

MDRFD0

Hair Dryer

Application Note

Sensorless Based High-Speed PMSM Solution

目錄

目錄	2
1. 基本規格參數配置	3
1.1 電機參數配置	3
1.2 MOC 及硬體參數配置	4
1.3 保護參數配置	6
2. 吹風機參數調適流程	12
2.1 啟動參數調適	12
2.2 周邊控制功能	16
2.3 順/逆風啟動參數調適	19
2.4 保護參數調適	19
2.5 其它參數配置	20
3. 程序架構	22
3.1 程式流程	22
4. 參考電路設計	23
4.1 電源輸入電路	23
4.2 核心單元及周邊電路	23
4.3 三相全橋變頻器	24
4.4 兩相採樣電路	24
4.5 BOOTSTRAP	24
4.6 外部端口	25
4.7 保護線路	25
4.8 其他周邊	25

1. 基本規格參數配置

1.1 電機參數配置

- 配置文件：MOTOR.h <Configuration Wizard>
- Set motor parameters

參數	數值範圍/選項	說明	預設值
Motor Pole	0~30(2的倍數)	馬達極數	2
Motor SMO_G	0~32767	$G = Ts / Ls/2$	16000
Motor SMO_F	0~32767	$F = 1 - (G * Rs/2)$	32346
Motor SMO_Kslf	0~32767	Low Pass Filter Gain	8000
Motor SMO Kslide	0~32767	Linear Gain	16000
MaxSmcError	0~32767	SMO電流誤差判斷值	32767

調適方向建議：

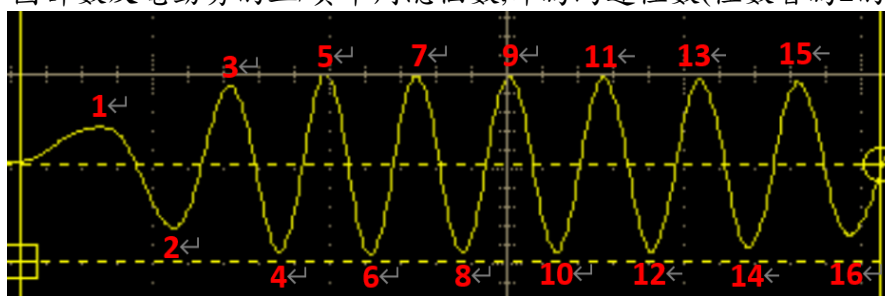
極數量測：

在無法確切得知馬達的極數規格時,可以採用量測反電動勢來取得極數,方法如下:

Step1. 示波器碳棒隨意勾取馬達任一兩相之間(ex: U對V or V對W...),馬達無須接在控制板上

Step2. 利用手轉或是外力讓馬達旋轉一圈

Step3. 依照下圖計數反電動勢的正/負半周總個數,即為馬達極數(極數皆為2的倍數)



SMO:

Sliding-Mode Current Observer主要用於估測電機轉子位置，對參數變動干擾有一定程度的強健性，因此SMO_G、SMO_F參數無需透過R、L參數計算而得。當電機操作至額定功率期間，若出現電流異常發散導致停機保護，可以試誤法方式調適dSMO參數 (**G必須小於F**)。

SMO_Kslf為滑模電流觀測器於估測轉子位置時的濾波器係數，該參數與電機電氣頻率呈線性關係，也間接影響實際轉子位置與估測轉子位置間的相位關係。當電機操作至額定功率期間，若出現電流異常發散導致停機保護，可以試誤法方式調適SMO_Kslf參數。

Kslide為SMO線性增益, SMO_Gain為內部數學模型實際增益值，其公式為：

$$SMO_Gain = Kslide/MaxSmcError$$

1.2 MOC及硬體參數配置

■ 配置文件：Pwm.h <Configuration Wizard>

■ Set MPWMDATA

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set PWM Frequency	12000~40000(10的倍數)	載波頻率	27000	Hz

■ Set MPWMDDB

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set Deadband Time	1us/1.5us/2us/3us/4us/5us	設定死區時間	1.5us	--

調適方向建議：

PWM輸出頻率：

PWM頻率設置越高，雖會增加MOSFET的切換損與電機發熱，進而影響系統效率，但可有效抑制電機操作於高速應用下的電流/功率/速度漣波、振噪，提升整體系統性能表現；而頻率設置低人耳會容易聽到(低於16K)，但能提高馬達最高轉速，建議感量越低的馬達設置的載波頻率要越大。

死區設定：

根據實際量測上下臂輸出波形判斷所需要的死區範圍，死區過大會影響馬達的速度特性，可能會無法提升到額定最高速。

■ 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>

■ Set Rshunt and OPA Gain

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Rshunt	--	設定採樣相電阻阻值	1000	0.1mR
OPA GAIN	1 Gain /2.5 Gain /5 Gain /10 Gain	內部OPA放大倍率	5 Gain	--

調適方向建議：

無感系列內部運算放大器增益有1、2.5、5、10四種放大增益值可供選擇，其選配原則取決於電流採樣解析度與電機額定相電流。

ShuntR * 馬達最大電流(I_{Peak}) < 0.5V

差動兩端會限制在0.5V以下，是因為內部OPA兩端最大限度電壓為0.5V。

OPA Gain * ShuntR * 馬達最大電流(I_{Peak}) < 2.5V

會限制2.5V是因為，內部A/D往上Offset了2.5V
相電流有正/負，0~2.5V為負電流，2.5V~5V為正電流。

採樣電阻選配建議：

一般電流採樣 A/D 建議最大值對應馬達 I_{peak}(max) 的兩倍，例如：

DC24V 馬達，在最高額定轉速下相電流 I_{peak} = 2.7A，取 3A，則兩倍的採樣最大電流為 6A
R_{Shunt} = 2.5V / Gain / 6A，Gain 先取 5，則 R_{shunt} = 83mR，取 0.1R 為用。

採樣電阻阻值越大，則採樣的精度也越高，但也需要考慮到採樣電阻功耗導致的溫升。在保證電阻溫升符合要求的情況下，電阻值應儘量提升。

■ 配置文件：Pwm.h <Configuration Wizard>

■ 開級驅動輸出模式



參數	數值範圍/選項	說明	預設值
Set MPWM_SWAP	MDRFD0	Gate Driver輸出模式	MDRFD0

調適方向建議：

當使用MDRFD0 (MCM：內建N/N-type Gate-Driver，需外部配置MOSFET)時，則選定” MDRFD0” 。 (Note:此選項千萬不能選錯,否則可能會造成mos毀壞)

