

Contents

1	產品概述.....	3
1.1	簡介.....	3
1.2	技術數據.....	4
1.3	硬體規格.....	5
2	接線.....	7
2.1	LED 燈定義	7
2.2	旋鈕定義.....	9
2.3	連接介面.....	10
2.4	數位輸入接線.....	13
2.5	步進馬達接線.....	14
2.5.1	四線式馬達	15
2.5.1	六線式馬達	16
2.5.2	八線式馬達	17
2.5.3	編碼器接線	18
3	基礎通訊.....	20
3.1	EtherCAT 佈線.....	20
3.2	狀態機.....	20
3.3	同步模式.....	22
3.3.1	自由運行模式	22
3.3.2	DC 同步模式	23
4	CoE 通信區域(1000h ~ 1FFFh)	26
4.1	設備信息.....	26
4.2	PDO(Process Data Object)映射.....	28
4.2.1	PDO 分配對象(1C12h ~ 1C13h)	28
4.2.2	PDO 分配對象(1600h ~ 1630h、1A00~1A30h).....	29
4.3	Sync manager 2/3 synchronization(1C32h、1C33h)	31
5	驅動參數區域(2000h ~ 5FFFh)	33
6	驅動 Profile 區域(6000h ~ 6FFFh).....	40
6.1	對象一覽.....	40
6.2	PDS 狀態機	43
6.3	Controlword(6040h).....	45
6.4	Statusword(6041h).....	47
6.5	控制模式設定.....	49
6.5.1	Supported drive modes(6502h).....	49
6.5.2	Modes of operation (6060h).....	50
6.5.3	Modes of operation display (6061h).....	51

6.5.4	控制模式切換注意事項	52
6.6	位置控制模式.....	53
6.6.1	軟體限位功能(Software position limit:607Dh)	53
6.6.2	Profile 位置控制模式(Profile Position Mode/ pp mode).....	54
6.6.3	週期同步位置控制模式(Cyclic Synchronous Position Mode/ csp mode).....	57
6.6.4	原點復歸模式(Homing Mode/ hm mode).....	59
6.7	速度控制模式.....	75
6.7.1	週期同步速度控制模式(Cyclic Synchronous Velocity Mode/ csv mode).....	75
6.8	模式共通功能.....	77
6.8.1	Digital inputs	77
7	警報一覽.....	78

1 產品概述

1.1 簡介

ECAT-2094DS 步進馬達控制器是一款高效且經濟實惠的兩相雙極步進驅動器，可同時控制最多 4 個步進馬達。它所支援的馬達電壓範圍在 16 到 29 伏特(直流)之間，馬達線圈電流最高可到 3.3 安培/相(峰值)。馬達最大運轉電流與其他運動參數部分則可透過軟體做調整。

ECAT-2094DS 可直接與兩相雙極步進馬達作連接。此款設備是設計成在開迴路上運作。它必須透過 EtherCAT 主站和應用程式完成系統配置。

ECAT-2094DS整合了四個增量編碼器介面，它使用四個32位高速編碼器計數器來計數外部增量式編碼器的輸入信號。此編碼器可以用於例如尋找原點和定位的一致性檢查。

它可支援每全步高達256微步的高分辨率，以確保馬達的平穩和精確操作。

它為每個馬達提供三個數位輸入通道。其中包含正負方向極限開關與一個原點開關，正負方向極限開關可以在觸發時自動停止馬達，三個數位輸入皆可以用於尋找原點。

此模組必須有三個供電來源，包括兩個馬達電源和 24 伏特直流控制電源。每兩個馬達共用一個電源。

1.2 技術數據

- 控制 4 個步進馬達（兩相雙極步進馬達）
- 開迴路運行
- 可程式控制的線圈電流層級：高達 3.3 安培/相.
- 可程式控制的微步進大小：每全步最多可達 256 個微步
- 馬達電壓範圍：16 至 29 伏特(直流)
- 4 個差動編碼器介面（A，B，Z）
- 12 個數位輸入，每軸三個數位輸入通道：正負方向極限開關輸入，原點開關輸入
- 自動降低電流以減少馬達不運轉時的熱量
- 驅動器保護：
 - 過熱
 - 欠電壓
 - 短路
- 光隔離 I/O
- LED 指示燈可顯示 I/O，EtherCAT 與運動狀態
- 可以儲存配置數據於內部記憶體
- EtherCAT:
 - 2 個 RJ-45 總線介面
 - 站間距離最遠 100 公尺（100BASE-TX）
 - 支持 菊鏈式拓樸(daisy chain)連接
 - 通過 EtherCAT 一致性測試工具驗證
 - 支援自由運行與 DC 同步運行模式
 - 支援 CoE 與 FoE
 - 支援控制模式: CSP、CSV、Hm 與 PP
 - 支援最低通信週期 0.5ms
- 可拆卸的接線端子連接器

1.3 硬體規格

馬達輸出	
輸出數目	4 個兩相步進馬達
輸出電流	3.3A /相(峰值)
馬達電壓範圍	16 to 29 V _{DC}
最大步進脈波頻率	8.192 MHz
每步微步進數	256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2
編碼器輸入	
編碼器輸入個數	4x encoder counter (A, B, Z), 差動訊號
最大編碼器脈波頻率	1 MHz
數位輸入	
數位輸入數目	12 (每一顆馬達可有 3 個開關輸入)
濕接點	- ON 電壓準位: +10 to 24V_{DC} - OFF 電壓準位: +4V_{DC} MAX
光電隔離	3750V DC
LED 指示燈	
LED 診斷燈號	電源, EtherCAT 狀態, 數位 IO, 驅動, 溫度警告, 過熱錯誤
通訊介面	
連接器	2 x RJ-45
協定	EtherCAT
站間距離	Max. 100 m (100BASE-TX)
數據傳輸介質	Ethernet/EtherCAT Cable (Min. CAT 5), Shielded
電源	
輸入電壓範圍	20V ~ 30V _{DC}
EMS 保護	
ESD (IEC 61000-4-2)	4 KV Contact for each channel
EFT (IEC 61000-4-4)	Signal: 1 KV Class A; Power: 1 KV Class A
Surge (IEC 61000-4-5)	1 KV Class A
機構	
安裝方式	DIN-Rail
外型尺寸 (長 x 寬 x 高) [mm]	181 x 110 x 33 (不包含連接器)
機匣材料	金屬
環境	
運作溫度	-25°C ~ 40°C

保存溫度	-30℃ ~ 80℃
相對溼度	10 ~ 90%, 不結露

2 接線

2.1 LED 燈定義

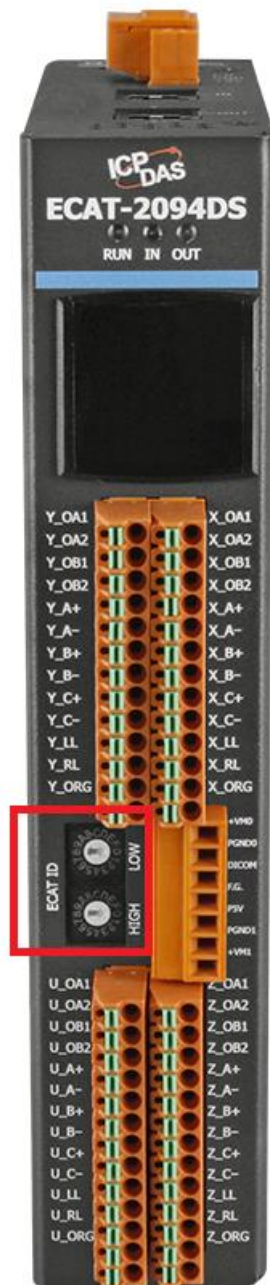
EtherCAT LED	顏色	狀態	說明
RUN	紅色		這個 LED 燈指示此 EtherCAT 從站的運作狀態:
		Off	設備處於 INIT 狀態
		閃爍	設備處於 PREOP 狀態
		閃一次	設備處於 SAFEOP 狀態 輸出維持在安全狀態
		On	設備處於 OP 狀態
IN	綠色		指示此 EtherCAT 輸入端的通訊狀態:
		Off	未偵測到網路連線
		閃爍	已連線且運作中(例如:與主站進行數據交換)
		On	已連線但未運作
OUT	綠色		指示此 EtherCAT 輸出端的通訊狀態, 並且可將 EtherCAT 從站連接到輸出端
		Off	沒有 EtherCAT 從站連接到輸出端
		閃爍	已連線且運作中(例如:與連接的從站進行數據交換)
		On	已連線但未運作

控制 LED 燈	顏色	說明
*	紅色	- 電源指示燈
***** (第一行) 0 1 2 3 4 5 6 7	綠色	- LED 0: X 軸 - 原點輸入 - LED 1: X 軸 - 正方向極限輸入 - LED 2: X 軸 - 負方向極限輸入 - LED 3: X 軸 - 運行/停止狀態 - LED 4: X 軸 - 運動晶片 SPI 通訊錯誤 - LED 5: X 軸 - 接地短路錯誤 - LED 6: X 軸 - 過熱警告 - LED 7: X 軸 - 過熱錯誤
***** (第二行) 8 9 10 11 12 13 14 15	綠色	- LED 0: Y 軸 - 原點輸入 - LED 1: Y 軸 - 正方向極限輸入

		- LED 2: Y 軸 - 負方向極限輸入 - LED 3: Y 軸 - 運行/停止狀態 - LED 4: Y 軸 - 運動晶片 SPI 通訊錯誤 - LED 5: Y 軸 - 接地短路錯誤 - LED 6: Y 軸 - 過熱警告 - LED 7: Y 軸 - 過熱錯誤
***** (第三行) 16 17 18 19 20 21 22 23	綠色	- LED 0: Z 軸 - 原點輸入 - LED 1: Z 軸 - 正方向極限輸入 - LED 2: Z 軸 - 負方向極限輸入 - LED 3: Z 軸 - 運行/停止狀態 - LED 4: Z 軸 - 運動晶片 SPI 通訊錯誤 - LED 5: Z 軸 - 接地短路錯誤 - LED 6: Z 軸 - 過熱警告 - LED 7: Z 軸 - 過熱錯誤
***** (第四行) 24 25 26 27 28 29 30 31	綠色	- LED 0: U 軸 - 原點輸入 - LED 1: U 軸 - 正方向極限輸入 - LED 2: U 軸 - 負方向極限輸入 - LED 3: U 軸 - 運行/停止狀態 - LED 4: U 軸 - 運動晶片 SPI 通訊錯誤 - LED 5: U 軸 - 接地短路錯誤 - LED 6: U 軸 - 過熱警告 - LED 7: U 軸 - 過熱錯誤

2.2 旋鈕定義

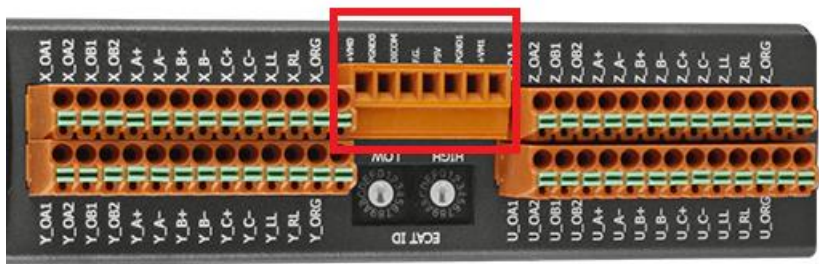
Alias 旋鈕範圍為 0x00~0xFF



2.3 連接介面

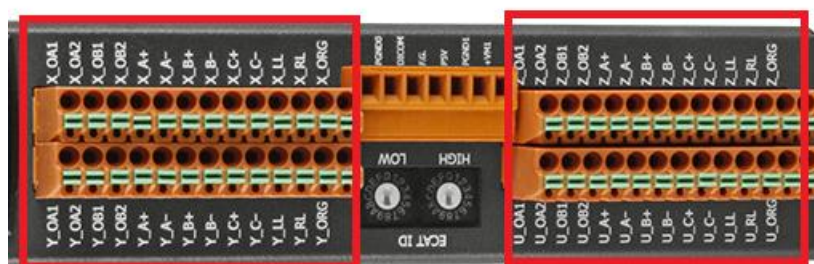


名稱	信號	說明
F.G	Frame ground (接地)	
GND	電源: 接地 0V (來自負電接點)	ECAT-2094DS 供電
+Vs	電源: +24 V _{DC} (來自正電接點)	
IN	EtherCAT 信號輸入	EtherCAT 電纜線傳入
OUT	EtherCAT 信號輸出	EtherCAT 電纜線輸出



名稱	信號	信號說明
+VM0	+16 to 29V _{DC} (來自正電接點)	X 軸與 Y 軸馬達供電
PGND0	Ground 0V (來自負電接點)	
DI.COM		常見 DI 電源 X: +10 to +24VDC
F.G.		Frame ground (接地)
P5V	輸出	編碼器電源
PGND1	Ground 0V (來自負電接點)	Z 軸與 U 軸馬達供電

+VM1	+16 to 29V _{DC} (來自正電接點)	 警告: 步進馬達自動啟動! 在機器上工作的人員有死亡或嚴重傷害的危險。 在設置和配置過程中,不排除步進馬達有執行意料外移動的可能
------	--------------------------------------	---



名稱	信號	信號說明	
X_OA1	輸出	馬達 X 繞組 A1	馬達 X
X_OA2	輸出	馬達 X 繞組 A2	
X_OB1	輸出	馬達 X 繞組 B1	
X_OB2	輸出	馬達 X 繞組 B2	
X_A+	輸入	編碼器 X 的輸入端 A+	編碼器 X
X_A-	輸入	編碼器 X 的輸入端 A-	
X_B+	輸入	編碼器 X 的輸入端 B+	
X_B-	輸入	編碼器 X 的輸入端 B-	
X_C+	輸入	編碼器 X 的輸入端 C+	
X_C-	輸入	編碼器 X 的輸入端 C-	
X_LL	輸入	馬達 X 負方向極限開關	馬達 X 的極限與原點開關
X_RL	輸入	馬達 X 正方向極限開關	
X_ORG	輸入	馬達 X 原點開關	
Y_OA1	輸出	馬達 Y 繞組 A1	馬達 Y
Y_OA2	輸出	馬達 Y 繞組 A2	
Y_OB1	輸出	馬達 Y 繞組 B1	
Y_OB2	輸出	馬達 Y 繞組 B2	
Y_A+	輸入	編碼器 Y 的輸入端 A+	編碼器 Y
Y_A-	輸入	編碼器 Y 的輸入端 A-	
Y_B+	輸入	編碼器 Y 的輸入端 B+	

