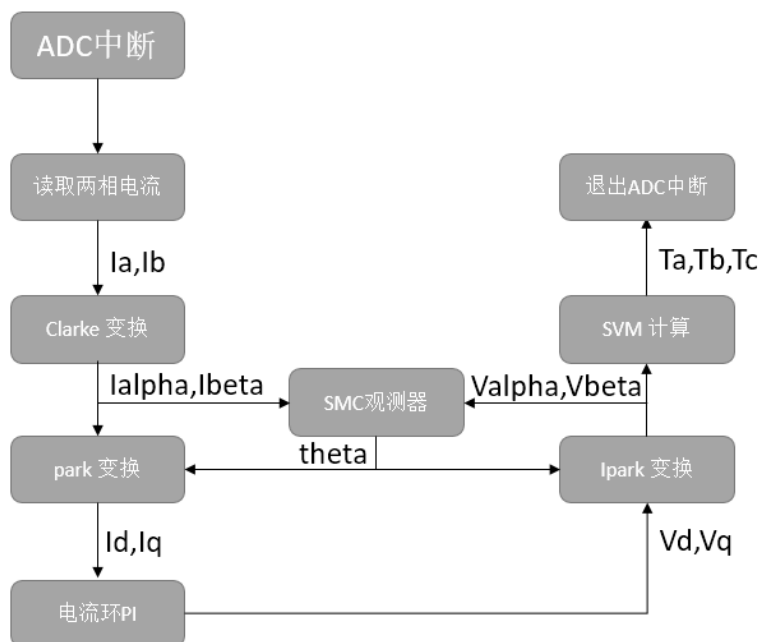
//PWM TEST
#define USER_PWM_SET_DUTY      (10) //default=10(duty A:10% B:20% C:30%)

//OPEN DEBUG
#define USER_DEBUG_CURRENT      (20) //0-100%(PWM duty)
#define USER_DEBUG_SPEED        (100) //RPM

//CURRENT LOOP
#define USER_INIT_TORQUE        (5.0) //A
#define USER_SET_TORQUE         (20.0) //A
#define USER_INIT_LOCK_TIME     (1.0) //SEC
#define USER_OPEN_RUN_TIME      (3.0) //SEC
#define USER_OPEN_RUN_SPEED     (200) //RPM
#define USER_CURRENT_ACC        (5) //Q15
```

## 2.8 FOC 中断处理流程

EPWM timer 周期事件触发 ADC1/ADC2/ADC3 模块按预定顺序采样，采样完成后产生 ADC 中断，在 ADC 中断里进行整个 FOC 算法处理。



## 2.9 过流保护

配置过流点及过流保护时间参数，过流保护时间单位为 PWM 控制周期。

```

//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT      (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE      (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT (10) //%%
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX    (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME (50) //MS
  
```

## 2.10 母线过压保护

配置母线过压点及过压保护时间，过压保护时间单位为 ms。

```

//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT      (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE      (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT (10) //%%
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX    (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME (50) //MS
  
```

## 2.11 电流采样 offset 故障

电流采样中心点(offset)正常值为  $ADCREF/2$ ，当初始化采样 1024 次求平均后的 offset 值超出设置的中心偏差范围(%), 则产生电流采样 offset 故障, 相关配置参数如下图所示。

```
//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT          (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME     (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE          (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME     (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT  (10) //%%
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX    (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX        (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME      (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME      (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME      (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME      (50) //MS
```

## 2.12 堵转保护

程序会判断两种情况产生堵转保护:

- 1.  $V_q$  大而转速小, 两者的比值超出了设定值会产生堵转保护。
- 2. 估算转速超出最大设置转速(堵转时角度估算会产生跳变导致转速跳变随机会产生很大的转速测量值)产生堵转保护。

```
//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT          (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME     (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE          (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME     (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT  (10) //%%
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX    (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX        (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME      (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME      (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME      (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME      (50) //MS
```

## 2.13 缺相保护

缺相保护的工作原理是在设定的时间内对每相电流做积分, 如果哪相电流积分值小于三相电流积分值和/保护系数, 则产生缺相保护故障。

