

# ECAT-2091S

## EtherCAT

### 單軸步進馬達控制器/驅動器

## 使用手冊

(Version 1.3.0)





### **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諮詢服務。Email:

service@icpdas.com, service.icpdas@gmail.com

## 修訂紀錄

版本	日期	說明	Author
1.10	05.07.2018	初始版本	M. K.
1.1.1	13.05.2020	更新規格	M.K.
1.1.2	13.05.2020	供貨範圍	M.K.
1.2.0	16.09.2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 加減速單位與類型</li> <li>• 錯誤列表</li> <li>• 供應商專用暫存器</li> <li>• 修改馬達電壓範圍</li> </ul>	M.K.
1.2.1	25.01.2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 更新 "開路集極接線圖"</li> <li>• 加速/減速單位: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 增加 "current to target"</li> <li>▪ 更新 V-T 圖形</li> </ul> </li> <li>• 更新錯誤表</li> <li>• 增加"Target overrun"</li> <li>• 增加相對位置的動態變化範例</li> </ul>	M.K.
1.3.0	20.11.2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 硬體變更，增加下列功能: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 別名旋鈕定址</li> <li>▪ 透過 FoE 更新韌體</li> </ul> </li> <li>• 韌體版本 2.0</li> <li>• 增加以下物件: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Initialization error</li> <li>▪ Station Alias</li> </ul> </li> </ul>	Eric Chen

# Contents 目錄

1	產品概述.....	3
1.1	簡介.....	3
1.2	技術數據.....	4
1.3	外型尺寸.....	6
2	供貨範圍.....	7
3	接線.....	8
3.1	LED燈定義 .....	8
3.1	旋鈕定義.....	10
3.2	連接介面.....	10
3.3	數位輸入與輸出接線.....	12
3.4	步進馬達接線.....	14
3.4.1	四線式馬達.....	14
3.4.2	八線式馬達.....	15
3.4.3	編碼器接線.....	16
4	基礎通訊.....	18
4.1	EtherCAT佈線.....	18
4.2	狀態機.....	18
4.3	同步模式.....	20
4.3.1	自由運行模式.....	20
4.3.2	DC同步模式.....	21
5	專案整合.....	24
5.1	ESI檔案.....	24
5.1.1	匯入ESI檔案.....	24
5.2	安裝與設定.....	25
5.2.1	掃描EtherCAT裝置.....	25
5.2.2	EtherCAT從站進程數據設定.....	27
5.2.3	基本步進驅動器配置.....	28
5.3	更新韌體.....	30
6	位置控制設定.....	31
6.1	位置介面類型.....	31
6.2	Positioning Interface .....	31
6.2.1	加減速單位定義.....	40
6.2.1.1	從Vmin 到 Vmax的加速時間 .....	40
6.2.1.2	從Vmin 到 Vtarget的加速時間 .....	42
6.2.1.3	加速度[128*微步/秒 <sup>2</sup> ] .....	43
6.2.1.4	從Vcurrent 到 Vtarget的加速時間.....	45
6.2.2	加速度/減速度類型.....	46
6.2.2.1	Start-Stop Phase Type .....	46

	6.2.2.2	Standard Acceleration/Deceleration.....	47
	6.3	Positioning Interface Compact.....	49
	6.4	Position Control.....	53
7		速度控制設定.....	56
8		CoE介面 .....	59
	8.1	概述.....	59
	8.2	儲存設置數據到記憶體.....	60
	8.3	驅動器調適.....	63
9		物件描述與參數化.....	65
	9.1	標準物件.....	65
	9.2	RxPDO Mapping Objects .....	66
	9.3	TxPDO Mapping Objects .....	68
	9.4	Sync Manager Objects .....	72
	9.5	Input Data .....	76
	9.6	Output Data .....	78
	9.7	Configuration Data .....	82
	9.8	Driver Tuning Functions .....	86
	9.9	Information and Diagnostic Data .....	88
	9.10	Configuration Parameters Storage .....	89
	9.11	Station alias Configuration .....	90
10		錯誤列表.....	91
11		供應商特定暫存器定義.....	91

---

# 1 產品概述

---



## 1.1 簡介

ECAT-2091S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。它所支援的馬達電壓範圍在 6 到 46 伏特(直流)之間，在無冷卻下馬達線圈電流最高可到 1.5 安培/相。在通風良好的環境（冷卻風扇）下運行時，ECAT-2091S可以在高達 2.0A/相的電流水平下驅動馬達。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-2091S 屬於標準的 EtherCAT 從站，需要 EtherCAT 主站來操作此設備。  
ECAT-2091S 支援三種運作模式：自由運行、SM 同步與 DC 同步模式。

ECAT-2091S 可直接與兩相雙極步進馬達可作連接。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。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。在位置模式下，控制器將馬達驅動到目標位置；在速度模式下，則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。

ECAT-2091S內含一個32位高頻編碼器計數器，用於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，或是作為左右硬體極限開關，以在啟用時自動停止馬達；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。

## 1.2 技術數據

特徵:

- 控制一個步進馬達（兩相雙極步進馬達）
- 線圈電流驅動能力：高達 1.5 安培 /相 (在適當的冷卻與通風下可提升至 2.0 安培 /相)
- 馬達 電壓範圍：6 至 46 伏特(直流)
- 1 個編碼器電源(5V)。限制: 輸出電流不應超過 150 毫安培
- 1 個編碼器介面（A，B，Z，差動方式）
- 2 個數位輸入：參考開關輸入，鎖存輸入
- 1 個數位輸出
- 高解析度：每全步多達 256 個微步
- 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
  - 經過 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)

項目	規格
<b>馬達輸出</b>	
輸出數目	1 個兩相步進馬達
輸出電流	峰值 1.5A/相 (通風良好下可提升至 2.0A/相)
馬達電壓範圍	6 to 46 V <sub>DC</sub>
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
<b>編碼器輸入</b>	
編碼器輸入個數	1x encoder counter (A, B, Z, 差動方式)
最大編碼器脈波頻率	4 MHz
電源	5V (限制: 輸出電流不應超過 150mA)
<b>數位輸入</b>	
數位輸入數目	2x limit position
濕接點	<ul style="list-style-type: none"> <li>ON voltage level: +19 to 30V<sub>DC</sub></li> <li>OFF voltage level: +11V<sub>DC</sub> MAX</li> </ul>
光電隔離	3750V <sub>DC</sub>
<b>數位輸出</b>	
數位輸出數目	1
輸出類型	Open collector
負載電壓	+5 to 30 V <sub>DC</sub>
最大負載電流	100mA
隔離電壓	3750 V <sub>DC</sub>
<b>LED 指示燈</b>	
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
<b>通訊介面</b>	
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
<b>電源</b>	
輸入電壓範圍	20V ~ 30V <sub>DC</sub>
<b>EMS 保護</b>	
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
<b>機構</b>	
安裝方式	DIN-Rail
外型尺寸 (長 x 寬 x 高) [mm]	110mm x 90mm x 33mm (不包含連接器)
機匣材料	Metal
<b>環境</b>	
運作溫度	-25°C ~ 40°C
保存溫度	-30°C ~ 80°C
相對溼度	10 ~ 90%, 不結露

表 1: 技術數據



### 1.3 外型尺寸

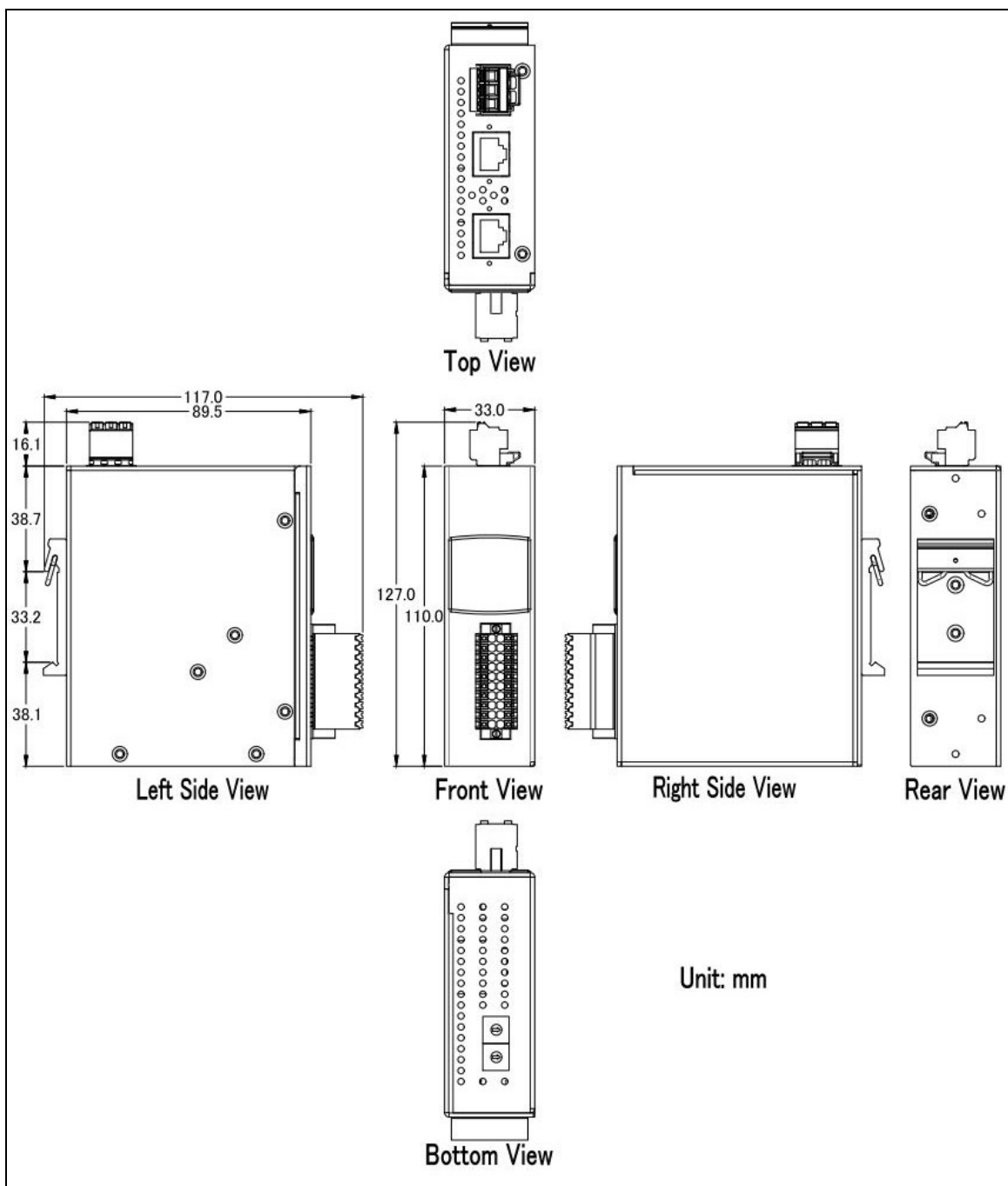


圖 1: ECAT-2091S 外型尺寸

## 2 供貨範圍

產品包裝內應包括下列配件：

- ECAT-2091S x 1
- 壁掛架 x 2
- 20 腳位插入式連接器 x 1
- 3 腳位插入式連接器（用於供電）x 1
- 快速使用手冊 x 1



圖 2: ECAT-2091S 模組與快速使用手冊

注意：

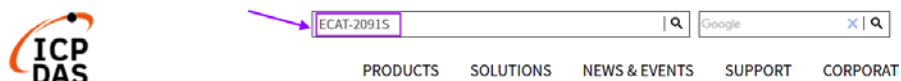
如果這些物品中有任何丟失或損壞，請聯繫您當地的經銷商。請保留原始零售包裝箱內的所有零售包裝（泡沫塑料，內盒，固定件等），以備於退貨時使用。

關於 ECAT-2091S 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-2091S"以訪問 ECAT-2091S 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](mailto:service@icpdas.com)

## 3 接線

### 3.1 LED 燈定義

ECAT-2091S在外殼前面提供了幾個標記為0到15的診斷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 2: ECAT-2091S LED 燈

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 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 (左極限) - LED 1: 數位輸入通道 2 (右極限) - LED 2: 數位輸出通道 1 (DO 0)
***** (第二行) 8 9 10 11 12 13 14 15	綠色	- LED 8: 驅動輸出 - LED 9: 運動錯誤 - LED 10: EEPROM 存取錯誤 - LED 11: 過熱錯誤 - LED 12: 接地短路錯誤 - LED 13: 過熱警告/開路負載警告 -

表 3: 診斷 LED 燈

### 3.1 旋鈕定義

別名旋鈕分為兩個，X1 旋鈕為低位，X 旋鈕為高位，範圍為 0x00~0xFF。



### 3.2 連接介面



圖 3: ECAT-2091S 包含電源與 EtherCAT 介面的側視圖

Name	信號	說明
F.G	Frame ground (接地)	
GND	電源: 接地 0V (來自負電接點)	ECAT-2091S 供電
+Vs	電源: +24 V <sub>DC</sub> (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 4: ECAT-2091S 電源與 EtherCAT 介面



圖 4: ECAT-2091S 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	
OA1	輸出	馬達繞組 A1	馬達
OA2	輸出	馬達繞組 A2	
OB1	輸出	馬達繞組 B1	
OB2	輸出	馬達繞組 B2	
LL	輸入	馬達左極限開關	馬達 X 的 DI、極限開關或鎖存觸發器
RL	輸入	馬達右極限開關	
GDO0	輸出	通用數位輸出通道 0	
DI.COM0	輸入	常見DI電源: 0V或+10 to +24V <sub>DC</sub> (0V 用於 current sinking)	For DI: LL and RL
+VS	輸入	+24 VDC (與表 6 中的+Vs 同電路)	For GDO0
GND	輸入	0V (與表 6 中的 GND 同電路)	

表 5: 馬達電流輸出、數位輸入與輸出的連接介面

名稱	信號	信號說明	
A+	輸入	編碼器 X 的輸入端 A+	編碼器
A-	輸入	編碼器 X 的輸入端 A-	
B+	輸入	編碼器 X 的輸入端 B+	
B-	輸入	編碼器 X 的輸入端 B-	
C+	輸入	編碼器 X 的輸入端 C+	
C-	輸入	編碼器 X 的輸入端 C-	
+5V	輸出	編碼器電源	編碼器電源



名稱	信號	信號說明	
			 <ul style="list-style-type: none"> <li>輸出電流不應超過 150mA</li> <li>只能連接一個編碼器</li> </ul>
+VM	輸入	+6 to 46V <sub>DC</sub> (來自正電接點)	馬達電源  <p>警告: 步進馬達自動啟動!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>在機器上工作的人員有死亡或嚴重傷害的危險。</li> </ul> <p>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</p>
+VS	輸入	+24 VDC (與表 5 中的+Vs 同電路)	For GDO0
GND	輸入	0V (與表 5 中的 GND 同電路)	

表 6: 編碼器與馬達電源的連接介面

### 3.3 數位輸入與輸出接線

數位輸入		
數位輸入通道		2
輸入類型		Wet
濕接點	ON 電壓層級	+19 to 30 V <sub>DC</sub>
	OFF 電壓層級	+11 V <sub>DC</sub> MAX
光電隔離		3750 V <sub>DC</sub>
數位輸出		
數位輸出通道		1
輸入類型		Open collector
負載電壓		+5 to 30 V <sub>DC</sub>
最大負載電流		100mA
隔離電壓		3750 V <sub>DC</sub>

表 7: 數位輸入與輸出規格

右側(RL)和左側(LL)極限開關的接線圖如下圖所示(圖 5)。

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。

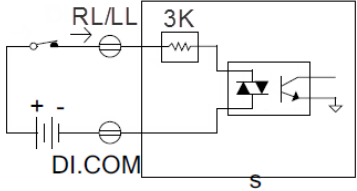
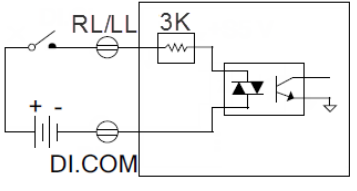
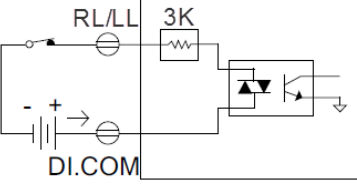
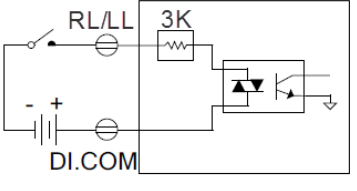
Digital Input	Readback as 1	Readback as 0
Sink	+10 ~ +24V DC 	OPEN or <4 VDC 
	+10 ~ +24V DC 	OPEN or <4 VDC 

圖 5: RL 與 LL 數位輸入

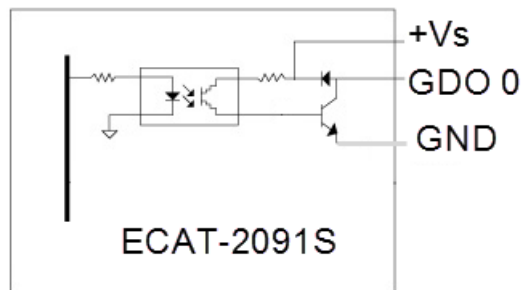


圖 6: 通用 DO 方塊圖

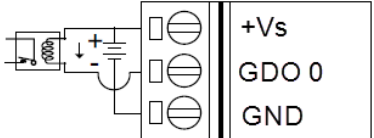
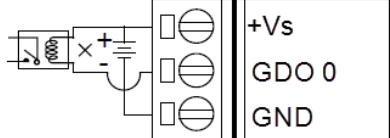
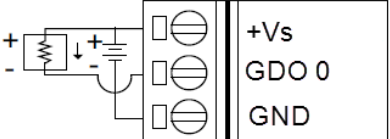
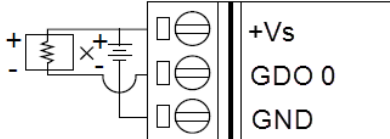
Output Type	ON State Readback as 1	OFF State Readback as 0
Driver Relay		
Resistance Load		

