ECAT-2094S

EtherCAT
4 軸步進馬達控制器/驅動器

使用手冊

(Version 1.3.4)





承諾

鄭重承諾: 凡泓格科技股份有限公司產品從購買後，開始享有一年保固，除人為使用不當的因素除外。

責任聲明

凡使用本系列產品除產品品質所造成的損害，泓格科技股份有限公司不承擔任何的法律責任。泓格科技股份有限公司有義務提供本系列產品詳細使用資料，本使用手冊所提及的產品規格或相關資訊，泓格科技保留所有修訂之權利，本使用手冊所提及之產品規格或相關資訊有任何修改或變更時，恕不另行通知，本產品不承擔使用者非法利用資料對第三方所造成侵害構成的法律責任，未事先經由泓格科技書面允許，不得以任何形式複製、修改、轉載、傳送或出版使用手冊內容。

版權

版權所有 © 2017 泓格科技股份有限公司，保留所有權利。

商標

文件中所涉及所有公司的商標，商標名稱及產品名稱分別屬於該商標或名稱的擁有者所持有。

聯繫我們

如有任何問題歡迎聯繫我們，我們將會為您提供完善的咨詢服務。Email:
service@icpdas.com, service.icpdas@gmail.com

修訂紀錄

版本	日期	說明	Author
1.00	05.09.2018	初始版本	M.K.
1.0.1	13.05.2020	更新規格	M.K.
1.0.2	19.05.2020	修改馬達電源的連接介面說明(表格 5) 修改供貨範圍	M.K.
1.2.0	16.09.2020	• 加減速單位與類型 • 錯誤列表 • 供應商專用暫存器 • 修改馬達電壓範圍	M.K.
1.2.1	25.01.2021	• 更新 "開路集極接線圖" • 加速/減速單位: ▪ 增加 "current to target" ▪ 更新 V-T 圖形 • 更新錯誤表 • 增加"Target overrun" • 增加相對位置的動態變化範例	M.K.
1.2.2	20.07.2021	• 韌體版本 1.6 • 增加以下物件: ▪ Target overrun ▪ Initialization error	M.K
1.3.0	25.05.2022	• 硬體變更，增加下列功能: ▪ 別名旋鈕定址 ▪ 透過 FoE 更新韌體 • 韌體版本 2.0 • 增加" Station Alias"	Eric Chen
1.3.1	10.03.2023	• 修改連接介面的 PGND 標示	Eric Chen
1.3.2	08.06.2023	• 修改儲存數據到記憶體的描述	Eric Chen
1.3.3	08.04.2024	• 加入啟用 DI 功能實現緊急停止與切斷馬達動力，以取代斷 VM 做 STO 的警示說明 • 修改數位輸入 1 與數位輸入 2 的功能描述，增加緊急停止的功能 • 修改"Power on motor current"的預設值為 0	Eric Chen
1.3.4	29.10.2026	• 修正 SDO 物件的列舉數字錯誤	Eric Chen

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
1.4 外型尺寸 6
2 供貨範圍 7
3 接線 9
3.1 LED燈定義 9
3.2 旋鈕定義 11
3.3 連接介面 11
3.4 數位輸入與輸出接線 14
3.5 步進馬達接線 17
3.5.1 四線式馬達 17
3.5.2 八線式馬達 18
3.5.3 編碼器接線 19
4 基礎通訊 21
4.1 EtherCAT 佈線 21
4.2 狀態機 21
4.3 同步模式 23
4.3.1 自由運行模式 23
4.3.2 DC同步模式 24
5 專案整合 27
5.1 ESI 檔案 27
5.1.1 匯入 ESI檔案 27
5.2 安裝與設定 28
5.2.1 掃描EtherCAT裝置 28
5.2.2 EtherCAT從站進程數據設定 30
5.2.3 基本步進驅動器配置 31
5.3 更新韌體 33
6 位置控制設定 35
6.1 位置介面類型 35
6.2 Positioning Interface 35
6.2.1 加減速單位定義 44
6.2.1.1 從Vmin 到 Vmax的加速時間 45
6.2.1.2 從Vmin 到 Vtarget的加速時間 46
6.2.1.3 加速度 [128*微步/秒^2] 48
6.2.1.4 從Vcurrent 到 Vtarget的加速時間 49
6.2.2 加速度/減速度類型 50
6.2.2.1 Start-Stop Phase Type 50

6.2.2.2 Standard Acceleration/Deceleration 52
6.3 Positioning Interface Compact 52
6.4 Position Control 57
7 速度控制設定 61
8 CoE介面 64
8.1 概述 64
8.2 儲存設置數據到記憶體 65
8.3 驅動器調適 68
9 物件描述與參數化 69
9.1 標準物件 69
9.2 RxPDO Mapping Objects 70
9.3 TxPDO Mapping Objects 72
9.4 Sync Manager Objects 77
9.5 Input Data 81
9.6 Output Data 83
9.7 Configuration Data 86
9.8 Driver Tuning Functions 91
9.9 Information and Diagnostic Data 92
9.10 Configuration Parameters Storage 93
9.11 Station alias Configuration 94
10 錯誤列表 95
11 供應商特定暫存器定義 95

1 產品概述



1.1 簡介

ECAT-2094S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 6 到 46 伏特(直流)之間，馬達線圈電流最高可到 1.5 安培/相。馬達最大運轉電流、微步進解析度與其他運動參數部分則可透過軟體做調整。

ECAT-2094S 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。每個步進馬達都由獨立的驅動 IC 各別控制，此四個驅動 IC 不同步且獨立運作。此步進馬達驅動器可自動控制馬達的扭矩和位置。它整合一個斜坡產生器來自動計算加速與減速距離。控制器會將馬達驅動到目標位置或將馬達加速到目標速度。所有運動參數都可隨時在運動中做更改。最小的一組配置數據由加速度，減速度和最大運動速度組成。馬達驅動器在接收到目標位置後開始控制運動。

ECAT-2094S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。

它為每個馬達提供兩個數位輸入通道。此數位輸入可以設置為一個簡單的DI、作為左右硬體極限開關可以在觸發時自動停止馬達；或者當作鎖存觸發器，用於記錄觸發當時的馬達和編碼器位置。

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 1.5 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：6 至 46 伏特(直流)
- 4 個差動編碼器介面（A，B，Z）
- 8 個數位輸入，每軸兩個數位輸入通道：參考開關輸入，鎖存輸入
- 2 個數位輸出
- 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、SM 同步與 DC 同步運行模式
  - 支援 CoE 與 FoE
- 可拆卸的接線端子連接器
- 採用 2 個 16 位旋鈕設置別名位址(alias)

1.3 硬體規格

項目	規格
馬達輸出	
輸出數目	4 個兩相步進馬達
輸出電流	1.5A /相(峰值)
馬達電壓範圍	6 to 46 V_{DC}
電流控制器頻率	24.5 kHz
最大步進頻率	8.388 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	4 MHz
數位輸入	
數位輸入數目	8 (每一顆馬達可有 2 個極限開關)
濕接點	• ON 電壓準位: +10 to 30V_{DC} • OFF電壓準位: +5V_{DC} MAX
光電隔離	3750V DC
數位輸出	
數位輸出數目	2
輸出類型	Open collector
負載電壓	+5 to 30 V_{DC}
最大負載電流	100mA
隔離電壓	3750 V_{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, AB 相位欠電壓
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 123.5 x 37 (不包含連接器)
機匣材料	金屬
環境	
運作溫度	-25℃ ~ 40℃
保存溫度	-30℃ ~ 80℃
相對溼度	10 ~ 90%, 不結露

表格 1: 技術數據

1.4 外型尺寸

以下所使用的尺寸單位皆為毫米(mm)。

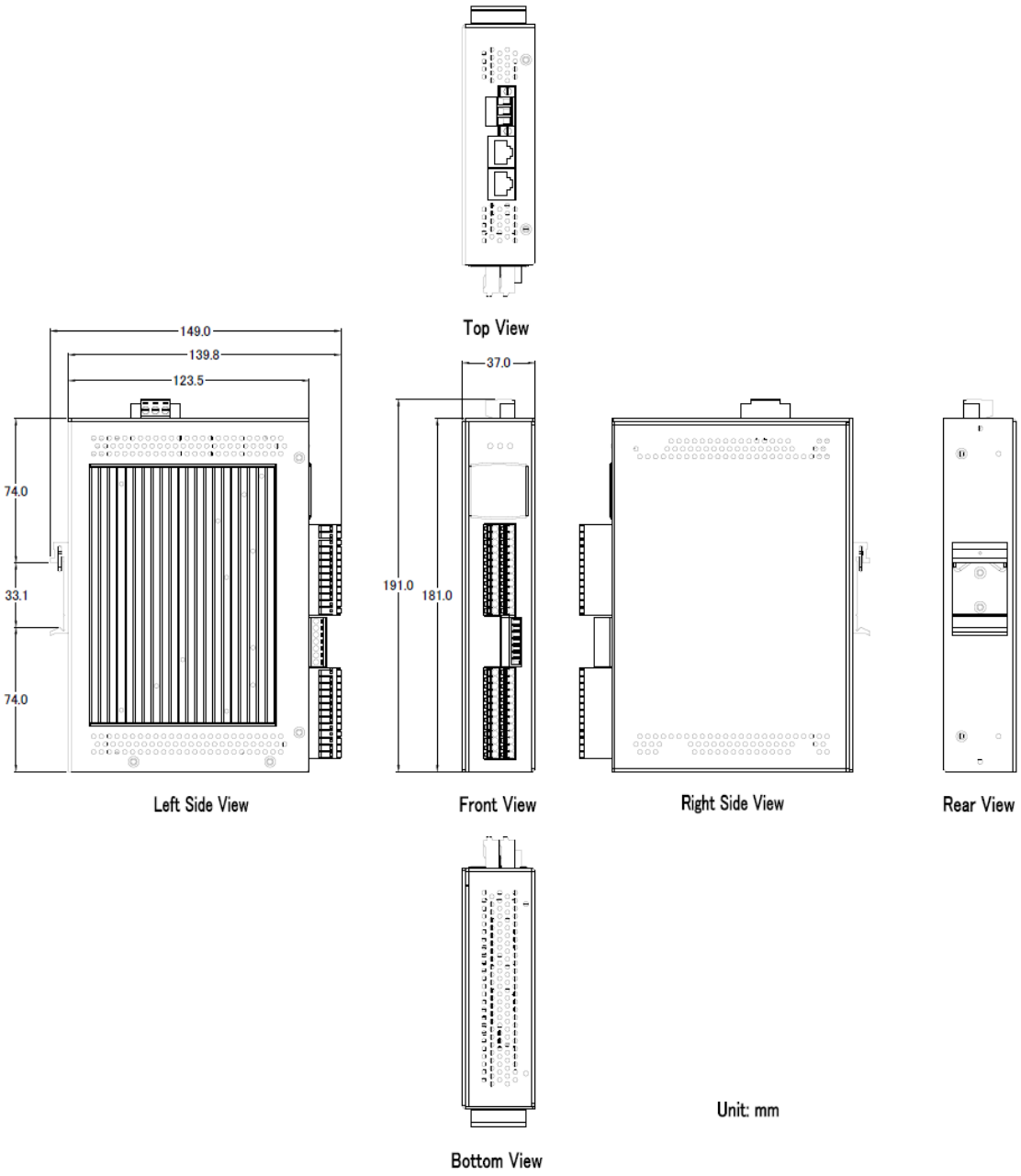


圖 1: ECAT-2094S 外殼尺寸圖

2 供貨範圍

產品包裝內應包括下列配件:

- ECAT-2094S x 1
- 壁掛架 x 2
- 13 腳位插入式連接器 x 4
- 3 腳位插入式連接器（用於供電）x 1
- 7 腳位插入式連接器（用於馬達供電）x 1
- 快速使用手冊 x 1



圖 2: ECAT-2094S 模組與快速使用手冊

注意:

如果這些物品中有任何丟失或損壞，請聯繫您當地的經銷商。 請保留原始零售包裝箱內的所有零售包裝（泡沫塑料，內盒，固定件等），以備於退貨時使用。

關於 ECAT-2094S 的更多訊息，請訪問產品網站。 在 ICPDAS 主要網站的搜索功能中輸入產品名稱，以訪問產品網站：

步驟 1: 前往 ICPDAS 主要網站
http://www.icpdas.com

步驟 2: 在搜索編輯器中輸入"ECAT-2094S"以訪問 ECAT-2094S 網站



在此網站上可下載使用手冊、快速上手手冊、EtherCAT 從站資訊檔(ESI)與 FAQ。

- 技術支援:
  service@icpdas.com

3 接線

3.1 LED 燈定義

ECAT-2094S在外殼前面提供了幾個診斷LED燈。此外，還有三個LED燈用以顯示EtherCAT網絡狀態。 每個LED燈的確切含義如下表所示：

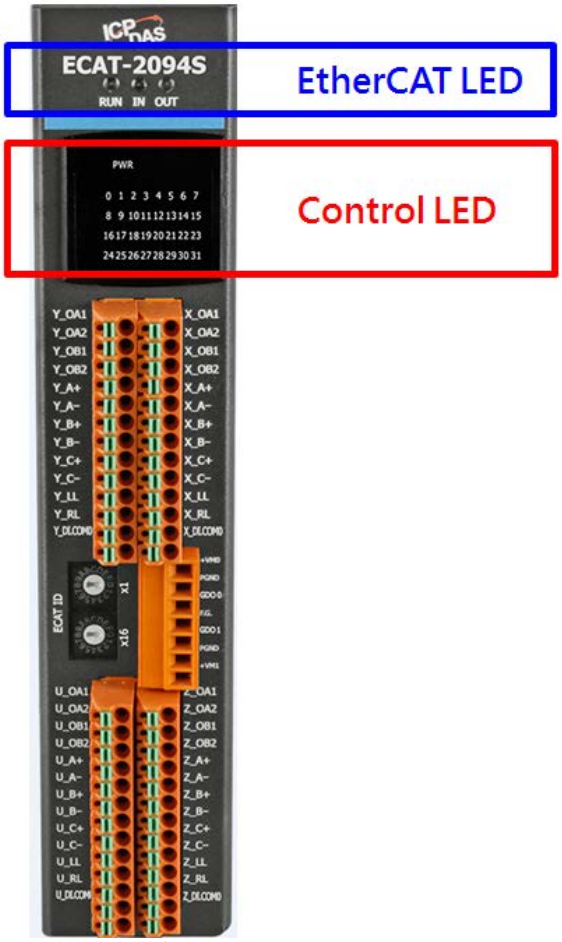


圖 3: ECAT-2094S 前視與側視圖

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

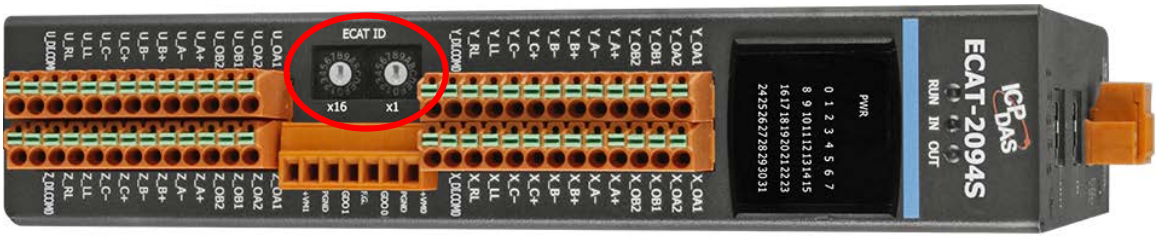
表格 2: EtherCAT 狀態指示燈

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: 數位輸入通道 1 (X_左極限) - X 軸 - LED 1: 數位輸入通道 2 (X_右極限) - X 軸 - LED 2: 數位輸入通道 1 (Y_左極限) - Y 軸 - LED 3: 數位輸入通道 2 (Y_右極限) - Y 軸 - LED 4: 數位輸入通道 1 (Z_左極限) - Z 軸 - LED 5: 數位輸入通道 2 (Z_右極限) - Z 軸 - LED 6: 數位輸入通道 1 (U_左極限) - U 軸 - LED 7: 數位輸入通道 2 (U_右極限) - U 軸
* * * * * * * * (第二行) 8 9 10 11 12 13 14 15	綠色	- LED 8: 數位輸出通道(DO 0) - X 軸 - LED 9: 數位輸出通道(DO 1) - Y 軸 - LED 10: EEPROM 存取錯誤 - LED 11: 保留 - LED 12: 驅動輸出 - X 軸 - LED 13: 驅動輸出 - Y 軸 - LED 14: 驅動輸出 - Z 軸 - LED 15: 驅動輸出 - U 軸
* * * * * * * * (第三行) 16 17 18 19 20 21 22 23		- LED 16: 運動錯誤 - X 軸 - LED 17: 運動錯誤 - Y 軸 - LED 18: 運動錯誤 - Z 軸 - LED 19: 運動錯誤 - U 軸 - LED 20: 過熱錯誤 - X 軸 - LED 21: 過熱錯誤 - Y 軸 - LED 22: 過熱錯誤 - Z 軸 - LED 23: 過熱錯誤 - U 軸
* * * * * * * * (第四行) 24 25 26 27 28 29 30 31		- LED 24: 接地短路錯誤 - X 軸 - LED 25: 接地短路錯誤 - Y 軸 - LED 26: 接地短路錯誤 - Z 軸 - LED 27: 接地短路錯誤 - U 軸 - LED 28: 過熱警告/開路負載警告- X 軸 - LED 29: 過熱警告/開路負載警告- Y 軸

		- LED 30: 過熱警告/開路負載警告- Z 軸 - LED 31: 過熱警告/開路負載警告- U 軸

表格 3: 診斷 LED 燈

3.2 旋鈕定義



別名旋鈕分為兩個，上面的旋鈕(X1)為低位，下面的旋鈕(X16)為高位，範圍為 0x00~0xFF。

3.3 連接介面

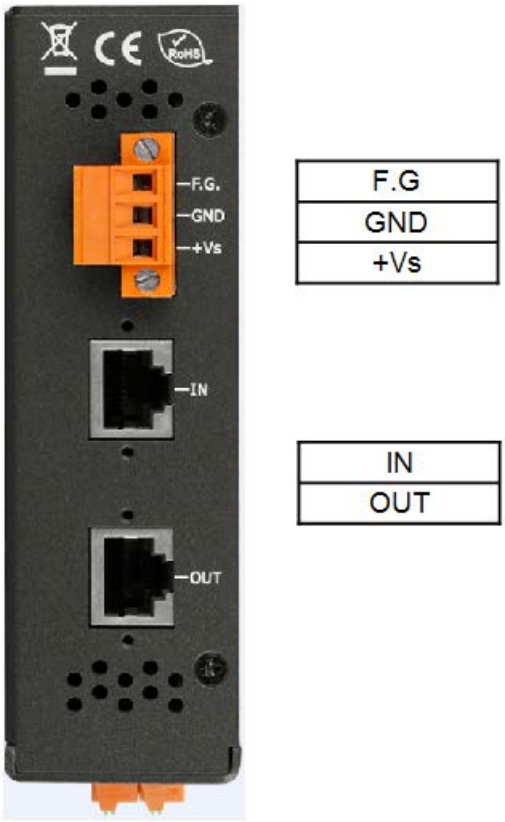


圖 4: ECAT-2094S 包含電源與 EtherCAT 介面的側視圖

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-2094S 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

表格 4: ECAT-2094S 電源與 EtherCAT 介面

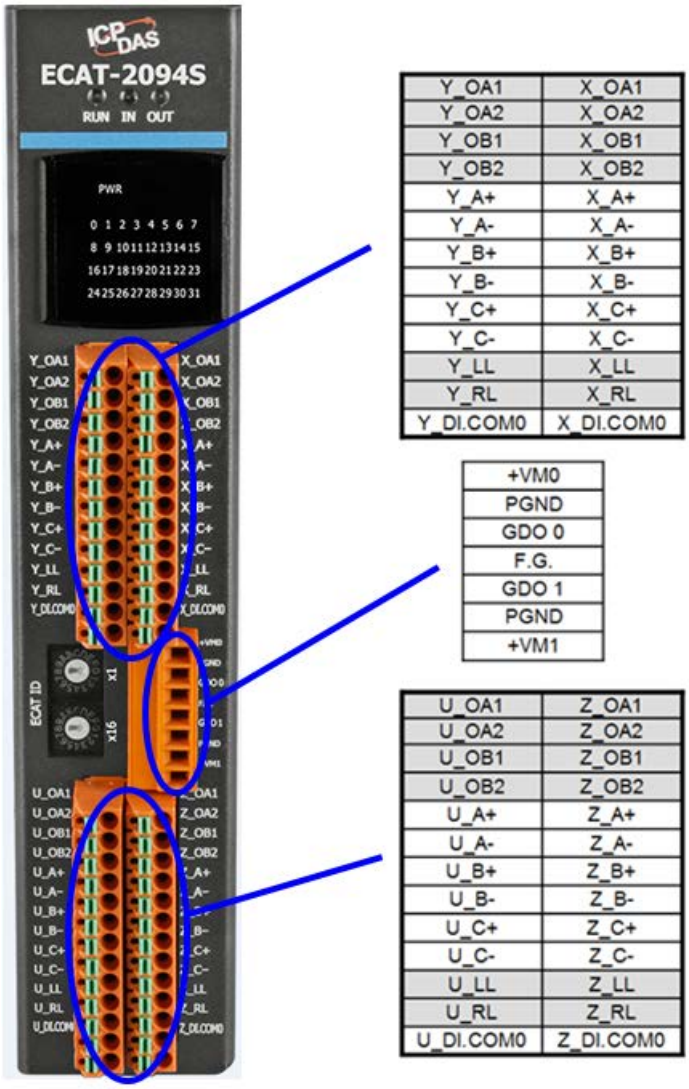


圖 5: ECAT-2094S 包含馬達與編碼器輸入輸出介面的前視圖

名稱	信號	信號說明
+VM0	+6 to 46V_{DC} (來自正電接點)	X 軸與 Y 軸馬達供電  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
PGND	Ground 0V (來自負電接點)	
GDO 0	輸出	通用數位輸出通道 0
F.G.		Frame ground (接地)
GDO 1	輸出	通用數位輸出通道 1
PGND	Ground 0V (來自負電接點)	Z 軸與 U 軸馬達供電  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
+VM1	+6 to 46V_{DC} (來自正電接點)	

表格 5: 馬達電源與通用 DO 的連接介面

注意：
由於ECAT-2094S使用了整合型晶片，其在使用中不允許關閉電源，因此不建議使用者採用斷開Vm的方式做安全停止(STO，Safe Torque off)。
ECAT-2094S提供了另一個解決方案: 使用者可啟用DI的功能(詳見 9.7 章節的 "Function for input 1" (0x8n12:32) 與"Function for input 2" (0x8n12:36) 描述)，以在DI觸發時進行緊急停止與切斷馬達的動力。

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 左極限開關	馬達 X 的 DI、極限開關或鎖存觸發器
X_RL	輸入	馬達 X 右極限開關	
X_DI.COM0		常見 DI 電源 X: +10 to +24VDC	用於 X_LL 與 X_RL
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-	
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 左極限開關	馬達 Y 的 DI、極限開關或鎖存觸發器
Y_RL	輸入	馬達 Y 右極限開關	
Y_DI.COM0		常見 DI 電源 Y: +10 to +24VDC	用於 Y_LL 與 Y_RL
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 左極限開關	馬達 Z 的 DI、極限開關或鎖存觸發器
Z_RL	輸入	馬達 Z 右極限開關	
Z_DI.COM0		常見 DI 電源 Z: +10 to +24VDC	用於 Z_LL 與 Z_RL
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 左極限開關	馬達 U 的 DI、極限開關或鎖存觸發器
U_RL	輸入	馬達 U 右極限開關	
U_DI.COM0		常見 DI 電源 U: +10 to +24VDC	用於 U_LL 與 U_RL

表格 6: 馬達電流輸出、編碼器與數位輸入的連接介面

3.4 數位輸入與輸出接線

數位輸入		
數位輸入通道		8 (每個馬達使用兩個極限開關)
輸入類型		Wet
濕接點	ON 電壓層級	+10 to 30 V_{DC}
	OFF 電壓層級	+5 V_{DC} MAX
光電隔離		3750 V_{DC}
數位輸出		
數位輸出通道		2
輸入類型		Open collector
負載電壓		+5 to 30 V_{DC}
最大負載電流		100mA
隔離電壓		3750 V_{DC}

表格 7: 數位輸入與輸出規格

X、Y、Z、U 軸的右側(RL)和左側(LL)極限開關接線圖如下所示(圖 6: 馬達 X、Y、Z、U 的 RL 與 LL 數位輸入)。
數位輸入 RL 和 LL 可以用作簡單的 DI、正負限位開關和位置鎖存觸發器。 DI 通道可以設置同時作為極限開關和位置鎖存輸入。各軸(X、Y、Z、U)皆有配置一組 RL 與 LL 數位通道。
例如: 下圖中的 RL, LL, DI.COM 符號代表著馬達 X 的 X_RL、X_LL 與 X_DI.COM。

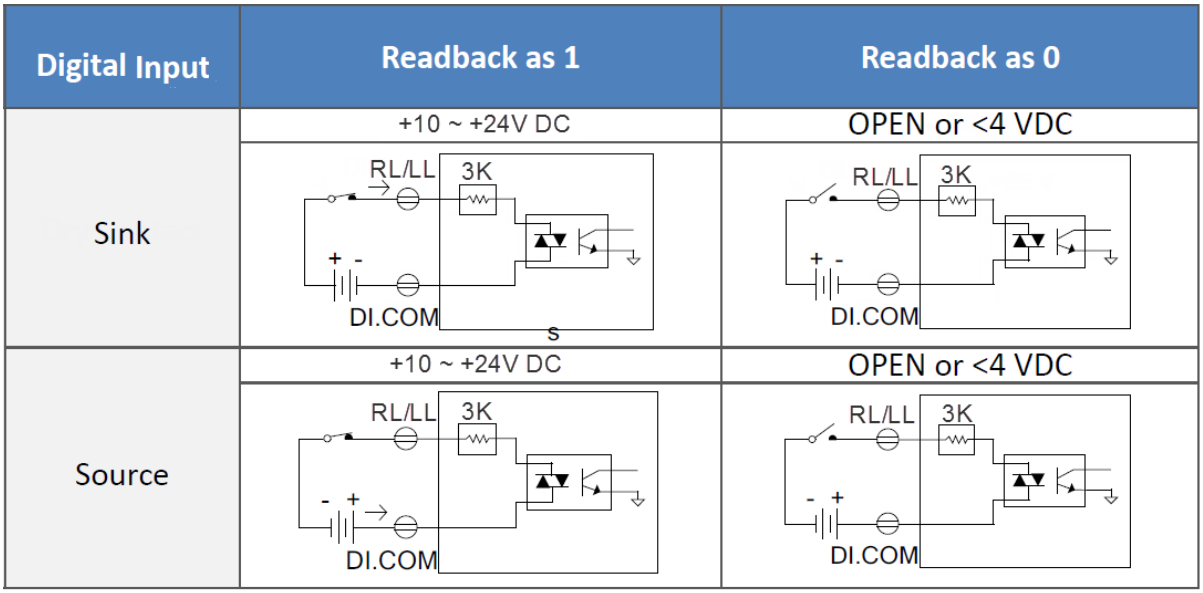


圖 6: 馬達 X、Y、Z、U 的 RL 與 LL 數位輸入

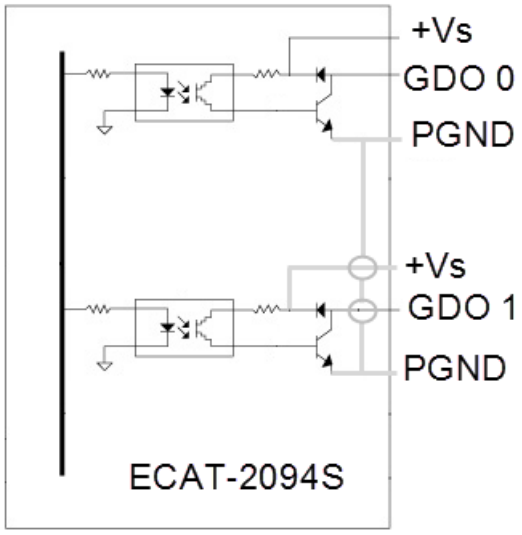


圖 7: 通用 DO 方塊圖

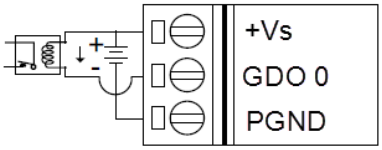
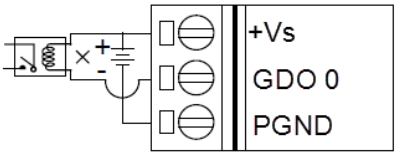
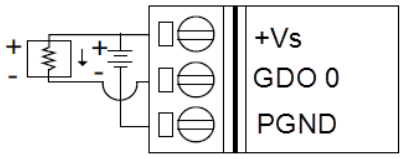
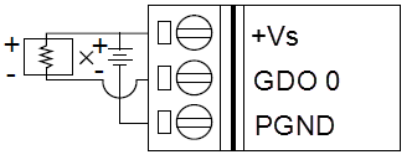
Output Type	ON State Readback as 1	OFF State Readback as 0
Driver Relay		
Resistance Load		

圖 8: 通用 DO 通道 0

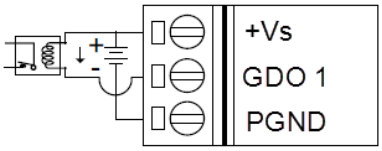
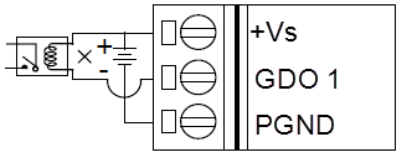
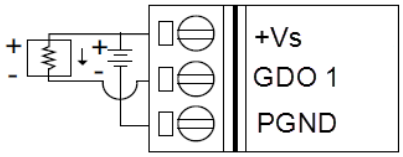
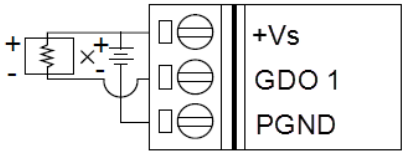
Output Type	ON State Readback as 1	OFF State Readback as 0
Driver Relay		
Resistance Load		