```
//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT          (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME     (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE          (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME     (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT  (10) //%%
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX    (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX        (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME      (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME      (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME      (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME      (50) //MS
```

## 2.14 启动保护

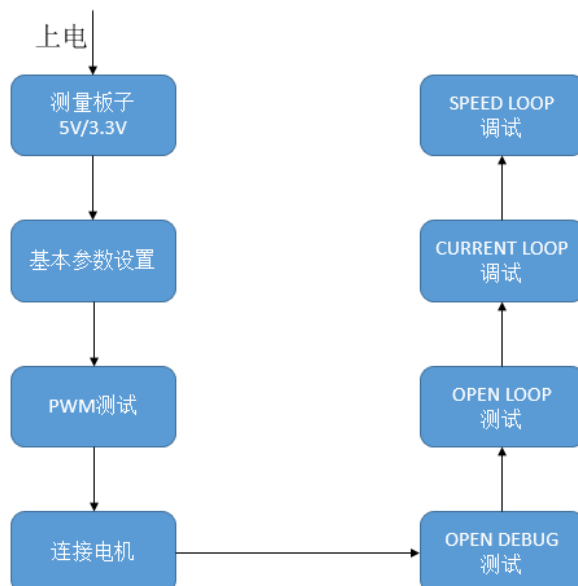
启动保护的原理是启动过程中检测加速度是否超出设定范围，设定检测时间 (CHECK TIME) 内检测到超出范围的次数大于设定值 (ERROR TIME) 则判定为启动故障。