圖 7: 通用 DO 通道 0



## 3.4 步進馬達接線

### 3.4.1 四線式馬達

下方 圖 9 為四線式雙極馬達連接到ECAT-2091S的範例。

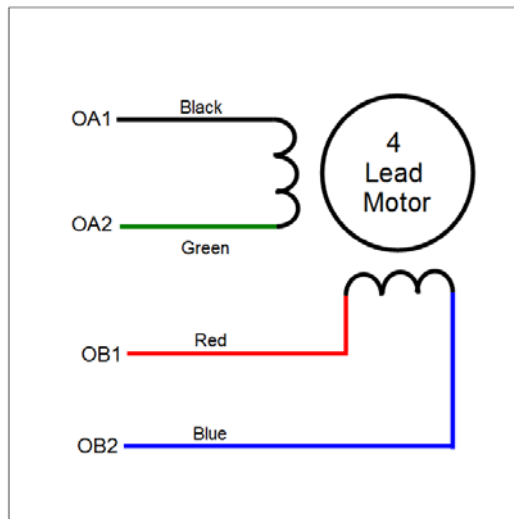


圖 8: 四線式雙極馬達與第一軸輸出的接線圖

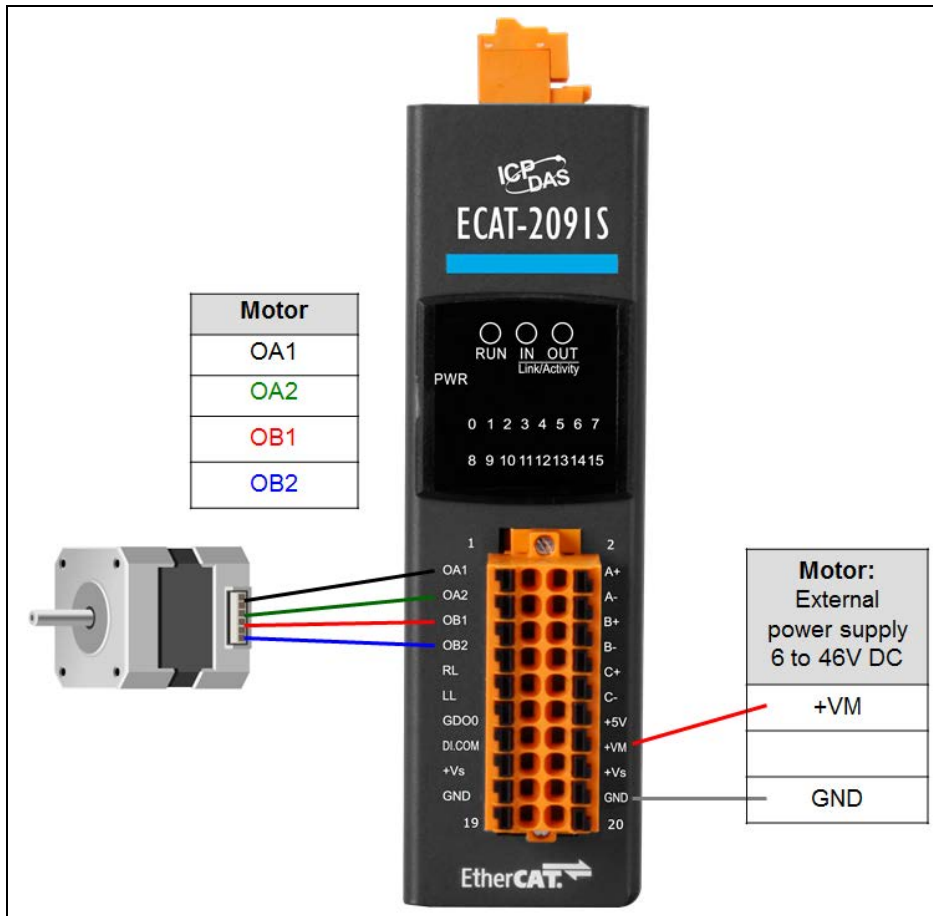


圖 9: ECAT-2091S 與步進馬達的接線圖

### 3.4.2 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。

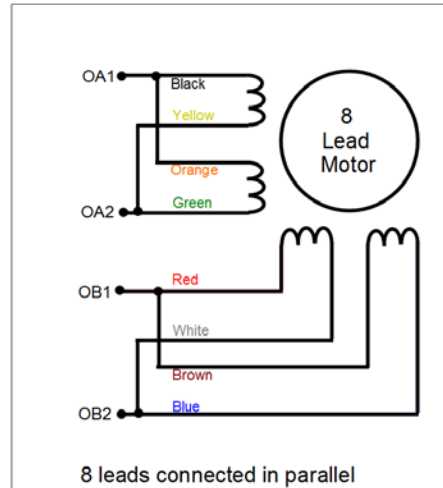
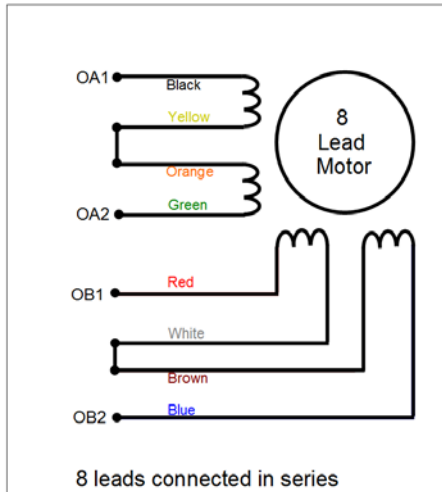


圖 10: 八線式雙極馬達接線圖(左:串聯, 右: 並聯)

### 3.4.3 編碼器接線

差動編碼器:

ECAT-2091S 預設支援差動編碼器。

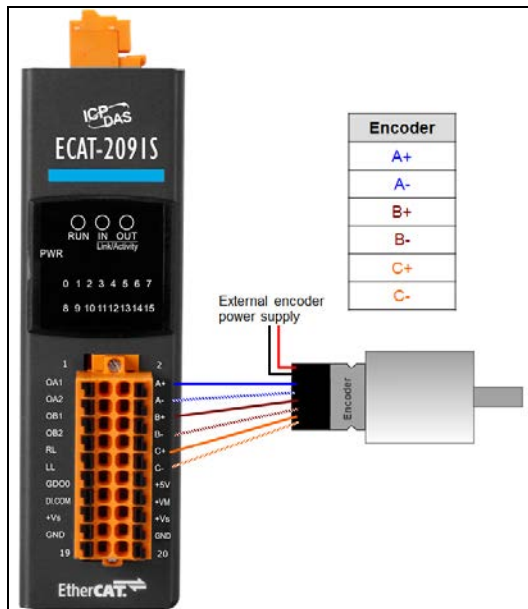
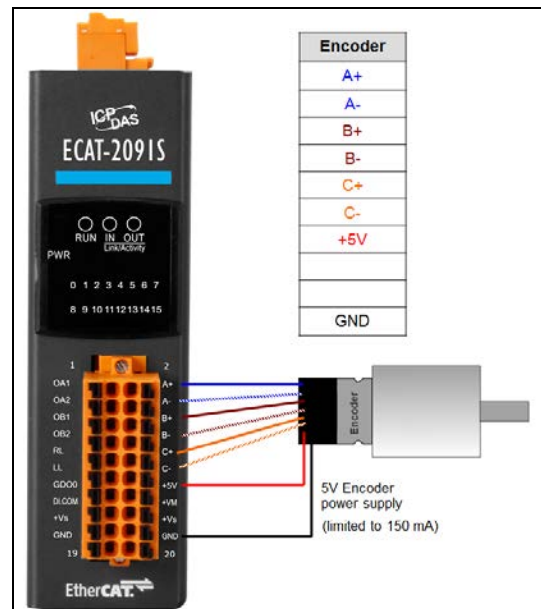


圖 11: 差動編碼器接線圖



開路集極式 編碼器：

單端編碼器的接線部分，請參見圖 12: 開路集極接線圖的表格，其中列出了可能的電源值和相應的電阻大小。

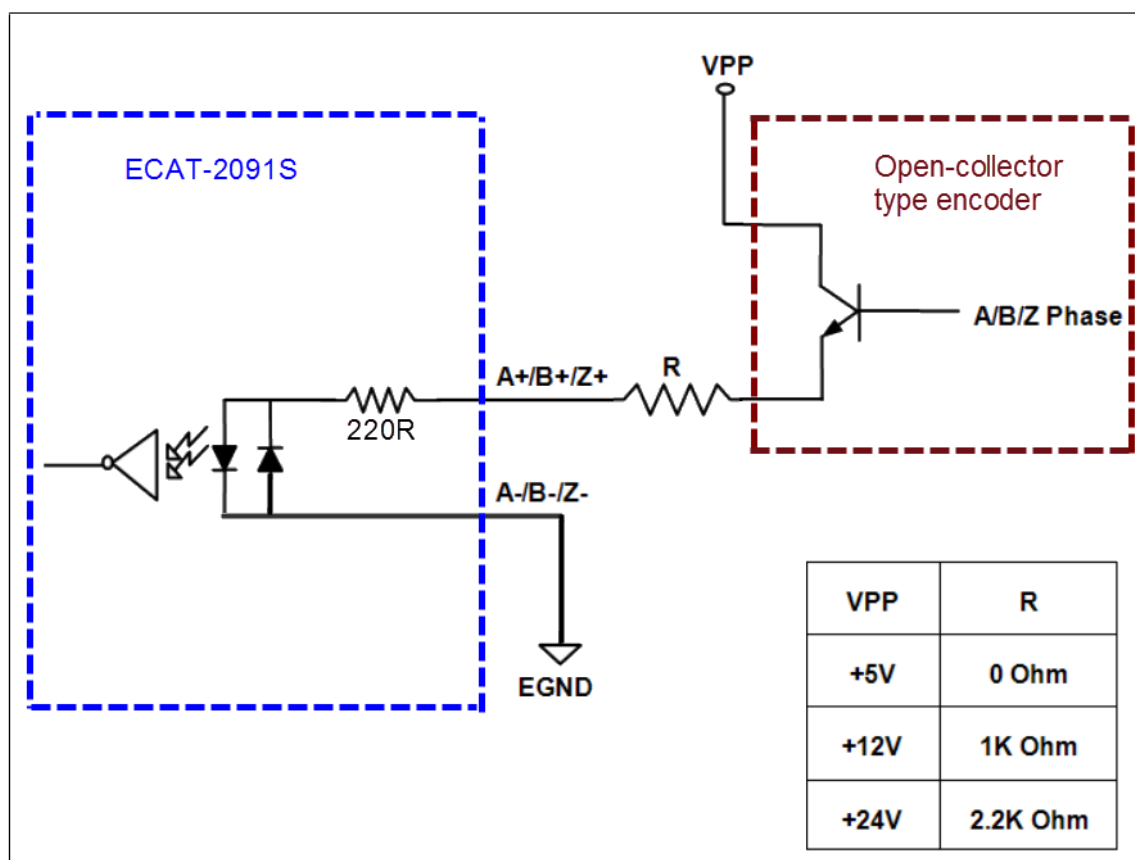
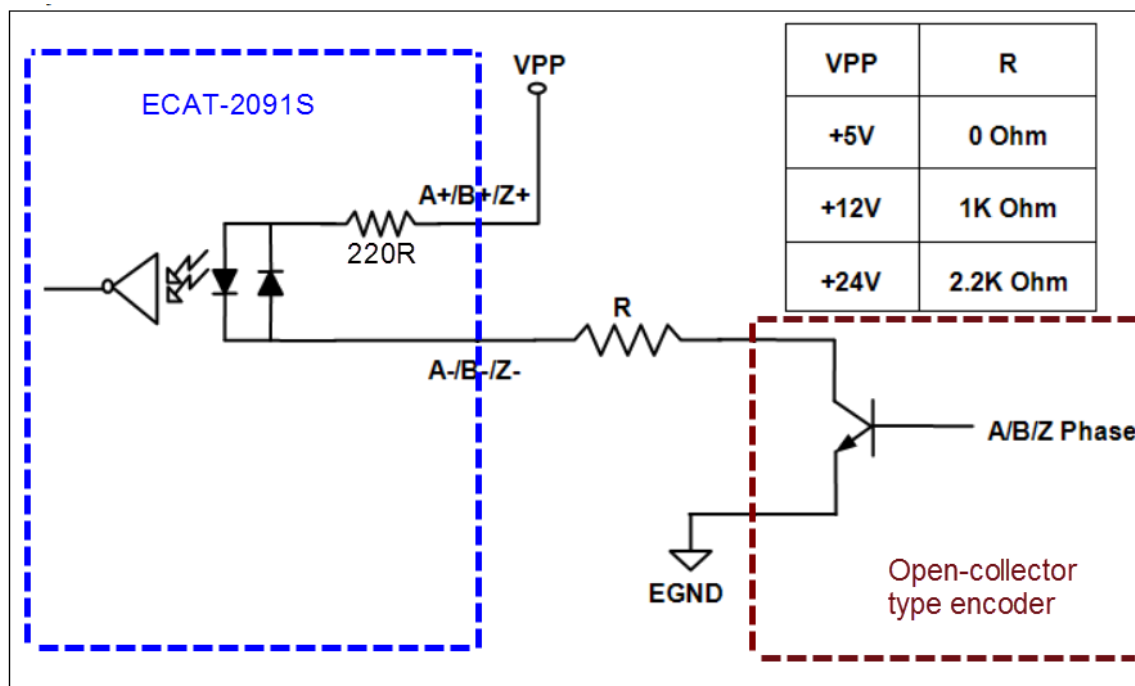


圖 12: 開路集極接線圖

---

## 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-2091S 支援四種狀態：

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

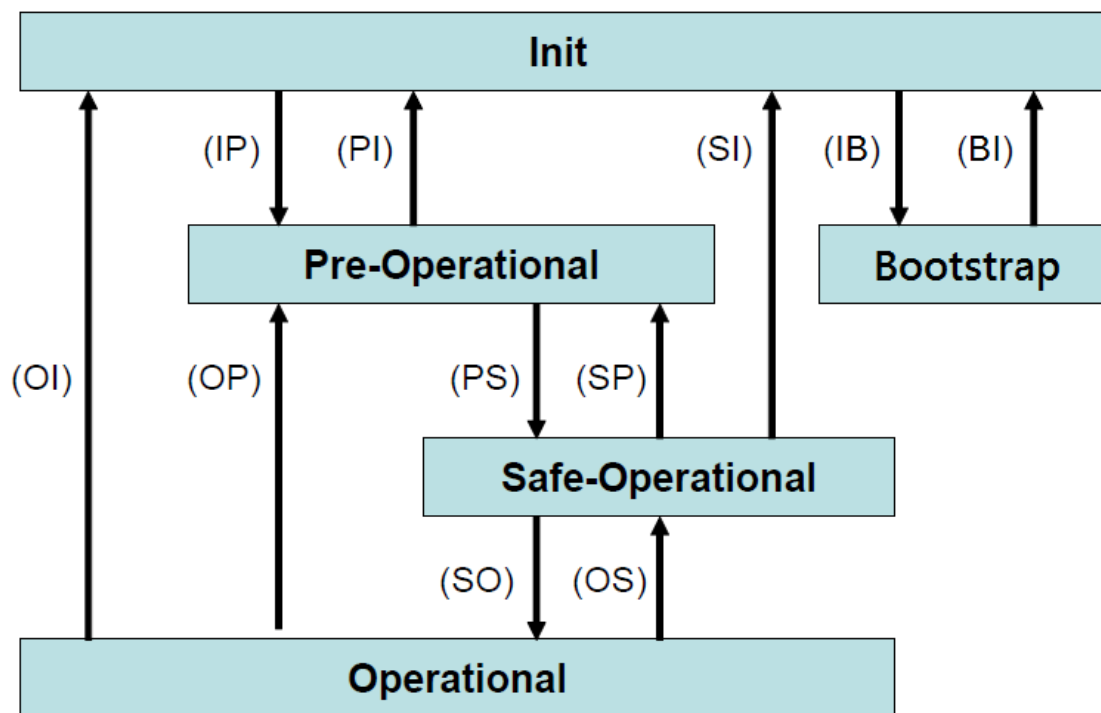


圖 13: EtherCAT 狀態機

### 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數據(service object data)。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-2091S 的同步管理器 2 和 3 設置給進程數據通訊 FMMU 通道
- PDO 映射或同步管理器 PDO 分配
- 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-2091S 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-2091S 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-2091S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。

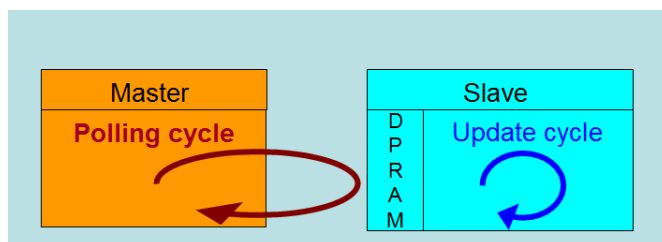


圖 14: 自由運行模式下的主站與從站週期

下圖表示從站在自由運行模式下的進程時序：

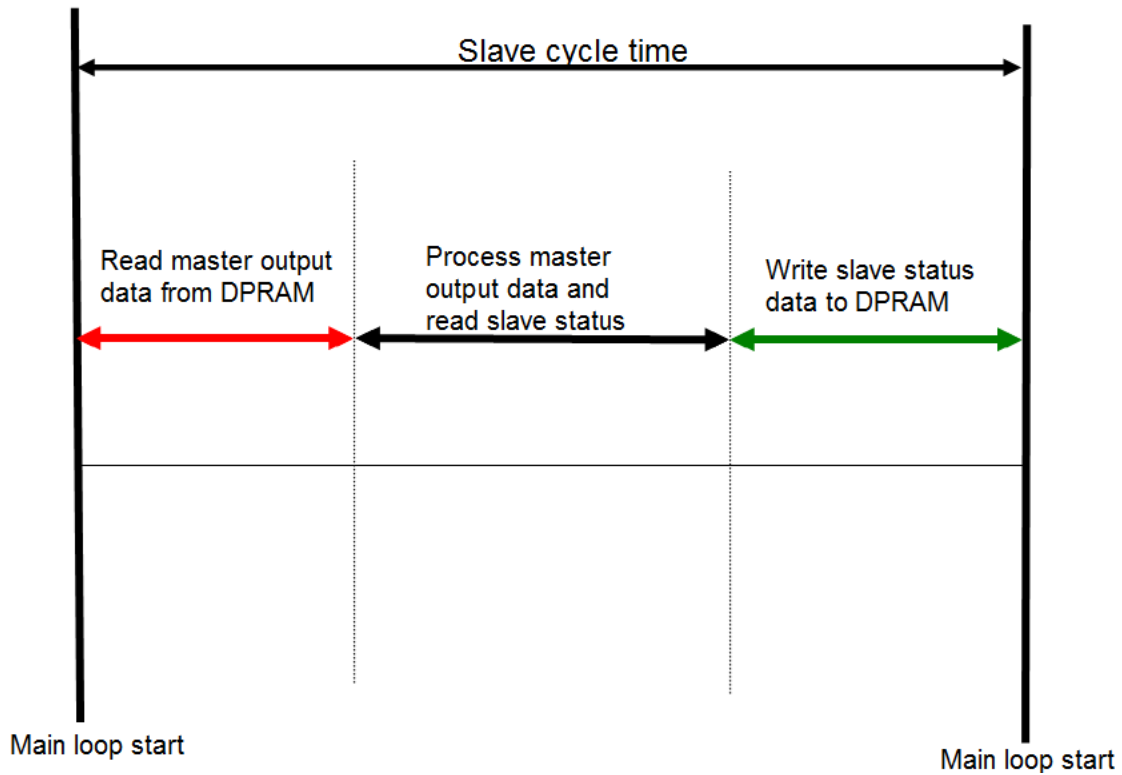


圖 15: 自由運行模式下的從站處理序列

從站韌體會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 網路中不同的從站設置輸出（例如數位輸出，脈波輸出）或同步讀取輸入（例如數位輸入，編碼器計數器）。

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

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



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

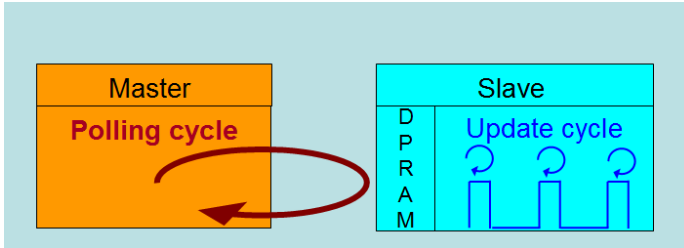


圖 16: DC 同步模式下的主站與從站週期

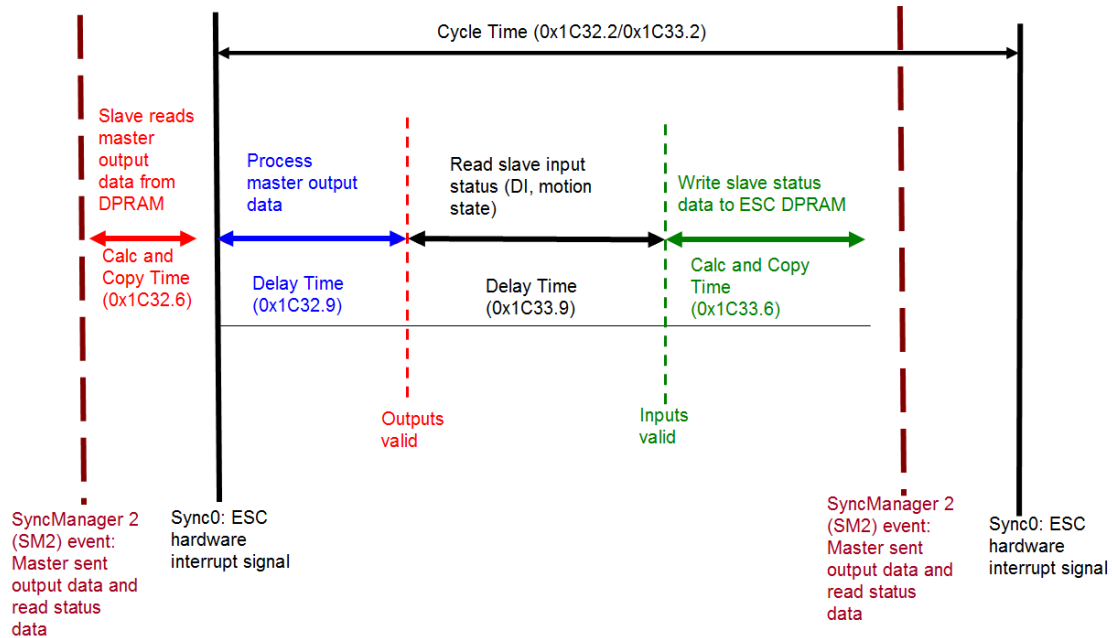


圖 17: 同步模式下的內部從站處理序列

從站一接收到來自主站的進程數據（RxPDOs），就會觸發 SM2 事件，進而讓軟體從 ESC 記憶體中讀取數據。ESC 以固定的時間間隔中斷軟體以處理從主站接收到的數據，並將狀態數據寫入 ESC 記憶體。每當主站在 DC 同步週期時間內未能發送進程數據時，內部同步錯誤計數器將增加三個計數。每成功完成一個 DC 同步週期後，此錯誤計數器則會減去一個計數。一旦錯誤計數器達到最大計數（預設值為 4），就會產生一個同步錯誤並且從站會進入 Safe OP 模式（Sync Error 0x1C32：20 為 TRUE）。最大計數值可通過變更"Sync Error Counter Limit"（0x10F1：02）的預設值來做設定。