- 配置文件：Moc.h <Configuration Wizard>
- 空間向量脈寬調變(SVPWM)配置
- Set MOTOR_CONT2

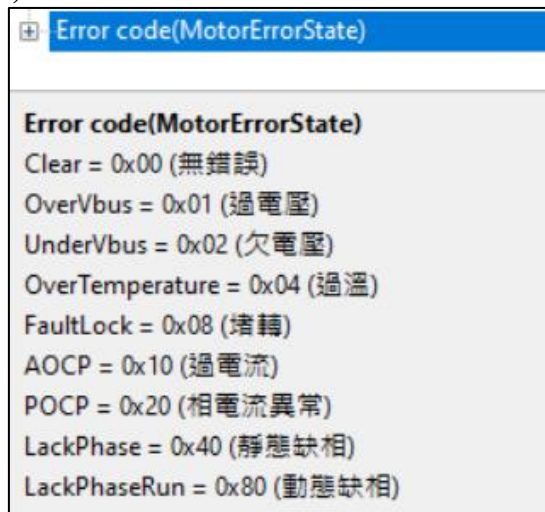
參數	數值範圍/選項	說明	預設值
SVPWMMODE	7-SVPWM 5-SVPWM	SVPWM模式	5-SVPWM

調適方向建議：

(a). 當產品/系統以效率為優先指標時，可選定” 5-SVPWM” ，則SVPWM會以5段式切換輸出，降低MOSFET切換損與發熱，反之，當產品/系統以靜音、震動及干擾為訴求與關鍵指標時，則選定---” 7-SVPWM” 。

1.3 保護參數配置

- 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>
- 保護/誤動作狀態辨識 (ErrorStatus)
- Error code(MotorErrorState)



調適方向建議：

當系統發生馬達異常停止或是無法啟動時，可利用保護狀態辨識，得知目前Error_Code輸出代號，以釐清系統的保護狀態。可在main.c檔內(第182行)，找尋if(UartFlag == 1)此判斷式，在第187行底下的Debug_(A~F)任一參數下使其等於” MotorErrorState” 此變數，範例如下：

```
if(UartFlag == 1){  
    SFR_PAGE = 0; Debug_A = eprom_data;  
    SFR_PAGE = 0; Debug_B = PI_OUT;  
    SFR_PAGE = 1; Debug_C = PI_OUT;  
    SFR_PAGE = 2; Debug_D = PI_OUT;  
    SFR_PAGE = 2; Debug_E = PI_UI;  
    SFR_PAGE = 3; Debug_F = MotorErrorState;  
  
    Uart_Package_Build();  
    UartFlag = 0;  
}
```

加入此變數

於UartSystem.h <Configuration Wizard>將UART功能Enable，並且打開” DataLogger.exe” 軟體即可監看此變數。

配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>

- Set motor protection function
- Overvoltage/Undervoltage protection (OVP/UVLP) (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set Vbus A/D Channel	CH0~CH7	採樣母線電壓A/D通道	CH2	--
Set Vbus rate parameter	0~65535	採樣母線電壓校正參數 = (Vbus_avg / Input voltage)*1000	2160	--
OVP Values	0~4000	過電壓值	3800	0.1V
OVP recovery Values	0~4000	過電壓恢復值	3750	0.1V
UVP recovery Values	0~4000	欠電壓恢復值	1450	0.1V
UVP Values	0~4000	欠電壓值	1400	0.1V
BUS_VOLT_DURATION	10~30000	OVP/UVLP判斷週期	50	ms

調適方向建議：

Vbus rate parameter：

先確認採樣Vbus的AD channel，並填入V_BUS_CH內，之後把” Vbus_avg” 此變數放入UART Debug監看(如同上面所提到的方式)，上電後將得到的Vbus_avg除以目前的輸入電壓，再乘上1000，得出的數值即為**Vbus rate parameter**，範例如下：

假設在工作電壓為DC310V下，所得到的Vbus_avg為670， $670 / 310 = 2.16$
 $2.16 * 1000 = 2160$ ，**Vbus rate parameter** = 2160。

OVP /UVP setting：

將所希望的過電壓保護值以及欠電壓保護值，分別填入**OVP Values**、**UVP Values**參數，過電壓恢復值以及欠電壓恢復值，分別填入**OVP recovery Values**、**UVP recovery Values**。

BUS_VOLT_DURATION參數為判斷OVP/LVP的判斷總週期，判斷次數每10ms判斷一次。

- Locked-rotor protection (LRP) (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Motor speed abnormally high value	--	馬達速度異常過高數值	13000	10rpm
Motor speed abnormally low value	--	馬達速度異常過低數值	600	10rpm
LRP DURATION	10~30000	馬達堵轉判斷週期	500	ms

調適方向建議：

LRP setting :

根據馬達的最高/低額定轉速，再累加/減一個量，來判斷馬達為堵轉狀態，高於**Motor speed abnormally high value**，認為過速保護；低於**Motor speed abnormally low value**，認為欠速保護

LRP judgment cycle 參數為判斷LRP的週期，建議不要設定太小，避免誤判。

■ Over temperature protection (OTP) (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set OTP A/D Channel	CH0~CH7	採樣OTP A/D通道	CH5	--
OTP A/D Values	0~1023	過溫A/D值	670	--
OTP recovery A/D Values	0~1023	過溫恢復A/D值	620	--
OVER_TEMPATURE_LOAD_REDUCE_VALUE	0~1023	過溫降載A/D值	670	
TEMPERTURE_DURATION	10-30000	OTP判斷週期	500	ms

調適方向建議：

OTP setting :

先確認OTP的AD channel，並填入**Set OTP A/D Channel**。

OTP A/D Values：為過溫保護當下的A/D值

OTP recovery A/D Values：為清除過溫保護的A/D值

OVER_TEMPATURE_LOAD_REDUCE_VALUE：超過此A/D值啟動降載(減少MOS損耗)

若可得知NTC的R/T表，可直接使用分壓公式做推算。

TEMPERTURE_DURATION參數為判斷OTP的總週期，每10ms判斷一次。

一般NTC擺放位置於mos附近，用來檢測mos附近的相對溫度(除非有其他用途)，其確認該A/D值，可先將馬達超載運作，實際使用K-type量測mos表面溫度，在mos表面溫度到達認為應該要跳OTP保護的位置，檢測該NTC讀到的A/D值，在將其填入參數即可。

■ Heat_Temperture_Protect Enable/Disable (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set Heat Temperture A/D Channel	CH0~CH7	採樣加熱器溫度A/D通道	CH3	--
OVER_HEAT_TEMPATURE A/D Values	0~1023	加熱器過溫A/D值	150	--
HEAT_TEMPATURE_OPEN_CIRCUIT A/D Values	0~1023	加熱器開路A/D值	1000	--
HEAT_TEMPATURE_DURATION	10-30000	OTP判斷週期	500	ms

調適方向建議：

Heat Temperature setting :