圖 9: 通用 DO 通道 1

3.5 步進馬達接線

3.5.1 四線式馬達

下方 圖 10: 四線式雙極馬達與第一軸輸出的接線圖 為四線式雙極馬達連接到ECAT-2094S 的X軸輸出的範例 。

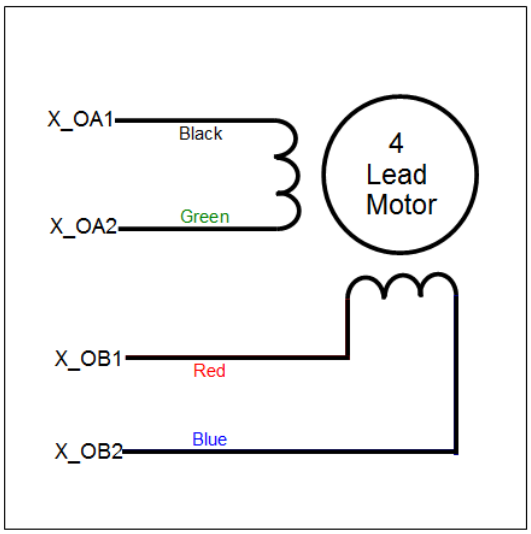


圖 10: 四線式雙極馬達與第一軸輸出的接線圖

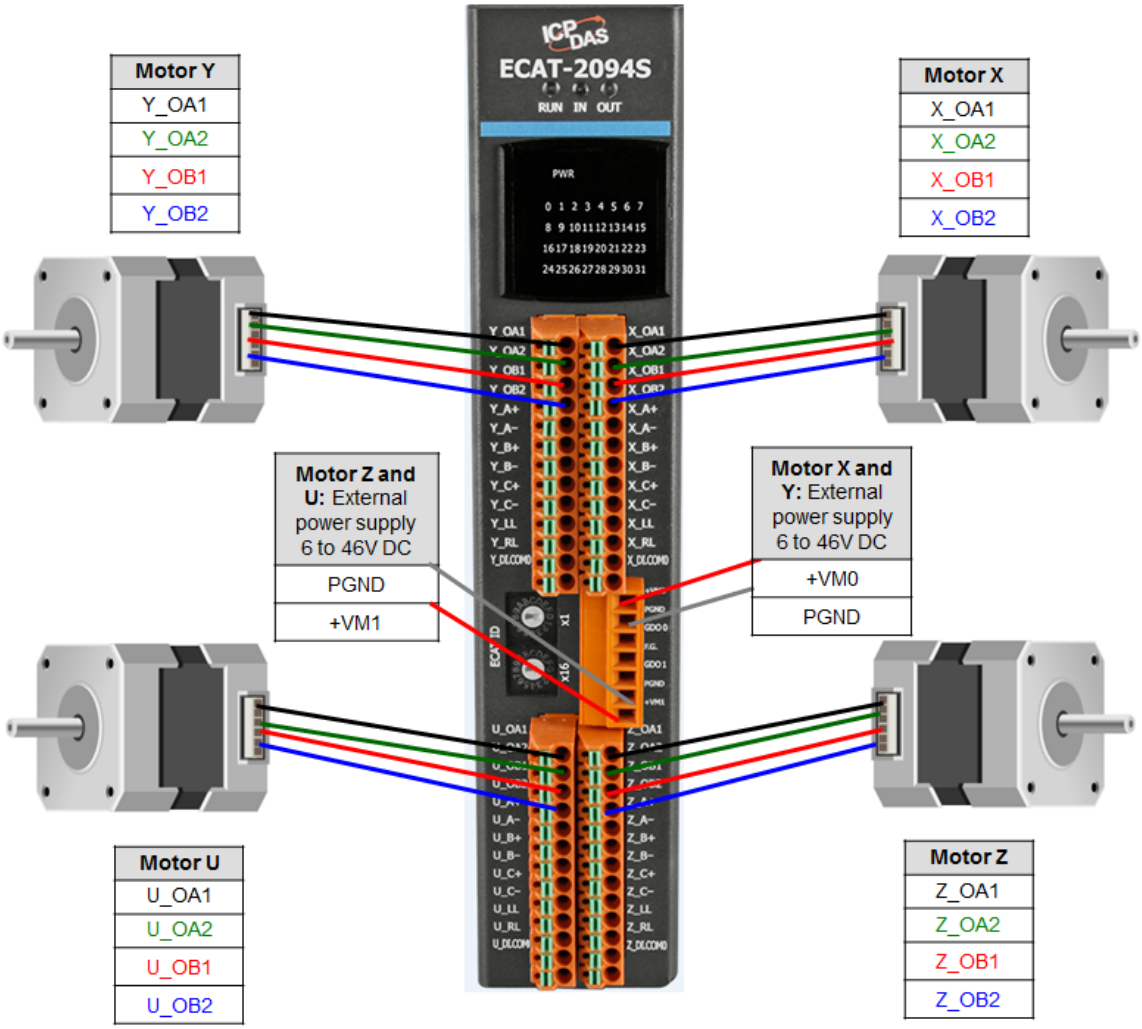


圖 11: ECAT-2094S 與 4 個步進馬達的接線圖

3.5.2 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。

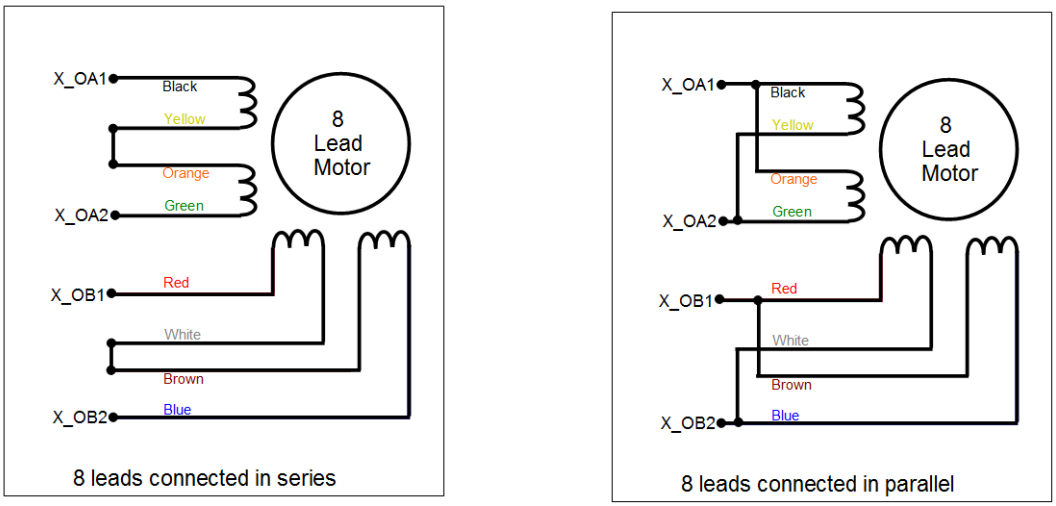


圖 12: 八線式雙極馬達接線圖(左:串聯, 右: 並聯)

3.5.3 編碼器接線

差動編碼器:
ECAT-2094S 預設支援差動編碼器。

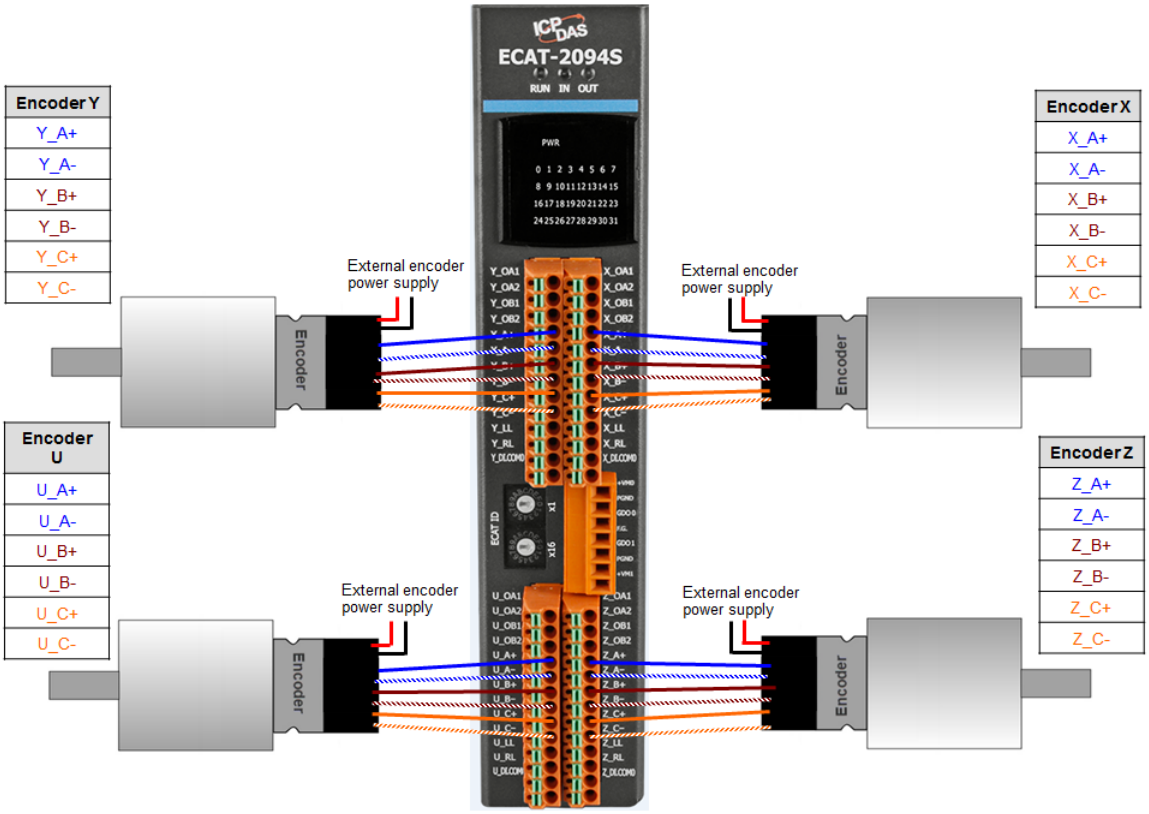


圖 13: 差動編碼器接線圖

開路集極式 編碼器：
單端編碼器的接線部分，請參見圖 14: 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。

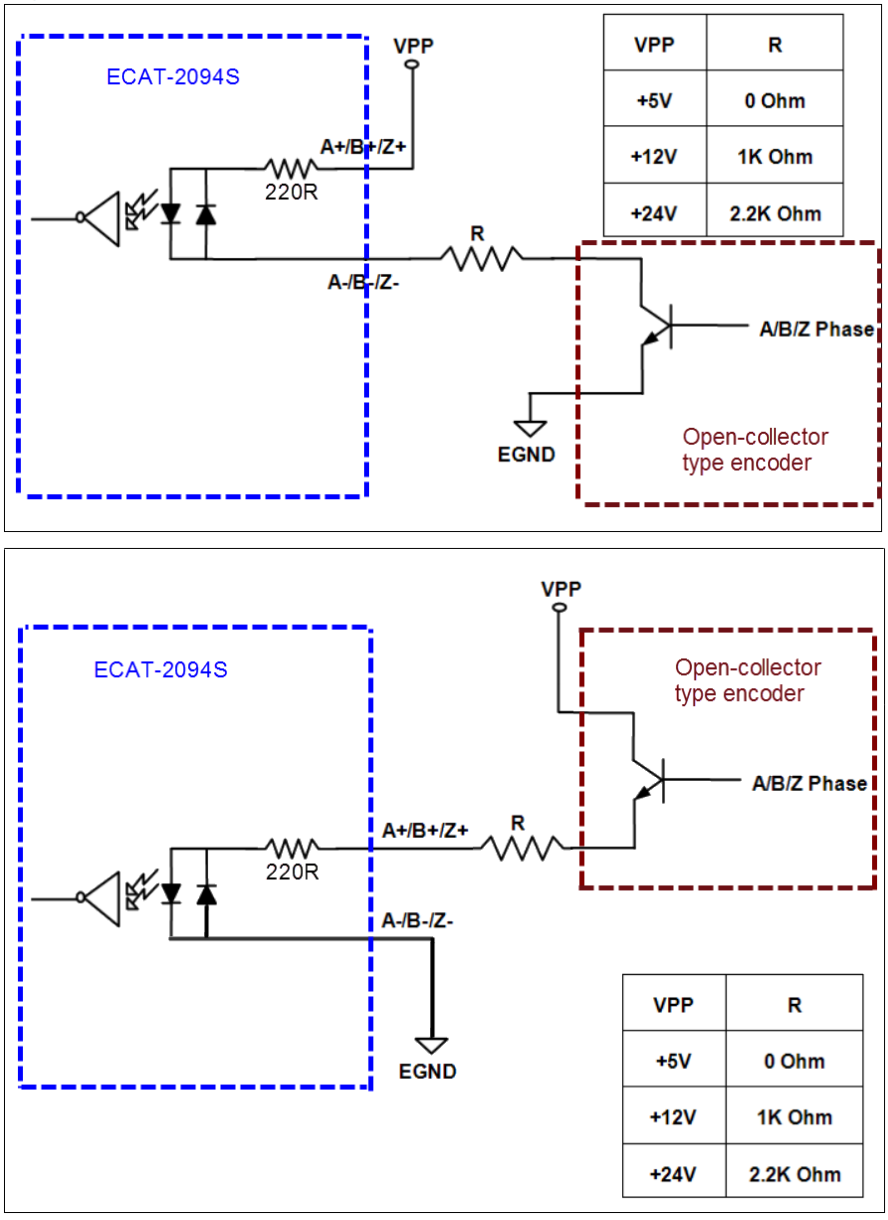


圖 14: 開路集極接線圖

4 基礎通訊

4.1 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 根電線進行信號傳輸，其腳位分配與 Ethernet 標準（ISO/EC 8802-3）兼容。

4.2 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。

ECAT-2094S 支援四種狀態:

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

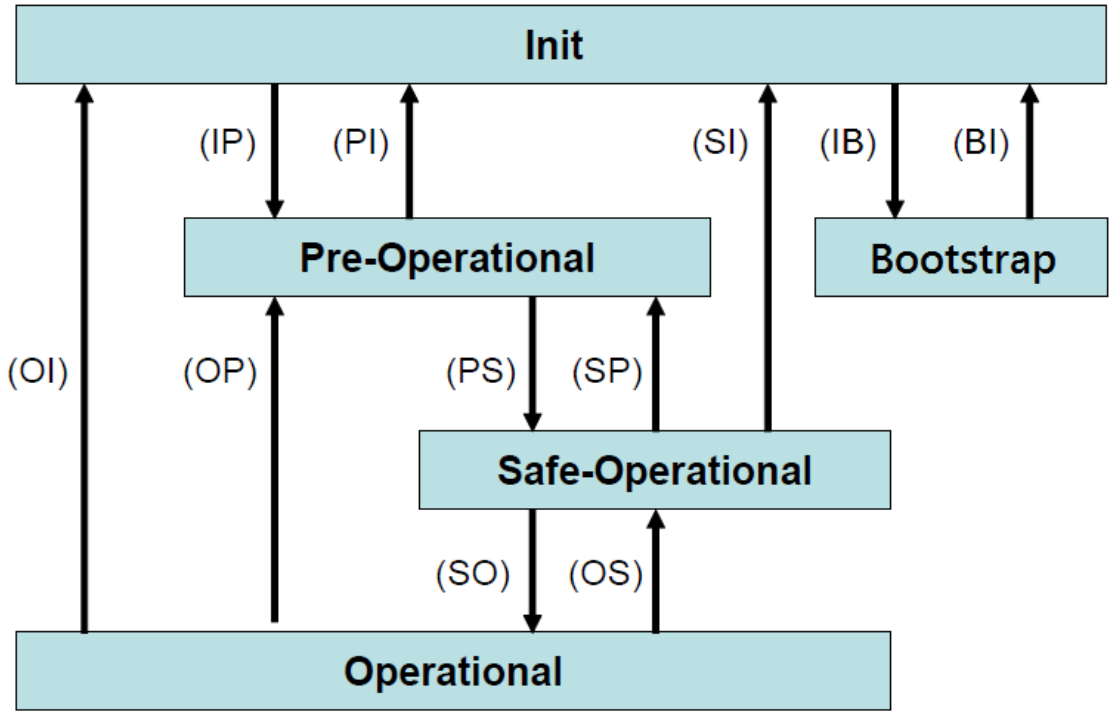


圖 15: EtherCAT 狀態機

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 ECAT-2094S 的同步管理器通道 (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
- 用戶可以選擇將運動控制相關的組態數據（0x8000-0x8321）保存到 非揮發性 記憶體 中

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、編碼器數值等等）。

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。ECAT-2094S 將停止步進馬達，將馬達電流調節到配置的安全層級，並將數位輸出切換到安全輸出值。所有安全輸出值都可以配置。

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。ECAT-2094S 支援兩種 OP 模式：自由運行模式和 DC 同步模式。

Bootstrap (Boot)
在 Boot 狀態下，主要提供下載從站韌體的功能。主站可透過 FoE 協議的郵箱通訊下載一個新的韌體給從站。

4.3 同步模式

ECAT-2094S設備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。

4.3.1 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。

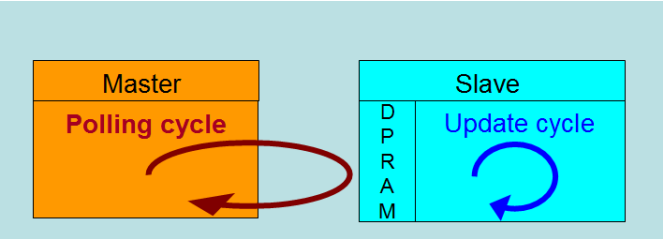


圖 16: 自由運行模式下的主站與從站週期

下圖表示從站在自由運行模式下的進程時序：

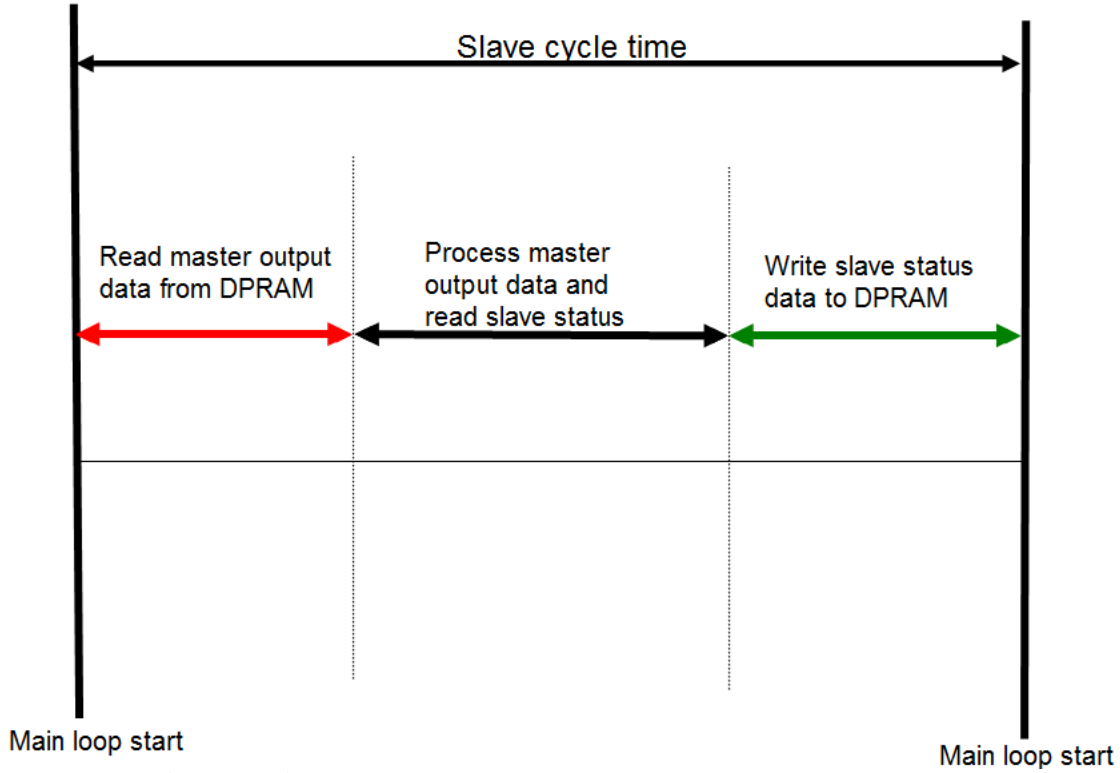


圖 17: 自由運行模式下的從站處理序列

從站韌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，數位輸出將被設置。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。

4.3.2 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 網絡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，觸發從站韌體處理主站接收到的 PDO 數據。
主站週期時間和 ESC 韌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。

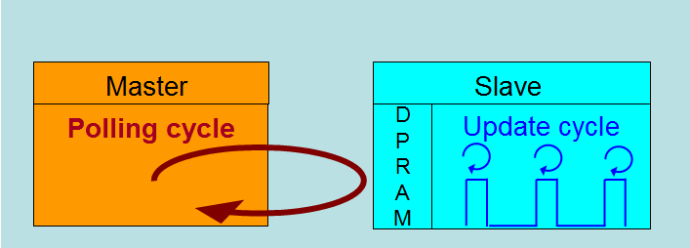


圖 18: DC 同步模式下的主站與從站週期

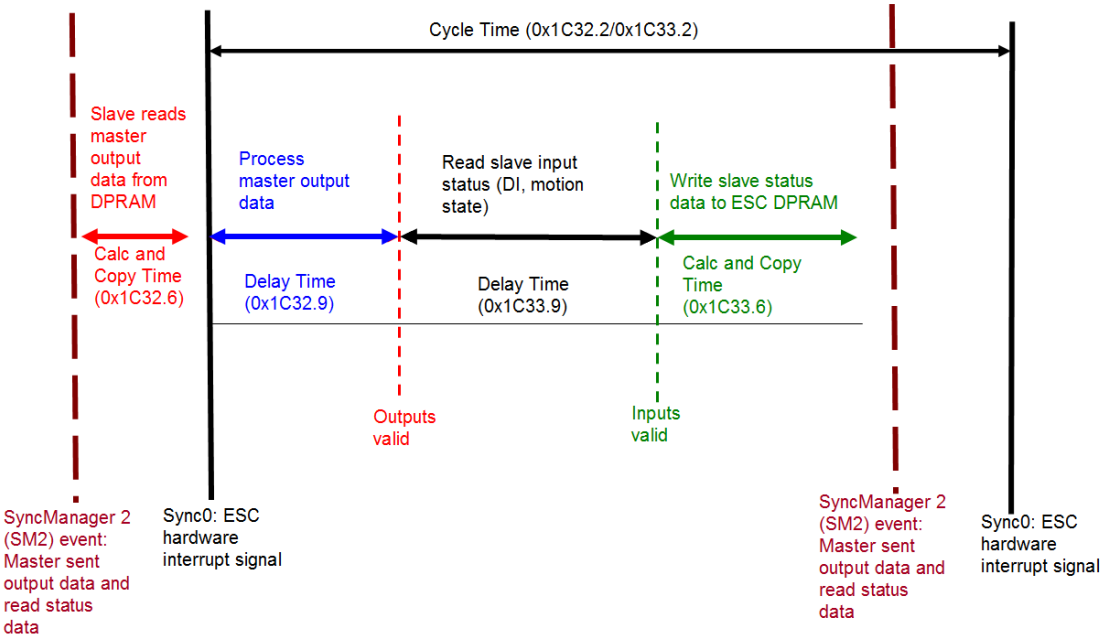


圖 19: 同步模式下的內部從站處理序列

從站一接收到來自主站的進程數據（RxPDOs），就會觸發 SM2 事件，進而讓韌體從 ESC 記憶體中讀取數據。ESC 以固定的時間間隔中斷韌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 20: 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 21: 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。

5 專案整合

本章將介紹將 ECAT-2094S 設備加到 TwinCAT 所控 EtherCAT 網路的整合方式。 一般來說，ECAT-2094S 是一個標準的 EtherCAT 從站，可由任何標準的 EtherCAT 主站（例如 Acontis，CODESYS 等）控制。

5.1 ESI 檔案

ESI 檔案描述 ECAT-2094S 所支援的屬性和功能。透過此 ESI 檔案，專案工具可以簡易的整合此模組資訊到系統裡。在 ESI 檔案的幫助下，不需要詳細的 EtherCAT 知識即可做好設備的配置。TwinCAT 的 EtherCAT 主站或系統管理器需要設備描述文件才能在在線或離線模式下生成設備配置。

5.1.1 匯入 ESI 檔案

將 ECAT-2094S 設備的 XML 描述檔案"ECAT-2094S.xml"複製到 TwinCAT 的系統目錄後重新啟動 TwinCAT 系統。
TwinCAT3.1 的部分，將 ESI 檔案"ECAT-2094S.xml"複製到下述目錄:
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

軟體	預設目錄路徑
Beckhoff EtherCAT Configuration	C:\EtherCAT Configurator\EtherCAT
Beckhoff TwinCAT 3.x	C:\TwinCAT\3.x\Config\Io\EtherCAT
Beckhof TwinCAT 2.x	C:\TwinCAT\Io\EtherCAT

表格 8: ESI 檔案目標目錄

5.2 安裝與設定

在本手冊中只討論從站模組的線上配置。離線設置的程序部分，請參閱TwinCAT用戶手冊。

	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 ECAT-2094S 的過程中，不排除步進馬達有執行意料外移動的可能。 • 確保即使驅動器意外移動，也不會對人員或機器造成危險。 您在這方面必須採取的措施是基於對應用程序的風險評估。

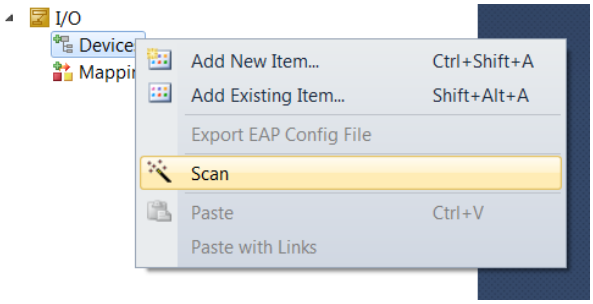
在進行配置之前，必須滿足以下條件:

- ECAT-2094S 從站設備必須通過 EtherCAT 電纜線連接到 EtherCAT 主站。 在本手冊中是使用 TwinCAT 3.1 的版本作為 EtherCAT 主站和配置工具。
- ECAT-2094S 設備必須連接到電源並準備好進行通訊。
- 將 TwinCAT 設置為 CONFIG 模式。

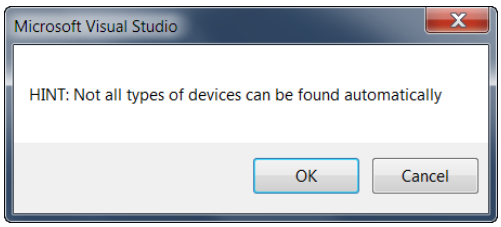
5.2.1 掃描 EtherCAT 裝置

在TwinCAT進入CONFIG模式後，可以開始搜尋在線的設備

步驟 1: 右鍵單擊配置樹狀設置目錄的“Devices”以打開掃描對話框。 點擊“Scan”搜 尋ECAT-2094S設備。



步驟 2: 選擇”OK”。



步驟 3: 選擇ECAT-2094S所連接的以太網設備（以太網晶片）。點選“OK”確認選擇。

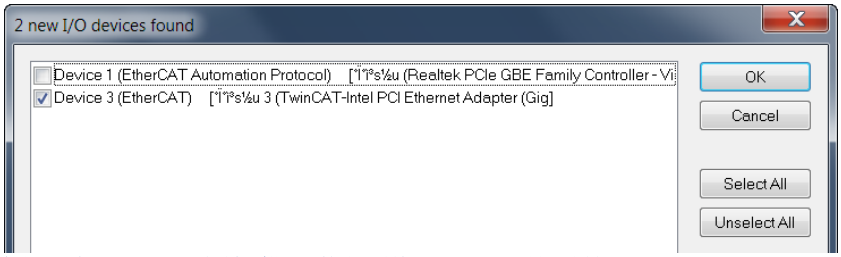
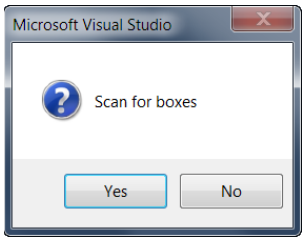
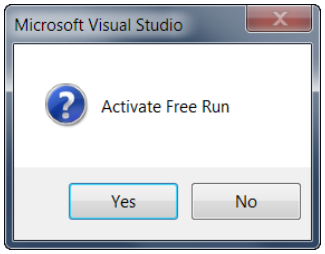


圖 22: 在 EtherCAT 主站電腦上偵測到的 Ethernet 晶片清單

步驟 4: 點擊"Yes"啟動掃描程序。



步驟 5: 點擊"Yes"將ECAT-2094S設定成自由運行模式。



ECAT-2094S預設為速度模式。 速度控制模式使用的所有參數都顯示在樹狀圖中：

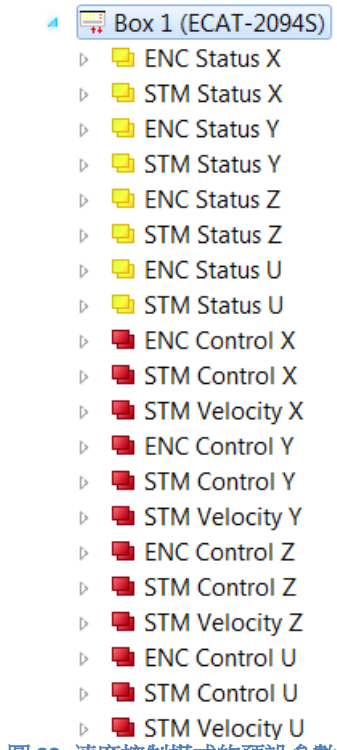


圖 23: 速度控制模式的預設參數選擇

5.2.2 EtherCAT 從站進程數據設定

用戶必須選擇每個週期中在 EtherCAT 主站和從站之間傳遞的進程數據（進程數據對象，PDO）。 進程數據存在兩部分:

- TxPDO: 主站正在讀取的數據（例如運動狀態）。
- RxPDO: 發送給從站的數據或參數（例如步進馬達的目標位置）。

進程數據映像由應用程序決定，並會週期性更新。

ECAT-2094S基本上支援四種運動模式 :

- Velocity control
- Position control
- Position interface compact
- Position interface

透過從清單方塊中選擇一個運動模式（圖 24），所有相關的參數被自動分配並映射

到進程數據物件（TxPDO，RxPDO）。 如果需要，可以透過選擇"PDO Assignment (0x1C12)"和"PDO Assignment (0x1C13)"所列出的物件，將更多的物件分配給進程數據。