Y_B-	輸入	編碼器 Y 的輸入端 B-	馬達 Y 的極限與原點開關
Y_C+	輸入	編碼器 Y 的輸入端 C+	
Y_C-	輸入	編碼器 Y 的輸入端 C-	
Y_LL	輸入	馬達 Y 負方向極限開關	
Y_RL	輸入	馬達 Y 正方向極限開關	
Y_ORG	輸入	馬達 Y 原點開關	
Z_OA1	輸出	馬達 Z 繞組 A1	馬達 Z
Z_OA2	輸出	馬達 Z 繞組 A2	
Z_OB1	輸出	馬達 Z 繞組 B1	
Z_OB2	輸出	馬達 Z 繞組 B2	
Z_A+	輸入	編碼器 Z 的輸入端 A+	編碼器 Z
Z_A-	輸入	編碼器 Z 的輸入端 A-	
Z_B+	輸入	編碼器 Z 的輸入端 B+	
Z_B-	輸入	編碼器 Z 的輸入端 B-	
Z_C+	輸入	編碼器 Z 的輸入端 C+	
Z_C-	輸入	編碼器 Z 的輸入端 C-	
Z_LL	輸入	馬達 Z 負方向極限開關	馬達 Z 的極限與原點開關
Z_RL	輸入	馬達 Z 正方向極限開關	
Z_ORG	輸入	馬達 Z 原點開關	
U_OA1	輸出	馬達 U 繞組 A1	馬達 U
U_OA2	輸出	馬達 U 繞組 A2	
U_OB1	輸出	馬達 U 繞組 B1	
U_OB2	輸出	馬達 U 繞組 B2	
U_A+	輸入	編碼器 U 的輸入端 A+	編碼器 U
U_A-	輸入	編碼器 U 的輸入端 A-	
U_B+	輸入	編碼器 U 的輸入端 B+	
U_B-	輸入	編碼器 U 的輸入端 B-	
U_C+	輸入	編碼器 U 的輸入端 C+	
U_C-	輸入	編碼器 U 的輸入端 C-	
U_LL	輸入	馬達 U 負方向極限開關	馬達 U 的極限與原點開關
U_RL	輸入	馬達 U 正方向極限開關	
U_ORG	輸入	馬達 U 原點開關	

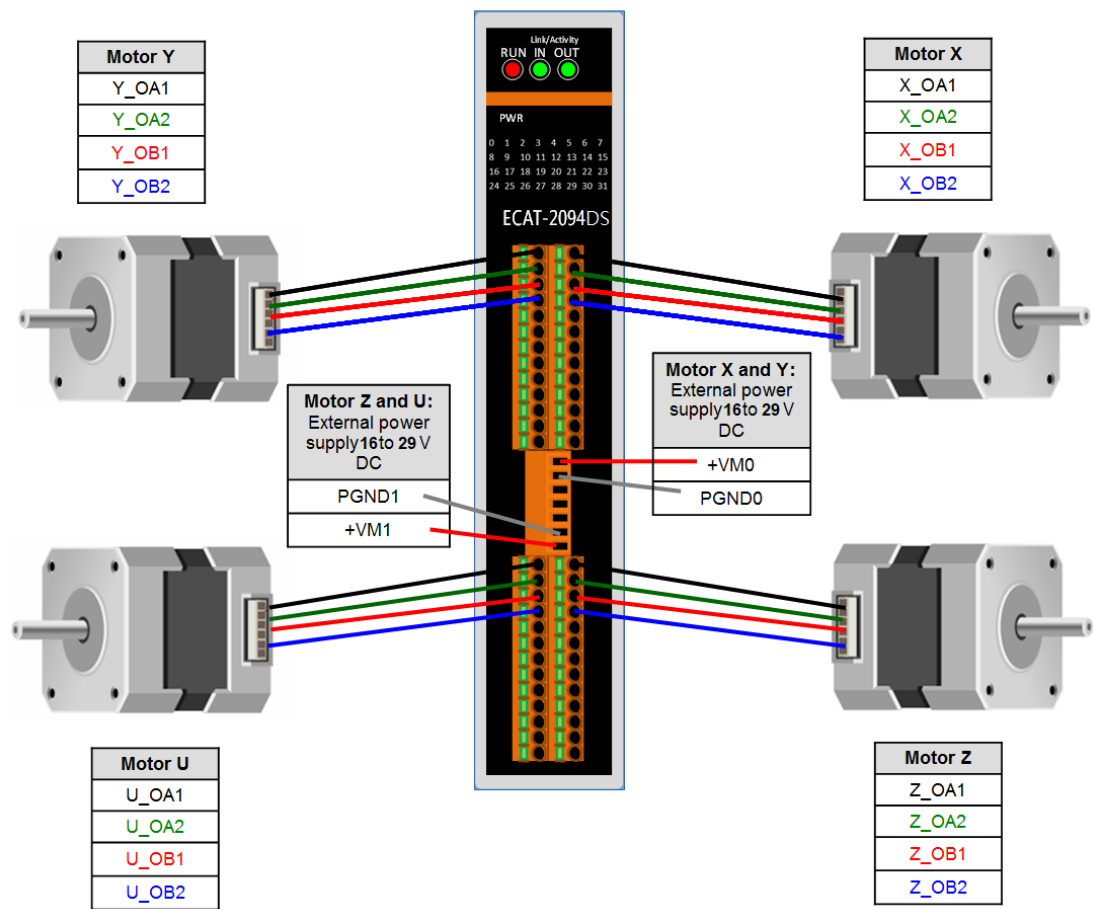
2.4 數位輸入接線

數位輸入		
數位輸入通道		12 (每個馬達使用三個開關)
輸入類型		Wet
濕接點	ON 電壓層級	+10 to 24 V _{DC}
	OFF 電壓層級	+4 V _{DC} MAX
光電隔離		3750 V _{DC}

X、Y、Z、U 軸的正方向(RL)、負方向(LL)極限與原點開關接線如下圖所示。

Digital Input	Readback as 1	Readback as 0
Sink	+10 ~ +24V DC	OPEN or <4 VDC
Source	+10 ~ +24V DC	OPEN or <4 VDC

2.5 步進馬達接線



2.5.1 四線式馬達

下方圖 1 為四線式雙極馬達連接到 ECAT-2094DS 的 X 軸輸出的範例。

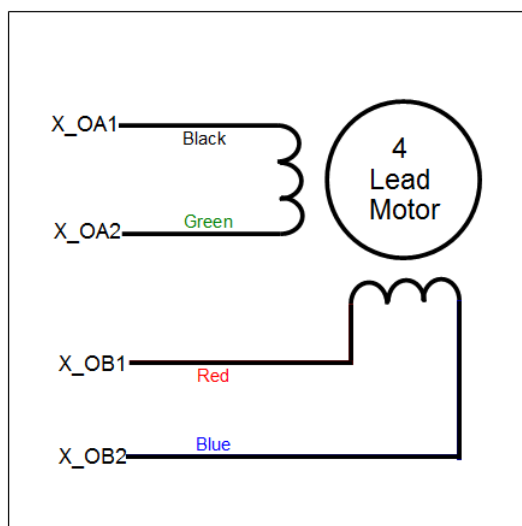


圖 1: 四線式雙極馬達與第一軸輸出的接線圖

2.5.1 六線式馬達

下方圖 2 為六線式雙極馬達連接到 ECAT-2094DS 的 X 軸輸出的範例。

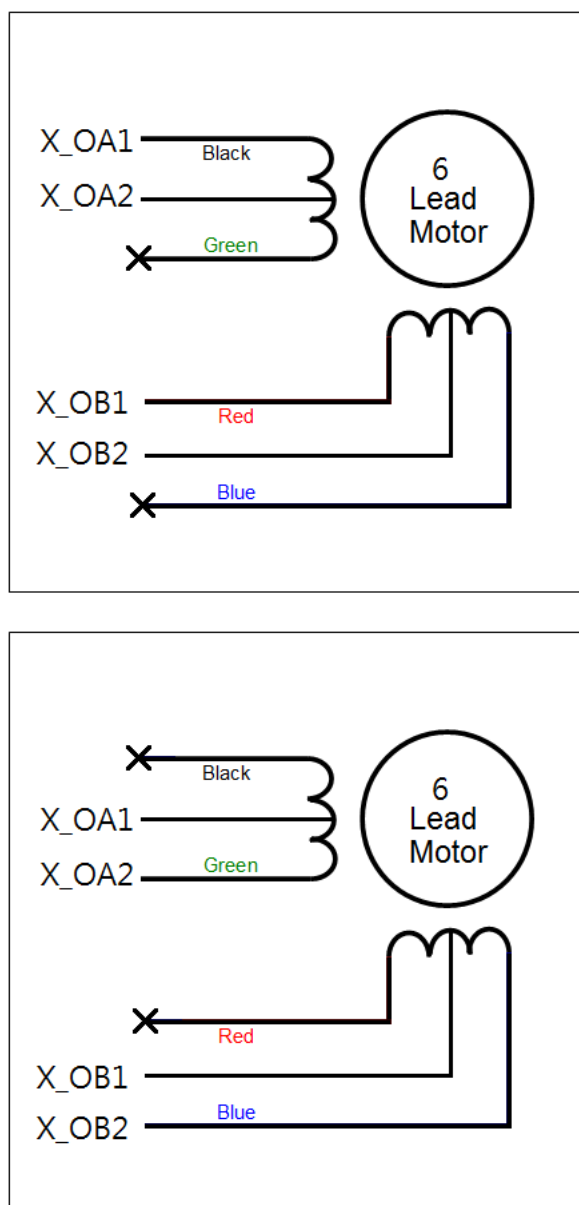


圖 2: 六線式雙極馬達與第一軸輸出的接線圖

2.5.2 八線式馬達

八線式馬達可以以串聯或並聯的方式連接。以串聯方式連接的馬達所需要的電流比並聯方式的電流還小，但在運行速度方面不會比並聯方式的快。

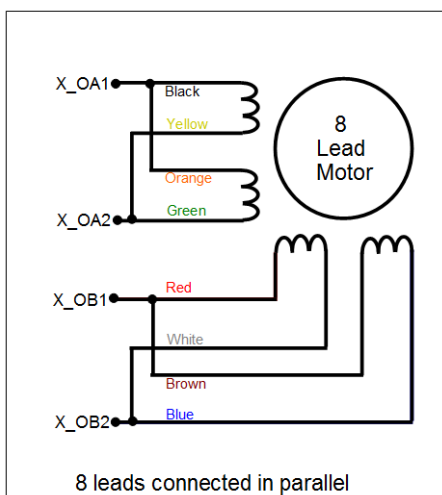
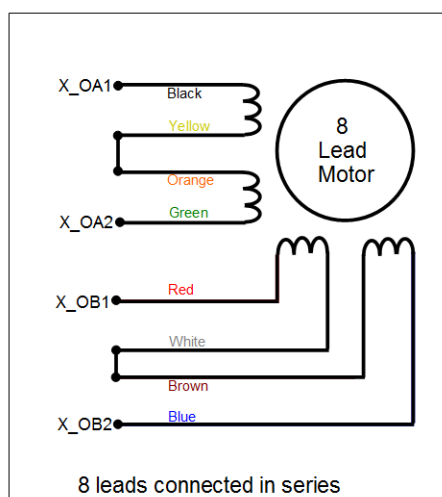


圖 3: 八線式雙極馬達接線圖(左:串聯, 右: 並聯)