先確認AD channel, 並填入Set Heat Temperture A/D Channel。

OVER_HEAT_TEMPERTURE A/D Values : 此值為判斷加熱器溫度過溫的A/D值，低於^{*1}此值認為過溫。

HEAT_TEMPERTURE_OPEN_CIRCUIT A/D Values : 當A/D值超過^{*1}此值，認為加熱器斷線或是故障。

*1：當NTC分壓對地，若分壓對Vcc，則需到代碼判斷過溫的副程式內，將大小於符號對換。

■ MotorLackPhase_Fun Enable/Disable (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
MotorLackPhase_SOP	LEVEL1/ LEVEL2	判斷靜態缺相的步驟	Level2	--
Set Vq Detection Value	0~4000	設定給定Vq的量	2000	--
Set abs(IaFb) Detection Value	0~1000	判斷為靜態缺相的IaFb值	25	mA
Set abs(IbFb) Detection Value	0~1000	判斷為靜態缺相的IbFb值	25	mA
LackPhase_Duration	10~30000	靜態缺相判斷週期	500	mS

調適方向建議：

MotorLackPhase setting :

此保護是用來設定在馬達靜止狀態下，判斷馬達三相線是否有缺相(斷線)的狀態。

先將MotorLackPhase_SOP設置為Level1，並將IaFb、IbFb參數加入至Uart觀測，並且記錄當任一相線移除後的數值變化。假設在無任何缺相的情況下，馬達靜止狀態的IaFb和IbFb皆為500，當移除任何一相線後，IaFa/IaFb往下驟降至110，此時可以估抓IaFb/IbFb低於160時，判斷為靜態缺相，將其值轉換成電流值填入Set abs(IaFb) Detection Value、Set abs(IbFb) Detection Value，公式如下：

Set abs(IaFb) Detection Value = (靜態缺相值(IaFb) / I_AMPLIFIER) * 1000

Set abs(IbFb) Detection Value = (靜態缺相值(IbFb) / I_AMPLIFIER) * 1000

I_AMPLIFIER = (((R_SHUNT * OPA_GAIN * 1023))/5)*64

假設R_SHUNT = 0.1 ; OPA_GAIN = 5 ; 則I_AMPLIFIER = (0.1*5*1023)/5*64 = 6,547.2

Set abs(IaFb) Detection Value = (160 / 6547.2) * 1000 = 24.4，取整數25

Set abs(IbFb) Detection Value = (160 / 6547.2) * 1000 = 24.4，取整數25

Vq Detection Value : 用來調整判斷靜態缺相時的回授電流大小，若發現當缺相的電流變化性不大時，可以適度提高Vq的量。

LackPhase_Duration : 判斷靜態缺相的總週期，提高此參數可避免雜訊所造成缺相的誤判。

當以上參數調適完畢後，請將MotorLackPhase_SOP設置為Level2。

■ MotorLackPhase_Run_Fun Enable/Disable (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set abs(IaFb) Detection Value	0~1000	判斷為動態缺相的IaFb值	50	mA
Set abs(IbFb) Detection Value	0~1000	判斷為動態缺相的IbFb值	50	mA
Set abs(IaFb-IbFb) Detection Value	0~1000	判斷為動態缺相的IaFb-IbFb值	100	mA
LackPhase_Run_Duration	10~30000	動態缺相判斷週期	100	ms

調適方向建議：

MotorLackPhase Run setting：

此保護是用來設定在馬達運轉狀態下，判斷馬達三相線是否有缺相(斷線)的狀態。

參數設置方式和判斷靜態缺相雷同，先將IaFb、IbFb、IcFb放到Uart觀測，此時紀錄在馬達運轉下的電流數值，可先斷開取樣Ia、Ib所對應的相線，例如取樣Ia的相線為U相，則可在馬達運轉中斷開U相線，觀測Uart中的電流數值變化，反之Ib，Ic也是(Ic為沒有取樣電阻的該相線)，當Ic斷線時，Ia、Ib由於電流方向不同，會相差180度，abs(Ia-Ib) 近似於0。判斷為動態缺相的參數值，將其值轉換成電流值填入，其公式如下：

Set abs(IaFb) Detection Value = (動態缺相值(IaFb) / I_AMPLIFIER) * 1000

Set abs(IbFb) Detection Value = (動態缺相值(IbFb) / I_AMPLIFIER) * 1000

Set abs(IaFb-IbFb) Detection Value = (動態缺相值(IaFb - IbFb) / I_AMPLIFIER) * 1000

I_AMPLIFIER = (((R_SHUNT * OPA_GAIN * 1023))/5)*64

LackPhase_Run_Duration：判斷動態缺相的總週期，提高此參數可避免雜訊所造成缺相的誤判。

■ Phase current protection (✓)

保留；待驗證必要性

- Phase Ia、Ib、Ic parameter (unit : mA) (700)
- PHASE_OCP_DURATION parameter (unit : ms) (50)

調適方向建議：

(a). 相電流異常保護，三相電流中，若大於所設定的Phase Ia、Ib、Ic parameter，認為電流異常保護，設定方向可將IaFb、IbFb放置UR觀察，在馬達額定轉速運轉下將其平均值紀錄，約抓個1倍左右填入該參數。

(b). PHASE_OCP_DURATION parameter：判斷相電流延遲時間

- Set Protection to retry
 - AOC_Pretry_Enable (✓)
 - POCP_Pretry_Enable (✓)
 - FaultLock_Retry_Enable (✓)
 - MotorLackPhase_Retry_Enable(✓)
 - MotorLackPhase_Run_Retry_ENABLE (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set the number of retries	0~255	報錯後重啟次數	10	times
Set retry delay time	0~32767	重啟延時時間	3000	ms

調適方向建議：

相對應的保護功能Retry Enable被勾起後，則當該保護發生後，會自動重啟，反之則需重新斷電。

Set the number of retries：為當錯誤產生時，馬達重啟的次數，一旦超過此值，便需要斷電重啟。

Set retry delay time：為發生錯誤後到重新啟動中間的延時時間。

- 配置文件：Ocp.h <Configuration Wizard>
- 硬體過電流保護設置
- Set AOCPCONT

參數	數值範圍/選項	說明	預設值
I_SHORT	0.15V/0.2V/0.25V/0.3V/0.35V/0.4V/0.45V/0.5V	過電流參考電壓	0.3V
AOCPEN	Enable/Disable	類比過電流功能	Enable
DOCPEN	Enable/Disable	數位過電流功能	Disable

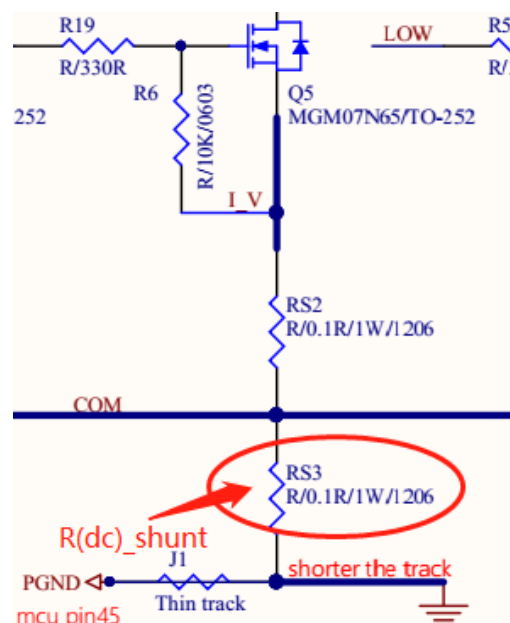
調適方向建議：

MDRFD0提供8組等效過電流電壓檔位供配置，其母線電流保護點的計算為： $I_SHORT = I_{ocp} * R(dc)_shunt$

AOCPEN為類比輸入式OCP，DOCPEN為數位輸入式OCP，若外掛Driver為IPM，一般皆設定DOCPEN，反之為AOCPEN。

OCP setting :