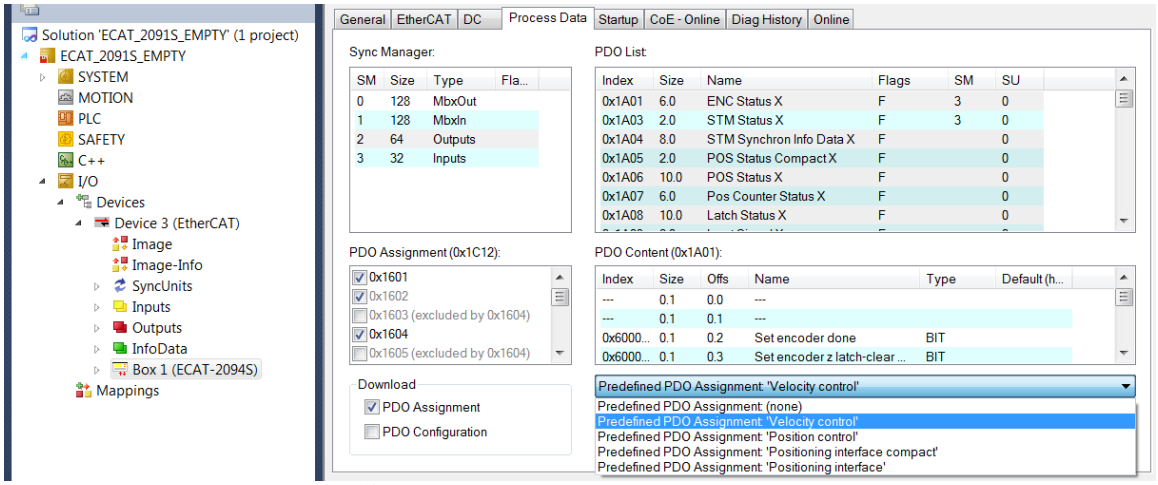


圖 24: Predefined PDO assignment 選項

透過點擊下拉選單中的 "Restart TwinCAT (Config Mode)"，將新的 PDO Assignment下載到從站的同步管理器。

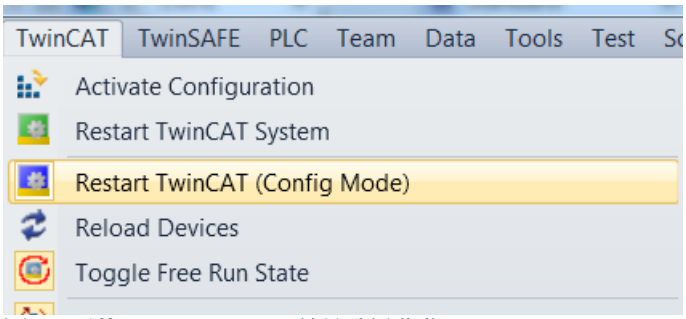


圖 25: 下載 PDO Assignment 並且重新啟動 TwinCAT

5.2.3 基本步進驅動器配置

"CoE online"標籤頁中列出了只需在實際運動控制開始前配置一次的運動參數。這些參數必須透過基於 EtherCAT 的 CANopen（CoE）協議進行存取。CoE 協議的優先權低於週期性進程數據物件（PDO）通訊的優先權。因此，CoE 運動參數不會在每個週期中更新，而只會在主站有空閒時間的情況下更新。

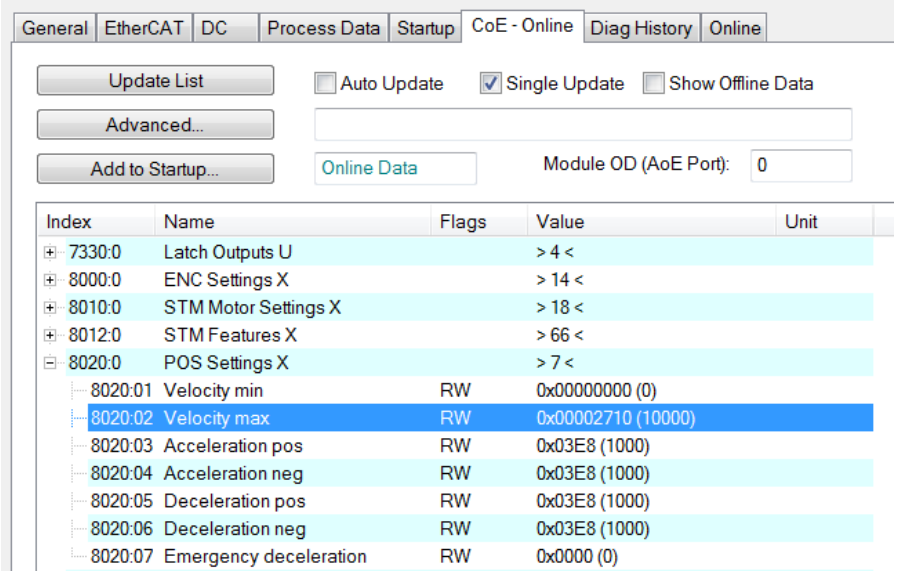
運動相關的 CoE 參數有

- 編碼器設定(Index 8n00)
- 步進馬達設定 (Index 8n10)
- 步進馬達功能 (Index 8n12)
- POS 設定 (Index 8n20)
- POS 功能 (Index 8n21)

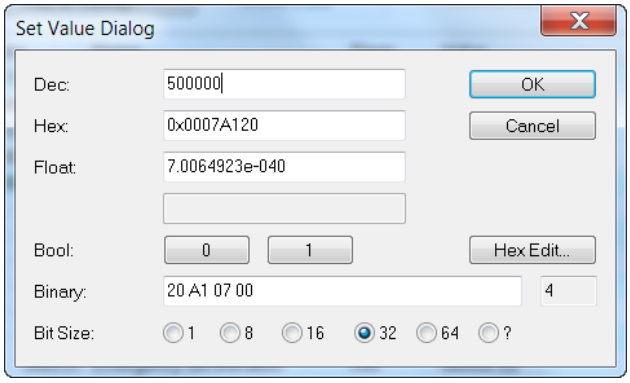
其中，"n"表示馬達編號(0 到 3)。

設定馬達 X 最大允許速度的範例:

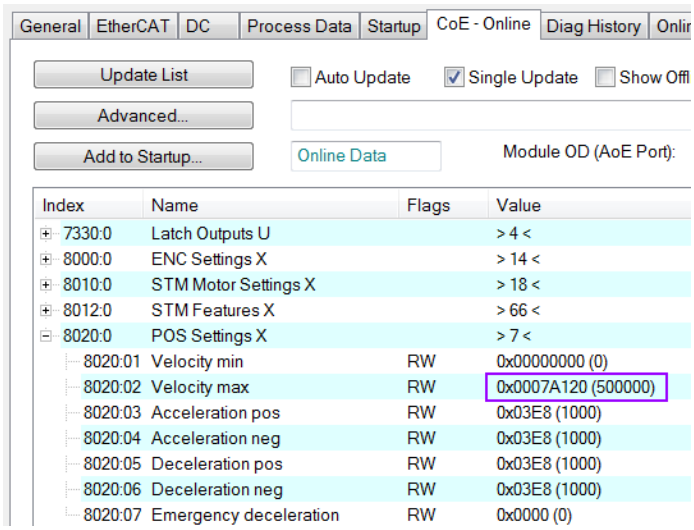
步驟 1: 進入 POS Setting X。 擴展樹狀索引並雙擊索引為 8020：02 的 "Velocity max"。



步驟 2: 輸入最大系統速度[每秒步數]的新值，然後點擊 "OK"。



步驟 3: 一旦數值成功發送到從站，將顯示在CoE線上參數列表中：



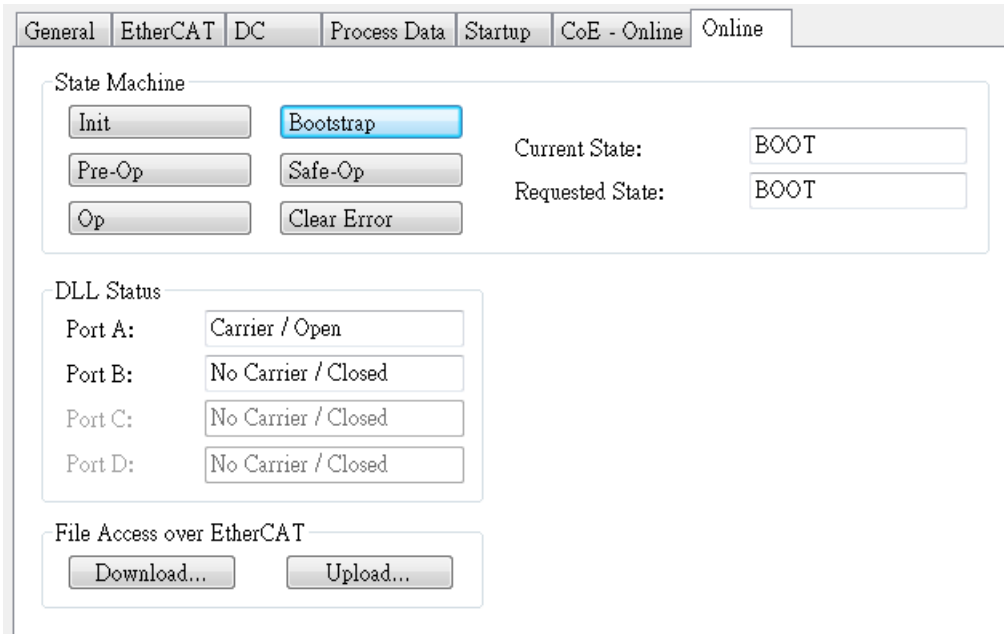
該值只需要設置一次，因此不必在每個週期時間發送。

所有相關的運動參數必須在實際的實時運動控制開始之前先設定。 參數設置完成後，這四台馬達基本已準備就緒。

5.3 更新韌體

此章節介紹透過 EtherCAT 檔案存取功能(File access over EtherCAT, FoE)來更新 ECAT-2094S(v2.0 或更新版本)的韌體。

在TwinCAT的CONFIG模式下，將模組的狀態機設置為Bootstrasp。等待狀態切換到BOOT後，在 "File Access over EtherCAT"區塊點擊 "Download"，然後選取更新檔 "ECAT-2094S_v2.x.efw"，按下確定以開始進行更新。


General
EtherCAT
DC
Process Data
Startup
CoE - Online
Online
State Machine
Init
Bootstrap
Pre-Op
Safe-Op
Op
Clear Error
Current State:
BOOT
Requested State:
BOOT
DLL Status
Port A:
Carrier / Open
Port B:
No Carrier / Closed
Port C:
No Carrier / Closed
Port D:
No Carrier / Closed
File Access over EtherCAT
Download...
Upload...

6 位置控制設定

位置介面允許用戶設置目標位置，運動控制器會自動將馬達驅動到指定的位置。
在運動控制的執行開始之前，必須設置加速度和減速度值以及最大運動速度等基本運動配置數據。

6.1 位置介面類型

位置介面提供了兩個預先定義的 PDO assignment 類型:

- Positioning interface
- Positioning interface compact

預先定義的 PDO assignment 是一種對進程數據通訊的簡化選擇。

" Positioning interface "類型啟用執行點對點運動所需的所有位置控制 PDO，這個創建的進程數據映像非常大，因為它包含了控制四個馬達所需的運動參數。
這個大的過程數據在每個週期都被傳輸，並且使系統變慢。如果通訊速度和小型進程數據映像是系統設置的選擇基準，則應啟用" Positioning interface compact "類型。這時大多數運動參數值不會以固定周期發送，而是透過 CoE 設置的。在運動參數（速度，加速度，減速度等）只需設置一次的應用中，" Positioning interface compact "類型是更好的選擇。

下面將詳細討論兩種 position interface類型 的參數設置。

6.2 Positioning Interface

下面的流程圖（圖 26）表示在"Positioning interface"模式下執行和控制路徑命令的序列。 該圖表示執行位置命令期間的參數設置和狀態檢查程序。 配置參數的設置必須事先完成。

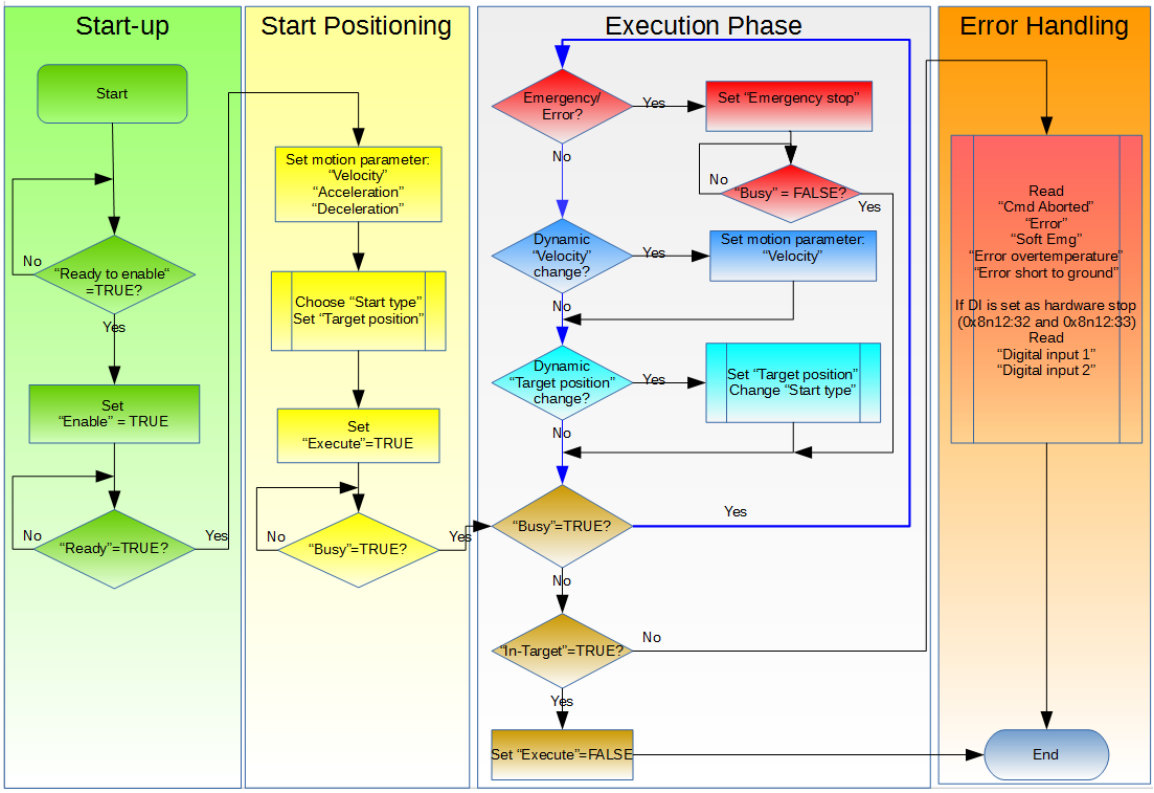


圖 26: position interface 流程圖

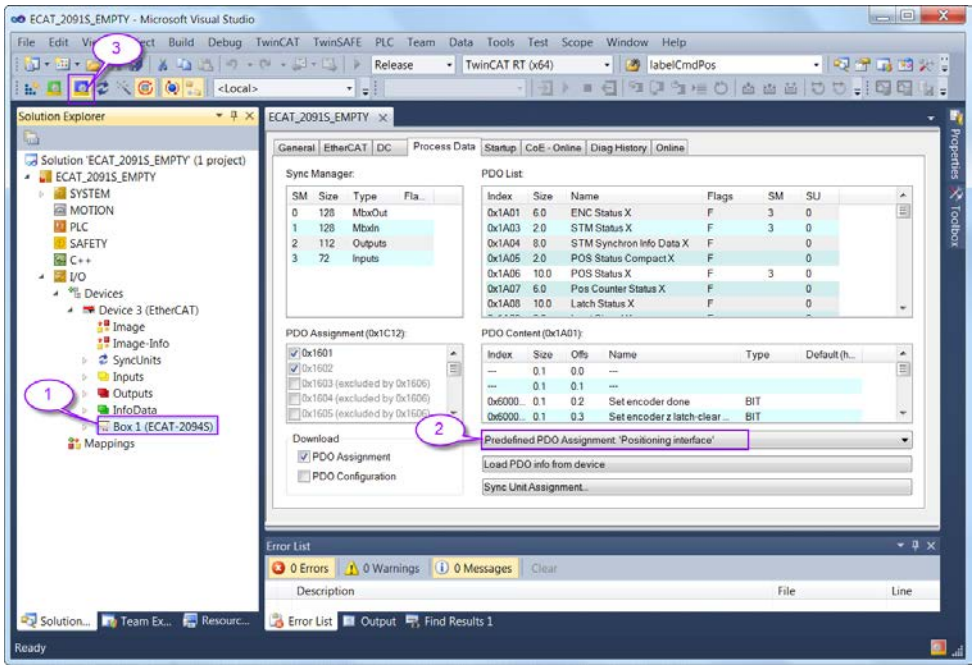
執行程序:

步驟 1: PDO assignment

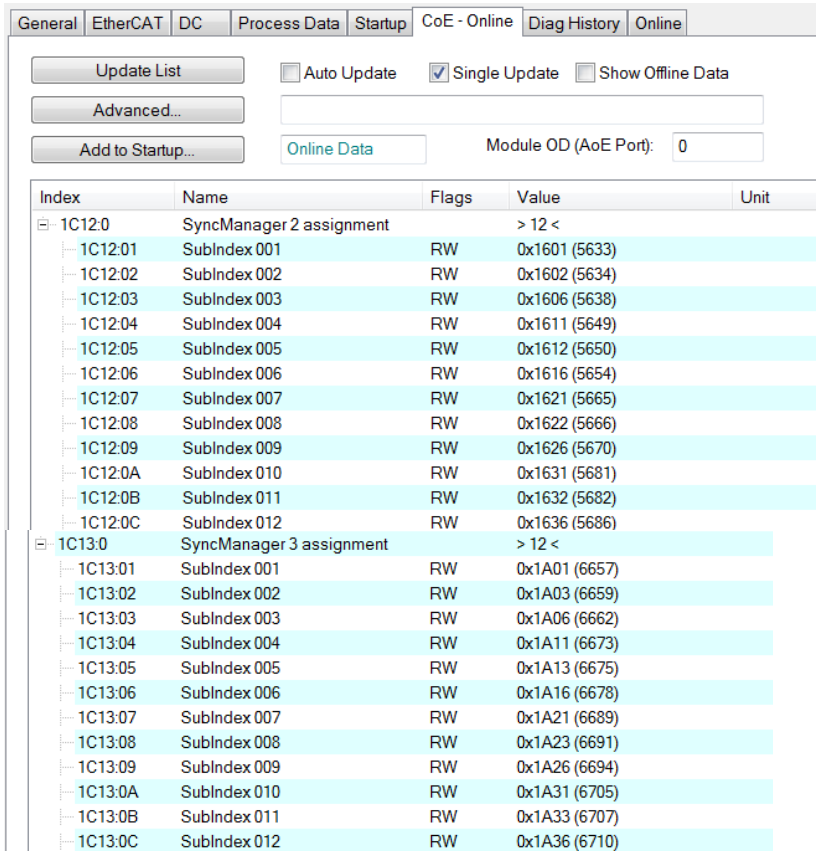
選擇"Process data"標籤頁下部分的"Positioning interface"功能。 因此，所有必要的 PDO 被自動啟用，不必要的 PDO 則被停用。

程序：

1. 選擇 ECAT-2094S 的"Process Data"標籤頁。
2. 從下拉式選單中選擇"Predefined PDO Assignment: "Position interface"。
3. 點擊"Reload I/O device"按鍵將 PDO assignment 發送給從站。



"CoE-Online"標籤頁中的SyncManager 2 和 3 顯示新的 PDO assignment：



Index	Name	Flags	Value	Unit
1C12:0	SyncManager 2 assignment		> 12 <	
1C12:01	SubIndex 001	RW	0x1601 (5633)	
1C12:02	SubIndex 002	RW	0x1602 (5634)	
1C12:03	SubIndex 003	RW	0x1606 (5638)	
1C12:04	SubIndex 004	RW	0x1611 (5649)	
1C12:05	SubIndex 005	RW	0x1612 (5650)	
1C12:06	SubIndex 006	RW	0x1616 (5654)	
1C12:07	SubIndex 007	RW	0x1621 (5665)	
1C12:08	SubIndex 008	RW	0x1622 (5666)	
1C12:09	SubIndex 009	RW	0x1626 (5670)	
1C12:0A	SubIndex 010	RW	0x1631 (5681)	
1C12:0B	SubIndex 011	RW	0x1632 (5682)	
1C12:0C	SubIndex 012	RW	0x1636 (5686)	
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 12 <	
1C13:01	SubIndex 001	RW	0x1A01 (6657)	
1C13:02	SubIndex 002	RW	0x1A03 (6659)	
1C13:03	SubIndex 003	RW	0x1A06 (6662)	
1C13:04	SubIndex 004	RW	0x1A11 (6673)	
1C13:05	SubIndex 005	RW	0x1A13 (6675)	
1C13:06	SubIndex 006	RW	0x1A16 (6678)	
1C13:07	SubIndex 007	RW	0x1A21 (6689)	
1C13:08	SubIndex 008	RW	0x1A23 (6691)	
1C13:09	SubIndex 009	RW	0x1A26 (6694)	
1C13:0A	SubIndex 010	RW	0x1A31 (6705)	
1C13:0B	SubIndex 011	RW	0x1A33 (6707)	
1C13:0C	SubIndex 012	RW	0x1A36 (6710)	

步驟 2: 設置馬達轉矩：

設置轉矩時要小心。馬達電流微調是降低馬達溫度和降低電流以節省電力

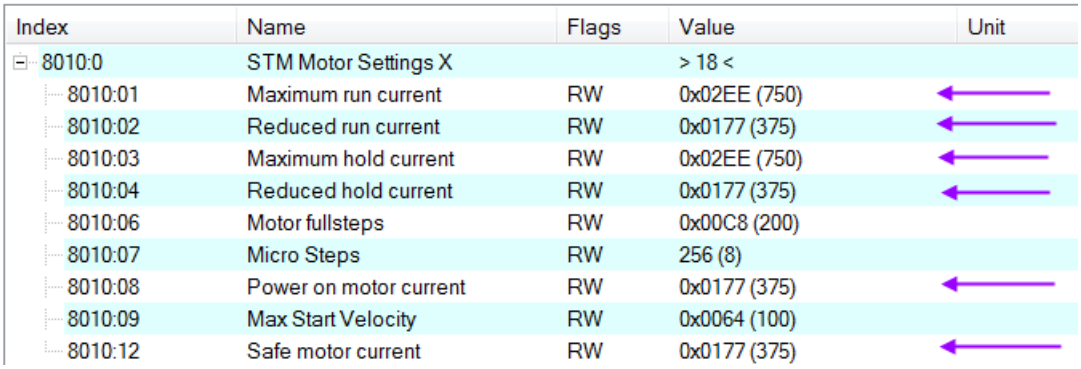
所必需的。

步進馬達產生的轉矩與電流成正比，但產生的熱量大致與電流的平方成正比。如果 馬達 在 90%的額定電流下運行，則會輸出 90%的額定轉矩。但是，與最大 轉矩 輸出相比，馬達 將產生大約 81%的熱量。在 70%的電流下，轉矩 縮減到 70%，產生熱量則降到 50%左右。

注意：
如果 馬達設定 電流為 1.1A或更高，隨著時間的增加，ECAT-2094S會升溫並發出增加的熱量，如同電阻功耗一樣隨著馬達電流的平方而增加。

四個轉矩的設置必須完成。馬達電流設置的有效範圍是 0 到 1500 mA。 馬達電流參數的單位是毫安[mA]。

1. 設定馬達驅動電流。 一旦運動執行旗標（0x7n10:01 - Enable）被啟用，則會應用該轉矩設定。
2. "Reduce run current" 的 Boolean 值設置為 true（0x7n10:03 - Reduced torque）之後，將觸發"Reduce run current"輸出。
3. "Maximal hold current"設定馬達靜止電流。 一旦運動執行旗標（0x7n10:01 - Enable）被啟用，則會應用該轉矩設定。
4. "Reduce hold current"的 Boolean 值設置為 true（0x7n10:03 - Reduced torque）之後，將觸發"Reduce run current"輸出。
5. "Power on motor current"（0x7n10：08）變量的作用是在通電後直接向驅動器施加轉矩，以防止空轉。
6. 如果 EtherCAT 通訊中斷或者 EtherCAT 主站在執行運動命令時將 ECAT-2094S 從 OP 模式設置為非 OP 模式，則 ECAT-2094S 將使用"Safe motor current"（0x7n10： 12）設定以防止馬達空轉。



Index	Name	Flags	Value	Unit
8010:0	STM Motor Settings X		> 18 <	
8010:01	Maximum run current	RW	0x02EE (750)	
8010:02	Reduced run current	RW	0x0177 (375)	
8010:03	Maximum hold current	RW	0x02EE (750)	
8010:04	Reduced hold current	RW	0x0177 (375)	
8010:06	Motor fullsteps	RW	0x00C8 (200)	
8010:07	Micro Steps	RW	256 (8)	
8010:08	Power on motor current	RW	0x0177 (375)	
8010:09	Max Start Velocity	RW	0x0064 (100)	
8010:12	Safe motor current	RW	0x0177 (375)	

步驟 3: 設置每個全步的微步數（8n10：07）。當微步設定值更高，馬達運行更平穩且振動更小，但也需要更高的步進脈波頻率才能達到最高速度。

步驟 4: 設置系統的運動參數：最大速度，最大加速度等。

1. 設置起始速度（單位：每秒步數）（0x8n10：09）。

2. 設置系統的速度範圍（單位：每秒步數）（0x8n20：01 和 0x8n20：02）。最大速度"Velocity max"確保在任何情況下馬達速度都不會超過此最大值。最小速度"Velocity min"定義了系統的最低速度，並在驅動過程中改變速度時應用。
3. 設置"Acceleration unit"（0x8n20：08） 與"Acc-Dec parameter definition"（0x8n20：09）. 這些參數的定義描述在 6.2.1 與 6.2.2 章節中。
4. "Emergency deceleration"（0x8n20：07）決定當緊急停止旗標上升後，馬達可多快減速到停止（0x7n20：02 - Emergency stop）。

Index	Name	Flags	Value
8010:0	STM Motor Settings X		> 18 <
8010:01	Maximum run current	RW	0x02EE (750)
8010:02	Reduced run current	RW	0x0177 (375)
8010:03	Maximum hold current	RW	0x02EE (750)
8010:04	Reduced hold current	RW	0x0177 (375)
8010:06	Motor fullsteps	RW	0x00C8 (200)
8010:07	Micro Steps	RW	256 (8)
8010:08	Power on motor current	RW	0x0177 (375)
8010:09	Max Start Velocity	RW	0x0064 (100)
8010:12	Safe motor current	RW	0x0177 (375)
8012:0	STM Features X		> 66 <
8020:0	POS Settings X		> 7 <
8020:01	Velocity min	RW	0x00000000 (0)
8020:02	Velocity max	RW	0x00002710 (10000)
8020:03	Acceleration pos	RW	0x03E8 (1000)
8020:04	Acceleration neg	RW	0x03E8 (1000)
8020:05	Deceleration pos	RW	0x03E8 (1000)
8020:06	Deceleration neg	RW	0x03E8 (1000)
8020:07	Emergency deceleration	RW	0x0000 (0)

步驟 5: 運動執行程序：

- STM Control X
  - Enable
  - Reset
  - Reduce torque
  - Digital output1
- POS Control X
  - Execute
  - Emergency stop
  - Target position
  - Velocity
  - Start type
  - Acceleration
  - Deceleration

1. 啟用 Enable (0x7n10:01)。
2. 設定運動參數：加速度與減速度，目標速度（每秒步數）和目標位置（步數）。
   i. 設定目標速度 （單位: 每秒步數）。

ii. 設置 "Acceleration" 與 "Deceleration" 數值。這兩個參數的單位與用法由 SDO 變數"Acceleration unit" (0x8n20:08) 與 "Acc-Dec parameter definition" (0x8n20:09) 決定，其描述在下一節的 6.2.1 與 6.2.2。

iii. "Start type"（0x7n20：22）描述目標位置是相對位置還是絕對位置。此外，可以設置啟動類型參數是否可以覆蓋正在運行的運動命令。

名稱	命令	說明
ABSOLUTE	0x0001	馬達從當前位置移動到目標位置。行進距離取決於當前位置和目標位置之間的距離差異
RELATIVE	0x0002	將指定的位置差異加到當前位置
ENDLESS_PLUS	0x0003	往正 轉方向無止境的運 動
ENDLESS_MINUS	0x0004	往反轉方向 無止境的 運動
ADDITIVE	0x0006	將指定的位置差異加到最後的目標位置 注意： 當最後一個命令成功完成時，RELATIVE和ADDITIVE類型是相似的。在這種情況下，因為兩個起始位置是相同的，故兩種類型都會移動到相同的位置。 如果在執行上一個命令期間發生錯誤（例如馬達停轉、急停），則當前位置是任意的。 當下RELATIVE類型將使用當前任意位置作為起始位置，但ADDITIVE類型將使用最後一個目標位置作為起始位置。 通過選擇ADDITIVE類型，用戶可以使用最後的目標位置來確定下一個目標位置。 因此，如果發生錯誤，則不需要找尋原點。
ABSOLUTE_CHANGE	0x1001	運動中變更目標位置：將行駛命令中的目標位置動態變更為新的絕對位置
RELATIVE_CHANGE	0x1002	將行駛指令中的目標位置動態變更為新的相對位置（此處也使用當前的變更位置值） 注意： 由於傳播延遲，無法準判定行駛中馬達的實際位置。 讀取當前位置需要時間，在此期間馬達已經移動到新的位置。 因此，期望的目標位置和實際目標位置之間會有所差異。
ADDITIVE_CHANGE	0x1006	在行駛命令期間動態改變目標位置到新的附加位置（此處 使用最後的目標位置）

表格 9: Start type 定義

iv. 設定目標位置（單位：步）。 目標位置可以是相對距離或絕對位置。 該參數的特性由"Start type"的設定來決定。

3. 透過將"Execute"變量設定為 true 來啟用運動執行（0x7n20：01）。
4. 如果在驅動期間啟用了 emergency stop（0x7n20：02），則必須將"Emergency stop"變量設定為 false，並且在執行下一個命令之前將

"Execute"設定回 false。

5. 錯誤：如果在驅動過程中發生錯誤（過熱、EtherCAT 通訊失敗、主站將從站從 OP 設定為非 OP 模式等），會啟用錯誤旗標（0x6n10：04 Error）。 為了清除該旗標，"Reset"變量必須啟用（0x7n10：02 - Reset）並維持一個週期時間。

範例 1:

