

ECAT-2093

EtherCAT 三通道增量型編碼器

使用手冊

(Version 1.3.2)





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 © 2018 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 | 作者 |
|-------|------------|--|-----------|
| 1 | 23.05.2018 | Initial version | M. K. |
| 1.1 | 25.10.2018 | Change object name ending from "_Chx_" to "Ch.x" | M. K. |
| 1.2 | 09.07.2019 | Modifying the open collector jumper pictures and drawings | M.K. |
| 1.3 | 03.09.2021 | Adding the following functions: 1. Latch encoder channel selection 2. Support velocity calculation | Eric Chen |
| 1.3.0 | 27.10.2021 | Adding description about "Latch trigger count" to user manual | Eric Chen |
| 1.3.1 | 04.05.2023 | Modifying the open collector drawings | Eric Chen |
| 1.3.2 | 31.10.2023 | Adding the encoder counter input wiring picture | Eric Chen |

Contents

| | | |
|-------|-----------------------------|----|
| 1 | 產品概述..... | 3 |
| 1.1 | 簡介..... | 3 |
| 1.2 | 技術數據..... | 3 |
| 1.3 | 規格..... | 4 |
| 1.4 | 外型尺寸..... | 6 |
| 2 | 供貨範圍..... | 7 |
| 3 | LED燈定義 | 8 |
| 4 | 接線..... | 10 |
| 4.1 | 連接介面..... | 10 |
| 4.2 | 編碼器連接..... | 12 |
| 5 | 基礎通訊..... | 16 |
| 5.1 | EtherCAT佈線..... | 16 |
| 5.2 | EtherCAT狀態機..... | 16 |
| 5.3 | 同步模式..... | 18 |
| 5.3.1 | 自由運行模式..... | 18 |
| 5.3.2 | SM同步 | 20 |
| 5.3.3 | DC同步模式..... | 21 |
| 6 | 專案整合..... | 24 |
| 6.1 | ESI 檔案..... | 24 |
| 6.1.1 | 匯入ESI 檔案..... | 24 |
| 6.2 | 設備安裝與配置..... | 24 |
| 6.2.1 | 掃描EtherCAT裝置..... | 25 |
| 6.2.2 | 編碼計數器配置..... | 26 |
| 6.2.3 | EtherCAT從站進程數據設定..... | 28 |
| 7 | 參數說明..... | 30 |
| 7.1 | 計數模式..... | 30 |
| 7.2 | 信號極性設定..... | 32 |
| 7.3 | 低通濾波器設定..... | 33 |
| 7.4 | 編碼器狀態..... | 34 |
| 7.5 | 速度狀態..... | 35 |
| 7.6 | 編碼器輸出..... | 37 |
| 8 | CoE介面 | 38 |
| 8.1 | 概述..... | 38 |
| 8.2 | 儲存設置數據到記憶體..... | 39 |
| 9 | 物件描述與參數化..... | 43 |
| 9.1 | 標準物件..... | 43 |
| 9.2 | RxPDO Mapping Objects | 44 |
| 9.3 | TxPDO Mapping Objects | 44 |

| | | |
|-----|--|----|
| 9.4 | Sync Manager Objects | 46 |
| 9.5 | Input Data | 49 |
| 9.6 | Output Data | 50 |
| 9.7 | Configuration Data | 50 |
| 9.8 | Configuration Parameters Storage | 51 |

1 產品概述



1.1 簡介

EtherCAT 從站 ECAT-2093 是一款增量型編碼器，可提供三個獨立的高速計數器通道。它可讀取增量型編碼器產生的脈波序列，並用於定位反饋應用。每個通道都有兩個計數器輸入，這些輸入可接受單動或差動信號。它支持三種計數模式：**Clockwise/Counterclockwise**，**pulse/direction** 和 **quadrant counting mode**。其硬體索引鎖存功能允許鎖定任選通道的編碼器位置。速度計算功能則提供了指定時間間隔內的位置差值。此外，亦提供濾除電氣雜訊的低通濾波器功能。

1.2 技術數據

特徵:

- EtherCAT 從站
- 三通道, 32 位元增量型編碼計數器
- 編碼器計數模式: CW/CCW , Pulse/Direction, A/B Phase
- 最高計數率: 4 MHz
- 編碼器輸入: A, B, Z 差動或單動信號
- 可彈性設置的索引鎖存計數值
- 用於計算速度的位置差值
- 有數位輸入濾波器
- 輸入準位: 5V, 12V/24V 包含內電阻
- 可透過軟體設定極性，提供高準位致能或低準位致能編碼器輸入
- A/B/Z 信號隔離電壓: 2500V 光電隔離

1.3 規格

- 編碼器輸入規格:
 - 並列式 I/O 模組:
 - 3 通道, 32 位元編碼計數器
 - 編碼器模式:
 - CW/CCW mode
 - Pulse/Dir mode
 - Quadrant mode
 - 最大計數率:
 - CW/CCW mode 4M pulse/sec
 - Pulse/Dir mode 4M pulse/sec
 - Quadrant mode 4M pulse/sec
 - 輸入準位:
 - 輸入準位 5V
 - Logic high: 4 V ~ 5 V
 - Logic low: 0 V ~ 2 V
 - 輸入 12V 包含內電阻 1K 歐姆(Ω)
 - Logic high: 5 V ~ 12 V
 - Logic low: 0 V ~ 2 V
 - 輸入 24V 包含內電阻 1K 歐姆(Ω)
 - Logic high: 5 V ~ 24 V
 - Logic low: 0 V ~ 2 V
- EtherCAT 規格:
 - 2 個 RJ-45 總線介面
 - 站間距離最遠 100 公尺 (100BASE-TX)
 - 支持 菊鏈式拓樸(daisy chain)連接
 - 通過 EtherCAT 一致性測試工具驗證
 - 支援自由運行、SM 同步與 DC 同步運行模式
 - 週期時間: 1 毫秒(ms)或 1 毫秒的整數倍
- 標示 EtherCAT 與編碼器狀態的 LED 指示燈

| 項目 | 規格 |
|-----------------------|--|
| 編碼器 | |
| 編碼器輸入數目 | 3 個編碼器計數器 (A, B, Z), 差動或單動 |
| 解析度 | 32 bit |
| 最大輸入脈波頻率 | 4 MHz |
| 輸入準位: | <ul style="list-style-type: none"> • 5V (預設) • 12V/24V 包含內電阻 (由跨接器做設定) |
| 光電隔離 | 2500 V _{DC} |
| LED 指示燈 | |
| LED 診斷燈號 | 電源, EtherCAT 狀態, 各編碼器輸入的信號狀態 |
| 通訊介面 | |
| 連接器 | 2 x RJ-45 |
| 協定 | EtherCAT |
| 站間距離 | Max. 100 m (100BASE-TX) |
| 數據傳輸介質 | Ethernet/EtherCAT Cable (Min. CAT 5), Shielded |
| 電源 | |
| 輸入電壓範圍 | 20V ~ 30V _{DC} |
| 功率消耗 | 最大 4.5W |
| EMS 保護 | |
| ESD (IEC 61000-4-2) | 4 KV Contact for each channel |
| EFT (IEC 61000-4-4) | Signal: 1 KV Class A; Power: 1 KV Class A |
| Surge (IEC 61000-4-5) | 1 KV Class A |
| 機構 | |
| 安裝方式 | DIN-Rail |
| 外型尺寸 (長 x 寬 x 高) [mm] | 110mm x 90mm x 33mm (不包含連接器) |
| 機匣材料 | UL 94V-0 外殼 |
| 環境 | |
| 運作溫度 | -25°C ~ 75°C |
| 保存溫度 | -30°C ~ 80°C |
| 相對溼度 | 10 ~ 90%, 不結露 |

表 1: 技術數據

1.4 外型尺寸

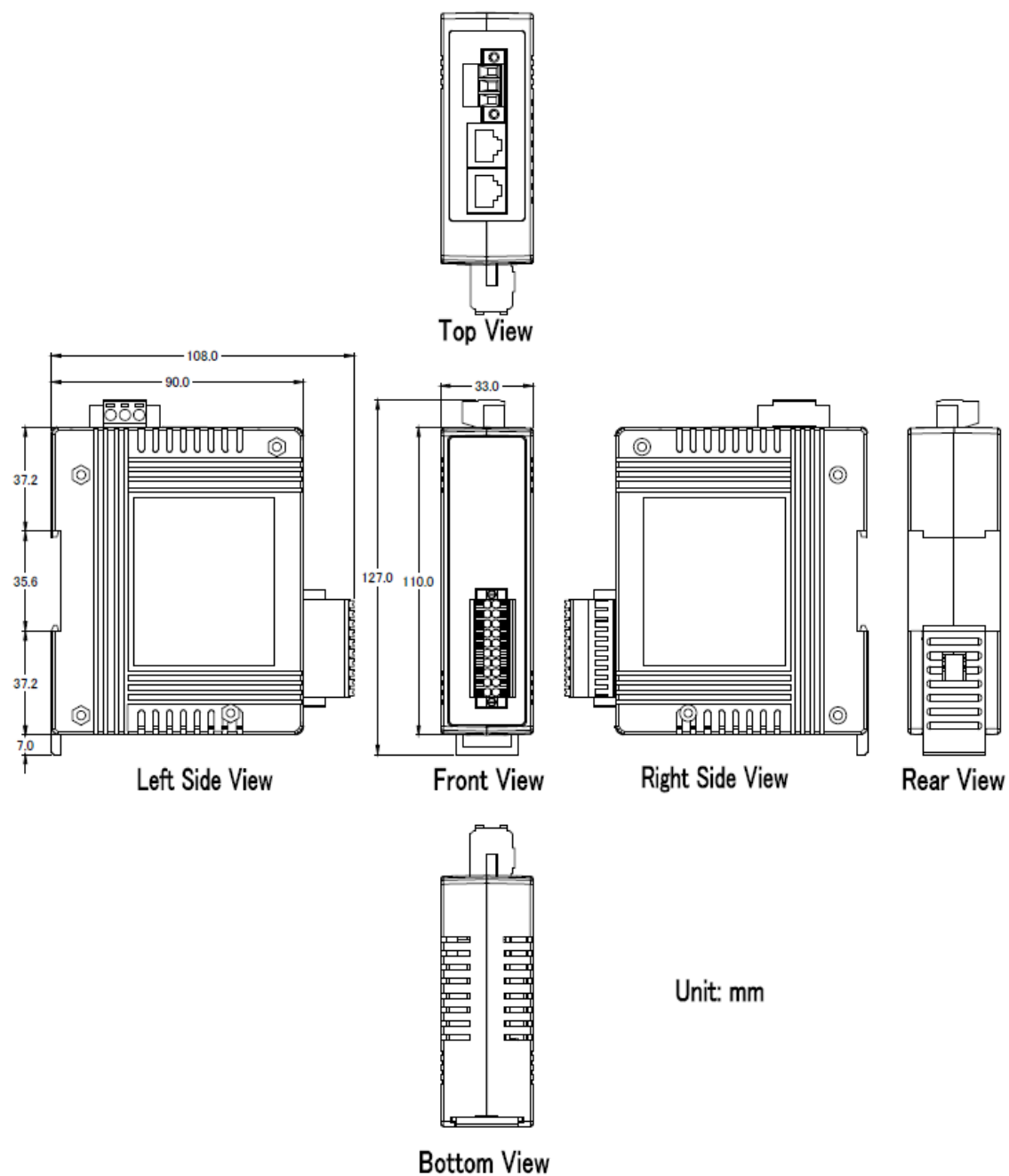


圖 1: ECAT-2093 外型尺寸

2 供貨範圍

產品包裝內應包括下列配件：

- ECAT-2093 x 1
- 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-2093 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。

更多資訊：

- 產品網址：
http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial_communication/fieldbus/ethercat/motion/ecat-2093.html
- 手冊：
ftp://ftp.icpdas.com/pub/cd/fieldbus_cd/ethercat/slave/motion/ecat-2093/manual/
- XML EtherCAT 從站訊息 (ESI) 文件：
ftp://ftp.icpdas.com/pub/cd/fieldbus_cd/ethercat/slave/motion/ecat-2093/esi/
- 常見問題：
http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial_communication/fieldbus/ethercat/ethercat_faqs.html
- 技術支援：
service@icpdas.com

3 LED 燈定義

ECAT-2093在外殼前面提供了幾個診斷LED燈，用以表示每個編碼器通道的信號狀態。此外，還有三個LED燈用以顯示EtherCAT網絡狀態。每個LED燈的確切含義如下表所示：

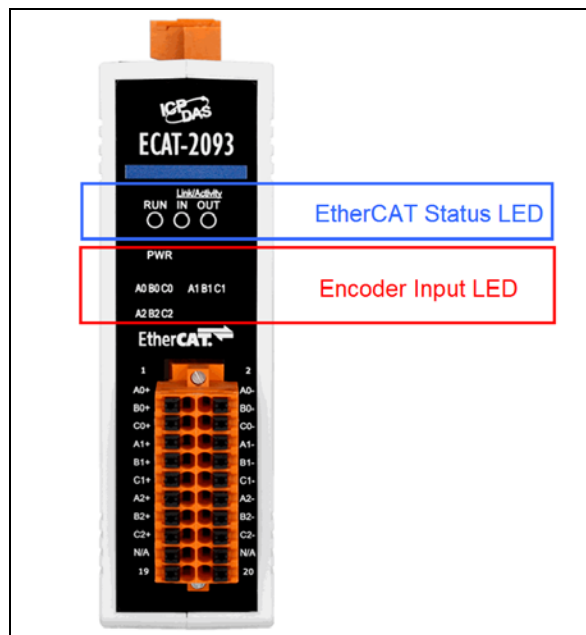


圖 3: ECAT-2093 LEDs

| 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) |
| OUT | 綠色 | On | 已連線但未運作 |
| | | | 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 | <ul style="list-style-type: none"> - LED 0: A0 通道狀態 - LED 1: B0 通道狀態 - LED 2: C0 通道狀態 - LED 3: 保留 - LED 4: A1 通道狀態 - LED 5: B1 通道狀態 - LED 6: C1 通道狀態 - LED 7: 保留 |
| ***** (第二行) 8 9 10 11 12 13 14 15 | 綠色 | <ul style="list-style-type: none"> - LED 8: A2 通道狀態 - LED 9: B2 通道狀態 - LED 10: C2 通道狀態 - LED 11: 保留 - LED 12: 保留 - LED 13: 保留 - LED 14: 保留 - LED 15: 保留 |