```
//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT      (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE      (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT (10) //%%
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX    (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME (50) //MS
```

## 3 KF32A156 无感 FOC 调试说明

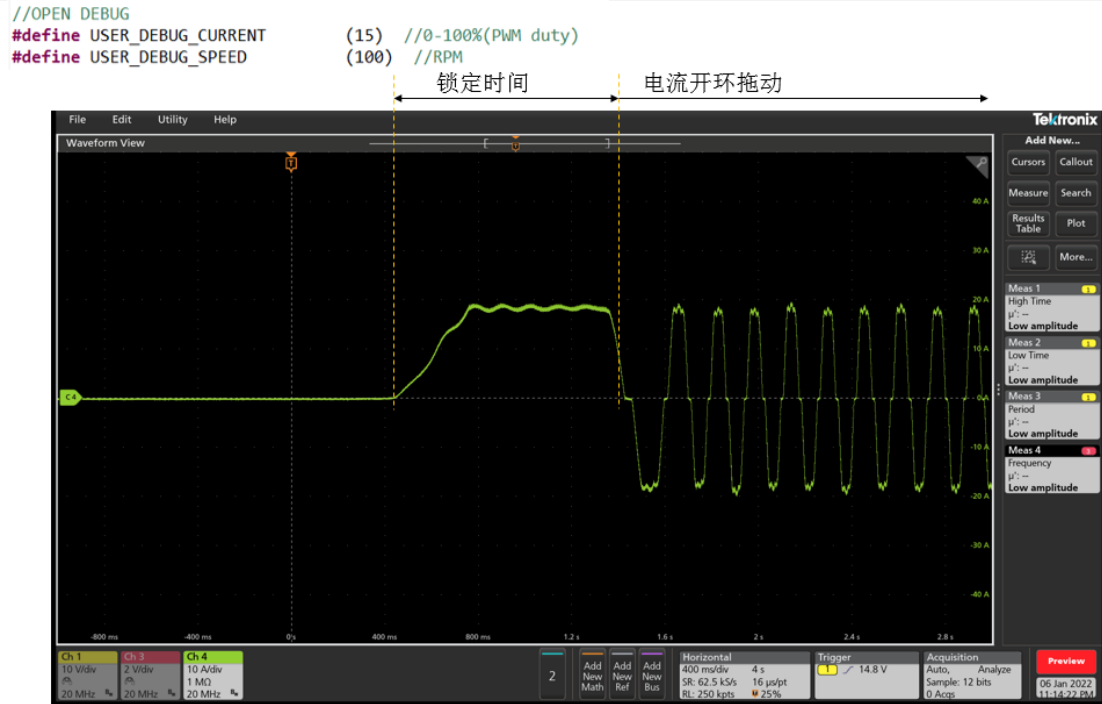
### 3.1 程序调试步骤流程

KF32A156 demo 板第一次调试需要参考此调试步骤流程，后续调试可跳过此流程。

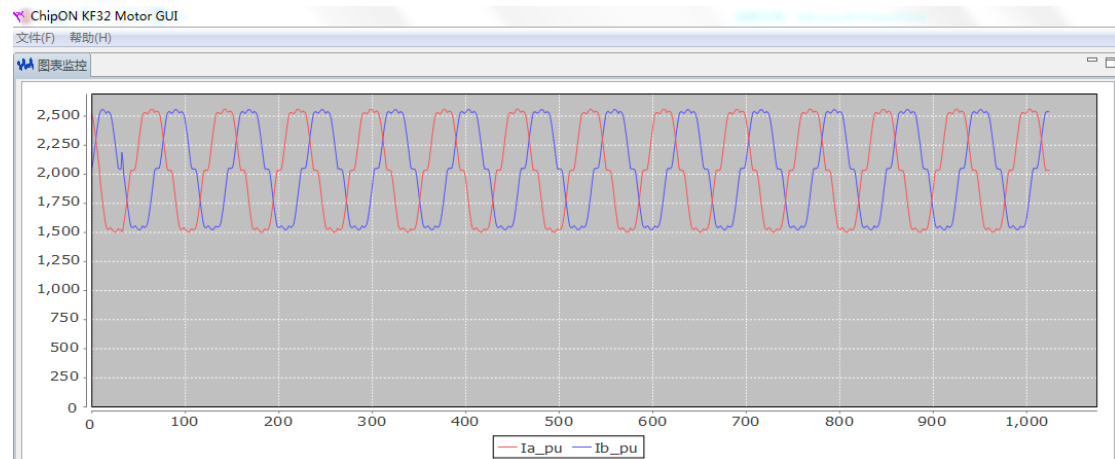


### 3.2 OPEN DEBUG 测试

连上示波器电流表笔到电机相线，从小到大调节 USER\_DEBUG\_CURRENT 参数，直到能拖动电机启动，观察三相电流波形是否正常。



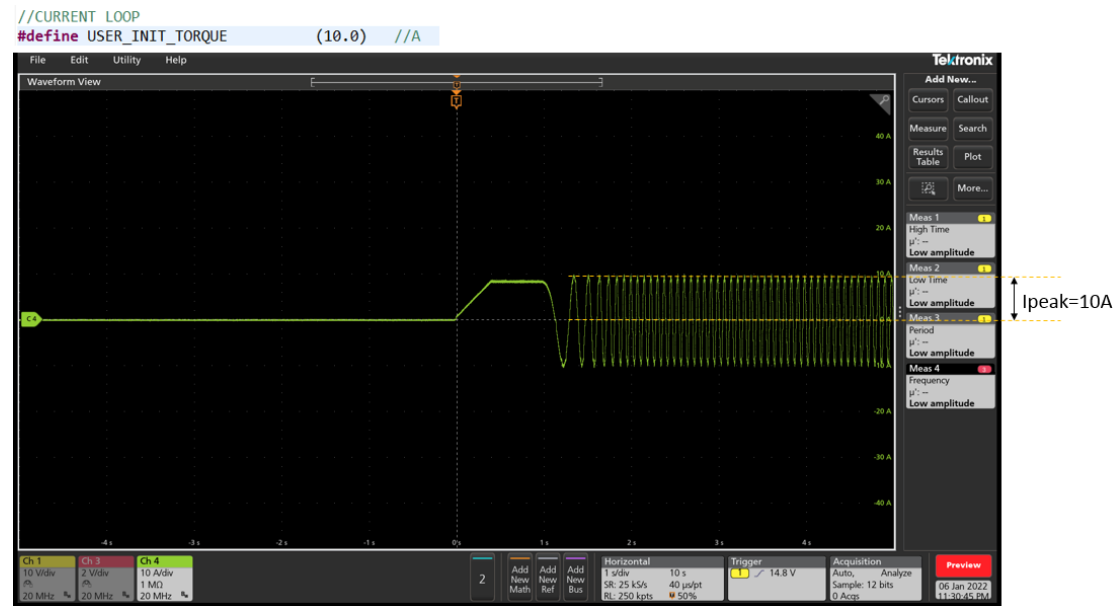
使用 ChipON 串口调试软件观察相电流波形如下图所示，以此可以判断 ADC 配置以及电流采样电路是否工作正常。



