



== www.tiked.com.tw ==



敬愛的老師您好：

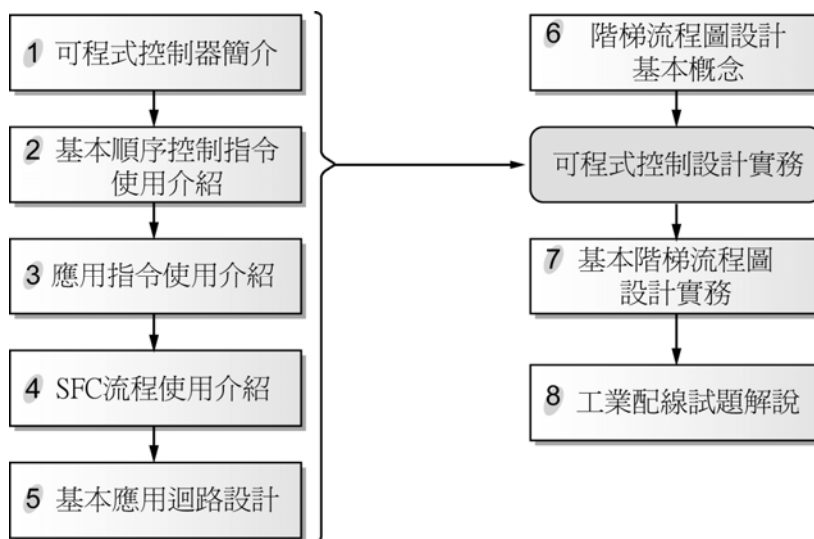
PDF檔僅限學校教師搭配紙本教材用於
課堂教學，並未授權其他用途！！

祝您教學愉快！！ ^0^

< 課本正文由下頁開始 >

序言

1. 本書為依據職校、專科『電機科、控制科、機電科』等科系課程編輯而成。
2. 本書全一冊，可供第一學期或第二學期，每學期三學分教學之用。
3. 本書撰寫的主要目的是要讓學習者能夠以流程圖方式，正確且熟練地完成各種狀況下的可程式控制設計。使用的機器以三菱 FX2 系列 (FX2、FX2N) 機型或士林 AX2 系列為主，除部分指令 (ROR、ROL、ANS、ANR) 外，本書也適用於 FX1N、FX1S 的機型。
4. 本書共分十章，整個內容的架構及學習的流程如下：



前五章著重於基本的原理與應用學習，第一章介紹 PLC 的原理及硬體，硬體知識充足對軟體程式的學習會有莫大的幫助。第二章介紹基本順序控制指令，學習如何將傳統的繼電器控制迴路觀念、方法與 PLC 程式接軌。若能有效運用第三章的應用指令，則可以使順序控制功能更強，設計程式更有效率。第四章學習如何脫離傳統的順序控制設計的模式，換以流程圖方式來撰寫控制程式，這也是本書的重點所在。第五章則以五個熟悉的控制迴路，分別以階梯圖程式與 SFC 流程撰寫控制程式，使學習者可以相互比較、研究其中的差異與特性。

有了前五章的基礎後，後五章即為實務設計演練，首先學習第六章的階梯流程圖設計的基本概念，內容係介紹 PLC 的掃描觀念和程式規劃的一些基本規則以及一些與傳統順序控制不太相同而應注意且須避

免的小問題。第七章則是以四個不同敘述方式的範例，來導引學習如何使用階梯流程圖來設計它的控制程式，其中：設計的過程筆者解說非常詳盡，值得您花上時間閱讀。學完本章內容，一般基本的控制設計必將得心應手。第八章的內容為乙級工業配線檢定試題四個範例。

5.本書的特點：

- (1) 以基本、常用指令為主軸介紹指令的使用方法，並涵蓋 FX2N、FX1N(S)新增的萬年歷時鐘指令、接點型比較指令、脈波直接載入(串、並聯)指令以及運算結果反相指令。
- (2) 以階梯圖配合 SFC 流程來設計控制程式，兼具彈性及效率，簡單易學。
- (3) 程式設計強調：(1)輸出的確認(2)緊急啓斷開關的斷線處理(3)運轉指示燈的誤判防止等等 PLC 控制常被疏忽的安全措施，能與業界實務配合。
- (4) 以循序漸進方式及堆積木的策略學習程式設計，每個實務設計範例都有詳細的設計過程解說，也適合以自學方式研讀，而且設計解說方法前後一致，極易形成一種固定的設計依循規則。
- (5) 範例兼具簡單、實用與生活化，而且都是耳熟能詳的動作，不參雜複雜的機械操作，使學習者能在充分了解動作流程的狀況下學習程式設計，效果極為顯著。每個範例程式都能以 PLC 程式直接執行與觀測功能。
- (6) 各單元之後的“綜合實力測驗”，題目的動作要求與範例相類似，可以讓學習者模仿範例設計，立即驗證學習成果，增加學習信心與成就。