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

圖 18: 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 19: SyncManager 2 參數

SyncManager 參數說明(時間單位:奈秒):

- 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-2091S 設備加到 TwinCAT 所控 EtherCAT 網路的整合方式。一般來說，ECAT-2091S 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-2091S 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-2091S 設備的 XML 描述檔案"ECAT-2091S.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-2091S.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 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。

	<p><b>警告:</b> 步進馬達自動啟動!</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 在機器上工作的人員有死亡或嚴重傷害的危險。</li><li>• 在設置和配置 ECAT-2091S 的過程中，不排除步進馬達有執行意料外移動的可能。</li><li>• 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。</li></ul>
---	---

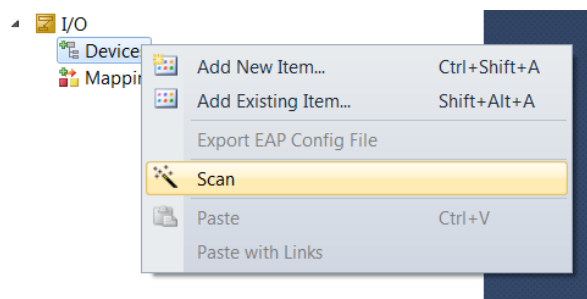
在進行配置之前，必須滿足以下條件:

- ECAT-2091S 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-2091S 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。

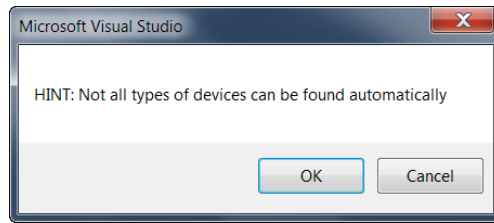
### 5.2.1 掃描 EtherCAT 裝置

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-2091S設備。



步驟2: 選擇“OK”。



步驟3: 選擇ECAT-2091S所連接的以太网設備（以太网晶片）。點選“OK”確認選擇。

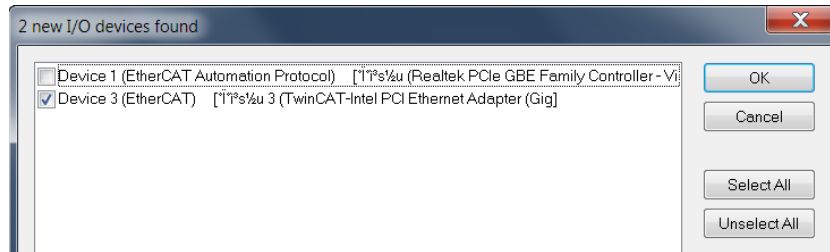
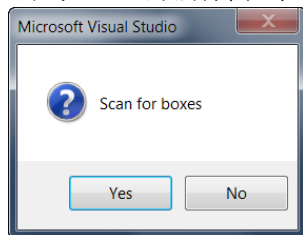
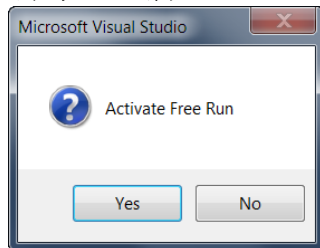


圖 20: 在 EtherCAT 主站電腦上偵測到的 Ethernet 晶片清單

步驟4: 點擊“Yes”啟動掃描程序。



步驟5: 點擊“Yes”將ECAT-2091S設定成自由運行模式。



ECAT-2091S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：

- └─ Box 1 (ECAT-2091S)
  - ▷ ENC Status
  - ▷ STM Status
  - ▷ ENC Control
  - ▷ STM Control
  - ▷ STM Velocity
  - ▷ WcState
  - ▷ InfoData

圖 21: 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-2091S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 23），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。

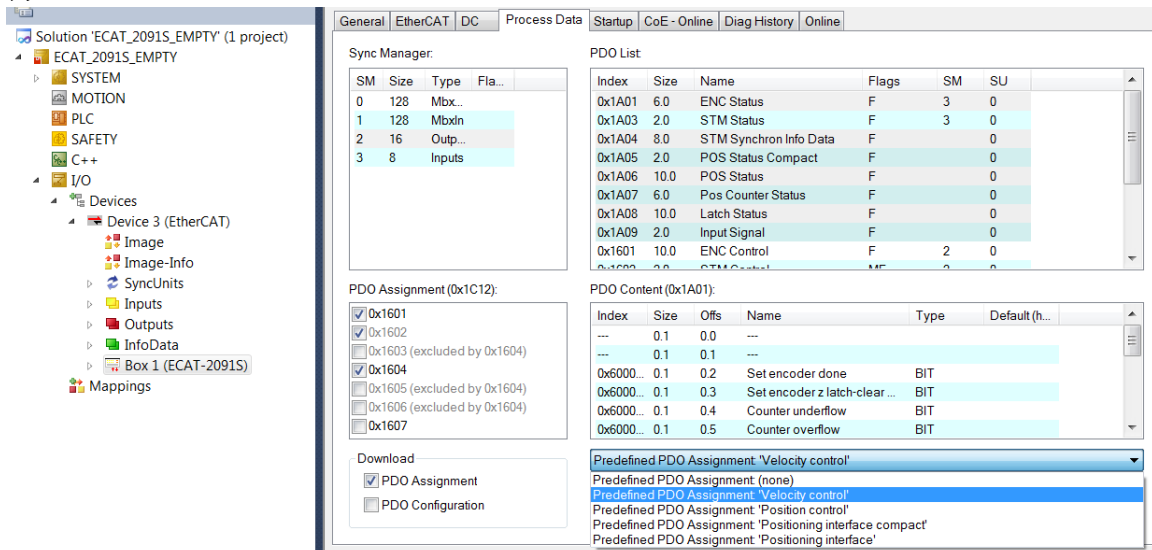


圖 22: Predefined PDO assignment 選項

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。

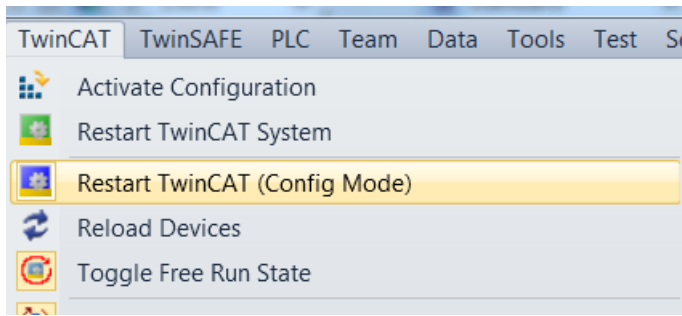


圖 23: 下載 PDO Assignment 並且重新啟動 TwinCAT

### 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 8000)
- 步進馬達設定 (Index 8010)
- 步進馬達功能 (Index 8012)
- POS 設定 (Index 8020)
- POS 功能 (Index 8021)

設定馬達最大允許速度的範例:

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

General EtherCAT DC Process Data Startup CoE - Online Diag History Online

Update List ☐ Auto Update ☒ Single Update ☐ Show Offline Data

Advanced...

Add to Startup... Online Data Module OD (AoE Port): 0

Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	ENC Settings		> 14 <	
8010:0	STM Motor Settings		> 18 <	
8012:0	STM Features		> 66 <	
8020:0	POS Settings		> 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)	
8021:0	POS Features		> 1 <	
A010:0	STM Diag data		> 17 <	
A020:0	POS Diag data		> 6 <	
F008:0	Internal EEPROM		> 5 <	

**步驟2:** 輸入最大系統速度[每秒步數]的新值，然後點擊 "OK"。

Set Value Dialog

Dec: 500000 OK Cancel

Hex: 0x0007A120

Float: 7.0064923e-040

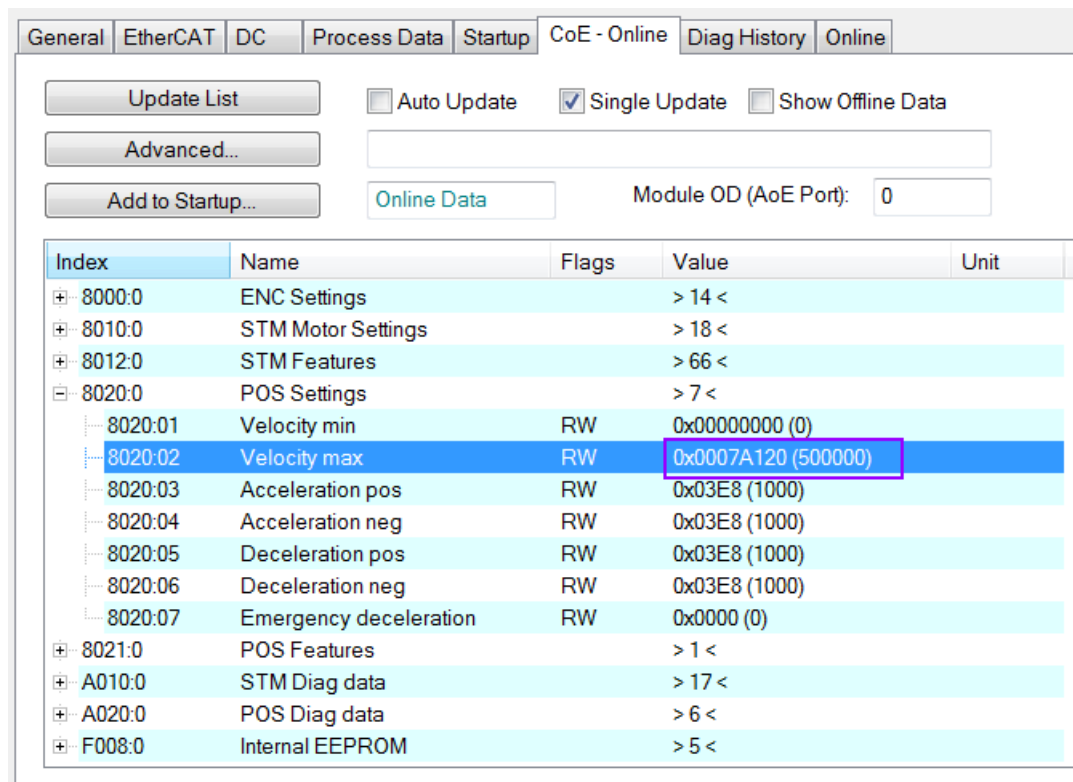
Bool: 0 1 Hex Edit...

Binary: 20 A1 07 00 4

Bit Size: ☐ 1 ☐ 8 ☐ 16 ☒ 32 ☐ 64 ☐ ?

**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-2091S(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-2091S\_v2.x.efw"，按下確定以開始進行更新。

---

## 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。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是以固定、決定性的周期發送，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 position interface 類型的參數設置。

### 6.2 Positioning Interface

下面的流程圖（圖 25）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。

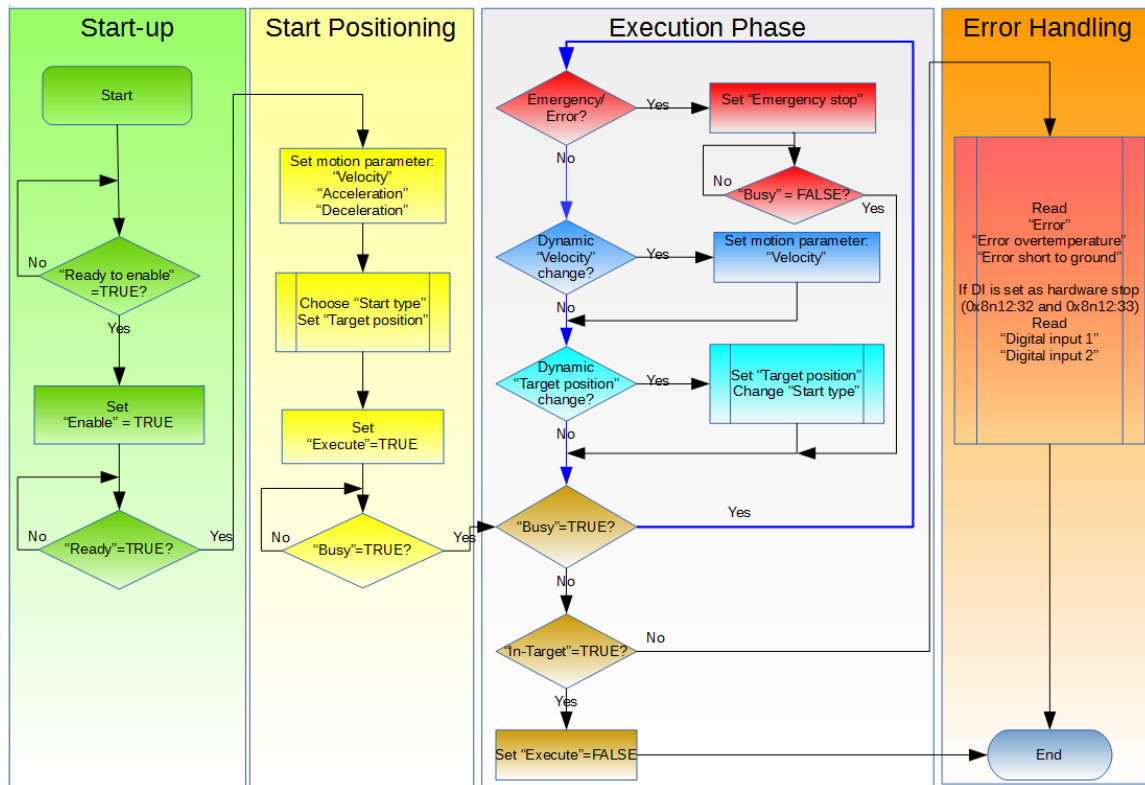


圖 24: position interface 流程圖

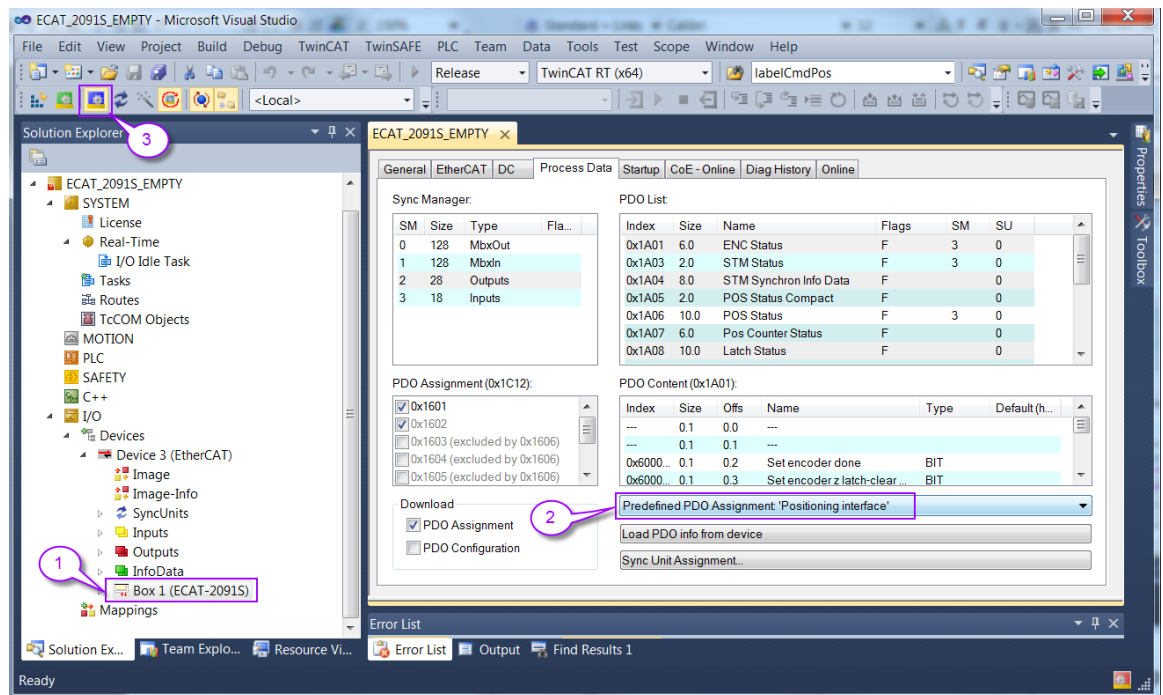
執行程序:

### 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-2091S 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"按鈕將 PDO assignment 發送給從站。



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

General EtherCAT DC Process Data Startup CoE - Online Diag History Online					
Update List		<input type="checkbox"/> Auto Update <input checked="" type="checkbox"/> Single Update <input type="checkbox"/> Show Offline Data			
Advanced...					
Add to Startup...		Online Data		Module OD (AoE Port): 0	
Index	Name	Flags	Value	Unit	
1C12:0	SyncManager 2 assignment		> 3 <		
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	---		
1C12:05	SubIndex 005	RW	---		
1C12:06	SubIndex 006	RW	---		
1C12:07	SubIndex 007	RW	---		
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 3 <		
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	---		
1C13:05	SubIndex 005	RW	---		
1C13:06	SubIndex 006	RW	---		
1C13:07	SubIndex 007	RW	---		
1C13:08	SubIndex 008	RW	---		

## 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 1.2A或更高，隨著時間的增加，ECAT-2091S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。在用於短期操作時，可以將馬達運轉電流設定為峰值 2.0A 輸出，例如，100 毫秒的短時間加速階段。若用於長期 2.0A 峰值輸出，則 ECAT-2091S 必須在通風良好的環境下運行。

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(2000mA)。馬達電流參數的單位是毫安[mA]。

1. "Maximal run current"設定馬達驅動電流。一旦運動執行旗標（0x7010:01 - Enable）被啟用，則會應用該轉矩設定(有效範圍: 0 到 2000mA)。
2. "Reduce run current"的 Boolean 值設置為 true（0x7010:03 - Reduced torque）之後，將觸發"Reduce run current"輸出(有效範圍: 0 到 1500mA)。
3. "Maximal hold current"設定馬達靜止電流。一旦運動執行旗標（0x7010:01 - Enable）被啟用，則會應用該轉矩設定(有效範圍: 0 到 1500mA)。

注意：不要將此電流值設置為高於 1200mA，否則設備可能會達到過熱狀態並將電流輸出切換到"Safe motor current"。

4. "Reduce hold current"的 Boolean 值設置為 true（0x7010:03 - Reduced torque）之後，將觸發"Reduce run current"輸出(有效範圍: 0 到 1500mA)。
5. "Power on motor current"（0x7010：08）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(有效範圍: 0 到 1500mA)。  
如果 EtherCAT 通訊中斷、運動晶片發生過熱或者 EtherCAT 主站在執行運動命令時將 ECAT-2091S 從 OP 模式設置為非 OP 模式，則 ECAT-2091S 將停止馬達與中止任何運動命令執行，並使用"Safe motor current"（0x7010：12）設定以防止馬達在停止狀態下空轉(有效範圍: 0 到 1500mA)。

注意：請勿將"Safe motor current"的電流值設置為高於 1000mA，否則設備可能因過熱而損壞。建議不要更改原廠設定。

Index	Name	Flags	Value	Unit
8010:0	STM Motor Settings		> 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（8010：07）。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）（0x8010：09）。
2. 設置系統的速度範圍（單位：每秒步數）（0x8020：01 和 0x8020：02）。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"（0x8020：08）與"Acc-Dec parameter definition"（0x8020：09）。這些參數的定義描述在 6.2.1 與 6.2.2 章節中。
4. "Emergency deceleration"（0x8020：07）決定當緊急停止旗標上升後，馬達可多快減速到停止（0x7020：02 - Emergency stop）。