過電流值設定約在馬達最大電流(I_Peak)之1.5倍~2倍左右。



2. 吹風機參數調適流程

2.1 啟動參數調適

Step1. 對位啟動

- 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>
- Set the motor tuning process

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set IQ parking duration	1-32767	IQ定位持續時間	10	ms

- Set FOC LOOP Parameter
 - IQ
 - ✓ Set IQ Current parameter

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set IQ Initial current	--	IQ初始電流量	0	mA
Set IQ Starting current	--	IQ啟動電流量	440	mA

調適方向建議：

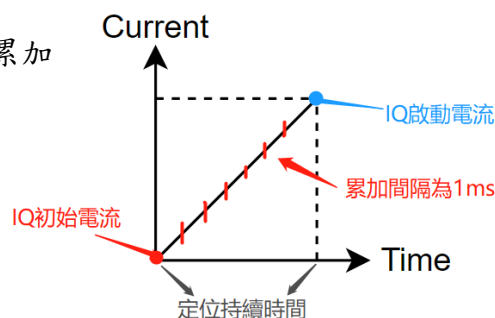
若負載慣量大，在啟動期間的啟動電流/力矩需大一點，依照負載大小適度調整，如此可有效完成啟動、降低震動及倒轉機率。時間適度增加可改善啟動失敗率。

對位電流的加速斜率及時間說明如下：

如右圖，定位持續時間為初始電流到啟動電流的總時間，而累加間隔時間為Timer0時間(1ms)，故每1ms的累加電流量為：

$(\text{IQ啟動電流} - \text{IQ初始電流}) / \text{定位持續時間}$

定位持續時間最小為1ms，若不需要定位可將初始電流=啟動電流



Step2. 位置開迴路運轉(Open loop)

- 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>
- Set the motor tuning process

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
FOC_Control_Stage	Standby/ OpenLoop/ CloseLoop	FOC控制階段	CloseLoop	--
Set SMO_RAMP acceleration slope	1~32767	PLL累積斜率	1	ms
Set PLL accumulation	1~100	PLL累加量	2	--
Set SMO_PLL initial speed	--	PLL初始轉速	1	10rpm
Set SMO_PLL end speed	--	PLL結束轉速	300	10rpm

調適方向建議：

FOC Control Stage :

OpenLoop：開迴路期間為電流閉環、位置開環。調適初期針對開迴路調適時，建議可先將FOC_Control_Stage調為OpenLoop，如此一來馬達便只會運轉在開迴路狀態，當馬達運轉中若出現不可逆的現象時，也可利用FOC_Control_Stage加以分析是開迴路出現的問題，還是閉迴路的問題。

CloseLoop：可選擇速度外環，或是功率外環。

PLL：

SMO_RAMP減少可有效提高位置觀測器收斂速度與減少開迴路啟動時間，但若太小有可能會導致

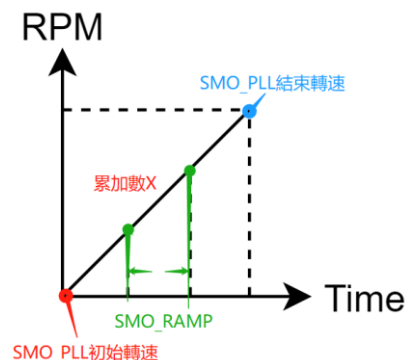
啟動太快而失敗，須注意此變數值也包含順/逆風下的PLL加速斜率。開迴路加速度斜率及時間說明如下：

如右圖，為SMO_PLL初始轉速到SMO_PLL結束轉速斜率，每SMO_RAMP的時間去累加一個PLL量(為圖中的累加數X)

故**PLL開環的總時間計算為：**

$$[(\text{SMO_PLL結束轉速} - \text{SMO_PLL初始轉速}) / (\text{PLL累加量} / \text{POLE PAIRS})] * \text{SMO_RAMP}$$

Ex : $[(30-5)/(1/7)] * 15\text{ms} = 2625\text{ms}$



Step3. 開迴路銜接至閉迴路

■ 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>

■ Set the motor tuning process

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set SMO_DELAY Delay time	1-32767	開環進開環延遲時間	10	ms

SMO_DELAY為內環準備要進閉環的延遲時間，可適度調整此參數。參數預留，暫不使用。

■ Set FOC LOOP Parameter

● IQ>

✓ Set IQ Current parameter

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set IQ End current	--	閉環電流初始值	450	mA

調適方向建議：

在開環路結束後的電流即為IQ結束電流，此值在進入閉環後，會直接填入閉環的積分值以及輸出值，當位置開迴路(電流閉迴路)切入閉迴路時，由於初始外環PI控制器的積分器為零，為了避免銜接過程中轉速異常漣波，需提供外環PI控制器的積分器一個初始值。

Step5. 閉迴路運轉(Close loop)

- 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>
- Set motor control program
 - Set the main control loop
 - ✓ Phase Current control
 - ✓ Speed control
 - ✓ Power limit
 - ✓ Power control

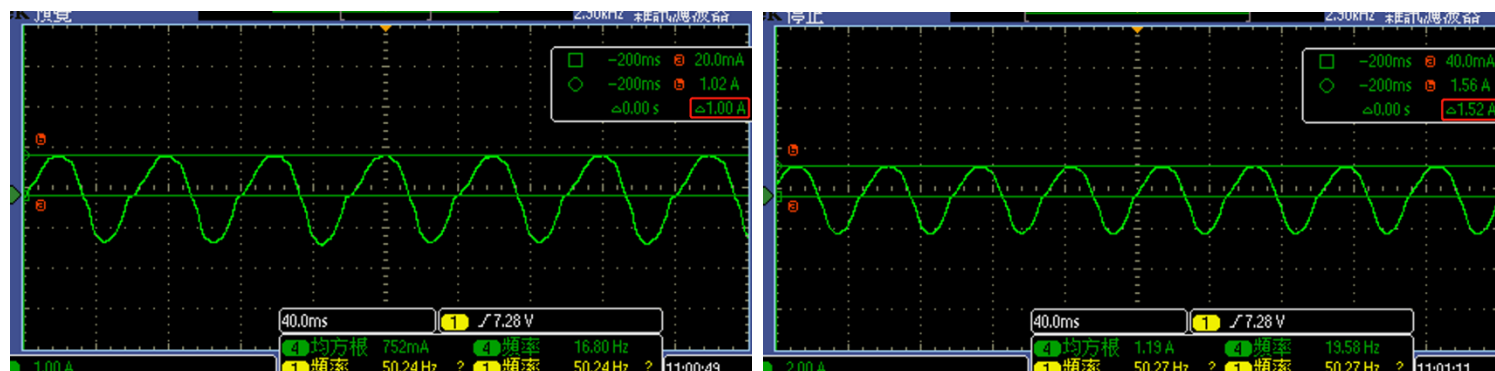
閉環控制共有三種控制模式，分別為**相電流控制(Phase Current control)**、**速度控制(Speed control)**、**功率控制(Power control)**，以下針對這三種模式分別做說明。

