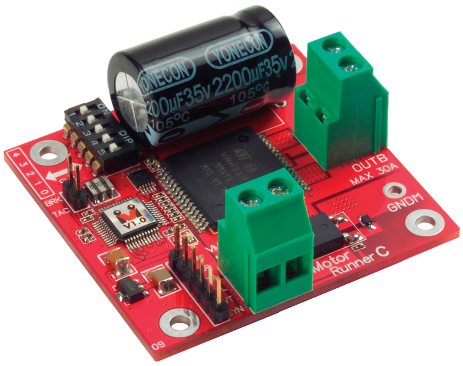
Motor Runner C

單直流馬達控制模組

版本: V2.0



產品介紹: 利基 Motor Runner C 模組可以達到透過簡易的指令設定，自由操控單顆直流馬達的需求。可以隨時動態的更改馬達轉速，並取得馬達現在的設定狀態包含轉速或是方向。提供 PID 參數可以控制馬達轉速。與 Motor Runner A，Motor Runner B 相比，能承受更高的電壓與電流值。

應用方向:

- 控制馬達趨動，設定模型車的前進與後退。
- 需要轉速回傳的設備，動態調整轉速。
- 可以直接加上小風扇，並操作風量強度。

產品特色:

- 以簡單指令控制單個馬達的轉向與轉速。
- 可承受最大±30A 的連續輸出電流。
- 輸入電壓最高可承受至 35V。
- 內部固定頻率 10KHz PWM 電流控制。
- 提供過熱自動斷電保護(150℃)。
- 提供過載電流保護。
- 提供 Crossover-Current Protection 與低壓閉鎖保護(UVLO)
- 透過 Brake 指令能快速停止馬達的動作。
- 可以設定 256 階不同轉速。
- 透過指令能隨時取得現在馬達轉速或轉向等各種設定。
- 提供外接停止訊號，接上簡單的外部按鈕，就能由按鈕停止馬達轉動。
- 馬達轉速連接腳位，可以與有提供轉速計的馬達輸出相連，就可以透過指令，及時取得更精準的馬達轉速。
- 轉速計可以設定 13 種不同偵測頻率。
- 在連接轉速計的狀態下，透過轉速控制指令，能直接設定轉速，由模組控制馬達加速(減速)到所要的轉速，並且維持在設定的轉速。
- 在連接轉速計的狀態下，可以使用 PID 相關參數，調整轉速變化的的效率。
- 在連接轉速計的狀態下，透過計數控制指令，能直接設定計數，由模組控制馬達在計數到設定值時，依設定方式停止。
- 提供計數事件，計數到達時，SBC 可以得到事件提醒，即時進行計數完成後的動作。
- 錯誤提醒事件，在錯誤狀態排除後，可以指令快速回復前一狀態
- 可透過 I2C 方式，下達指令。

- **連接方式:** 直接將 ID 開關撥至欲設定的編號，再將 cmdBUS 連接至 Basic Commander 上對應的腳位，就可透過 Basic Commander 執行操作。欲操作的直流馬達請依據腳位連接至對應的 OUTA 與 OUTB 馬達輸入接腳，並將模組的馬達電源 VM 與 GND 腳位，連接至能提供符合馬達需求的電源。指令操作時，如果馬達轉向與指令相反，代表 OUTA 與 OUTB 連接反向，此時可以將 OUTA 與 OUTB 對調，或是將程式中的前進與後退指令顛倒。