目標位置的動態變化

Time	POS Control Outputs	POS Status Inputs	說明
t1	Execute = 1 Target position = 250000 Velocity = 10000 Start type = 0x0001 Acceleration = 1000 Deceleration = 1000	Busy = 1 Accelerate = 1 Deceleration = 0 In-Target = 0	• 設定運動參數 • 開始執行行駛命令 ▪ 加速階段
t2		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	• 達到目標速度
t3	Target position = 220000 Velocity = 8000 Start type = 0x1001 Acceleration = 500 Deceleration = 500	Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	• 運動中變更目標位置、速度與加速度/減速度
t4		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	• 達到新的目標速度
t5		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	• 開始減速階段，直到目標位置
T6	Execute = 0	Busy = 0 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 1	• 到達目標位置 • 將 Execute 設為 false

表格 10: 運動中變更目標位置

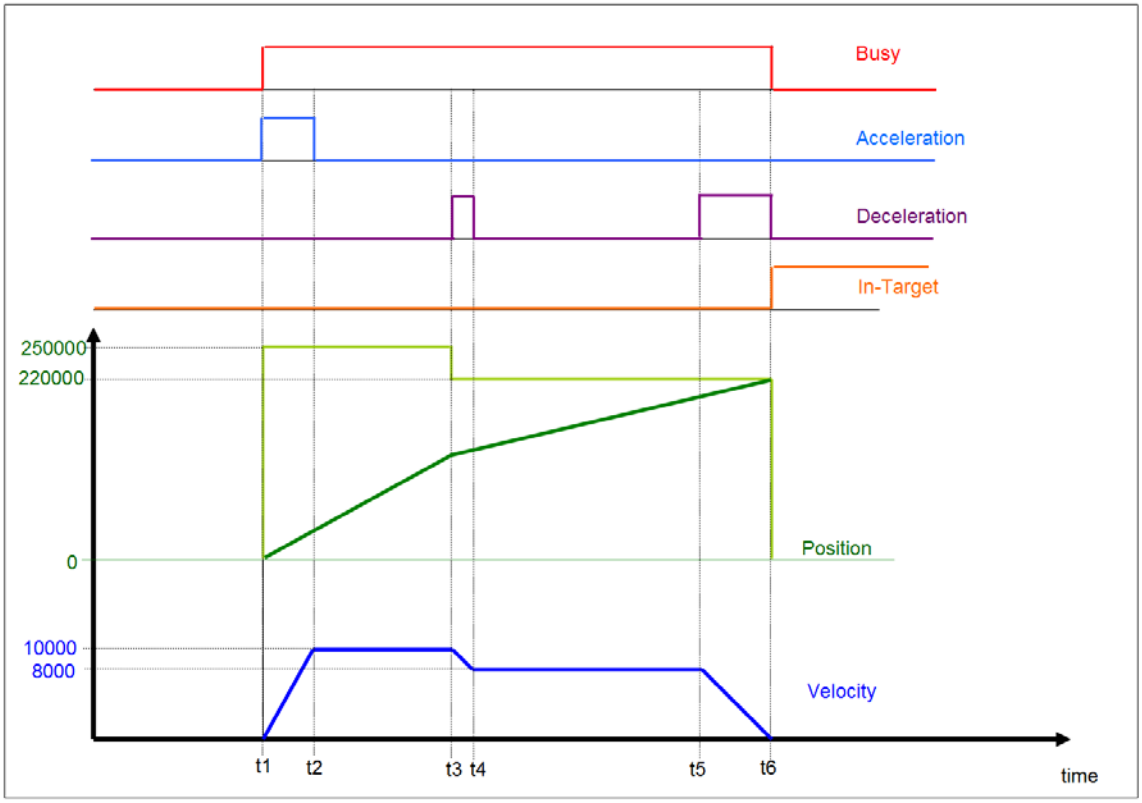


圖 27: 運動中變更目標位置的輸出與輸入參數時序圖

範例 2:

相對位置的動態變化:

Time	POS Control Outputs	POS Status Inputs	說明
t1	Execute = 1 Target position = 300000 Velocity = 11000 Start type = 0x0002 Acceleration = 1000 Deceleration = 1000	Busy = 1 Accelerate = 1 Deceleration = 0 In-Target = 0	• 設置運動參數: - Relative position = 300000 - 需要透過 (0x8n20:08) 和 (0x8n20:09) 設置加速度單位與類型 • 透過觸發'Execute' 輸入(FALSE --> TRUE)以開始執行運動命令 ▪ 加速階段
t2		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	• 達到目標速度
t3	Target position = 50000 Velocity = 7000 Start type = 0x1002 Acceleration = 500 Deceleration = 500	Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	• 運動中變更相對位置、速度與加速度/減速度
t4		Busy = 1	• 達到新的目標速度

Time	POS Control Outputs	POS Status Inputs	說明
		Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	
t5	Target position = 30000 Start type = 0x0000	Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	運動中變更相對位置的步驟: • 將 'Start type'設置為 0 • 設定新的相對移動距離(Target position) • 在下一個 EtherCAT 週期中，將'Start type'設置回 0x1002 將'Start type'設置回 0x1002 後，相對距離將添加到當前位置。 即使運動已經結束，也可配置新的相對距離。 一旦設置了新的距離('Start type'=0; 'Start type'=0x1002)，馬達將從靜止加速到新的位置。
t6	Start type = 0x1002	Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	
t7		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	• 開始減速階段至目標位置
t8	Execute = 0	Busy = 0 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 1	• 達到目標位置 • 將 Execute 設置為 false

表格 11: 運動中變更相對位置、速度與加減速

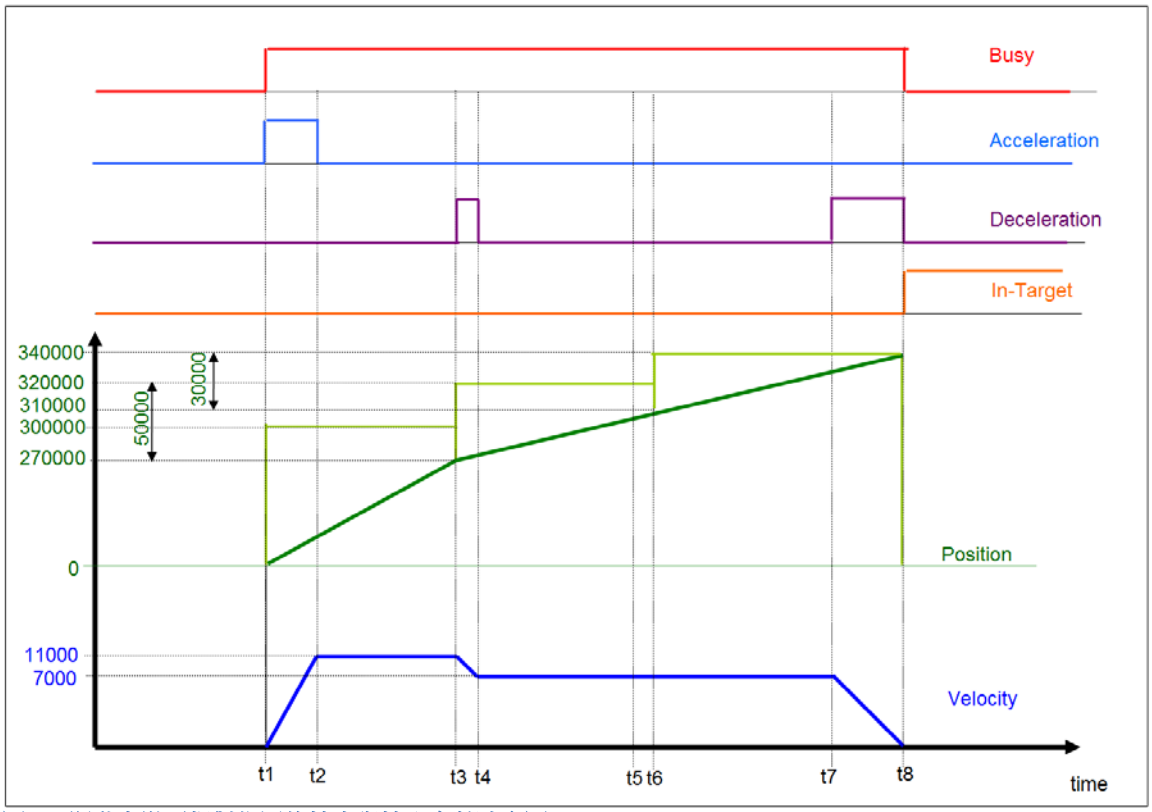


圖 28: 運動中變更相對位置的輸出與輸入參數時序圖

6.2.1 加減速單位定義

加速度/減速度單位需透過 PDO (8n20:08)做設定，其單位設定如下

名稱	數值
從 Vmin 到 Vmax 的加速度時間[毫秒]	0
從 Vmin 到 Vtarget 的加速度時間[毫秒]	1
加速度時間[128*微步/秒^2]	2
從 Vcurrent 到 Vtarget 的加速度時間[毫秒]	3

表格 12 :DT0814EN02 物件

這些單位的定義將在下面做更詳細的描述。

6.2.1.1 從 Vmin 到 Vmax 的加速時間

加速度/減速度梯度由"Velocity min" (0x8n20:01) 與 "Velocity max" (0x8n20:02)的設置參數(圖 29)來決定。"Acceleration" (0x7n20:23) 與"Deceleration" (0x7n20:24)參數設定馬達從"Velocity min" (0x8n20:01) 到"Velocity max" (0x8n20:02)的加速或減速時間[毫秒]。

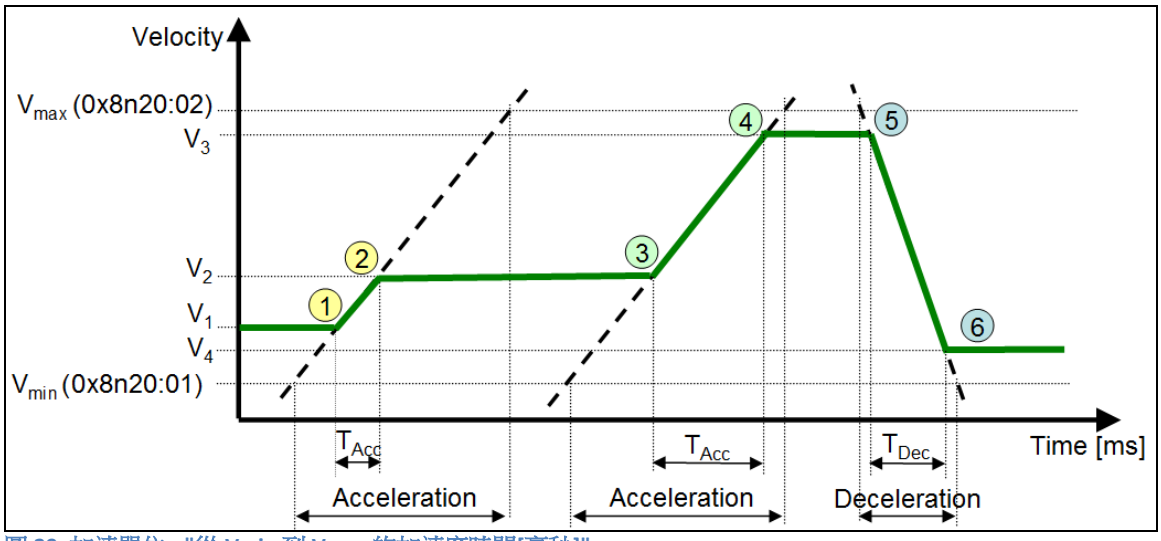


圖 29: 加速單位 - "從 Vmin 到 Vmax 的加速度時間[毫秒]"



從當下 V_1 加速到目標 V_2 (0x7n20:21):

- 參數 "Acceleration" (0x7n20:23) 設定速度從V_{min} (0x8n20:01) 改變到 V_{max} (0x8n20:02)的加速時間 [毫秒]。
- T_{Acc}: 從當前V_1 到目標 V_2的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{Acc} = |V_2 - V_1| / Acc$
    with:
    $Acc = (V_{max} - V_{min}) / (Acceleration\ (0x7n20:23))$
- $T_{DecStop}$: 減速到停止(V_2 到 V_{min})的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{DecStop} = (V_2 - V_{min}) / Dec$
    with:
    $Dec = (V_{max} - V_{min}) / (Deceleration\ (0x7n20:24))$



從當下 V_2 加速到目標 V_3 (0x7n20:21):

- 參數 "Acceleration" (0x7n20:23) 設定速度從V_{min} (0x8n20:01) 改變到 V_{max} (0x8n20:02)的加速時間 [毫秒]。
- T_{Acc}: 從當前V_2 到目標 V_3的實際時間 [毫秒].
  - $T_{Acc} = (V_3 - V_2) / Acc$

with:
$Acc = (V_{max} - V_{min})/(Acceleration\ (0x7n20:23))$

- $T_{DecStop}$: 減速到停止(V_3 到 V_{min})的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{DecStop} = (V_3 - V_{min})/Dec$
    with:
    $Dec = (V_{max} - V_{min})/(Deceleration\ (0x7n20:24))$

5→6

從當下 V_3 減速到目標 V_4 (0x7n20:21):

- 根據減速類型，參數"Acceleration" (0x7n20:23) (type 0)或"Deceleration" (0x7n20:24) (type 1)決定將速度從V_{max} 降低到 V_{min}的時間[毫秒]。
- T_{Dec}: 從當前速度V_3 減速到新目標速度V_4的實際時間[毫秒]。
  - $T_{Dec} = |V_3 - V_4|/Dec$
    with:
    - Type 0: $Dec = (V_{max} - V_{min})/(Acceleration\ (0x7n20:23))$
    - Type 1: $Dec = (V_{max} - V_{min})/(Deceleration\ (0x7n20:24))$
- $T_{DecStop}$: 減速到停止(V_4 到 V_{min})的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{DecStop} = |V_4 - V_{min}|/Dec$
    with:
    $Dec = (V_{max} - V_{min})/(Deceleration\ (0x7n20:24))$

6.2.1.2 從 Vmin 到 Vtarget 的加速時間

加速度/減速度梯度由"Velocity min" (0x8n20:01) 與 目標速度 (0x7n20:21)的設置參數來決定，如圖 30 所示。

重點:

- 軸移動時，請勿使用該模式來改變速度，因為過低的加速度可能會導致目標過衝。 在移動時將速度從高值更改為極低值時，可能會發生這種情況。
- 觸發"Execute"後，請勿更改"Velocity"、"Acceleration"和"Deceleration"參數。

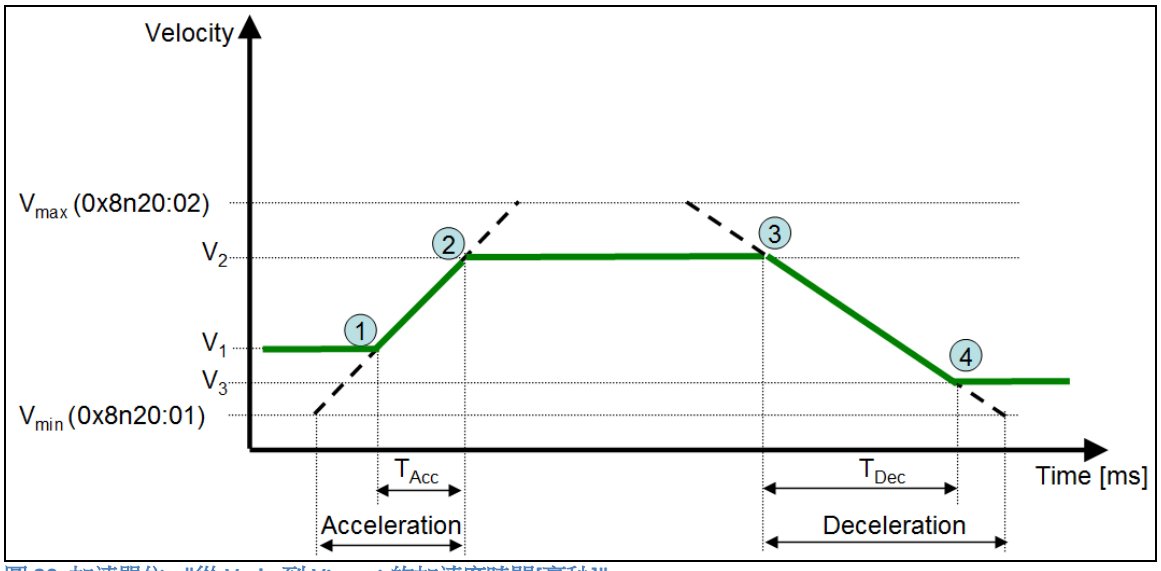
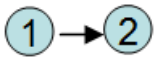


圖 30: 加速單位 - "從 Vmin 到 Vtarget 的加速度時間[毫秒]"



從當下 V_1 加速到目標 V_2 (0x7n20:21):

- "Acceleration" (0x7n20:23): 從V_{min} 到 V_2 的加速時間 [毫秒]。
- T_{Acc}: 從當前V_1 到目標 V_2的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{Acc} = |V_2 - V_1|/Acc$
    with:
    $Acc = |V_2 - V_{min}|/(Acceleration\ (0x7n20:23))$
- $T_{DecStop}$: 減速到停止("V_2" 到目標 "V_{min}")的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{DecStop} = |V_2 - V_1|/Dec$
    with:
    $Dec = |V_2 - V_{min}|/(Deceleration\ (0x7n20:24))$



從當下 V_2 減速到目標 V_3 (0x7n20:21):

- 根據減速類型，參數"Acceleration" (0x7n20:23) (type 0)或"Deceleration" (0x7n20:24) (type 1)決定將速度從V_3 降低到 V_{min}的時間[毫秒]。
- T_{Dec}: 從當前速度V_2 減速到新目標速度V_3的實際時間[毫秒]。
  - $T_{Dec} = |V_2 - V_3|/Dec$
    with:
    - Type 0: $Dec = (V_3 - V_{min})/(Acceleration\ (0x7n20:23))$
    - Type 1: $Dec = (V_3 - V_{min})/(Deceleration\ (0x7n20:24))$
- $T_{DecStop}$: 減速到停止(V_3 到 V_{min})的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{DecStop} = |V_3 - V_{min}|/Dec$
    with:

Dec =(V_3- V_{min})/(Deceleration (0x7n20:24))

注意:
如果新的目標速度 V_3接近 V_{min}，則將Dec加速度設置為一個很小的數字，這會導致很長的減速時間。 因此，當目標速度 V_3接近 V_{min}時，不建議使用此單位設置

6.2.1.3 加速度 [128*微步/秒 ^{2}]

透過Acceleration(0x7n20:23)和Deceleration(0x7n20:24)參數直接設置加速/減速值(圖31)。 兩個參數的單位均為[128*微步/秒^2]。

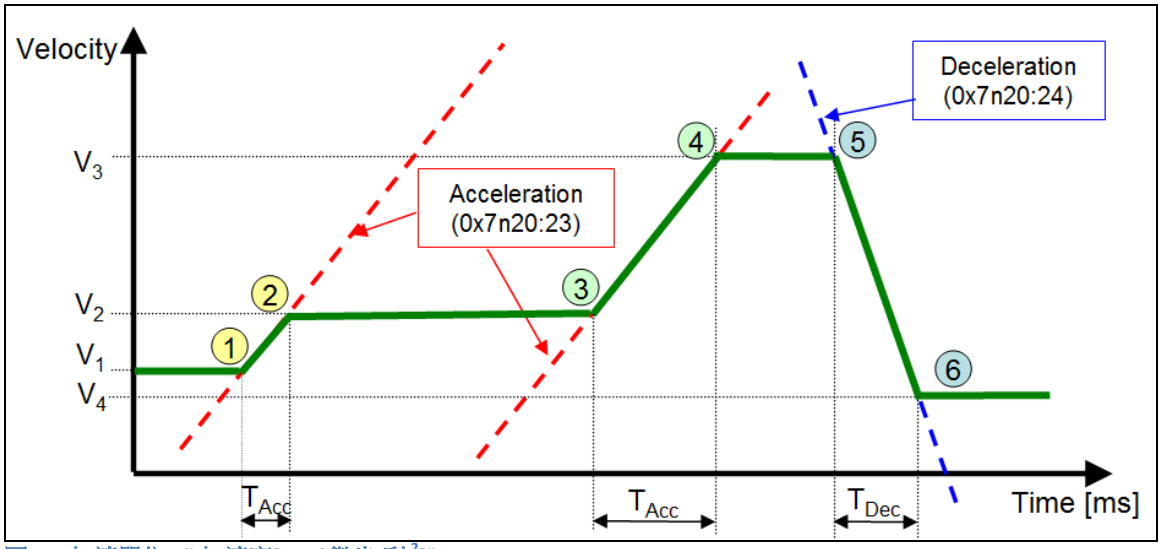


圖 31: 加速單位 - " 加速度[128*微步/秒^2]"

1→2
從當下 "V_1" 加速到目標"V_2" (0x7n20:21):
- Acceleration (0x7n20:23): 從"V_1"到目標"V_2"的加速度 [128*微步/秒^2]。
- T_{Acc}=|V_2-V_1|/(Acceleration(0x7n20:23) *128)
- $T_{DecStop}$ =|V_2|/(Deceleration(0x7n20:24) *128)

3→4
從當下 "V_2" 加速到目標"V_3" (0x7n20:21):
- Acceleration (0x7n20:23): 從"V_2"到目標"V_3"的加速度 [128*微步/秒^2]。
- T_{Acc}=|V_3-V_2|/(Acceleration(0x7n20:23) *128)
- $T_{DecStop}$ =|V_3|/(Deceleration(0x7n20:24) *128)

5→6

從當下 "V_3" 減速到"V_4" (0x7n20:21):

- Deceleration (0x7n20:24): 從"V_3"到"V_4"的減速度 [128*微步/秒^2]。
- T_{Acc}=(V_3- V_4)/(Acceleration(0x7n20:23) *128)
- $T_{DecStop}$ =|V_4|/(Deceleration(0x7n20:24) *128)

6.2.1.4 從 Vcurrent 到 Vtarget 的加速時間

在此模式下，參數"Acceleration" (0x7n20:23) 與"Deceleration" (0x7n20:24)設置加速或減速到目標速度"Velocity" (0x7n20:21)的時間[毫秒]。加速/減速梯度的陡度取決於"Acceleration" (0x7n20:23)、"Deceleration" (0x7n20:24)與當前速度和新目標速度"Velocity" (0x7n20:21)的速度差，如圖 32 所示。此加速單位僅可與加速類型 0 "Acceleration-->Start phase & Deceleration-->Stop Phase"(表 13)一起使用。

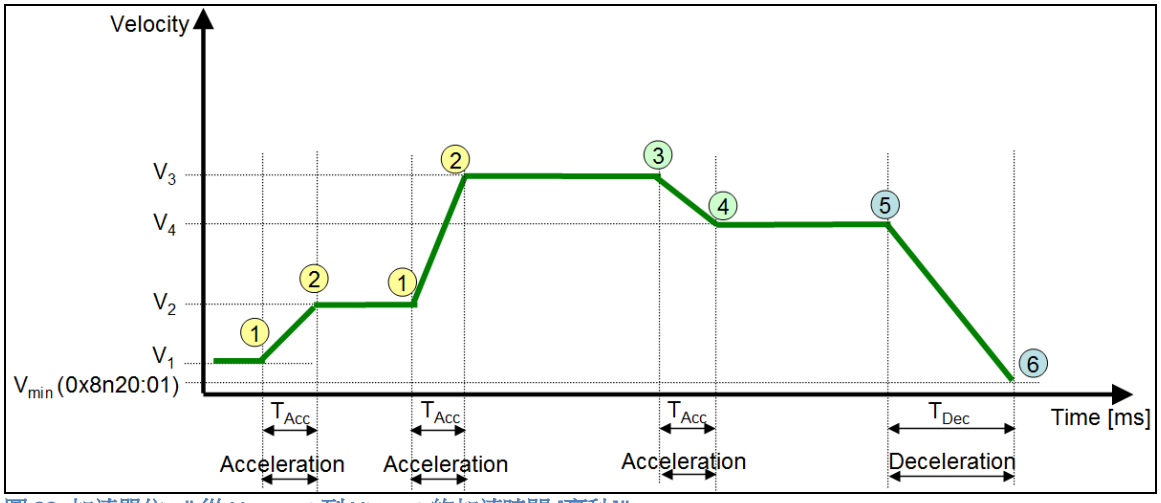


圖 32: 加速單位 - " 從 Vcurrent 到 Vtarget 的加速時間 [毫秒]"

1→2

從當下 $V_{Current}$ 加速到新的目標 V_{Target} (0x7n20):

- 參數"Acceleration" (0x7n20:23)表示運動軸從$V_{Current}$加速到V_{Target}的時間T_{Acc} [毫秒]。
- T_{Acc}:
  - T_{Acc}= |V_{Target}- $V_{Current}$|/Acc
  - 如果"Acceleration"維持定值，則加速梯度隨著當下速度與目標速度的差距而改變。
- $T_{DecStop}$:
  - $T_{DecStop}$ = |V_{Target}- V_{min}|/Acc



從當下速度$V_{Current}$減速到新的目標速度V_{Target} (0x7n20):

- 此模式只支援加速類型 0(表 13)，因此將加速時間"Acceleration" (0x7n20:23) 用於減速到新的目標速度。
- "Acceleration" (0x7n20:23) = 從 $V_{Current}$ 到 V_{Target} (0x7n20)的減速時間 [毫秒]
- T_{Acc}:
  - $T_{Acc} = |V_4 - V_3| / Acc$
- $T_{DecStop}$:
  - $T_{DecStop} = |V_4 - V_{min}| / Acc$



從當下速度$V_{Current}$減速到"Velocity min" (0x8n20:01) V_{min}:

- 參數 "Deceleration" (0x7n20:24)表示從$V_{Current}$減速到V_{min}(0x8n20:01)的時間T_{Dec} [毫秒]。
- T_{Dec}:
  - $T_{Dec} = (V_4 - V_{min}) / Dec$

6.2.2 加速度/減速度類型

加速/減速類型描述了將馬達加速/減速至目標速度所使用的參數。 表格 13 定義了兩種類型。

名稱	數值
Acceleration-->Start phase & Deceleration-->Stop Phase	0
Acceleration-->Acceleration & Deceleration--> Deceleration	1

表格 13: DT0815EN01 物件

類型 1 需要大量的韌體計算，因此強烈建議僅使用類型 0 以增加 ECAT-2094S 的反應時間。

下面章節將介紹加減速類型的屬性。

6.2.2.1 Start-Stop Phase Type

加速度（0x7n20：23）設置用於加速階段（1-> 2，5-> 6），而減速（0x7n20：24）

值用於減速到停止階段（3-> 4，7-> 8）。 更改旋轉方向時，ECAT-2094S 將先使用減速度（0x7n20：24）值減速至停止，然後再使用加速度（0x7n20：23）值加速至新的目標速度。

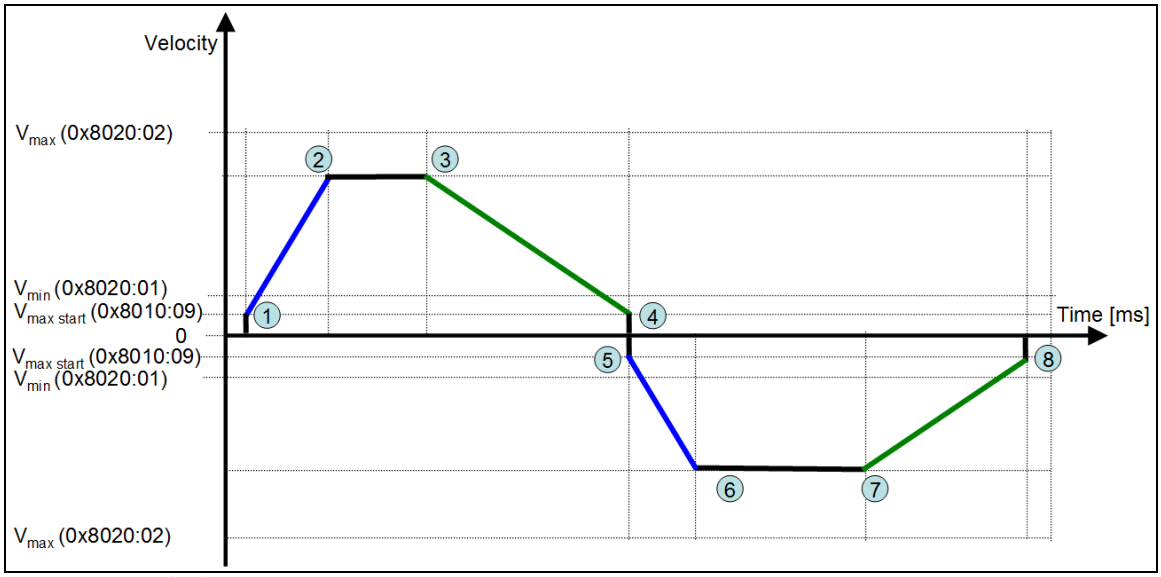


圖 33: start-stop 階段的加速-減速特性

在運動中更改速度時，加速度（0x7n20：23）值將決定達到新目標速度的加速曲線或減速曲線梯度（圖 34）。

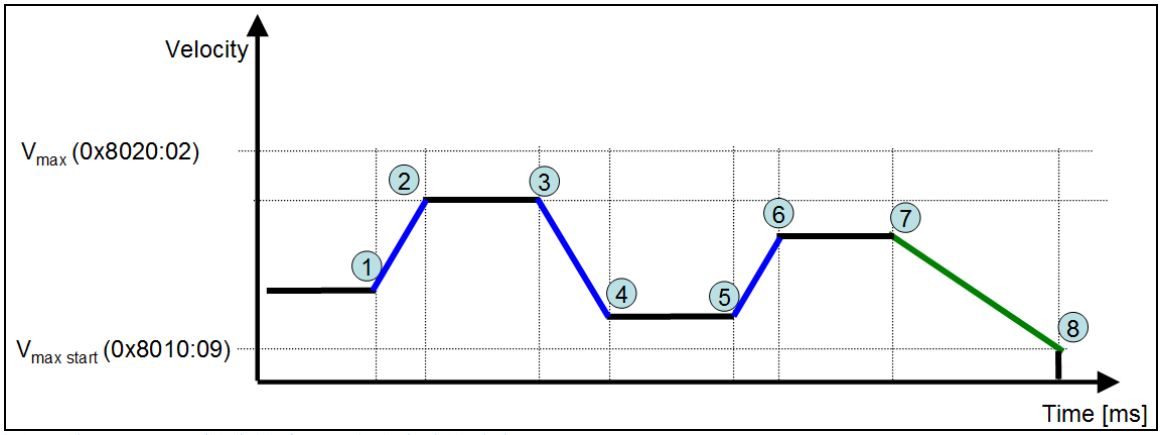


圖 34: 在 Start-Stop 階段模式下於運動中改變速度

以下描述參考圖 34：

- 加速度（0x7n20：23）值設置達到新速度的加速（1-> 2、5-> 6）和減速（3-> 4）屬性。
- 減速度（0x7n20：24）值決定停止階段（7-> 8）的減速度。