2.5.3 編碼器接線

差動編碼器：
ECAT-2094DS 預設支援差動編碼器。

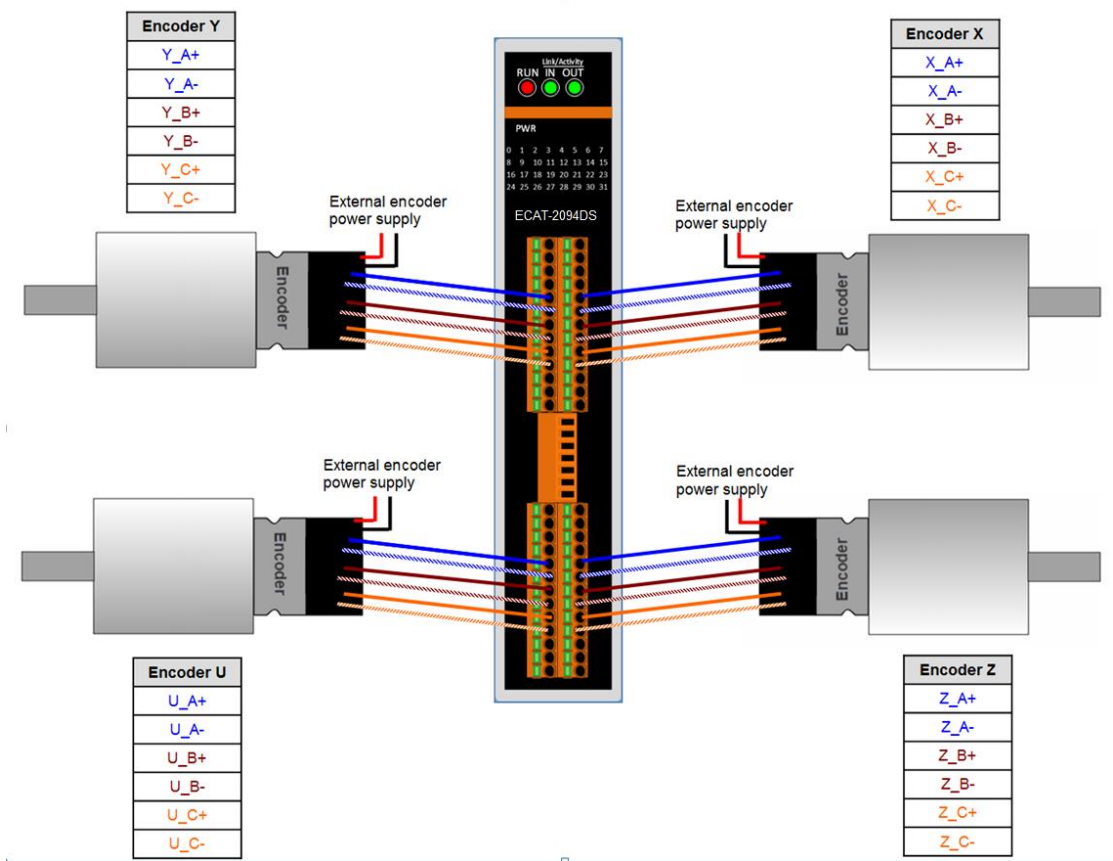


圖 4: 差動編碼器接線圖

開路集極式編碼器：
單端編碼器的接線部分，請參見圖 5: 開路集極接線圖中的表格，其中列出了可能的電源值和相應的電阻大小。

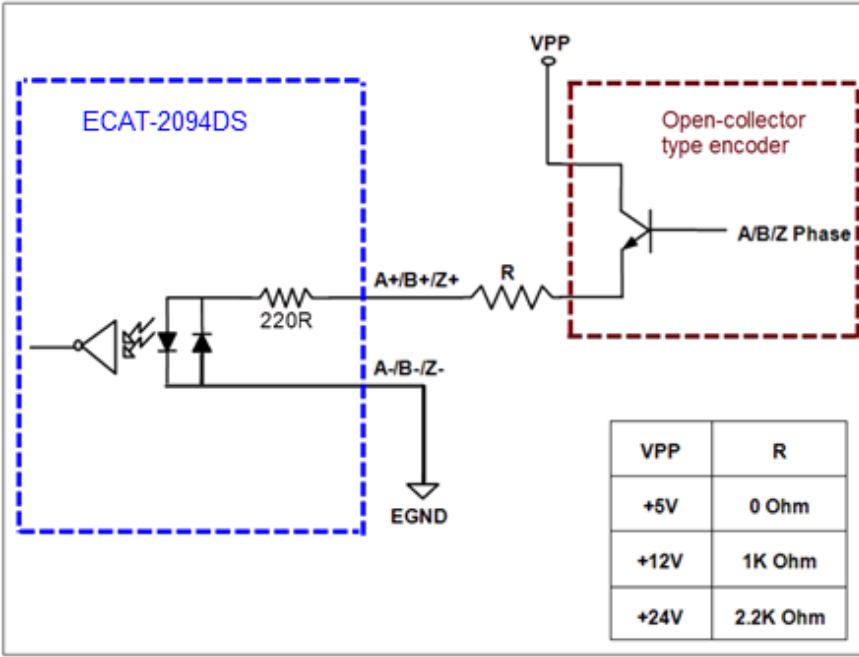
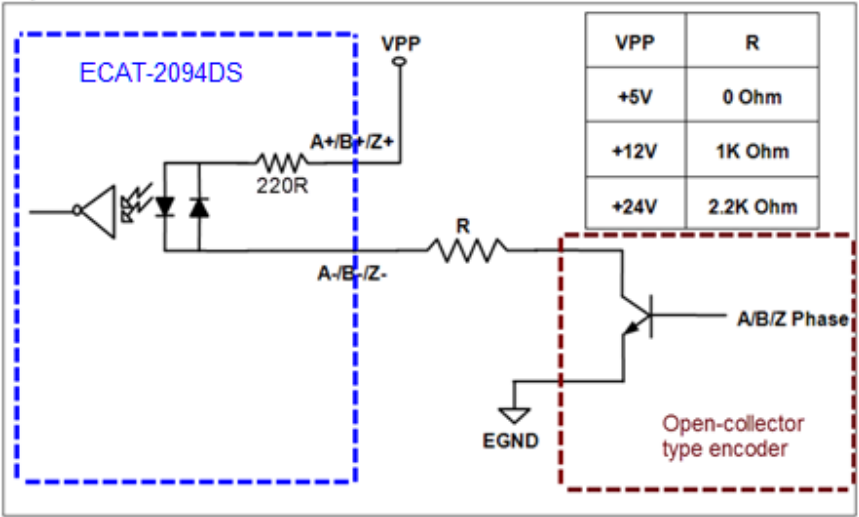


圖 5: 開路集極接線圖

3 基礎通訊

3.1 EtherCAT 佈線

兩 EtherCAT 設備間的電纜線長度不得超過 100 公尺。

電纜線與連接器

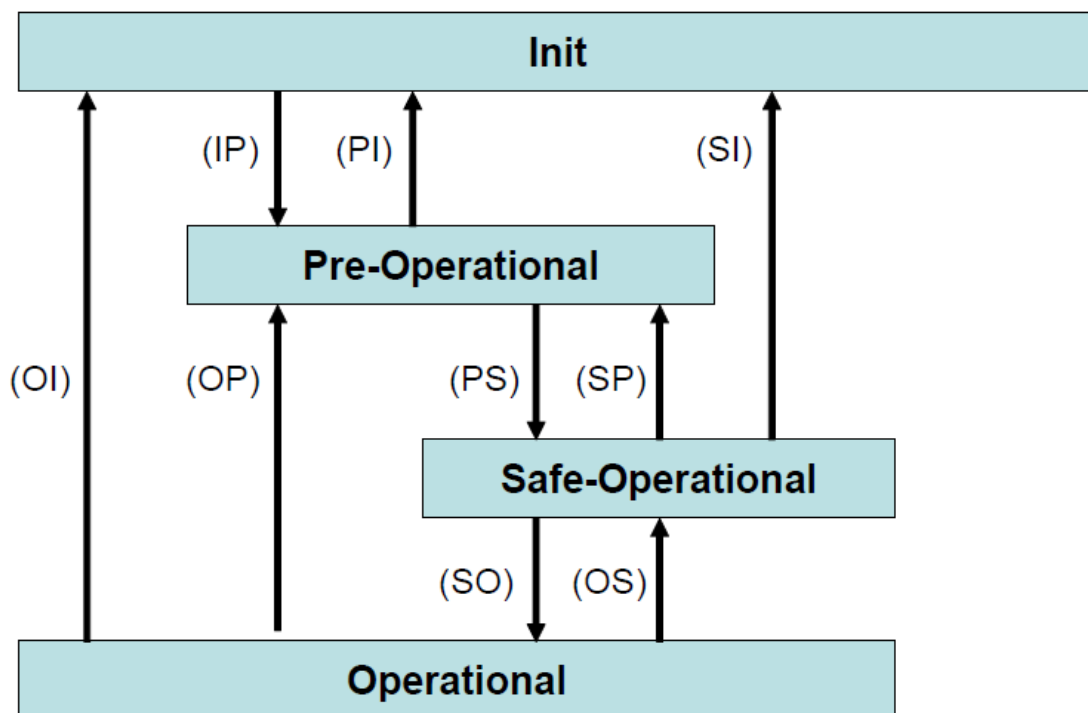
在連接 EtherCAT 設備的部分，根據 EN 50173 或 ISO/IEC 11801 標準，只有在滿足至少 CAT5 要求的 Ethernet 線（電纜線與接頭）才可使用。EtherCAT 使用 4 根電纜線進行信號傳輸，其腳位分配與 Ethernet 標準（ISO/IEC 8802-3）兼容。

3.2 狀態機

EtherCAT 主站和從站的狀態是透過 EtherCAT 狀態機（ESM）進行控制。這些狀態決定哪些功能在 EtherCAT 從站中是可取用或可執行的。狀態的切換通常初始於主站發出的請求，並在初始化成功後經從站做確認。如果發生內部錯誤，則從站會自動切換到順位較低的狀態。

支援四種狀態：

- Init (重置後的狀態)
- Pre-Operational
- Safe-Operational
- Operational



Init

EtherCAT 從站在開機後處於初始狀態。只有 ESC 暫存器的通訊可用，而無法進行郵箱(mailbox)或進程數據(process data)的通訊。從站使用默認值或先前存儲到區域記憶體的值來初始化服務物件。EtherCAT 主站分配站地址，並將同步管理器的通道 0 和 1 配置給非週期性郵箱通訊。

Pre-Operational (Pre-Op)

在 Pre-Op 狀態下可以使用非週期性郵箱通訊，但不能進行進程數據通訊。在這種狀態下，EtherCAT 主站將執行以下配置：

- 將同步管理器通道 (SM2 和 SM3) 設置給進程數據通訊
- 配置 FMMU 通道
- 配置 PDO 映射或同步管理器 PDO 的指定

Safe-Operational (Safe-Op)

在 Safe-Op 狀態下，郵箱和進程數據通訊都已啟用，但從站保持其輸出處於安全狀態，而輸入則是週期性更新數據。從站將忽略由主機發送的輸出數據，並僅返回當前的輸入數據（例如：數位輸入）。

輸出處於 Safe-Op 狀態

當主站應用程序在配置的看門狗時間內沒有提供新的輸出進程數據時，同步管理器的 **watchdog** 會超時。在這種情況下，從站將自動從運行狀態轉為 **ERROR-SAFEOP** 狀態，並將所有輸出設置為安全狀態。將停止步進馬達，此時步進馬達無為無電流狀態。

Operational (Op)

這裡，進程數據物件（PDO）和服務數據物件（SDO）都已完全啟用。主站週期性發送輸出數據並讀取輸入數據。支援兩種 OP 模式：自由運行模式和 DC 同步模式。

3.3 同步模式

支援兩種不同的模式：

- 自由運行：主站週期時間與從站週期時間相互獨立且不同步。
- DC同步：主站週期時間和從站週期時間是同步的。

3.3.1 自由運行模式

從站根據自己的周期自主運行，不與EtherCAT週期同步。主站週期時間與從站週期時間完全獨立，也就是每個從站設備根據其當地時間讀取或寫入其自己的過程數據，而與主站週期時間無關。

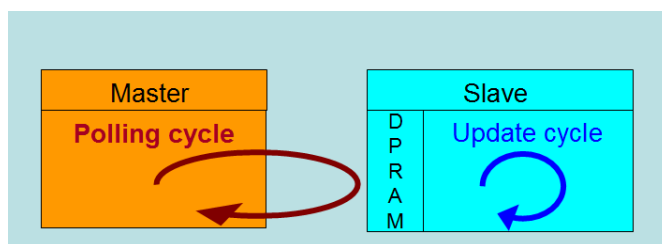


圖 6: 自由運行模式下的主站與從站週期

下圖表示從站在自由運行模式下的進程時序：

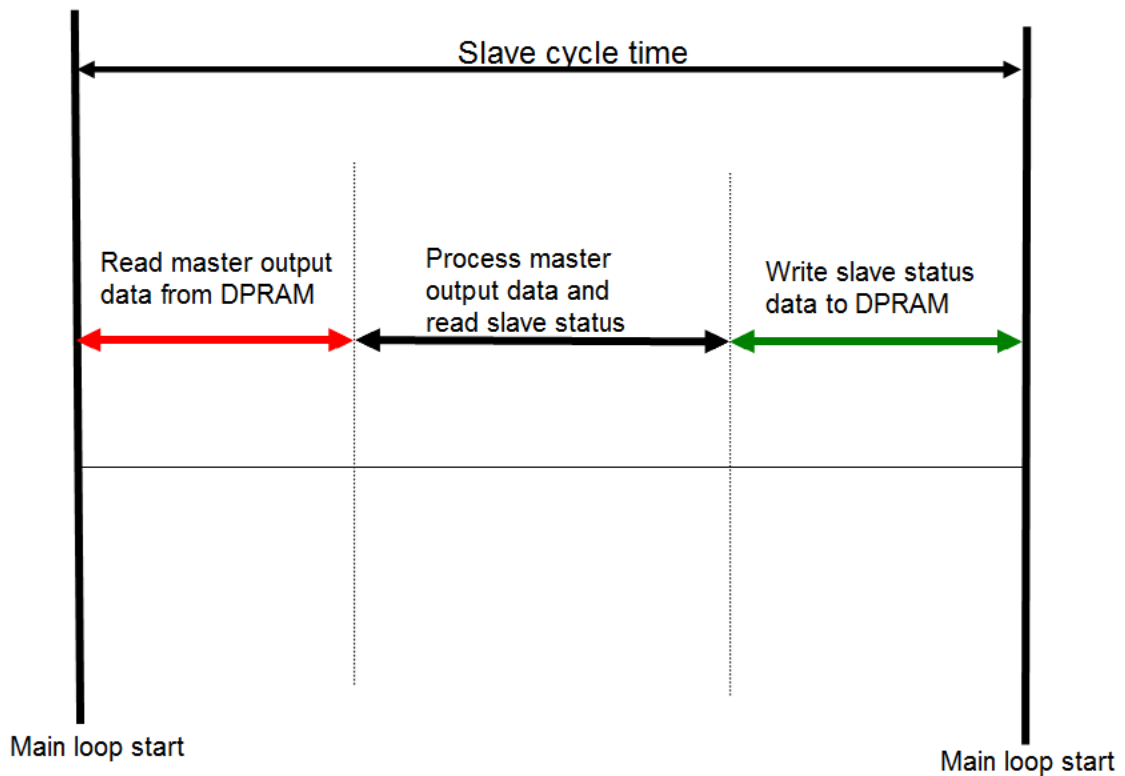


圖 7: 自由運行模式下的從站處理序列

從站軟體會在每個週期時間內檢查 EtherCAT 從站晶片（ESC）的記憶體是否從主站接收到新的輸出數據。新收到的數據將被處理，運動路徑將被計算並發送到運動晶片。接著，運動晶片會讀取運動和數位輸入狀態。最後，所讀取狀態會寫入 DPRAM，以便主站設備可以在下一個週期時間檢索 ESC 的 DPRAM 數據。

3.3.2 DC 同步模式

DC 同步使所有 EtherCAT 設備（主站和從站）共享相同的 EtherCAT 系統時間。在網路中的 EtherCAT 從站可以彼此同步。這使得主站能夠同時對 EtherCAT 網路中不同的從站設置輸出（例如數位輸出，脈波輸出）或同步讀取輸入（例如數位輸入，編碼器計數器）。

為了使系統同步，所有的從站都與一個參考時鐘同步。通常情況下，具 DC 同步能力且離主站最近的第一個 EtherCAT 從站會成為主站以及其他 DC 從站的時鐘基準。

EtherCAT 從站與 DC 同步系統的 SYNC0 或 SYNC1 事件同步。

EtherCAT 網路被主站設置為 DC 同步通訊模式後，每個從站的 ESC（EtherCAT 從站晶片）產生固定時間的硬體中斷，觸發從站軟體處理主站接收到的 PDO 數據。主站週期時間和 ESC 軟體中斷時間間隔完全與網路中作為 SYNC0 信號參考時鐘的第一個從站同步。

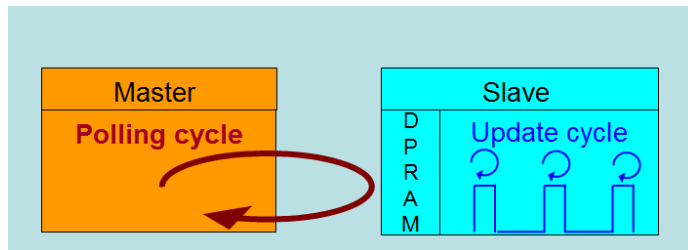


圖 8: DC 同步模式下的主站與從站週期

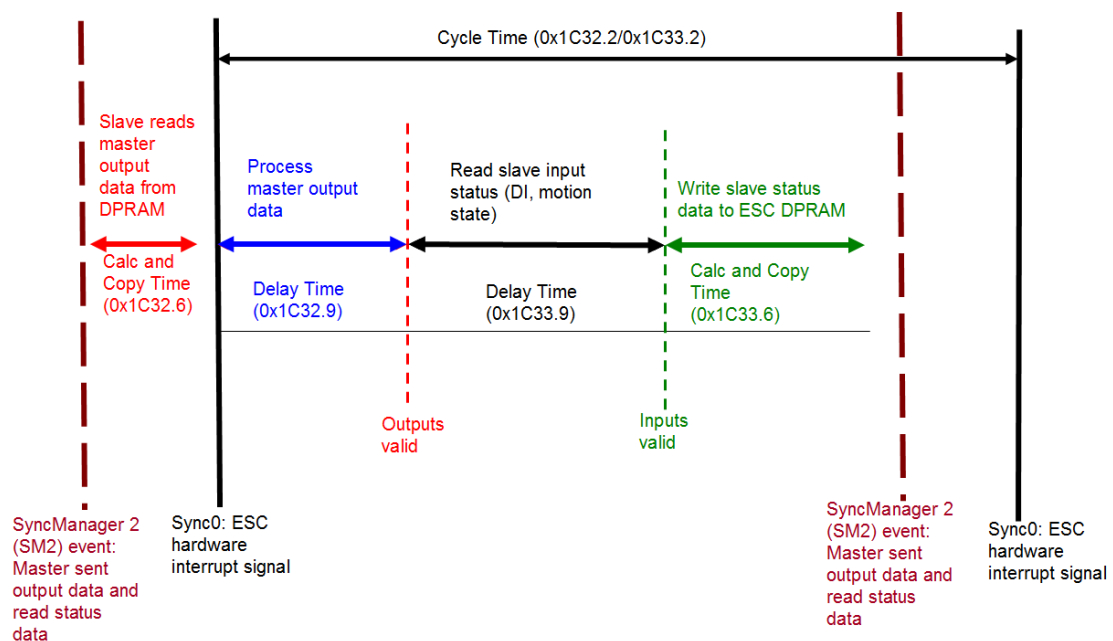


圖 9: 同步模式下的內部從站處理序列

從站一接收到來自主站的進程數據（RxPDOs），就會觸發 SM2 事件，進而讓軟體從 ESC 記憶體中讀取數據。ESC 以固定的時間間隔中斷軟體以處理從主站接收到的數據，並將狀態數據寫入 ESC 記憶體。每當主站在 DC 同步週期時間內未能發送進程數據時，內部同步錯誤計數器將增加三個計數。每成功完成一個 DC 同步