相電流控制(Phase Current control)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set the rated output phase current (max)	0~30000	額定輸出相電流(max)	540	mA
Set PHASE CURRENT_RAMP slope	1~32767	相電流控制週期	20	ms
Set PHASE CURRENT_CMD accelerate RAMP	0~32767	相電流累加量	5	--
Set PHASE CURRENT_CMD decelerate RAMP	0~32767	相電流遞減量	10	--

調適方向建議：

根據馬達的最大額定相電流填入設定值，這裡所控制的電流為相電流峰值，例如下圖所示：



Set the rated output phase current (max) = 1A

Set the rated output phase current (max) = 1.5A

電流控制斜率可依據CURRENT_RAMP、CURRENT_CMD accelerate RAMP 以及 CURRENT_CMD decelerate RAMP做調整，方向為每CURRENT_RAMP的時間，去累加/減CURRENT_CMD的量。

累加減相電流量 和 實際累加/減相電流的換算公式為：

$$\text{實際累加/減相電流} = (\text{相電流累加/減量}) / [(R_SHUNT * OPA_GAIN) * (1023/5) * 64]$$

速度控制(Speed control)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set the rated output speed (max)	0~(32767/ Motor Pole/2)	額定速度(max)	10500	10rpm
Set SPEED_RAMP slope	1~32767	速度控制週期	20	ms
Set SPEED_CMD accelerate RAMP	0~32767	速度累加量	15	--
Set SPEED_CMD decelerate RAMP	0~32767	速度遞減量	5	--

調適方向建議：

根據馬達的最高額定轉速填入設定值，建議可預留一些餘量。馬達的轉速最高命令控制可利用 **Set the rated output speed (max)** 來設定。

速度控制斜率可依據 **SPEED_RAMP**、**SPEED_CMD accelerate RAMP** 以及 **SPEED_CMD decelerate RAMP** 做調整，方向為每 **SPEED_RAMP** 的時間，去累加/減 **SPEED_CMD** 的量，這裡的加減量除上 Pole pairs 即為 rpm。

因內部角速度輸出最大值為32767，所以再填入額定轉速的最大值的上限為32767/極對數，假設馬達的額定轉速超過此上限的話，請至 **Pwm.h <Configuration Wizard>**，將 **Set Base Angular Velocity** 此參數填入 = 額定最大轉速 * Pole Pairs 即可。

功率控制(Power control)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set the rated output power (max)	0~10000	額定功率(max)	1800	0.01W
Set power magnification parameters	--	功率校正值	100	--
Set I_BUS A/D Channel	CH0~CH7	採樣Ibus A/D通道	CH2	--
POWER_SOP	LEVEL1/LEVEL2		LEVEL2	

調適方向建議：

根據馬達的額定功率填入設定值。馬達的功率命令控制可利用 **Set the rated output power (max)** 來設定。

如果實際功率值和填入的功率輸出有落差的話，可利用功率校正值做微調，如果實際功率比目標功率還要小，則加大校正值，反之亦然。

在初期調適時，可先將 **POWER_SOP** 設定為 **LEVEL1**，確認功率的準確。

2.2 周邊控制功能

VSP速度控制

■ 配置文件： Motor.h <Configuration Wizard>

- Set motor control program
 - ✓ Set Peripheral Control
 - VSP control commands Enable/Disable (✓)

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set VSP_CH	CH0~CH7	VSP A/D	CH7	--

- ✓ VSP_CH_Inver Enable/Disable
反向A/D輸入值功能

- ✓ Vsp_LookUpTable Enable/Disable

調適方向建議：

VSP外部控制功能，首先先確認VSP的A/D Channel，並填入VSP_CH。

將Vsp_LookUpTable Enable/Disable功能勾選，並且打開LookupTable.h<Configuration Wizard>，

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Output : LookupTable_Data[1] (unit : Iq_Cmd, SPd_Cmd)	0~32767	電流/速度輸出值1	600	--
Output : LookupTable_Data[2] (unit : Iq_Cmd, SPd_Cmd)	0~32767	電流/速度輸出值2	700	--

以此類推...

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Input : Vsp_Data[1] (unit : Vsp_Val)	0~1023	VSP1輸入值	204	--
Input : Vsp_Data[2] (unit : Vsp_Val)	0~1023	VSP2輸入值	350	--

以此類推...

應用方式為，每一檔的 VSP 輸入對應到該檔的輸出值，例如當 Vsp_avg>=VSP1 輸入值時，此時便會輸出 Out1 的值，VSP2 對應 Out2，以此類推.....

VSP 的輸入值設定可將 Vsp_avg 放到 Uart 觀測該參數。而輸出值根據目前是電流控制或是速度控制而定，若是電流控制，則輸出對應到實際相電流的換算公式為：

輸出值參數 = 實際相電流(mA)/1000 * I_AMPLIFIER

若是速度控制，則輸出對應到實際速度的換算公式為：

輸出值參數 = 實際速度(rpm)/10

例如希望在 VSP1=204 時輸出峰值 100mA 的相電流，則 Output1 = 100/1000 * 6547.2 = 654.

例如希望在 VSP1=204 時輸出 6000rpm 得轉速，則 Output1 = 6000/10 = 600.

開關速度控制

■ 配置文件：Application.h <Configuration Wizard>

● Set the switch speed value

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Speed_Lever_1	0~(32767/ Motor Pole/2)	開關速度檔1	8500	10rpm
Speed_Lever_2	0~(32767/ Motor Pole/2)	開關速度檔2	10500	10rpm

● Define GPIOs

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
SPEED_ZC_PIN	P0_4/P0_5/P0_6/P0_7 /P3_2/P3_3/P3_4/P3_5	開關速度輸入腳設定	P3_3	--