6.2.2.2 Standard Acceleration/Deceleration

此處的 acceleration（0x7n20：23）設置始終應用於發生加速時。 當馬達從靜止狀態加速或目標速度大於當前驅動速度時，就是這種情況。 deceleration（0x7n20：24）設置決定減速曲線的梯度，無論是馬達減速至停止或是減速到新速度。 更改速度方向的加/減速如圖 33 所示。

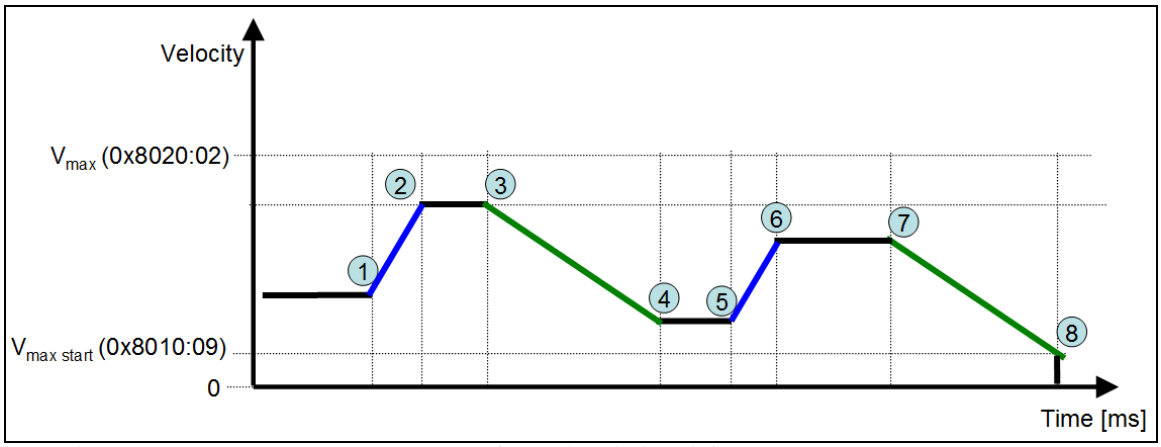


圖 35: 在"standard acceleration-deceleration"模式下於運動中改變速度

圖 35 顯示了當馬達忙於移動到目標位置時，用於改變速度的加減速曲線：

- acceleration（0x7n20：23）值設定加速度梯度（1-> 2，5-> 6）。
- deceleration（0x7n20：24）值設定減速度梯度（3-> 4，7-> 8）。

加速單位"Vcurrent to Vtarget"不支援此加速類型。

6.3 Positioning Interface Compact

以下描述在 "Positioning interface compact"模式下執行行駛命令的過程。

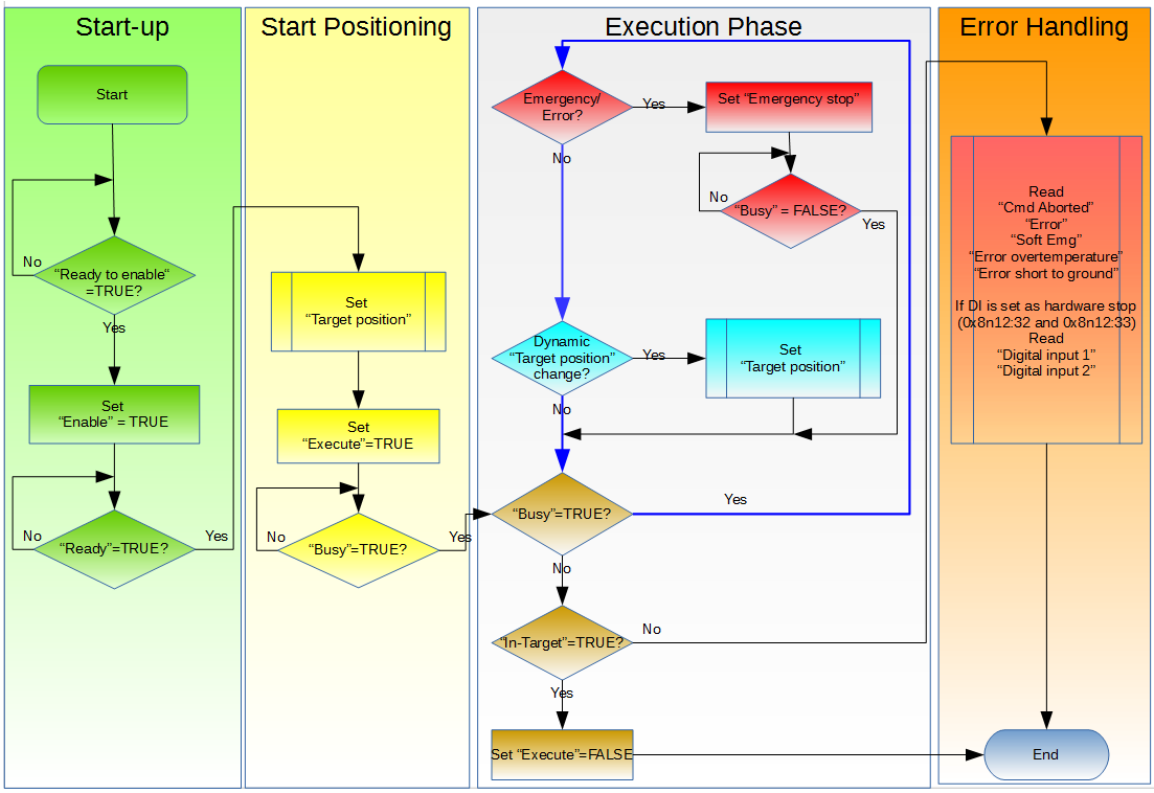


圖 36: "Positioning interface compact" 設定序列

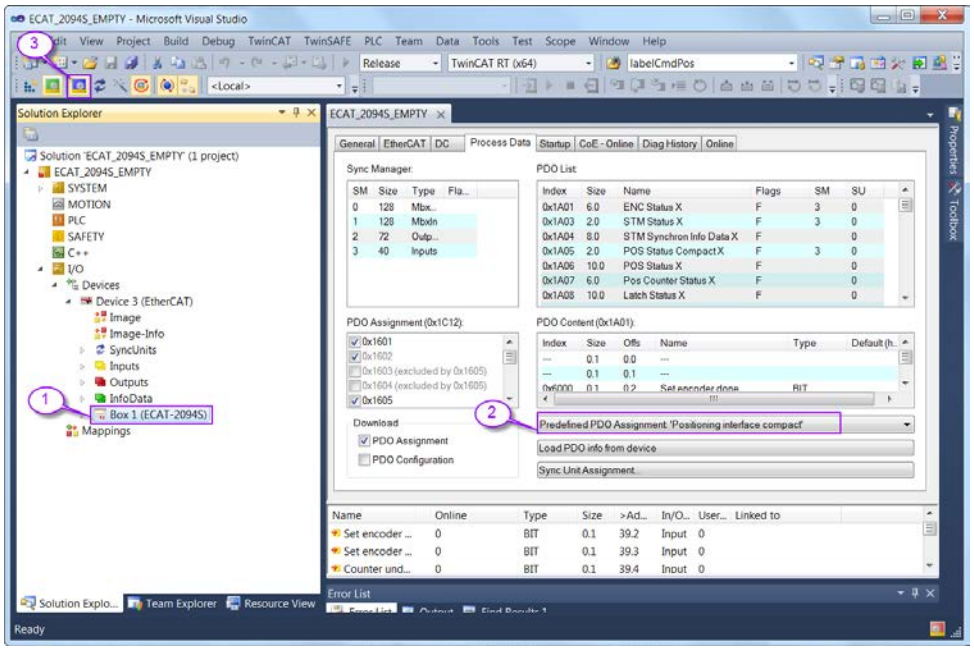
操作程序:

步驟 1: PDO assignment

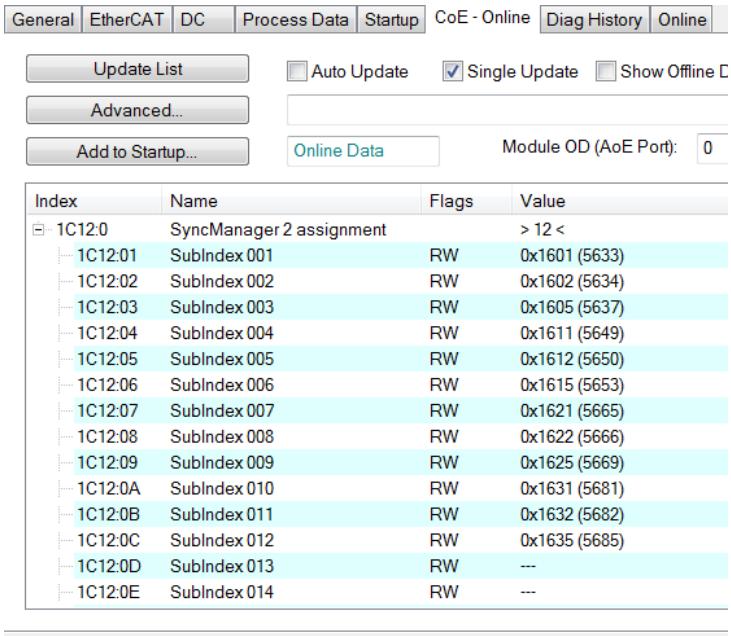
在"Process data"標籤頁下端的 predefined PDO assignment 選擇方塊中選擇"Positioning interface compact"功能。 這將使 TwinCAT 自動啟用所有必需的 PDO 並禁用不必要的 PDO。

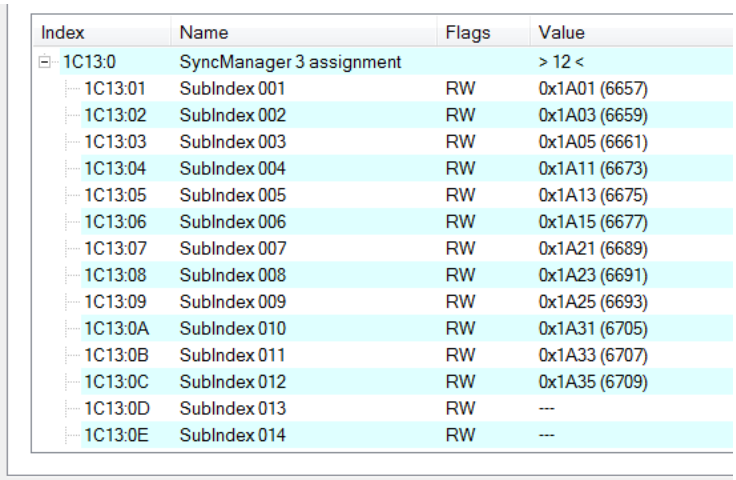
程序:

1. 選擇 ECAT-2094S 的"Process data"標籤頁。
2. 在下拉式選單中選擇"Predefined PDO Assignment: "Position interface compact""。
3. 點擊"Reload I/O device"按鍵將 PDO assignment 發送給從站。



" CoE-Online "標籤頁 中的SyncManager 2 和 3 顯示了新的 PDO assignment：





Index	Name	Flags	Value
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 12 <
1C13:01	SubIndex 001	RW	0x1A01 (6657)
1C13:02	SubIndex 002	RW	0x1A03 (6659)
1C13:03	SubIndex 003	RW	0x1A05 (6661)
1C13:04	SubIndex 004	RW	0x1A11 (6673)
1C13:05	SubIndex 005	RW	0x1A13 (6675)
1C13:06	SubIndex 006	RW	0x1A15 (6677)
1C13:07	SubIndex 007	RW	0x1A21 (6689)
1C13:08	SubIndex 008	RW	0x1A23 (6691)
1C13:09	SubIndex 009	RW	0x1A25 (6693)
1C13:0A	SubIndex 010	RW	0x1A31 (6705)
1C13:0B	SubIndex 011	RW	0x1A33 (6707)
1C13:0C	SubIndex 012	RW	0x1A35 (6709)
1C13:0D	SubIndex 013	RW	---
1C13:0E	SubIndex 014	RW	---

步驟 2: 設定馬達轉矩(詳見"Positioning interface"，6.2 章節的步驟 2)。

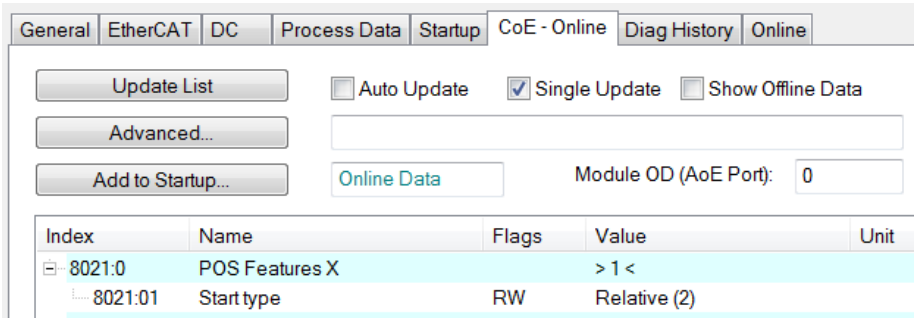
步驟 3: 設定每個全步的微步數（8n10：07）。當微步設定值更高，馬達運行更平穩且振動更小。

步驟 4: 設定運動參數：最大速度、最大加速度等。

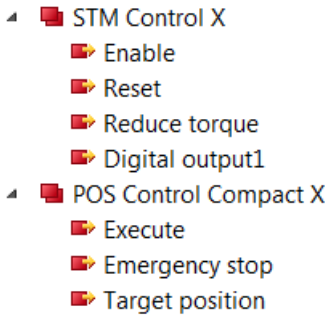
1. 必須根據"Positioning interface"的說明來設定速度(詳見章節 6.2 的步驟 4)。
2. 設定"Acceleration unit"（0x8n20：08）和"Acc-Dec parameter definition"（0x8n20：09），如第 6.2.1 和 6.2.2 章節所述。
3. 設置加減速參數值。其單位由"Acceleration unit"（0x8n20：08）決定。正反方向的數值都 必須 做設定 。
   i. Acceleration pos (0x8n20:03): 正轉方向的加速度。
   ii. Acceleration neg (0x8n20:04): 反轉方向的加速度。
   iii. Deceleration pos (0x8n20:05): 正轉方向的減速度。
   iv. Deceleration neg (0x8n20:06): 反轉方向的減速度。
4. "Emergency deceleration"表示在緊停旗標設置為 TRUE（0x7n20：02 - Emergency stop）之後馬達多快可停止。

Index	Name	Flags	Value
8010:0	STM Motor Settings X		> 18 <
8010:01	Maximum run current	RW	0x02EE (750)
8010:02	Reduced run current	RW	0x0177 (375)
8010:03	Maximum hold current	RW	0x02EE (750)
8010:04	Reduced hold current	RW	0x0177 (375)
8010:06	Motor fullsteps	RW	0x00C8 (200)
8010:07	Micro Steps	RW	256 (8)
8010:08	Power on motor current	RW	0x0177 (375)
8010:09	Max Start Velocity	RW	0x0064 (100)
8010:12	Safe motor current	RW	0x0177 (375)
8012:0	STM Features X		> 66 <
8020:0	POS Settings X		> 7 <
8020:01	Velocity min	RW	0x00000000 (0)
8020:02	Velocity max	RW	0x00002710 (10000)
8020:03	Acceleration pos	RW	0x03E8 (1000)
8020:04	Acceleration neg	RW	0x03E8 (1000)
8020:05	Deceleration pos	RW	0x03E8 (1000)
8020:06	Deceleration neg	RW	0x03E8 (1000)
8020:07	Emergency deceleration	RW	0x0000 (0)

步驟 5: "Start type"（0x8n21：01）表示目標位置是相對位置還是絕對位置。另外，用戶可以確定目標位置是否可以在運動中改變。 請參閱表格 9: Start type 定義了解正確的參數值。



步驟 6: 運動執行程序:



1. 啟用"Enable" (0x7n10:01)旗標。
2. 設置目標位置（單位：步）（0x7n20：11）。 目標位置距離由"Start type"（0x8n21：01）類型下定義。
3. 透過將"Execute"變量設置為 true 來啟動運動執行（0x7n20：01）。

4. 如果在行駛期間已經啟用了緊急停止（0x7n20：02），則必須將"Emergency stop"變量設置為 false，並且在執行下一個命令之前將"Execute"恢復為 false。
5. 錯誤：如果在行駛過程中發生錯誤（過熱、EtherCAT 通訊失敗、主站將從站從 OP 模式設置成非 OP 模式等），會啟用錯誤旗標（0x6n10：04 Error）。 為了清除該旗標，"Reset"變量必須啟用（0x7n10：02 - Reset）一個週期時間。

6.4 Position Control

如果應用程式需要在每個通訊週期內發送一個新的絕對目標位置，則必須選擇位置控制模式。 最大速度和加速時間必須設置為比較大的值，以便驅動器在週期時間結束時到達新的目標位置。 在這種模式下，應用程式主要計算和控制馬達的速度曲線。

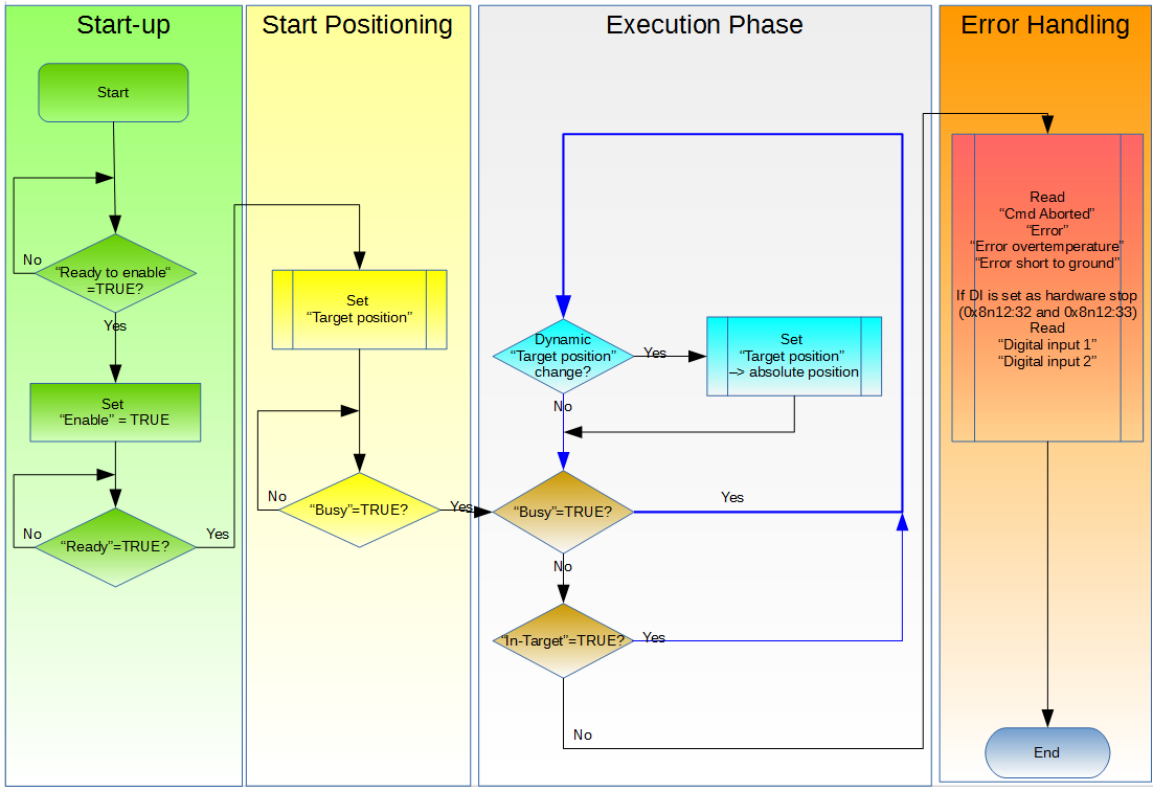


圖 37: 位置控制模式的變數執行程序

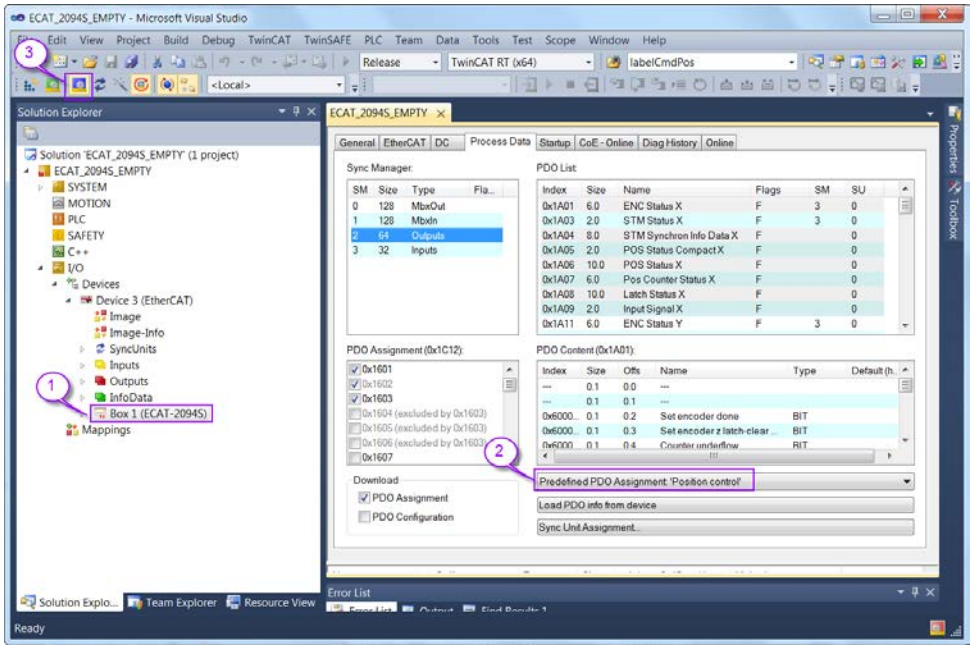
處理程序:

步驟 1: PDO assignment

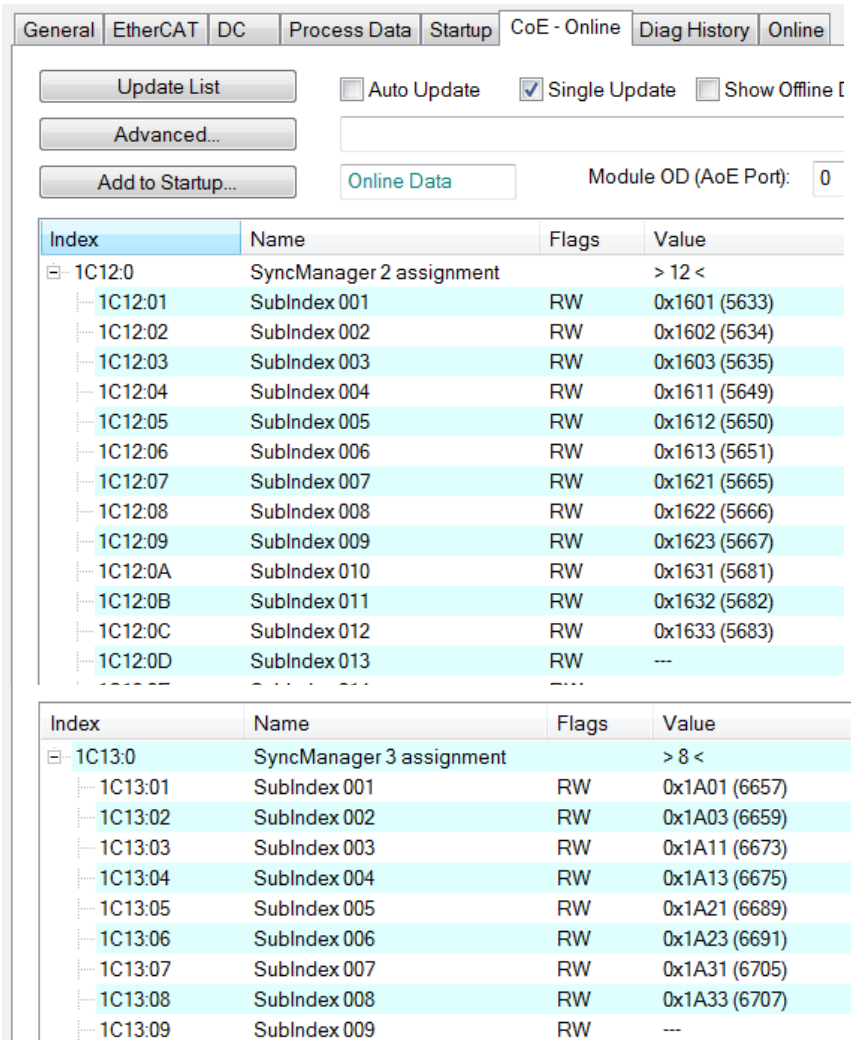
在"Process data"標籤頁下端選擇 predefined PDO assignment "Positioning control"功能。 因此，所有必要的 PDO 會自動啟用，而不必要的 PDO 則被停用。

程序:

1. 選擇 ECAT-2094S 的"Process Data"標籤頁。
2. 在下拉式選單中選擇"Predefined PDO Assignment: "Position control"" 。
3. 點擊"Reload I/O device"按鍵將 PDO assignment 發送給從站。



"CoE-Online"標籤頁中的 SyncManager 2 與 3 顯示了新的 PDO assignment:

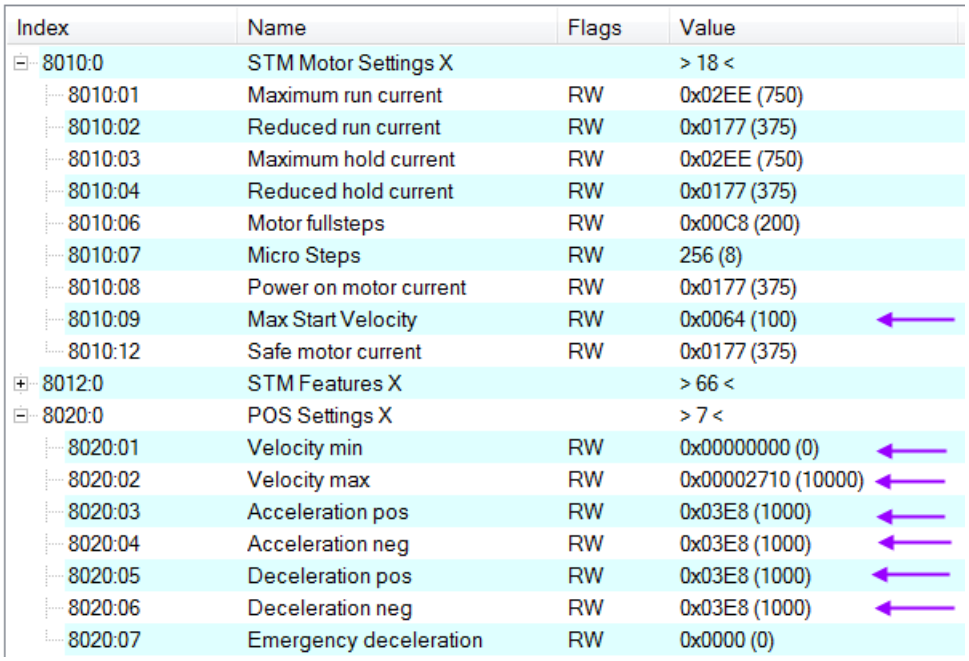


步驟 2: 設定馬達轉矩(詳見"Positioning interface"，章節 6.2 的 37)。

步驟 3: 設定每全步的微步數(8n10:07)。當微步設定值更高 ，馬達運轉更平穩且震動更小。

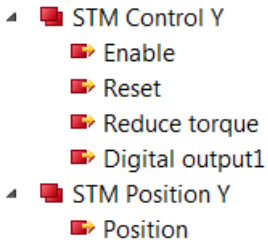
步驟 4: 設置系統的運動參數：最大速度，最大加速度等

1. 速度必須依照"Positioning interface"的描述做設定(詳見章節 6.2 的 38)。
2. 設定"Acceleration unit"（0x8n20：08）和"Acc-Dec parameter definition"（0x8n20：09），如第 6.2.1 和 6.2.2 章節所述。
3. 另外，必須設定加速和減速值（單位：0x8n20：08）。 正方向和負方向的值都是必需的 。
   i. Acceleration pos (0x8n20:03)
   ii. Acceleration neg (0x8n20:04)
   iii. Deceleration pos (0x8n20:05)
   iv. Deceleration neg (0x8n20:06)



Index	Name	Flags	Value
8010:0	STM Motor Settings X		> 18 <
8010:01	Maximum run current	RW	0x02EE (750)
8010:02	Reduced run current	RW	0x0177 (375)
8010:03	Maximum hold current	RW	0x02EE (750)
8010:04	Reduced hold current	RW	0x0177 (375)
8010:06	Motor fullsteps	RW	0x00C8 (200)
8010:07	Micro Steps	RW	256 (8)
8010:08	Power on motor current	RW	0x0177 (375)
8010:09	Max Start Velocity	RW	0x0064 (100)
8010:12	Safe motor current	RW	0x0177 (375)
8012:0	STM Features X		> 66 <
8020:0	POS Settings X		> 7 <
8020:01	Velocity min	RW	0x00000000 (0)
8020:02	Velocity max	RW	0x00002710 (10000)
8020:03	Acceleration pos	RW	0x03E8 (1000)
8020:04	Acceleration neg	RW	0x03E8 (1000)
8020:05	Deceleration pos	RW	0x03E8 (1000)
8020:06	Deceleration neg	RW	0x03E8 (1000)
8020:07	Emergency deceleration	RW	0x0000 (0)

步驟 5: 運動執行程序:



1. 啟用參數"Enable" (0x7n10:01)。
2. 設置絕對目標位置（單位：步）。 一旦實際和目標位置不一致，驅動器將立即輸出步數。 如果在應用中馬達需要在每個週期結束時到達目標位置，則需將加速時間和速度（步驟 4）設置為較高的值。
3. 錯誤：如果在行駛過程中發生錯誤（過熱、EtherCAT 通訊失敗、主站將從站從 OP 模式設置成非 OP 模式等），會啟用錯誤旗標（0x6n10：04 Error）。 為了清除該旗標，"Reset"變量必須啟用（0x7n10：02 - Reset）一個週期時間。

7 速度控制設定

在速度控制模式下，馬達加速到目標速度並維持此速度直到用戶改變為止。 當用戶更改速度設定時，驅動器將自動加速或減速到新值。 在轉動方向改變的情況下，驅動器首先將馬達減速至靜止狀態，然後沿相反的方向加速。 速度設置為零時，馬達將會停止。 加速度和減速度值必須透過配置物件（0x8n20）進行設定。