週期後，此錯誤計數器則會減去一個計數。一旦錯誤計數器達到最大計數（預設值為 4），就會產生一個同步錯誤並且從站會進入 Safe OP 模式(Sync Error 0x1C32:20 為 TRUE)。最大計數值可通過變更"Sync Error Counter Limit"（0x10F1:02）的預設值來做設定。

Index	Name	Flags	Value
10F1:0	Error Settings		> 2 <
10F1:01	Local Error Reaction	RW	0x00000001 (1)
10F1:02	Sync Error Counter Limit	RW	0x0004 (4)

圖 10: Sync error counter limit 物件

輸出和輸入數據的同步管理器設定可在 TwinCAT 的"CoE online"標籤頁面找到。

Index	Name	Flags	Value
1C32:0	SM output parameter		> 32 <
1C32:01	Synchronization Type	RW	0x0002 (2)
1C32:02	Cycle Time	RO	0x00000000 (0)
1C32:04	Synchronization Types supported	RO	0x401F (16415)
1C32:05	Minimum Cycle Time	RO	0x001E8480 (2000000)
1C32:06	Calc and Copy Time	RO	0x0007A120 (500000)
1C32:08	Get Cycle Time	RW	0x0001 (1)
1C32:09	Delay Time	RO	0x000927C0 (600000)
1C32:0A	Sync0 Cycle Time	RW	0x005B8D80 (6000000)
1C32:0B	SM-Event Missed	RO	0x0000 (0)
1C32:0C	Cycle Time Too Small	RO	0x0000 (0)
1C32:20	Sync Error	RO	FALSE

圖 11: SyncManager 2 參數

SyncManager 參數說明(時間單位: ns):

- Calc and Copy Time (0x1C32.6 / 0x1C33.6): 將進程數據從 ESC 複製到本地記憶體與計算輸出值所需的時間。
Delay Time (0x1C32.9 / 0x1C33.9): 從接收觸發到設置輸出或鎖定輸入的延遲時間。
- Cycle Time (0x1C32.2 / 0x1C33.2): 應用程序當前的周期時間。使用 DC 同步時，從暫存器 0x9A0 : 0x9A3 讀取此數值。
- 0x1C32.5 / 0x1C33.5 (Min Cycle Time): 應用程序的最小週期時間。這是所有從站應用相關操作的總執行時間。

4 CoE 通信區域(1000h ~ 1FFFh)

4.1 設備信息

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default	
1000h	00h	Device type	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	20192h	
		EtherCAT 從站的設備類型							
1001h	00h	Error register	0 - 255	U8	ro	N	N	00h	
1008h	00h	Manufacturer device name		VS	ro	N	N		
		EtherCAT 從站的設備名稱							
1009h		Manufacturer hardware version		VS	ro	N	N	1.0	
		EtherCAT 從站的硬體版本							
100Ah		Manufacturer software version		VS	ro	N	N	1.0	
		EtherCAT 從站的軟體版本							
1018h	--	Identify object							
	00h	Number of entries	0 - 255	U8	ro	N	N	4	
	01h	Vendor ID	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00494350h	
			EtherCAT 從站的供應商 ID						
	02h	Product code	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	20944453h	
			EtherCAT 從站的產品號碼						
	03h	Revision number	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00000000h	
			EtherCAT 從站的版本號						
	04h	Serial number	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00000000h	
			EtherCAT 從站的序號						
	10F1h	00h	Error settings						
		01h	Local error reaction	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000001h

02h	Sync error counter limit	0 - 65535	U16	rw	N	N	0004h
僅限於 DC 同步模式： 同步錯誤計數器會隨著每個丟失的同步管理事件增加 3 並在接收到事件後減 1。如果同步錯誤計數器超過此限制，則系統更改為 SAFEOP							

4.2 PDO(Process Data Object)映射

4.2.1 PDO 分配對象(1C12h ~ 1C13h)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
1C12h	--	Sync manager channel 2						
	00h	Number of assigned PDOs	0 -4	U8	rw	N	N	4
	01h	PDO mapping object of assigned RxPDO 1	1600h – 1630h	U16	rw	N	N	1600h
	02h	PDO mapping object of assigned RxPDO 2	1600h – 1630h	U16	rw	N	N	1610h
	03h	PDO mapping object of assigned RxPDO 3	1600h – 1630h	U16	rw	N	N	1620h
	04h	PDO mapping object of assigned RxPDO 4	1600h – 1630h	U16	rw	N	N	1630h
1C13h	--							
	00h	Number of assigned PDOs	0 -4	U8	rw	N	N	4
	01h	PDO mapping object of assigned TxPDO 1	1A00h – 1A30h	U16	rw	N	N	1A00h
	02h	PDO mapping object of assigned TxPDO 2	1A00h – 1A30h	U16	rw	N	N	1A10h
	03h	PDO mapping object of assigned TxPDO 3	1A00h – 1A30h	U16	rw	N	N	1A20h
	04h	PDO mapping object of assigned TxPDO 4	1A00h – 1A30h	U16	rw	N	N	1A30h

4.2.2 PDO 分配対象(1600h ~ 1630h、1A00~1A30h)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
1600h	--	Receive PDO mapping 1						
	00h	Number of entries	0 - 16	U8	rw	N	N	4
	01h	1st receive PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	60400010h
	02h	2nd receive PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	60600008h
	03h	3rd receive PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	607A0020h
	04h	4th receive PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	600FF0020h
	05h	5th receive PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000000h
		.						
	0Fh	15th receive PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000000h
1610h	--	Receive PDO mapping 2						
	01h – 0Fh	Subindex 規格同 1600h	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	68400010h – 68FF0020h
1620h								
	01h – 0Fh	Subindex 規格同 1600h	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	70400010h – 70FF0020h
1630h								
	01h – 0Fh	Subindex 規格同 1600h	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	78400010h – 78FF0020h
1A00h								
	00h	Number of entries	0 - 16	U8	rw	N	N	7
	01h	1st transmit	0 -	U32	rw	N	N	60410010h

		PDO mapped	4294967295					
	02h	2nd transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	603F0010h
	03h	3rd transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	60610008h
	04h	4th transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	60640020h
	05h	5th transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	606c0020h
	06h	6th transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	60FD0020h
	07h	7th transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000018h
	08h	8th transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000000h
		.						
	0Fh	15th transmit PDO mapped	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000000h
1A10h								
	01h – 0Fh	Subindex 規格同 1A00h	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	680410000h – 68FD0020h
1A20h								
	01h – 0Fh	Subindex 規格同 1A00h	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	70410000h – 70FD0020h
1A30h								
	01h – 0Fh	Subindex 規格同 1A00h	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	78410000h – 78FD0020h

4.3 Sync manager 2/3 synchronization(1C32h 、1C33h)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
1C32h	--	Sync manager 2 synchronization						
	00h	Number of sub-objects	0 - 255	U8	ro	N	N	20h
	01h	Synchronization Type	0 - 65535	U16	rw	N	N	0000h
	02h	Cycle Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	0000h
	04h	Synchronization Types supported	0 - 65535	U16	ro	N	N	001Fh
	05h	Minimum Cycle Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	0007A120h
	06h	Calc and Copy Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00009C40h
	08h	Get Cycle Time	0 - 65535	U16	ro	N	N	0000h
	09h	Delay time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00002710h
	0Ah	Sync0 Cycle Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00000000h
	0Bh	SM-Event Missed	0 - 65535	U16	ro	N	N	0000h
	0Ch	Cycle Time Too small	0 - 65535	U16	ro	N	N	0000h
	20h	Sync Error	0 - 1	BOOL	ro	N	N	FALSE

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
1C33h	--	Sync manager 3 synchronization						
	00h	Number of sub-objects	0 - 255	U8	ro	N	N	20h
	01h	Synchronization Type	0 - 65535	U16	rw	N	N	0000h
	02h	Cycle Time	0 -	U32	ro	N	N	0000h

			4294967295					
04h	Synchronization Types supported	0 – 65535	U16	ro	N	N	001Fh	
05h	Minimum Cycle Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	0007A120h	
06h	Calc and Copy Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00009C40h	
08h	Get Cycle Time	0 - 65535	U16	ro	N	N	0000h	
09h	Delay time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00002710h	
0Ah	Sync0 Cycle Time	0 - 4294967295	U32	ro	N	N	00000000h	
0Bh	SM-Event Missed	0 - 65535	U16	ro	N	N	0000h	
0Ch	Cycle Time Too small	0 - 65535	U16	ro	N	N	0000h	
20h	Sync Error	0 - 1	BOOL	ro	N	N	FALSE	

5 驅動參數區域(2000h ~ 5FFFh)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
0x2001	--	ORG Active Level ORG 訊號致能準位						
	00h	Highest sub-index supported	4	U8	ro	N	N	4
	01h	ORG0 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	02h	ORG1 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	03h	ORG2 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	04h	ORG3 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
0x2002	--	NOT Active Level NOT/LL 訊號致能準位						
	00h	Highest sub-index supported	4	U8	ro	N	N	4
	01h	NOT0 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	02h	NOT1 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	03h	NOT2 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	04h	NOT3 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
0x2003	--	POT Active Level POT/RL 訊號致						

		能準位						
	00h	Highest sub-index supported	4	U8	ro	N	N	4
	01h	POT0 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	02h	POT1 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	03h	POT2 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
	04h	POT3 Active Level	0 - 1	U16	rw	Y	N	01h
0x3001	--	Axes Run Current 馬達驅動電流 (峰值) 單位:mA						
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4
	01h	Axis0 Run Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	03E8h
	02h	Axis1 Run Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	03E8h
	03h	Axis2 Run Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	03E8h
	04h	Axis3 Run Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	03E8h
0x3002	--	Axes Hold Current 馬達靜止電流 (峰值) 單位:mA						
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4
	01h	Axis0 Hold Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	01F4h

	02h	Axis1 Hold Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	01F4h																	
	03h	Axis2 Hold Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	01F4h																	
	04h	Axis3 Hold Current	0 - 3368	U16	rw	Y	N	01F4h																	
0x3003	--	Axes Encoder PPR 編碼器一圈的解析度																							
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4																	
	01h	Axis0 Encoder PPR	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	00000000h																	
	02h	Axis1 Encoder PPR	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	00000000h																	
	03h	Axis2 Encoder PPR	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	00000000h																	
	04h	Axis3 Encoder PPR	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	00000000h																	
	0x3004	--	Axes Encoder Mode 編碼器模式																						
00h		Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4																	
01h		Axis0 Encoder Mode	0 - 127	U16	rw	Y	N	0000h																	
02h		Axis1 Encoder Mode	0 - 127	U16	rw	Y	N	0000h																	
03h		Axis2 Encoder Mode	0 - 127	U16	rw	Y	N	0000h																	
04h		Axis3 Encoder Mode	0 - 127	U16	rw	Y	N	0000h																	
<table><tr><td>Bit</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>Function</td><td>-</td><td>EZ_INV</td><td>EB_INV</td><td>EA_INV</td><td>-</td><td colspan="3">PULSE_MODE</td></tr></table>								Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	Function	-	EZ_INV	EB_INV	EA_INV	-	PULSE_MODE		
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0																	
Function	-	EZ_INV	EB_INV	EA_INV	-	PULSE_MODE																			

	PULSE_MODE (R/W): 0: OUT/DIR 模式 1: CW/CCW 模式 2: 1 x AB phase 模式，最小脈波寬度為 80ns 3: 2 x AB phase 模式，最小脈波寬度為 80ns 4: 4 x AB phase 模式，最小脈波寬度為 160ns EA_INV: 寫入"1"以反轉 A 信號(預設值: 0) EB_INV: 寫入"1"以反轉 B 信號(預設值: 0) EZ_INV: 寫入"1"以反轉 C 信號(預設值: 0)						
0x3005	--	Axes Torque Off Mode 無扭力模式					
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N 4
	01h	Axis0 Torque Off Mode	0 - 1	U16	rw	Y	N 0000h
	02h	Axis1 Torque Off Mode	0 - 1	U16	rw	Y	N 0000h
	03h	Axis2 Torque Off Mode	0 - 1	U16	rw	Y	N 0000h
	04h	Axis3 Torque Off Mode	0 - 1	U16	rw	Y	N 0000h
	0: Servo Off 時馬達使用靜止電流 1: Servo Off 時馬達無電流						
0x3006	--	Axes Motor PPR 馬達一圈的解析度					
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N 4
	01h	Axis0 Motor PPR	200 - 51200	U16	rw	Y	N 0xC800
	02h	Axis1 Motor PPR	200 - 51200	U16	rw	Y	N 0xC800

	03h	Axis2 Motor PPR	200 - 51200	U16	rw	Y	N	0xC800
	04h	Axis3 Motor PPR	200 - 51200	U16	rw	Y	N	0xC800
	200(全歩) 400 800 1600 3200 6400 12800 25600 51200							
0x3007	--	Axes DRVCONF						
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4
	01h	Axis0 DRVCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000EA071
	02h	Axis1 DRVCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000EA071
	03h	Axis2 DRVCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000EA071
	04h	Axis3 DRVCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000EA071
0x3008	--	Axes CHOPCONF						
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4
	01h	Axis0 CHOPCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x00088475
	02h	Axis1 CHOPCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x00088475
	03h	Axis2 CHOPCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x00088475
	04h	Axis3 CHOPCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x00088475

0x3009	--	Axes SMARTEN						
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4
	01h	Axis0 SMARTEN	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000A0000
	02h	Axis1 SMARTEN	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000A0000
	03h	Axis2 SMARTEN	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000A0000
	04h	Axis3 SMARTEN	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000A0000
0x300A	--	Axes SGCSCONF						
	00h	Highest sub-index supported	4	U16	ro	N	N	4
	01h	Axis0 SGCSCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000C1508
	02h	Axis1 SGCSCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000C1508
	03h	Axis2 SGCSCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000C1508
	04h	Axis3 SGCSCONF	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0x000C1508
0x4000	00h	Station Alias	0 - 1	U8	rw	Y	N	00h
		0: 上電時 ESC 寄存器的 0012h 讀取 旋鈕值 1: 上電時 ESC 寄存器的 0012h 讀取 SII 的 0004h(Configured Station Alias)						
0x4001	00h	ID selector	0 - 255	U16	ro	N	N	0
0x4002	00h	Moving Average	0 - 10	U8	rw	N	N	5
		CSP 位置命令移動平均濾波器，在插補模式下有效，單位:ms						
0x4003	00h	Motion Mode	0 - 1	U8	rw	N	N	0
		0: 插補模式 1: 高速模式(適用於高速、短距離的命令，命令執行時間需低於 500ms)						
0x5000	--	Store parameters						
	00h	Number of entries		U8	rw	N	N	3