Index	Name	Flags	Value	Unit
8010:0	STM Motor Settings		> 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		> 67 <	
8020:0	POS Settings		> 13 <	
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)	←
8020:08	Acceleration unit	RW	Acceleration time from Vmin to Vmax [ms] (0)	←
8020:09	Acc-Dec parameter definition	RW	Acceleration-->Start phase & Deceleration-->Stop Phase (0)	←
8020:0D	Hardlimit deceleration	RW	0x0000 (0)	
8021:0	POS Features		> 1 <	

## 步驟5: 運動執行程序：

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

1. 啟用 Enable (0x7010 : 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" (0x8020:08) 與 "Acc-Dec parameter definition" (0x8020:09) 決定，其描述在下一節的 6.2.1 與 6.2.2。
  - iii. "Start type" (0x7020 : 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	<p>將指定的位置差異加到最後的目標位置</p> <p><b>注意：</b>            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。</p>
ABSOLUTE_CHANGE	0x1001	運動中變更目標位置：將行駛命令中的目標位

名稱	命令	說明
		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 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（0x7020：01）。
4. 如果在驅動期間啟用了 emergency stop（0x7020：02），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（0x6010：04 Error）。為了清除該旗標，"Reset"變量必須啟用（0x7010：02 - 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定運動參數</li> <li>開始執行行駛命令 <ul style="list-style-type: none"> <li>加速階段</li> </ul> </li> </ul>
t2		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>達到目標速度</li> </ul>
t3	Target position = 220000 Velocity = 8000 Start type = 0x1001 Acceleration = 500 Deceleration = 500	Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>運動中變更目標位置、速度與加速度/減速度</li> </ul>
t4		Busy = 1 Accelerate = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>達到新的目標速度</li> </ul>



		Deceleration = 0 In-Target = 0	
t5		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>開始減速階段，直到目標位置</li> </ul>
T6	Execute = 0	Busy = 0 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>到達目標位置</li> <li>將 Execute 設為 false</li> </ul>

表 10: 運動中變更目標位置

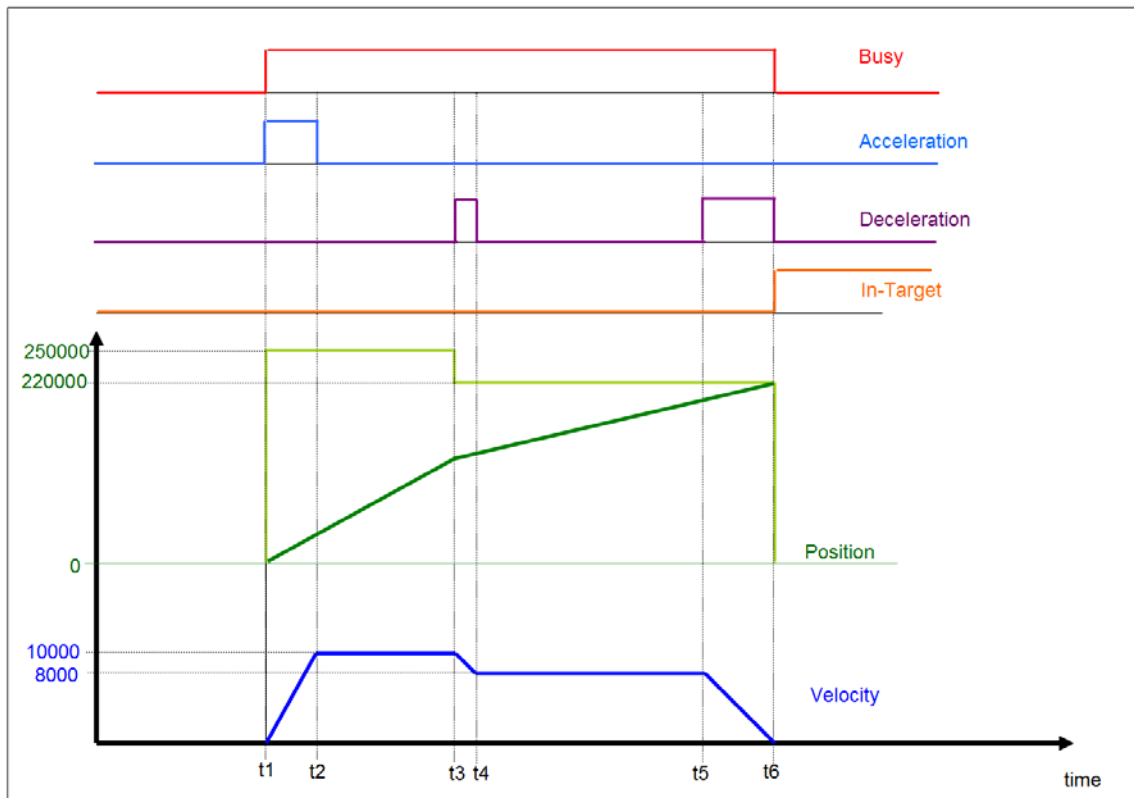


圖 25: 運動中變更目標位置的輸出與輸入參數時序圖

## 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置運動參數: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relative position = 30000</li> <li>- 需要透過 (0x8020:08) 和 (0x8020:09) 設置加速度單位與類型</li> </ul> </li> <li>透過觸發 'Execute' 輸入 (FALSE --&gt; TRUE) 以開始執行運動命令</li> </ul>

Time	POS Control Outputs	POS Status Inputs	說明
			<ul style="list-style-type: none"> <li>加速階段</li> </ul>
t2		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>達到目標速度</li> </ul>
t3	Target position = 50000 Velocity = 7000 Start type = 0x1002 Acceleration = 500 Deceleration = 500	Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 1 In-Target = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>運動中變更相對位置、速度與加速度/減速度</li> </ul>
t4		Busy = 1 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>達到新的目標速度</li> </ul>
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: <ul style="list-style-type: none"> <li>將 'Start type' 設置為 0</li> <li>設定新的相對移動距離(Target position)</li> <li>在下一個 EtherCAT 週期中，將 'Start type' 設置回 0x1002</li> </ul> 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>開始減速階段至目標位置</li> </ul>
t8	Execute = 0	Busy = 0 Accelerate = 0 Deceleration = 0 In-Target = 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>達到目標位置</li> <li>將 Execute 設置為 false</li> </ul>

表 11: 運動中變更相對位置、速度與加減速

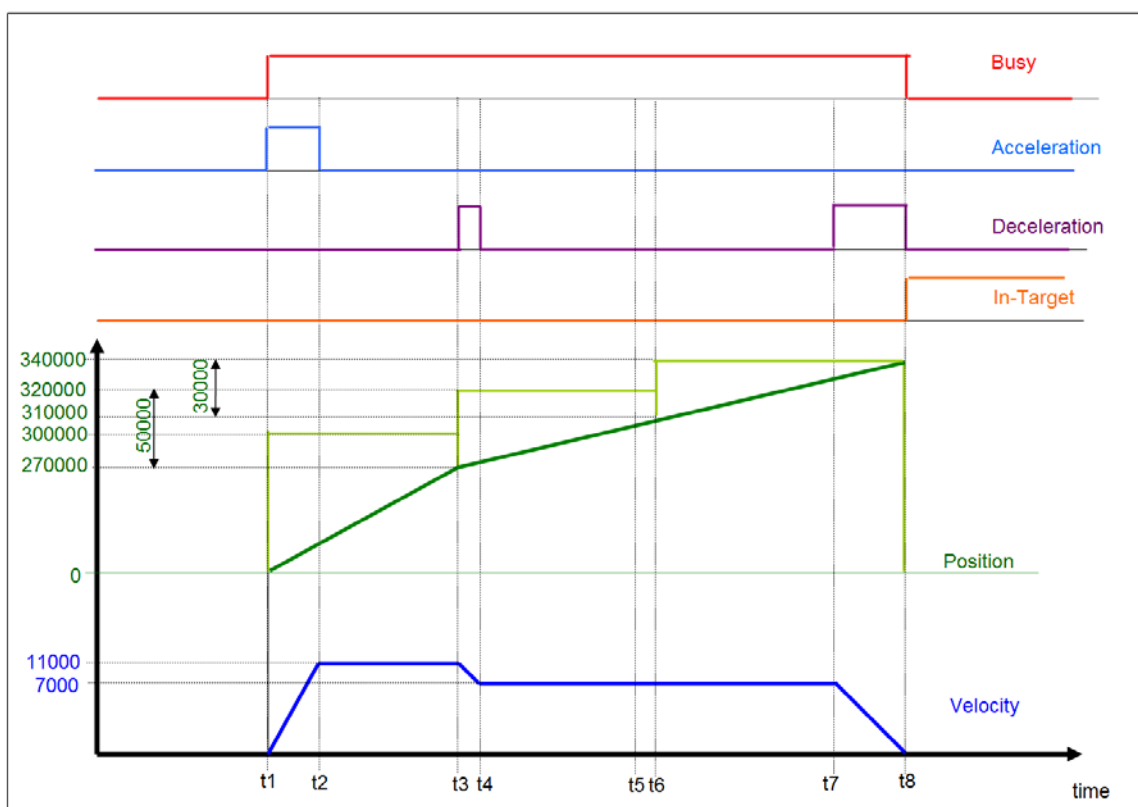


圖 26: 運動中變更相對位置的輸出與輸入參數時序圖

## 6.2.1 加減速單位定義

加速度/減速度單位需透過 PDO (8020:08)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 <sup>2</sup> ]	2
從 Vcurrent 到 Vtarget 的加速度時間[毫秒]	3

表 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" (0x8020:01) 與 "Velocity max" (0x8020:02)的設置參數(圖 27)來決定。"Acceleration" (0x7020:23) 與"Deceleration" (0x7020:24)參數設定馬達從"Velocity min" (0x8020:01) 到"Velocity max" (0x8020:02)的加速或減速時間

[毫秒]。

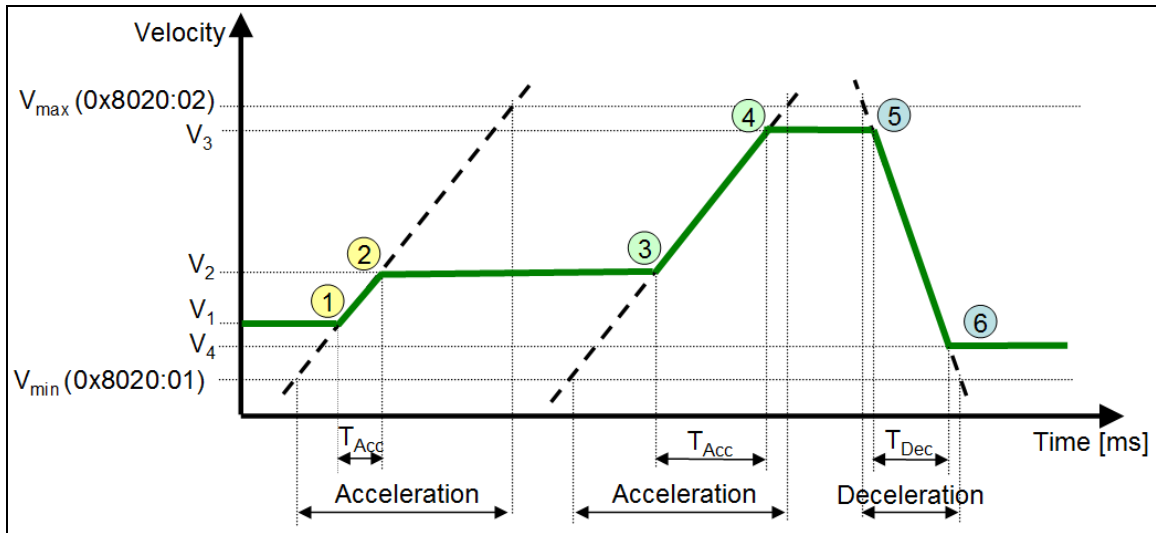


圖 27: 加速單位 - "從 Vmin 到 Vmax 的加速度時間[毫秒]"

① → ②

從當下  $V_1$  加速到目標  $V_2$  (0x7020:21):

- 參數 "Acceleration" (0x7020:23) 設定速度從  $V_{\min}$  (0x8020:01) 改變到  $V_{\max}$  (0x8020:02) 的加速時間 [毫秒]。
- $T_{\text{Acc}}$ : 從當前  $V_1$  到目標  $V_2$  的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{\text{Acc}} = (V_2 - V_1) / \text{Acc}$
  - with:
  - $\text{Acc} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Acceleration} (0x7020:23))$
- $T_{\text{DecStop}}$ : 減速到停止 ( $V_2$  到  $V_{\min}$ ) 的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{\text{DecStop}} = (V_2 - V_{\min}) / \text{Dec}$
  - with:
  - $\text{Dec} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Deceleration} (0x7020:24))$

③ → ④

從當下  $V_2$  加速到目標  $V_3$  (0x7020:21):

- 參數 "Acceleration" (0x7020:23) 設定速度從  $V_{\min}$  (0x8020:01) 改變到  $V_{\max}$  (0x8020:02) 的加速時間 [毫秒]。
- $T_{\text{Acc}}$ : 從當前  $V_2$  到目標  $V_3$  的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{\text{Acc}} = (V_3 - V_2) / \text{Acc}$
  - with:
  - $\text{Acc} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Acceleration} (0x7020:23))$
- $T_{\text{DecStop}}$ : 減速到停止 ( $V_3$  到  $V_{\min}$ ) 的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{\text{DecStop}} = (V_3 - V_{\min}) / \text{Dec}$
  - with:
  - $\text{Dec} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Deceleration} (0x7020:24))$

5 → 6

從當下  $V_3$  減速到目標  $V_4$  (0x7020:21):

- 根據減速類型，參數"Acceleration" (0x7020:23) (type 0)或"Deceleration" (0x7020:24) (type 1)決定將速度從 $V_{\max}$ 降低到 $V_{\min}$ 的時間[毫秒]。
- $T_{\text{Dec}}$ : 從當前速度 $V_3$ 減速到新目標速度 $V_4$ 的實際時間[毫秒]。
  - $T_{\text{Dec}} = (V_3 - V_4) / \text{Dec}$
  - with:
    - Type 0:  $\text{Dec} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Acceleration (0x7020:23)})$
    - Type 1:  $\text{Dec} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Deceleration (0x7020:24)})$
- $T_{\text{DecStop}}$ : 減速到停止( $V_4$ 到 $V_{\min}$ )的實際時間[毫秒]。
  - $T_{\text{DecStop}} = |V_4 - V_{\min}| / \text{Dec}$
  - with:
    - $\text{Dec} = (V_{\max} - V_{\min}) / (\text{Deceleration (0x7020:24)})$

### 6.2.1.2 從 $V_{\min}$ 到 $V_{\text{target}}$ 的加速時間

加速度/減速度梯度由"Velocity min" (0x8020:01) 與 目標速度 (0x7020:21)的設置參數來決定，如圖 28 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。

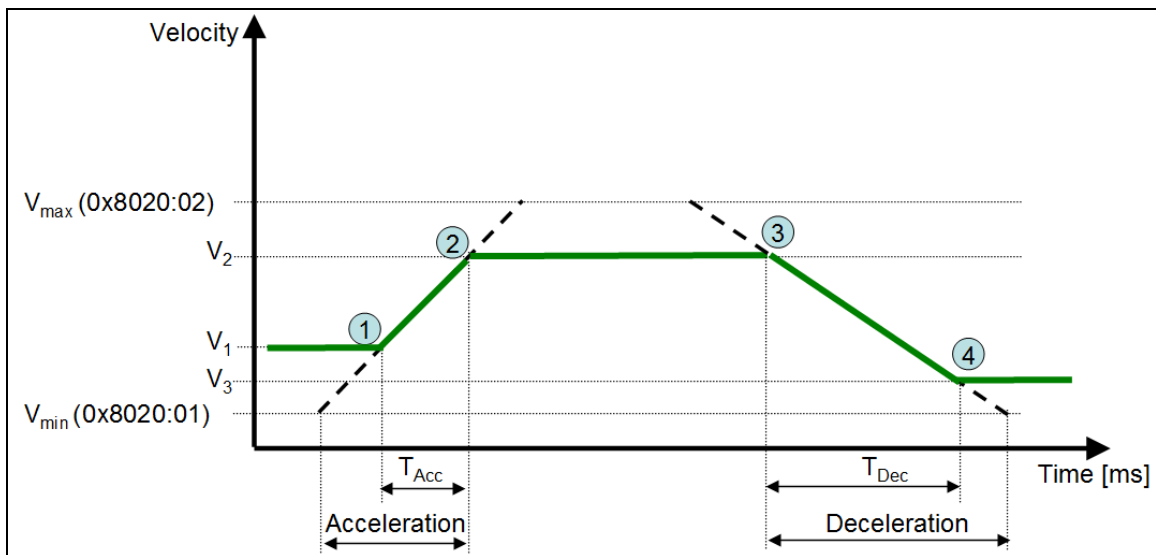


圖 28: 加速單位 - "從  $V_{min}$  到  $V_{target}$  的加速度時間[毫秒]"

① → ②

從當下  $V_1$  加速到目標  $V_2$  (0x7020:21):

- "Acceleration" (0x7020:23): 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:
  - $Acc = |V_2 - V_{min}| / (Acceleration (0x7020:23))$
- $T_{DecStop}$ : 減速到停止("V<sub>2</sub>" 到目標 "V<sub>min</sub>")的實際時間 [毫秒]。
  - $T_{DecStop} = |V_2 - V_1| / Dec$
  - with:
  - $Dec = |V_2 - V_{min}| / (Deceleration (0x7020:24))$

③ → ④

從當下  $V_2$  減速到目標  $V_3$  (0x7020:21):

- 根據減速類型，參數"Acceleration" (0x7020:23) (type 0)或"Deceleration" (0x7020:24) (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:  $Dec = (V_3 - V_{min}) / (Acceleration (0x7020:23))$
    - Type 1:  $Dec = (V_3 - V_{min}) / (Deceleration (0x7020:24))$
- $T_{DecStop}$ : 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:
  - $Dec = (V_3 - V_{min}) / (Deceleration (0x7020:24))$

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<sup>2</sup>]

透過Acceleration(0x7020:23)和Deceleration(0x7020:24)參數直接設置加速/減速值(圖 29)。兩個參數的單位均為[128\*微步/秒<sup>2</sup>]。

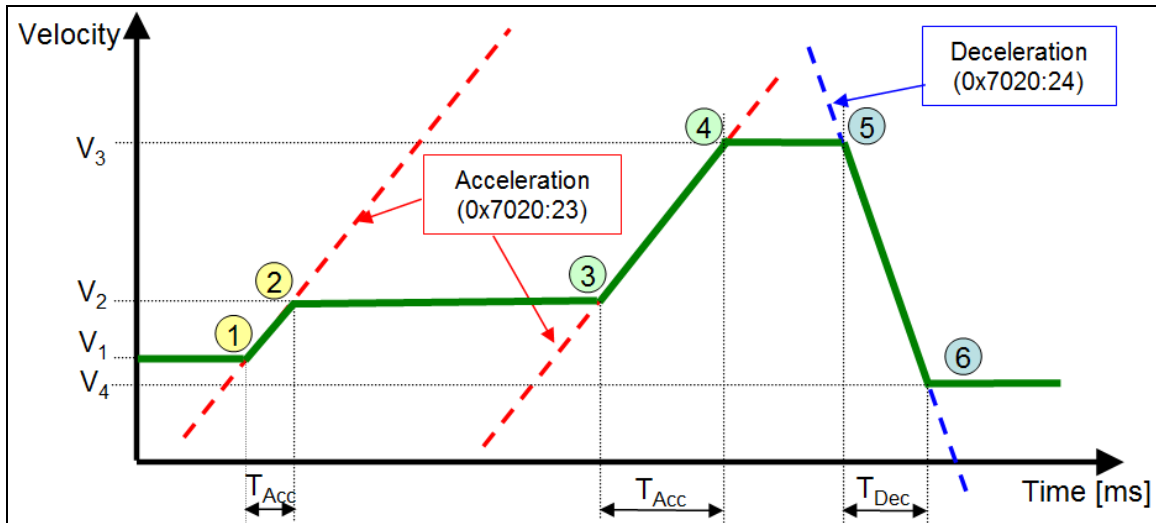


圖 29: 加速單位 - " 加速度[128\*微步/秒<sup>2</sup>]"