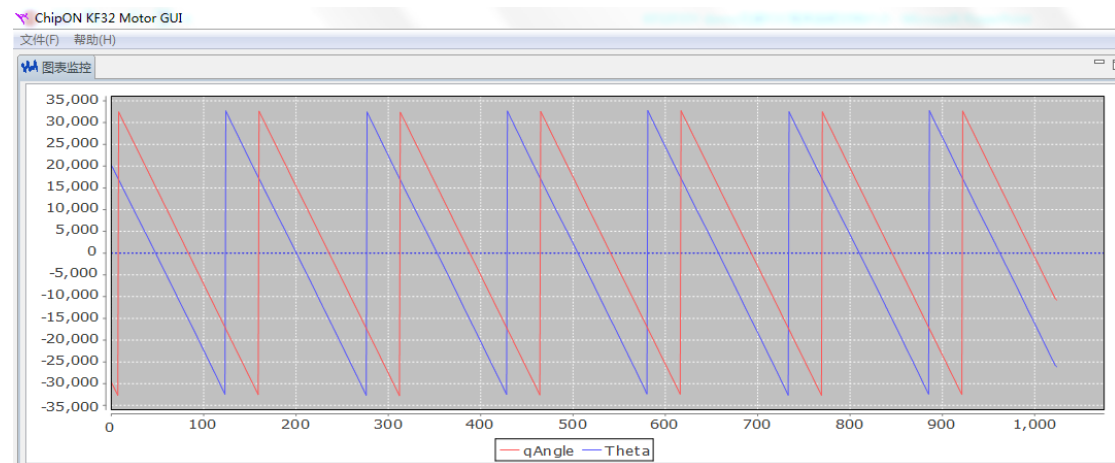


### 3.3 OPEN LOOP 测试

OPEN LOOP 测试在按下启动按键后观察示波器相电流(Ipeak)是否与设置电流 USER\_INIT\_TORQUE 基本一致, 如果电机不能拖动则应适当加大 USER\_INIT\_TORQUE 值。

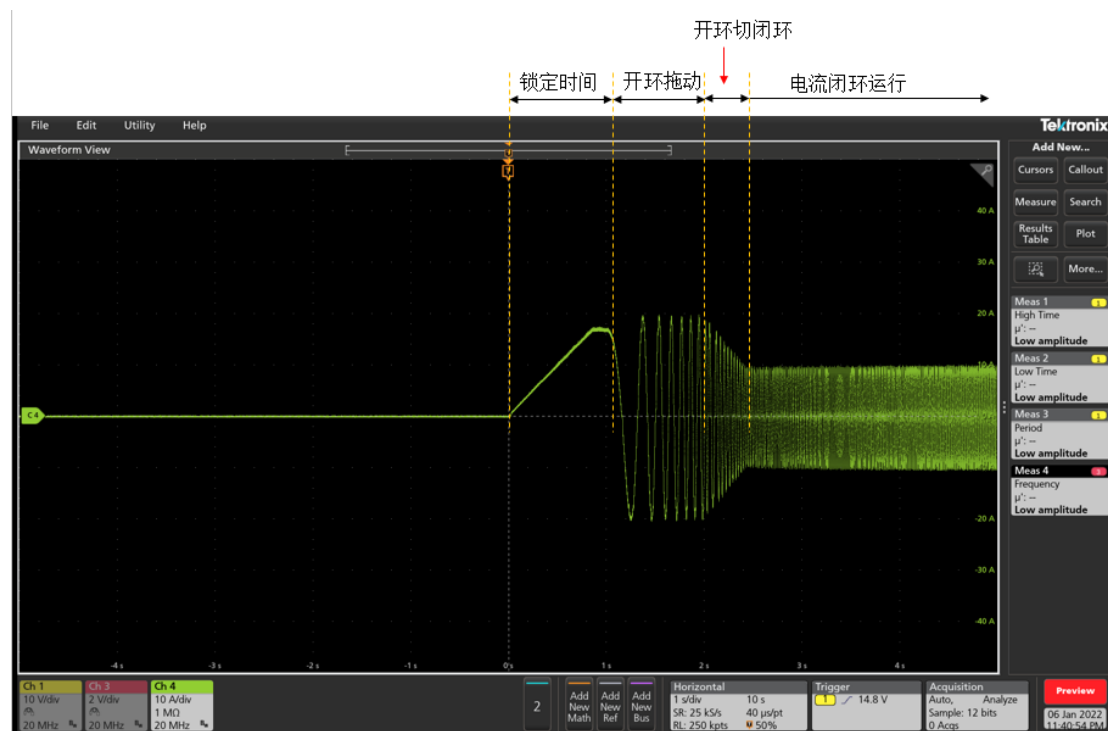


使用 ChipON 串口调试软件观察给定角度和估算角度两者的角度差是否稳定, 正常波形如下图所示 (两者角度差基本一致)。



### 3.4 CURRENT LOOP 调试

OPEN LOOP 测试正常以后就可以进行 CURRENT LOOP 调试，在此模式下根据电机和负载进行启动参数/PI 参数/SMC 参数/保护参数等调试，以满足应用需求。



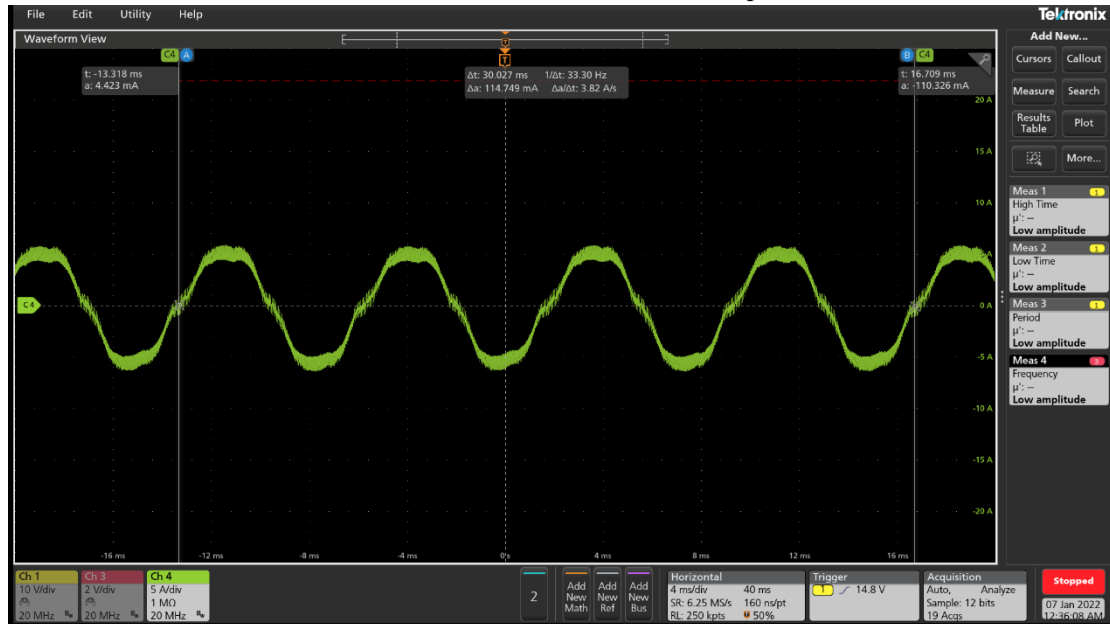
启动过程电流波形效果示意图如下：



### 3.5 SPEED LOOP 调试

CURRENT LOOP 测试正常以后就可以进行 SPEED LOOP 调试，在此模式下根据电机和负载进行启动参数/PI 参数/SMC 参数/保护参数等调试，以满足应用需求。

速度设定 2000RPM(4 极对)，运行电流波形效果示意图如下： $\text{speed\_fbk} = 33.3 \times 60 = 1998\text{RPM}$





## 4 参数说明

### 4.1 ADC 参数