本書編寫承蒙雙象貿易公司廖文賢先生提供資料，另在南港高工電機科同事積極鼓勵之下方得以出版，在此一併致謝。本書雖經詳細編寫，並經多次校對，恐仍有疏漏之處，敬請各位先進惠予指正，不勝感激。

彭錦銅 謹識

目錄

第一章 可程式控制器簡介

- 1-1 可程式控制器的原理 1-2
- 1-2 FX2 PLC 的主要構成元件 1-4
- 1-3 電源接線方式 1-38
- 1-4 輸入接線方式 1-39
- 1-5 輸出接線方式 1-40

第二章 基本順序控制指令使用說明

- 2-1 基本順序控制指令使用方法 2-2
- 2-2 基本順序控制指令使用練習 2-17

第三章 應用指令使用說明

- 3-1 應用指令的使用規則 3-2
- 3-2 應用指令的使用方法 3-4
- 3-3 V、Z 間接指定的使用方法 3-47

第四章 SFC 流程使用說明

- 4-1 步進點 4-2
- 4-2 SFC 流程規劃方法 4-3
- 4-3 SFC 指令編寫方法 4-16
- 4-4 SFC 流程基本設計練習 4-35

第五章 基本應用迴路設計

5-1	自己保持迴路	5-2
5-2	閃爍迴路	5-3
5-3	跑馬燈迴路	5-12
5-4	寸動控制迴路	5-18
5-5	單按鈕連續操作控制迴路	5-20

第六章 階梯流程圖設計基本概念

6-1	階梯流程圖(SFC)的架構	6-2
6-2	PLC 程式執行時的信號處理方式	6-4
6-3	外部接線圖規劃方法	6-8
6-4	起始階梯圖區塊規劃編寫方法	6-16
6-5	流程圖區塊規劃編寫方法	6-31
6-6	結尾階梯圖區塊規劃編寫方法	6-41

第七章 基本階梯流程圖設計實務

一、	電動機交互運轉控制	7-2
二、	電動機手動自動順序控制	7-8
三、	電動機手動自動正逆轉控制	7-17
四、	多段變化式跑馬燈控制	7-29

第八章 乙級工業配線技能檢定

一、電動機順序啓動反順序停止控制(範例一)	8-2
二、電動機順序啓動反順序停止控制(範例二)	8-23
三、電動機順序啓動反順序停止控制(範例三)	8-30
四、電動機順序啓動反順序停止控制(範例四)	8-41

附錄

附錄 A 掌上型書寫器(FX-20P-E)的使用方法	A-1
附錄 B 視窗編譯軟體(SW0PC-FXGP)簡易操作流程	B-1
附錄 C 應用指令一覽表	C-1