① → ②

從當下 "V<sub>1</sub>" 加速到目標 "V<sub>2</sub>" (0x7020:21):

- Acceleration (0x7020:23): 從 "V<sub>1</sub>" 到目標 "V<sub>2</sub>" 的加速度 [128\*微步/秒<sup>2</sup>]。
- $T_{Acc} = |V_2 - V_1| / (\text{Acceleration}(0x7020:23) * 128)$
- $T_{DecStop} = |V_2| / (\text{Deceleration}(0x7020:24) * 128)$

③ → ④

從當下 "V<sub>2</sub>" 加速到目標 "V<sub>3</sub>" (0x7020:21):

- Acceleration (0x7020:23): 從 "V<sub>2</sub>" 到目標 "V<sub>3</sub>" 的加速度 [128\*微步/秒<sup>2</sup>]。
- $T_{Acc} = |V_3 - V_2| / (\text{Acceleration}(0x7020:23) * 128)$
- $T_{DecStop} = |V_3| / (\text{Deceleration}(0x7020:24) * 128)$

⑤ → ⑥

從當下 "V<sub>3</sub>" 減速到 "V<sub>4</sub>" (0x7020:21):

- Deceleration (0x7020:24): 從 "V<sub>3</sub>" 到 "V<sub>4</sub>" 的減速度 [128\*微步/秒<sup>2</sup>]。
- $T_{Acc} = (V_3 - V_4) / (\text{Acceleration}(0x7020:23) * 128)$
- $T_{DecStop} = |V_4| / (\text{Deceleration}(0x7020:24) * 128)$

### 6.2.1.4 從 $V_{current}$ 到 $V_{target}$ 的加速時間

在此模式下，參數"Acceleration" (0x7020:23) 與"Deceleration" (0x7020:24)設置加速或減速到目標速度"Velocity" (0x7020:21)的時間[毫秒]。加速/減速梯度的陡度取決於"Acceleration" (0x7020:23)、「Deceleration" (0x7020:24)與當前速度和新目標速度"Velocity" (0x7020:21)的速度差，如圖 30 所示。此加速單位僅可與加速類型 0 "Acceleration-->Start phase & Deceleration-->Stop Phase"(表 13: DT0815EN01 物件)一起使用。

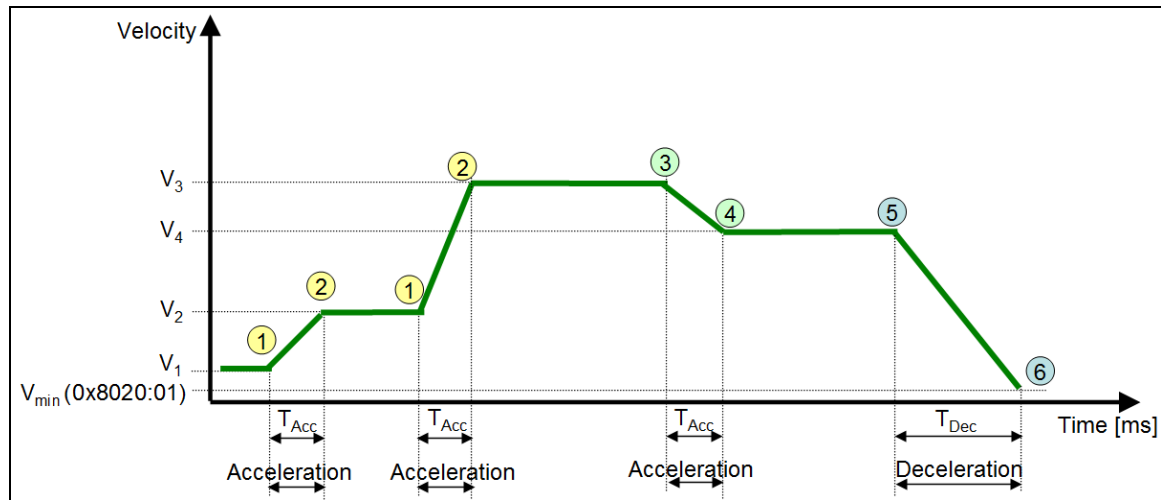


圖 30: 加速單位 - "從  $V_{current}$  到  $V_{target}$  的加速時間 [毫秒]"

① → ②

從當下  $V_{Current}$  加速到新的目標  $V_{Target}$  (0x7020):

- 參數"Acceleration" (0x7020:23)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。
- $T_{DecStop}$ :
  - $T_{DecStop} = |V_{Target} - V_{min}| / Acc$

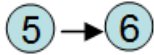
③ → ④

從當下速度 $V_{Current}$ 減速到新的目標速度 $V_{Target}$  (0x7020):

- 此模式只支援加速類型 0(表 13)，因此將加速時間"Acceleration" (0x7020:23) 用於減速到新的目標速度。



- "Acceleration" (0x7020:23) = 從  $V_{Current}$  到  $V_{Target}$  (0x7020)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" (0x8020:01)  $V_{min}$ :

- 參數 "Deceleration" (0x7020:24)表示從 $V_{Current}$ 減速到 $V_{min}$ (0x8020:01)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 13: DT0815EN01 物件定義了兩種類型。

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

表 13: DT0815EN01 物件

類型 1 需要大量的軟體計算，因此強烈建議僅使用類型 0 以增加 ECAT-2091S 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 (0x7020 : 23) 設置用於加速階段 (1-> 2, 5-> 6)，而減速 (0x7020 : 24) 值用於減速到停止階段 (3-> 4, 7-> 8)。更改旋轉方向時，ECAT-2091S 將先使用減速度 (0x7020 : 24) 值減速至停止，然後再使用加速度 (0x7020 : 23) 值加速至新的目標速度。

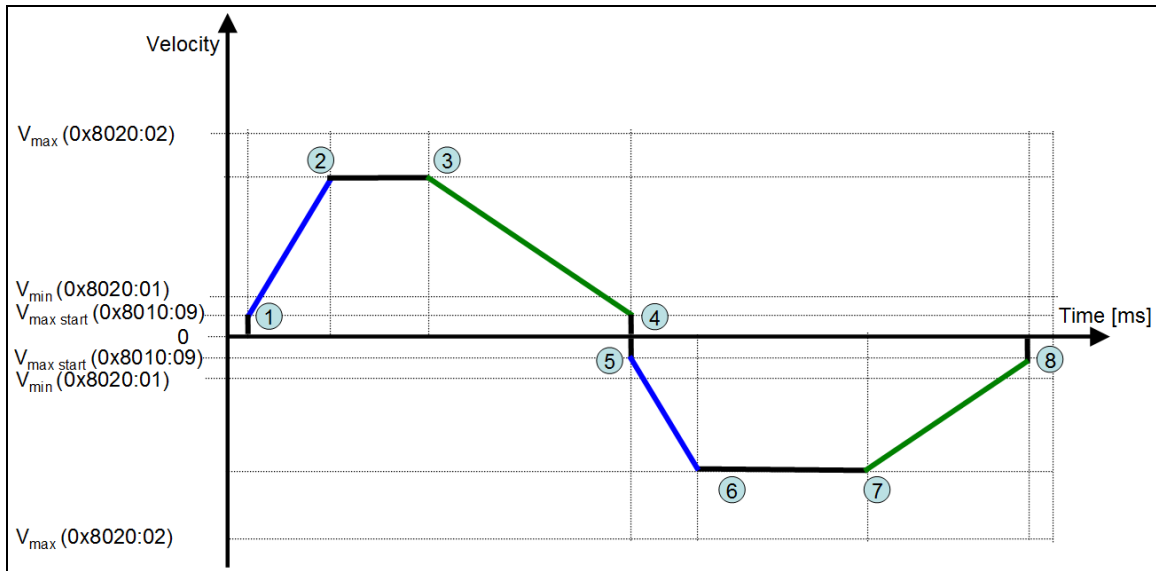


圖 31: start-stop 階段的加速-減速特性

在運動中更改速度時，加速度（0x7020：23）值將決定達到新目標速度的加速曲線或減速曲線梯度（圖 32）。

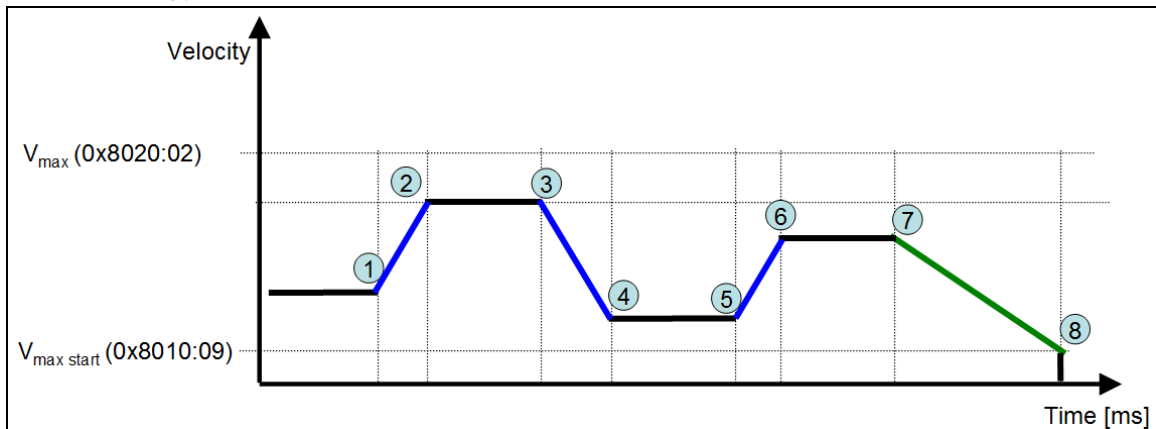


圖 32: 在 Start-Stop 階段模式下於運動中改變速度

以下描述參考圖 32：

- 加速度（0x7020：23）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（0x7020：24）值決定停止階段（7->8）的減速度。

### 6.2.2.2 Standard Acceleration/Deceleration

此處的 acceleration（0x7020：23）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（0x7020：24）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 31: start-stop 階段的加速-減速特性所示。

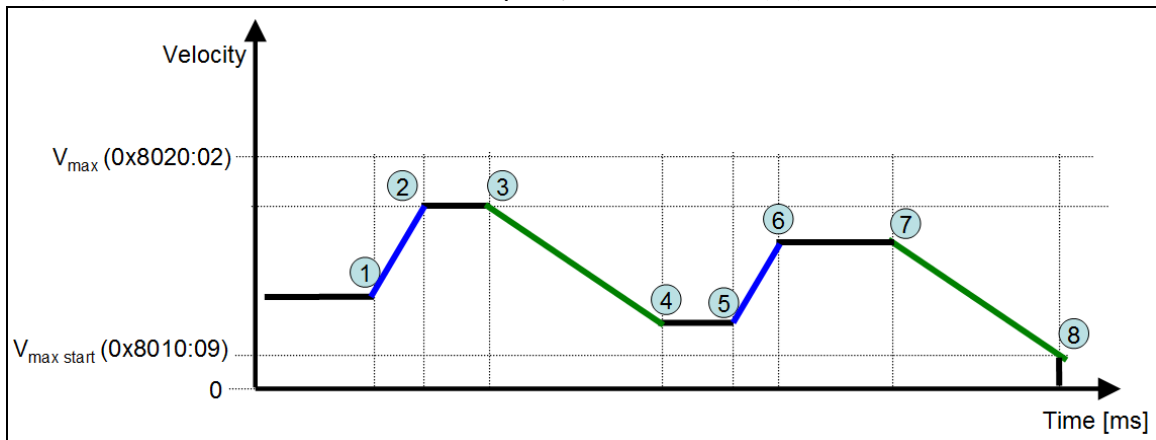


圖 33: 在"standard acceleration-deceleration"模式下於運動中改變速度

圖 33 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 (0x7020 : 23) 值設定加速度梯度 (1-> 2 , 5-> 6)。
- deceleration (0x7020 : 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。

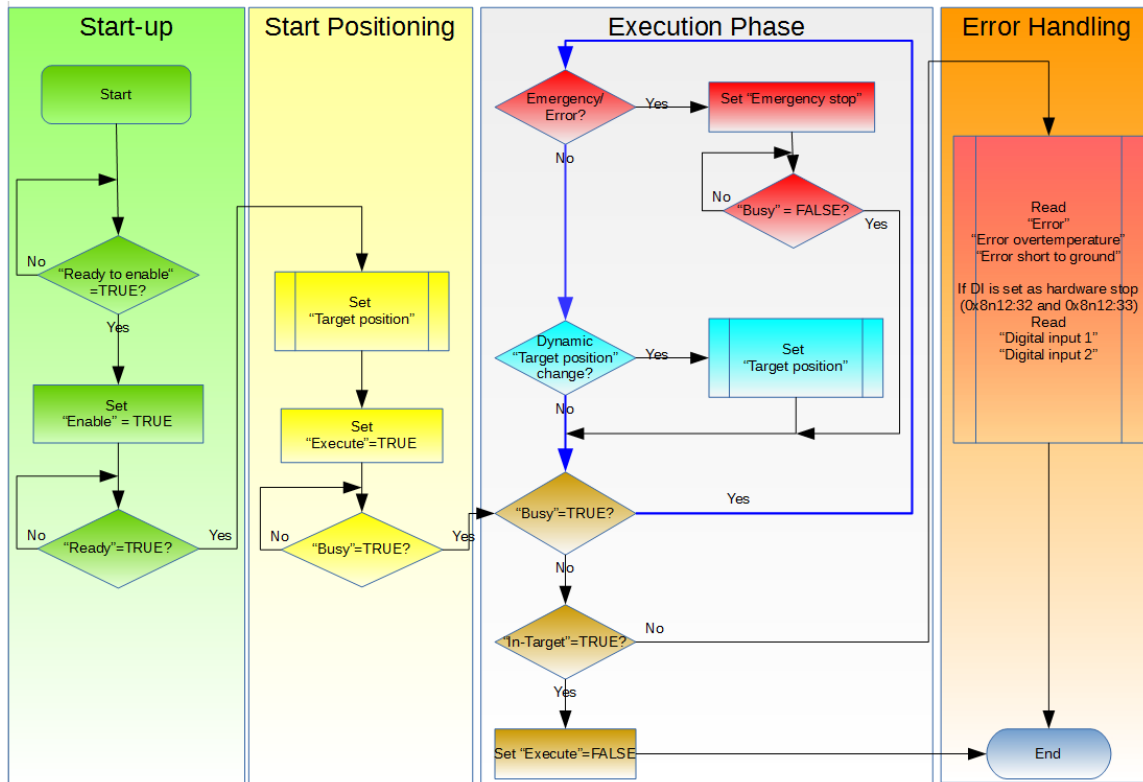


圖 34: "Positioning interface compact" 設定序列

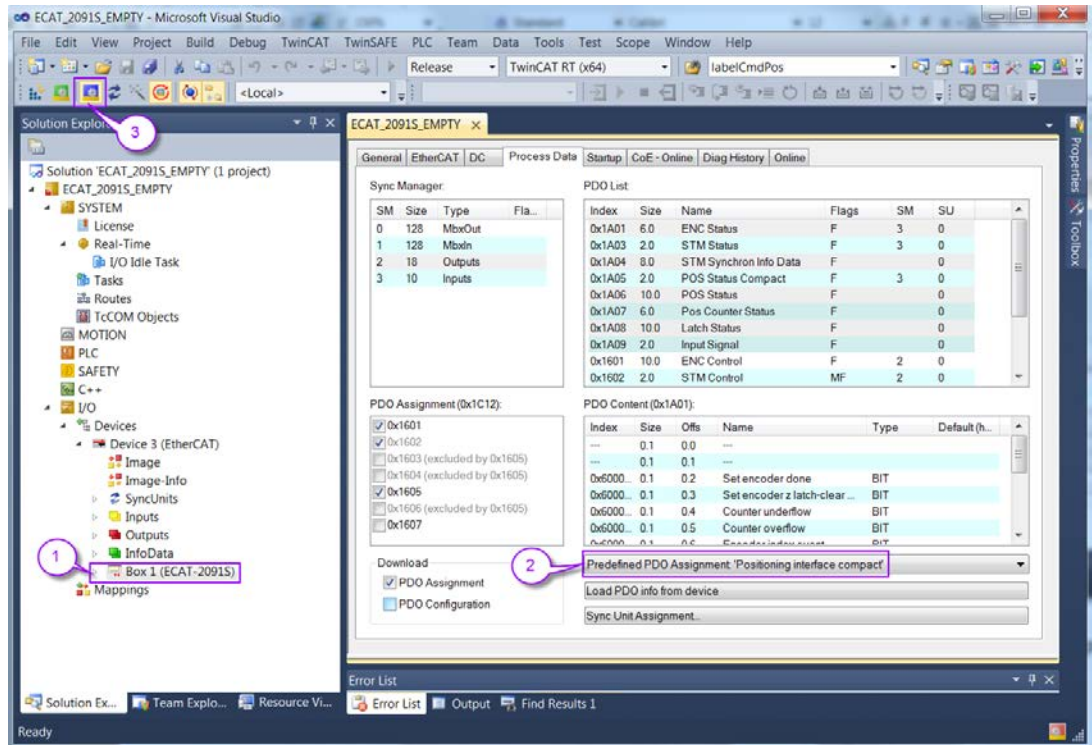
操作程序:

#### 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-2091S 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" 按鈕將 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 :

General EtherCAT DC Process Data Startup CoE - Online Diag History Online			
<div> <div>Update List</div> <div>Auto Update <input type="checkbox"/> Single Update <input checked="" type="checkbox"/> Show Offline Data <input type="checkbox"/></div> <div>Advanced...</div> <div>Add to Startup...</div> <div>Online Data</div> <div>Module OD (AoE Port): 0</div> </div>			
Index	Name	Flags	Value
1C12:0	SyncManager 2 assignment		> 3 <
1C12:01	SubIndex 001	RW	0x1601 (5633)
1C12:02	SubIndex 002	RW	0x1602 (5634)
1C12:03	SubIndex 003	RW	0x1605 (5637)
1C12:04	SubIndex 004	RW	---
1C12:05	SubIndex 005	RW	---
1C12:06	SubIndex 006	RW	---
1C12:07	SubIndex 007	RW	---
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 3 <
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	---
1C13:05	SubIndex 005	RW	---
1C13:06	SubIndex 006	RW	---
1C13:07	SubIndex 007	RW	---
1C13:08	SubIndex 008	RW	---

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

**步驟3:** 設定每個全步的微步數 (8010:07)。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" (0x8020:08) 和"Acc-Dec parameter definition" (0x8020:09), 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" (0x8020:08) 決定。正反方向的數值都必須做設定。
  - i. Acceleration pos (0x8020:03): 正轉方向的加速度。
  - ii. Acceleration neg (0x8020:04): 反轉方向的加速度。
  - iii. Deceleration pos (0x8020:05): 正轉方向的減速度。
  - iv. Deceleration neg (0x8020:06): 反轉方向的減速度。
4. "Emergency deceleration"表示在緊停旗標設置為 TRUE (0x7020:02 - Emergency stop) 之後馬達多快可停止。

Index	Name	Flags	Value	Unit
8010:0	STM Motor Settings		> 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		> 66 <	
8020:0	POS Settings		> 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:** 設置啟動類型。"Start type" (0x8021:01) 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 9 了解正確的參數值。

Index	Name	Flags	Value
8021:0	POS Features		> 1 <
8021:01	Start type	RW	Relative (2)
A010:0	STM Diag data		> 17 <
A020:0	POS Diag data		> 6 <
F008:0	Internal EEPROM		> 5 <

**步驟6:** 運動執行程序:

- STM Control
      - Enable
      - Reset
      - Reduce torque
      - Digital output1
    - POS Control Compact
      - Execute
      - Emergency stop
      - Target position

1. 啟用"Enable" (0x7010:01)旗標。
2. 設置目標位置（單位：步）（0x7020：11）。目標位置距離由"Start type"（0x8021：01）類型下定義。
3. 透過將"Execute"變量設置為 true 來啟動運動執行（0x7020：01）。
4. 如果在行駛期間已經啟用了緊急停止（0x7020：02），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（0x6010：04 Error）。為了清除該旗標，"Reset"變量必須啟用（0x7010：02 - 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。