表 3: 診斷 LED 燈

4 接線

4.1 連接介面

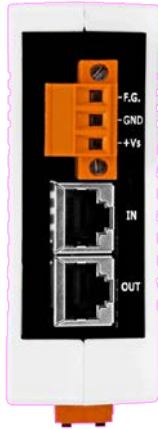


圖 4: ECAT-2093 包含電源與 EtherCAT 介面的側視圖

| 名稱 | 信號 | 說明 |
|-----|----------------------------------|----------------|
| F.G | Frame ground (接地) | |
| GND | 電源: 接地 0V (來自負電接點) | ECAT-2093 供電 |
| +Vs | 電源: +24 V _{DC} (來自正電接點) | |
| | | |
| IN | EtherCAT 信號輸入 | EtherCAT 電纜線傳入 |
| OUT | EtherCAT 信號輸出 | EtherCAT 電纜線輸出 |

表 4: ECAT-2093 電源與 EtherCAT 介面



圖 5: ECAT-2093 包含編碼器輸入介面的前視圖

| Name | Signal | Signal Description | |
|------|--------|--------------------|---------|
| A0+ | 輸入 | 編碼器輸入 A0+ | 編碼器通道 0 |
| A0- | 輸入 | 編碼器輸入 A0- | |
| B0+ | 輸入 | 編碼器輸入 B0+ | |
| B0- | 輸入 | 編碼器輸入 B0- | |
| Z0+ | 輸入 | 編碼器輸入 C0+ | |
| Z0- | 輸入 | 編碼器輸入 C0- | |
| A1+ | 輸入 | 編碼器輸入 A1+ | 編碼器通道 1 |
| A1- | 輸入 | 編碼器輸入 A1- | |
| B1+ | 輸入 | 編碼器輸入 B1+ | |
| B1- | 輸入 | 編碼器輸入 B1- | |
| Z1+ | 輸入 | 編碼器輸入 C1+ | |
| Z1- | 輸入 | 編碼器輸入 C1- | |
| A2+ | 輸入 | 編碼器輸入 A2+ | 編碼器通道 2 |
| A2- | 輸入 | 編碼器輸入 A2- | |
| B2+ | 輸入 | 編碼器輸入 B2+ | |
| B2- | 輸入 | 編碼器輸入 B2- | |
| Z2+ | 輸入 | 編碼器輸入 C2+ | |
| Z2- | 輸入 | 編碼器輸入 C2- | |

表 5: 編碼計數器的連接介面

4.2 編碼器連接

ECAT-2093 可接受來自差動或單動信號的編碼器輸入。預設情況下會設置為支援差動分編碼器信號，因其具有出色的抗雜訊性能，所以被當成首選。對於開路集極式編碼器，需要使能內部電阻。ECAT-2093 不為編碼器提供內部電源，因此編碼器必須連接到外部電源。

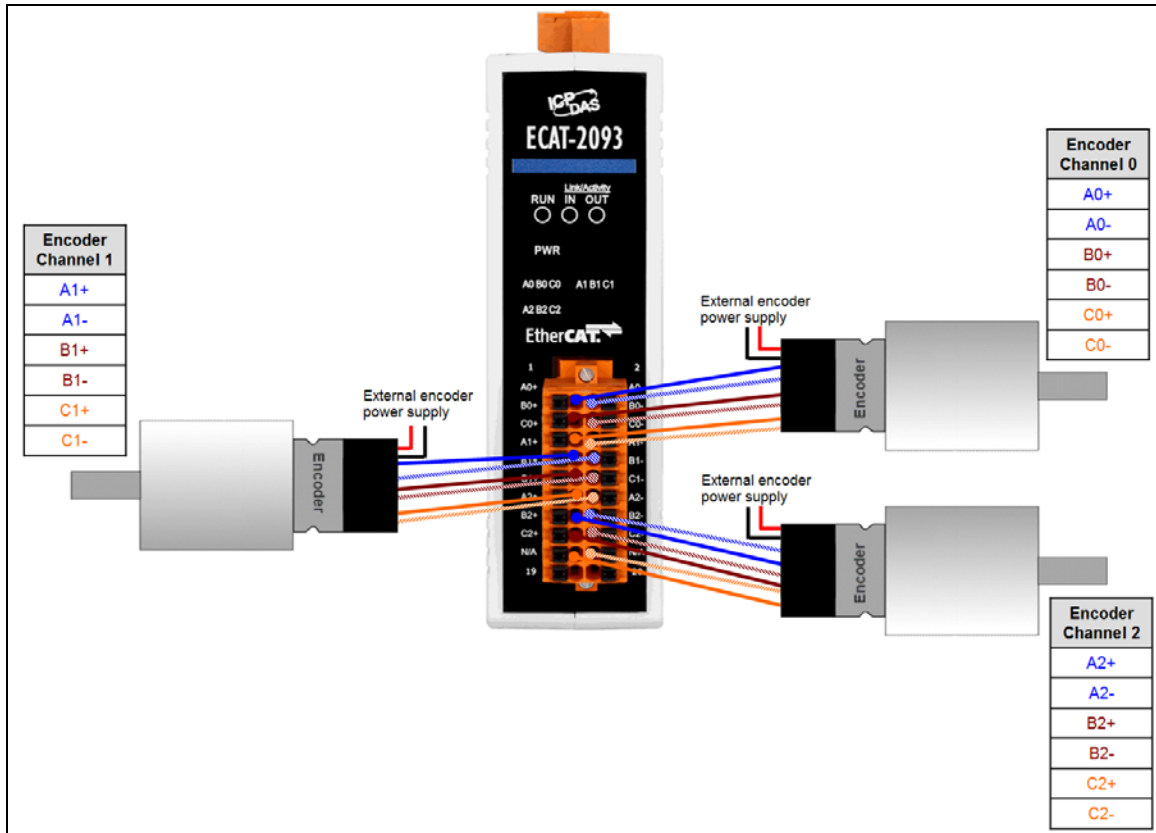


圖 6: 差動編碼器連接

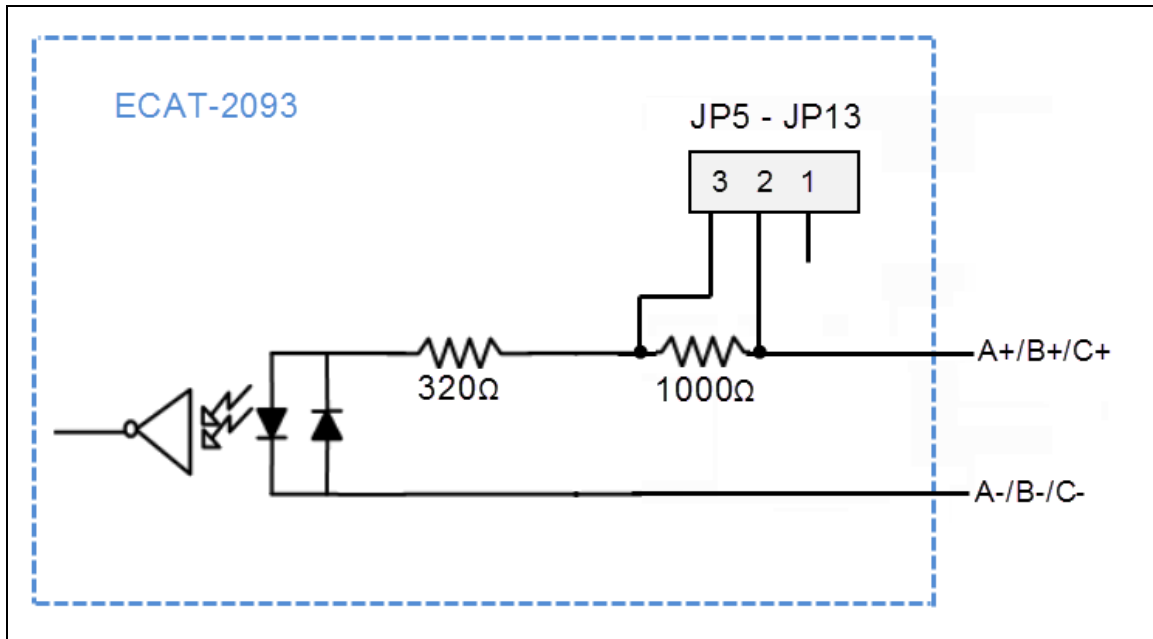


圖 7: 編碼器通道電路

ECAT-2093 對單動編碼器連接的每個信號輸入提供一個 1k 歐姆的內部電阻，可通過將相應編碼器通道的跨接器設置到位置 1-2 來選用內部電阻。需要打開外殼才能設置跨接器。表 6 列出了每個編碼器信號輸入的相應跨接器位置，用於啟用內部電阻。圖 8 和圖 9 顯示了開集極電路連接的基本接線圖。

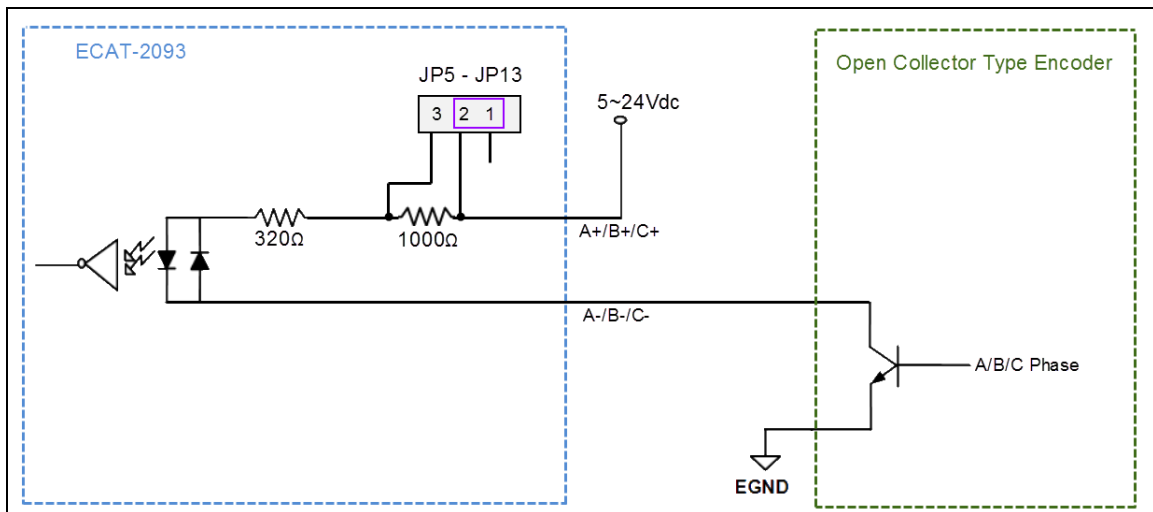


圖 8: 開路集極接線圖 (Source Digital Input)

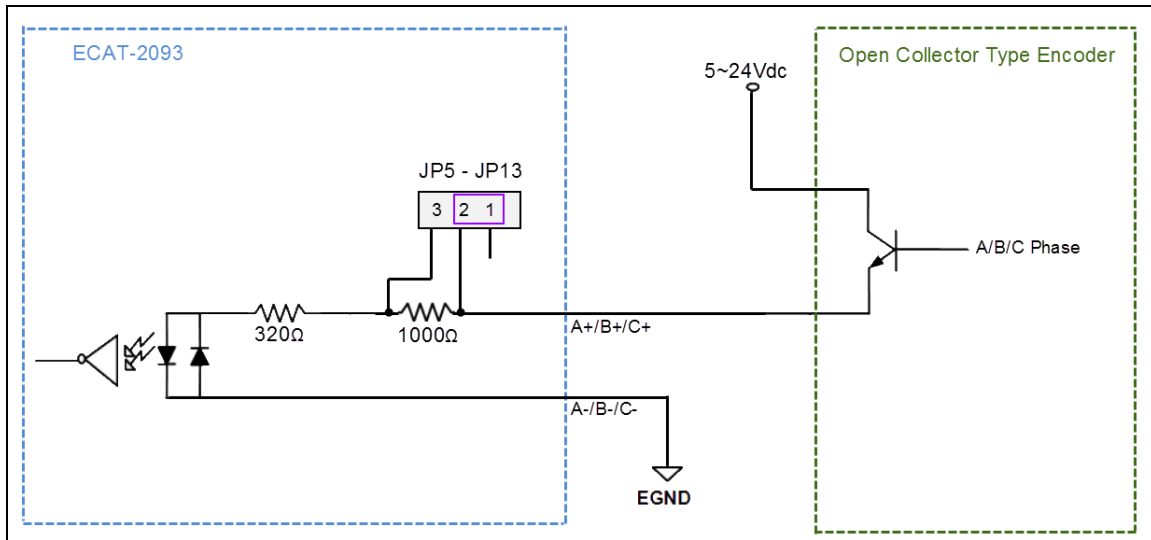


圖 9: 開路集極接線圖 (Sink Digital Input)