```
//ADC parameter
#define USER_ADC_REF          (5.0) //V
#define USER_SHUNT_RES        (0.002) //R
#define USER_ADC_VOLTAGE_RU    (10000.0) //R
#define USER_ADC_VOLTAGE_RD    (1180.0) //R
#define USER_FULL_SCALE_VOLTAGE (24.0) //V
#define USER_FULL_SCALE_CURRENT (50.0) //A
#define USER_ADC_SCALE_VOLTAGE (USER_ADC_REF/USER_ADC_VOLTAGE_RD*(USER_ADC_VC
#define USER_ADC_SCALE_CURRENT (USER_ADC_REF/2/USER_OP_GAIN/USER_SHUNT_RES)
```

USER\_ADC\_REF: ADC 参考电压。

USER\_SHUNT\_RES: 电流采样电阻阻值。

USER\_ADC\_VOLTAGE\_RU: 母线电压上分压电阻阻值。

USER\_ADC\_VOLTAGE\_RD: 母线电压下分压电阻阻值。

USER\_FULL\_SCALE\_VOLTAGE: 标定母线电压。

USER\_FULL\_SCALE\_CURRENT: 标定相电流。

USER\_ADC\_SCALE\_VOLTAGE: ADC 母线电压量程。

USER\_ADC\_SCALE\_CURRENT: ADC 相电流量程。

### 4.2 电流采样 OP 参数