	01h	Save all Parameters	0 - 4294967295	U32	rw	N	N	00000000h
	02h	Load Factory	0 - 1	U32	rw	Y	N	00000001h
	03h	Save counter	0 - 4294967295	U32	ro	Y	N	00000000h
若要將啟用 EEPROM，請將 Load Factory 設為 0，並將 Save all Parameters 由 0 設為 1，將參數存檔，若存檔失敗，EEPROM Error(0x5001:01)為 1，請重新將 Save all Parameters 由 0 設為 1，若存檔成功 Save counter + 1 若要恢復為預設值，請將 Load Factory 設為 1，並將 Save all Parameters 由 0 設為 1，將參數存檔，若存檔失敗，EEPROM Error 為 1 若存檔成功 Save counter + 1 重新上電後所有參數將恢復為預設值								
0x5001	--	Store Status						
	00h	Number of entries		U8	rw	N	N	2
	01h	EEPROM Error	0 - 1	U32	ro	N	N	00000000h
	02h	Load EEPROM	0 - 1	U32	rw	Y	N	00000000h
若上電後 EEPROM Error 為 1，代表讀取 EEPROM 失敗，請將 Load EEPROM 由 0 設為 1，若成功，EEPROM Error 為 0，若 EEPROM Error 還是為 1，代表上次存檔時發生問題，但未處理，請重新存檔								

6 驅動 Profile 區域(6000h ~ 6FFFh)

6.1 對象一覽

0x6000~0x67FF 為第一軸的 Object

0x6800~0x6FFF 為第二軸的 Object

0x7000~0x77FF 為第三軸的 Object

0x7800~0x7FFF 為第四軸的 Object

Object Index + 0x800 * (n-1)就是第 n 軸的 Object

例:

0x603F 為第一軸的 Object

0x683F 為第二軸的 Object

0x703F 為第三軸的 Object

0x783F 為第四軸的 Object

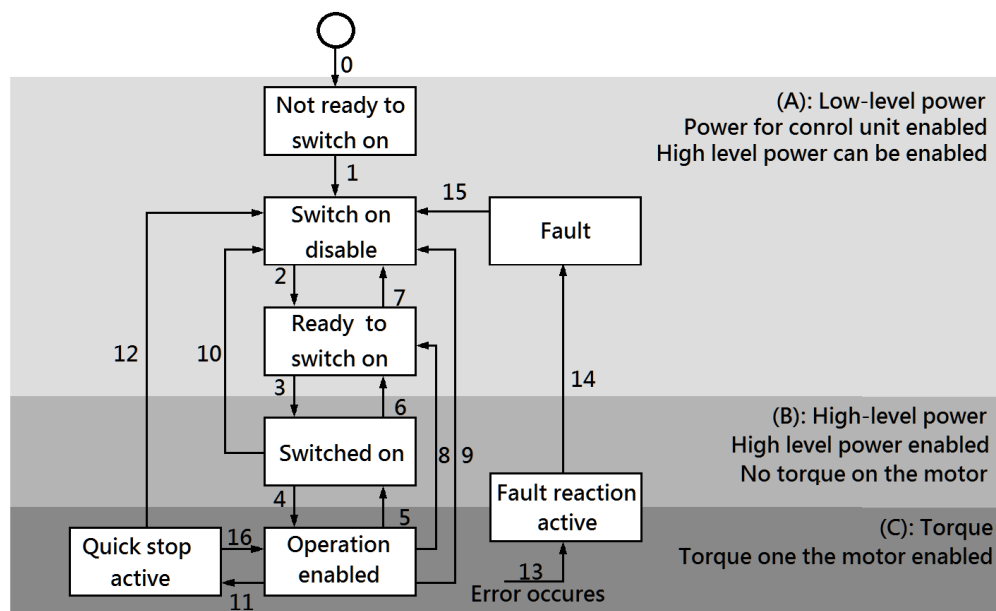
Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
0x603F	00h	ErrorCode	0 - 65535	U16	ro	N	Y	0000h
0x6040	00h	Controlword	0 - 65535	U16	rw	N	Y	0000h
0x6041	00h	Statusword	0 - 65535	U16	ro	N	Y	0000h
0x605A	00h	Quick Stop Option Code	1 - 3 5 - 7	U16	rw	Y	N	0002h
0x605B	00h	Shutdown Option Code	1	U16	rw	Y	N	0001h
0x605C	00h	Disable Operation Option Code	1	U16	rw	Y	N	0001h
0x605D	00h	Halt Option Code	1 - 3	U16	rw	Y	N	0002h
0x605E	00h	Fault Reaction Option Code	1 - 2	U16	rw	Y	N	0002h
0x6060	00h	Modes Of Operation	-128 - 127	I8	rw	N	Y	00h
0x6061	00h	Modes Of Operation Display	-128 - 127	I8	ro	N	Y	00h
0x6064	00h	Position Actual Value	-2147483648 -	I32	ro	N	Y	00000000h

			2147483647					
0x606C	00h	Velocity Actual Value	-2147483648 - 2147483647	I32	ro	N	Y	00000000h
0x607A	00h	Target Position	-2147483648 - 2147483647	I32	ro	N	Y	00000000h
0x607C	00h	Home Offset	-2147483648 - 2147483647	I32	rw	N	N	00000000h
0x607D		Software Position Limit						
	00h	Number of entries	2	U8	ro	N	N	2
	01h	Min position limit	-2147483648 - 2147483647	I32	rw	Y	N	00000000h
	02h	Max position limit	-2147483648 - 2147483647	I32	rw	Y	N	00000000h
0x607E	00h	Polarity	0 ~ 224	U8	rw	Y	N	00h
0x607F	00h	Max. Profile Velocity	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	7FFFFFFFh
0x6081	00h	Profile Velocity	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0000C350h
0x6083	00h	Profile Acceleration	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0000C350h
0x6084	00h	Profile Deceleration	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0000C350h
0x6085	00h	Quick Stop Deceleration	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0007A120h
0x6098	00h	Homing method	-128 ~ 127	I8	rw	Y	N	00h
0x6099		Homing Speeds					N	
	00h	Number of entries	2	U16	ro	N	N	2
	01h	Speed during search for switch	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0000C350h
	02h	Speed during	0 -	U32	rw	Y	N	000007D0h

		search for zero	4294967295					
0x609A	00h	Homing acceleration	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	0000C350h
0x60C5	00h	Max Acceleration	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	7FFFFFFFh
0x60C6	00h	Max Deceleration	0 - 4294967295	U32	rw	Y	N	7FFFFFFFh
0x60FD	00h	Digital Inputs	0 - 4294967295	U32	ro	N	Y	00000000h
0x60FF	00h	Target Velocity	-2147483648 - 2147483647	I32	rw	N	Y	00000000h

6.2 PDS 狀態機

根據使用者命令或者異常檢出等，驅動器的 PDS 狀態機轉換如下圖定義



狀態轉換		處理事件	執行動作
0	Auto skip 0	控制電源投入後自動轉移	驅動器自我診斷及初始化
1	Auto skip 1	初始化完成後自動轉移	通訊致能
2	Shutdown	接收 Shutdown 命令	-
3	Switch on	接收 Switch on 命令	-
4	Enable operation	接收 Enable operation 命令	驅動功能有效化
5	Disable operation	接收 Disable operation 命令	驅動功能無效
6	Shutdown	接收 Shutdown 命令	-
7	Disable voltage	接收 Disable voltage 命令 接收 Quick stop 命令	-
8	Shutdown	接收 Shutdown 命令	驅動功能無效
9	Disable voltage	接收 Disable voltage 命令	驅動功能無效
10	Disable voltage	接收 Disable voltage 命令 接收 Quick stop 命令	-
11	Quick stop	接收 Quick stop 命令	開始執行 Quick stop 功能
12	Disable voltage	Quick stop 選擇代碼是 1,2,3 的設定值時，且 Quick stop 動作完成的情況 Quick stop 選擇代碼是 5,6,7 的設定值時，且 Quick stop	驅動功能無效

		動作完成後，接收 Disable voltage 的情況	
13	Error occurs	異常檢出	開始執行 Fault reaction 功能
14	Auto skip2	異常檢出減速處理完成後，自動轉移	驅動功能無效
15	Fault reset	異常排除後，接收 Fault reset 指令	執行 Fault 狀態的復位
16	Enable operation	Quick stop 選擇代碼是 5,6,7 的設定值時，接收 Enable operation 命令	驅動功能有效化

6.3 Controlword(6040h)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO
6040h	00h	controlword 控制驅動運行狀態	0-65535	U16	rw	N	Y

Bit	15 ~ 10	9	8	7	6 ~ 4	3	2	1	0
	r	oms	h	fr	oms	eo	qs	ev	so
r = reserve oms = operation mode specific (根據控制模式而有不同定義) fr = fault reset h = halt					eo = Enable operation qs = quick stop ev = enable voltage so = switch on				

Bit7, 3 ~ 0(fault reset / Enable operation / quick stop / enable voltage / switch on):

表示 PDS 狀態機的命令

Command	bits of the controlword					PDS 狀態
	bit 7	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	
	fault reset	enable operation	quick stop	enable voltage	switch on	
Shutdown	0	-	1	1	0	2, 6, 8
Switch on	0	0	1	1	1	3
Switch on + Enable operation	0	1	1	1	1	3+4
Enable operation	0	1	1	1	1	4, 16
Disable voltage	0	-	-	0	-	7, 9, 10, 12
Quick stop	0	-	0	1	-	7, 10, 11
Disable operation	0	0	1	1	1	5
Fault reset	rising edge	-	-	-	-	15

Note: quick stop 指令的 bit 邏輯在 0 下有效，請注意與其他 bit 邏輯不同

以下表示各控制模式(modes of Operation)下 oms bit 的定義

-: reserve

Op-mode	bit 9	bit 6	bit 5	bit 4
csp	-	-	-	-
csv	-	-	-	-
hm	-	-	-	start homing
pp		absolute/ relative	change set immediately	new set-point

6.4 Statusword(6041h)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
6041h	00h	Statusword 表示驅動器運行狀態	0-65535	U16	ro	N	Y	0

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	r		oms		ila	oms	rm	r	w	sod	qs	ve	f	oe	so	rtso
r = reserve oms = operation mode specific (根據控制模式而有不同定義) ila = internal limit active rm = remote w = warning sod = switch on disabled qs = quick stop ve = voltage enabled f = fault oe = operation enabled so = switched on rtso = ready to switch on																

Bit 6, 5, 3 – 0 (switch on disabled/ quick stop/ fault/ operation enabled/ switched on/ ready to switch on) 根據此 Bits 可以確認 PDS 狀態

Statusword	PDS State
xxxx xxxx x0xx 0000 b	Not ready to switch on 初始化未完成
xxxx xxxx x1xx 0000 b	Switch on disabled 初始化完成
xxxx xxxx x01x 0001 b	Ready to switch on 主回路電源 Off
xxxx xxxx x01x 0011 b	Switched on 驅動功能關閉/準備
xxxx xxxx 0x1x 0111 b	Operation enabled 驅動功能開啟
xxxx xxxx x00x 0111 b	Quick stop active 即停止
xxxx xxxx x0xx 1111 b	Fault reaction active 異常(警報)處理
xxxx xxxx x0xx 1000 b	Fault 異常(警報)狀態

Bit 5(quick stop):

0 的情況下，表示 PDS 接收 quick stop 要求

quick stop 的 bit 邏輯是在 0 有效，與其他 bit 不同

Bit 7(warning):

1 的情況下，表示警告正在發生，PDS 狀態不變，電機繼續動作

Bit 13, 12, and 10(operation mode specific):

以下表示各控制模式(modes of Operation)下 oms bit 的定義

Op-mode	bit 13	bit 12	bit 10
csp	-	drive follows command value	-
csv	-	drive follows command value	-
hm	homing error	homing attained	target reached
pp	-	set-point acknowledge	target reached

6.5 控制模式設定

6.5.1 Supported drive modes(6502h)

此驅動器可以根據 6502h 確認支持的 control 模式(Modes of operation)。

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
6502h	00h	Supported drive modes 表示支持的 control 模式	0-4294967295	U32	ro	N	N	0x1A1

bit	Modes of operation		
0	Profile position mode (Profile 位置 control 模式)	pp	Yes
1	Velocity mode (速度 control 模式)	vl	No
2	Profile velocity mode (Profile 速度 control 模式)	pv	No
3	Torque profile mode (Profile 轉矩 control 模式)	tq	No
5	Homing mode (原點復位位置 control 模式)	hm	Yes
6	Interpolated position mode (插補位置 control 模式)	ip	No
7	Cyclic synchronous position mode (Cyclic 位置 control 模式)	csp	Yes
8	Cyclic synchronous velocity mode (Cyclic 速度 control 模式)	csv	Yes
9	Cyclic synchronous torque mode (Cyclic 轉矩 control 模式)	cst	No

6.5.2 Modes of operation (6060h)

控制模式通過 6060h(Modes of operation)進行。

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
6060h	00h	Modes of operation 設定控制模式	-128 - 127	I8	rw	N	Y	0x00

Value	Modes of operation	
1	Profile position mode (Profile 位置控制模式)	pp
6	Homing mode (原點復位位置控制模式)	hm
8	Cyclic synchronous position mode (Cyclic 位置控制模式)	csp
9	Cyclic synchronous velocity mode (Cyclic 速度控制模式)	csv

- 因為 6060h(Modes of operation)是 default=0(No mode change/no mode assigned) ,
PDS 狀態遷移到 Operation enabled 之前請一定要設定使用的控制模式值。

6.5.3 Modes of operation display (6061h)

驅動器內部的控制模式根據 6061h(Modes of operation display)進行。

6060h(Modes of operation)設定後，請確認此對象數值是否與 6060h(Modes of operation)相同。

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
6061h	00h	Modes of operation 當前控制模式	-128 - 127	I8	ro	N	Y	0x00

Value	Modes of operation	
1	Profile position mode (Profile 位置控制模式)	pp
6	Homing mode (原點復位位置控制模式)	hm
8	Cyclic synchronous position mode (Cyclic 位置控制模式)	csp
9	Cyclic synchronous velocity mode (Cyclic 速度控制模式)	csv

6.5.4 控制模式切換注意事項

- 通過變更 6060h(Modes of operation)的值，可以切換控制模式。
- 現在的伺服驅動器的控制模式請通過 6061h(Modes of operation display)確認。
- 從控制模式變更時到切換完成需要花費約 2 ms。
- 請務必在電機停止中執行控制模式的切換。
- 無法保證電機動作中(包含原點復位動作中、減速停止中)控制模式切換時的動作。