《參考書目》

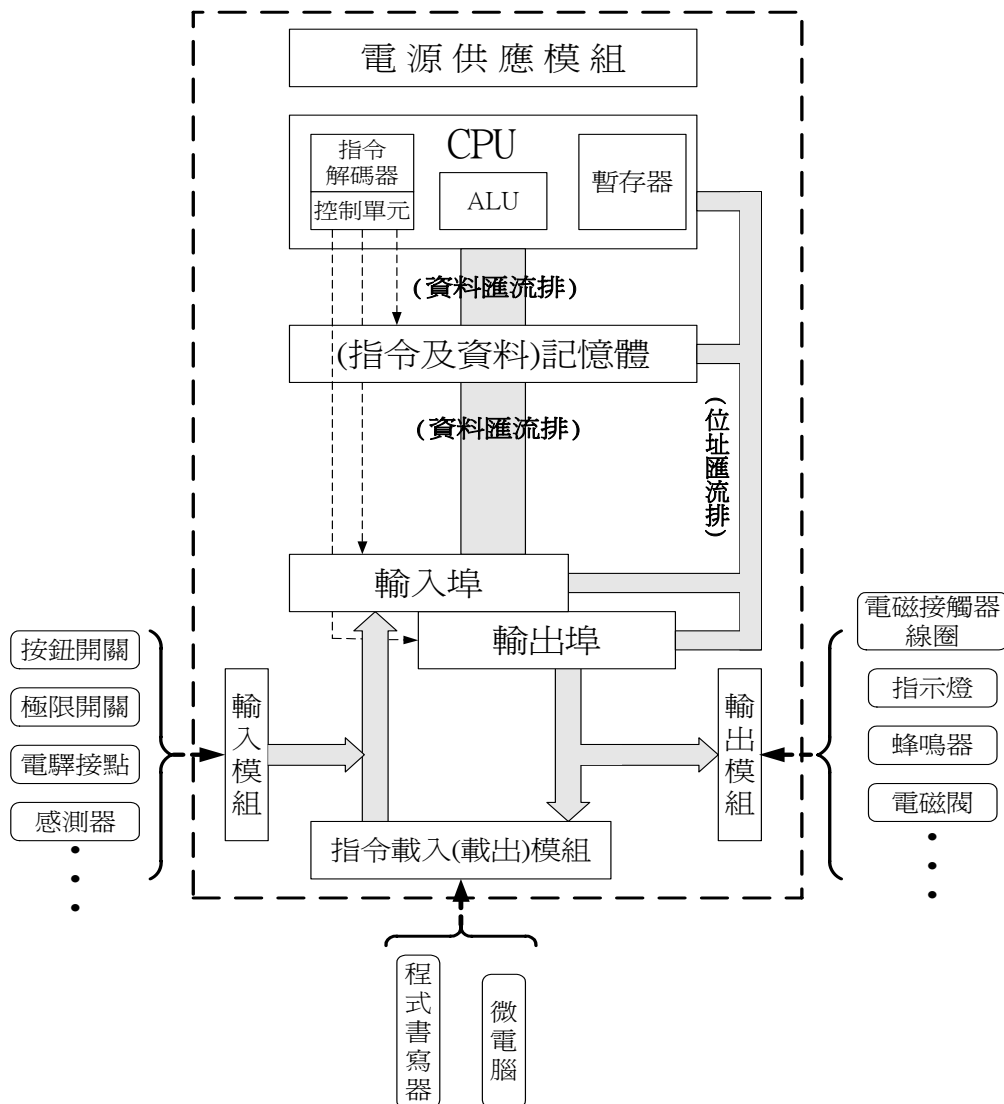
三菱可程式控制器 FX2 使用範例大全	文笙出版
三菱可程式控制器 FX2N 中文使用手冊	文笙出版
三菱可程式控制器 FX2N 專用指令篇 廖文賢著	文笙出版

1-1 可程式控制器的原理

可程式控制器(Programable Logic Controller)簡稱 PLC，是一種具有微處理機功能的數位電子設備，可以將控制指令隨時載入記憶體內儲存與執行。

可程式控制器內部由 CPU、(指令及資料)記憶體、輸入埠、輸出埠以及電源供應模組、指令載入(載出)模組、輸入模組、輸出模組等單元組合而成。

結構如下圖：



CPU、記憶體、輸入(輸出)埠由系統匯流排貫連在一起，輸入模組、輸出模組、指令載入(載出)模組也透過輸入(輸出)埠，與系統匯流排連接。所以在完全模組化設計下所製造出來的 PLC，可以使用嵌入式方式，將所需要的個別模組予以組合使用，擴充容易，甚具彈性。各單元(模組)的功能分述如下：

1. CPU(中央處理單元)：

包含：CU、ALU、暫存器三大部份。

- CU(控制單元---指令解碼器)：

負責將儲存在記憶體內的程式指令解碼成控制信號，用以決定各單元(模組)的工作狀態，是 PLC 的總指揮。

- ALU(算數及邏輯運算單元)：

專門負責做"加、減、乘、除"的算數運算及"AND、OR、NOT"等邏輯運算。

- 暫存器：

CPU 內部的記憶體，可以暫時存放運算的結果，等待下一次運算。

2. 記憶體：

存放程式指令及資料的地方，可以使用 RAM 或 EEPROM。

3. 輸入(輸出)埠：

輸入模組、輸出模組、指令載入(載出)模組與系統匯流排的連接元件。

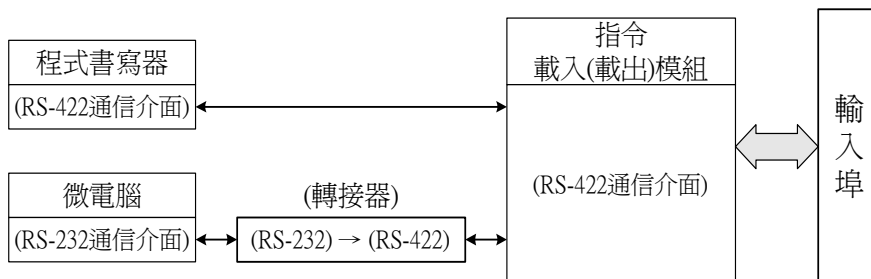
4. 輸入模組：

用來連結輸入元件(按鈕開關、極限開關...)，擷取輸入元件的動作信號，並透過輸入埠送進資料記憶體內，提供 CPU 處理使用的電路。

5. 輸出模組：

用來連結輸出元件(電磁接觸器線圈、指示燈...)，以便資料匯流排的內內容能經由輸出埠送出後，以輸出模組來驅動輸出元件。一般的輸出模組都是使用栓鎖型暫存器，在該暫存器的輸出端串接驅動元件，最後才接到輸出端子。