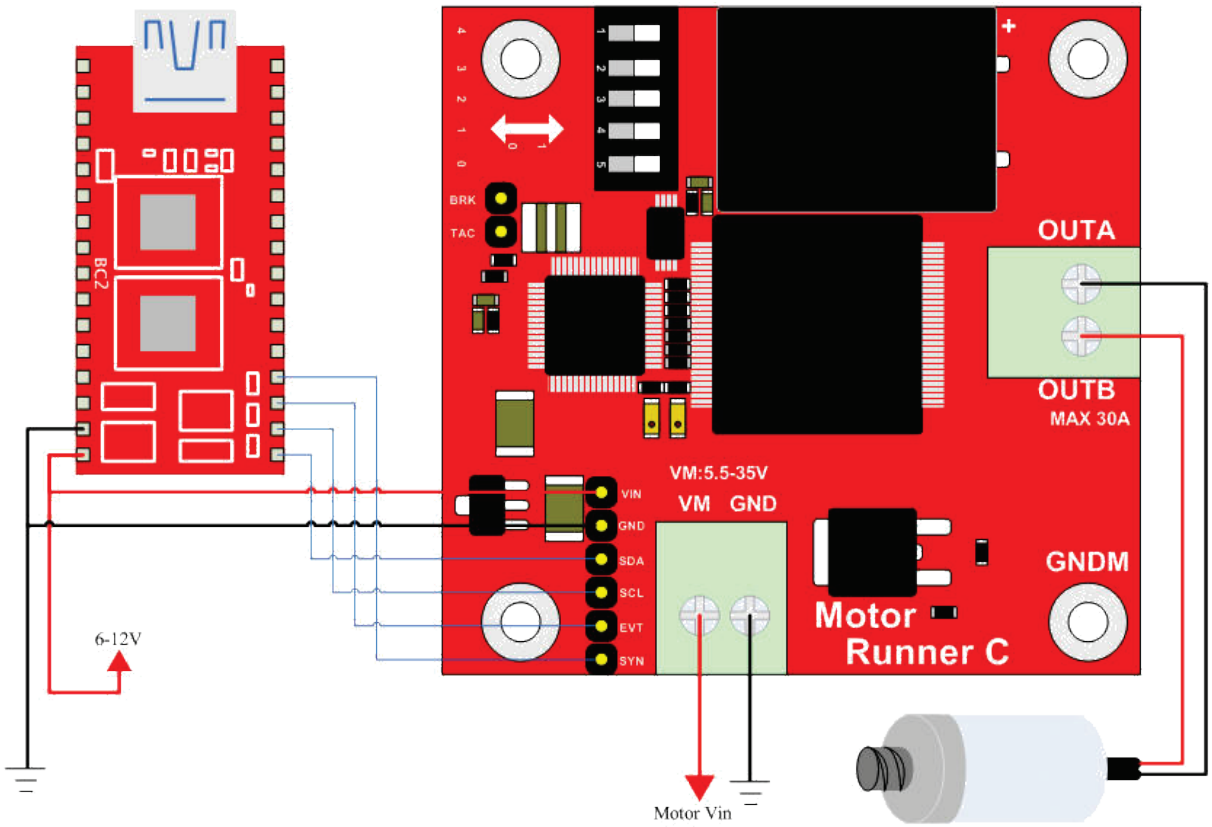
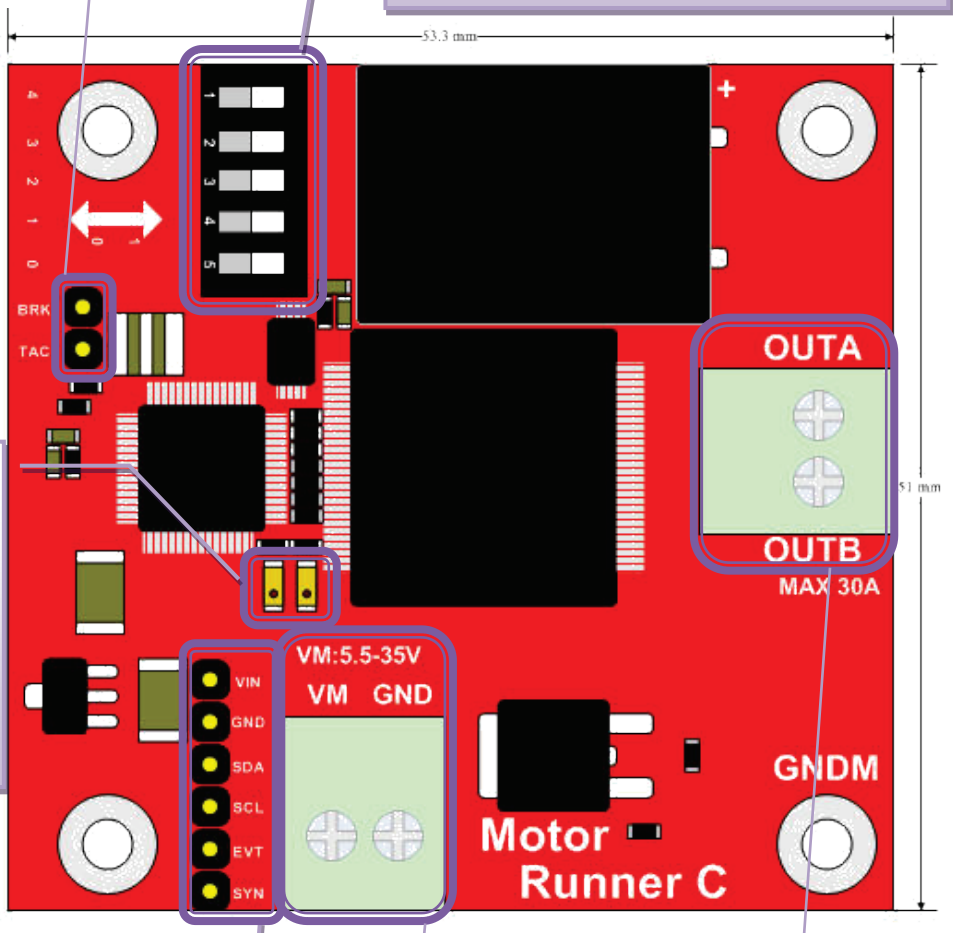