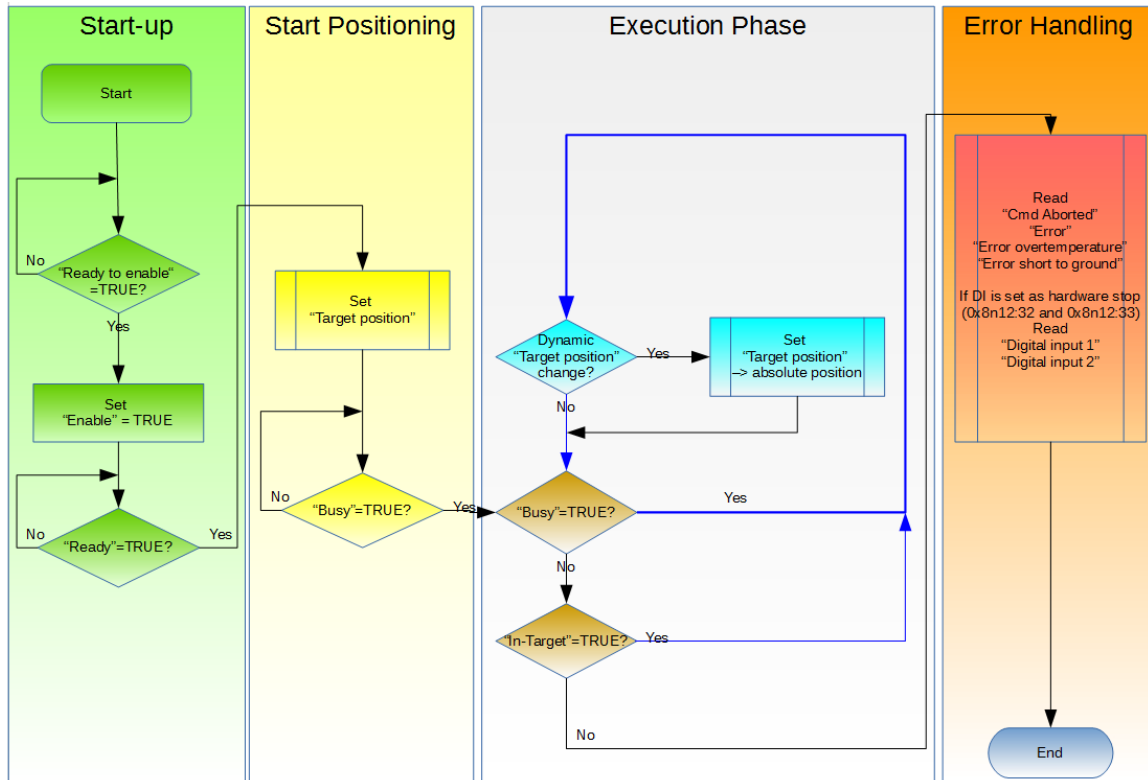


圖 35: 位置控制模式的變數執程序

處理程序:

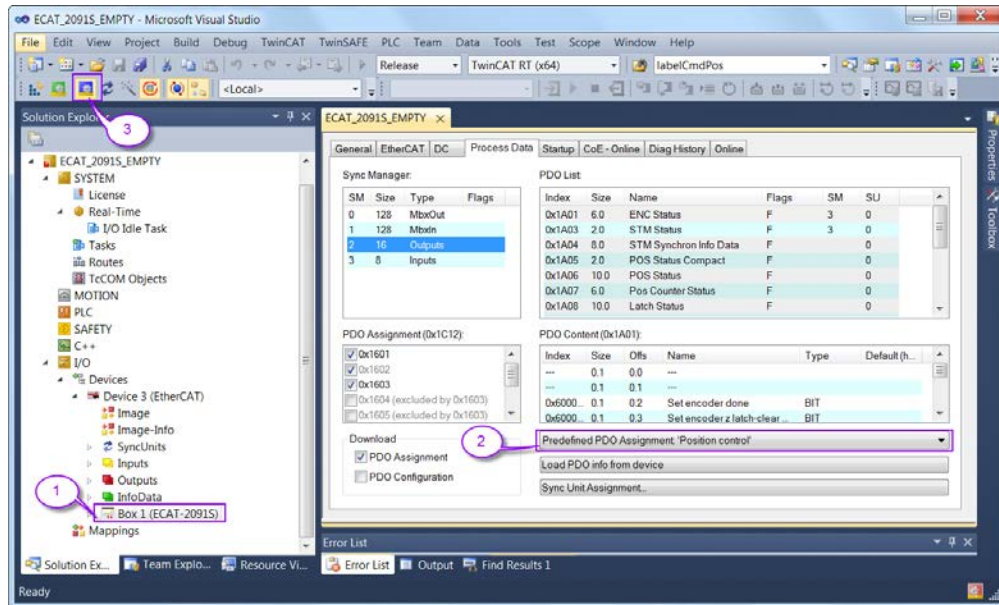
### 步驟1: PDO assignment

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-2091S 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"按鈕將 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:

Index	Name	Flags	Value
1C12:0	SyncManager 2 assignment		> 3 <
1C12:01	SubIndex 001	RW	0x1601 (5633)
1C12:02	SubIndex 002	RW	0x1602 (5634)
1C12:03	SubIndex 003	RW	0x1603 (5635)
1C12:04	SubIndex 004	RW	---
1C12:05	SubIndex 005	RW	---
1C12:06	SubIndex 006	RW	---
1C12:07	SubIndex 007	RW	---
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 2 <
1C13:01	SubIndex 001	RW	0x1A01 (6657)
1C13:02	SubIndex 002	RW	0x1A03 (6659)
1C13:03	SubIndex 003	RW	---
1C13:04	SubIndex 004	RW	---
1C13:05	SubIndex 005	RW	---
1C13:06	SubIndex 006	RW	---
1C13:07	SubIndex 007	RW	---
1C13:08	SubIndex 008	RW	---

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

**步驟3:** 設定每全步的微步數(8010:07)。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**步驟 4:**)。
2. 設定"Acceleration unit" (0x8020 : 08) 和"Acc-Dec parameter definition" (0x8020 : 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：0x8020：08）。正方向和負方向的值都是必需的。
  - i. Acceleration pos (0x8020:03)
  - ii. Acceleration neg (0x8020:04)
  - iii. Deceleration pos (0x8020:05)
  - iv. Deceleration neg (0x8020:06)

Index	Name	Flags	Value	Unit
8010:0	STM Motor Settings		> 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		> 66 <	
8020:0	POS Settings		> 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: 運動執行政序:

- STM Control
  - Enable
  - Reset
  - Reduce torque
  - Digital output1
- STM Position
  - Position

1. 啟用參數"Enable" (0x7010:01)。
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（**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**）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（0x6010：04 Error）。為了清除該旗標，"Reset"變量必須啟用（0x7010：02 - 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（0x8020）進行設定。

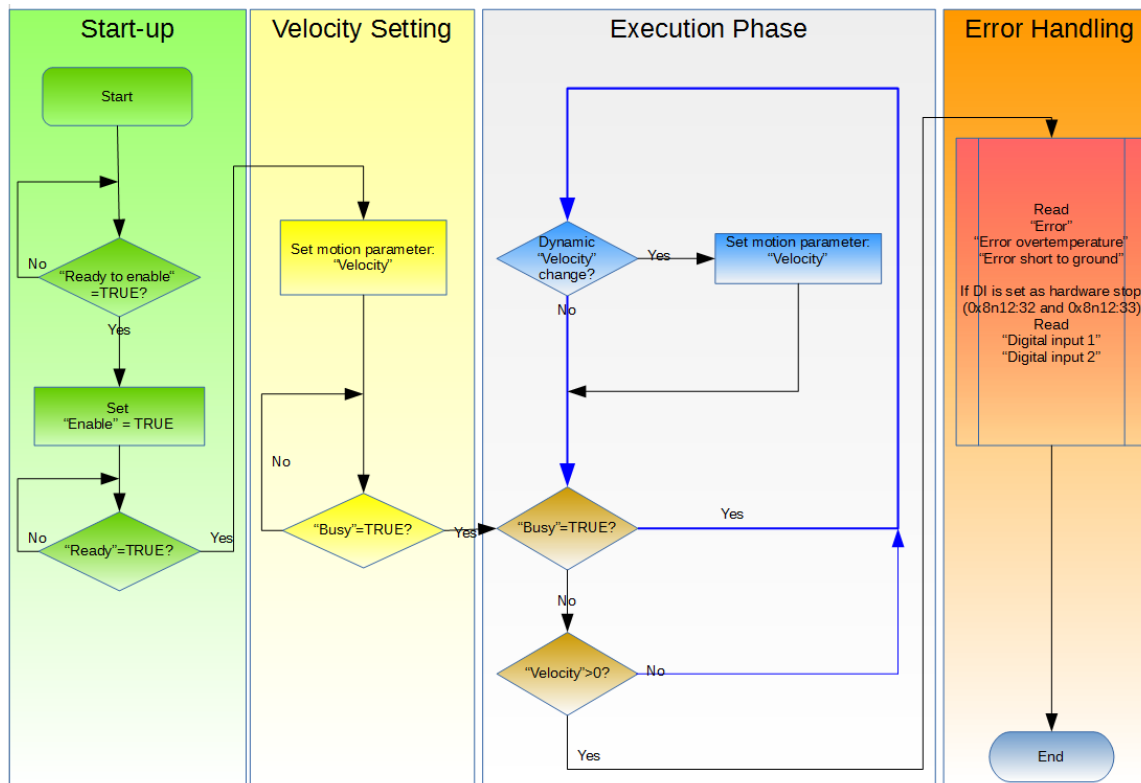


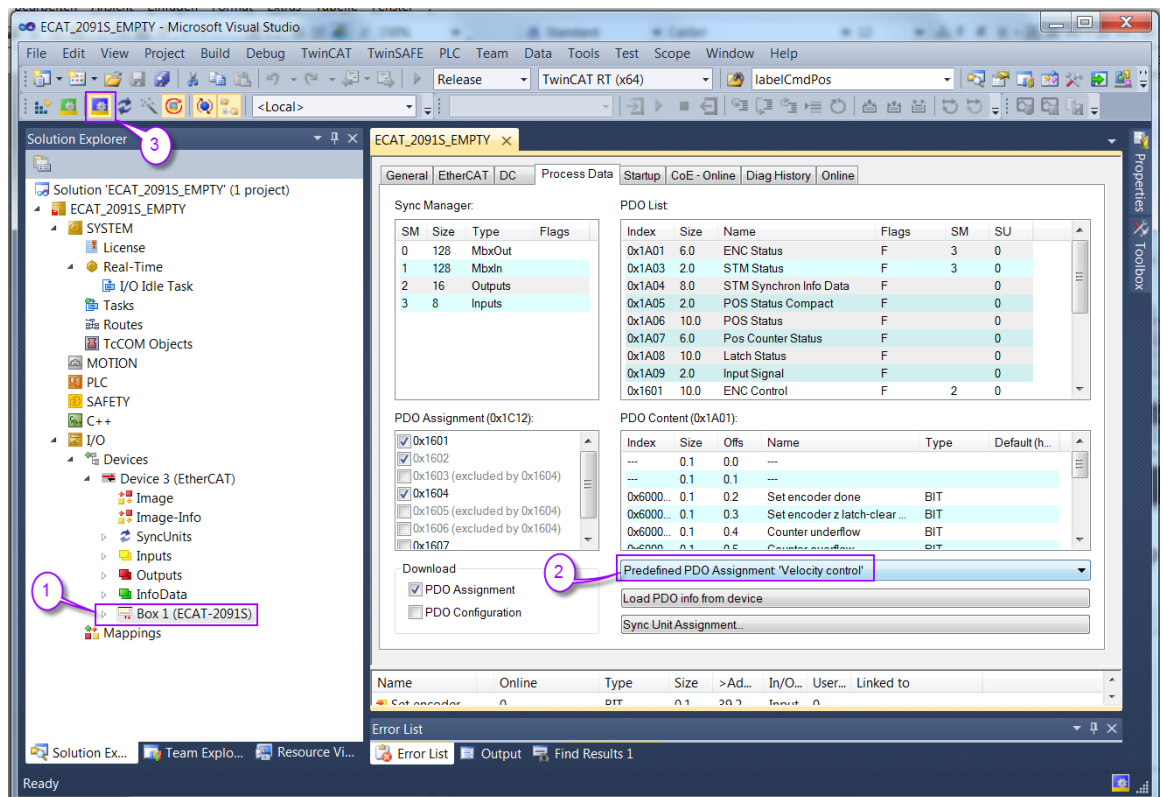
圖 36: 速度控制設定

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-2091S 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
1C12:0	SyncManager 2 assignment		> 3 <
1C12:01	SubIndex 001	RW	0x1601 (5633)
1C12:02	SubIndex 002	RW	0x1602 (5634)
1C12:03	SubIndex 003	RW	0x1604 (5636)
1C12:04	SubIndex 004	RW	---
1C12:05	SubIndex 005	RW	---
1C12:06	SubIndex 006	RW	---
1C12:07	SubIndex 007	RW	---
1C13:0	SyncManager 3 assignment		> 2 <
1C13:01	SubIndex 001	RW	0x1A01 (6657)
1C13:02	SubIndex 002	RW	0x1A03 (6659)
1C13:03	SubIndex 003	RW	---
1C13:04	SubIndex 004	RW	---
1C13:05	SubIndex 005	RW	---
1C13:06	SubIndex 006	RW	---
1C13:07	SubIndex 007	RW	---
1C13:08	SubIndex 008	RW	---

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

**步驟3:** 設定每全步的微步數(8010:07)。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**步驟 4:**)。

**步驟5:** 運動執行程序:

- ▲  STM Control
  -  Enable
  -  Reset
  -  Reduce torque
  -  Digital output1
- ▲  STM Velocity
  -  Velocity

1. 啟用參數"Enable" (0x7010:01)。
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"（0x7010：01）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 介面顯示了操作和診斷 ECAT-2091S 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 37 顯示了可用於 ECAT-2091S 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。

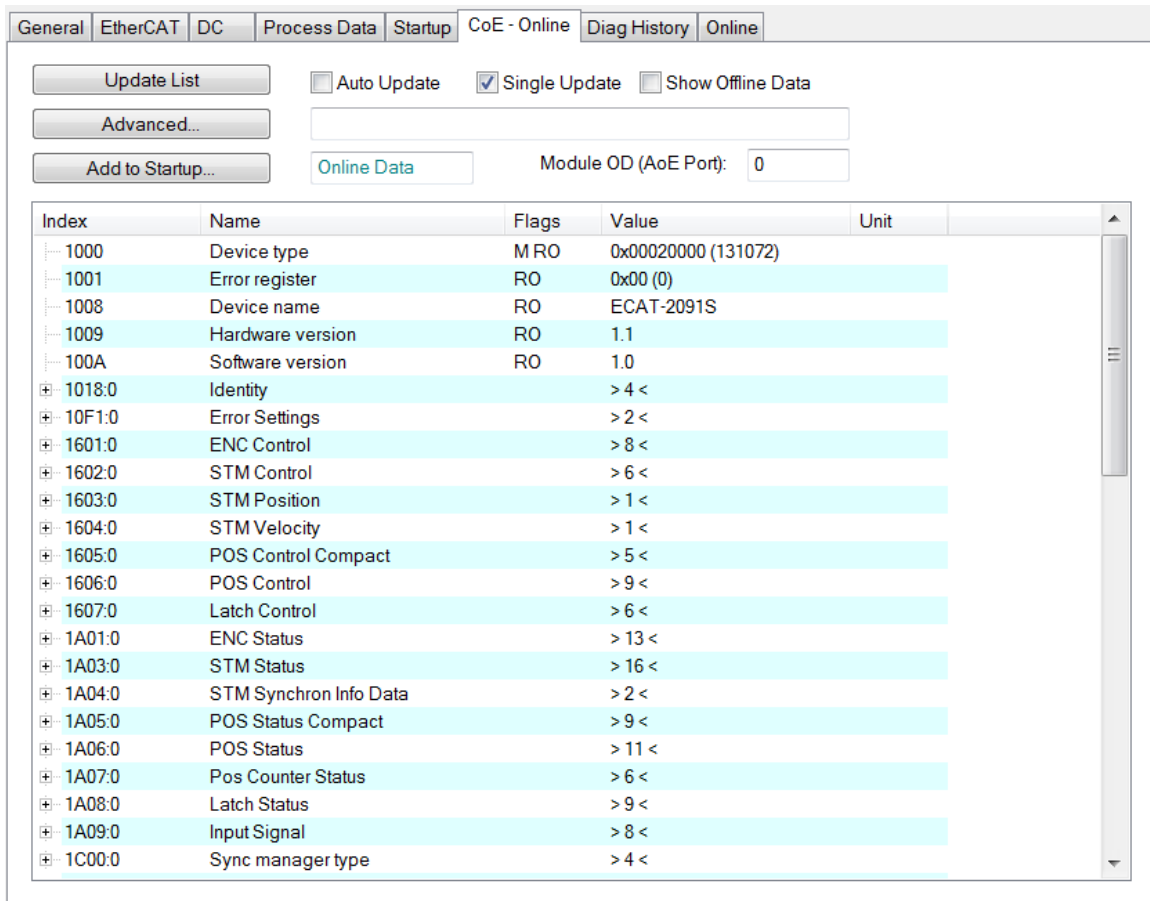


圖 37: "CoE - Online " 標籤頁

## 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。

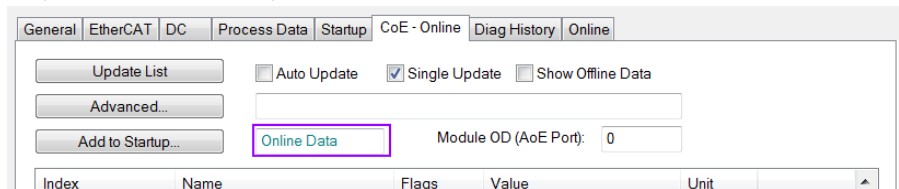
CoE 物件範圍 0x8000 到 0x8021 包含所有可配置和可存儲的運動相關參數。TwinCAT 允許用戶透過系統管理器（圖 37）或經由 ADS（TcEtherCAT.lib library）從 TwinCAT PLC 設定配置參數。

如果從站的CoE參數被線上修改，ECAT-2091S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。

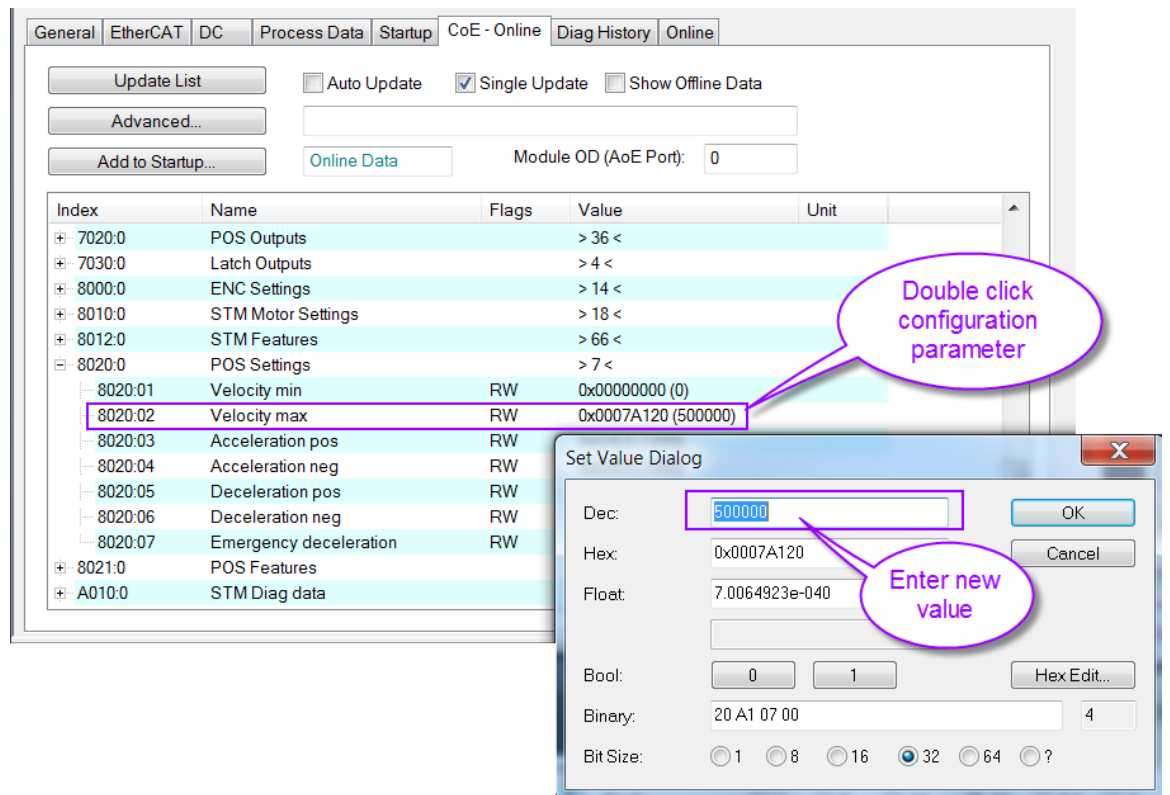
將配置數據存儲到ECAT-2091S區域記憶體的程序：



**步驟1:** 確保 TwinCAT 系統管理器有連接到 ECAT-2091S，且 "CoE-Online" 標籤頁顯示從站處於在線的狀態。



**步驟2:** 設置所有必要的配置對象（0x8000、0x8010、0x8012、0x8021）。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，總是可以回復出廠預設設定。
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。

注意：

區域記憶體僅支援有限次數的儲存操作。一旦儲存操作超過 10000 次，根據記憶體版本的不同，將無法保證數據可確實地儲存或仍然可讀。因此，不應從控制應用程式中連續設置"Save configuration data"（F008：04）和"Load factory default"（F008：03）。

General EtherCAT DC Process Data Startup CoE - Online Diag History Online

Update List ☐ Auto Update ☒ Single Update ☐ Show Offline Data

Advanced...