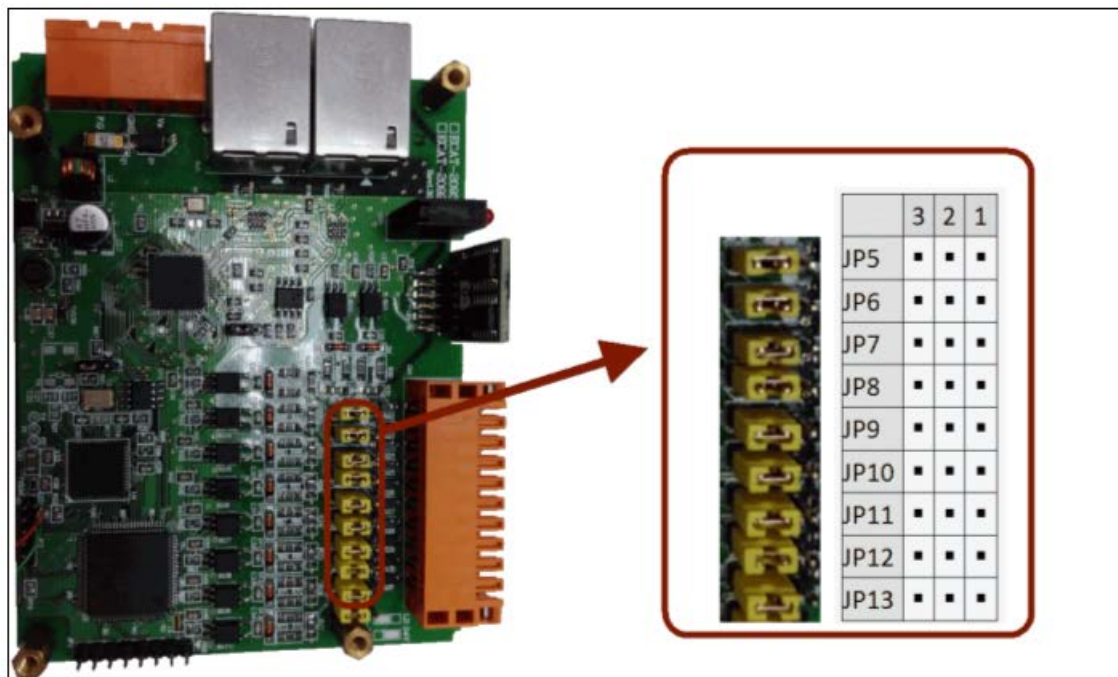


圖 10: 跨接器位置

| 跨接器編號 | 通道 | 跨接器位置 2-3 | 跨接器位置 1-2 |
|-------|---------------|-----------|-----------|
| JP5 | 編碼器輸入 A0 | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP6 | 編碼器輸入 B0 | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP7 | 編碼器輸入 Z0 (C0) | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP8 | 編碼器輸入 A1 | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP9 | 編碼器輸入 B1 | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP10 | 編碼器輸入 Z1 (C1) | 差動通道 | 開集極通道 |

| 跨接器編號 | 通道 | 跨接器位置 2-3 | 跨接器位置 1-2 |
|-------|---------------|-----------|-----------|
| JP11 | 編碼器輸入 A2 | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP12 | 編碼器輸入 B2 | 差動通道 | 開集極通道 |
| JP13 | 編碼器輸入 Z2 (C2) | 差動通道 | 開集極通道 |

表 6: 編碼器通道的跨接器定義

內部電阻為 1 K 歐姆的開集極電路輸入準位如下所示

- Input 12 V:
 - Logic High: 5 V ~ 12 V
 - Logic Low: 0 V ~ 2 V
- Input 24V:
 - Logic High: 5 V ~ 24 V
 - Logic Low: 0 V ~ 2 V

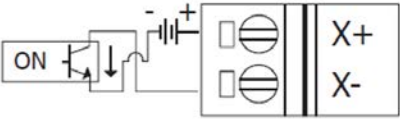
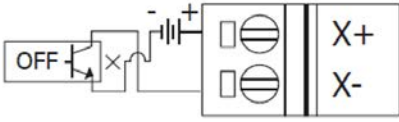
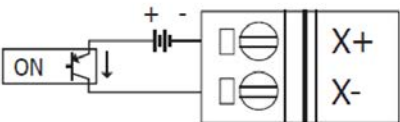
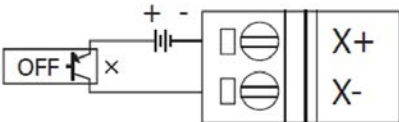
| Input Type | ON State LED ON Readback as 1 | OFF State LED OFF Readback as 0 |
|---------------|---|--|
| NPN Output | Open Collector ON | Open Collector OFF |
| |  |  |
| PNP Output | Open Collector ON | Open Collector OFF |
| |  |  |

圖 11: 編碼計數器 (A/B)與索引 (C)輸入接線

5 基礎通訊

5.1 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/IEC 8802-3）兼容。

5.2 EtherCAT 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-2093 支援四種狀態：

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

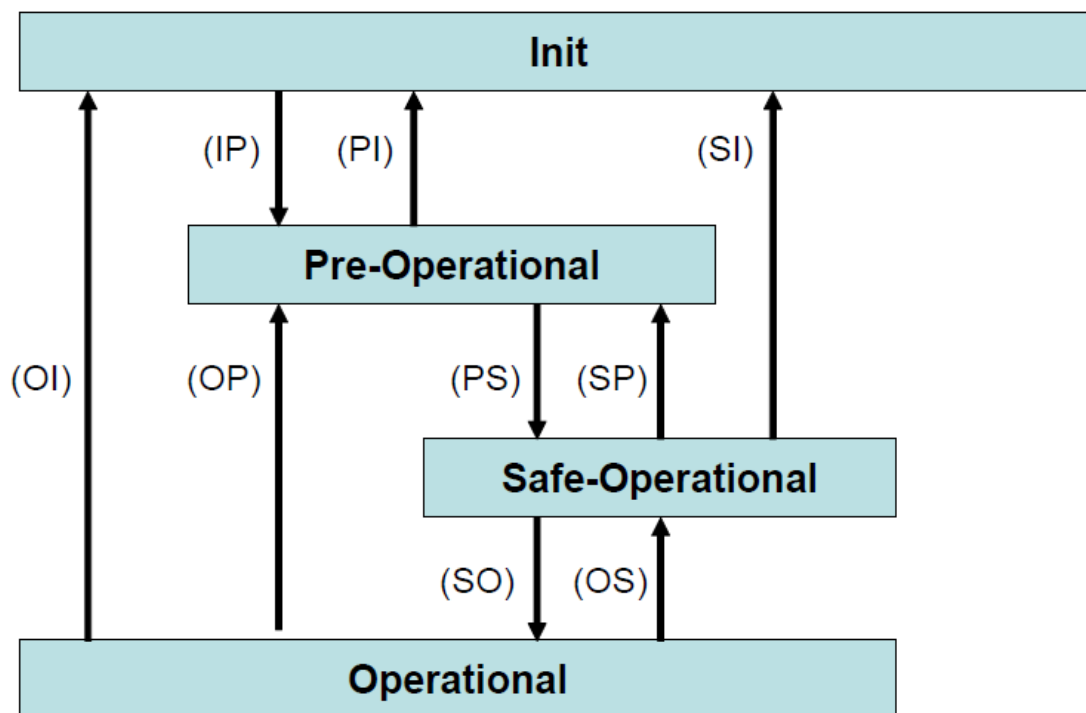


圖 12: EtherCAT 狀態機

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-2093 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）。

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。

Operational (Op)

此狀態下進程數據物件（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-2093 支援三種 OP 模式：自由運行模式和 DC 同步模式。

5.3 同步模式

ECAT-2093設備支援三種不同的模式:

- 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。
- SM同步: 主站週期時間間隔非決定性而且可變。主站與從站的進程數據處理都是同步的。從站只有在收到來自主站的新數據包時才開始處理數據。
- DC同步: 週期時間與間隔是固定和決定性的。主站與從站的進程數據處理都是同步的。從站以固定和決定性的時間間隔（DC週期時間）處理數據。從站預期主站會以固定的時間間隔交換進程數據。若主站在設定的時間間隔內沒有發送或讀取數據，則從站會產生同步錯誤。

5.3.1 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。

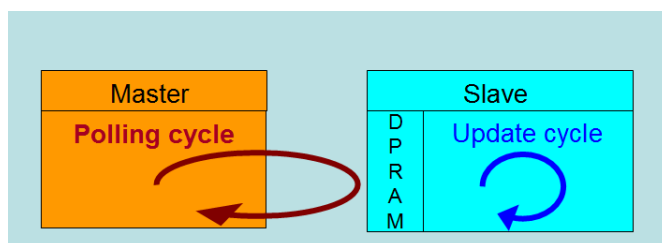


圖 13: 自由運行模式下的主站與從站週期

下圖表示從站在自由運行模式下的進程時序：

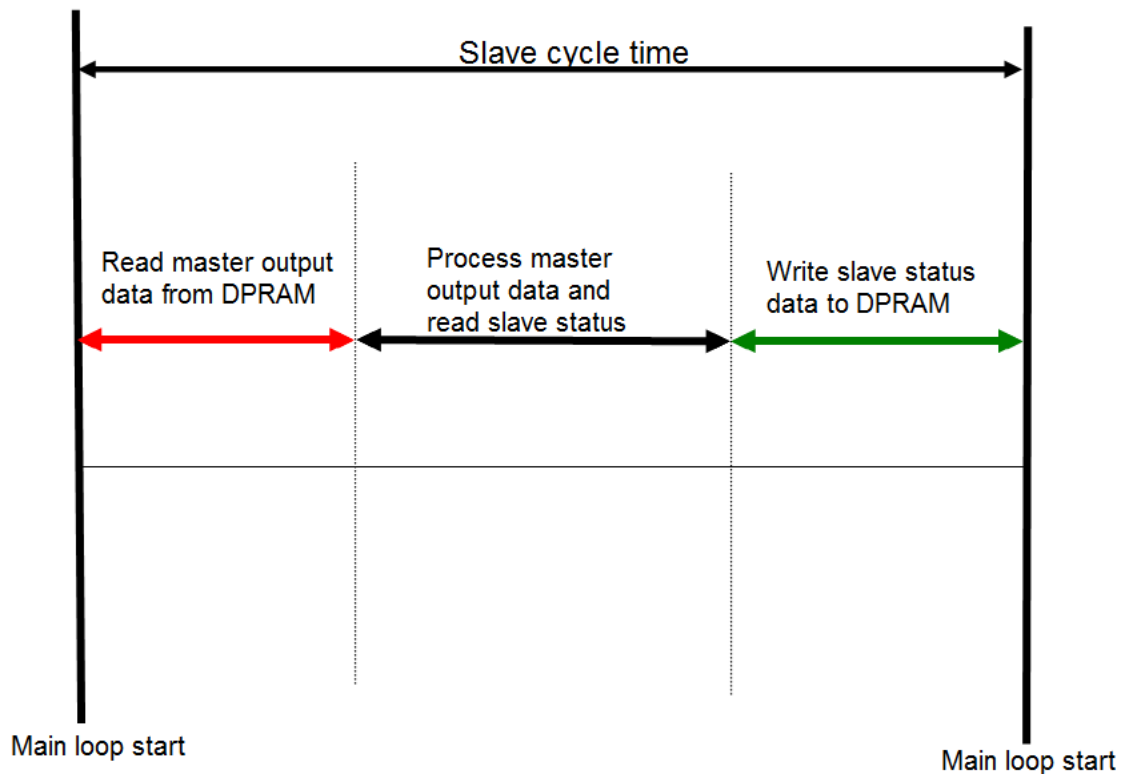


圖 14: 自由運行模式下的從站處理序列

從站軟體會在每個週期時間內檢查 EtherCAT 從站晶片（ESC）的記憶體是否從主站接收到新的輸出數據。新收到的數據將被處理，接著，會從 FPGA 晶片讀取編碼器輸入狀態。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。

自由運行同步參數必須在 PREOP 模式下設置：

0x1C32.1 = 0

0x1C33.1 = 0

自由運行同步參數的設置可在 TwinCAT 中透過點擊 ECAT-2093 從站的 "CoE online " 標籤頁來完成。在修改同步參數之前，請確保將從站設置為 PreOP 模式