6.6 位置控制模式

6.6.1 軟體限位功能(Software position limit:607Dh)

Index	sub-index	Name	Range	Data Type	Access	EEPROM	PDO	default
0x607D		Software Position Limit						
	00h	Number of entries	2	U8	ro	N	N	2
	01h	Min position limit	-2147483648 - 2147483647	I32	rw	Y	N	00000000h
	02h	Max position limit	-2147483648 - 2147483647	I32	rw	Y	N	00000000h

以下情況為軟體限位功能無效化

607Dh-01h $\geq$ 607Dh-02h

例) 607Dh-01h = 0

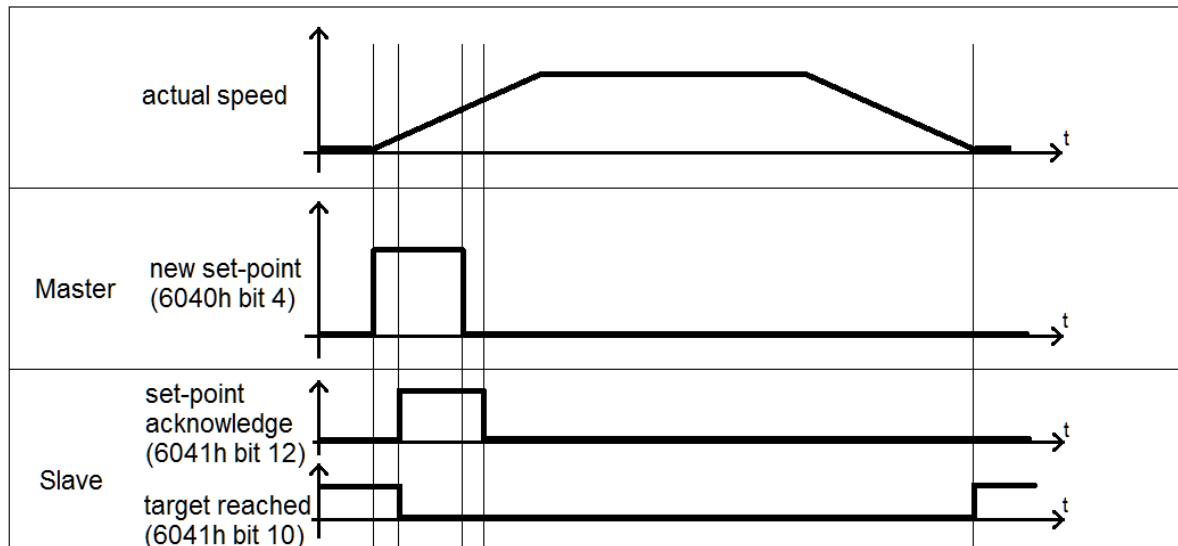
607Dh-02h = 0

6.6.2 Profile 位置控制模式(Profile Position Mode/ pp mode)

在此模式下，指定目標位置、目標速度、加減速度等，驅動器會依照運動參數內部生成指令後驅動馬達進行移動。

操作步驟

1. 設定操作模式(Mode of operation:6060h)為 Profile 位置模式(pp mode) 數值 = 0x01，並確認(Mode of operations Display:6061h) = 0x01。
2. 將物件(Controlword:6040h) 由數值 0x06 → 0x07 → 0x0F，使控制系統為 Servo On 狀態。
3. 變更目標位置(Target Position: 607Ah)。
4. 變更目標速度(Profile velocity: 6081h)，此物件被(Max profile velocity: 607Fh)的設定值所限制。
5. 變更加速度(Profile acceleration: 6083h)，此物件被 (Max acceleration: 60C5h)的設定值所限制。
6. 變更減速度(Profile deceleration: 6084h)，此物件被(Max deceleration: 60C6h)的設定值所限制。
7. 設定 6040h 的 bit4(new set-point)由 0 變更為 1，電機開始動作。
8. 確認 6041h 的 bit12(set-point acknowledge)由 0 到 1。
9. 確認 6041h 的 bit10(target reached)為 1，定位完成。



Control word: 6040h (pp 模式下)

Bit	15 ~ 10	9	8	7	6 ~ 4	3	2	1	0
	r	r	h	fr	oms	eo	qs	ev	so
r = reserve fr = fault reset h = halt					eo = Enable operation qs = quick stop ev = enable voltage so = switch on				

bit	Name	Value	Definition
4	new set-point	0 -> 1	開始動作
5	change set immediately	0	現在的定位動作完成後，開始下一定位動作
		1	中斷現在的定位動作，立刻開始下一定位動作
6	absolute/ relative	0	(Target position: 607A)作為絕對位置處理
		1	(Target position: 607A)作為相對位置處理

根據 bit5、bit4 的組合動作的區別如下

bit 5	bit 4	Definition
change set immediately	new set-point	
0	0 -> 1	下一定位動作是在現在的定位動作完成後執行
1	0 -> 1	下一定位動作馬上執行

Status word: 6041h (pp 模式下)

Bit	15~13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	r	set-point acknowledge	ila	target reached	rm	r	w	sod	qs	ve	f	oe	so	rtso

r = reserve ila = internal limit active rm = remote	w = warning sod = switch on disabled qs = quick stop ve = voltage enabled f = fault oe = operation enabled so = switched on rtso = ready to switch on
---	--

bit	Name	Value	Definition
10	target reached	0	命令未完成
		1	當 halt= 0: 定位完成 當 halt= 1: 軸停止(速度為 0)
12	set-point acknowledge	0	new-setpoint 為 0，並且緩衝區是空的狀態
		1	new-setpoint 為 1，或者緩衝區不是空的狀態

6.6.3 週期同步位置控制模式(Cyclic Synchronous Position Mode/ csp mode)

在此模式下，主站需要在每個 EtherCAT 通訊周期時間規畫路徑並將目標位置(0x607A)發送到驅動器，驅動器會依照目標位置(0x607A)進行移動。

操作步驟

1. 讀取當前位置物件(Position Actual Value:6064h)並對寫入目標位置物件(Target position:607Ah)。
2. 設定操作模式，物件(Mode of operation:6060h)為週期同步位置模式(csp mode) 數值 = 0x08，並確認物件(Mode of operations Display:6061h) = 0x08。
3. 將物件(Controlword:6040h) 由數值 0x06 → 0x07 → 0x0F，使控制系統為 Servo On 狀態，驅動器開始依照目標位置(0x607A)進行移動。

Control word: 6040h (在 CSP 模式下)

Bit	15 ~ 10	9	8	7	6 ~ 4	3	2	1	0
	r	r	h	fr	r	eo	qs	ev	so
r = reserve fr = fault reset h = halt					eo = Enable operation qs = quick stop ev = enable voltage so = switch on				

Status word: 6041h (在 CSP 模式下)

Bit	15~13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	r	driver follows command value	ila	r	rm	r	w	sod	qs	ve	f	oe	so	rtso
r = reserve ila = internal limit active rm = remote					w = warning sod = switch on disabled qs = quick stop ve = voltage enabled f = fault oe = operation enabled so = switched on rtso = ready to switch on									

bit	Name	Value	Definition
12	driver follows command value	0	根據位置目標不執行動作
		1	根據位置目標執行動作

6.6.4 原點復歸模式(Homing Mode/ hm mode)

指定動作速度、加速度與原點復歸模式，驅動器內部生成位置指令並執行原點復位

操作步驟

1. 設定操作模式，物件(Mode of operation: 6060h)為原點復歸模式(hm mode) 數值 = 0x06，並確認物件(Mode of operations Display: 6061h) = 0x06
2. 設定(Home offset: 607Ch)，設定原點位置，預設為 0
3. 設定(Homing method: 6098h)，設定原點復歸模式
4. 設定(Homing speeds: 6099h Sub-1)，設定搜尋開關訊號速度
5. 設定(Homing speeds: 6099h Sub-2)，設定搜尋 0 點速度
6. 設定(Homing acceleration: 609Ah)，設定加速度
7. 將物件(Controlword: 6040h) 由數值 0x06 → 0x07 → 0x0F，使控制系統為 Servo On 狀態
8. 設定物件(Controlword: 6040h)為 0x1F，開始原點復歸

Control word: 6040h (在 hm 模式下)

Bit	15 ~ 10	9	8	7	6 ~ 5	4	3	2	1	0
	r	r	h	fr	r	start homing	eo	qs	ev	so
r = reserve fr = fault reset h = halt					eo = Enable operation qs = quick stop ev = enable voltage so = switch on					

bit	Name	Value	Definition
4	start homing	0 -> 1	開始原點復歸

Status word: 6041h (在 hm 模式下)

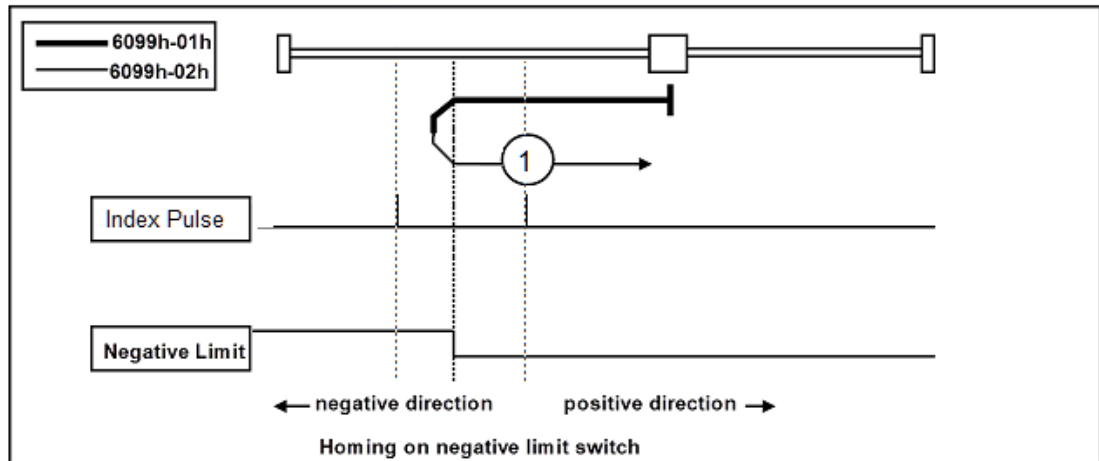
Bit	15~14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	r	homing error	homing attained	ila	target reached	rm	r	w	sod	qs	ve	f	oe	so	rtso
r = reserve ila = internal limit active rm = remote w = warning sod = switch on disabled qs = quick stop ve = voltage enabled f = fault oe = operation enabled so = switched on rtso = ready to switch on															

bit	Name	Value	Definition
10	target reached	0	動作中
		1	停止狀態
12	homing attained	0	原點復歸動作未完成
		1	原點復歸動作完成
13	homing error	0	原點復歸動作無異常
		1	原點復歸動作發生異常

bit 13	bit 12	bit 10	Definition
0	0	0	原點復歸動作中
0	0	1	原點復歸動作中斷，或者未開始
0	1	0	原點復歸動作完成，但是未達到目標位置
0	1	1	原點復歸動作正常完成
1	0	0	檢出原點復歸異常還在動作中
1	0	1	檢出原點復歸異常，停止狀態

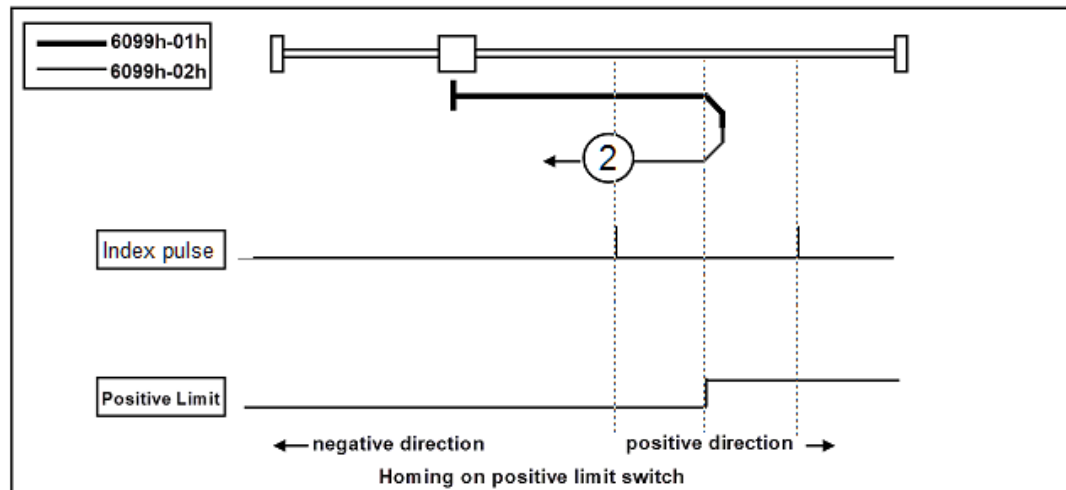
➤ Method 1

- LL 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為負方向。
- LL 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 LL 的狀態變化後在正方向側位置的最初的 Index pulse 檢出位置。



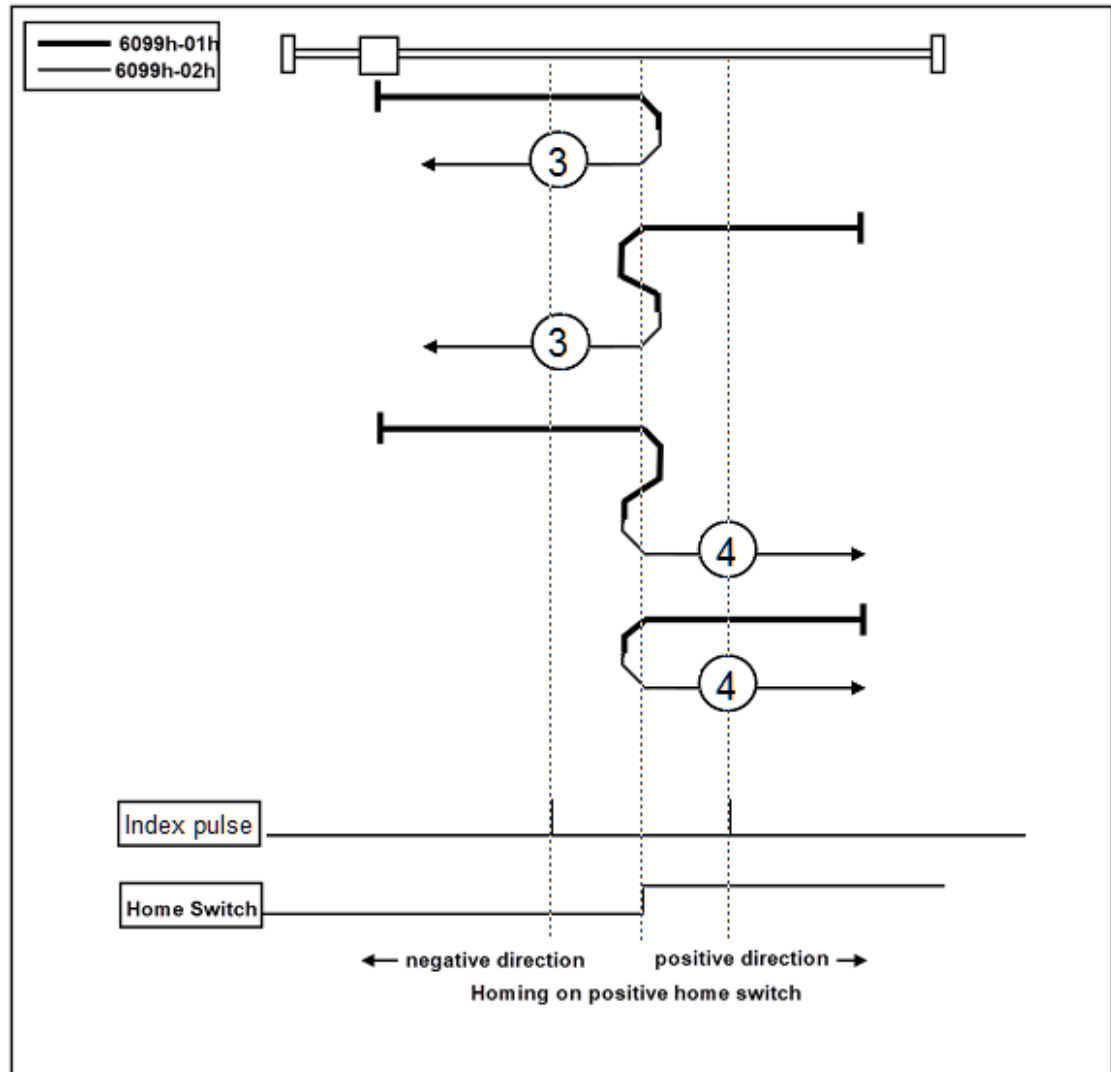
➤ Method 2

- RL 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為正方向。
- RL 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 原點檢出位置是 RL 的狀態變化後在負方向側位置的最初的 Index pulse 檢出位置。