6. 指令載入(載出)模組：



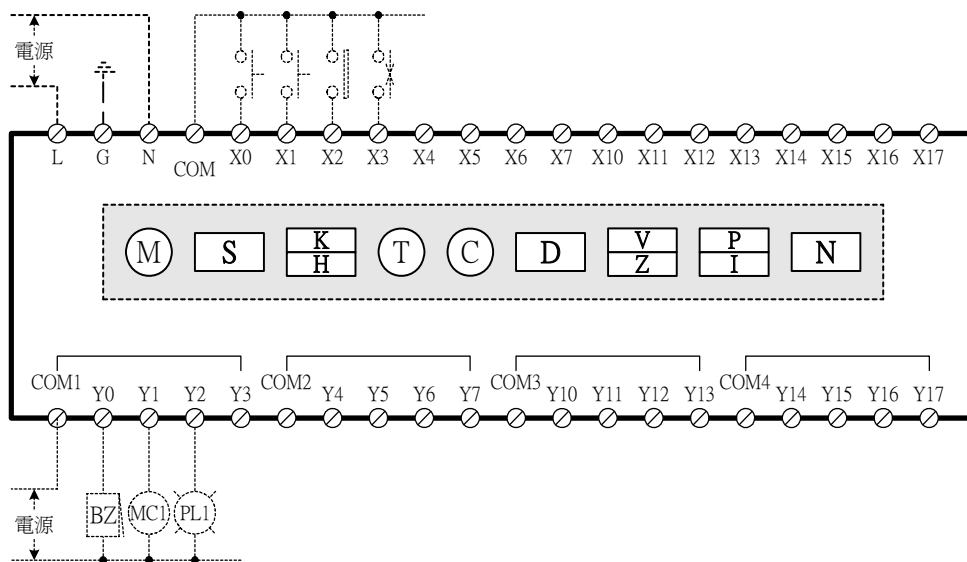
可以透過指令載入(載出)模組，將程式指令在 PLC 的記憶體與書寫器(HPP)之間，或 PLC 的記憶體與微電腦之間，相互傳輸。

由於 PLC 內部使用差動放大模式的 RS-422 通信介面，能消除雜訊干擾，提高傳輸距離。因此，若以微電腦為程式編輯工具，必須透過(RS-232)→

(RS-422)的轉換器才能順利傳送資料。

※ 在模組化的 PLC 中，與 CPU 合併使用一個模組，稱為 CPU 模組。

1-2 FX2 PLC 的主要構成元件



上圖係 FX2-32M(R、T、S)的外觀簡圖，內部主要構成元件可以分成下面幾類：

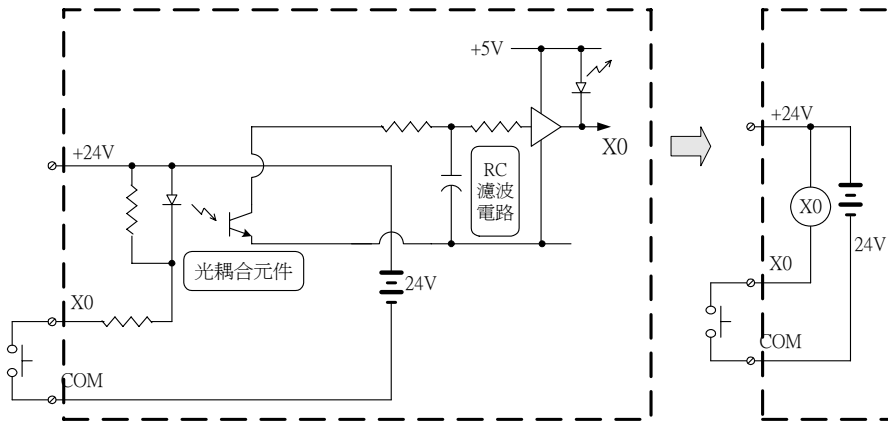
1. 輸入點(X)/輸出點(Y)	6. 計數器(C)
2. 補助繼電器(M)	7. 資料暫存器(D)
3. 步進點(S)	8. 間接指定暫存器(V、Z)
4. 常數(K、H)	9. 指標暫存器(P、I)
5. 計時器(T)	10. 主控接點(N)

1-2.1 輸入點(X)/輸出點(Y)