General EtherCAT DC Process Data Startup CoE - Online 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 |
|---------|--------------------------------|-------|---------------------|------|
| 1C32:0 | SM output parameter | | > 32 < | |
| 1C32:01 | Synchronization Type | RW | 0x0001 (1) | |
| 1C32:02 | Cycle Time | RO | 0x00000000 (0) | |
| 1C32:04 | Synchronization Types suppo... | RO | 0x400F (16399) | |
| 1C32:05 | Minimum Cycle Time | RO | 0x000186A0 (100000) | |
| 1C32:06 | Calc and Copy Time | RO | 0x000061A8 (25000) | |
| 1C32:08 | Get Cycle Time | RW | 0x0000 (0) | |
| 1C32:09 | Delay Time | RO | 0x000009C4 (2500) | |
| 1C32:0A | Sync0 Cycle Time | RW | 0x0007A120 (500000) | |
| 1C32:0B | SM-Event Missed | RO | 0x0006 (6) | |
| 1C32:0C | Cycle Time Too Small | RO | 0x0000 (0) | |
| 1C32:20 | Sync Error | RO | TRUE | |
| 1C33:0 | SM input parameter | | > 32 < | |
| 1C33:01 | Synchronization Type | RW | 0x0002 (2) | |
| 1C33:02 | Cycle Time | RO | 0x00000000 (0) | |
| 1C33:04 | Synchronization Types suppo... | RO | 0x400F (16399) | |
| 1C33:05 | Minimum Cycle Time | RO | 0x000186A0 (100000) | |
| 1C33:06 | Calc and Copy Time | RO | 0x000061A8 (25000) | |
| 1C33:08 | Get Cycle Time | RW | 0x0000 (0) | |
| 1C33:09 | Delay Time | RO | 0x000009C4 (2500) | |
| 1C33:0A | Sync0 Cycle Time | RW | 0x0000A120 (41248) | |
| 1C33:0B | SM-Event Missed | RO | 0x0000 (0) | |
| 1C33:0C | Cycle Time Too Small | RO | 0x0000 (0) | |
| 1C33:20 | Sync Error | RO | FALSE | |

圖 15: 自由運行模式的 SyncManager 設定

5.3.2 SM 同步

在此模式下，主站與從站都同步，但數據交換週期間隔非決定性。在開始處理輸入和輸出數據之前，從站等待主站發送數據報文。在這種模式下，進程數據處理由主站發起，且由主站決定週期時間。

一旦主站發送的輸出數據到達從站，從站會立即開始處理輸出數據。接著，編碼器輸入數據將寫入從站的內部進程數據映像。此輸入進程數據映像將在下一個週期中被主站讀取。

SyncManager 同步參數:

0x1C32.1 = 0x1

0x1C33.1 = 0x22

透過將 TwinCAT 的操作模式設置為 "SM-Synchron"，SyncManager 同步參數會預設為上述數值。

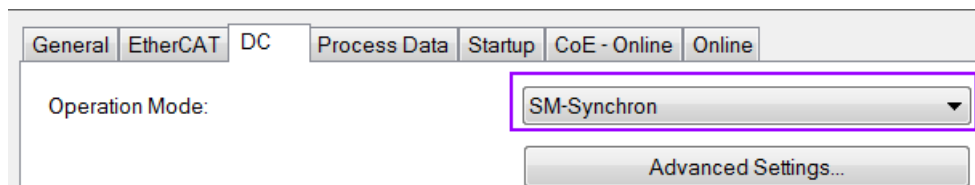


圖 16: SM-Synchron 模式選擇

5.3.3 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，觸發從站軟體來處理從主站接收到的 PDO 數據。主站週期時間和 ESC 硬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。

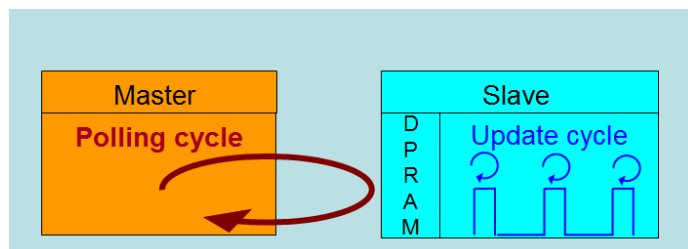


圖 17: DC 同步模式下的主站與從站週期

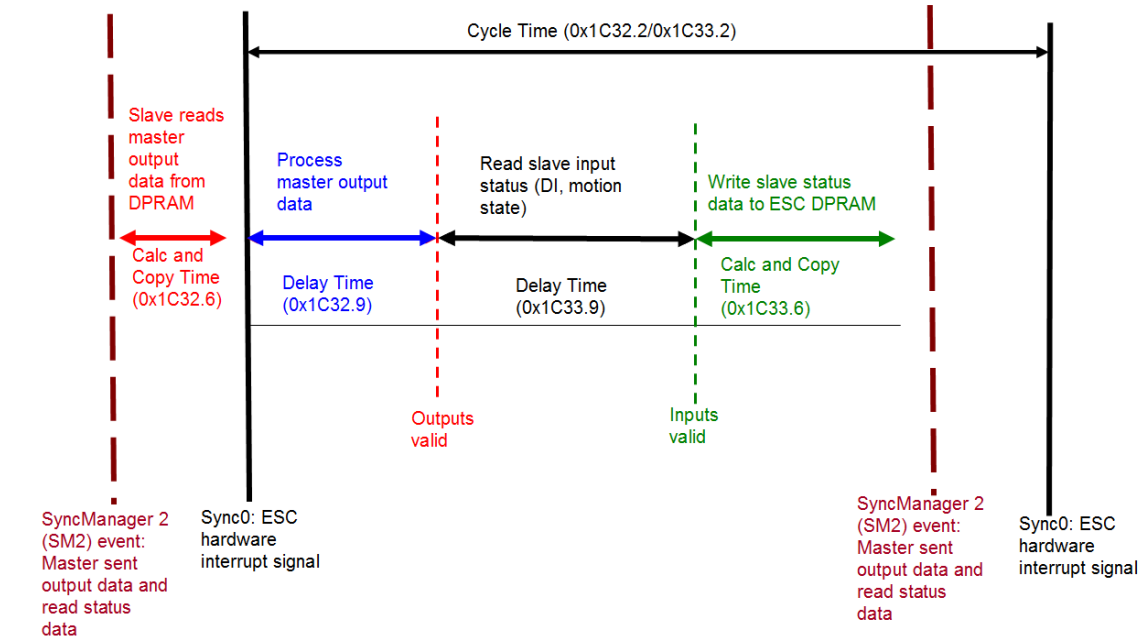


圖 18: DC 同步模式下的內部從站處理序列

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

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

圖 19: 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 20: SyncManager 2 參數

- **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。

6 專案整合

本章將介紹將 ECAT-2093 設備加到 TwinCAT 所控 EtherCAT 網路的整合方式。一般來說，ECAT-2093 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。

6.1 ESI 檔案

ESI 檔案描述 ECAT-2093 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。

6.1.1 匯入 ESI 檔案

將 ECAT-2093 設備的 XML 描述檔案"ECAT-2093.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-2093.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 7: ESI 檔案目標目錄

6.2 設備安裝與配置

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。

在進行配置之前，必須滿足以下條件：

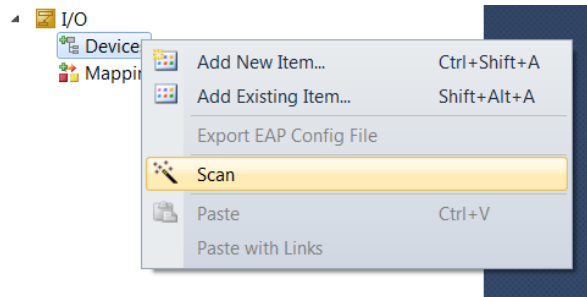
- ECAT-2093 從站設備必須通過 EtherCAT 電纜線連接到 EtherCAT 主站。在本手冊中是使用 TwinCAT 3.1 的版本作為 EtherCAT 主站和配置工具。

- ECAT-2093 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。

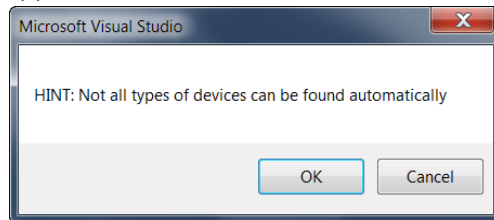
6.2.1 掃描 EtherCAT 裝置

在TwinCAT進入CONFIG模式後，可以開始搜尋在線的設備。

Step 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-2093 設備。



Step 2: 選擇“OK”。



Step 3: 選擇ECAT-2093 所連接的以太網設備（以太網晶片）。點選“OK”確認選擇。

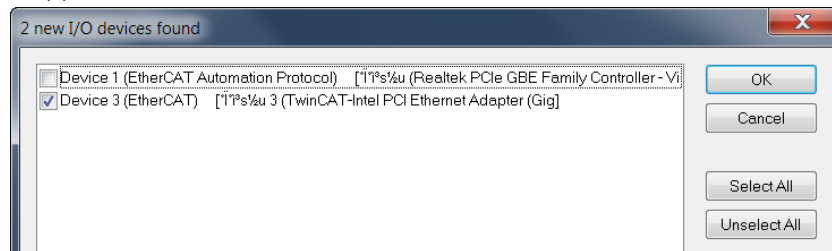
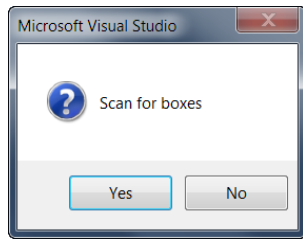
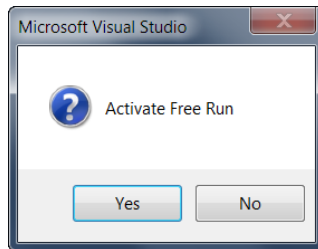


圖 21: 在 EtherCAT 主站電腦上偵測到的 Ethernet 晶片清單

Step 4: 點擊"Yes"啟動掃描程序。



Step 5: 點擊"Yes"將ECAT-2093 設定成自由運行模式。



預設情況下，所有三個編碼器通道都顯示在樹狀圖中：

- ▶ Box 1 (ECAT-2093)
 - ▶ ENC Status Ch.0
 - ▶ ENC Status Ch.1
 - ▶ ENC Status Ch.2
 - ▶ ENC Control Ch.0
 - ▶ ENC Control Ch.1
 - ▶ ENC Control Ch.2
 - ▶ WcState
 - ▶ InfoData

圖 22: ECAT-2093 的預設參數選擇

6.2.2 編碼計數器配置

ECAT-2093 設備的配置(例如: 編碼器模式、濾波器設置等)只需要在編碼器實際開始計數之前進行一次。這些參數必須透過基於 EtherCAT 協議的 CANopen (CoE) 進行存取，並且會陳列在"CoE online"的標籤頁中。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。

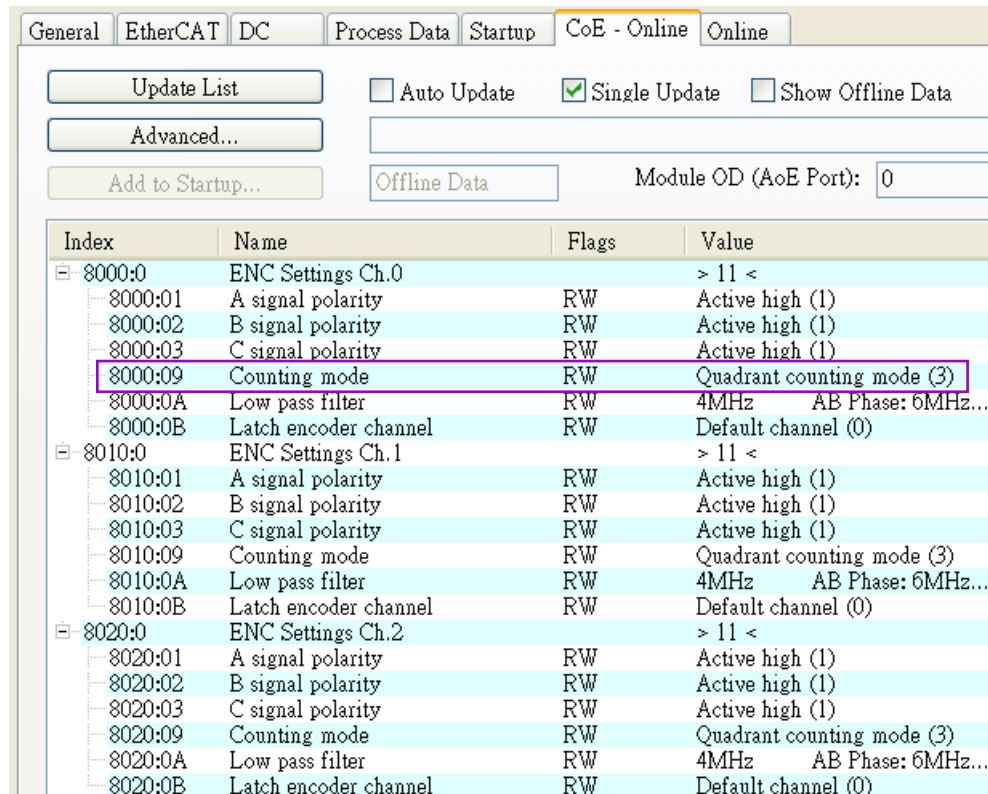
編碼器相關的 CoE 參數列出在編碼器設置對象中 (索引 0x8000, 0x8010, 0x8020)。

每個通道都必須完成以下配置過程：

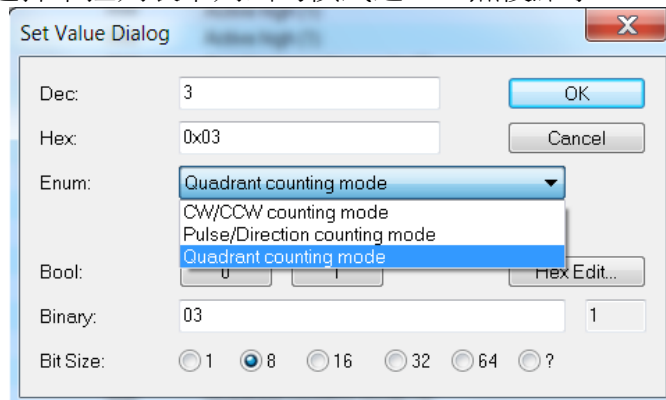
- 計數器模式設定
- A/B/C 信號極性設定。輸入信號可能是低準位致能或高準位致能
- 低通濾波器時鐘週期設定