調適方向建議：

先將 SPEED_ZC_PIN 設定為開關輸入之 PIN 腳，Speed_Level1/2 為該開關的檔位速度值。

Heat 控制

■ 配置文件：Application.h <Configuration Wizard>

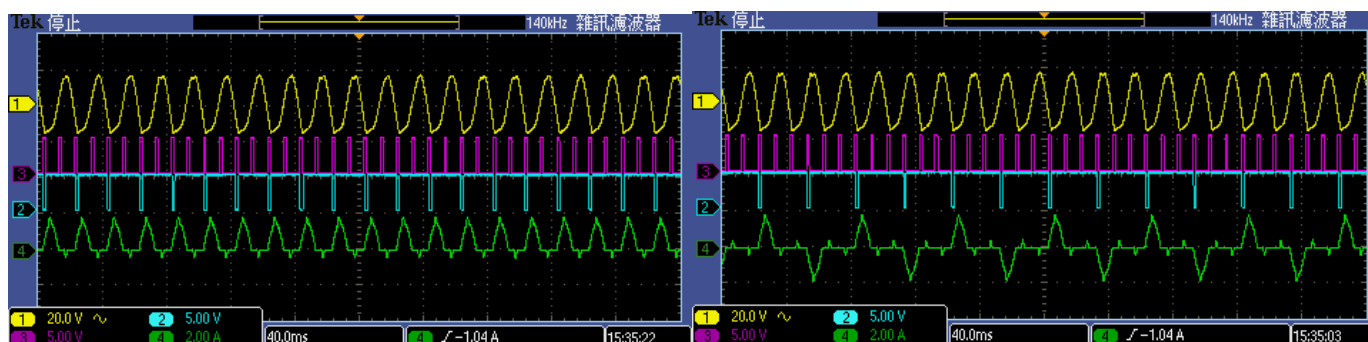
● Set the HEAT value

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Heat_Level_1	0~1023	加熱溫度檔位1	500	--
Heat_Period_1	2~20	導通循環次數	3	--
Heat_Sin_Period_1	1~5	導通次數	1	
Heat_Level_2	0~1023	加熱溫度檔位2	200	--
Heat_Period_2	2~20	導通循環次數	2	--
Heat_Sin_Period_2	1~5	導通次數	1	
Heat_Level_Error	0~1023	加熱溫度檔位2	150	
Heat_Period_Max	2~20	導通循環次數上限	12	
Heat_Period_Min	2~20	導通循環次數下限	2	

● Define GPIOs

參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
HEAT_PIN	P0_4/P0_5/P0_6/P0_7 /P3_2/P3_3/P3_4/P3_5	Heat輸出腳設定	P3_4	--
HEAT_SW_PIN	P0_4/P0_5/P0_6/P0_7 /P3_2/P3_3/P3_4/P3_5	Heat開關輸入腳設定	P3_5	--
ZERO_PIN	P0_4/P0_5/P0_6/P0_7 /P3_2/P3_3/P3_4/P3_5	AC零點偵測輸入腳設定	P3_2	--

調適方向建議：



2.3 順/逆風啟動參數調適

- 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>
- Set Fairwind and Headwind judgment function
 - BEMF Fairwind/Headwind judgment (resistance) Enable/Disable (✓)
 - BEMF Fairwind/Headwind judgment (Diode) Enable/Disable(✓)
 - BEMF TailWind Fun (One BEMF) Enable/Disable(✓)

調適方向建議：

吹風機平台暫時不會用到。

2.4 保護參數調適

- 配置文件：Motor.h <Configuration Wizard>
- Set motor protection function
- 過/欠電壓保護
 - 參數配置如1.3節(保護參數配置)所示。

調適驗證方向：

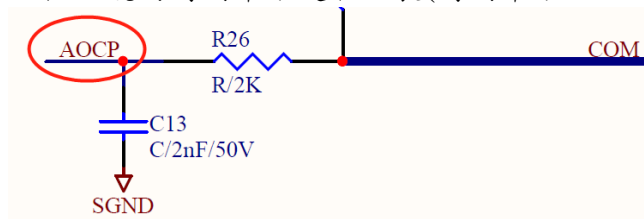
1. 依據客戶提供的過、欠電壓與回復電壓條件進行設定。
2. 過電壓及回復測試：啟動吹風機後，將電源供應器的電壓升至過電壓準位，確認吹風機是否進入停機保護，接著將電源供應器的電壓降至過電壓回復準位，判斷吹風機是否正常啟動。
3. 欠電壓及回覆測試：啟動吹風機後，將電源供應器的電壓降至欠電壓準位，確認吹風機是否進入停機保護，接著將電源供應器的電壓升至欠電壓回復準位，判斷吹風機是否正常啟動。

■ 過電流保護-測試硬體(重點測試)

- 參數配置如1.3節(保護參數配置)所示。

調適驗證方向：

1. 驗證硬體，先將AOCP此點和5V短路，馬達可不接，利用UART監看是否有跳OCP，確認沒問題再做以下短路測試。
2. 啟動吹風機後，任意將兩相(UV or UW or VW)輸出進行短路，以判斷吹風機是否進入停機保護，接著重新上電，確認吹風機是否能正常工作，並多次重複該步驟，以確保MOSFET能充分保護。
3. 若短路實驗後吹風機無法重啟，則檢查MOSFET的規格是否滿足、AOCP回授訊號在佈線路徑上是否有干擾、AOCP回授訊號的時間常數是否太長(時間常數： $RC \leq 2k * 2nf = 4us$)。



■ 堵轉保護

- 參數配置如1.3節(保護參數配置)所示。

調適方向建議：

可利用手拉住扇葉，確認吹風機進入失步/高頻狀態，堵轉保護是否正常作動。

2.5 其它参数配置

- 配置文件：**Motor.h** <Configuration Wizard>
- Set motor control program
 - Set other functions

参数	数值范围/选项	说明	预设值	单位
Set CW/CCW steering	CW/CCW	轉子方向設定	CW	--
Set Stop_Fun stop speed	--	PWM停止輸出轉速	400	10rpm

調適方向建議：

設定CW/CCW轉向依據所需的扇葉方向做修改。

Stop_Fun 停止轉速在這裡指的是，當遙控器按下停止鍵時，馬達轉速低於此參數時，PWM才會停止輸出，大於此參數的轉速值時，PWM皆還在輸出當中，這是為了順風銜接順暢而設定的。其值可設定在低速判斷不到順風轉速的銜接點。

✓ IPD Enable/Disable(✓)

調適方向建議：

此IPD功能需搭配配置文件 **IPD.h** <Configuration Wizard>做調適

- 配置文件 **IPD.h** <Configuration Wizard>
- Set IPD LEVEL

参数	数值范围/选项	说明	预设值	单位
I_SHORT	0.15V/0.2V/0.25V 0.3V/0.35V/0.4V 0.45V/0.5V	IPD OCP LEVEL	0.15V	--
AOCPEN	Disable/Enable	類比OCP功能	Enable	--
DOCPEN	Disable/Enable	數位OCP功能	Disable	--
IPD Path Select	IPD Current Compare from AOC Path IPD Current Compare from OPA Path	IPD OCP判斷路徑	AOC Path	--

- Set IPD IAECYC

参数	数值范围/选项	说明	预设值	单位
IAECYC	48MHz/24MHz/12MHz/6MHz	IPD Counter Frequency	24MHz	--