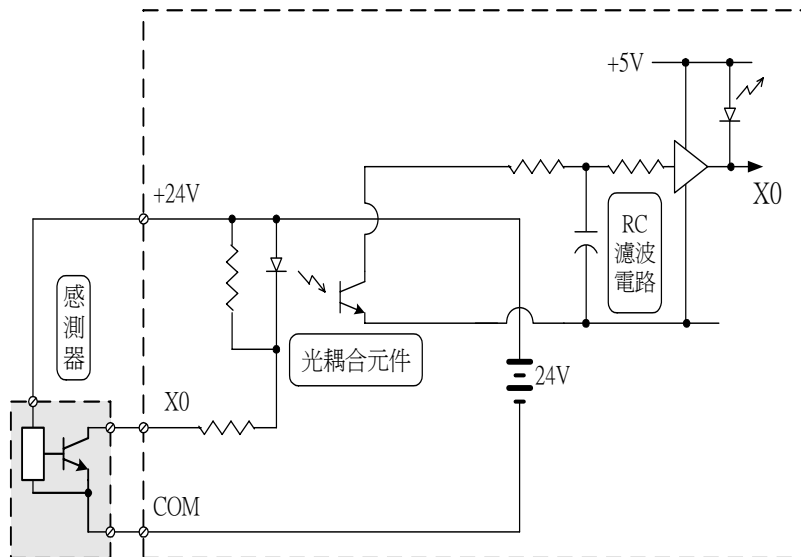
1. 輸入點(X0~X177，共 128 點)

(1)FX2 的輸入點是以八進位法編號，因此 X0~X177 最多共可用 128 點，機型不同輸入點不盡相同，輸入點不夠，可以擴充。

(2)輸入點是 DC24V、7mA 光耦合元件驅動，該元件可以視為一個繼電器如下圖，具有常開接點、常閉接點可供使用。只要記憶體容量足夠，使用次數沒有限制。



(3)使用感測器元件接輸入點時，可以使用 PLC 提供的+24V 供電端。如下圖：



2. 輸出點(Y0~Y177，共 128 點)

(1)FX2 的輸出點也是以八進位法編號，因此 Y0~Y177 最多共可用 128 點，機型不同輸出點不盡相同，輸出點不夠，可以擴充。

(2)PLC 的輸出點容量不大，大負載不宜直接驅動，一般須使用電磁開關、SSR 等元件放大接點容量後，以間接方法驅動。

(3)FX2 的輸出點有三種不同的規格，分別使用於不同類型的負載：

- 繼電器輸出型：如 FX2-32MR 的機型，交流、直流負載均能使用。
- SSR 輸出型：如 FX2-32MS 的機型，僅限交流負載才能使用。
- 電晶體輸出型：如 FX2-32MT 的機型，僅限直流負載才能使用。

※ SSR 為固態電驛。

1-2.2 補助繼電器(M)

補助繼電器的驅動方式與輸出點的驅動方式相同，但是不能驅動外部的負載，外部的負載只能靠輸出點驅動。補助繼電器分成：一般用、停電保持型、以及特殊用途三種類型，簡述如下：

1. 一般型補助繼電器(M0~M499，共 500 點)

補助繼電器是以十進位法編號，因此 FX2 有 500 個一般型的補助繼電器可供使用。在 FX1N(S)機型，M384~M1535 是屬於保持型。

2. 停電保持型補助繼電器(M500~M1023，共 524 點)(FX2N：2572 點)

(1)停電保持型元件一經啟動(ON)後，除非再下一個指令(如：RST)讓該元件關閉，否則，該元件會持續保持原先的狀態，不會因為停電，或重新啟動而有所改變。

(2)當兩台 FX2 主機並列連線時，會以 M800~M999 為資料通信區域。

3. 特殊用途補助繼電器(M8000~M8255，共 256 點)

每個特殊用途的補助繼電器都有專屬的功能，可分成兩類：

(1)接點型：

只能使用該元件的 a、b 接點，不能以任何方法啟動或關閉該元件的線圈，常用的有：

M8000	常時 ON 接點	M8001	常時 OFF 接點
M8002	初始脈波(a 接點) (RUN 瞬間 ON 一次)	M8003	初始脈波(b 接點) (RUN 瞬間 OFF 一次)
M8011	0.01 秒週期時鐘脈波 (ON 5mS/OFF 5mS)	M8012	0.1 秒週期時鐘脈波 (ON 50mS/OFF 50mS)
M8013	1 秒週期時鐘脈波 (ON 0.5S/OFF 0.5S)	M8014	1 分鐘週期時鐘脈波 (ON 30S/OFF 30S)
M8020	零旗標 (運算結果等於 0 時)	M8021	負數旗標 (運算結果為負數時)
M8020	溢位旗標 (運算結果有進位時)	M8048	S900~S999 任一點被啟動時，M8048=ON (須先啟動 M8049)