Add to Startup... [Online Data](#) Module OD (AoE Port): 0

Index	Name	Flags	Value	Unit
7020:0	POS Outputs		> 36 <	
7030:0	Latch Outputs		> 4 <	
8000:0	ENC Settings		> 14 <	
8010:0	STM Motor Settings		> 18 <	
8012:0	STM Features		> 66 <	
8020:0	POS Settings		> 7 <	
8021:0	POS Features		> 1 <	
A010:0	STM Diag data		> 17 <	
A020:0	POS Diag data		> 6 <	
F008:0	Internal EEPROM		> 5 <	
F008:01	Code word	RW	0x12345678 (305419896)	
F008:02	Save counter	RO	0x000A (10)	
F008:03	Load factory default	RW	FALSE	
F008:04	Save configuration data	RW	TRUE	
F008:05	Save error encountered	RO	FALSE	

步驟5: 將 ECAT-2091S 設置回 OP 模式。

General EtherCAT DC Process Data Startup CoE - Online Diag History Online

State Machine

Init Bootstrap

Pre-Op Safe-Op

Op Clear Error

Current State: OP

Requested State: OP

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...

## 8.3 驅動器調適

ECAT-2091S 使用 Trinamic 的運動控制晶片 TMC5130A 進行步進馬達控制。ECAT-2091S 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-2091S 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-2091S 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	0x00001389

#### 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-2091S

#### 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 (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	0x00209153
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

### Index 1601 ENC Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1601:0	ENC Control	編碼器控制	UINT8	RO	0x08
1601:01	Status__Gap1	empty (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1601:02	Control__Set encoder	設定編碼器 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70000201
1601:03	Control__Set position counter	設定位置計數器 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70000301
1601:04	Control__Set encoder z latch-clear mode	啟動編碼器索引鎖存清除模式 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70000401
1601:05	Control__Gap2	字節填充 (4 Bit)	UINT32	RO	0x00000004
1601:06	Control__Encoder z latch-clear mode	編碼器索引鎖存清除模式 (8 Bit)	UINT32	RO	0x70000608
1601:07	Control__Set encoder value	設定編碼器數值 (32-bit)	UINT32	RO	0x70001120
1601:08	Control__Set position counter value	設定位置計數器數值 (32-bit)	UINT32	RO	0x70001220

### Index 1602 STM Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1602:0	STM Control	步進馬達控制	UINT8	RO	0x06
1602:01	Control__Enable	啟用 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70100101
1602:02	Control__Reset	重置 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70100201
1602:03	Control__Reduce torque	減少轉矩 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70100301
1602:04	Control__Gap1	字節填充 (5 Bit)	UINT32	RO	0x00000005
1602:05	Control__Digital output1	數位輸出 1 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70100C01
1602:06	Control__Gap2	字節填充 (7 Bit)	UINT32	RO	0x00000007

#### Index 1603 STM Position (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	説明	類型	標誌	預設
1603:0	STM Position	步進馬達位置控制	UINT8	RO	0x01
1603:01	Control__Position	位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x70101120

#### Index 16n4 STM Velocity (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	説明	類型	標誌	預設
1604:0	STM Velocity	步進馬達速度控制	UINT8	RO	0x01
1604:01	Control__Velocity	速度 (32 Bit)	UINT32	RO	0x70102120

#### Index 1605 POS Control Compact (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	説明	類型	標誌	預設
1605:0	POS Control Compact	步進馬達精簡控制	UINT8	RO	0x05
1605:01	Control__Execute	執行 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70200101
1605:02	Control__Emergency stop	緊急停止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70200201
1605:03	Control__Gap1	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006
1605:04	Control__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008
1605:05	Control__Target position	目標位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x70201120

#### Index 1606 POS Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	説明	類型	標誌	預設
1606:0	POS Control	位置控制	UINT8	RO	0x09
1606:01	Control__Execute	執行 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70200101
1606:02	Control__Emergency stop	緊急停止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70200201
1606:03	Control__Gap1	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006
1606:04	Control__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008
1606:05	Control__Target position	目標位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x70201120
1606:06	Control__Velocity	最大速度	UINT32	RO	0x70202120

		(32 Bit)			
1606:07	Control__Start type	啟動類型 (16 Bit)	UINT32	RO	0x70202210
1606:08	Control__Acceleration	加速度 (16 Bit)	UINT32	RO	0x70202310
1606:09	Control__Deceleration	減速度 (16 Bit)	UINT32	RO	0x70202410

#### Index 1607 Latch Control (RxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1607:0	Latch Control	鎖存設定	UINT8	RO	0x06
1607:01	Control__Enable latch active edge DI 1	啟動DI1 正緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70300101
1607:02	Control__Enable latch active edge DI 2	啟動DI1 正緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70300201
1607:03	Control__Enable Latch inactive edge DI 1	啟動DI1 負緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70300301
1607:04	Control__Enable Latch inactive edge DI 2	啟動DI2 負緣觸發的外部鎖存 (1 Bit)	UINT32	RO	0x70300401
1607:05	Control__Gap1	字節填充 (4 Bit)	UINT32	RO	0x00000004
1607:06	Control__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008

## 9.3 TxPDO Mapping Objects

#### Index 1A01 ENC Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A01:0	ENC Status	編碼器狀態	UINT8	RO	0x0D
1A01:01	Status__Gap1	填充 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1A01:02	Status__Gap2	填充 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1A01:03	Status__Set encoder done	設定編碼器計數器完成 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60000301
1A01:04	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	0x60000401
1A01:05	Status__Counter underflow	計數器下溢 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60000501
1A01:06	Status__Counter overflow	計數器過溢 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60000601

1A01:07	Status__Index	編碼器索引事件 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60000701
1A01:08	Status__Gap3	字節填充 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1A01:09	Status__Gap4	填充 (5 Bit)	UINT32	RO	0x00000005
1A01:0A	Status__Sync error	同步錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60000E01
1A01:0B	Status__Gap5	填充 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1A01:0C	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變化位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60001001
1A01:0D	Status__Encoder value	編碼器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x60001120

#### Index 1A03 STM Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A03:0	STM Status	步進馬達狀態	UINT8	RO	0x10
1A03:01	Status__Ready to enable	準備啟用 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100101
1A03:02	Status__Ready	待命 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100201
1A03:03	Status__Warning	警告 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100301
1A03:04	Status__Overtemperature	過熱預警 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100401
1A03:05	Status__Warning open load	在 A 相或 B 相檢測到 開路負載	UINT32	RO	0x60100501
1A03:06	Status__Error	錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100601
1A03:07	Status__Error overtemperature	過熱錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100701
1A03:08	Status__Error short to ground	對地短路錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100801
1A03:09	Status__Moving positive	正向移動 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100901
1A03:0A	Status__Moving negative	反向移動 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100A01
1A03:0B	Status__Torque reduced	轉矩縮減 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100B01
1A03:0C	Status__Digital input 1	數位輸入 1 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100C01
1A03:0D	Status__Digital input 2	數位輸入 2 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100D01
1A03:0E	Status__Sync error	同步錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100E01
1A03:0F	Status__Motor standstill	馬達處於靜止狀態 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60100F01



1A03:10	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變換位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101001
---------	----------------------	-------------------------	--------	----	------------

#### Index 1A04 STM Synchron Info Data (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A04:0	STM Synchron Info Data		UINT8	RO	0x02
1A04:01	Status__Info data 1	訊息數據 1 (32 Bit)	UINT32	RO	0x60101120
1A04:02	Status__Info data 2	訊息數據 2 (32 Bit)	UINT32	RO	0x60101220

#### Index 1A05 POS Status Compact (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A05:0	POS Status Compact		UINT8	RO	0x0B
1A05:01	Status__Busy	忙碌 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200101
1A05:02	Status__In-Target	到達 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200201
1A05:03	Status__Warning	警告 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200301
1A05:04	Status__Error	錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200401
1A05:05	Status__Gap1	填充 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1A05:06	Status__Accelerate	加速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200601
1A05:07	Status__Decelerate	減速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200701
1A05:08	Status__SoftEmg	軟體緊急事件 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200801
1A05:09	Status__CmdRejected	命令拒收 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200901
1A05:0A	Status__CmdAborted	命令中止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200A01
1A05:0B	Status__Gap2	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006

#### Index 1A06 POS Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A06:0	POS Status		UINT8	RO	0x0D
1A06:01	Status__Busy	忙碌 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200101
1A06:02	Status__In-Target	到達目標位置 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200201
1A06:03	Status__Warning	警告 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200301
1A06:04	Status__Error	錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200401

1A06:05	Status__Gap1	填空 (1 Bit)	UINT32	RO	0x00000001
1A06:06	Status__Accelerate	加速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200601
1A06:07	Status__Decelerate	減速 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200701
1A06:08	Status__SoftEmg	軟體緊急事件 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200801
1A06:09	Status__CmdRejected	命令拒收 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200901
1A06:0A	Status__CmdAborted	命令中止 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60200A01
1A06:0B	Status__Gap2	字節填充 (6 Bit)	UINT32	RO	0x00000006
1A06:0C	Status__Actual motor position	實際位置 (32 Bit)	UINT32	RO	0x60201120
1A06:0D	Status__Actual motor velocity	實際速度 (32 Bit)	UINT32	RO	0x60202120

#### Index 1A07 Pos Counter Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A07:0	Pos Counter Status	位置計數器狀態	UINT8	RO	0x02
1A07:01	Status__Set position counter done	設置位置計數器完成 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60202301
1A07:02	Status__Sync error	同步錯誤 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60202401
1A07:03	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變化位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60202501
1A07:04	Status__Gap1	字節填充 (5 Bit)	UINT32	RO	0x00000005
1A07:05	Status__Gap2	字組填充 (8 Bit)	UINT32	RO	0x00000008
1A07:06	Status__Position counter value	位置計數器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x60201120

#### Index 1A08 Latch Status (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A08:0	Latch Status		UINT8	RO	0x09
1A08:01	Status__Latch extern valid DI 1	外部鎖存 DI 1 有效 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60300101
1A08:02	Status__Latch extern valid DI 2	外部鎖存 DI 2 有效 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60300201
1A08:03	Status__Status of extern latch DI 1	外部鎖存輸入 DI 1 狀態 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60300301
1A08:04	Status__Status of extern latch DI 2	外部鎖存輸入 DI 2 狀態	UINT32	RO	0x60300401

		(1 Bit)			
1A08:05	Status__Gap1	字節填充 (4 Bit)	UINT32	RO	0x00000004
1A08:06	Status__Gap2	填充 (7 Bit)	UINT32	RO	0x00000007
1A08:07	Status__TxPDO Toggle	TxPDO 交替變化位元 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60301001
1A08:08	Status__Encoder latched value	鎖存觸發編碼器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x60301220
1A08:09	Status__Position counter latched value	鎖存觸發位置計數器數值 (32-Bit)	UINT32	RO	0x60301320

#### Index 1A09 Input Signal (TxPDO-Map)

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
1A09:0	Input Signal		UINT8	RO	0x08
1A09:01	Status__Left reference input	左參考輸入 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101301
1A09:02	Status__Right reference input	右參考輸入 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101401
1A09:03	Status__Encoder A channel input	編碼器輸入通道 A (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101501
1A09:04	Status__Encoder B channel input	編碼器輸入通道 B (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101601
1A09:05	Status__Encoder Z channel input	編碼器輸入通道 Z (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101701
1A09:06	Status__Driver enable	驅動器啟用訊號 (1 Bit)	UINT32	RO	0x60101801
1A09:07	Status__Gap1	字節填充 (2 Bit)	UINT32	RO	0x00000002
1A09:08	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	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:05	SubIndex 005	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:06	SubIndex 006	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C12:07	SubIndex 007	預留額外的 RxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000

\*Sub index 001 到 007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	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:04	SubIndex 004	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:05	SubIndex 005	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:06	SubIndex 006	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:07	SubIndex 007	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000
1C13:08	SubIndex 008	預留額外的 TxPDO 分配空間	UINT16	RW	0x0000

\*Sub index 001 到 008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: <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 自由運行</li> <li>1: 不包含 SM2 事件的同步</li> <li>2: DC 同步模式 – 與 SYNC0 事件同步</li> <li>3: DC 同步模式 – 與 SYNC01 事件同步</li> </ul>	UINT8	RO	0x0001
1C32:02	Cycle Time	週期時間 (單位:奈秒): <ul style="list-style-type: none"> <li>自由運行: 區域定時器的週期時間</li> <li>與 SM 2 事件同步: 主站週期時間</li> <li>DC 同步模式: SYNC0/SYNC1 週期時間</li> </ul>	UINT8	RO	0x00000000
1C32:04	Synchronization Types supported	支援的同步模式: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bit 0 = 1: 支援自由運行</li> <li>Bit 1 = 1: 支援與 SM 2 事件同步</li> <li>Bit 2-3 = 01: 支援 DC 同步模式</li> <li>Bit 4-5 = 10: 輸出隨著 SYNC1 事件時間偏移 (只限於 DC 同步模式)</li> </ul>	UINT8	RO	0x8007
1C32:05	Minimum Cycle Time	最小週期時間 (單位:奈秒)		RO	0x00000000
1C32:06	Calc and Copy Time	SYNC0 與 SYNC1 事件間的最小時間(單位:奈秒, 只限於 DC 同步模式)		RO	0x00000000
1C32:08	Get Cycle Time	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: 停止量測區域週期時間</li> <li>1: 開始量測區域週期時間</li> </ul> 將參數設置為 1, 以使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:奈秒, 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 (輸出端太晚輸出, 只限於DC同步模式)		RO	FALSE

### 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>自由運行</li> <li>1: 與 SM3 事件同步(無輸出)</li> <li>2: DC - 與 SYNC0 事件同步</li> <li>3: DC -與 SYNC1 事件同步</li> <li>34: 與 SM2 事件同步(無輸出)</li> </ul>	UINT8	RO	0x0022
1C33:02	Cycle Time	週期時間(單位:奈秒): <ul style="list-style-type: none"> <li>自由運行: 區域計時器的週期時間</li> <li>與 SM2 事件同步: 主站週期時間</li> <li>DC 同步模式: SYNC0/SYNC1 週期時間</li> </ul>	UINT8	RO	0x00000000
1C33:04	Synchronization Types supported	支援同步模式: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bit 0 = 1: 支援自由運行模式</li> <li>Bit 1 = 1: 支援與 SM2 事件同步</li> <li>Bit 2-3 = 01: 支援 DC 同步模式</li> <li>Bit 4-5 = 10: 輸出隨著 SYNC1 事件時間偏移 (只限於 DC 同步模式)</li> </ul>	UINT8	RO	0x8007
1C33:05	Minimum Cycle Time	最小週期時間(單位: 奈秒)		RO	0x00000000
1C33:06	Calc and Copy Time	Time between reading of the inputs and availability of the inputs for the master (in ns, only DC mode) 主站在讀取輸入和允許輸入之間的時間 (單位: 奈秒 , 僅限於DC同步模式)		RO	0x00000000
1C33:08	Get Cycle Time	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: 停止本地週期時間的量測</li> <li>1: 開始本地週期時間的量測</li> </ul> 將參數設置為 1, 以使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: 奈秒，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

### Index 6000 ENC Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6000:0	ENC Status	輸入的編碼器狀態	UINT8	RO	0x11
6000:03	Set encoder done	已設定編碼器數值	BOOLEAN	RO	FALSE
6000:04	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
6000:05	Counter underflow	計數器下溢	BOOLEAN	RO	FALSE
6000:06	Counter overflow	計數器過溢	BOOLEAN	RO	FALSE
6000:07	Encoder index event	檢測到編碼器索引事件	BOOLEAN	RO	FALSE
6000:0E	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
6000:10	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
6000:11	Actual encoder value	編碼器數值	INT32	RO	0x00000000

### Index 6010 STM Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6010:0	STM Inputs	步進馬達輸入	UINT8	RO	0x18
6010:01	Ready to enable	驅動器處於準備啟用的階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:02	Ready	驅動器處於準備運作的階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:03	Warning	發生警告	BOOLEAN	RO	FALSE

6010:04	Warning over temperature	過熱預警	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:05	Warning open load	在 A 相或 B 相檢測到開路負載	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:06	Error	發生錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:07	Error over temperature	過熱錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:08	Error short to ground	A 相或 B 相對地短路	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:09	Moving positive	馬達以正方向運轉	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:0A	Moving negative	馬達以反方向運轉	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:0B	Torque reduced	啟動轉矩縮減	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:0C	Digital input 1	數位輸入 1	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:0D	Digital input 2	數位輸入 2	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:0E	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
6010:0F	Motor standstill	指示馬達是否處於靜止狀態(TRUE – 靜止)	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:10	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
6010:11	Info data 1	同步訊息(透過子索引 8012:11 選擇)	INT32	RO	0x00000000
6010:12	Info data 2	同步訊息(透過子索引 8012:19 選擇)	INT32	RO	0x00000000
6010:13	Left reference input	左參考輸入訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:14	Right reference input	右參考輸入訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:15	Encoder A channel input	編碼器 A 通道訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:16	Encoder B channel input	編碼器 B 通道訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:17	Encoder Z channel input	編碼器 Z 通道訊號	BOOLEAN	RO	FALSE
6010:18	Driver disabled	指示驅動器是否啟用	BOOLEAN	RO	FALSE

## Index 6020 POS Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6020:0	POS Inputs		UINT8	RO	0x25
6020:01	Busy	執行移動命令中	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:02	In-Target	馬達已到達目標位置	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:03	Warning	發生警告	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:04	Error	發生錯誤	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:05	Calibrated_xx	馬達已校準(不支援)	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:06	Accelerate	馬達處於加速階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:07	Decelerate	馬達處於減速階段	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:08	Soft Emg	軟體觸發緊急停止	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:09	Cmd rejected	拒收運動命令	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:0A	Cmd aborted	中止運動命令	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:11	Actual motor position	行駛命令產生器的當前位置	INT32	RO	0x00000000



6020:21	Actual motor velocity	行駛命令產生器的當前速度	INT32	RO	0x00000000
6020:22	Actual drive time_xx	行駛命令時間資訊(詳見子索引 8021:11)(未支援)	UINT32	RO	0x00000000
6020:23	Set position counter done	已設定位置計數器	BOOLEAN	RO	FALSE
6020:24	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
6020:25	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 6030 Latch Inputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
6030:0	Latch Inputs		UINT8	RO	0x13
6030:01	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
6030:02	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
6030:03	Status of extern latch DI 1	外部 鎖存 輸入DI 1 狀態	BOOLEAN	RO	FALSE
6030:04	Status of extern latch DI 2	外部 鎖存 輸入DI 2 狀態	BOOLEAN	RO	FALSE
6030:10	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
6030:12	Latched encoder value	鎖存的編碼器數值	INT32	RO	0x00000000
6030:13	Latched position counter value	鎖存的位置計數器數值	INT32	RO	0x00000000