圖 1: 馬達模組連接範例

產品規格:

BRK與按鈕連接，可以用按鈕停止馬達轉動，按鈕另一端請接地
TAC是轉速計接腳，連接轉速計後，能使用轉速計控制相關指令

模組編號設定開關，由右至左以二進制設定馬達模組的模組編號，編號可以讓BASIC Commander操控時，判斷想要控制的模組。



靠右的橙色燈號是資料傳輸指示燈，閃爍代表模組正在傳收資料，靠左的綠色燈號是事件指示燈，閃爍代表有事件產生

cmdBUS接腳，將此處腳位與BASIC Commander對應腳位相接，就能透過BASIC Commander操控馬達模組(連接時請注意腳位對應，將Vin對接BASIC Commander上的Vin腳位，腳位錯誤會造成模組的毀損)

馬達電源接腳，請將要提供馬達的電源連接到此對應的腳位

馬達接腳，連接馬達提供馬達的轉向與轉速判定，請注意OUTA與OUTB若顛倒，會造成馬達轉向與指令相反

圖 2: 模組腳位與開關介紹

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
I_{DD}	Operating Current	7.5	No I/O	—	5.4	—	mA
f_{pwm}	PWM Output frequency	—	—	0	—	10	kHz

表 1: 工作電流特性 (於 25 ℃之環境)