```
//PGA parameter
#define USER_OP_FBK_RES        (49900.0) //R
#define USER_OP_INPUT_RES      (3000.0) //R
#define USER_OP_GAIN            (USER_OP_FBK_RES/USER_OP_INPUT_RES)
```

USER\_OP\_FBK\_RES: 外部 OP 反馈电阻阻值。

USER\_OP\_INPUT\_RES: 外部 OP 输入电阻阻值。

USER\_OP\_GAIN: 外部 OP 增益。

### 4.3 PWM 参数

```
//PWM parameter
#define USER_PWM_CLK_MHZ        (120) //MHZ
#define USER_PWM_FREQ_10KHZ     (10) //default=10,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_16KHZ     (16) //default=16,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_20KHZ     (20) //default=20,user do not change the value
#define USER_PWM_FREQ_KHZ       USER_PWM_FREQ_20KHZ
#define USER_PWM_PERIOD          (USER_PWM_CLK_MHZ*1000/USER_PWM_FREQ_KHZ/2)
#define USER_PWM_DEADTIME_US    (1.0) //us
```

USER\_PWM\_CLK\_MHZ: PWM 模块输入时钟。

USER\_PWM\_FREQ\_KHZ: PWM 频率。

USER\_PWM\_FREQ\_PERIOD: PWM 频率对应周期寄存器值。

USER\_PWM\_DEADTIME\_US: PWM 死区时间。

#### 4.4 电机参数