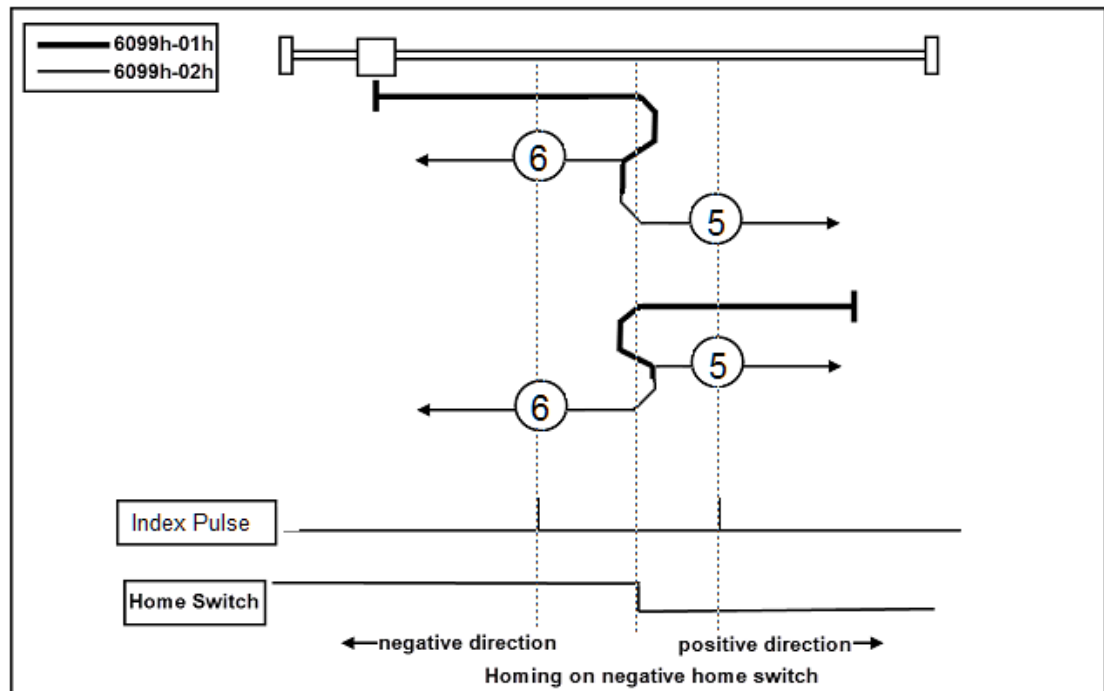
➤ Method 3、4

- Home switch 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為正方向。
- Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化後在正方向側或者負方向側的最初的 Index pulse 檢出位置。



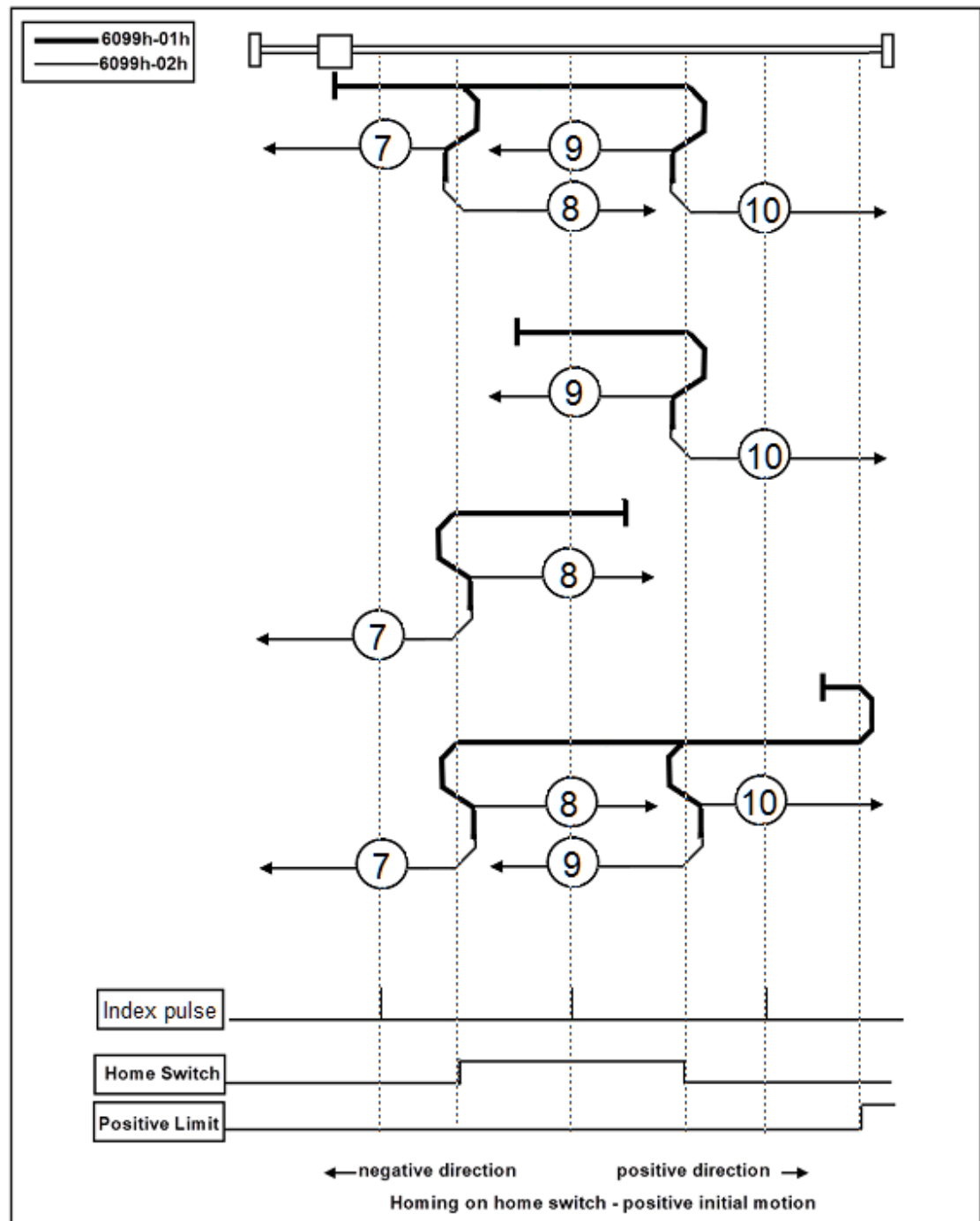
➤ Method 5、6

- Home switch 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為負方向。
- Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化後在正方向側或者負方向側的最初的 Index pulse 檢出位置。



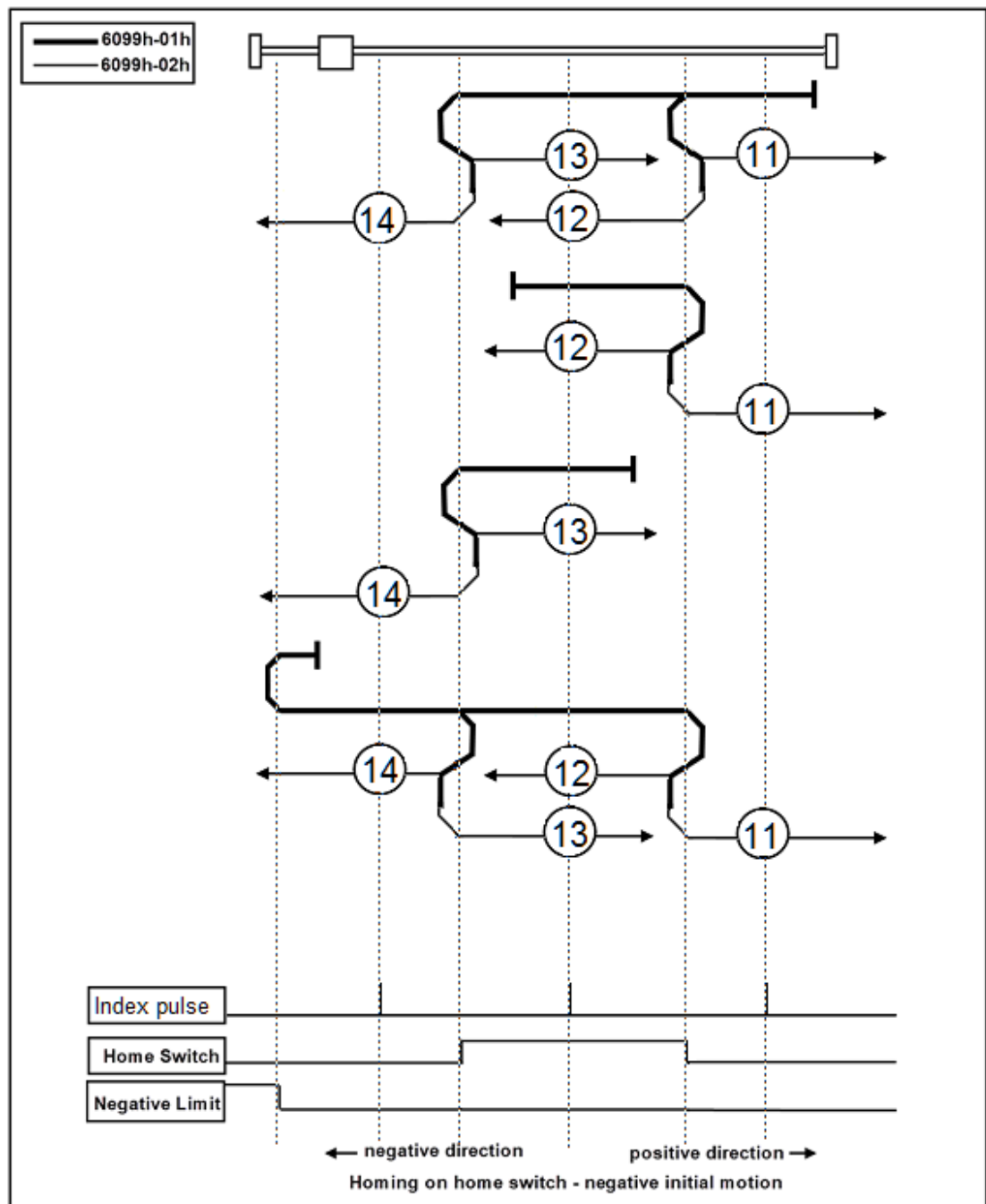
➤ Method 7、8、9、10

- 方法 7, 8 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 方法 9, 10 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化後在正方向側或者負方向側的最初的 Index pulse 檢出位置。



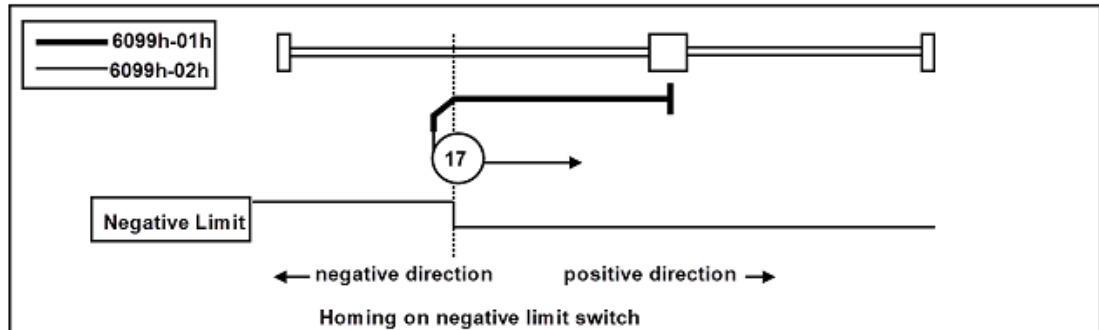
➤ Method 11、12、13、14

- 方法 13, 14 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 方法 11, 12 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化後在正方向側或者負方向側的最初的 Index pulse 檢出位置。



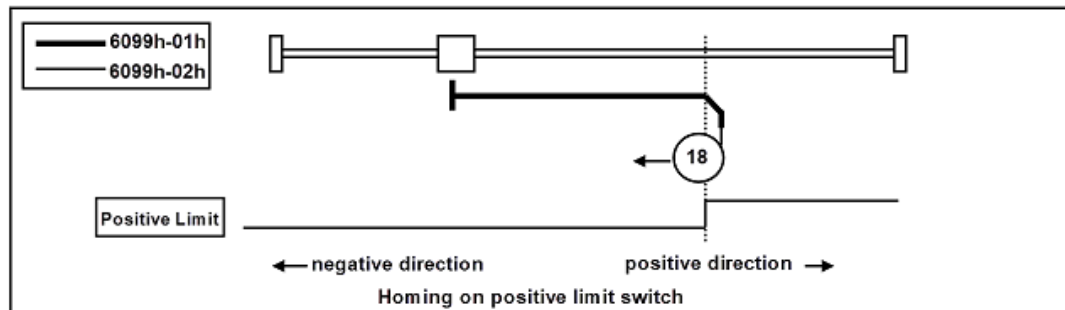
➤ Method 17

- LL 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為負方向。
- LL 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 LL 的狀態變化時的位置。