(2)線圈型

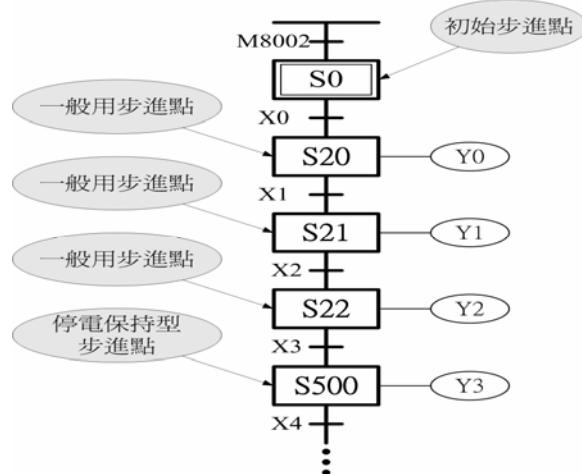
當啟動該元件的線圈時，PLC 會執行特定的功能，關閉該元件時會解除該項特定功能，常用的有：

M8031	非保持型元件全部關閉 (特殊用途的 M 除外)
M8033	RUN→OFF 時, 所有元件狀態、T、C 現在值及 D 之暫存值都予以保持。
M8040	步進動作停止。
M8047	SFC 監視啟動開關

M8032	保持型元件全部關閉 (特殊用途的 M 除外)
M8034	外部輸出全部關閉
M8041	由初始步進點開始動作。
M8049	警報點號碼暫存器 D8049 的啟動開關。

1-2.3 步進點(S)

FX2 提供有：初始用、原點復歸用、一般用、停電保持型，四種不同用途類型的步進點，提供以 SFC 流程圖編輯控制程式時使用。



1. 初始步進點(S0~S9，共 10 點)

在控制流程的起頭一定要用初始步進點，它可以說是該流程識別記號。因為初始步進點只有 10 個，所以只允許同時使用 10 個不同的流程。

2. 原點復歸用步進點(S10~S19，共 10 點)

- 使用 IST 指令(FUN 60)執行手動、自動模態設定時，會佔用 S10~S19 作為原點復歸操作使用。
- 假若不使用 IST 指令時，S10~S19 可以當成一般步進點使用。

3. 一般用步進點(S20~S499，共 480 點)

4. 停電保持型步進點(S500~S899，共 400 點)

停電保持型步進點啟動(ON)後：

- 可以利用 RST 指令讓該步進點關閉。
- 或是以步進條件將它轉移到另一個步進點時，該保持型步進點也會關閉。

除此之外，該元件會持續保持原先的狀態，不會因為停電，或重新啟動而有所改變。

◆另外，以步進點的一部份(S900~S999，共 100 點)，作為外部故障診斷使用，稱之為"警報點"。

- 具停電保持功能。
- 可以配合 ANS、ANR 指令使用。
- 當故障產生時，可由 D8049 內查到故障產生的警報點號碼。
- 兩個以上故障產生時，D8049 則顯示較小號數的警報點。

1-2.4 常數(K、H)

1. 編輯 FX2 的程式時，數字是以"10 進位"及"16 進位"兩種方式鍵入，而以英文字母"K"，"H"區分。(K:10 進位。H:16 進位。)

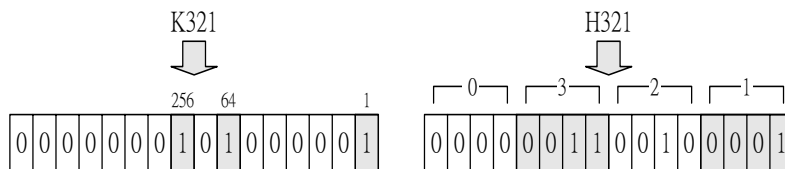
《例》K12：表示"10 進位數"的 12。

H12：表示"16 進位數"的 12，等於"10 進位數"的 18。

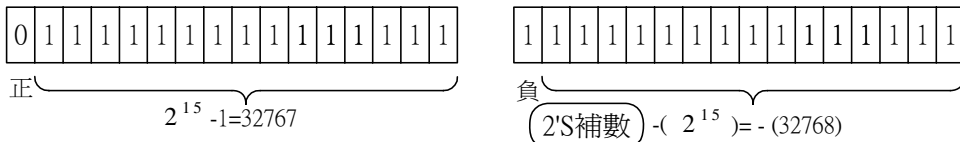
※ 10 進位與 16 進位的使用時機：

- (1)數值型的資料，如：計時器、計數器的設定值，通常以 10 進位數表示。
 - (2)位元處理型的資料，如：輸出點的 ON/OFF 資料，通常以 16 進位數表示。
2. PLC 內部是以二進位來處理文數字資料，因此無論是 10 進位、16 進位數字，程式經編譯後，送入 PLC 都轉成二進位的數值資料。