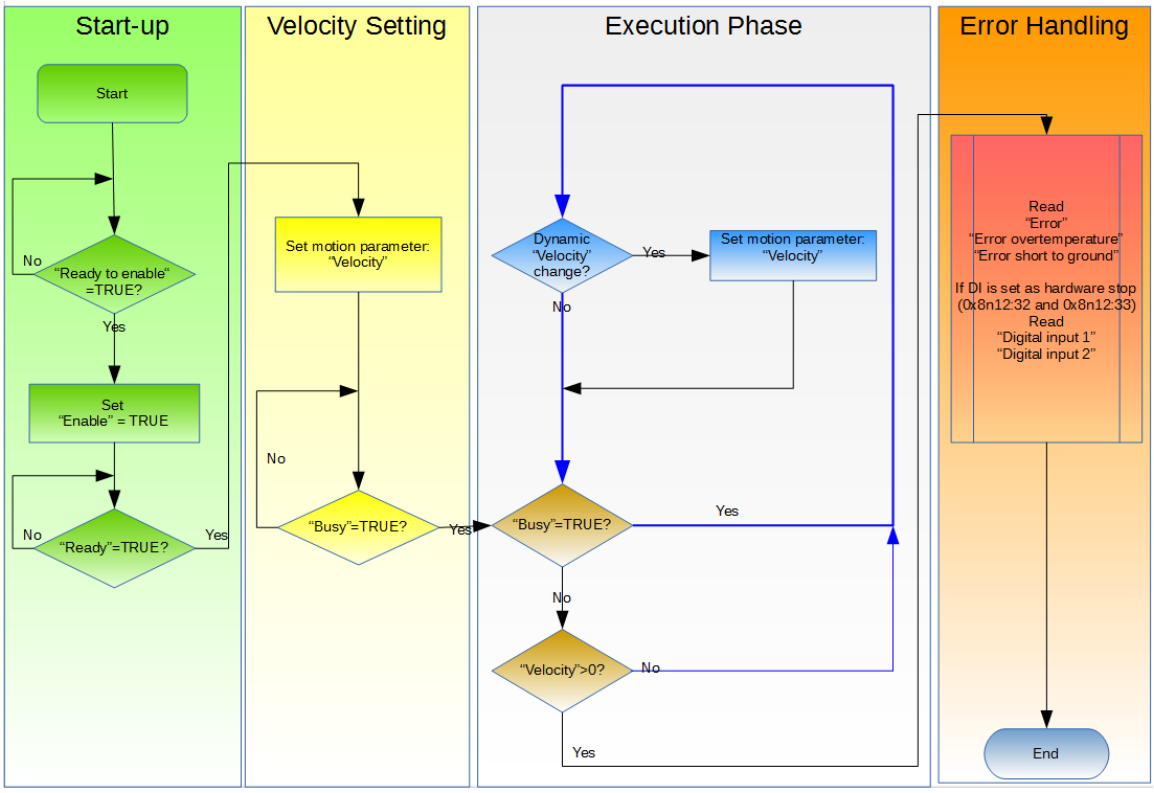


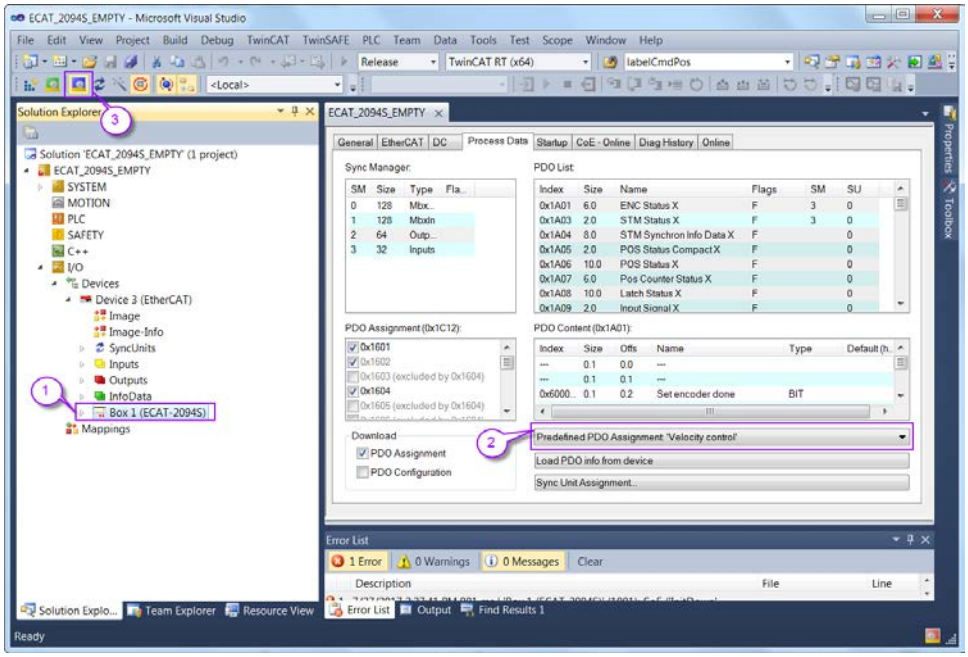
圖 38: 速度控制設定

速度控制操作程序：

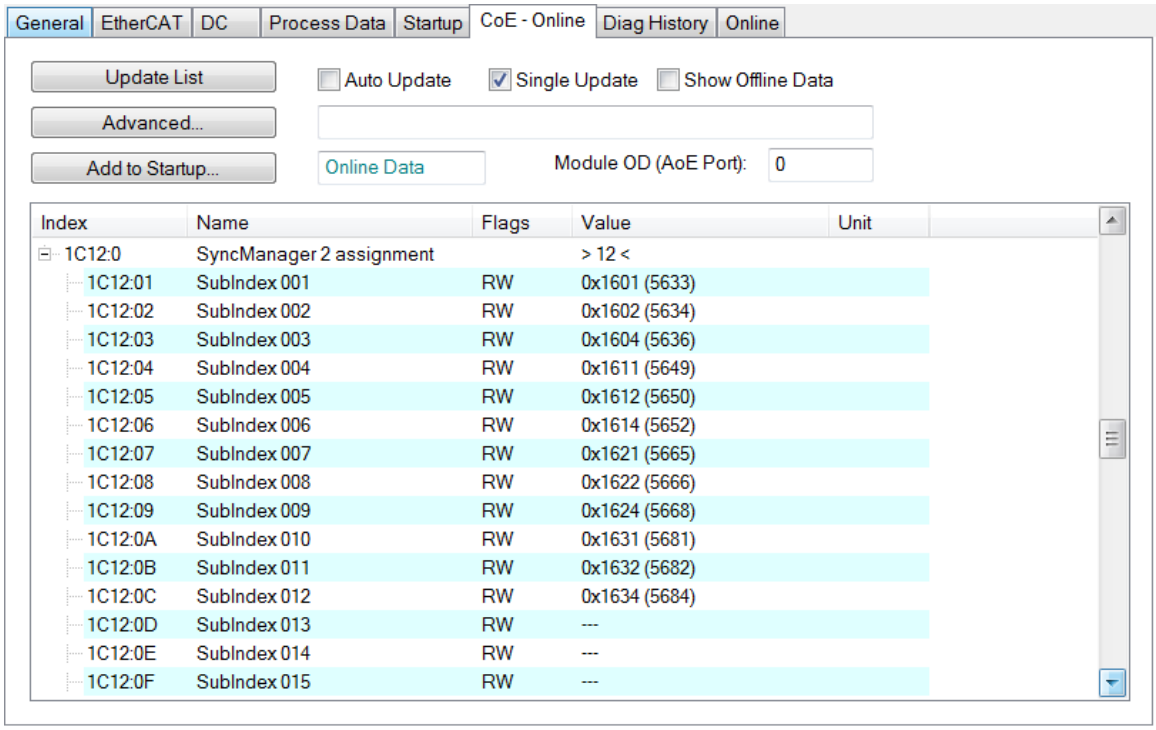
步驟 1: PDO assignment

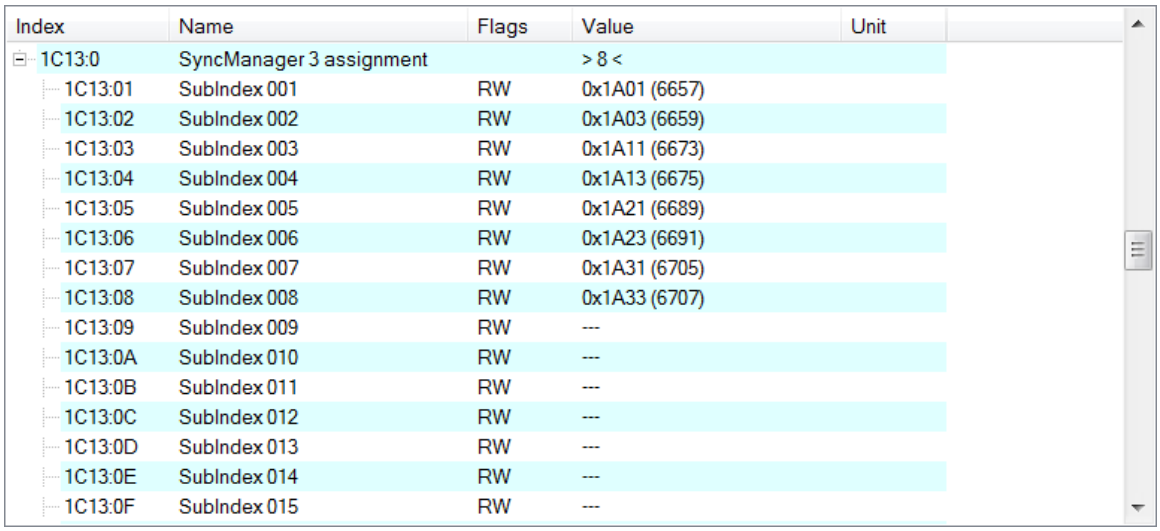
在"Process data"標籤頁下端的 predefined PDO assignment 選單中選擇"Velocity control"功能。

1. 選擇 ECAT-2094S 的"Process Data"標籤頁。
2. 在下拉式選單中選擇"Predefined PDO Assignment: " Velocity control ""。
3. 點擊"Reload I/O device"按鍵將 PDO assignment 發送給從站。



"CoE-Online"標籤頁中的SyncManager 2 和 3 顯示了新的 PDO assignment：





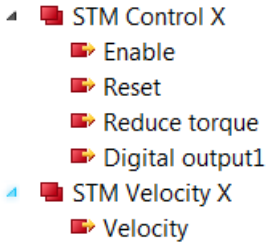
Index	Name	Flags	Value	Unit
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 8 <	
1C13:01	SubIndex 001	RW	0x1A01 (6657)	
1C13:02	SubIndex 002	RW	0x1A03 (6659)	
1C13:03	SubIndex 003	RW	0x1A11 (6673)	
1C13:04	SubIndex 004	RW	0x1A13 (6675)	
1C13:05	SubIndex 005	RW	0x1A21 (6689)	
1C13:06	SubIndex 006	RW	0x1A23 (6691)	
1C13:07	SubIndex 007	RW	0x1A31 (6705)	
1C13:08	SubIndex 008	RW	0x1A33 (6707)	
1C13:09	SubIndex 009	RW	---	
1C13:0A	SubIndex 010	RW	---	
1C13:0B	SubIndex 011	RW	---	
1C13:0C	SubIndex 012	RW	---	
1C13:0D	SubIndex 013	RW	---	
1C13:0E	SubIndex 014	RW	---	
1C13:0F	SubIndex 015	RW	---	

步驟 2: 設定馬達轉矩(詳見"Positioning interface"，章節 6.2 的 37)。

步驟 3: 設定每全步的微步數(8n10:07)。當微步設定值更高 ，馬達運轉更平穩且震動更小。

步驟 4: 按照 position control 所描述的步驟設定馬達參數(詳見章節 6.2 的 38)。

步驟 5: 運動執行程序:



1. 啟用參數"Enable" (0x7n10:01)。
2. 設置速度（單位：每秒步數）。 驅動器會立即加速到設定的速度，並以這個速度持續運行直到接收到新的速度值為止。 如果速度設置為零，或"Enable"（0x7n10：01）旗標設置為 FALSE，或者發生錯誤，馬達將會停止。

8 CoE 介面

8.1 概述

CoE 介面（CANopen over EtherCAT）用於 EtherCAT 設備的參數管理。 CoE 界面顯示了操作和診斷 ECAT-2094S 設備所需的所有物件和參數。 一些參數是固定且無法被修改的，例如指示設備的操作狀態或設備屬性。 運動相關參數需要在實際運動控制開始之前做好設置。 這些參數的設定由受控步進馬達類型和運動應用系統的設置來決定。

CoE 參數必須透過 CAN over EtherCAT 協議進行存取。 EtherCAT 主站透過 CAN over EtherCAT 上存取從站的本地 CoE 列表。當使用 TwinCAT System Manager 進行 CoE 參數配置時，用戶無需了解 CoE 協議。

CoE 參數描述了各種特性，如製造商 ID、設備名稱、進程數據設定、步進馬達的校準值，例如電流輸出、每全步的微步數、最大速度等。

CoE列表的相關範圍為：

- 0x1000: 存儲設備的固定訊息，包括名稱、製造商、序號等。另外存儲關於當前和可用進程數據配置的訊息。
  - 0x1600: RxPDO mapping
  - 0x1A00: TxPDO mapping
- 0x8000: 儲存步進馬達控制所需的所有設置數據。
- 0x6000: 輸入PDO（從EtherCAT主站角度來看的 "輸入 "）。
- 0x7000: 輸出PDO（從EtherCAT主站角度來看的 "輸出 "）。

圖 39 顯示了可用於 ECAT-2094S 設備的一些 CoE 物件，其範圍從 0x1000 到 0xF008。 可以透過展開"CoE-Online"標籤頁中的樹狀清單來存取物件的參數。 這些物件及其屬性會在第 9 章中做說明。

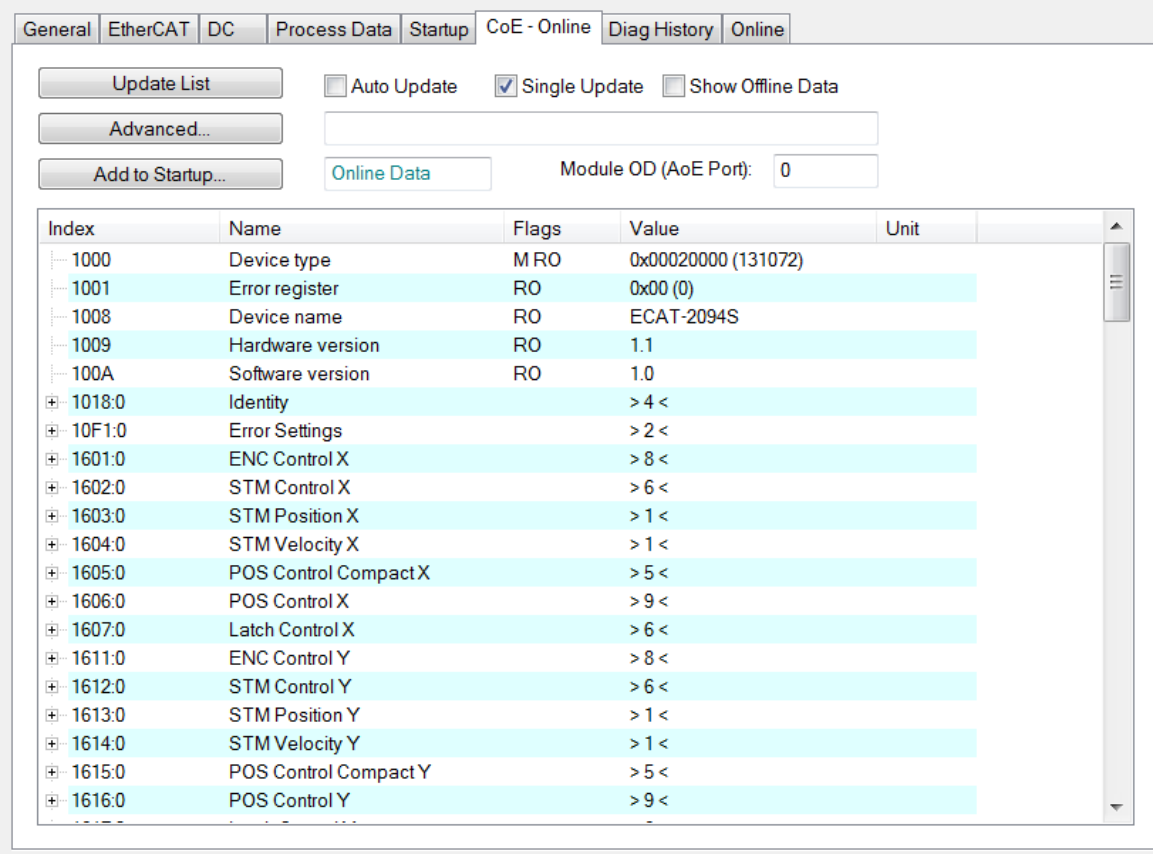


圖 39: "CoE - Online " 標籤頁

8.2 儲存設置數據到記憶體

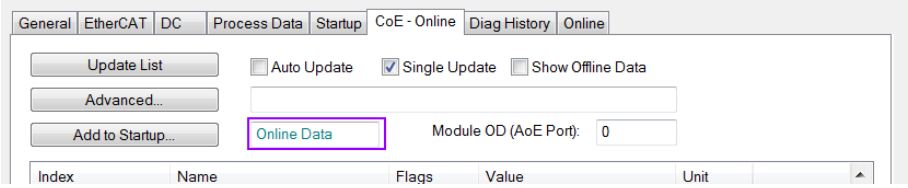
本節將討論將運動配置參數儲存到 非揮發性 記憶體 設備的程序。

CoE 物件範圍 0x8000 到 0x8321 包含所有可配置和可存儲的運動相關參數。 TwinCAT 允許用戶透過系統管理器（圖 39）或經由 ADS（TcEtherCAT.lib library）從 TwinCAT PLC 設定配置參數。

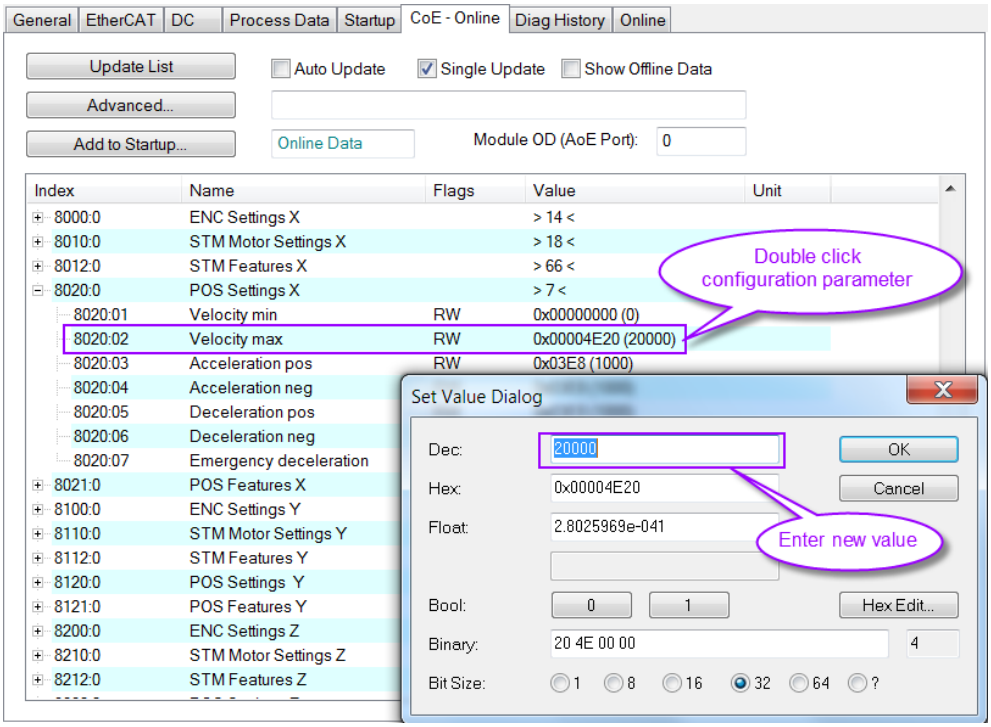
如果從站的CoE參數被線上修改，ECAT-2094S設備不會自動將數據存儲到 非揮發性 記憶體中 。 此數據會在設備關閉後遺失。 0xF008 物件提供了將修改後的配置數據存儲到設備的 非揮發性 記憶體 的功能，重新啟動後該設定將立即可用。

將配置數據存儲到ECAT-2094S區域記憶體的程序：

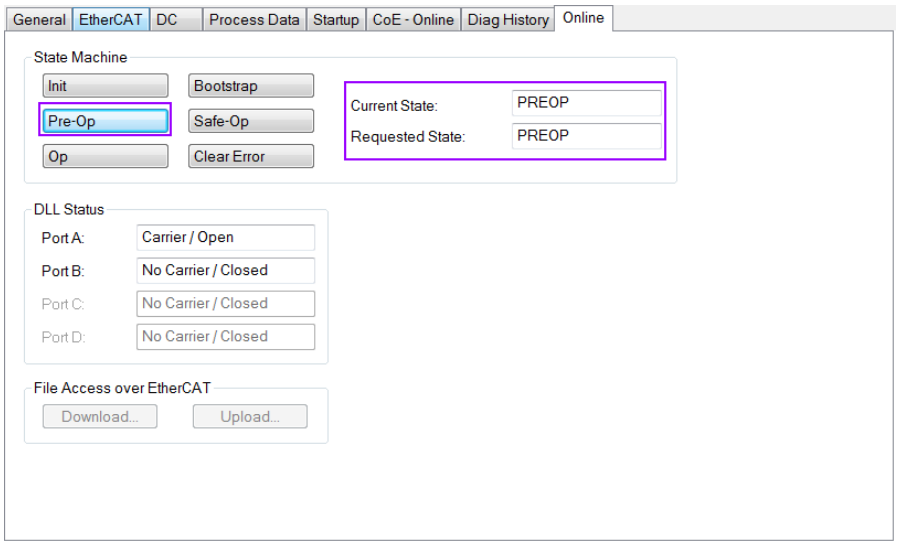
步驟 1: 確保 TwinCAT 系統管理器有連接到 ECAT-2094S，且"CoE-Online"標籤頁顯示從站處於在線的狀態。



步驟 2: 設置軸 X、Y、Z、U 的所有必要的配置對象（0x8n00、0x8n10、0x8n12、0x8n21，n=0~3）。 透過雙擊配置參數並在彈出視窗中輸入一個新值來完成設置。 在下圖中，馬達 X 的最大速度設置為每秒 20000 步。

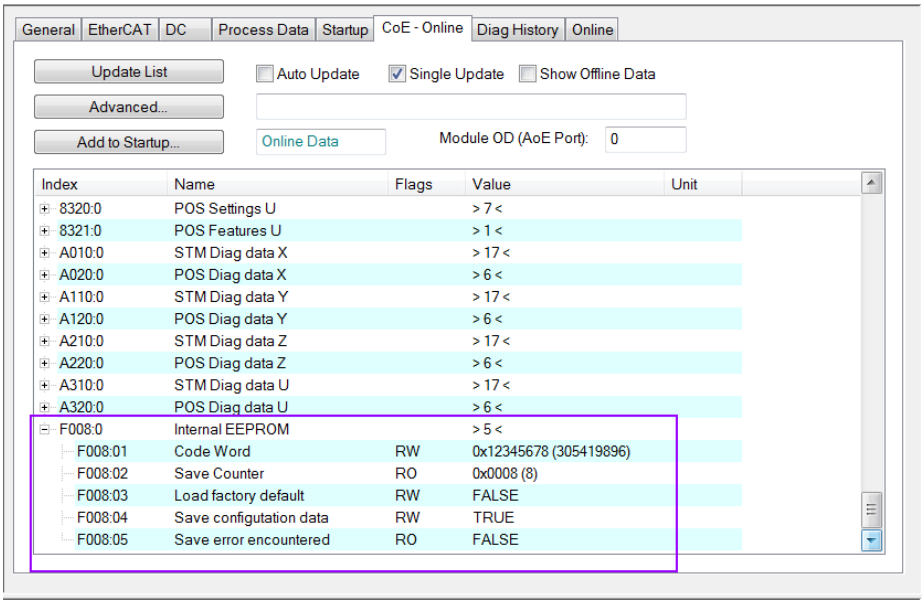


步驟 3: 完成所有配置後，將從站設置為 Pre-Op 模式。 當處於 Pre-Op 模式時，只能將數據存儲到區域設備。 在"Online"標籤頁上，單擊"Pre-OP"按鈕將從站設置到 Pre-OP 模式。

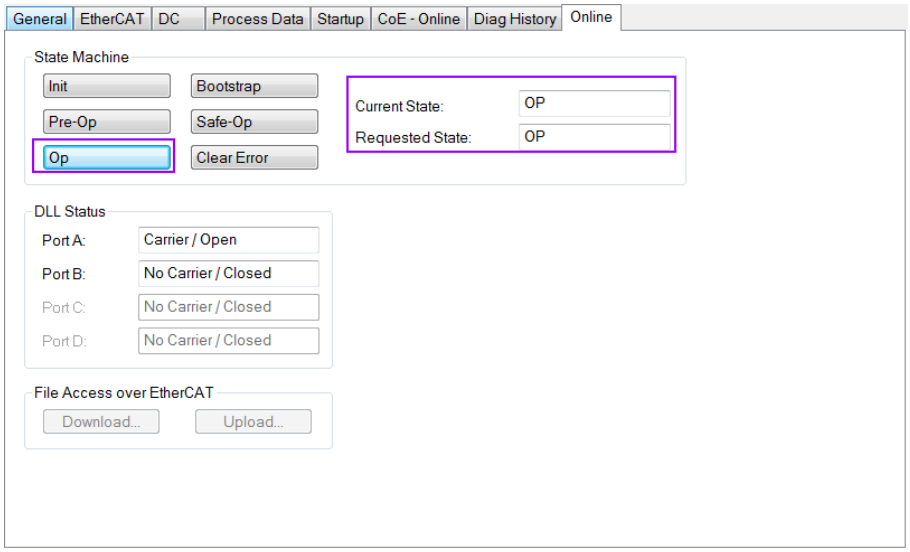


步驟 4: 物件 0xF008 的參數處理儲存程序。

1. 捲 動頁面到 "CoE-Online"列表的末端，並展開物件 0xF008 的樹狀圖。
2. 輸入數值 0x12345678 到"Code Word"。
3. 將"Save configuration data"從 FALSE 設置為 TRUE，以將配置數據儲存到內部 EEPROM。 參數"Save error encountered"（F008：05）表示在儲存過程中是否發生錯誤。
4. 為了使用戶配置的數據可在設備重啟後生效，將"Load factory default"設置為 FALSE。 透過將該值重新設置為 TRUE，可以一直回復出廠預設設定。
5. "Save Counter"（F008：02）顯示在設備的使用期限內存儲 配置 數據到區域記憶體的頻率。



步驟 5: 將 ECAT-2094S 設置回 OP 模式。



8.3 驅動器調適

- ECAT-2094S 使用 Trinamic 的運動控制晶片 TMC5130A 進行步進馬達控制。 ECAT-2094S 支持以下 TMC5130A 模式：
- stealthChop™無噪音，高精度斬波演算法，可使馬達在運動和靜止狀態下靜音。
- spreadCycle™高精度斬波演算法，可以替代傳統的恆定截止時間演算法。
- dcStep™負載相關的速度控制。 馬達盡可能快速運動，不會失步。
- coolStep™負載自適應電流控制，可將能源消耗降低多達 75%。

ECAT-2094S 預設使用 spreadCycle™模式。 此模式易於使用且非常精確，因為 TMC5130A 的斬波演算法會自動確定快速衰減階段的最佳長度。 即使使用預設設定，spreadCycle 也將提供卓越的微步進素質。

如果對 spreadCycle 模式或上述其他模式需要做額外的驅動器調適，則

- 查閱"TMC5130_datasheet.pdf"手冊，該手冊可從 Trinamic 網站下載。 "Quick Configuration Guide"章節提供了調適驅動器的步驟。 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**（第 11 章）顯示了透過 ECAT-2094S 的服務數據物件（SDO）可直接存取運動晶片的暫存器。
- 聯繫ICP DAS CO., LTD. (http://www.icpdas.com)以取得更多信息與支援。

9 物件描述與參數化

9.1 標準物件

Index 1000 Device type

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1000:0	Device type	EtherCAT 從站的設備類型	UINT32	RO	0x00020000

Index 1008 Device name

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1008:0	Device name	EtherCAT 從站的設備名稱	STRING	RO	ECAT-2094S

Index 1009 Hardware version

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1009:0	Hardware version	EtherCAT 從站的硬體版本	STRING	RO	2.0 (or greater)

Index 100A Software version

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
100A:0	Software version	EtherCAT 從站的軟體版本	STRING	RO	2.0.0 (or greater)

Index 1018 Identity

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1018:0	Identity		UINT8	RO	0x04
1018:01	Vendor ID	EtherCAT 從站的供應商 ID	UINT32	RO	0x00494350
1018:02	Product code	EtherCAT 從站的產品號碼	UINT32	RO	0x00209453
1018:03	Revision	EtherCAT 從站的版本號	UINT32	RO	0x00010000
1018:04	Serial number	EtherCAT 從站的序號(尚未支援)	UINT32	RO	0x00000000

Index 10F1 Error settings

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
10F1:0	Error settings		UINT8	RO	0x02
10F1:01	Local error reaction	未開放使用	UINT32	RW	0x00000001
10F1:02	Sync error counter limit	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	UINT16	RW	0x0004

		狀態，並顯示'Synchronization Lost'錯誤。同步錯誤計數器會在錯誤被確認後被重置。			

9.2 RxPDO Mapping Objects

符號 **n** 代表軸號: 0 到 3。

Index 16n1 ENC Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n1:0	ENC Control	編碼器控制	UINT8	RO	0x08
16n1:01	Status__Gap1	empty (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
16n1:02	Control__Set encoder	設定編碼器 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n000201
16n1:03	Control__Set position counter	設定位置計數器 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n000301
16n1:04	Control__Set encoder z latch-clear mode	啟動編碼器索引鎖存清除模式 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n000401
16n1:05	Control__Gap2	字節填充 (4 Bit)	UINT32	RO	0x00000004
16n1:06	Control_Encoder z latch-clear mode	編碼器索引鎖存清除模式 (8 Bit)	UINT32	RO	0x7n000608
16n1:07	Control__Set encoder value	設定編碼器數值 (32-bit)	UINT32	RO	0x7n001120
16n1:08	Control__Set position counter value	設定位置計數器數值 (32-bit)	UINT32	RO	0x7n001220