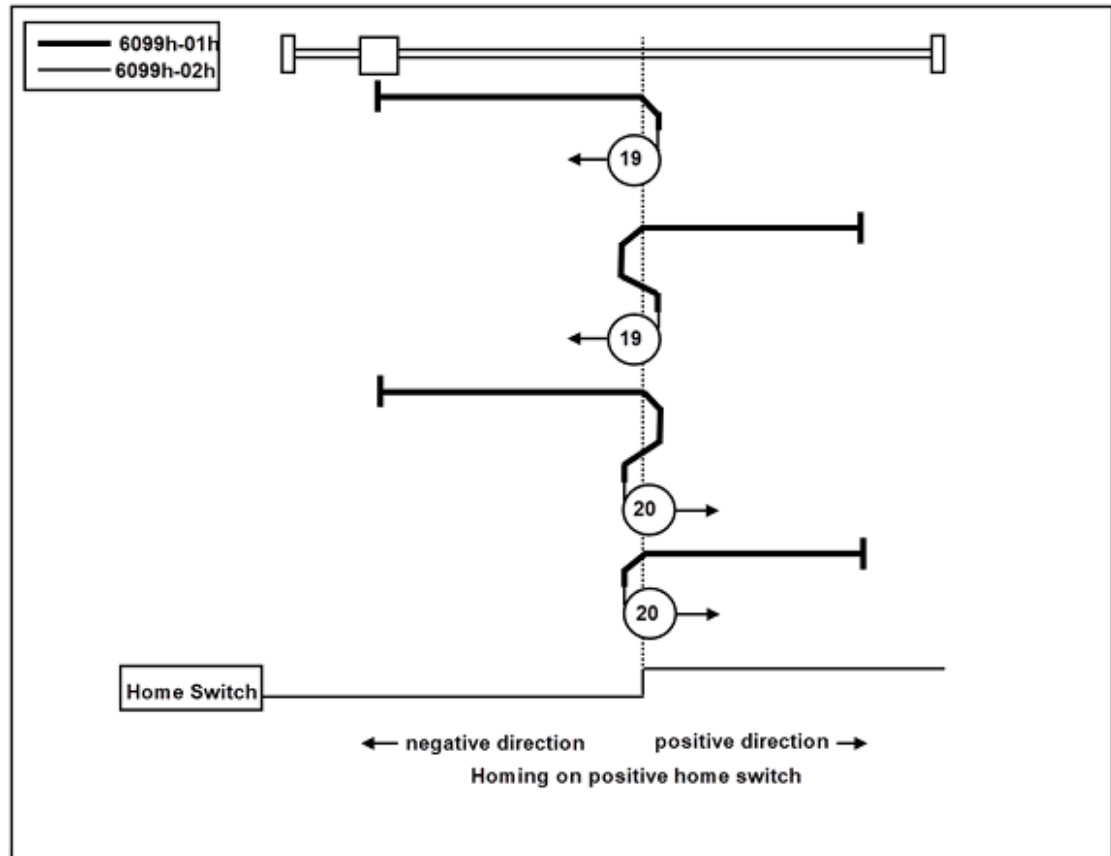
➤ Method 18

- RL 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為正方向。
- RL 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 原點檢出位置是 RL 的狀態變化時的位置。



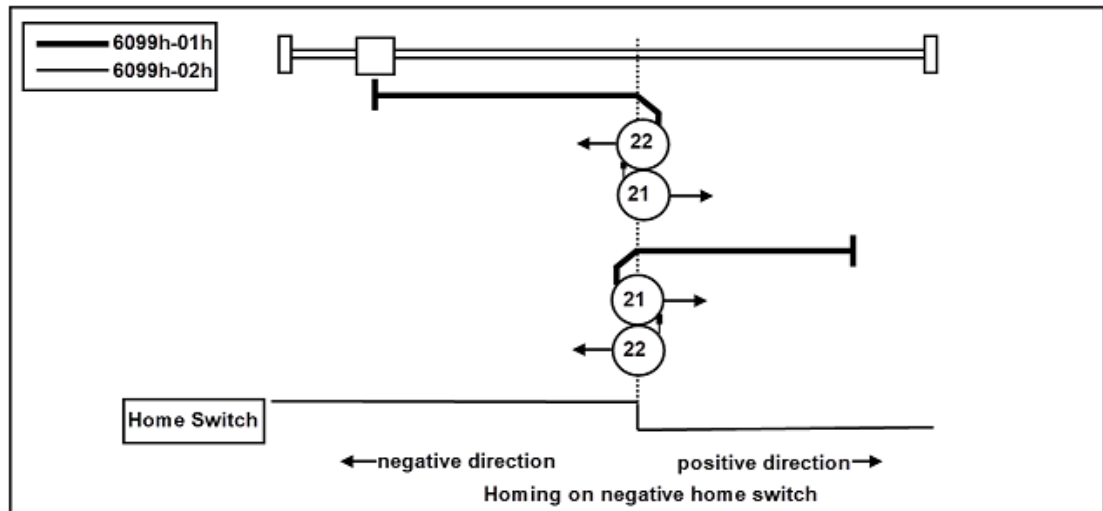
➤ Method 19、20

- Home switch 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為正方向。
- Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化時的位置。



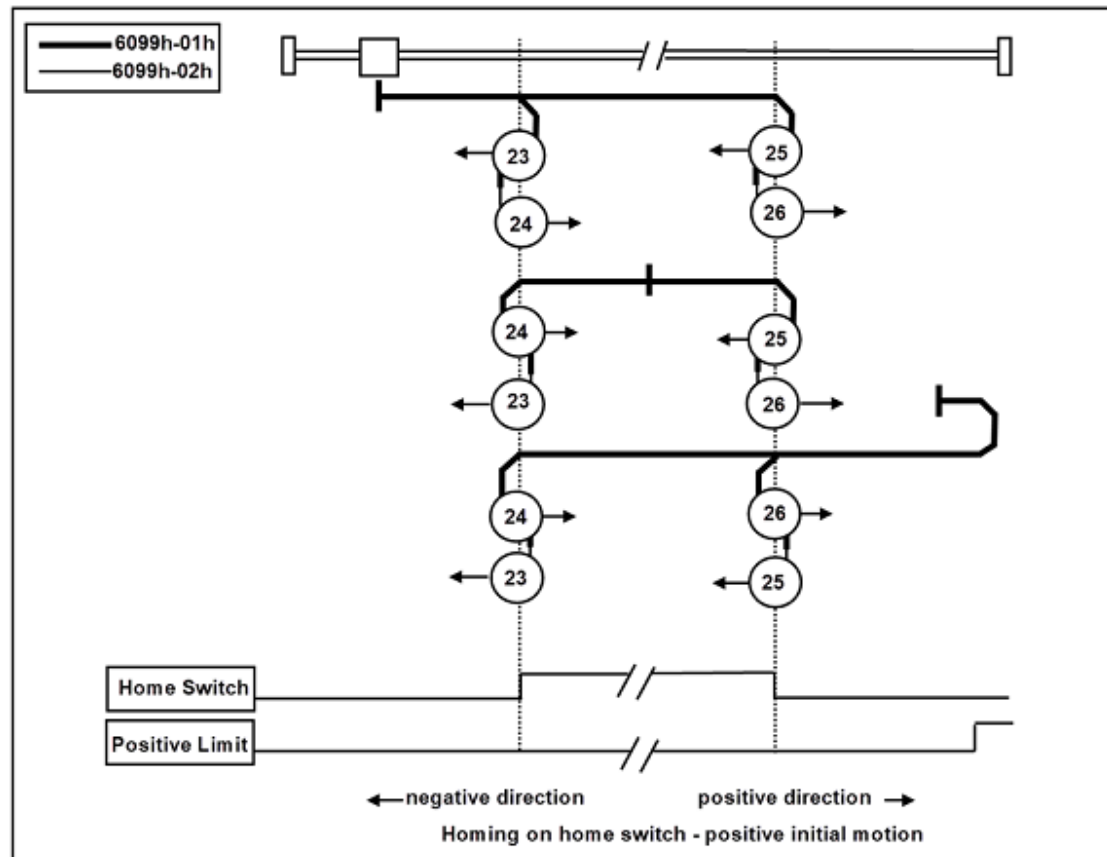
➤ Method 21、22

- Home switch 如果在動作開始時未激活，初始動作方向為負方向。
- Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化時的位置。



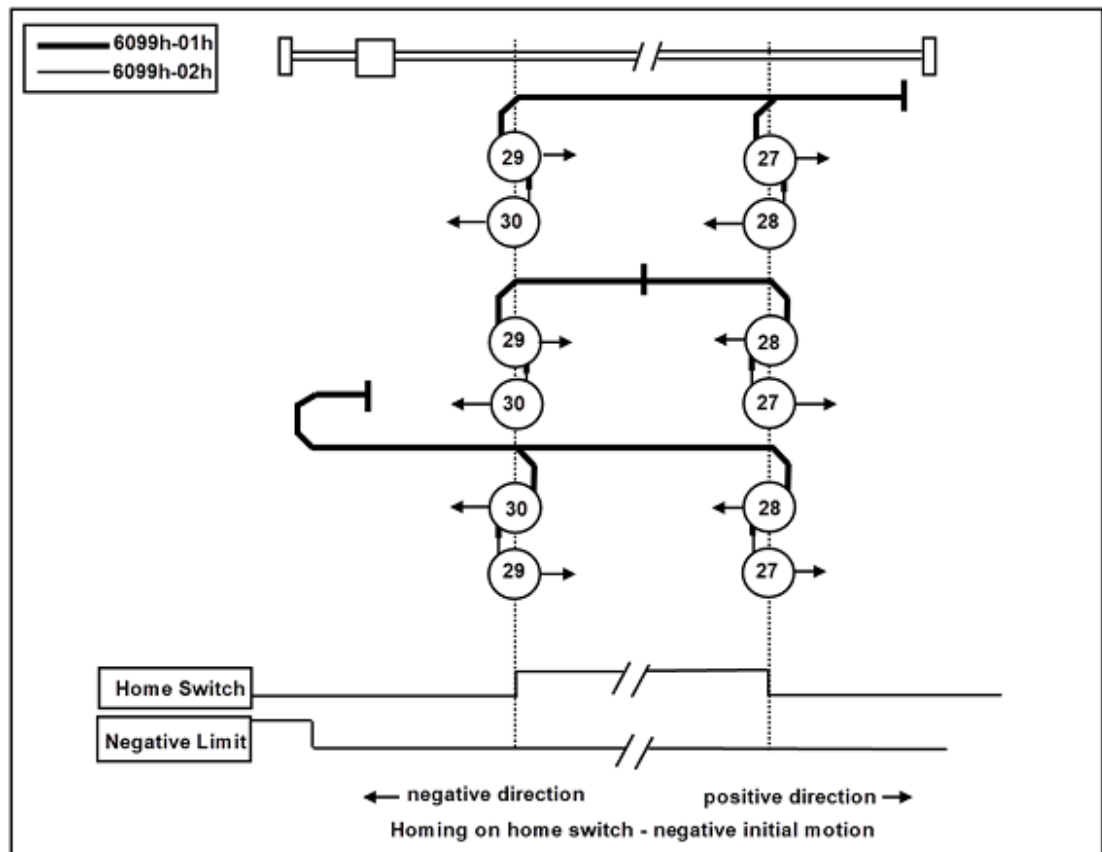
➤ Method23、24、25、26

- 方法 23, 24 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 方法 25, 26 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化時的位置。



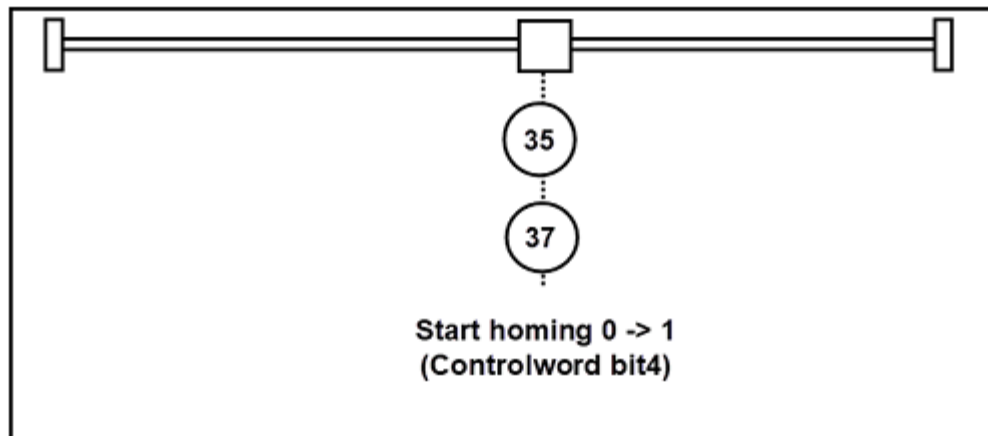
➤ Method 27、28、29、30

- 方法 29, 30 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為負方向。
- 方法 27, 28 的 Home switch 如果在動作開始時已經激活，初始動作方向為正方向。
- 原點檢出位置是 Home switch 的狀態變化時的位置。



➤ Method35、37

- 原點檢出位置是當下的位置。



6.7 速度控制模式

6.7.1 週期同步速度控制模式(Cyclic Synchronous Velocity Mode/ csv mode)

在此模式下，主站需要在每個 EtherCAT 通訊周期時間規畫路徑並將目標速度(0x60FF)發送到驅動器，驅動器會依照目標速度(0x60FF)進行移動。

操作步驟

1. 設定目標速度物件(Target velocity:60FFh)為 0。
2. 設定操作模式，物件(Mode of operation:6060h)為週期同步速度模式(csv mode) 數值 = 0x09，並確認物件(Mode of operations Display:6061h) = 0x09。
3. 將物件(Controlword:6040h) 由數值 0x06 → 0x07 → 0x0F，使控制系統為 Servo On 狀態，驅動器開始依照目標速度(0x60FF)進行移動。

Control word: 6040h (在 CSV 模式下)

Bit	15 ~ 10	9	8	7	6 ~ 4	3	2	1	0
	r	r	h	fr	r	eo	qs	ev	so
r = reserve fr = fault reset h = halt					eo = Enable operation qs = quick stop ev = enable voltage so = switch on				

Status word: 6041h (在 CSV 模式下)

Bit	15~13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	r	driver follows command value	ila	r	rm	r	w	sod	qs	ve	f	oe	so	rtso
r = reserve ila = internal limit active rm = remote					w = warning sod = switch on disabled qs = quick stop ve = voltage enabled f = fault oe = operation enabled so = switched on rtso = ready to switch on									

bit	Name	Value	Definition
12	driver follows command value	0	根據位置目標不執行動作
		1	根據位置目標執行動作

6.8 模式共通功能

6.8.1 Digital inputs

Bit	2	1	0
功能	原點開關 [HOME]	正方向極限開關 [POT/RL]	負方向極限開關 [NOT/LL]

7 警報一覽

警報	說明
0x7500	EtherCAT 通訊錯誤
0xFF03	運動中改變控制模式(6060h)
0xFF04	EEPROM 錯誤
0xFF05	過熱錯誤
0xFF06	SPI 通訊錯誤 請確認馬達供電
0xFF07	短路錯誤 請確認馬達接線