《例》



※ 二進位數的最大位元(MSB)為符號位元(0：正值 1：負值)



因此，16 位元時： $-32,768 \leq K \leq 32,767$ ， $0 \leq H \leq \text{FFFF}_{(H)}$ 。

32 位元時： $2,147,483,648 \leq K \leq 2,147,483,647$ ，

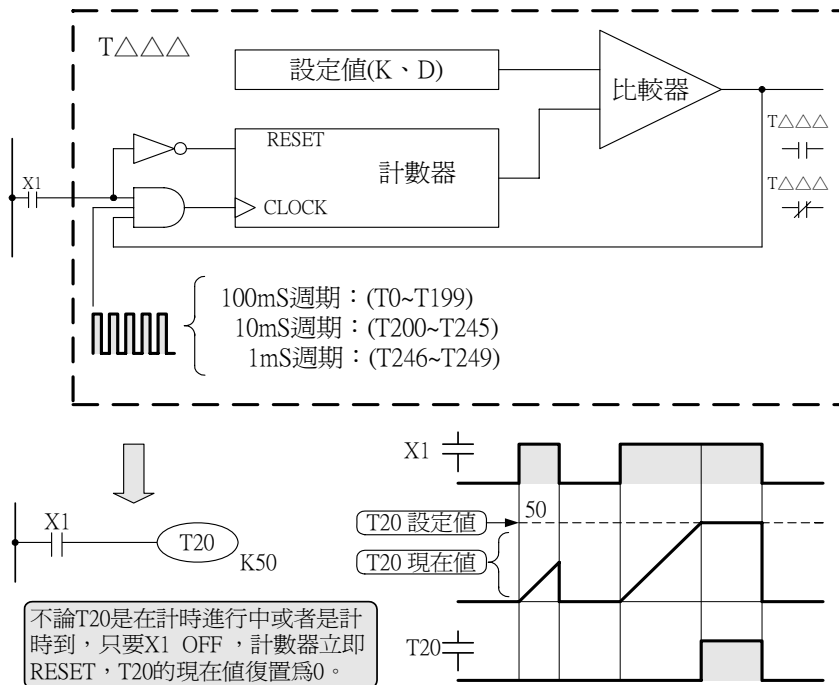
$0 \leq H \leq \text{FFFFFFFF}_{(H)}$ 。

1-2.5 計時器(T)

FX2 利用 PLC 內部的 1mS、10mS、100mS 時脈，作為計數輸入，共有下列四種 16 位元的計時器：

- (1) T0~T199 (200 點)
 - 計時單位(解析度)=0.1 秒(100mS)。
 - 設定值 K1~K32,767(0.1 秒~3,276.7 秒)。
- (2) T200~T245 (46 點)
 - 計時單位(解析度)=0.01 秒(10mS)。
 - 設定值 K1~K32,767(0.01 秒~327.67 秒)。
- (3) T246~T249 (4 點)
 - 計時單位(解析度)=0.001 秒(1mS)。
 - 設定值 K1~K32,767(0.001 秒~32.767 秒)。
 - 以插斷方式動作。
- (4) T250~T255 (6 點)
 - 積算型計數器。
 - 計時單位(解析度)=0.1 秒(100mS)。
 - 設定值 K1~K32,767(0.1 秒~3,276.7 秒)。

一、普通型計時器(T0~T199、T200~T245、T246~T249)