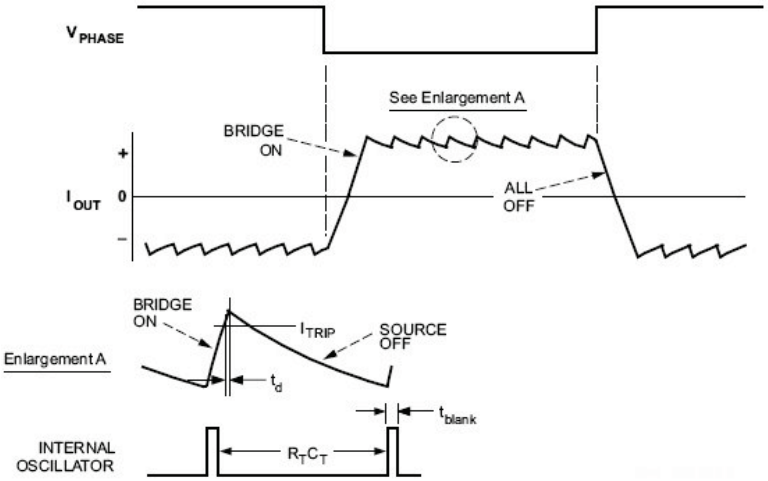
Test Condition: T_A=25℃ ，V_M=5V-35V

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			
			Min.	Typ.	Max.	Units
Load Supply Voltage Range	V_M	Operating	5.5	-	35	V
Thermal Shutdown Temp.	T_J	V_{IN} = 3.25V	150	170	200	℃
Thermal Shutdown Hysteresis.	△T_J		7	15	-	℃

表 2: 馬達相關電氣特性

過熱保護動作: 過熱保護電路在感測到驅動 IC 內部溫度到達 165℃時，將自動斷路，此時馬達即停止動作，當溫度下降 8℃後，保護電路自動回復導通，馬達就繼續先前的動作。

電流限流保護動作: 請參照右圖，在 H-bridge 開始輸出時，電流隨著馬達轉動增加，當電流值超過 I_{TRIP} (如右下圖 Enlargement A 中之指示)，就會停止 H-bridge 的輸出，直到內部震盪器下一個時脈傳送出(如右下圖 INTERNAL OSCILLATOR)，又會開始電流的傳送，如此反覆，電流會被固定在如圖的範圍內。



操作注意事項:

馬達模組提供一組馬達連接腳位，請確認所連接的馬達為直流馬達。

模組出廠時並未加上散熱片，在低電流熱對流良好環境，模組可以正常操作，但在大電流通過，或是於高熱無法靠一般對流散除時，建議將所附的散熱片加上。下表是在室溫(25℃)，熱對流良好環境下，以較大電流測試，部安裝散熱片的情況下，模組可以正常

運作的約略時間:

Current (A)	Time to overheat protection (Sec)
10	>300
12	~107
15	~40
18	~20

表 3: 電流與過熱保護啟動時間(未安裝散熱片)

模組操作溫度　　0 ℃~ 70 ℃ (馬達之操作溫度請另行確認)
模組儲存溫度　　-50 ℃~125℃

模組下達指令的方式可分為兩種：cmdBUS、I2C 控制方式

cmdBUS 指令表:

下面的指令表是專供控制 Motor Runner C 模組的各種指令，必要輸入的指令名稱與參數，以粗底或粗斜體表示，粗體的文字在輸入時請不要更改，粗斜體的文字請自行定義適當格式的參數填入。輸入時請注意 innoBASIC Workshop 大寫與小寫會視為相同字。在執行 Motor Runner C 指令前，請先於程式開頭定義對應參數與編號，例:

Peripheral *ModuleName* As MotorRunnerC @ *ModuleID*

I2C 通訊協議(Protocol):

為了使更廣泛的使用者能控制模組，提供了部份指令的通訊協議讓使用者應用。透過通訊規格，使用者可使用 I2C 通訊協議為模組下達命令。
通訊協議常見的封包如下：

MID：模組 ID 編號，空間大小為 Byte 的變數。對應於硬體的指播開關。
CID：命令 ID 編號，空間大小為 Byte 的變數。依不同命令而改變。
CheckSum1：驗證位元_1，空間大小為 Byte 的變數。
　　定義方式：255 – (MID * 2) – CID
CheckSum2：驗證位元_2，空間大小為 Byte 的變數。
　　定義方式：255 – (CheckSum1~CheckSum2 之間的變數總和)
CheckSum3：驗證位元_3，空間大小為 Byte 的變數。
　　定義方式：255 – MID-(MID~CheckSum3 之間的變數總和)
Dummy：虛設位元，可為任意變數。空間大小為 Byte 的變數。