調適方向建議：

IPD所產生的聲音大小，和I_SHORT成正比，若設定至0.15V時聲音還是很大，只能增加Shunt R的阻值(須注意電阻的瓦數)。

AOCPEN、DOCPEN、IPD Path Select：不建議更動。

IAECYC：此參數為**IPD重要參數**，用來計數OCP dt數值，轉子在不同位置下所執行的IPD，取最小Counter為該位置的Pattern，其Counter最大值為65535，可依照量測的OCP dt寬度，去得知所需要的IAECYC，不同的IAECYC可判定到的最大dt寬度，計算如下：

$$48\text{MHz} : (1/48\text{MHz}) * 65535 \approx 1.3\text{ms}$$

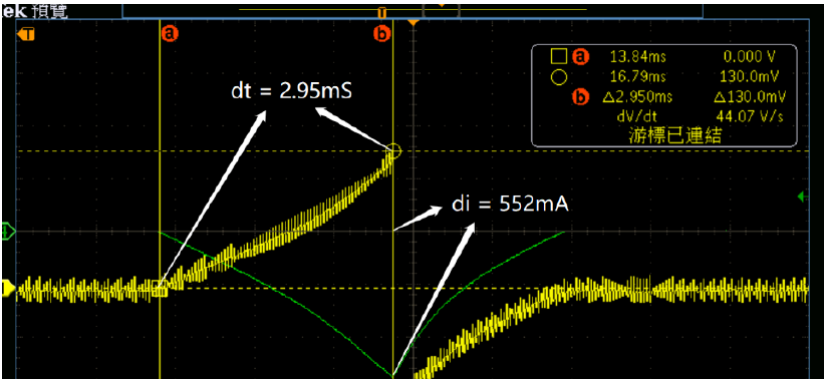
$$24\text{MHz} : (1/24\text{MHz}) * 65535 \approx 2.6\text{ms}$$

$$12\text{MHz} : (1/12\text{MHz}) * 65535 \approx 5.2\text{ms}$$

$$6\text{MHz} : (1/6\text{MHz}) * 65535 \approx 10.4\text{ms}$$

以右圖為例，黃色波形為OCP訊號，dt為2.95ms，假設此時IAECYC選擇48MHz或24MHz，因為dt皆大於Counter的最大值產生溢位，你會發現馬達在啟動時馬達依然會倒轉，所以只dt只適合選擇12MHz。

- ✓ Brake control
Enable/Disable(✓)



參數	數值範圍/選項	說明	預設值	單位
Set braking force	0~100	剎車Duty量	10	%

調適方向建議：
剎車力道，順逆風Diode架構或是內部估測器用，暫時沒用到。

3. 程序架構

3.1 程式流程

■ 配置文件：main.c

■ Main Function

- 系統初始化設定
- while(1){
 - ✓ WatchDog_Refresh (); // 更新看門狗
 - ✓ Heat_Control (); // 加熱器控制
 - ✓ 急速啟動電壓零交越點判斷與轉速估測
- }

■ 配置文件：Interrupt.c

■ Timer 0 ISR(Time Based : 1ms)

- Motor_Control(); //馬達的錯誤判斷、正反轉控制、馬達啟動
- MotorLackPhase_Run_Fun() //馬達運轉中缺相判斷
- UART丟數據

■ Timer 1 ISR(Time Based : 10ms)

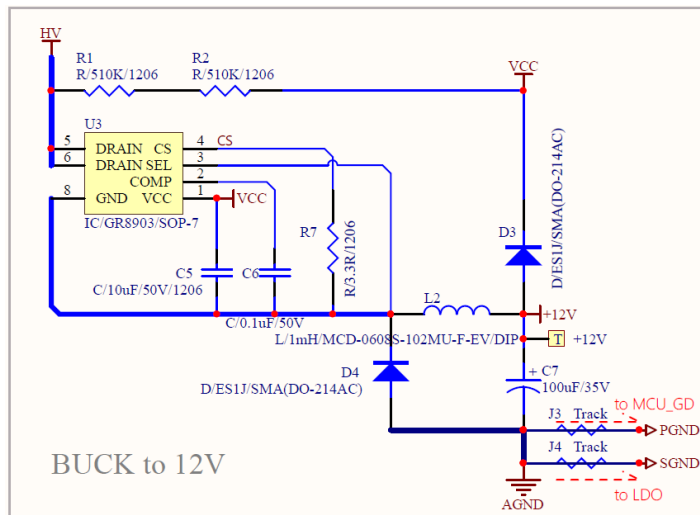
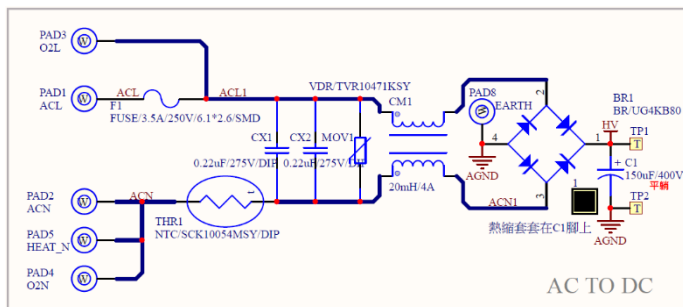
- Vsp_Fun(); //外部VSP命令接收
- FaultLock_Fun (); //系統堵轉、過/低速保護
- Vbus_Protect_Fun (Vbus_avg); //系統母線電壓偵測、保護判斷
- Temperture_Protect_Fun (Temperture_avg); //系統過溫保護
- Phase_OCP_Protect_Fun() //系統相電流保護
- Heat_Temperture_Protect_Fun() //加熱器過溫保護

■ ADC_ISR (Time Based : 1/PWM Frequency)

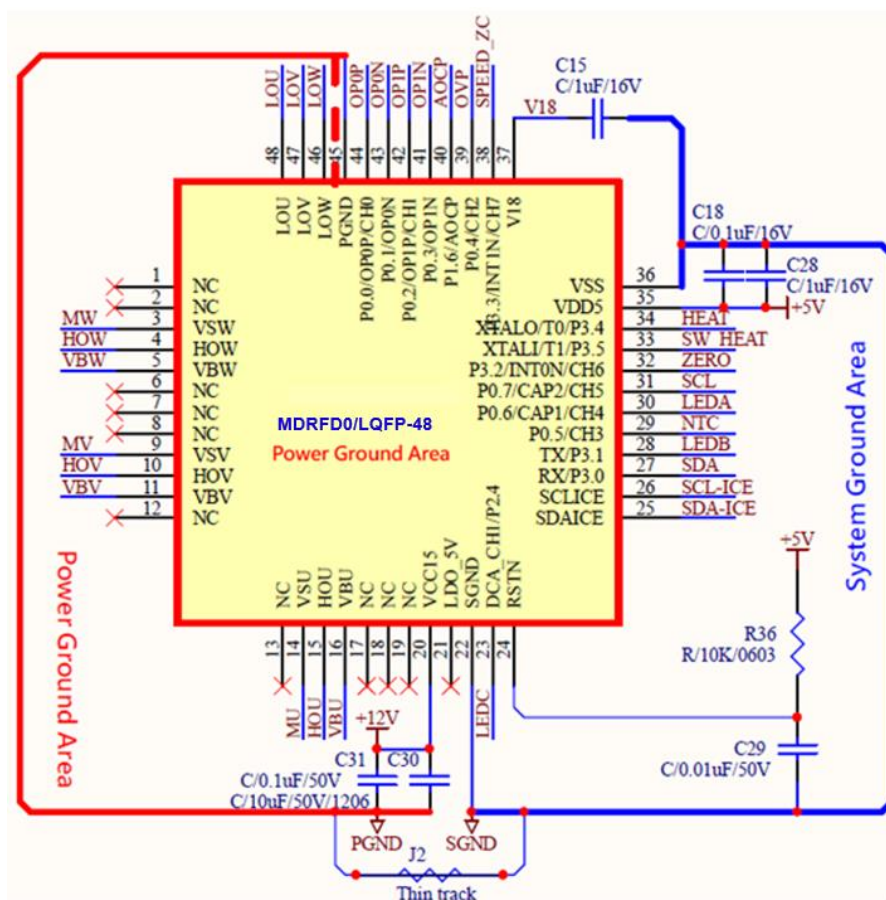
- 各項AD值掃描讀取
 - ✓ Vbus_avg
 - ✓ Ibus_avg
 - ✓ Vsp_avg
 - ✓ Tmp
 - ✓ Speed