對每個通道做編碼計數模式設定的範例:

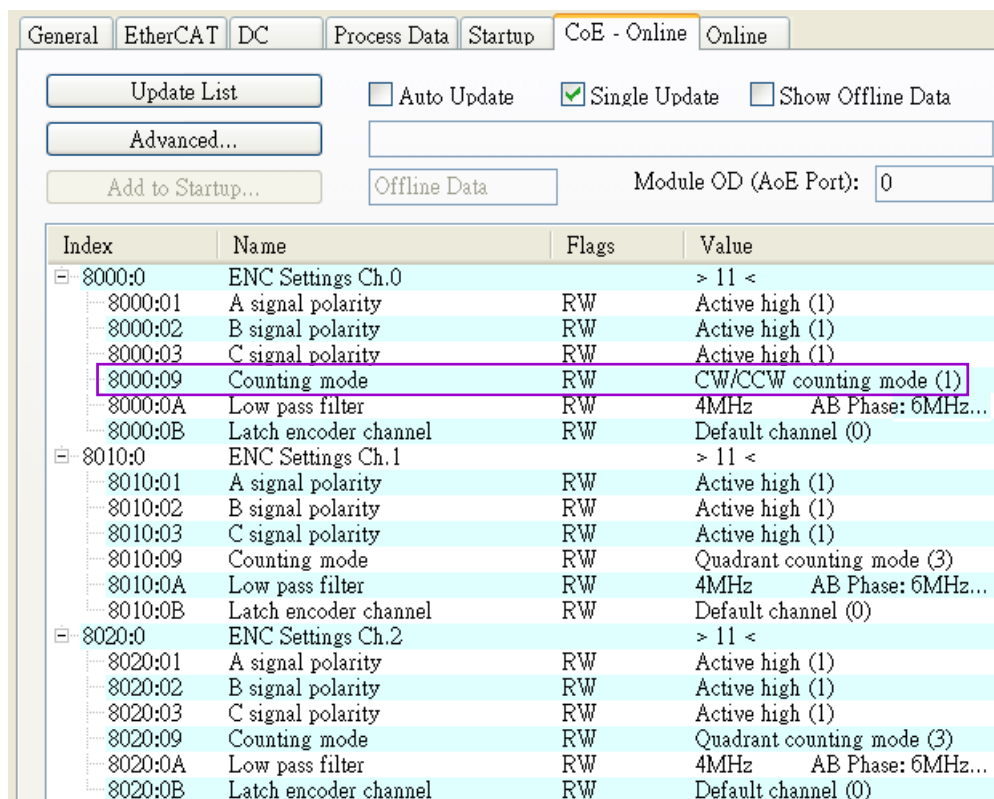
Step 1: 進入通道的"ENC Setting Ch.0"，擴展樹狀索引並雙擊索引為 8000:09的 "Counting mode"。



Step 2: 選擇下拉列表中列出的模式之一，然後點擊"OK"。



Step 3: 一旦此設置成功發送到從站，將會顯示在 CoE 線上參數列表中。在下圖中為通道 0 選擇了"CW/CCW counting mode"。該值只需設置一次，因此不必在每個週期時間內發送。



在編碼計數器開始輪詢之前，必須先設置所有相關的編碼器配置。參數設置完成後，編碼計數器基本已準備就緒。

如果需要，此配置可以永久保存到 ECAT-2093 的內部非揮發性存儲器中。設備通電後，將立即根據配置設置進行初始化。為了保存配置數據，請依照第 8.2 章的說明進行。

6.2.3 EtherCAT 從站進程數據設定

用戶必須在每個週期中選擇必須在 EtherCAT 主站和從站之間傳送的進程數據（進程數據對象，PDO）。進程數據存在兩部分：

- 主站讀取的數據（例如：編碼器狀態）
- 正在發送給從站的數據或參數（例如：重置編碼器位置）。

一旦用戶定義了進程數據映像的參數，主站將在每個週期內交換輸入和輸出數據

ECAT-2093 允許用戶對每個編碼器通道選擇要傳送的進程數據。在 TwinCAT 中，支援的進程數據對象陳列在"PDO Assignment (0x1C12)"和"PDO Assignment (0x1C13)"方塊框中。

PDO 選擇程序

1. 啟用 ECAT-2093 從站的"Process Data"標籤頁。
2. 選擇 RxPDO：點擊"Sync Manager"視窗中的"Outputs"行並在"PDO Assignment (0x1C12)" 視窗中為每個編碼器通道選擇所需的 RxPDO（見圖 23）。ECAT-2093 的每個編碼器通道只能有一個 RxPDO 對象可供選擇。預設情況下，TwinCAT 選擇 ECAT-2093 支援的所有進程數據。若應用程序不需要 RxPDO 中列出的變量，則取消選擇此 PDO 以減少進程數據映像的大小。
3. 選擇 TxPDO：點擊"Sync Manager"視窗中的"Inputs"行並在"PDO Assignment (0x1C13)" 視窗中為每個編碼器通道選擇所需的 TxPDO。進程數據包含編碼器和鎖存器數值的狀態變量，以及信號狀態信息。此進程數據對象有選擇的必要，否則無法從編碼器通道中檢索任何狀態信息。

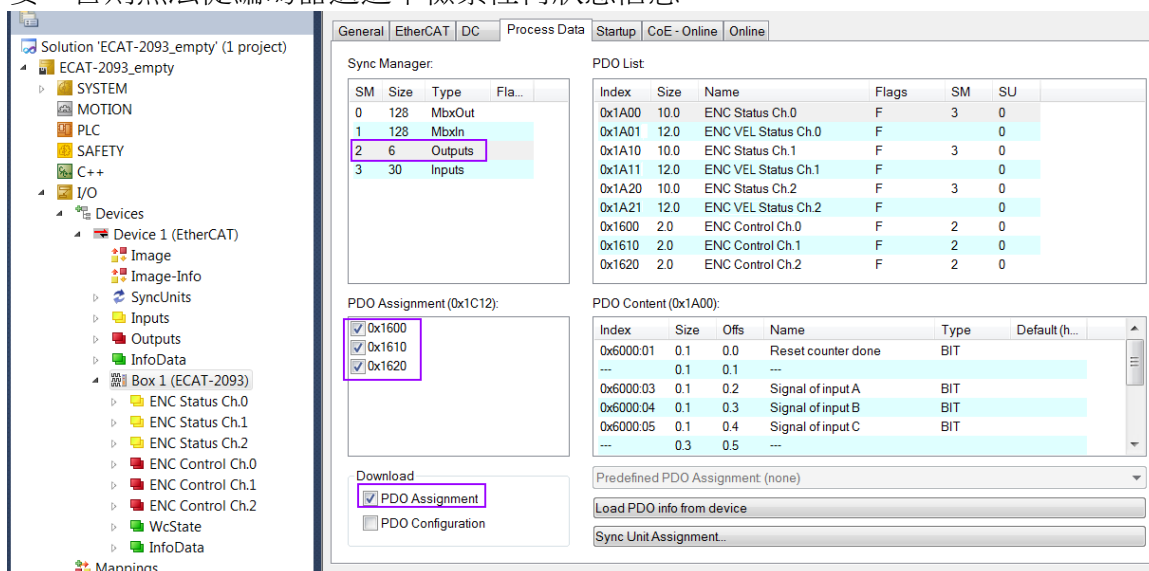


圖 23: Predefined PDO assignment 選項

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。確保"PDO Assignment"旁邊的勾選框有啟用。

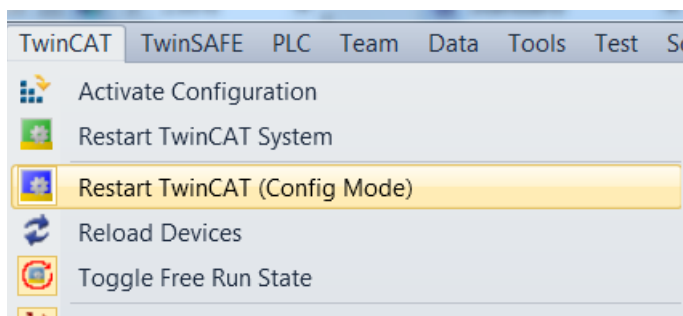


圖 24: 下載 PDO assignment 並且重啟 TwinCAT

該裝置現已準備好設置為自由運行或 DC 同步模式。

7 參數說明

7.1 計數模式

ECAT-2093 編碼計數器支援三種模式：

- Pulse/Direction counting mode
- Clockwise/Counterclockwise mode
- Quadrant counting mode

編碼計數器模式必須透過 CoE 做設定（0x80n0：09，n = 0; 1; 2）

在 **pulse/direction counting mode**（圖 25）中，一條輸入信號線用於指示位置，另一條輸入信號線指示正向或反向的運動方向。"A"信號用作計數器輸入，"B"信號用作方向輸入（B = 高準位：啟用向上計數; B = 低準位：啟用向下計數）。ECAT-2093 對"A"信號脈波的上升緣或下降緣進行計數，"B"信號確定計數方向並決定是否遞增或遞減計數器。在每個致能的輸入信號"A"上，當方向輸入"B"信號為高準位時，位置計數器增加 1，而當方向輸入"B"為低準位時，位置計數器減 1。

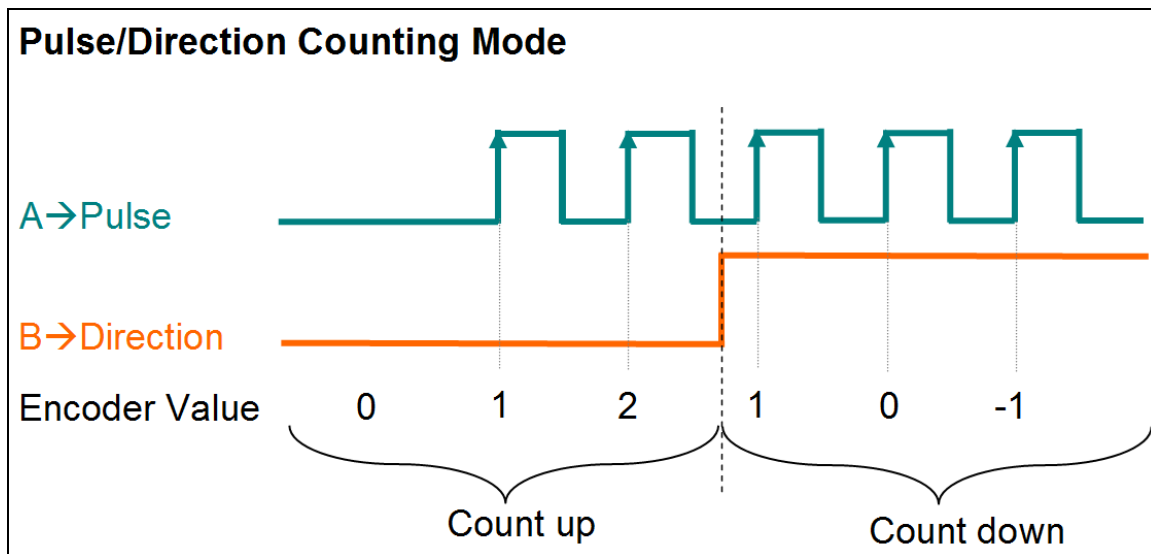


圖 25: Pulse/Direction counting mode

在 **clockwise/counterclockwise mode** 下（圖 26），"A"信號指示正增量（順時針信號），"B"信號負增量（逆時針信號）。因此，當"A"信號變高準位時編碼器計數器增加 1，而當"B"信號變高準位時編碼器計數器減 1。

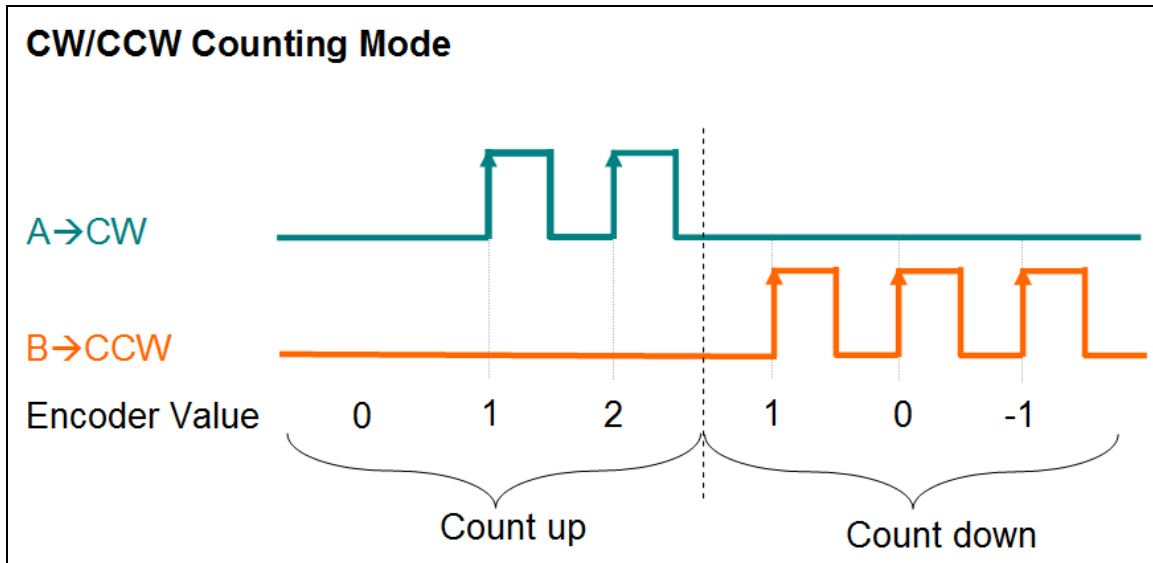


圖 26: Clockwise/ Counterclockwise counting mode

在 **quadrant counting mode** 下（圖 27），當信號"A"超前信號"B"時，編碼器計數器遞增，而當信號"B"超前信號"A"時，編碼器計數器遞減。例如，如果"A"和"B"的最後一個輸入信號關閉，並且在下一個循環中"A"打開，"B"關閉，則方向為順時針，計數器增加 1，但如果"A"關閉，"B"打開，則方向逆時針方向，計數器減 1。計數"A"信號和"B"信號的上升緣和下降緣都會做計數。