於通訊規格每筆資料空間大小階為 Byte，若資料空間大小超過一個 Byte 時，需將資料拆開，並由 Low Byte 開始傳送。
Ex:傳送資料 Temp 為一筆空間大小為 Word 的資料,則需將 Temp 拆開,分為 Temp_L、Temp_H，並且先傳送 Temp_L。

Ex1 模組編號為 2，命令編號為 153，傳送參數 Byte 為 100，通訊協議為 MID+CID+CheckSum1+Byte+CheckSum2+Dummy 則：

MID = 2

CID = 153

CheckSum1 = 255 – (2*2) – 153 = 98

Byte = 100

CheckSum2 = 255 – 100

Dummy = 0~255 之間的任意數

Ex2 模組編號為 2，命令編號為 153，傳送參數 Temp 為 511，通訊協議為 MID+CID+CheckSum1+Temp_L+Temp_H+CheckSum2+Dummy 則：

MID = 2

CID = 153

CheckSum1 = 255 – (2*2) – 153 = 98

Temp_L = 255，Temp_H = 1

CheckSum2 = 255 – Temp_L–Temp_H = 255

Dummy = 0~255 之間的任意數

指令格式	指令功能
設定馬達速度	
CmdBUS： **Forward(*Speed*)** **I2C：** **MID+108+CheckSum1+Speed+CheckSum2+Dummy**	命令馬達執行向前轉的動作，並且根據 ***Speed*** 所給的值，決定馬達的轉速，***Speed*** 可以輸入的範圍為 0~255 (***Speed*** 值越高，轉速越快)
CmdBUS： **Backward(*Speed*)** **I2C：** **MID+109+CheckSum1+Speed+CheckSum2+Dummy**	命令馬達執行向後轉的動作，並且根據 ***Speed*** 所給的值，決定馬達的轉速，***Speed*** 可以輸入的範圍為 0~255 (***Speed*** 值越高，轉速越快)
CmdBUS： **SetSpdDC(*Speed*)** **I2C：** **MID+89+CheckSum1+Speed+CheckSum2+Dummy**	命令馬達模組以 ***Speed*** 的值，設定為轉速，馬達模組仍以原先設定的轉向動作，***Speed*** 可以輸入的範圍為 0~255 (***Speed*** 值越高，轉速越快)
設定馬達轉向	
CmdBUS： **SetDir(*Dir*)** **I2C：** **MID+88+CheckSum1+Dir+CheckSum2+Dummy**	命令馬達以 ***Dir*** 指定的方向轉動，***Dir*** 輸入 0 為向前，1 為向後

停止馬達轉動	
CmdBUS： **Brake()** **I2C：** **MID+90+CheckSum1+Dummy**	命令馬達模組快速停止轉動
CmdBUS： **Stop()** **I2C：** **MID+91+CheckSum1+Dummy**	命令馬達模組停止轉動
取得設定狀態	
GetSpdDC(*Speed*)	取得馬達設定的轉速值，存放於 ***Speed*** 參數中，***Speed*** 回傳值範圍為 0~255 (***Speed*** 值越高，轉速越快)
CmdBUS： **GetDir(*Dir*)** **I2C：** **Out：** **MID+93+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Dir+CheckSum3**	取得馬達設定的轉向值，存放於 ***Dir*** 參數中 (0 表示向前轉，1 表示向後轉)
設定轉速計與取得轉速	
CmdBUS： **SetTACHPeriod(*Period*)** **I2C：** **MID+94+CheckSum1+Period +CheckSum2+Dummy**	命令馬達模組以 ***Period*** 設定的時間，計數轉速值，輸入的 ***Period*** 值定義如下: 0: 4ms 1: 8ms 2: 16 ms 3: 32ms 4: 64 ms 5: 125 ms 6: 250 ms 7: 500 ms 8: 1 s 9: 2 s 10: 4 s 11: 8 s 12: 15 s 13: 30 s 14: 60 s 馬達模組會在設定的時間內量測轉速計回傳的脈波數，時間越短則更新越快，但是誤差也越大，時間越長則更新越慢，但計數的誤差也越小
GetTACHPeriod(*Period*)	取得馬達模組設定的轉速測量時間，存放於 ***Period*** 中，***Period*** 回傳值範圍為 0~14，代表的時間值如上一個指令介紹