```
//MOTOR parameter
#if (USER_MOTOR_SELECT==USER_MOTOR_TYPE0)
#define USER_MOTOR_POLE_PAIRS    (4) //pairs
#define USER_MOTOR_RS              (0.1825) //R
#define USER_MOTOR_LS              (0.000252) //H
#define USER_MOTOR_MAX_CURRENT    (10.0) //A
#elif (USER_MOTOR_SELECT==USER_MOTOR_TYPE1) □
```

USER\_MOTOR\_POLE\_PAIRS: 电机磁极对数。

USER\_MOTOR\_RS: 电机相电阻。

USER\_MOTOR\_LS: 电机相电感。

USER\_MOTOR\_MAX\_CURRENT: 电机额定电流。

#### 4.5 电流环/速度环 PI 参数

```
//current PI parameter
#if (USER_MOTOR_SELECT==USER_MOTOR_TYPE0)
#define USER_ID_KP                ((0.5)
#define USER_ID_KI                (0.01)
#define USER_ID_OUTMAX            (0.5)
#define USER_IQ_KP                (0.5)
#define USER_IQ_KI                (0.01)
#define USER_IQ_OUTMAX            (0.5)
#elif (USER_MOTOR_SELECT==USER_MOTOR_TYPE1) □
#define USER_MAX_VS_MAG            (29000) //Q15
```

USER\_ID\_KP: Id 比例系数。

USER\_ID\_KI: Id 积分系数。

USER\_ID\_OUTMAX: Id 输出限制值。

USER\_IQ\_KP: Iq 比例系数。

USER\_IQ\_KI: Iq 积分系数。

USER\_IQ\_OUTMAX: Iq 输出限制值。

USER\_MAX\_VS\_MAG: 输出功率限制值。

```
//speed PI parameter
#define USER_SPD_KP                (0.8)
#define USER_SPD_KI                (0.001)
#define USER_SPD_OUTMAX            (0.99)
```

USER\_SPD\_KP: speed 比例系数。

USER\_SPD\_KI: speed 积分系数。

USER\_SPD\_OUTMAX: speed 输出限制值。

#### 4.6 速度环参数

```
//SPEED MODE
#define USER_SET_SPEED          (2000)  //RPM
#define USER_SPEED_MIN          (1000)  //RPM
#define USER_SPEED_MAX          (4000)  //RPM
#define USER_SPEED_BASE         (6000)  //base value for PU
#define USER_SPEED_ACC_TIME     (9)  //sec, 0~max_speed time
```

USER\_SET\_SPEED: 速度给定。

USER\_SPEED\_MIN: 最小速度限制。

USER\_SPEED\_MAX: 最大速度限制。

USER\_SPEED\_BASE: 速度基值（应大于最大速度限制）。

USER\_SPEED\_ACC\_TIME: 0~最大速度加速度时间。

#### 4.7 运行模式参数

```
//run mode parameter
#define USER_RUN_DIRECTION      USER_MOTOR_RUN_CCW
#define USER_RUN_MODE_PWM_TEST  0
#define USER_RUN_MODE_OPEN_DEBUG 1
#define USER_RUN_MODE_OPEN_LOOP 2
#define USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP 3
#define USER_RUN_MODE_SPEED_LOOP 4
#define USER_RUN_MODE          USER_RUN_MODE_CURRENT_LOOP

//PWM TEST
#define USER_PWM_SET_DUTY       (10)  //default=10(duty A:10% B:20% C:30%)

//OPEN DEBUG
#define USER_DEBUG_CURRENT       (20)  //0-100%(PWM duty)
#define USER_DEBUG_SPEED        (100)  //RPM