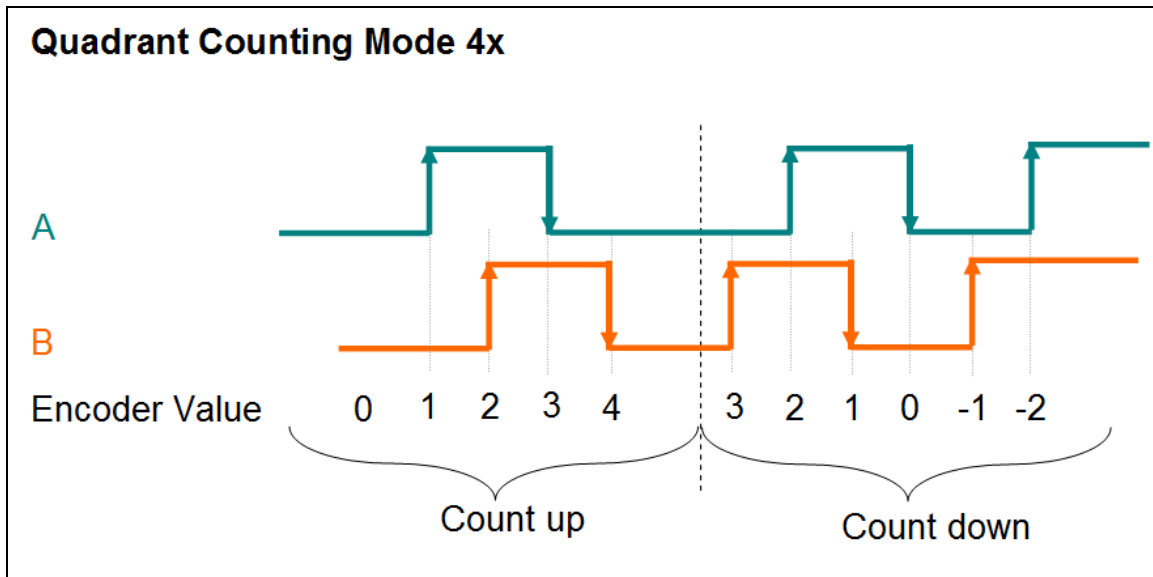


圖 27: Quadrant counting mode

7.2 信號極性設定

編碼器 A、B、C 信號的極性表示信號的致能準位。

編碼器 A、B 和 C 信號的致能準位必須通過 CoE 做設置：

- "A"信號 0x80n0 : 01

- "B"信號 0x80n0 : 02

- "C"信號 0x80n0 : 03

n - 表示通道編號 (n = 0; 1; 2)

透過改變"A"或"B"的信號極性，可能改變計數方向。

例如：

- 透過改變 pulse/direction counting mode 指示方向的信號"B"極性（圖 25），計數方向將改變。

- 透過改變 quadrant counting mode（圖 27）的信號"A"的極性，可以改變計數方向。

- 但是改變 clockwise/counterclockwise mode（圖 26）的信號極性，不會改變計數方向。

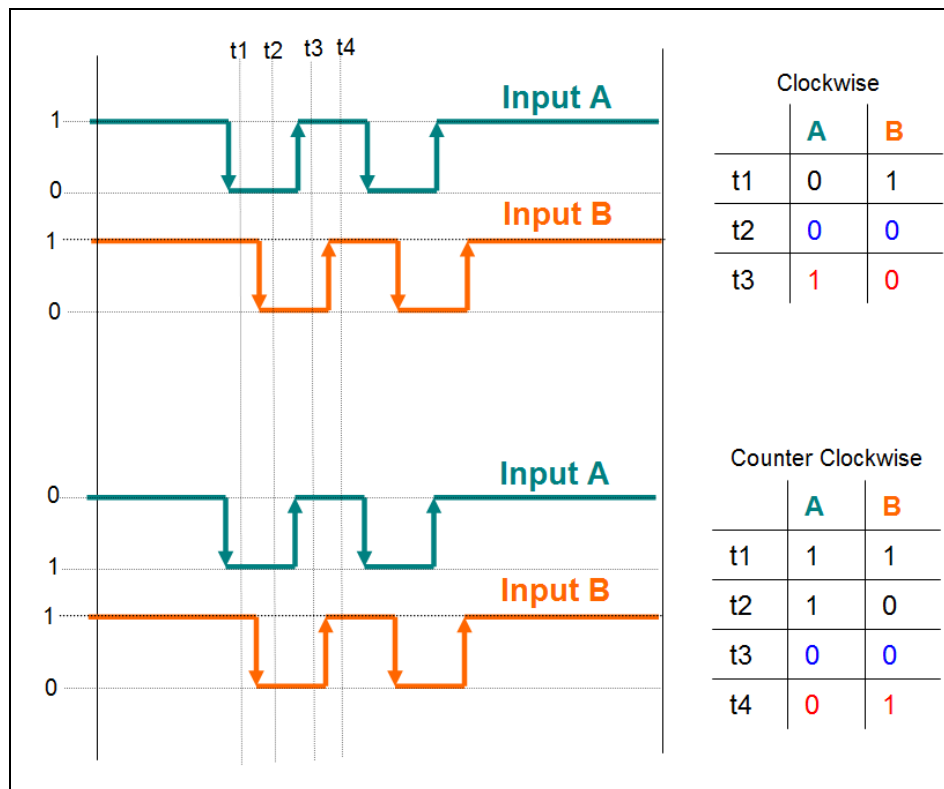


圖 28: 輸入信號"A"極性改變 反轉計數方向

7.3 低通濾波器設定

濾波器用於篩選來自多個輸入的雜訊。濾波器時鐘用於對輸入信號進行取樣：若且唯若，當三個連續取樣具有相同的值，則認為輸入穩定並從濾波器輸出該值。

表 8 列出了 ECAT-2093 可用的濾波器時鐘頻率。

| Low pass filter number | Maximum Input Frequency | |
|------------------------|--|------------------------|
| | Pulse/Direction counting mode Clockwise/Counterclockwise mode | Quadrant counting mode |
| 0 | 4MHz (filter disabled) | 6MHz (filter disabled) |
| 1 | 4MHz | 1MHz |
| 2 | 2MHz | 500KHz |
| 3 | 1MHz | 250KHz |
| 4 | 640KHz | 160KHz |
| 5 | 320KHz | 80KHz |
| 6 | 160KHz | 40Hz |
| 7 | 80KHz | 20KHz |
| 8 | 40KHz | 10KHz |

表 8: 濾波器時鐘頻率

濾波器時鐘必須透過 CoE 設置（0x80n0：0A，n = 0; 1; 2）

設置濾波器時，確保濾波器頻率高於最大編碼器脈波輸出頻率，否則編碼器計數器可能無法計數輸入的所有脈波。

7.4 編碼器狀態

本節將描述 TxPDO 中列出的所有變數：0x1A00，0x1A10，0x1A20。這些變數基本顯示了三個輸入信號的狀態，即每個編碼器計數器通道的計數器和鎖存數值（詳見表 9）。

| 參數 | 物件 | 說明 |
|-----------------------|-----------|--|
| Reset counter done | 0x60n0:01 | 指示"Encoder counter value"（0x60n0：11）是否已重置為零。使用者必須將"Reset encoder counter"（0x70n0：03）從 FALSE 設置為 TRUE，以便將編碼器數值重置為零。 |
| Signal of input A | 0x60n0:03 | 顯示信號"A"是為高準位或低準位 |
| Signal of input B | 0x60n0:04 | 顯示信號"B"是為高準位或低準位 |
| Signal of input C | 0x60n0:05 | 顯示信號"C"是為高準位或低準位 |
| Latch trigger count | 0x60n0:09 | 編碼計數器的鎖存觸發次數，每當有鎖存觸發時此次數加 1 |
| Sync error | 0x60n0:0F | 此變數通知使用者在 DC 模式的上一個週期中是否發生同步錯誤。 主站必須確保在每段固定的時間間隔內，會有一個數據報文被發送到從站，否則會顯示同步錯誤。 |
| TxPDO Toggle | 0x60n0:10 | 每當 TxPDO 數據更新時，從站都會切換此參數 |
| Actual counter value | 0x60n0:11 | 當前編碼計數器數值 |
| Latched counter value | 0x60n0:12 | 由索引信號"C"鎖存的編碼器數值。只有當"Enable Latch C"（0x70n0：01）被設置為 TRUE 時，編碼器數值才會被鎖存 |

表 9: 編碼器狀態變數

此外，可透過"Latch encoder channel"（0x80n0：0B）來決定鎖存的編碼器通道。例如，將三個通道的"Latch encoder channel"設置為 1 ("channel 0")，則這三個通道會在各自的索引信號"C"觸發準位時，鎖存通道 0 的編碼器數值。

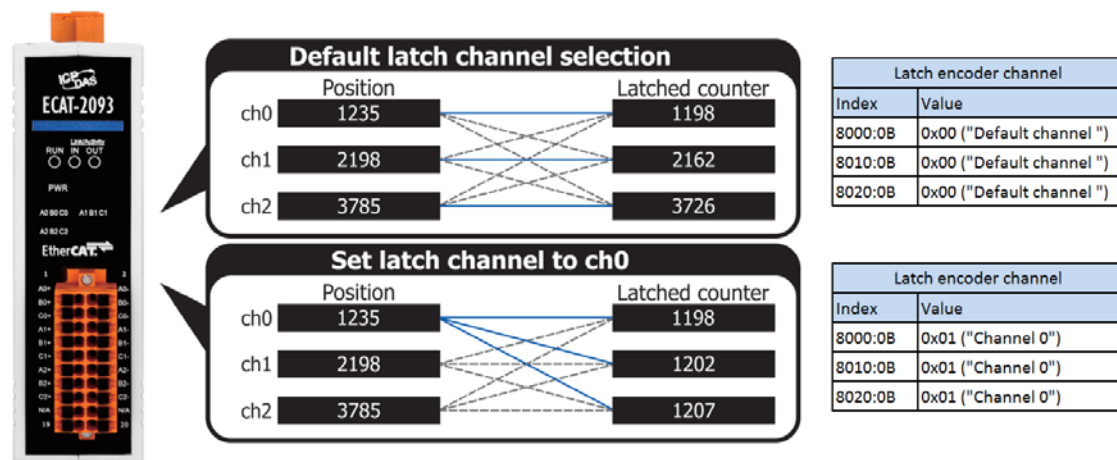


圖 29: 選擇鎖存編碼器通道的示意圖

7.5 速度狀態

本節將描述 TxPDO 中關於速度狀態的部分。在 0x1An1 (n = 0, 1, 2) 中的物件不僅包含了編碼器計數器通道的計數器和鎖存數值 (詳見表 9)，還多了 Vel_dP 這個用於計算速度的位置差值 (詳見表 10)。

| 參數 | 物件 | 說明 |
|--------|-----------|---------------------|
| Vel_dP | 0x60n0:13 | 用於計算速度，每間隔時間更新的位置差值 |

表 10: 速度狀態變數

預設情況下，TxPDO 的部分是選用 0x1An0 (n = 0, 1, 2)；而當需要計算量測訊號的速度時，則需選擇 0x1An1 (n = 0, 1, 2) 以啟用此功能。

使用速度計算的功能時，必須先設定 0x8100 的時間間隔參數 (詳見 9.7)。

首先，須設定各通道共用的時間間隔基礎乘數"Basic Multiplier" (0x8100:01)，其單位時間為 0.5 毫秒(ms)，當需要統一延長或縮短所有通道的時間間隔時，可從此數值做調整；然後，再設置各通道的時間間隔乘數"CHn Multiplier" (0x8100:02+n, n = 0, 1, 2)。如此，各通道的時間間隔 Vel_dT 即可設置完成：

$$\text{Vel_dT} = T_{\text{basic}} \times T_{\text{chn}} \times 0.5 \times 10^{-3} \text{ sec, } n=0, 1, 2。$$