CmdBUS： ***Status* = TACHIn(*Speed*)** **I2C：** **Out：** **MID+96+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Status+Speed_4** **+Speed_3+Speed_2** **+Speed_1+CheckSum3**	取得轉速計更新狀態，存放於 ***Status*** 中(0 表示從上次更新後，尚未取得新的計數值，1 表示轉速值已經更新)，同時取得轉速計每分鐘回傳的脈波數，存放於 ***Speed*** 參數中，***Speed*** 回傳值範圍為 0~4294836225，請注意回傳值的更新時間，與準確度會因設定的計數時間而不同＊1
設定轉速與取得設定 (此部分指令需要在接上轉速計後，才能正常動作)	
CmdBUS： **SetSpdCtrl(*Dir*, *Speed*)** **I2C：** **MID+97+CheckSum1+Dir** **+Speed_4+Speed_3** **+Speed_2+Speed_1** **+CheckSum2+Dummy**	設定轉速控制的動作，***Dir*** 輸入 0 為向前，1 為向後，***Speed*** 可以輸入的範圍為 0~245756250 (數字越大速度越快)，若馬達無法達到設定的轉速，會以馬達最大轉速動作，請注意設定後不會啟動轉速控制，需要再執行 **SpdCtrlOn()**啟動轉速控制，達到的轉速值，會根據 **SetTACHPeriod** 設定的量測時間影響，有不同程度的誤差，達到所需轉速的時間也會不同＊1
***Status* = GetSpdCtrl(*Dir*, *Speed*)**	取得轉速控制設定，狀態存放於 ***Status*** 中(0 表示沒有啟動轉速控制，1 表示已經啟動轉速控制)，方向存放於 ***Dir*** 參數中，***Dir*** 回傳 0 為向前，1 為向後，轉速存放於 ***Speed*** 參數中，***Speed*** 回傳值範圍為 0~245756250＊1
CmdBUS： **SpdCtrlOn()** **I2C：** **MID+99+CheckSum1+Dummy**	依轉速控制設定，啟動轉速控制，請先執行 **SetSpdCtrl** 指令，設定相關轉速控制後，再執行此命令
CmdBUS： **SpdCtrlOff()** **I2C：** **MID+100+CheckSum1+Dummy**	關閉轉速控制
CmdBUS： ***Status* = GetSpdCtrlStatus()** **I2C：** **Out：** **MID+101+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Status+CheckSum3**	取得轉速控制狀態，存放於 ***Status*** 中(0 表示尚未達到設定的轉速，或是沒有啟動轉速控制，1 表示已經達到設定的轉速)

CmdBUS： **SetP(*ValP*)** **I2C：** **MID+121+CheckSum1+ValP +CheckSum2+Dummy**	以 ***ValP*** 設定 PID 轉速控制的 P 值，***ValP*** 可以輸入 0~255 間的整數，預設為 0
GetP(*ValP*)	取得 PID 轉速控制的 P 值儲存於 ***ValP*** 中，***ValP*** 會回傳 0~255 間的整數
CmdBUS： **SetI(*ValI*)** **I2C：** **MID+123+CheckSum1+ValI +CheckSum2+Dummy**	以 ***ValI*** 設定 PID 轉速控制的 I 值，***ValI*** 可以輸入 0~255 間的整數，預設為 0
GetI(*ValI*)	取得 PID 轉速控制的 I 值儲存於 ***ValI*** 中，***ValI*** 會回傳 0~255 間的整數
CmdBUS： **SetD(*ValD*)** **I2C：** **MID+125+CheckSum1+ValD +CheckSum2+Dummy**	以 ***ValD*** 設定 PID 轉速控制的 D 值，***ValD*** 可以輸入 0~255 間的整數，預設為 0
GetD(*ValD*)	取得 PID 轉速控制的 D 值儲存於 ***ValD*** 中，***ValD*** 會回傳 0~255 間的整數
CmdBUS： **SetScalar(*Scalar*)** **I2C：** **MID+127+CheckSum1+Scalar +CheckSum2+Dummy**	以 ***Scalar*** 設定 PID 轉速控制的比例值，***Scalar*** 可以輸入 0~255 間的整數，比例設定如下: 0: PID 計算結果速度值/1 1: PID 計算結果速度值/2 2: PID 計算結果速度值/4 3: PID 計算結果速度值/8 … 32: PID 計算結果速度值/2^32 33~255: 關閉 PID 控制改以 1 為單位改變速度值 預設值為 255
GetScalar(*Scalar*)	取得設定的 PID 轉速控制比例值儲存於 ***Scalar*** 中，***Scalar*** 會回傳 0~255 間的整數值