Index 16n2 STM Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n2:0	STM Control	步進馬達控制	UINT8	RO	0x06
16n2:01	Control__Enable	啟用 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n100101
16n2:02	Control__Reset	重置 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n100201
16n2:03	Control__Reduce torque	減少轉矩 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n100301
16n2:04	Control__Gap1	字節填充 (5 Bit)	UINT32	RO	0x00000005
16n2:05	Control__Digital output1	數位輸出 1	UINT32	RO	0x7n100C01

		(1 Bit)			
16n2:06	Control__Gap2	字節填充 (7 Bit)	UINT32	RO	0x00000007

Index 16n3 STM Position (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n3:0	STM Position	步進馬達位置控制	UINT8	RO	0x01
16n3:01	Control__Position	位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x7n101120

Index 16n4 STM Velocity (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n4:0	STM Velocity	步進馬達速度控制	UINT8	RO	0x01
16n4:01	Control__Velocity	速度 (32 Bit)	UINT32	RO	0x7n102120

Index 16n5 POS Control Compact (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n5:0	POS Control Compact	步進馬達精簡控制	UINT8	RO	0x05
16n5:01	Control__Execute	執行 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n200101
16n5:02	Control__Emergency stop	緊急停止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n200201
16n5:03	Control__Gap1	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006
16n5:04	Control__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008
16n5:05	Control__Target position	目標位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x7n201120

Index 16n6 POS Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n6:0	POS Control	位置控制	UINT8	RO	0x09
16n6:01	Control__Execute	執行 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n200101
16n6:02	Control__Emergency stop	緊急停止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n200201

16n6:03	Control__Gap1	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006
16n6:04	Control__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008
16n6:05	Control__Target position	目標位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x7n201120
16n6:06	Control__Velocity	最大速度 (32 Bit)	UINT32	RO	0x7n202120
16n6:07	Control__Start type	啟動類型 (16 Bit)	UINT32	RO	0x7n202210
16n6:08	Control__Acceleration	加速度 (16 Bit)	UINT32	RO	0x7n202310
16n6:09	Control__Deceleration	減速度 (16 Bit)	UINT32	RO	0x7n202410

Index 16n7 Latch Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
16n7:0	Latch Control	鎖存設定	UINT8	RO	0x06
16n7:01	Control__Enable latch active edge DI 1	啟動DI1 正緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n300101
16n7:02	Control__Enable latch active edge DI 2	啟動DI1 正緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n300201
16n7:03	Control__Enable Latch inactive edge DI 1	啟動DI1 負緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n300301
16n7:04	Control__Enable Latch inactive edge DI 2	啟動DI2 負緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x7n300401
16n7:05	Control__Gap1	字節填充 (4 Bit)	UINT32	RO	0x00000004
16n7:06	Control__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008

9.3 TxPDO Mapping Objects

符號 **n** 代表軸號: 0 到 3。

Index 1An1 ENC Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An1:0	ENC Status	編碼器狀態	UINT8	RO	0x0D
1An1:01	Status__Gap1	填空	UINT32	RO	0x00000001

		(1 Bit)			
1An1:02	Status__Gap2	填空 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1An1:03	Status__Set encoder done	設定編碼器計數器完成 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n000301
1An1:04	Status__Set encoder z latch-clear mode done	設定編碼器 z 訊號鎖存清除模式完成(1 Bit)	UINT32	RO	0x6n000401
1An1:05	Status__Counter underflow	計數器下溢 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n000501
1An1:06	Status__Counter overflow	計數器過溢 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n000601
1An1:07	Status__Index	編碼器索引事件 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n000701
1An1:08	Status__Gap3	字節填充 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1An1:09	Status__Gap4	填空 (5 Bit)	UINT32	RO	0x00000005
1An1:0A	Status__Sync error	同步錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n000E01
1An1:0B	Status__Gap5	填空 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1An1:0C	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變化位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n001001
1An1:0D	Status__Encoder value	編碼器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x6n001120

Index 1An3 STM Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An3:0	STM Status	步進馬達狀態	UINT8	RO	0x10
1An3:01	Status__Ready to enable	準備啟用 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100101
1An3:02	Status__Ready	待命 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100201
1An3:03	Status__Warning	警告 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100301
1An3:04	Status__Overtemperatur	過熱預警 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100401
1An3:05	Status__Warning open load	在 A 相或 B 相檢測到開路負載	UINT32	RO	0x60100501
1An3:06	Status__Error	錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100601
1An3:07	Status__Error overtemperature	過熱錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100701
1An3:08	Status__Error short to ground	對地短路錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100801
1An3:09	Status__Moving positive	正向移動 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100901

1An3:0A	Status__Moving negative	反向移動 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100A01
1An3:0B	Status__Torque reduced	轉矩縮減 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100B01
1An3:0C	Status__Digital input 1	數位輸入 1 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100C01
1An3:0D	Status__Digital input 2	數位輸入 2 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100D01
1An3:0E	Status__Sync error	同步錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n100E01
1An3:0F	Status__Motor standstill	馬達處於靜止狀態 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100F01
1An3:10	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變換位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101001

Index 1An4 STM Synchron Info Data (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An4:0	STM Synchron Info Data		UINT8	RO	0x02
1An4:01	Status__Info data 1	訊息數據 1 (32 Bit)	UINT32	RO	0x6n101120
1An4:02	Status__Info data 2	訊息數據 2 (32 Bit)	UINT32	RO	0x6n101220

Index 1An5 POS Status Compact (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An5:0	POS Status Compact		UINT8	RO	0x0B
1An5:01	Status__Busy	忙碌 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200101
1An5:02	Status__In-Target	到達 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200201
1An5:03	Status__Warning	警告 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200301
1An5:04	Status__Error	錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200401
1An5:05	Status__Target overrun	目標位置過衝 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200501
1An5:06	Status__Accelerate	加速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200601
1An5:07	Status__Decelerate	減速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200701
1An5:08	Status__SoftEmg	軟體緊急事件 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200801
1An5:09	Status__CmdRejected	命令拒收 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200901
1An5:0A	Status__CmdAborted	命令中止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200A01
1An5:0B	Status__Gap2	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006

Index 1An6 POS Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An6:0	POS Status		UINT8	RO	0x0D
1An6:01	Status__Busy	忙碌 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200101
1An6:02	Status__In-Target	到達目標位置 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200201
1An6:03	Status__Warning	警告 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200301
1An6:04	Status__Error	錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200401
1An6:05	Status__Target overrun	目標位置過衝 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200501
1An6:06	Status__Accelerate	加速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200601
1An6:07	Status__Decelerate	減速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200701
1An6:08	Status__SoftEmg	軟體警急事件 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200801
1An6:09	Status__CmdRejected	命令拒收 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200901
1An6:0A	Status__CmdAborted	命令中止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n200A01
1An6:0B	Status__Gap2	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006
1An6:0C	Status__Actual motor position	實際位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x6n201120
1An6:0D	Status__Actual motor velocity	實際速度 (32 Bit)	UINT32	RO	0x6n202120

Index 1An7 Pos Counter Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An7:0	Pos Counter Status	位置計數器狀態	UINT8	RO	0x02
1An7:01	Status__Set position counter done	設置位置計數器完成 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n202301
1An7:02	Status__Sync error	同步錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n202401
1An7:03	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變化位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n202501
1An7:04	Status__Gap1	字節填充 (5 Bit)	UINT32	RO	0x00000005
1An7:05	Status__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008
1An7:06	Status__Position counter value	位置計數器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x6n201120

Index 1An8 Latch Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An8:0	Latch Status		UINT8	RO	0x09
1An8:01	Status__Latch extern valid DI 1	外部鎖存 DI 1 有效 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n300101
1An8:02	Status__Latch extern valid DI 2	外部鎖存 DI 2 有效 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n300201
1An8:03	Status__Status of extern latch DI 1	外部鎖存輸入 DI 1 狀態 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n300301
1An8:04	Status__Status of extern latch DI 2	外部鎖存輸入 DI 2 狀態 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n300401
1An8:05	Status__Gap1	字節填充 (4 Bit)	UINT32	RO	0x00000004
1An8:06	Status__Gap2	填空 (7 Bit)	UINT32	RO	0x00000007
1An8:07	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變化位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n301001
1An8:08	Status__Encoder latched value	鎖存觸發編碼器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x6n301220
1An8:09	Status__Position counter latched value	鎖存觸發位置計數器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x6n301320

Index 1An9 Input Signal (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1An9:0	Input Signal		UINT8	RO	0x08
1An9:01	Status__Left reference input	左參考輸入 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101301
1An9:02	Status__Right reference input	右參考輸入 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101401
1An9:03	Status__Encoder A channel input	編碼器輸入通道 A (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101501
1An9:04	Status__Encoder B channel input	編碼器輸入通道 B (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101601
1An9:05	Status__Encoder Z channel input	編碼器輸入通道 Z (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101701
1An9:06	Status__Driver enable	驅動器啟用訊號 (1 Bit)	UINT32	RO	0x6n101801
1An9:07	Status__Gap1	字節填充 (2 Bit)	UINT32	RO	0x00000002
1An9:08	Status__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008

9.4 Sync Manager Objects

Index 1C00 Sync manager type

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1C00:0	Sync manager type	使用同步管理器	UINT8	RO	0x04
1C00:01	SubIndex 001	同步管理器通道 1 類型：郵箱寫入	UINT8	RO	0x01
1C00:02	SubIndex 002	同步管理器通道 2 類型：郵箱讀取	UINT8	RO	0x02
1C00:03	SubIndex 003	同步管理器通道 3 類型：進程數據寫入(輸出)	UINT8	RO	0x03
1C00:04	SubIndex 004	同步管理器通道 4 類型：進程數據讀取(輸入)	UINT8	RO	0x04

Index 1C12 RxPDO assign

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1C12:0	RxPDO assign	SyncManager 2 分配：PDO 分配輸出	UINT8	RO	0x1C
1C12:01	SubIndex 001	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1601
1C12:02	SubIndex 002	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1602
1C12:03	SubIndex 003	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1604
1C12:04	SubIndex 004	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1611
1C12:05	SubIndex 005	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1612
1C12:06	SubIndex 006	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1614
1C12:07	SubIndex 007	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1621
1C12:08	SubIndex 008	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1622
1C12:09	SubIndex 009	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1624
1C12:0A	SubIndex 010	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1631
1C12:0B	SubIndex 011	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1632
1C12:0C	SubIndex 012	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1634
1C12:0D	SubIndex 013	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:0E	SubIndex 014	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:0F	SubIndex 015	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:10	SubIndex 016	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:11	SubIndex 017	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:12	SubIndex 018	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:13	SubIndex 019	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:14	SubIndex 020	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:15	SubIndex 021	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:16	SubIndex 022	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:17	SubIndex 023	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:18	SubIndex 024	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000

1C12:19	SubIndex 025	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:1A	SubIndex 026	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:1B	SubIndex 027	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:1C	SubIndex 028	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000

*Sub index 001 到 028包含了關聯 RxPDO映 射對象的索引

Index 1C13 TxPDO assign

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1C13:0	TxPDO assign	SyncManager 3 分配：PDO 分配輸入	UINT8	RO	0x20
1C13:01	SubIndex 001	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A01
1C13:02	SubIndex 002	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A03
1C13:03	SubIndex 003	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A11
1C13:04	SubIndex 004	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A13
1C13:05	SubIndex 005	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A21
1C13:06	SubIndex 006	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A23
1C13:07	SubIndex 007	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A31
1C13:08	SubIndex 008	預設分配: 速度控制	UINT16	RW	0x1A33
1C13:09	SubIndex 009	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:0A	SubIndex 010	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:0B	SubIndex 011	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:0C	SubIndex 012	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:0D	SubIndex 013	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:0E	SubIndex 014	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:0F	SubIndex 015	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:10	SubIndex 016	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:11	SubIndex 017	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:12	SubIndex 018	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:13	SubIndex 019	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:14	SubIndex 020	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:15	SubIndex 021	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:16	SubIndex 022	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:17	SubIndex 023	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:18	SubIndex 024	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:19	SubIndex 025	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:1A	SubIndex 026	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:1B	SubIndex 027	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:1C	SubIndex 028	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:1D	SubIndex 029	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:1E	SubIndex 030	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:1F	SubIndex 031	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:20	SubIndex 032	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000

*Sub index 001 到 032包含了關聯TxPDO映射對象的索引

Index 1C32 Sync Manager (SM) output parameter

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1C32:0	SM output parameter	輸出的同步參數	UINT8	RO	0x20
1C32:01	Synchronization Type	當前同步模式: • 0: 自由運行 • 1: 不包含 SM2 事件的同步 • 2: DC 同步模式 – 與 SYNC0 事件同步 • 3: DC 同步模式 – 與 SYNC1 事件同步	UINT8	RO	0x0001
1C32:02	Cycle Time	週期時間 (單位: ns): • 自由運行: 區域定時器的週期時間 • 與 SM 2 事件同步: 主站週期時間 • DC 同步模式: SYNC0/SYNC1 週期時間	UINT8	RO	0x00000000
1C32:04	Synchronization Types supported	支援的同步模式: • Bit 0 = 1: 支援自由運行 • Bit 1 = 1: 支援與 SM 2 事件同步 • Bit 2-3 = 01: 支援 DC 同步模式 • Bit 4-5 = 10: 輸出隨著 SYNC1 事件時間偏移 (只限於 DC 同步模式)	UINT8	RO	0x8007
1C32:05	Minimum Cycle Time	最小週期時間 (單位: ns)		RO	0x00000000
1C32:06	Calc and Copy Time	SYNC0 與 SYNC1 事件間的最小時間(單位: ns, 只限於 DC 同步模式)		RO	0x00000000
1C32:08	Get Cycle Time	• 0: 停止量測區域週期時間 • 1: 開始量測區域週期時間 將參數設置為 1，以便用最大測量值來更新 週期 時間參數 (1C32:02, 1C33:02)		RW	0x0000
1C32:09	Delay Time	事件和輸出端輸出之間的時間 (單位: ns, 只限於DC同步模式)		RO	0x00000000
1C32:0A	Sync0 Cycle Time			RW	0x00000000
1C32:0B	SM-Event Missed	在OPERATIONAL下所錯過SM事件的數量(只限於DC同步模式)		RO	0x0000
1C32:0C	Cycle Time Too Small	未能及時完成一個週期，或者下一個週期開始得太早		RO	0x0000
1C32:20	Sync Error	上一個週期的同步不正確		RO	FALSE

		（輸出端太晚輸出，只限於DC同步模式）			

Index 1C33 Sync Manager (SM) input parameter

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1C33:0	SM input parameter	輸入的同步參數	UINT8	RO	0x20
1C33:01	Synchronization Type	當前同步模式: • 自由運行 • 1: 與 SM3 事件同步(無輸出) • 2: DC - 與 SYNC0 事件同步 • 3: DC -與 SYNC1 事件同步 • 34: 與 SM2 事件同步(無輸出)	UINT8	RO	0x0022
1C33:02	Cycle Time	週期時間(單位: ns): • 自由運行: 區域計時器的週期時間 • 與 SM2 事件同步: 主站週期時間 • DC 同步模式: SYNC0/SYNC1 週期時間	UINT8	RO	0x00000000
1C33:04	Synchronization Types supported	支援同步模式: • Bit 0 = 1: 支援自由運行模式 • Bit 1 = 1: 支援與 SM2 事件同步 • Bit 2-3 = 01: 支援 DC 同步模式 • Bit 4-5 = 10: 輸出隨著 SYNC1 事件時間偏移 (只限於 DC 同步模式)	UINT8	RO	0x8007
1C33:05	Minimum Cycle Time	最小週期時間(單位: ns)		RO	0x00000000
1C33:06	Calc and Copy Time	主站在讀取輸入和允許輸入之間的時間（單位: ns，僅限於DC同步模式）		RO	0x00000000
1C33:08	Get Cycle Time	• 0: 停止本地週期時間的量測 • 1: 開始本地週期時間的量測 將參數設置為 1，以便用最大測量值來更新周期時間參數（1C32：02，1C33：02）		RW	0x0000
1C33:09	Delay Time	SYNC1 事件與讀取輸入之間的時間 （單位: ns，僅限於DC同步模式）		RO	0x00000000
1C33:0A	Sync0 Cycle Time			RW	0x00000000

1C33:0B	SM-Event Missed	在OP狀態下所錯過SM事件的數量(只限於DC同步模式)		RO	0x0000
1C33:0C	Cycle Time Too Small	未能及時完成一個週期，或者下一個週期開始得太早		RO	0x0000
1C33:20	Sync Error	上一個週期的同步不正確（輸出端太晚輸出，只限於DC同步模式）		RO	FALSE

9.5 Input Data

符號 **n** 代表軸號: 0 到 3。

Index 6n00 ENC Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6n00:0	ENC Status	輸入的編碼器狀態	UINT8	RO	0x11
6n00:03	Set encoder done	已設定編碼器數值	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:04	Set encoder z latch-clear mode done	指示編碼器索引鎖存清除模式是否設定成功	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:05	Counter underflow	計數器下溢	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:06	Counter overflow	計數器過溢	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:07	Encoder index event	檢測到編碼器索引事件	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:0E	Sync error	同步錯誤位元，僅在DC同步模式下使用。它指示在前一個週期中是否發生同步錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:10	TxPDO Toggle	當關聯 TxPDO 的數據更新時，從站會切換 TxPDO 交替變換位元	BOOLEAN	RO	FALSE
6n00:11	Actual encoder value	編碼器數值	INT32	RO	0x00000000

Index 6n10 STM Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6n10:0	STM Inputs	步進馬達輸入	UINT8	RO	0x18
6n10:01	Ready to enable	驅動器處於準備啟用的階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:02	Ready	驅動器處於準備運作的階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:03	Warning	發生警告	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:04	Warning over temperature	過熱預警	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:05	Warning open load	在 A 相或 B 相檢測到	BOOLEAN	RO	FALSE

		開路負載			
6n10:06	Error	發生錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:07	Error over temperature	過熱錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:08	Error short to ground	A 相或 B 相對地短路	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:09	Moving positive	馬達以正方向運轉	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:0A	Moving negative	馬達以反方向運轉	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:0B	Torque reduced	啟動轉矩縮減	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:0C	Digital input 1	數位輸入 1	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:0D	Digital input 2	數位輸入 2	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:0E	Sync error	同步錯誤位元，僅在 DC同步模式下使用。它指示在前一個週期中是否發生同步錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:0F	Motor standstill	指示馬達是否處於靜止狀態(TRUE – 靜止)	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:10	TxPDO Toggle	當關聯 TxPDO 的數據更新時，從站會切換 TxPDO 交替變換位元	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:11	Info data 1	同步訊息(透過子索引 8n12:11 選擇)	INT32	RO	0x00000000
6n10:12	Info data 2	同步訊息(透過子索引 8n12:19 選擇)	INT32	RO	0x00000000
6n10:13	Left reference input	左參考輸入訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:14	Right reference input	右參考輸入訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:15	Encoder A channel input	編碼器 A 通道訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:16	Encoder B channel input	編碼器 B 通道訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:17	Encoder Z channel input	編碼器 Z 通道訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6n10:18	Driver disabled	指示驅動器是否啟用	BOOLEAN	RO	FALSE

Index 6n20 POS Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6n20:0	POS Inputs		UINT8	RO	0x25
6n20:01	Busy	執行移動命令中	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:02	In-Target	馬達已到達目標位置	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:03	Warning	發生警告	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:04	Error	發生錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:05	Target overrun	在運動中變更目標位置可能導致位置過衝，因此必須改變旋轉方向	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:06	Accelerate	馬達處於加速階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:07	Decelerate	馬達處於減速階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:08	Soft Emg	軟體觸發緊急停止	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:09	Cmd rejected	拒收運動命令	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:0A	Cmd aborted	中止運動命令	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:11	Actual motor position	行駛命令產生器的當	INT32	RO	0x00000000

		前位置			
6n20:21	Actual motor velocity	行駛命令產生器的當前速度	INT32	RO	0x00000000
6n20:22	Actual drive time_xx	行駛命令時間資訊(詳見子索引 8n21:11)(未支援)	UINT32	RO	0x00000000
6n20:23	Set position counter done	已設定位置計數器	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:24	Sync error	同步錯誤位元，僅在 DC同步模式下使用。它指示在前一個週期中是否發生同步錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6n20:25	TxPDO Toggle	當關聯 TxPDO 的數據更新時，從站會切換 TxPDO 交替變換位元	BOOLEAN	RO	FALSE

Index 6n30 Latch Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6n30:0	Latch Inputs		UINT8	RO	0x13
6n30:01	Latch extern valid DI 1	已透過外部鎖存器DI 1 儲存計數器數值	BOOLEAN	RO	FALSE
6n30:02	Latch extern valid DI 2	已透過外部鎖存器DI 2 儲存計數器數值	BOOLEAN	RO	FALSE
6n30:03	Status of extern latch DI 1	外部 鎖存 輸入DI 1 狀態	BOOLEAN	RO	FALSE
6n30:04	Status of extern latch DI 2	外部 鎖存 輸入DI 2 狀態	BOOLEAN	RO	FALSE
6n30:10	TxPDO Toggle	當關聯 TxPDO 的數據更新時，從站會切換 TxPDO 交替變換位元	BOOLEAN	RO	FALSE
6n30:12	Latched encoder value	鎖存的編碼器數值	INT32	RO	0x00000000
6n30:13	Latched position counter value	鎖存的位置計數器數值	INT32	RO	0x00000000

9.6 Output Data

符號 **n** 代表軸號: 0 到 3。

Index 7n00 ENC Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7n00:0	ENC Outputs		UINT8	RO	0x12
7n00:02	Set encoder	使編碼器計數器賦值 • 將此位元從 FALSE	BOOLEAN	RO	FALSE

		設定成 TRUE，則編碼器數值(7n00:11)將被設定			
7n00:03	Set position counter	使位置計數器賦值 • 將此位元從 FALSE 設定成 TRUE，則位置數值(7n00:12)將被設定	BOOLEAN	RO	FALSE
7n00:04	Set encoder z latch-clear mode	若發生索引(z)事件，設置編碼器的鎖存與清除模式 • 將此位元從 FALSE 設定成 TRUE，則編碼器 z 鎖存清除模式(7n00:06)將被設定	BOOLEAN	RO	FALSE
7n00:06	Encoder z latch-clear mode	索引(z)事件的編碼器鎖存清除模式 • 有效範圍: 0x00 ~ 0x04 • 0: 禁用鎖存索引 • 1：鎖定索引一次。7000：06 設置為 1 後，編碼器值將被索引信號鎖存一次 • 2：鎖存連續。將 7000：06 設置為 2 後，每次發生索引鎖存時，編碼器值將被鎖存。 • 3：鎖存並清除一次。設置 7000：06 為 3 後，編碼器值將被鎖存，且編碼器計數器將在遇到第一個索引信號時被清除 4：鎖存並清除連續。將 7000：06 設置為 4 之後，編碼器值將被鎖存，編碼器計數器將在每個索引信號事件後被清除	BIT8	RO	0x00
7n00:11	Set encoder value	透過"Set encoder"做設定的編碼器數值 有效範圍: 0x00000000~ 0xFFFFFFFF	INT32	RO	0x00000000
7n00:12	Set position counter value	透過"Set position	INT32	RO	0x00000000

		counter "做設定的位置計數器數值 有效範圍: 0x00000000~ 0xFFFFFFFF			

Index 7n10 STM Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7n10:0	STM Outputs	步進馬達輸出	UINT8	RO	0x21
7n10:01	Enable	啟動輸出階段 • Enable = TRUE 輸出 "Maximal current" (0x8n10:01) • Enable = FALSE 輸出到 "Power on motor current" (0x8n10:08)	BOOLEAN	RO	FALSE
7n10:02	Reset	所有可能發生的錯誤都可藉由設定此位元(上升緣)來做重置 • 將此位元從 FALSE 設定成 TRUE，則在運動執行期間發生的錯誤(例如: 過熱)將會被清除	BOOLEAN	RO	FALSE
7n10:03	Reduce torque	啟動縮減轉矩(線圈電流)(子索引 8n10:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
7n10:0c	Digital output1	數位輸出 1	BOOLEAN	RO	FALSE
7n10:11	Position	設定位置: "Position control"模式下的絕對目標位置(詳見章節 6.4)	INT32	RO	0x00000000
7n10:21	Velocity	設定速度: " Velocity control"模式下的絕對目標速度(詳見章節 7)	INT32	RO	0x00000000

Index 7n20 POS Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7n20:0	POS Outputs		UINT8	RO	0x24
7n20:01	Execute	開始移動命令（上升緣）或提前中止移動命令（下降緣）	BOOLEAN	RO	FALSE
7n20:02	Emergency stop	以緊急減速方式（上	BOOLEAN	RO	FALSE

		升緣）提前中止移動命令			
7n20:11	Target position	目標位置規範(單位: 步)。 • 根據"Start type" (0x7n20:22)，此位置可以是相對、絕對、或者是累加的	INT32	RO	0x00007FFF
7n20:21	Velocity	最大設置速度規範(單位: 每秒步數)	INT32	RO	0x00000000
7n20:22	Start type	start type 規範(詳見表格 9: Start type 定義)	UINT16	RO	0x0000
7n20:23	Acceleration	加速度時間(單位: 詳見 0x8n20:08) • 詳見章節 6.2.1 與 6.2.2 • 有效範圍: 0x0000~ 0xFFFF	UINT16	RO	0x0000
7n20:24	Deceleration	減速時間(單位: 詳見 0x8n20:08) • 詳見章節 6.2.1 與 6.2.2 • 有效範圍: 0x0000~ 0xFFFF	UINT16	RO	0x0000

Index 7n30 Latch Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7n30:0	Latch Outputs		UINT8	RO	0x04
7n30:01	Enable latch active edge DI 1	DI 1 觸發準位: 上升緣	BOOLEAN	RO	FALSE
7n30:02	Enable latch active edge DI 2	DI 2 觸發準位: 上升緣	BOOLEAN	RO	FALSE
7n30:03	Enable latch inactive edge DI 1	DI 1 觸發準位: 下降緣	BOOLEAN	RO	FALSE
7n30:04	Enable latch inactive edge DI 2	DI 2 觸發準位: 下降緣	BOOLEAN	RO	FALSE

9.7 Configuration Data

符號 **n** 代表軸號: 0 到 3。

Index 8n00 ENC Settings

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設

8n00:0	ENC Settings	編碼器設定	UINT8	RO	0x0E
8n00:0E	Reversion of rotation	啟動編碼器的反向旋轉設定	BOOLEAN	RW	FALSE

Index 8n10 STM Motor Settings

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8n10:0	STM Motor Settings	步進馬達設定	UINT8	RO	0x12
8n10:01	Maximum run current	用於驅動的馬達線圈電流峰值（單位：mA），預設值為 750，最大值為 1500	UINT16	RW	0x02EE (750)
8n10:02	Reduced run current	經過縮減，用於驅動的馬達線圈電流峰值（單位：mA），預設值為 375，最大值為 1500。 當 "Reduced torque" (0x7n10:03)設置為 true時，啟用此設定值	UINT16	RW	0x0177 (375)
8n10:03	Maximum hold current	馬達靜止電流（單位：mA），預設值為 750，最大值為 1500	UINT16	RW	0x02EE (750)
8n10:04	Reduced hold current	縮減的馬達靜止電流（單位：mA），預設值為 750，最大值為 1500。 當 "Reduced torque" (0x7n10:03)設置為 true時，啟用此設定值	UINT16	RW	0x0177 (375)
8n10:06	Motor fullsteps	馬達每轉的全步數 (未支援)	UINT16	RW	0x0000
8n10:07	Micro Steps	每全步的微步數 • 支援設定值: 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1	DT0801EN16	RW	0x0008 ("256")
8n10:08	Power on motor current	上電後馬達線圈的直接輸出電流（單位：mA）	UINT16	RW	0x0000 (0)
8n10:09	Max Start Velocity	馬達的最大可起動速度	UINT16	RW	0x0064 (100)
8n10:12	Safe motor current	設定安全馬達線圈電流(在狀態從 OP 改變至其他狀態時應用)	UINT16	RW	0x0177 (375)

Index 8n12 STM Features

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8n12:0	STM Features	步進馬達特性	UINT8	RO	0x42
8n12:01	Operation mode	操作模式, • 0: 自動 • 2: 速度控制 • 3: 位置控制	DT0802EN04	RW	0x00 ("Automatic ")
8n12:09	Invert motor polarity	啟動馬達旋轉方向的反向設定	BOOLEAN	RW	FALSE
8n12:11	Select info data 1	選擇"Info data 1": • 3: 馬達線圈電流 A • 4: 馬達線圈電流 B • 7: 馬達速度 • 8: 編碼器位置 • 9: 位置計數器 • 10: 錯誤碼(詳見運動停止錯誤列表)	DT0803EN08	RW	0x03 ("Motor coil current A")
8n12:19	Select info data 2	選擇"Info data 2": • 3: 馬達線圈電流 A • 4: 馬達線圈電流 B • 7: 馬達速度 • 8: 編碼器位置 • 9: 位置計數器 • 10: 錯誤碼(詳見運動停止錯誤列表)	DT0803EN08	RW	0x04 ("Motor coil current B")
8n12:2A	Power on DO 1	設定 DO 1 的輸出(開機後直接應用)	BOOLEAN	RW	FALSE
8n12:2B	Safety DO 1	設定 DO 1 的安全輸出(在狀態從 OP 改變至其他狀態時應用)	BOOLEAN	RW	FALSE
8n12:30	Invert digital input 1	數位輸入 1 反向	BOOLEAN	RW	FALSE
8n12:31	Invert digital input 2	數位輸入 2 反向	BOOLEAN	RW	FALSE
8n12:32	Function for input 1	選擇數位輸入 1 的類型: • 0: 正常輸入 • 1: 啟用硬體停止功能 • 2: 啟用緊急停止功能 • 3: 啟用所有運動軸的緊急停止功能	DT080AEN04	RW	0x00 ("Normal input ")
8n12:36	Function for input 2	選擇數位輸入 2 的類型: • 0: 正常輸入 • 1: 啟用硬體停止功能 • 2: 啟用緊急停止功	DT080AEN04	RW	0x00 ("Normal input ")