其中， T_{basic} 表示"Basic Multiplier"， T_{chn} 表示"CHn Multiplier"。

之後，即可從變數 Vel_dP 算出速度 V，單位為脈波/秒 (pulses/sec)：

$$V = \text{Vel_dP} / \text{Vel_dT}。$$

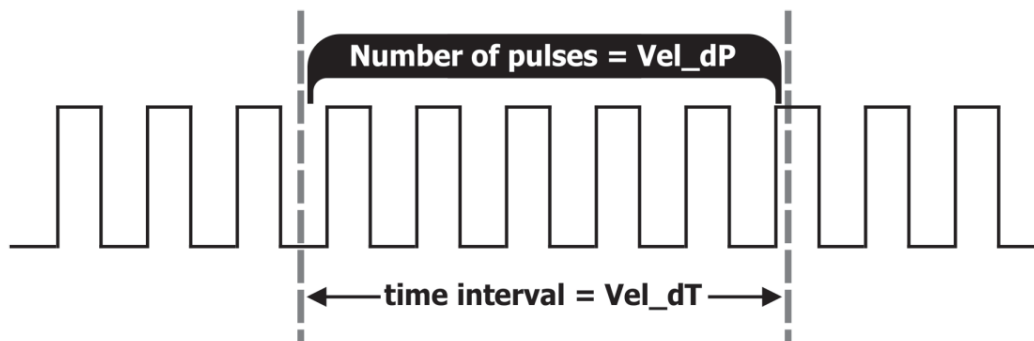


圖 30: 速度計算變數示意圖

7.6 編碼器輸出

這兩個參數是接收進程數據對象（RxPDO）的一部分：0x1600,0x1610,0x1620。

| 參數 | 物件 | 說明 |
|-----------------------|-----------|--|
| Enable Latch C | 0x70n0:01 | 當索引信號"C"打開時，將此值設置為 TRUE 以鎖存編碼器計數器數值。每個致能信號都會觸發一個新的計數器鎖存事件。必須通過 CoE（0x80n0：03，n = 0; 1; 2）設置觸發準位（上升緣或下降緣） |
| Reset encoder counter | 0x70n0:03 | 一旦"Reset encoder counter"值從 FALSE 變為 TRUE，編碼計數器數值將被設置為零。 當設備開啟時，編碼計數器數值自動設置為零。 |

表 11: 編碼器輸出變數

如果應用程序不需要輸出參數，使用者可以取消選擇這些輸出的進程數據對象。

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-2093 設備所需的所有物件和參數。有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。編碼器配置參數需要在實際運動控制開始之前做好設置。這些參數的設定由編碼器類型和系統的設置來決定。

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、進程數據設定和配置參數等。

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: 儲存編碼計數器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 31 顯示了可用於 ECAT-2093 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。

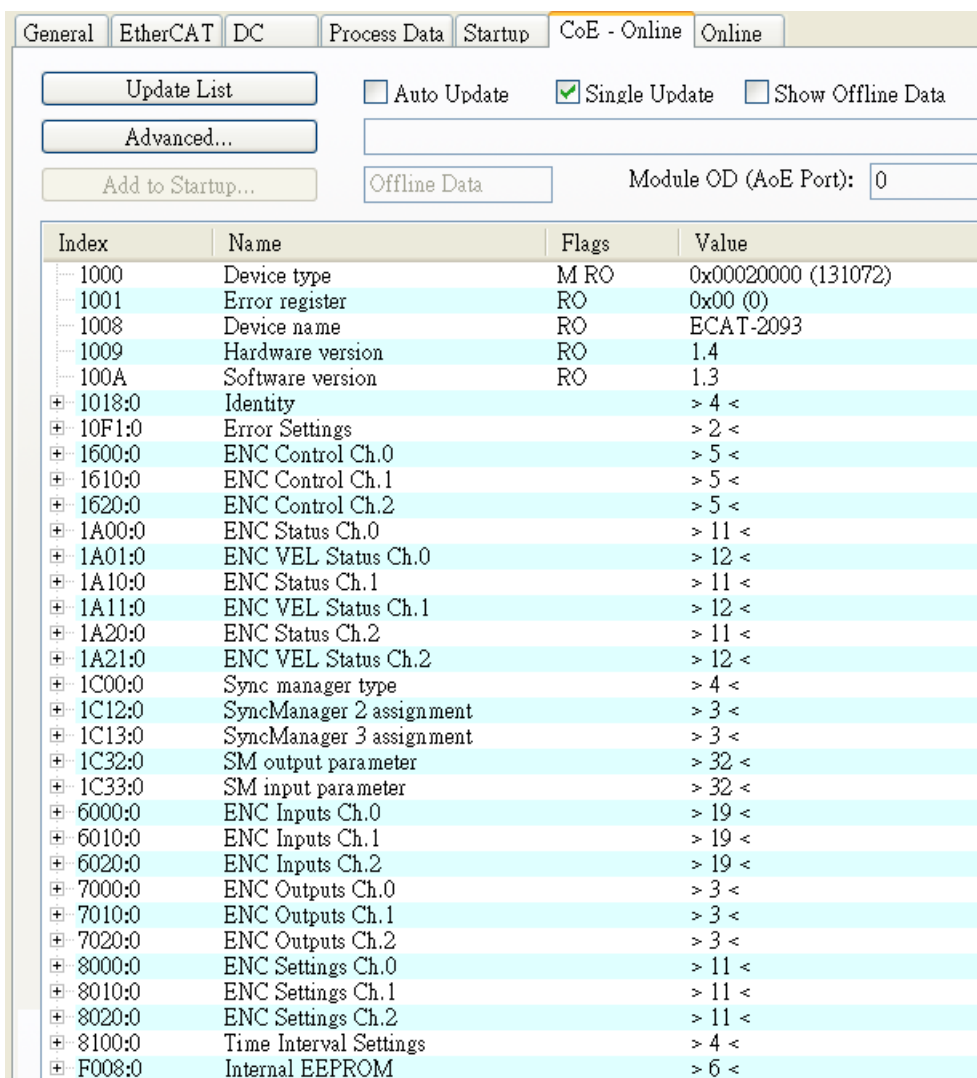


圖 31: "CoE - Online" 標籤頁

8.2 儲存設置數據到記憶體

本節將討論將編碼器參數儲存到ECAT-2093 的非揮發性 記憶體 設備的程序。

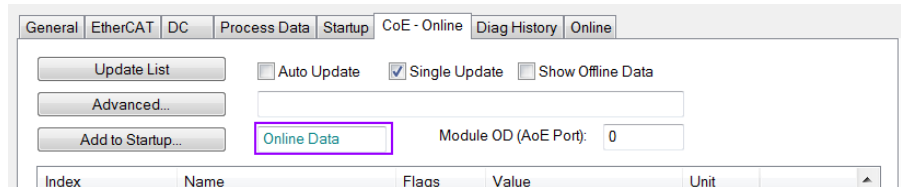
CoE 物件範圍 0x8000 到 0x8020 包含所有配置 ECAT-2093 所需的參數。TwinCAT 允許用戶透過系統管理器（圖 31）或經由 ADS（TcEtherCAT.lib library）從 TwinCAT PLC 設定配置參數。

如果從站的CoE參數被線上修改，ECAT-2093 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

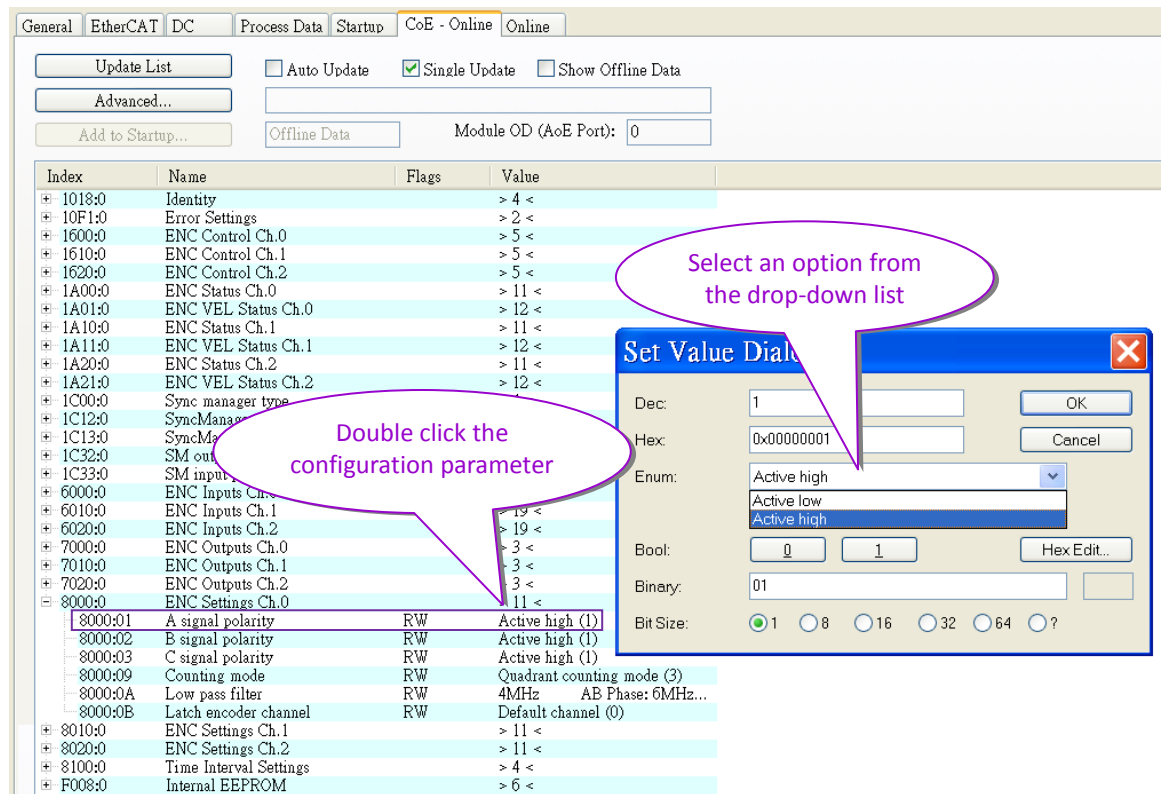
存儲到ECAT-2093 的 非揮發性 記憶體 的功能，重新啟動後該設定將立即可用。

將配置數據存儲到ECAT-2093 區域記憶體的程序：

Step 1: 確保 TwinCAT 系統管理器有連接到 ECAT-2093，且"CoE-Online"標籤頁顯示從站處於在線的狀態。



Step 2: 輸入正確的參數值來執行所有必要的配置。透過雙擊配置參數並從顯示的下拉式選單中選擇一個選項來完成設置。下圖為編碼器通道 0 的 A 信號進行設置信號極性的程序。



Step 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。

Step 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. 為了使配置的數據可在設備重啟後生效，將"Load factory default"設置為 FALSE。透過將該值重新設置為 TRUE，可以一直回復出廠預設設定。
5. "Save Counter"（F008：02）顯示在設備的使用期限內存儲配置數據到區域記憶體的頻率。

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** Online

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

Advanced...

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

| Index | Name | Flags | Value |
|----------|--------------------------|-------|----------------|
| + 1C00:0 | Sync manager type | | > 4 < |
| + 1C12:0 | SyncManager 2 assignment | | > 3 < |
| + 1C13:0 | SyncManager 3 assignment | | > 3 < |
| + 1C32:0 | SM output parameter | | > 32 < |
| + 1C33:0 | SM input parameter | | > 32 < |
| + 6000:0 | ENC Inputs Ch.0 | | > 19 < |
| + 6010:0 | ENC Inputs Ch.1 | | > 19 < |
| + 6020:0 | ENC Inputs Ch.2 | | > 19 < |
| + 7000:0 | ENC Outputs Ch.0 | | > 3 < |
| + 7010:0 | ENC Outputs Ch.1 | | > 3 < |
| + 7020:0 | ENC Outputs Ch.2 | | > 3 < |
| + 8000:0 | ENC Settings Ch.0 | | > 11 < |
| + 8010:0 | ENC Settings Ch.1 | | > 11 < |
| + 8020:0 | ENC Settings Ch.2 | | > 11 < |
| + 8100:0 | Time Interval Settings | | > 4 < |
| - F008:0 | Internal EEPROM | | > 6 < |
| F008:01 | Code word | RW | 0x00000000 (0) |
| F008:02 | Save counter | RO | 0x0000 (0) |
| F008:03 | Load factory default | RW | TRUE |
| F008:04 | Save configuration data | RW | FALSE |
| F008:05 | Save error encountered | RO | FALSE |
| F008:06 | Initialization error | RO | FALSE |

Step 5: 將 ECAT-2093 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...