設定計數與取得設定 (此部分指令需要在接上轉速計後，才能正常動作)	
CmdBUS： **SetCount(*Mode*, *Count*)** **I2C：** **MID+102+CheckSum1+Mode +Count_L+Count_H +CheckSum2+Dummy**	設定計數控制的動作，***Mode*** 輸入 0 會在計數到達後，執行 **Stop** 指令停止馬達，1 會在計數到達後，執行 **Brake** 指令停止馬達，***Count*** 可以輸入的範圍為 0~65535，代表所要計數的次數，請注意設定後不會開始計數，需要再執行 **CountOn** ()啟動計數動作
CmdBUS： ***Status*= GetCount(*Mode*, *Count*)** **I2C：** **Out：** **MID+103+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Status+Mode +Count_L+Count_R +CheckSum3**	取得計數控制設定，狀態存放於 ***Status*** 中(0 表示沒有啟動計數控制，1 表示已經啟動計數控制)，結束模式存放於 ***Mode*** 參數中，***Mode*** 回傳 0 會在計數到達後，執行 **Stop** 指令停止馬達，1 會在計數到達後，執行 **Brake** 指令停止馬達，計數值存放於 ***Count*** 參數中，***Count*** 回傳值範圍為 0~65535
CmdBUS： **CountOn()** **I2C：** **MID+104+CheckSum1+Dummy**	依計數控制設定，啟動計數控制，請先執行 **SetCount** 指令，設定相關計數控制後，再執行此命令
CountOnWithEvent()	依計數控制設定，啟動計數控制，並且在計數到達後，產生 **CountFinishEvent**，請先執行 **SetCount** 指令，設定相關計數控制後，再執行此命令
CmdBUS： **CountOff()** **I2C：** **MID+106+CheckSum1+Dummy**	關閉計數控制
CmdBUS： ***Status* = GetCountStatus()** **I2C：** **Out：** **MID+107+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Status+CheckSum3**	取得計數控制狀態，存放於 ***Status*** 中(0 表示尚未達到設定的計數值，或是沒有啟動計數控制，1 表示已經達到設定的計數值)