//CURRENT LOOP
#define USER_INIT_TORQUE         (5.0)  //A
#define USER_SET_TORQUE          (20.0) //A
#define USER_INIT_LOCK_TIME      (1.0)  //SEC
#define USER_OPEN_RUN_TIME       (3.0)  //SEC
#define USER_OPEN_RUN_SPEED      (200)  //RPM
#define USER_CURRENT_ACC         (5)    //Q15
```

USER\_RUN\_DIRECTION: 电机运行方向。

USER\_RUN\_MODE\_PWM\_TEST: PWM 测试模式。

USER\_RUN\_MODE\_OPEN\_DEBUG: OPEN DEBUG 测试模式。

USER\_RUN\_MODE\_OPEN\_LOOP: OPEN LOOP 测试模式。

USER\_RUN\_MODE\_CURRENT\_LOOP: CURRENT LOOP 电流环模式。

USER\_RUN\_MODE\_SPEED\_LOOP: SPEED LOOP 速度环模式。

USER\_PWM\_SET\_DUTY: PWM 测试模式占空比设置。

USER\_DEBUG\_CURRENT: OPEN DEBUG 模式测试电流设置。

USER\_DEBUG\_SPEED: OPEN DEBUG 模式测试速度设置。

USER\_INIT\_TORQUE: 初始锁定电流设置。

USER\_SET\_TORQUE: 运行电流设置。

USER\_INIT\_LOCK\_TIME: 初始锁定时间。

USER\_OPEN\_RUN\_TIME: 开环拖动时间。

USER\_OPEN\_RUN\_SPEED: 开环拖动速度。

USER\_CURRENT\_ACC: 电流指令跟随斜率。

#### 4.8 保护参数

```
//ERROR parameter
#define USER_OVER_CURRENT          (25.0) //A
#define USER_OVER_CURRENT_TIME     (5) //time=N*control_loop_time
#define USER_OVER_VOLTAGE          (26.0) //V
#define USER_OVER_VOLTAGE_TIME     (2) //MS
#define USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT  (10) //％
#define USER_CURRENT_OFFSET_MAX    (USER_CURRENT_OFFSET_LIMIT*2048/100)
#define USER_OVER_SPEED_MAX        (6000.0) //RPM
#define USER_STALL_UQ_OVER_OMEGA_MAX (25) //rate
#define USER_STALL_CHECK_TIME       (1000) //MS
#define USER_STALL_ERROR_TIME       (100) //MS
#define USER_LOST_PHASE_CHECK_TIME (1000) //MS
#define USER_START_CHECK_TIME       (1000) //MS
#define USER_START_ERROR_TIME       (50) //MS
```

USER\_OVER\_CURRENT: 过流保护设定值。

USER\_OVER\_CURRENT\_TIME: 过流保护时间，最小为一个 PWM 周期。

USER\_OVER\_VOLTAGE: 母线电压过压保护值。

USER\_OVER\_VOLTAGE\_TIME: 过压保护时间。

USER\_CURRENT\_OFFSET\_LIMIT: 电流采样中心点偏差范围百分比。

USER\_CURRENT\_OFFSET\_MAX: 电流采样中心点最大偏差值。

USER\_OVER\_SPEED\_MAX: 最大转速值。

USER\_STALL\_UQ\_OVER\_OMEGA\_MAX: 堵转保护 Uq/Omega 最大值。

USER\_STALL\_CHECK\_TIME: 堵转保护每次检测时间。

USER\_LOST\_PHASE\_CHECK\_TIME: 缺相保护每次检测时间。

USER\_START\_CHECK\_TIME: 启动保护每次检测时间。

USER\_START\_ERROR\_TIME: 启动保护检测时间内最大超限次数。

#### 4.9 串口调试参数

```
//COMMU DEBUG TOOL
#define USER_DEBUG_TOOL_BAUD_RATE (115200)
#define USER_DEBUG_TOOL_ON        1
#define USER_DEBUG_TOOL_OFF        0
#define USER_DEBUG_TOOL_SELECT     USER_DEBUG_TOOL_ON
#define USER_DEBUG_SIN_ON          1
#define USER_DEBUG_SIN_OFF         0
#define USER_DEBUG_SIN_SELECT      USER_DEBUG_SIN_ON
```

USER\_DEBUG\_TOOL\_BAUD\_RATE: 串口波特率设置。

USER\_DEBUG\_TOOL\_SELECT: 串口调试功能使能/关闭选项。

USER\_DEBUG\_SIN\_SELECT: 正弦测试信号使能/关闭选项。