9 物件描述與參數化

9.1 標準物件

Index 1000 Device type

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

Index 1008 Device name

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|-------------|------------------|--------|----|-----------|
| 1008:0 | Device name | EtherCAT 從站的設備名稱 | STRING | RO | ECAT-2093 |

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 | 1.4 (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 | 1.3 (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 | 0x0000082D (2093) |
| 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 0x16n0 ENC Control Ch.n (RxPDO-Map)

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|--------------------------------|-----------------|--------|----|------------|
| 16n0:0 | ENC Control _Ch0_ | 編碼器控制 | UINT8 | RO | 0x05 |
| 16n0:01 | Control__Enable latch C | 啟用編碼器鎖存 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x70n00101 |
| 16n0:02 | Control__Gap1 | 空 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000001 |
| 16n0:03 | Control__Reset encoder counter | 設定編碼器 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x70n00301 |
| 16n0:04 | Control__Gap2 | 字節填充 (5 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000005 |
| 16n0:05 | Control__Gap3 | 字組填充 (8 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000008 |

"n"代表通道編號(0 到 2)

9.3 TxPDO Mapping Objects

Index 0x1An0 ENC StatusCh.n (TxPDO-Map)

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------|----|------------|
| 1An0:0 | ENC Status | 編碼器狀態 | UINT8 | RO | 0x0B |
| 1An0:01 | Status__Reset counter done | 計數器重置為零 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00101 |
| 1An0:02 | Status__Gap1 | 空 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000001 |
| 1An0:03 | Status__Signal of input A | 通道 A 的輸入信號 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00301 |
| 1An0:04 | Status__Signal of input B | 通道 B 的輸入信號 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00401 |
| 1An0:05 | Status__Signal of input C | 通道 C 的輸入信號 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00501 |
| 1An0:06 | Status__Gap2 | 字節填充 (3 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000003 |
| 1An0:07 | Status__Latch trigger count | 編碼計數器的鎖存觸發次數，每當有鎖存觸發時此 次數 加 1 (6 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00906 |

| | | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------|--------|----|------------|
| 1An0:08 | Status__Sync error | 同步錯誤 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00F01 |
| 1An0:09 | Status__TxPDO Toggle | TxPDO 交替變化位元 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01001 |
| 1An0:0A | Status__Encoder counter value | 編碼計數器數值 (32-Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01120 |
| 1An0:0B | Status__Latched counter value | 鎖存編碼計數器數值 (32-Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01220 |

"n"代表通道編號(0 到 2)

Index 0x1An1 ENC VEL StatusCh.n (TxPDO-Map)

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|-------------------------------|--|--------|----|------------|
| 1An1:0 | ENC VEL Status | 編碼器狀態 | UINT8 | RO | 0x0C |
| 1An1:01 | Status__Reset counter done | 計數器重置為零 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00101 |
| 1An1:02 | Status__Gap1 | 空 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000001 |
| 1An1:03 | Status__Signal of input A | 通道 A 的輸入信號 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00301 |
| 1An1:04 | Status__Signal of input B | 通道 B 的輸入信號 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00401 |
| 1An1:05 | Status__Signal of input C | 通道 C 的輸入信號 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00501 |
| 1An1:06 | Status__Gap2 | 字節填充 (3 Bit) | UINT32 | RO | 0x00000003 |
| 1An1:07 | Status__Latch trigger count | 編碼計數器的鎖存觸發次數，每當有鎖存觸發時此 次數 加 1 (6 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00906 |
| 1An1:08 | Status__Sync error | 同步錯誤 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n00F01 |
| 1An1:09 | Status__TxPDO Toggle | TxPDO 交替變化位元 (1 Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01001 |
| 1An1:0A | Status__Encoder counter value | 編碼計數器數值 (32-Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01120 |
| 1An1:0B | Status__Latched counter value | 鎖存編碼計數器數值 (32-Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01220 |
| 1An1:0C | Status__Vel_dP | 用於計算速度的位置差值 (16-Bit) | UINT32 | RO | 0x60n01310 |

"n"代表通道編號(0 到 2)

9.4 Sync Manager Objects

Index 0x1C00 Sync manager type

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

Index 0x1C12 RxPDO assign

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|--------------|---|--------|----|--------|
| 1C12:0 | RxPDO assign | SyncManager 2 配置: PDO Assign Outputs | UINT8 | RO | 0x1C |
| 1C12:01 | SubIndex 001 | 預設配置: ENC Control Channel 0 | UINT16 | RW | 0x1600 |
| 1C12:02 | SubIndex 002 | 預設配置: ENC Control Channel 1 | UINT16 | RW | 0x1610 |
| 1C12:03 | SubIndex 003 | 預設配置: ENC Control Channel 2 | UINT16 | RW | 0x1620 |

Index 0x1C13 TxPDO assign

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|--------------|--|--------|----|--------|
| 1C13:0 | TxPDO assign | SyncManager 3 配置: PDO Assign Inputs | UINT8 | RO | 0x20 |
| 1C13:01 | SubIndex 001 | 預設配置: ENC Status Channel 0 | UINT16 | RW | 0x1A00 |
| 1C13:02 | SubIndex 002 | 預設配置: ENC Status Channel 1 | UINT16 | RW | 0x1A10 |
| 1C13:03 | SubIndex 003 | 預設配置: ENC Status Channel 2 | UINT16 | RW | 0x1A20 |

Index 0x1C32 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"> 0: 自由運行 1: 不包含 SM2 事件的同步 2: DC 同步模式 – 與 | UINT8 | RO | 0x0001 |

| | | | | | |
|---------|---------------------------------|--|-------|----|------------|
| | | SYNC0 事件同步 • 3: DC 同步模式 – 與 SYNC01 事件同步 | | | |
| 1C32:02 | Cycle Time | 週期時間 (單位: ns): • 自由運行: 區域定時器的週期時間 • 與 SM 2 事件同步: 主站週期時間 • DC 同步模式: SYNC0/SYNC1 週期時間 | UINT8 | RO | 0x00000000 |
| 1C32:04 | Synchronization Types supported | 支援的同步模式: • Bit 0 = 1: 支援自由運行 • Bit 1 = 1: 支援與 SM 2 事件同步 • Bit 2-3 = 01: 支援 DC 同步模式 • Bit 4-5 = 10: 輸出隨著 SYNC1 事件時間偏移 (只限於 DC 同步模式) | UINT8 | RO | 0x8007 |
| 1C32:05 | Minimum Cycle Time | 最小週期時間 (單位: ns) | | RO | 0x00000000 |
| 1C32:06 | Calc and Copy Time | SYNC0 與 SYNC1 事件間的最小時間 (單位: ns, 只限於 DC 同步模式) | | RO | 0x00000000 |
| 1C32:08 | Get Cycle Time | • 0: 停止量測區域週期時間 • 1: 開始量測區域週期時間 將參數設置為 1, 以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: ns, 只限於 DC 同步模式) | | RO | 0x00000000 |
| 1C32:0A | Sync0 Cycle Time | | | RW | 0x00000000 |
| 1C32:0B | SM-Event Missed | 在 OPERATIONAL 下所錯過 SM 事件的數量 (只限於 DC 同步模式) | | RO | 0x0000 |
| 1C32:0C | Cycle Time Too Small | 未能及時完成一個週期, 或者下一個週期開始得太早 | | RO | 0x0000 |
| 1C32:20 | Sync Error | 上一個週期的同步不正確 (輸出端太晚輸出, 只限於 DC 同步模式) | | RO | FALSE |

Index 0x1C33 Sync Manager (SM) input parameter

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|----------------------|-------------------|-------|----|--------|
| 1C33:0 | SM input parameter | 輸入的同步參數 | UINT8 | RO | 0x20 |
| 1C33:01 | Synchronization Type | 當前同步模式: • 自由運行 | UINT8 | RO | 0x0022 |

| | | | | | |
|---------|---------------------------------|---|-------|----|------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> 1: 與 SM3 事件同步(無輸出) 2: DC - 與 SYNC0 事件同步 3: DC -與 SYNC1 事件同步 34: 與 SM2 事件同步(無輸出) | | | |
| 1C33:02 | Cycle Time | 週期時間(單位: ns): <ul style="list-style-type: none"> 自由運行: 區域計時器的週期時間 與 SM2 事件同步: 主站週期時間 DC 同步模式: SYNC0/SYNC1 週期時間 | UINT8 | RO | 0x00000000 |
| 1C33:04 | Synchronization Types supported | 支援同步模式: <ul style="list-style-type: none"> Bit 0 = 1: 支援自由運行模式 Bit 1 = 1: 支援與 SM2 事件同步 Bit 2-3 = 01: 支援 DC 同步模式 Bit 4-5 = 10: 輸出隨著 SYNC1 事件時間偏移 (只限於 DC 同步模式) | UINT8 | RO | 0x8007 |
| 1C33:05 | Minimum Cycle Time | 最小週期時間(單位: ns) | | RO | 0x00000000 |
| 1C33:06 | Calc and Copy Time | 主站在讀取輸入和允許輸入之間的時間 (單位: ns, 僅限於DC同步模式) | | RO | 0x00000000 |
| 1C33:08 | Get Cycle Time | <ul style="list-style-type: none"> 0: 停止本地週期時間的量測 1: 開始本地週期時間的量測 將參數設置為 1, 以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: ns, 僅限於DC同步模式) | | RO | 0x00000000 |
| 1C33:0A | Sync0 Cycle Time | | | RW | 0x00000000 |
| 1C33:0B | SM-Event Missed | 在OP狀態下所錯過SM事件的數量(只限於DC同步模式) | | RO | 0x0000 |
| 1C33:0C | Cycle Time Too Small | 未能及時完成一個週期, 或者下一個週期開始得太早 | | RO | 0x0000 |
| 1C33:20 | Sync Error | 上一個週期的同步不正確 (輸出端太晚輸出, 只限於DC同步模式) | | RO | FALSE |

9.5 Input Data

Index 0x60n0 ENC Inputs Ch.n

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|--------------------------|---|---------|----|------|
| 60n0:0 | Get encoder input status | 編碼器狀態輸入 | UINT8 | RO | 0x13 |
| 60n0:01 | Reset counter done | 完成將計數器重置為零。指示"Reset encoder counter" (70n0:03) 的操作是否成功 | BOOLEAN | RO | |
| 60n0:03 | Signal of input A | A 輸入的信號 | BOOLEAN | RO | |
| 60n0:04 | Signal of input B | B 輸入的信號 | BOOLEAN | RO | |
| 60n0:05 | Signal of input C | C 輸入的信號 | BOOLEAN | RO | |
| 60n0:09 | Latch trigger count | 編碼計數器的鎖存觸發次數，每當有鎖存觸發時此 次數 加 1 | BIT6 | RO | |
| 60n0:0F | 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 | |
| 60n0:10 | 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 | |
| 60n0:11 | Actual counter value | 編碼器數值 | INT32 | RO | |
| 60n0:12 | Latched counter value | 鎖存的計數器數值。需透過"Enable Latch C" (70n0:01)來啟動硬體的索引鎖存功能。設置觸發條件（下降緣或上升緣）則必須透過"C signal polarity" (80n0:03)。每次滿足觸發條件時都會產生鎖存事件。 | INT32 | RO | |
| 60n0:13 | Vel_dP | 用於計算速度，指定時間間隔內的位置差值 | INT16 | RO | |

"n"代表通道編號(0 到 2)

9.6 Output Data

Index 0x70n0 ENC Outputs Ch.n

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|-----------------------|---|---------|----|-------|
| 70n0:0 | ENC Outputs | | UINT8 | RO | 0x03 |
| 70n0:01 | Enable Latch C | <p>啟用編碼器鎖定 C 通道每個輸入信號的編碼器值</p> <ul style="list-style-type: none"> 將此 Boolean 從 FALSE 設置為 TRUE，將啟用硬體索引鎖存功能。當輸入準位 C 被觸發時，編碼器值（60n0：11）將被鎖存 將此變量設置為 FALSE，將禁用索引鎖存功能，且鎖存的計數值暫存器（60n0：12）將重置為零 | BOOLEAN | RO | FALSE |
| 70n0:03 | Reset encoder counter | <p>將編碼器計數器重置為零</p> <ul style="list-style-type: none"> 將該位元從 FALSE 設置為 TRUE，編碼計數器數值（60n0：11）將設置為零 | BOOLEAN | RO | FALSE |

"n"代表通道編號(0 到 2)

9.7 Configuration Data

Index 0x80n0 ENC Settings Ch.n

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|-------------------|------------|------------|----|---------------------|
| 80n0:0 | ENC Settings | 編碼器設定 | UINT8 | RO | 0x0B |
| 80n0:01 | A signal polarity | 輸入信號 A 的極性 | DT0803EN01 | RW | 0x00 ("Active low") |
| 80n0:02 | B signal polarity | 輸入信號 B 的極性 | DT0803EN01 | RW | 0x00 ("Active low") |
| 80n0:03 | C signal polarity | 輸入信號 C 的極性 | DT0803EN01 | RW | 0x00 ("Active low") |
| 80n0:09 | Counting mode | 計數器模式選擇: | DT0801EN08 | RW | 0x03 |

| | | | | | |
|---------|-----------------------|---|------------|----|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> CW/CCW, Pulse/Direction, Quadrant | | | ("Quadrant counting mode") |
| 80n0:0A | Low pass filter | 低通濾波器設定 | DT0802EN08 | RW | 0x00 ("4MHz AB Phase: 6MHz (filter disabled)") |
| 80n0:0B | Latch encoder channel | 鎖存編碼器通道選擇: <ul style="list-style-type: none"> Default channel (Channel n) Channel 0 Channel 1 Channel 2 | DT0804EN08 | RW | 0x00 ("Default channel") |

"n"代表通道編號(0 到 2)

Index 0x8100 Time Interval Settings

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|------------------------|--|-------|----|------|
| 8100:0 | Time Interval Settings | 時間間隔設定 | UINT8 | RO | 0x04 |
| 8100:01 | Basic Multiplier | 單位時間為 0.5 毫秒 Base Time = Basic Multiplier * 0.5 ms | UINT8 | RW | 0x02 |
| 8100:02 | Ch0 Multiplier | Ch0 Time Interval = Base Time * Ch0 Multiplier | UINT8 | RW | 0x01 |
| 8100:03 | Ch1 Multiplier | Ch1 Time Interval = Base Time * Ch0 Multiplier | UINT8 | RW | 0x01 |
| 8100:04 | Ch2 Multiplier | Ch2 Time Interval = Base Time * Ch0 Multiplier | UINT8 | RW | 0x01 |

9.8 Configuration Parameters Storage

Index 0xF008 Internal EEPROM

| Index (hex) | 項目 | 說明 | 類型 | 標誌 | 預設 |
|-------------|----------------------|--|---------|----|------------|
| F008:0 | Internal EEPROM | 將 CoE 參數存儲到內部 EEPROM | UINT8 | RO | 0x06 |
| F008:01 | Code Word | 將 CoE 配置數據保存到 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。 <ul style="list-style-type: none"> 透過將此參數設定 | BOOLEAN | RW | TRUE |

| | | | | | |
|---------|-------------------------|--|---------|----|-------|
| | | 為 FALSE，開機後會載入用戶設定配置數據(0x8000 到 0x8020) | | | |
| 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 0x8020)儲存到 ECAT-2093 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 |