取得錯誤狀態與回復原設定值	
CmdBUS： ***Status* = GetBrakeButStatus()** **I2C：** **Out：** **MID+113+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Status+CheckSum3**	取得 Brake 按鍵的狀態值，存放於 ***Status*** 中，0 表示 Brake 按鍵沒有被啟動，1 表示 Brake 按鍵被啟動過 請注意在 Brake 按鍵被啟動過後，此回傳值就會一直保持為 1，直到執行 **ClrBrakeButStatus** 指令 在狀態為 1 時，所有啟動馬達的指令都無效
CmdBUS： **ClrBrakeButStatus()** **I2C：** **MID+114+CheckSum1+Dummy**	清除 Brake 按鍵的狀態值
CmdBUS： ***Status* = GetFaultStatus()** **I2C：** **Out：** **MID+110+CheckSum1+Dummy** **In：** **MID+Status+CheckSum3**	取得錯誤檢測狀態，存放於 ***Status*** 中(0 表示沒有檢測到錯誤狀態，1 表示檢測到錯誤狀態) ＊2
CmdBUS： **EnFaultStop()** **I2C：** **MID+117+CheckSum1+Dummy**	啟動偵測到錯誤狀態，自動停止馬達動作的功能，錯誤狀態包含偵測到 IC 溫度過熱停止馬達，或瞬間電流過大進行限流等動作，執行此指令後，當錯誤狀態發生，必須執行 **ClearFault()**才能再啟動馬達動作，預設為 **DisFaultStop()**
CmdBUS： **DisFaultStop()** **I2C：** **MID+118+CheckSum1+Dummy**	關閉偵測到錯誤狀態，自動停止馬達動作的功能，執行此指令後，模組若偵測到錯誤狀態，會自動執行 **ClearFault()**指令，並繼續原先設定的馬達動作，不會強迫停止馬達，使用者必須自己判斷是否要停止馬達，預設為 **DisFaultStop()**，可以根據 **FaultProtectionEvent** 判斷是否錯誤狀態仍不斷產生
CmdBUS： **ClearFault()** **I2C：** **MID+111+CheckSum1+Dummy**	確認清除錯誤狀態，當執行 **EnFaultStop()**指令後，請在確認排除產生錯誤的原因後，再執行此指令，才可繼續操作馬達
CmdBUS： **RestoreStatus()** **I2C：** **MID+112+CheckSum1+Dummy**	回復錯誤狀態產生時的設定，當模組產生錯誤狀態時，會自動儲存當時的所有設定，在執行這個指令後，可以再將所有設定重設為當時的狀態

EnFaultEvent()	啟動錯誤狀態回傳事件，預設為 **EnFaultEvent()**
DisFaultEvent()	關閉錯誤狀態回傳事件，預設為 **EnFaultEvent()**

＊1 請注意設定值與回傳值會因為 Period 的設定，而有不同的最大值限制

Period=0 ➔ 983025000
Period=1 ➔ 491512500
Period=2 ➔ 245756250
Period=3 ➔ 122878125
Period=4 ➔ 61439063
Period=5 ➔ 31456800
Period=6 ➔ 15728400
Period=7 ➔ 7864200
Period=8 ➔ 3932100
Period=9 ➔ 1966050
Period=10 ➔ 983025
Period=11 ➔ 491513
Period=12 ➔ 262140
Period=13 ➔ 131070
Period=14 ➔ 65535

＊2 在 DisFaultStop()狀態下，收到 FaultEvent 後，系統就會自動進行 ClearFault()的動作，執行 GetFaultStatus()仍會得到 0

模組提供應用事件:

事件名稱 (Event)	啟動條件
CountFinishEvent	當以 **CountOnWithEvent** 啟動計數控制，並且計數到達設定的計數值
FaultProtectionEvent	當偵測到錯誤狀態發生時

範例程式:

```
Peripheral myMotor As MotorRunnerC @ 0    '    設定模組編號為 0

Sub Main()
    Debug CLS
    MyMotor.Forward(200)                  '    讓馬達以 200 的速度向前轉動
    Pause 3000
    MyMotor.Stop()                        '    停止馬達轉動
    Pause 3000
    MyMotor.Backward(200)                 '    讓馬達以 200 的速度向後轉動
    Pause 3000
    MyMotor.SetDir(0)                     '    設定馬達轉向改為向前轉動
    Pause 3000
    MyMotor.SetSpdDC(150)                 '    將馬達轉速改為 150
    Pause 3000
    MyMotor.Brake()                       '    快速停止馬達
End Sub
```

附錄

1. 已知問題:
   - V1.0 版本在快速連傳送速度設定指令時，可能造成模組停止動作。
   - V1.1 版本(含)之前版本，GetCountStatus 回傳值只會回傳 0。

2. 模組編號開關對應編號表:

	0		8		16		24
	1		9		17		25
	2		10		18		26
	3		11		19		27
	4		12		20		28
	5		13		21		29
	6		14		22		30
	7		15		23		31