		能 • 3: 啟用所有運動軸的緊急停止功能			
8n12:37	Limit switch stop mode	硬體極限停止功能 • 0: 極限開關硬停止 - 當極限開關被觸發時，立即停止運動輸出 • 1: 極限開關軟停止 - 馬達減速至停止。減速設定需透過 8020:0D 進行	DT080BEN01	RW	0x00 ("Limit switch hard stop")
8n12:40	Encoder index latch trigger	編碼器索引(z)脈波的鎖存觸發設定: • 0: 準位觸發 • 1: 上升緣觸發 • 2: 下降緣觸發 • 3: 上升緣與下降緣觸發	DT0811EN03	RW	0x00 ("Level trigger ")
8n12:42	Encoder index polarity	編碼器索引(z)的啟用極性: • 0: 低電位啟用 • 1: 高電位啟用	DT0813EN01	RW	0x01 ("High active ")
8n12:43	Generate hardware limit stop error	設定如果透過硬體極限開關停止運動，是否產生錯誤停止。在發出下一個運動命令之前，必須先清除錯誤。 • 0: 產生錯誤停止 - 必須錯誤重置 (0x7n10:02) • 1: 無錯誤停止 - 發出下一條命令無需重置錯誤。 如果將極限停止用於搜尋原點，則使用此模式。	BOOLEAN		TRUE

Index 8n20 POS Settings

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8n20:0	POS Settings	位置設定	UINT8	RO	0x07
8n20:01	Velocity min	最小設定速度 • 有效範圍: 0~8388096	UINT32	RW	0x00000000

8n20:02	Velocity max	最大設定速度 • 系統支援最大速度 • 有效範圍: 0~8388096	UINT32	RW	0x0007D000 (512000)
8n20:03	Acceleration pos	正向旋轉的加速時間 (單位: 詳見 8020:08) • 有效範圍: 0~65535	UINT16	RW	0x03E8 (1000)
8n20:04	Acceleration neg	反向旋轉的加速時間 (單位: 詳見 8020:08) • 有效範圍: 0~65535	UINT16	RW	0x03E8 (1000)
8n20:05	Deceleration pos	正向旋轉的減速時間 (單位: 詳見 8020:08) • 有效範圍: 0~65535	UINT16	RW	0x03E8 (1000)
8n20:06	Deceleration neg	反向旋轉的減速時間 (單位: 詳見 8020:08) • 有效範圍: 0~65535	UINT16	RW	0x03E8 (1000)
8n20:07	Emergency deceleration	緊停減速時間(兩旋轉方向，單位: 詳見 8020:08) • 有效範圍: 0~65535	UINT16	RW	0x0000
8020:08	Acceleration unit	設定加速單位: • 0: 從 Vmin 到 Vmax 的加速時間[毫秒] • 1: 從 Vmin 到 Vtarget 的加速時間[毫秒] • 2: 加速度 [128*微步/秒^2] • 3: 從 Vcurrent 到 Vtarget 的加速時間[毫秒]	DT0814EN02	RW	0 ("Acceleration time from Vmin to Vmax [ms]")
8020:09	Acc-Dec parameter definition	設定加減速曲線: • 1: Acceleration-->Start phase & Deceleration-->Stop Phase • 2: Acceleration-->Acceleration & Deceleration--> Deceleration (當"Acceleration unit" = 3 時不支援此設定)	DT0815EN01	RW	0 ("Acceleration-->Start phase & Deceleration-->Stop Phase")
8020:0D	Hardlimit deceleration	硬體極限減速(兩旋轉方向，單位: 詳見 8020:08) • 有效範圍: 0~65535	UINT16	RW	0x0000

Index 8n21 POS Features

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8n21:0	POS Features		UINT8	RO	0x01
8n21:01	Start type	標準起始模式: • 0: Idle, • 1: Absolute, • 2: Relative, • 3:Endless plus • 4:Endless minus • 6: Additive, • 1001: absolute change, • 1002: relative change, • 1006: additive change	DT080FEN16	RW	0x0002 ("Relative")

9.8 Driver Tuning Functions

Index 8030 Vendor Specific

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8030:0	Vendor specific	步進馬達的特定調適配置	UINT8	RO	0x0D
8030:01	GCONF	常規配置	UINT32	RW	0x00000000
8030:02	CHOPCONF	斬波配置	UINT32	RW	0x100101D5
8030:03	COOLCONF	智能能源控制 "coolStep" 與 "stallGuard"	UINT32	RW	0x00000000
8030:04	PWMCONF	電壓 PWM 模式 stealthChop	UINT32	RW	0x00050480
8030:05	TPOWER_DOWN	設置馬達停止後到馬達電流斷電後的延遲時間。時間範圍約為 0 到 4 秒	UINT32	RW	0x00000007
8030:06	TSTEP	實際測量到兩個 1/256 微步之間的時間，從該步的輸入頻率以 1/F_CLK 為單位得出。（F_CLK = 2 ^ 24）	UINT32	RO	--
8030:07	TPWMTHRS	這是"stealthChop"於電壓 PMW 模式的最高速度。 TSTEP>=TPWMTHRS - 配置後，啟用 "steathChop" PWM 模式 - 禁用"dsStep"	UINT32	RW	0x00000000

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8030:08	TCOOLTHRS	這是啟用智能能源 "coolStep" 與 "stallGuard"功能的下限閾值速度。	UINT32	RW	0x00000000
8030:09	THIGH	此速度設定允許速度相關下切換到不同的斬波模式，並且全步到最大化扭矩。	UINT32	RW	0x00000000
8030:0A	VDCMIN	高於速度 VDCMIN 時啟用自動換向 dcStep（無符號）	UINT32	RW	0x00000000
8030:0B	DCCTRL	dcStep(DC)自動換向配置暫存器		WO	--
8030:0C	DRV_ STATUS	"stallGuard"值和驅動器錯誤標誌 (見另表)		RO	--
8030:0D	PWM_SCALE	實際 PWM 幅度縮放器（255 =最大電壓） 在電壓模式 PWM 中，該值允許檢測馬達失速。		RO	--

第 11 章中的列表提供了由"Vendor Specific"服務數據物件表示的有關 Trinamic TMC5130A 暫存器的更多信息。

9.9 Information and Diagnostic Data

符號 **n** 代表軸號: 0 到 3。

Index An10 STM Diag data

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
An10:0	STM Diag data	步進馬達診斷狀態	UINT8	RO	0x11
An10:02	Over temperature	驅動器 IC 的溫度已超過 80 °C • 注意: 此錯誤訊息必須經用戶確認(詳見索引 0x7n10:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:03	Torque overload	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:04	Under voltage	指示電荷幫浦欠壓，驅動器在此狀態下會停用。 • 注意: 此錯誤訊息必須經用戶確認(詳見索引 0x7n10:02)	BOOLEAN	RO	FALSE

An10:05	Over voltage	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:06	Short circuit A	在 A 相檢測到 GND 短路。驅動器變為停用。	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:07	Short circuit B	在 B 相檢測到 GND 短路。驅動器變為停用。	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:08	No control power	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:09	Misc error	驅動器因下列因素停止 - 過熱 - 短路檢測 - 欠壓"uv_cp" 注意: 此錯誤訊息必須經用戶確認(詳見索引 0x7n10:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:0a	Configuration	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
An10:11	Actual operation mode	當前操作模式 • 0: Undefined • 1: Velocity direct • 2: Velocity controller • 3: Position controller	DT0809EN04	RO	0x00 ("undefined")
A010:1e	Error code	顯示導致運動執行停止的錯誤（詳見運動停止錯誤列表）	UINT32	RO	0x00000000

Index An20 POS Diag data

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
An20:0	POS Diag data	位置控制下的步進馬達診斷數據	UINT8	RO	0x06
An20:01	Command rejected	不接受動態變更目標位置	BOOLEAN	RO	FALSE
An20:02	Command aborted	因內部錯誤或緊急停止而中止命令	BOOLEAN	RO	FALSE
An20:03	Target overrun	在運動中變更目標位置可能導致位置過衝，因此可能需要更改旋轉方向	BOOLEAN	RO	FALSE
An20:04	Target timeout	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
An20:05	Position lag	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
An20:06	Emergency stop	緊急停止	BOOLEAN	RO	FALSE

9.10 Configuration Parameters Storage

Index F008 Internal EEPROM

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
F008:0	Internal EEPROM	將 CoE 參數儲存到內	UINT8	RO	0x05

		部 EEPROM			
F008:01	Code Word	將 CoE 配置數據儲存到 EEPROM 的密碼。密碼: 0x12345678	UINT32	RW	0x00000000
F008:02	Save Counter	儲存序列的總數	UINT16	RO	0x0000
F008:03	Load factory default	開機後立即載入出廠預設配置。 • 透過將此參數設定為 FALSE，開機後會載入用戶設定配置數據(0x8000 到 0x8321)	BOOLEAN	RW	TRUE
F008:04	Save configuration data	儲存所有配置設定到區域非揮發性記憶體 • 設定為 TRUE 以將配置數據(0x8000 到 0x8321)儲存到 ECAT-2094S 的記憶體	BOOLEAN	RW	FALSE
F008:05	Save error encountered	標示數據是否成功寫入到記憶體	BOOLEAN	RO	FALSE
F008:06	Initialization error	內部 EEPROM 存取失敗	BOOLEAN	RO	FALSE

9.11 Station alias Configuration

Index F009 Station Alias

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
F009:0	Station Alias		UINT8	RO	0x02
F009:01	Rotary switch value	別名旋鈕數值 • 當” ESC register load setting”為 0 時，將此數值設置到相應的 ESC 暫存器	UINT16	RO	0x00
F009:02	ESC register load setting	從別名旋鈕或 SII 取得別名數值，並將此數值設置到相應的 ESC 暫存器: • 0: 別名旋鈕 • 1: SII	BOOLEAN	RW	0x0

10錯誤列表

運動停止錯誤	
錯誤	說明
0x0001	軟體緊急停止
0x0002	過熱
0x0004	欠壓
0x0008	A 相短路
0x0010	B 相短路
0x0020	左硬體開關
0x0040	右硬體開關
0x0080	EtherCAT 狀態在運動值中由 OP 切換到 PreOP 或 SafeOP
0x0100	運動晶片已重置。此錯誤主要在未供應馬達電源(VM)時出現

表格 14: 運動停止錯誤列表

11供應商特定暫存器定義

GCONF - General Configuration Register			
Bit	Name	Description	Default
0	I_scale_analog	0: Normal operation, use internal reference voltage 1: Use voltage supplied to AIN as current reference	0
1	internal_Rsense	0: Normal operation 1: Internal sense resistors. Use current supplied into AIN as reference for internal sense resistor	0
2	en_pwm_mode	1: stealthChop voltage PWM mode enabled (depending on velocity thresholds). Switch from off to on state while in stand still, only.	0
3	enc_commutation	1: Enable commutation by full step encoder (DCIN_CFG5 = ENC_A, DCEN_CFG4 = ENC_B)	0
4	shaft	1: Inverse motor direction	0
5	diag0_error	(only with SD_MODE=1) 1: Enable DIAG0 active on driver errors: Over temperature (ot), short to GND (s2g), undervoltage chargepump (uv_cp) DIAG0 always shows the reset-status, i.e. is active	0

GCONF - General Configuration Register			
Bit	Name	Description	Default
		low during reset condition.	
6	diag0_otpw	(only with SD_MODE=1) 1: Enable DIAG0 active on driver over temperature prewarning (otpw)	0
7	diag0_stall	(with SD_MODE=1) 1: Enable DIAG0 active on motor stall (set TCOOLTHRS before using this feature) diag0_step (with SD_MODE=0) 0: DIAG0 outputs interrupt signal 1: Enable DIAG0 as STEP output (dual edge triggered steps) for external STEP/DIR driver	0
8	diag1_stall	(with SD_MODE=1) 1: Enable DIAG1 active on motor stall (set TCOOLTHRS before using this feature) diag1_dir (with SD_MODE=0) 0: DIAG1 outputs position compare signal 1: Enable DIAG1 as DIR output for external STEP/DIR driver	0
9	diag1_index	(only with SD_MODE=1) 1: Enable DIAG1 active on index position (microstep look up table position 0)	0
10	diag1_onstate	(only with SD_MODE=1) 1: Enable DIAG1 active when chopper is on (for the coil which is in the second half of the fullstep)	0
11	diag1_steps_skipped	(only with SD_MODE=1) 1: Enable output toggle when steps are skipped in dcStep mode (increment of LOST_STEPS). Do not enable in conjunction with other DIAG1 options.	0
12	diag0_int_pushpull	0: SWN_DIAG0 is open collector output (active low) 1: Enable SWN_DIAG0 push pull output (active high)	0
13	diag1_poscomp_pushpull	0: SWP_DIAG1 is open collector output (active low) 1: Enable SWP_DIAG1 push pull output (active high)	0
14	small_hysteresis	0: Hysteresis for step frequency comparison is 1/16 1: Hysteresis for step frequency comparison is 1/32	0
15	stop_enable	0: Normal operation 1: Emergency stop: ENCA_DCIN stops the sequencer when tied high (no steps become executed by the sequencer, motor goes to standstill state).	0
16	direct_mode	0: Normal operation 1: Motor coil currents and polarity directly programmed via serial interface: Register XTARGET (0x2D) specifies signed coil A current (bits 8..0) and coil B current (bits 24..16). In this mode, the current is scaled by IHOLD setting. Velocity based current regulation of voltage PWM is not available in this mode. The automatic voltage PWM current regulation will work only for low stepper motor velocities.	0
17	test_mode	0: Normal operation 1: Enable analog test output on pin ENCN_DCO.	0

GCONF - General Configuration Register			
Bit	Name	Description	Default
		IHOLD[1..0] selects the function of ENCN_DCO: 0…2: T120, DAC, VDDH Attention: Not for user, set to 0 for normal operation!	

表格 15: GCONF - General Configuration Register

注意：

灰色標記的功能不允許更改。 這些功能由硬體鎖定，不應更改。

CHOPCONF- Chopper Configuration				
Bit	Name	Function	Description	Default
31	-	reserved	-	0
30	diss2g	Short to GND protection disable	0: Short to GND protection is on 1: Short to GND protection is disabled	0
29	dedge	enable double edge step pulses	1: Enable step impulse at each step edge to reduce step frequency requirement.	0
28	intpol	interpolation to 256 microsteps	1: The actual microstep resolution (MRES) becomes extrapolated to 256 microsteps for smoothest motor operation (useful for Step/Dir operation, only)	1
27	mres3	MRES micro step resolution	▪ %0000: Native 256 microstep setting. Normally use this setting with the internal motion controller. ▪ %0001 … %1000: 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, FULLSTEP Reduced microstep resolution esp. for Step/Dir operation. The resolution gives the number of microstep entries per sine quarter wave. The driver automatically uses microstep positions which result in a symmetrical wave, when choosing a lower microstep resolution. step width=2^MRES [microsteps]	0
26	mres2			0
25	mres1			0
24	mres0			0
23	sync3	SYNC PWM synchronization clock	This register allows synchronization of the chopper for both phases of a two phase motor in order to avoid the occurrence of a beat, especially at low motor velocities. It is automatically switched off above VHIGH. ▪ %0000: Chopper sync function chopSync off ▪ %0001 … %1111: Synchronization with fSYNC = fCLK/(sync*64)	0
22	sync2			0
21	sync1			0
20	sync0			0

CHOPCONF- Chopper Configuration				
Bit	Name	Function	Description	Default
			Hint: Set TOFF to a low value, so that the chopper cycle is ended, before the next sync clock pulse occurs. Set for the double desired chopper frequency for chm=0, for the desired base chopper frequency for chm=1.	
19	vhighchm	high velocity chopper mode	This bit enables switching to chm=1 and fd=0, when VHIGH is exceeded. This way, a higher velocity can be achieved. Can be combined with vhighfs=1. If set, the TOFF setting automatically becomes doubled during high velocity operation in order to avoid doubling of the chopper frequency.	0
18	vhighfs	high velocity fullstep selection	This bit enables switching to fullstep, when VHIGH is exceeded. Switching takes place only at 45° position. The fullstep target current uses the current value from the microstep table at the 45° position.	0
17	vsense	sense resistor voltage based current scaling	0: Low sensitivity, high sense resistor voltage 1: High sensitivity, low sense resistor voltage	0
16	tbl1	TBL blank time select	%00 … %11: Set comparator blank time to 16, 24, 36 or 54 clocks Hint: %01 or %10 is recommended for most applications	1
15	tbl0			0
14	chm	chopper mode	▪ 0: Standard mode (spreadCycle) ▪ 1: Constant off time with fast decay time. Fast decay time is also terminated when the negative nominal current is reached. Fast decay is after on time.	0
13	rndtf	random TOFF time	▪ 0: Chopper off time is fixed as set by TOFF ▪ 1: Random mode, TOFF is random modulated by dN_{CLK}= -12 … +3 clocks.	0
12	disfdcc	fast decay mode	chm=1: disfdcc=1 disables current comparator usage for termi-nation of the fast decay cycle	0
11	fd3	TFD [3]	chm=1: MSB of fast decay time setting TFD	0
10	hend3	HEND hysteresis low value OFFSET sine wave offset	▪ chm=0 %0000 … %1111: Hysteresis is -3, -2, -1, 0, 1, …, 12 (1/512 of this setting adds to current setting) This is the hysteresis value which becomes used for the hysteresis	0
9	hend2			0
8	hend1			1
7	hend0			1

CHOPCONF- Chopper Configuration				
Bit	Name	Function	Description	Default
			chopper. ▪ chm=1 %0000 … %1111: Offset is -3, -2, -1, 0, 1, …, 12 This is the sine wave offset and 1/512 of the value becomes added to the absolute value of each sine wave entry.	
6	hstrt2	- HSTRT hysteresis start value added to HEND - TFD [2..0] fast decay time setting	▪ chm=0 %000 … %111: Add 1, 2, …, 8 to hysteresis low value HEND (1/512 of this setting adds to current setting) Attention: Effective HEND+HSTRT ≤ 16. Hint: Hysteresis decrement is done each 16 clocks ▪ chm=1 Fast decay time setting (MSB: fd3): %0000 … %1111: Fast decay time setting TFD with N_{CLK}= 32*HSTRT (%0000: slow decay only)	1
5	hstrt1			0
4	hstrt0			1
3	toff3	TOFF off time and driver enable	Off time setting controls duration of slow decay phase N_{CLK}= 12 + 32*TOFF %0000: Driver disable, all bridges off %0001: 1 – use only with TBL ≥ 2 %0010 … %1111: 2 … 15 General enable for the motor driver, the actual value does not influence stealthChop ▪ 0: Driver off ▪ 1 … 15: Driver enabled	0
2	toff2			1
1	toff1			0
0	toff0			1

表格 16: CHOPCONF- Chopper Configuration

COOLCONF- Smart Energy Control				
Bit	Name	Function	Description	Default
...	-	reserved	-	0
24	sfilt	stallGuard2 filter enable	▪ 0: Standard mode, high time resolution for stallGuard2 ▪ 1: Filtered mode, stallGuard2 signal updated for each four fullsteps (resp. six fullsteps for 3 phase motor) only to compensate for motor pole tolerances	0
23	-	reserved		0
22	sgt6	stallGuard2 threshold value	This signed value controls stallGuard2 level for stall output and sets the optimum measurement range for readout. A lower	0
21	sgt5			0
20	sgt4			0

COOLCONF- Smart Energy Control				
Bit	Name	Function	Description	Default
19	sgt3		value gives a higher sensitivity. Zero is the starting value working with most motors. -64 to +63: A higher value makes stallGuard2 less sensitive and requires more torque to indicate a stall.	0
18	sgt2			0
17	sgt1			0
16	sgt0			0
15	seimin	minimum current for smart current control	▪ 0: 1⁄2 of current setting (IRUN) ▪ 1: 1⁄4 of current setting (IRUN)	0
14	sedn1	current down step speed	▪ %00: For each 32 stallGuard2 values decrease by one ▪ %01: For each 8 stallGuard2 values decrease by one ▪ %10: For each 2 stallGuard2 values decrease by one ▪ %11: For each stallGuard2 value decrease by one	0
13	sedn0			0
12	-	reserved		0
11	semax3	stallGuard2 hysteresis value for smart current control	If the stallGuard2 result is equal to or above (SEMIN+SEMAX+1)*32, the motor current becomes decreased to save energy. %0000 … %1111: 0 … 15	0
10	semax2			0
9	semax1			0
8	semax0			0
7	-	reserved		0
6	seup1	current up step width	Current increment steps per measured stallGuard2 value %00 … %11: 1, 2, 4, 8	0
5	seup0			0
4	-	reserved		0
3	semin3	minimum stallGuard2 value for smart current control and smart current enable	If the stallGuard2 result falls below SEMIN*32, the motor current becomes increased to reduce motor load angle. ▪ %0000: smart current control coolStep off ▪ %0001 … %1111: 1 … 15	0
2	semin2			0
1	semin1			0
0	semin0			0

表格 17: COOLCONF- Smart Energy Control

PWMCONF- Voltage PWM Mode stealthChop				
Bit	Name	Function	Description	Default
...	-	reserved	-	0
21	freewheel1	Allows different standstill modes	Stand still option when motor current setting is zero (I_HOLD=0). ▪ %00: Normal operation ▪ %01: Freewheeling ▪ %10: Coil shorted using LS drivers ▪ %11: Coil shorted using HS driverssetting is zero (I_HOLD=0). ▪ %00: Normal operation ▪ %01: Freewheeling ▪ %10: Coil shorted using LS drivers	0
20	freewheel0			0

PWMCONF- Voltage PWM Mode stealthChop				
Bit	Name	Function	Description	Default
			▪ %11: Coil shorted using HS drivers	
19	pwm_ symmetric	Force symmetric PWM	▪ 0: The PWM value may change within each PWM cycle (standard mode) ▪ 1: A symmetric PWM cycle is enforced	1
18	pwm_ autoscale	PWM automatic amplitude scaling	▪ 0: User defined PWM amplitude. The current settings have no influence. ▪ 1: Enable automatic current control Attention: When using a user defined sine wave table, the amplitude of this sine wave table should not be less than 244. Best results are obtained with 247 to 252 as peak values.	0
17	pwm_freq1	PWM frequency selection	▪ %00: fPWM=1/1024 fCLK ▪ %01: fPWM=1/683 fCLK ▪ %10: fPWM=1/512 fCLK ▪ %11: fPWM=1/410 fCLK	1
16	pwm_freq0			0
15	PWM_ GRAD	User defined amplitude (gradient) or regulation loop gradient	▪ pwm_ autoscale=0 Velocity dependent gradient for PWM amplitude: PWM_GRAD * 256 / TSTEP is added to PWM_AMPL ▪ pwm_ autoscale=1 User defined maximum PWM amplitude change per half wave (1 to 15)	0
14				0
13				0
12				0
11				1
10				0
9				0
8				1
7	PWM_ AMPL	User defined amplitude (offset)	▪ pwm_ autoscale=0 User defined PWM amplitude offset (0-255) The resulting amplitude (limited to 0…255) is: PWM_AMPL + PWM_GRAD * 256 / TSTEP ▪ pwm_ autoscale=1 User defined maximum PWM amplitude when switching back from current chopper mode to voltage PWM mode (switch over velocity defined by TPWMTHRS). Do not set too low values, as the regulation cannot measure the current when the actual PWM value goes below a setting specific value. Settings above 0x40 recommended.	0
6				0
5				0
4				0
3				0
2				0
1				0
0				0

表格 18: PWMCONF- Voltage PWM Mode stealthChop

Velocity Dependent Driver Feature Control Register				
R/W	Bit Qty	Name	Description	Default

Velocity Dependent Driver Feature Control Register				
R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
W	8	TPOWER_DOWN	TPOWERDOWN sets the delay time after stand still (stst) of the motor to motor current power down. Time range is about 0 to 4 seconds. 0…((2^8)-1) * 2^18 t_{CLK}	0x00000007
R	20	TSTEP	Actual measured time between two 1/256 microsteps derived from the step input frequency in units of 1/fCLK. Measured value is (2^20)-1 in case of overflow or stand still. All TSTEP related thresholds use a hysteresis of 1/16 of the compare value to compensate for jitter in the clock or the step frequency. The flag small_hysteresis modifies the hysteresis to a smaller value of 1/32. (Txxx*15/16)-1 or (Txxx*31/32)-1 is used as a second compare value for each comparison value. This means, that the lower switching velocity equals the calculated setting, but the upper switching velocity is higher as defined by the hysteresis setting. When working with the motion controller, the measured TSTEP for a given velocity V is in the range (224 / V) ≤ TSTEP ≤ 224 / V - 1. In dcStep mode TSTEP will not show the mean velocity of the motor, but the velocities for each microstep, which may not be stable and thus does not represent the real motor velocity in case it runs slower than the target velocity.	--
W	20	TPWMTHRS	This is the upper velocity for stealthChop voltage PWM mode. TSTEP ≥ TPWMTHRS - stealthChop PWM mode is enabled, if configured - dcStep is disabled	0
W	20	TCOOLTHRS	This is the lower threshold velocity for switching on smart energy coolStep and stallGuard feature. (unsigned) Set this parameter to disable coolStep at low speeds, where it cannot work reliably. The stop on stall function (enable with sg_stop when using internal motion controller) and the stall output signal become enabled when exceeding this velocity. In non-dcStep mode, it becomes disabled again once the velocity falls below this threshold. ▪ TCOOLTHRS ≥ TSTEP ≥ THIGH: - coolStep is enabled, if configured - stealthChop voltage PWM mode is disabled ▪ TCOOLTHRS ≥ TSTEP	0x00000000

Velocity Dependent Driver Feature Control Register				
R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
			- Stop on stall and stall output signal is enabled, if configured	
W	20	THIGH	This velocity setting allows velocity dependent switching into a different chopper mode and fullstepping to maximize torque. (unsigned) The stall detection feature becomes switched off for 2-3 electrical periods whenever passing THIGH threshold to compensate for the effect of switching modes. TSTEP ≤ THIGH: ▪ coolStep is disabled (motor runs with normal current scale) ▪ stealthChop voltage PWM mode is disabled ▪ If vhighchm is set, the chopper switches to chm=1 with TFD=0 (constant off time with slow decay, only). ▪ chopSync2 is switched off (SYNC=0) ▪ - If vhighfs is set, the motor operates in fullstep mode and the stall detection becomes switched over to dcStep stall detection.	0x00000000

表格 19: Velocity Dependent Driver Feature Control Register

Ramp Generator driver Feature Control Register				
R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
W	23	VDCMIN	Automatic commutation dcStep becomes enabled above velocity VDCMIN (unsigned) (only when using internal ramp generator, not for STEP/DIR interface – in STEP/DIR mode, dcStep becomes enabled by the external signal DCEN) In this mode, the actual position is determined by the sensor-less motor commutation and becomes fed back to XACTUAL. In case the motor becomes heavily loaded, VDCMIN also is used as the minimum step velocity. Activate stop on stall (sg_stop) to detect step loss. ▪ 0: Disable, dcStep off ▪ |VACT| ≥ VDCMIN ≥ 256: - Triggers the same actions as exceeding THIGH setting. - Switches on automatic commutation dcStep Hint: Also set DCCTRL parameters in order to operate dcStep. (Only bits 22… 8 are used for value and for comparison)	0x00000000

表格 20: Ramp Generator driver Feature Control Register

Motor Drive Register

R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
W	24	DCCTRL	dcStep (DC) automatic commutation configuration register (enable via pin DCEN or via VDCMIN): ▪ bit 9… 0: DC_TIME: Upper PWM on time limit for commutation (DC_TIME * 1/fCLK). Set slightly above effective blank time TBL. ▪ bit 23… 16: DC_SG: Max. PWM on time for step loss detection using dcStep stallGuard2 in dcStep mode. (DC_SG * 16/fCLK) Set slightly higher than DC_TIME/16 0=disable Attention: Using a higher microstep resolution or interpolated operation, dcStep delivers a better stallGuard signal. DC_SG is also available above VHIGH if vhighfs is activated. For best result also set vhighchm.	0x00000000
R	8	PWM_SCALE	Actual PWM amplitude scaler (255=max. Voltage) In voltage mode PWM, this value allows to detect a motor stall.	--

表格 21: Motor Drive Register

DRV_ STATUS - Drive Error Flags and stallGuard2 Value				
Bit	Name	Function	Description	Default
31	stst	standstill indicator	This flag indicates motor stand still in each operation mode. This occurs 2^20 clocks after the last step pulse.	--
30	olb	open load indicator phase B	1: Open load detected on phase A or B. Hint: This is just an informative flag. The driver takes no action upon it. False detection may occur in fast motion and standstill. Check during slow motion, only.	--
29	ola	open load indicator phase A		--
28	s2gb	short to ground indicator phase B	1: Short to GND detected on phase A or B. The driver becomes disabled. The flags stay active, until the driver is disabled by software (TOFF=0) or by the ENN input.	--
27	s2ga	short to ground indicator phase A		--
26	otpw	overtemperature pre-warning flag	1: Overtemperature pre-warning threshold is exceeded. The overtemperature pre-warning flag is common for both bridges.	--
25	ot	overtemperature flag	1: Overtemperature limit has been reached. Drivers become disabled until otpw is also cleared due to cooling down of the IC. The overtemperature flag is common for both bridges.	--
24	stallGuard	stallGuard2 status	1: Motor stall detected (SG_RESULT=0) or dcStep stall in dcStep mode.	--
23	-	reserved	Ignore these bits	--
22				

DRV_ STATUS - Drive Error Flags and stallGuard2 Value				
Bit	Name	Function	Description	Default
21				
20	CS ACTUAL	actual motor current / smart energy current	Actual current control scaling, for monitoring smart energy current scaling controlled via settings in register COOLCONF, or for monitoring the function of the automatic current scaling.	--
19				
18				
17				
16				
15	fsactive	full step active indicator	1: Indicates that the driver has switched to fullstep as defined by chopper mode settings and velocity thresholds.	--
14	-	reserved	Ignore these bits	--
13				
12				
11				
10				
9	SG_ RESULT	stallGuard2 result respectively PWM on time for coil A in stand still for motor temperature detection	Mechanical load measurement: The stallGuard2 result gives a means to measure mechanical motor load. A higher value means lower mechanical load. A value of 0 signals highest load. With optimum SGT setting, this is an indicator for a motor stall. The stall detection compares SG_RESULT to 0 in order to detect a stall. SG_RESULT is used as a base for coolStep operation, by comparing it to a programmable upper and a lower limit. It is not applicable in stealthChop mode. SG_RESULT is ALSO applicable when dcStep is active. stallGuard2 works best with microstep operation. Temperature measurement: In standstill, no stallGuard2 result can be obtained. SG_RESULT shows the chopper on-time for motor coil A instead. If the motor is moved to a determined microstep position at a certain current setting, a comparison of the chopper on-time can help to get a rough estimation of motor temperature. As the motor heats up, its coil resistance rises and the chopper on-time increases.	--
8				--
7				--
6				--
5				--
4				--
3				--
2				--
1				--
0				--

表格 22: DRV_ STATUS - Drive Error Flags and stallGuard2 Value

$f_{CLK} = 2^{24}$ [Hz]