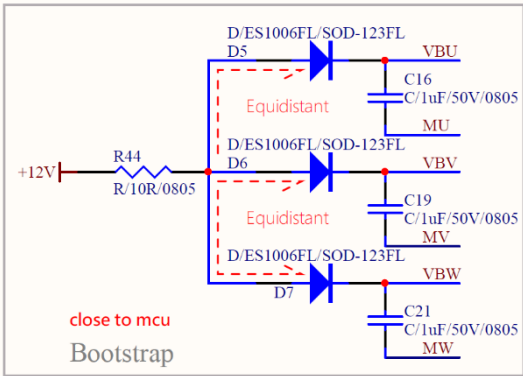
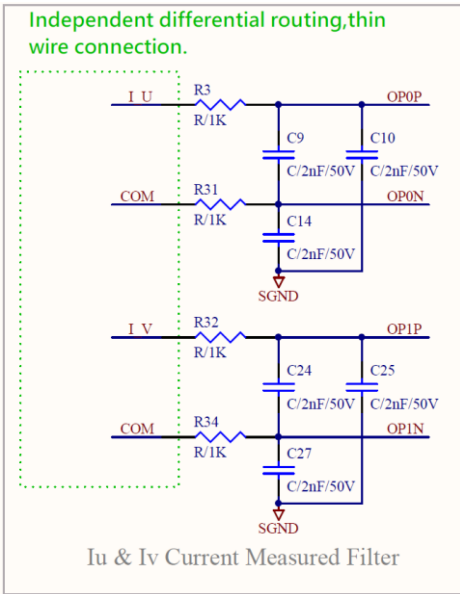
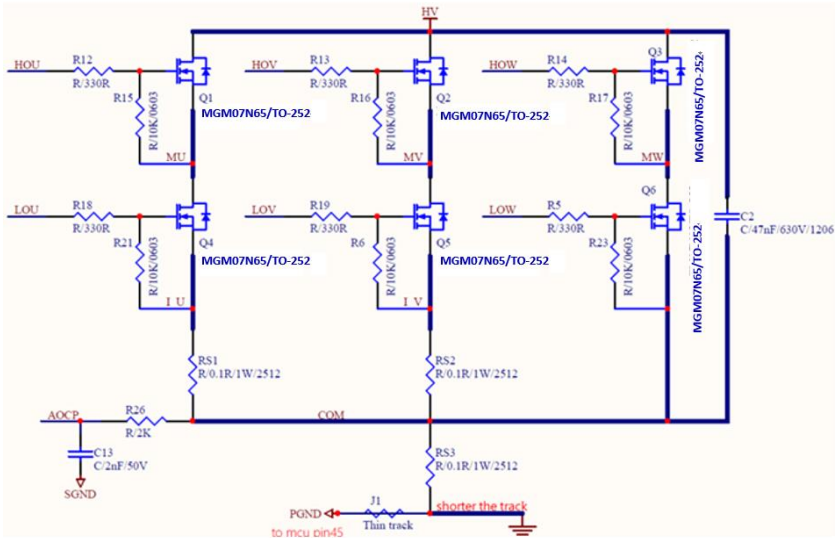
4. 參考電路設計

4.1 電源輸入電路

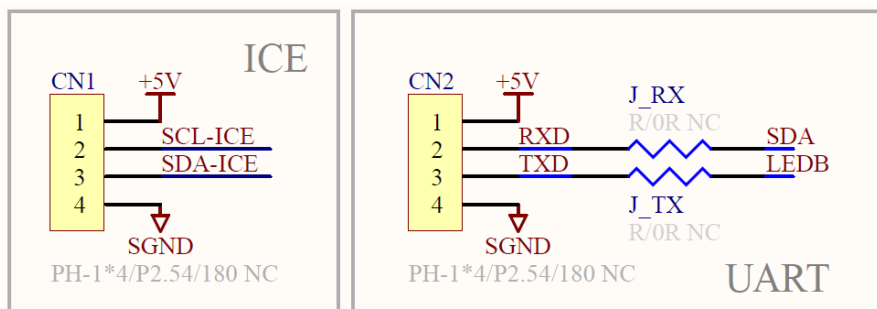


4.2 核心單元及周邊電路

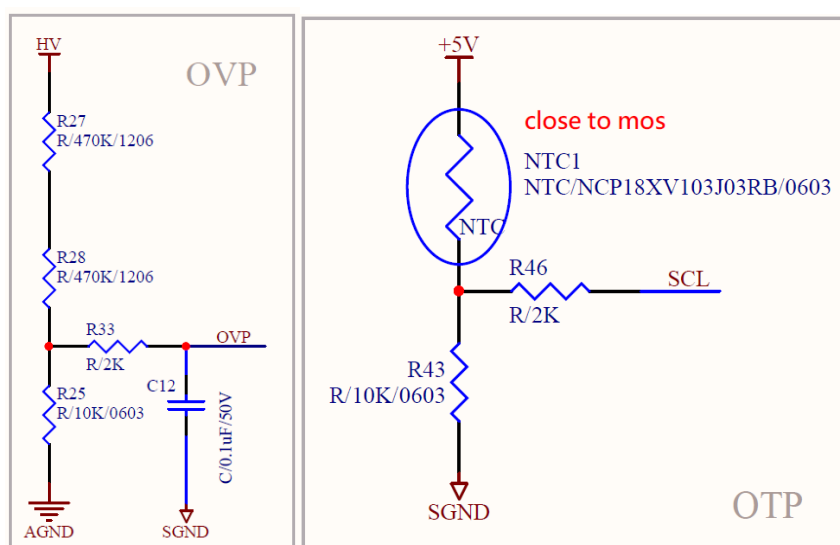




4.6 外部端口



4.7 保護線路



4.8 其他周邊