## 9.6 Output Data

### Index 7000 ENC Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7000:0	ENC Outputs		UINT8	RO	0x12
7000:02	Set encoder	使編碼器計數器賦值 • 將此位元從 FALSE 設定成 TRUE，則編碼器數值(7000:11) 將被設定	BOOLEAN	RO	FALSE

7000:03	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(7000:12)將被設定	BOOLEAN	RO	FALSE
7000:04	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(7000:06)將被設定	BOOLEAN	RO	FALSE
7000:06	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
7000:11	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
7000:12	Set position counter value	透過"Set position counter"做設定的位置計數器數值	INT32	RO	0x00000000

		有效範圍: 0x00000000~ 0xFFFFFFFF			
--	--	------------------------------------	--	--	--

### Index 7010 STM Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7010:0	STM Outputs	步進馬達輸出	UINT8	RO	0x21
7010:01	Enable	啟動輸出階段 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enable = TRUE 輸出 "Maximal current" (0x8010:01)</li> <li>• Enable = FALSE 輸出到 "Power on motor current" (0x8010:08)</li> </ul>	BOOLEAN	RO	FALSE
7010:02	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 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> </ul>	BOOLEAN	RO	FALSE
7010:03	Reduce torque	啟動縮減轉矩(線圈電流)(子索引 8010:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
7010:0c	Digital output1	數位輸出 1	BOOLEAN	RO	FALSE
7010:11	Position	設定位置: "Position control"模式下的絕對目標位置(詳見章節 6.4) 有效範圍: 0x00000000~ 0xFFFFFFFF	INT32	RO	0x00000000
7010:21	Velocity	設定速度: "Velocity control"模式下的絕對目標速度(詳見章節 7) 有效範圍: 0x00000000~ 0x00007FFF	INT32	RO	0x00000000

### Index 7020 POS Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7020:0	POS Outputs		UINT8	RO	0x24
7020:01	Execute	開始移動命令(上升緣)或提前中止移動	BOOLEAN	RO	FALSE

		命令（下降緣）			
7020:02	Emergency stop	以緊急減速方式（上升緣）提前中止移動命令	BOOLEAN	RO	FALSE
7020:11	Target position	目標位置規範(單位: 步)。 • 根據"Start type" (0x7020:22)，此位置可以是相對、絕對、或者是累加的 • 有效範圍: 0x00000000~0xFFFFFFFF	INT32	RO	0x00007FFF
7020:21	Velocity	最大設置速度規範(單位: 每秒步數) 有效範圍: 0x00000000~0x00007FFF	INT32	RO	0x00000000
7020:22	Start type	start type 規範(詳見表 9: Start type 定義)	UINT16	RO	0x0000
7020:23	Acceleration	加速度時間(單位: 詳見 0x8020:08) • 詳見章節 6.2.1 與 6.2.2 • 有效範圍: 0x0000~0xFFFF	UINT16	RO	0x0000
7020:24	Deceleration	減速時間(單位: 詳見 0x8020:08) • 詳見章節 6.2.1 與 6.2.2 • 有效範圍: 0x0000~0xFFFF	UINT16	RO	0x0000

#### Index 7030 Latch Outputs

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
7030:0	Latch Outputs		UINT8	RO	0x04
7030:01	Enable latch active edge DI 1	DI 1 觸發準位: 上升緣	BOOLEAN	RO	FALSE
7030:02	Enable latch active edge DI 2	DI 2 觸發準位: 上升緣	BOOLEAN	RO	FALSE
7030:03	Enable latch inactive edge DI 1	DI 1 觸發準位: 下降緣	BOOLEAN	RO	FALSE
7030:04	Enable latch inactive edge DI 2	DI 2 觸發準位: 下降緣	BOOLEAN	RO	FALSE

## 9.7 Configuration Data

### Index 8000 ENC Settings

Index (hex)	Name	Description	Data type	Flags	Default
8000:0	ENC Settings	編碼器設定	UINT8	RO	0x0E
8000:0E	Reversion of rotation	啟動編碼器的反向旋轉設定	BOOLEAN	RW	FALSE

### Index 8010 STM Motor Settings

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8010:0	STM Motor Settings	步進馬達設定	UINT8	RO	0x12
8010:01	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 2000 • 有效範圍: 0~2000	UINT16	RW	0x02EE (750)
8010:02	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" (0x7010:03)設置為 true時，啟用此設定值 • 有效範圍: 0~2000	UINT16	RW	0x0177 (375)
8010:03	Maximum hold current	馬達靜止電流（單位：mA），預設值為 750，最大值為 1500 • 有效範圍: 0~1500  <u>注意</u> ：不要將此電流值設置為高於 1200mA，否則設備可能會達到過熱狀態並將電流輸出切換到 "Safe motor current"。	UINT16	RW	0x02EE (750)
8010:04	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"	UINT16	RW	0x0177 (375)

		(0x7010:03)設置為true時，啟用此設定值 • 有效範圍: 0~1500			
8010:06	Motor fullsteps	馬達每轉的全步數 (未支援)	UINT16	RW	0x0000
8010:07	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")
8010:08	Power on motor current	上電後馬達線圈的直接輸出電流 (單位: mA) • 有效範圍: 0~1500	UINT16	RW	0x0177 (375)
8010:09	Max Start Velocity	馬達的最大可起動速度 • 有效範圍: 0x0000~0xFFFF	UINT16	RW	0x0064 (100)
8010:12	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) • 有效範圍: 0~1500  <u>注意</u> : 請勿將"Safe motor current"的電流值設置為高於1000mA，否則設備可能因過熱而損壞。建議不要更改原廠設定。	UINT16	RW	0x0177 (375)

#### Index 8012 STM Features

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8012:0	STM Features	步進馬達特性	UINT8	RO	0x42
8012:01	Operation mode	操作模式, • 0: 自動 • 2: 速度控制 • 3: 位置控制	DT0802EN04	RW	0x00 ("Automatic")
8012:09	Invert motor polarity	啟動馬達旋轉方向的反向設定	BOOLEAN	RW	FALSE
8012:11	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 • 14: 錯誤碼(詳見運動停止錯誤列表)	DT0803EN08	RW	0x03 ("Motor coil current A")

8012:19	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 • 14: 錯誤碼(詳見運動停止錯誤列表)	DT0803EN08	RW	0x04 ("Motor coil current B")
8012:2A	Power on DO 1	設定 DO 1 的輸出(開機後直接應用)	BOOLEAN	RW	FALSE
8012:2B	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
8012:30	Invert digital input 1	數位輸入 1 反向	BOOLEAN	RW	FALSE
8012:31	Invert digital input 2	數位輸入 2 反向	BOOLEAN	RW	FALSE
8012:32	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	DT080AEN04	RW	0x00 ("Normal input")
8012:36	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	DT080AEN04	RW	0x00 ("Normal input")
8012:37	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")
8012:40	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")
8012:42	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")
8012:43	Generate hardware limit stop error	設定如果透過硬體極限開關停止運動，是	BOOLEAN		TRUE

		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 (0x7010:02) • 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。			
--	--	---	--	--	--

### Index 8020 POS Settings

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
8020:0	POS Settings	位置設定	UINT8	RO	0x07
8020:01	Velocity min	最小設定速度 • 有效範圍: 0~8388096	UINT32	RW	0x00000000
8020:02	Velocity max	最大設定速度 • 系統支援最大速度 • 有效範圍: 0~8388096	UINT32	RW	0x00002710 (10000)
8020:03	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)
8020:04	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)
8020:05	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)
8020:06	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)
8020:07	Emergency deceleration	緊急停減速時間(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	DT0814EN02	RW	0 ("Acceleration time from Vmin to Vmax [ms]")



		[128*微步/秒^2] • 3: 從 Vcurrent 到 Vtarget 的加速時間[毫秒]			
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 8021 POS Features

Index (hex)	Name	Description	Data type	Flags	Default
8021:0	POS Features		UINT8	RO	0x01
8021:01	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	UINT32	RW	0x00000000

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
		"coolStep" 與 "stallGuard"			
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
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

### Index A010 STM Diag data

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
A010:0	STM Diag data	步進馬達診斷狀態	UINT8	RO	0x11
A010:02	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 0x7010:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:03	Torque overload	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:04	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 0x7010:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:05	Over voltage	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:06	Short circuit A	在 A 相檢測到 GND 短路。驅動器變為停用。	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:07	Short circuit B	在 B 相檢測到 GND 短路。驅動器變為停用。	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:08	No control power	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:09	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 0x7010:02)	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:0a	Configuration	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
A010:11	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 A020 POS Diag data

Index (hex)	項目	說明	類型	標誌	預設
A020:0	POS Diag data	位置控制下的步進馬達診斷數據	UINT8	RO	0x06
A020:01	Command rejected	不接受動態變更目標	BOOLEAN	RO	FALSE

		位置			
A020:02	Command aborted	因內部錯誤或緊急停止而中止命令	BOOLEAN	RO	FALSE
A020:03	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
A020:04	Target timeout	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
A020:05	Position lag	未支援	BOOLEAN	RO	FALSE
A020:06	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 參數儲存到內部 EEPROM	UINT8	RO	0x05
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 0x8021)	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 0x8021)儲存到 ECAT-2091S 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 <ul style="list-style-type: none"> <li>當“ESC register load setting”為 0 時，將此數值設置到相應的 ESC 暫存器</li> </ul>	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。此設定僅在 ECAT-2091S 開機時生效。 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 別名旋鈕</li> <li>1: SII</li> </ul>	BOOLEAN	RW	0x0

---

## 10 錯誤列表

---

運動停止錯誤	
錯誤	說明
0x01	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 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)	0

GCONF - General Configuration Register			
Bit	Name	Description	Default
		DIAG0 always shows the reset-status, i.e. is active 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	0

GCONF - General Configuration Register			
Bit	Name	Description	Default
		1: Enable analog test output on pin ENCN_DCO. 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 1: 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>%0000: Native 256 microstep setting. Normally use this setting with the internal motion controller.</li> <li>%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]</li> </ul>	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. <ul style="list-style-type: none"> <li>%0000: Chopper sync function chopSync off</li> <li>%0001 ... %1111: Synchronization with fSYNC =</li> </ul>	0
22	sync2			0
21	sync1			0
20	sync0			0



CHOPCONF- Chopper Configuration				
Bit	Name	Function	Description	Default
			$f_{CLK}/(sync*64)$ 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: Standard mode (spreadCycle)</li> <li>1: Constant off time with fast decay time.</li> </ul> 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: Chopper off time is fixed as set by TOFF</li> <li>1: Random mode, TOFF is random modulated by <math>dN_{CLK} = -12 \dots +3</math> clocks.</li> </ul>	0
12	disfdcc	fast decay mode	chm=1: disfdcc=1 disables current comparator usage for termination 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>chm=0</li> </ul> %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	0
9	hend2			0
8	hend1			1
7	hend0			1

CHOPCONF- Chopper Configuration				
Bit	Name	Function	Description	Default
			<p>becomes used for the hysteresis chopper.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>	
6	hstrt2	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSTRT hysteresis start value added to HEND</li> <li>TFD [2..0] fast decay time setting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>chm=1 Fast decay time setting (MSB: fd3): %0000 ... %1111: Fast decay time setting TFD with <math>N_{CLK} = 32 * HSTRT</math> (%0000: slow decay only)</li> </ul>	1
5	hstrt1			0
4	hstrt0			1
3	toff3	TOFF off time and driver enable	<p>Off time setting controls duration of slow decay phase</p> $N_{CLK} = 12 + 32 * TOFF$ %0000: Driver disable, all bridges off %0001: 1 – use only with TBL ≥ 2 %0010 ... %1111: 2 ... 15  <p>General enable for the motor driver, the actual value does not influence stealthChop</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0: Driver off</li> <li>1 ... 15: Driver enabled</li> </ul>	0
2	toff2			1
1	toff1			0
0	toff0			1

表 2: CHOPCONF- Chopper Configuration

COOLCONF- Smart Energy Control				
Bit	Name	Function	Description	Default
...	-	reserved	-	0
24	sfilt	stallGuard2 filter enable	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: Standard mode, high time resolution for stallGuard2</li> <li>1: Filtered mode, stallGuard2 signal updated for each four fullsteps (resp. six fullsteps for 3 phase motor) only to compensate for motor pole tolerances</li> </ul>	0
23	-	reserved		0
22	sgt6	stallGuard2 threshold	This signed value controls stallGuard2 level for stall output and sets the optimum	0
21	sgt5	value		0

COOLCONF- Smart Energy Control				
Bit	Name	Function	Description	Default
20	sgt4		measurement range for readout. A lower 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
19	sgt3			0
18	sgt2			0
17	sgt1			0
16	sgt0			0
15	seimin	minimum current for smart current control	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: 1/2 of current setting (IRUN)</li> <li>1: 1/4 of current setting (IRUN)</li> </ul>	0
14	sedn1	current down step speed	<ul style="list-style-type: none"> <li>%00: For each 32 stallGuard2 values decrease by one</li> <li>%01: For each 8 stallGuard2 values decrease by one</li> <li>%10: For each 2 stallGuard2 values decrease by one</li> <li>%11: For each stallGuard2 value decrease by one</li> </ul>	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. <ul style="list-style-type: none"> <li>%0000: smart current control coolStep off</li> <li>%0001 ... %1111: 1 ... 15</li> </ul>	0
2	semin2			0
1	semin1			0
0	semin0			0

表 3: 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). <ul style="list-style-type: none"> <li>%00: Normal operation</li> <li>%01: Freewheeling</li> <li>%10: Coil shorted using LS drivers</li> <li>%11: Coil shorted using HS driverssetting is zero (I_HOLD=0).</li> <li>%00: Normal operation</li> </ul>	0
20	freewheel0			0

PWMCONF- Voltage PWM Mode stealthChop				
Bit	Name	Function	Description	Default
			<ul style="list-style-type: none"> <li>%01: Freewheeling</li> <li>%10: Coil shorted using LS drivers</li> <li>%11: Coil shorted using HS drivers</li> </ul>	
19	pwm_symmetric	Force symmetric PWM	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: The PWM value may change within each PWM cycle (standard mode)</li> <li>1: A symmetric PWM cycle is enforced</li> </ul>	1
18	pwm_autoscale	PWM automatic amplitude scaling	<ul style="list-style-type: none"> <li>0: User defined PWM amplitude. The current settings have no influence.</li> <li>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.</li> </ul>	0
17	pwm_freq1	PWM frequency selection	<ul style="list-style-type: none"> <li>%00: <math>f_{PWM}=1/1024 f_{CLK}</math></li> <li>%01: <math>f_{PWM}=1/683 f_{CLK}</math></li> <li>%10: <math>f_{PWM}=1/512 f_{CLK}</math></li> <li>%11: <math>f_{PWM}=1/410 f_{CLK}</math></li> </ul>	1
16	pwm_freq0			0
15	PWM_GRAD	User defined amplitude (gradient) or regulation loop gradient	<ul style="list-style-type: none"> <li>pwm_autoscale=0 Velocity dependent gradient for PWM amplitude: <math>PWM\_GRAD * 256 / TSTEP</math> is added to PWM_AMPL</li> <li>pwm_autoscale=1 User defined maximum PWM amplitude change per half wave (1 to 15)</li> </ul>	0
14				0
13				0
12				0
11				1
10				0
9				0
8				1
7	PWM_AMPL	User defined amplitude (offset)	<ul style="list-style-type: none"> <li>pwm_autoscale=0 User defined PWM amplitude offset (0-255) The resulting amplitude (limited to 0...255) is: <math>PWM\_AMPL + PWM\_GRAD * 256 / TSTEP</math></li> <li>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.</li> </ul>	0
6				0
5				0
4				0
3				0
2				0
1				0
0				0

表 4: PWMCONF- Voltage PWM Mode stealthChop

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. $0 \dots ((2^8)-1) * 2^{18} t_{CLK}$	0x00000007
R	20	TSTEP	<p>Actual measured time between two 1/256 microsteps derived from the step input frequency in units of <math>1/f_{CLK}</math>. Measured value is <math>(2^{20})-1</math> in case of overflow or stand still.</p> <p>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.  <math>(Txxx * 15/16) - 1</math> or  <math>(Txxx * 31/32) - 1</math> is used as a second compare value for each comparison value.</p> <p>This means, that the lower switching velocity equals the calculated setting, but the upper switching velocity is higher as defined by the hysteresis setting.</p> <p>When working with the motion controller, the measured TSTEP for a given velocity V is in the range  <math>(224 / V) \leq TSTEP \leq 224 / V - 1</math>.</p> <p>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.</p>	--
W	20	TPWMTHRS	<p>This is the upper velocity for stealthChop voltage PWM mode.</p> <p><math>TSTEP \geq TPWMTHRS</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stealthChop PWM mode is enabled, if configured</li> <li>- dcStep is disabled</li> </ul>	0
W	20	TCOOLTHRS	<p>This is the lower threshold velocity for switching on smart energy coolStep and stallGuard feature. (unsigned)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>TCOOLTHRS \geq TSTEP \geq THIGH</math>: <ul style="list-style-type: none"> <li>- coolStep is enabled, if configured</li> <li>- stealthChop voltage PWM mode is disabled</li> </ul> </li> <li>▪ <math>TCOOLTHRS \geq TSTEP</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stop on stall and stall output signal is</li> </ul> </li> </ul>	0x00000000

Velocity Dependent Driver Feature Control Register				
R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
			enabled, if configured	
W	20	THIGH	<p>This velocity setting allows velocity dependent switching into a different chopper mode and fullstepping to maximize torque. (unsigned)</p> <p>The stall detection feature becomes switched off for 2-3 electrical periods whenever passing THIGH threshold to compensate for the effect of switching modes.</p> <p>TSTEP ≤ THIGH:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>coolStep is disabled (motor runs with normal current scale)</li> <li>stealthChop voltage PWM mode is disabled</li> <li>If vhighchm is set, the chopper switches to chm=1 with TFD=0 (constant off time with slow decay, only).</li> <li>chopSync2 is switched off (SYNC=0)</li> <li>- If vhighfs is set, the motor operates in fullstep mode and the stall detection becomes switched over to dcStep stall detection.</li> </ul>	0x00000000

表 5: Velocity Dependent Driver Feature Control Register

Ramp Generator driver Feature Control Register				
R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
W	23	VDCMIN	<p>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)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0: Disable, dcStep off</li> <li> VACT  ≥ VDCMIN ≥ 256: <ul style="list-style-type: none"> <li>Triggers the same actions as exceeding THIGH setting.</li> <li>Switches on automatic commutation dcStep</li> </ul> </li> </ul> <p>Hint: Also set DCCTRL parameters in order to operate dcStep.</p> <p>(Only bits 22... 8 are used for value and for comparison)</p>	0x00000000

表 6: Ramp Generator driver Feature Control Register

Motor Drive Register
----------------------

R/W	Bit Qty	Name	Description	Default
W	24	DCCTRL	<p>dcStep (DC) automatic commutation configuration register (enable via pin DCEN or via VDCMIN):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bit 9... 0: DC_TIME: Upper PWM on time limit for commutation (<math>DC\_TIME * 1/f_{CLK}</math>). Set slightly above effective blank time TBL.</li> <li>bit 23... 16: DC_SG: Max. PWM on time for step loss detection using dcStep stallGuard2 in dcStep mode. (<math>DC\_SG * 16/f_{CLK}</math>) Set slightly higher than DC_TIME/16 0=disable</li> </ul> <p>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.</p>	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 7: 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	--

DRV_STATUS - Drive Error Flags and stallGuard2 Value				
Bit	Name	Function	Description	Default
22	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.	--
21				
20				
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	<p>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.</p> <p>SG_RESULT is ALSO applicable when dcStep is active. stallGuard2 works best with microstep operation.</p> <p>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.</p>	--
8				--
7				--
6				--
5				--
4				--
3				--
2				--
1				--
0				--

表 8: DRV\_STATUS - Drive Error Flags and stallGuard2 Value

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