1. 設定值：

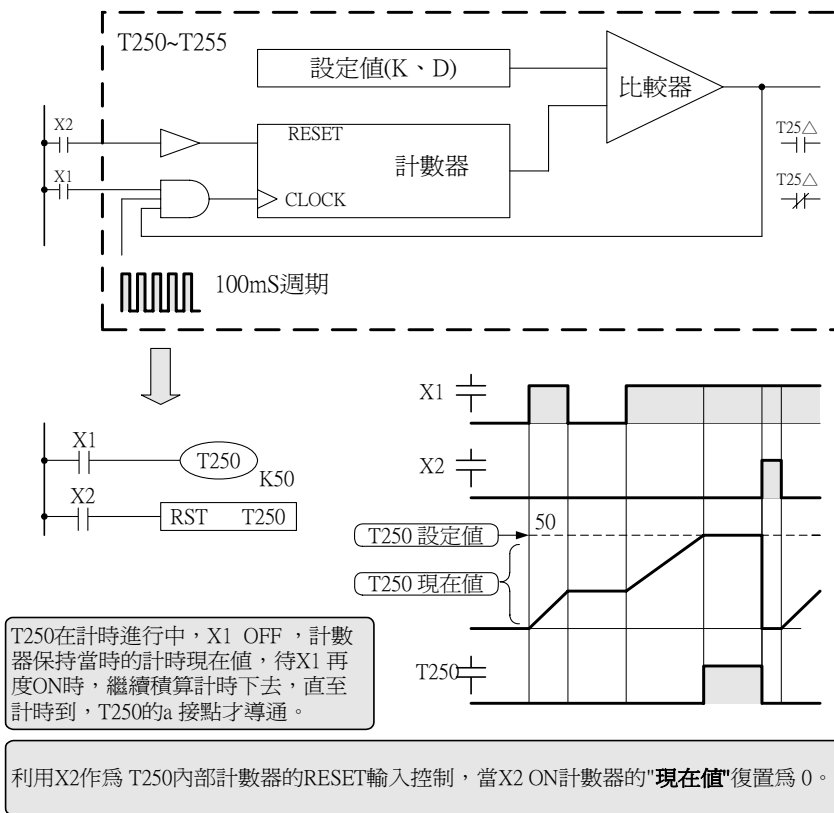
(1)直接指定：一般以常數 K 值在程式中直接指定。

(2)間接指定：

- 使用**資料暫存器(D)**的內容指定，D 的內容不同，暫存器會有不同的設定值。
- 以使用**停電保持型的資料暫存器(D200~D511)**為宜，以避免備用電池電壓不足下，造成計時器誤動作。

2. **運算處理**：指令以計時器為運算的指定對象時，是以計時器的**現在值**(內部計數器的計數現值)作為運算對象。

二、積算型計時器(T250~T255)



1. 設定值：

與普通型計時器同可以使用：

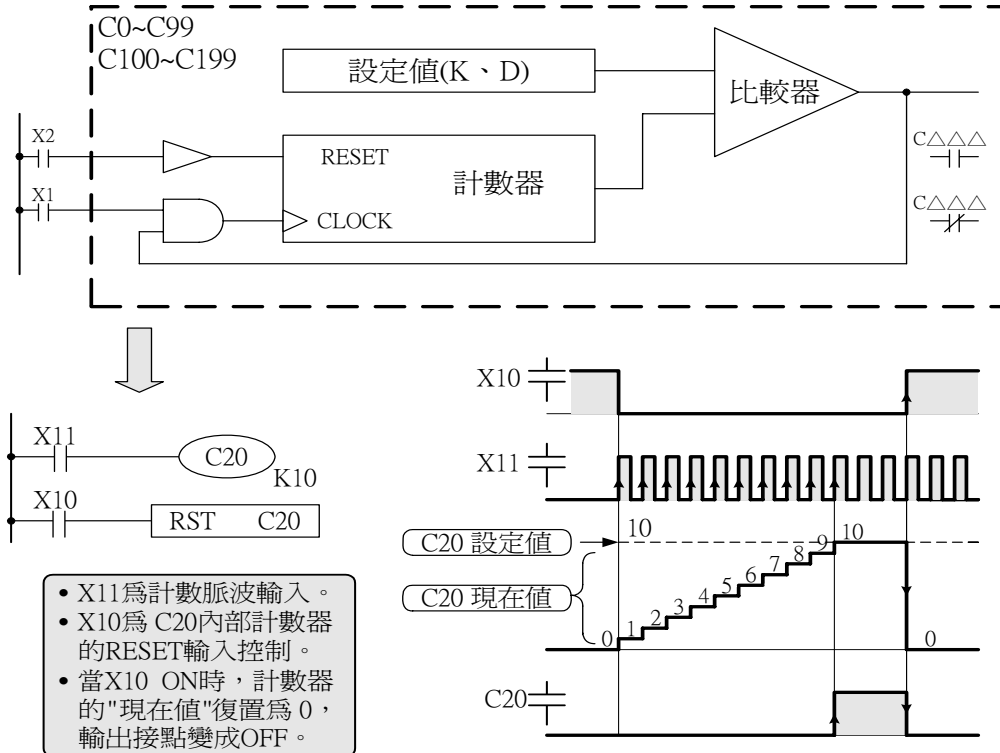
- (1) 常數 K 值在程式中直接指定。
- (2) 資料暫存器(D)的內容間接指定。(同樣以使用 D200~D511 為宜)

2. **運算處理**：指令以計時器為運算的指定對象時，也是以計時器的**現在值**(內部計數器的計數現值)作為運算對象。

1-2.6 計數器(C)

FX2 有上數、上數/下數、高速(上數/下數)三類計數器可供計數使用：

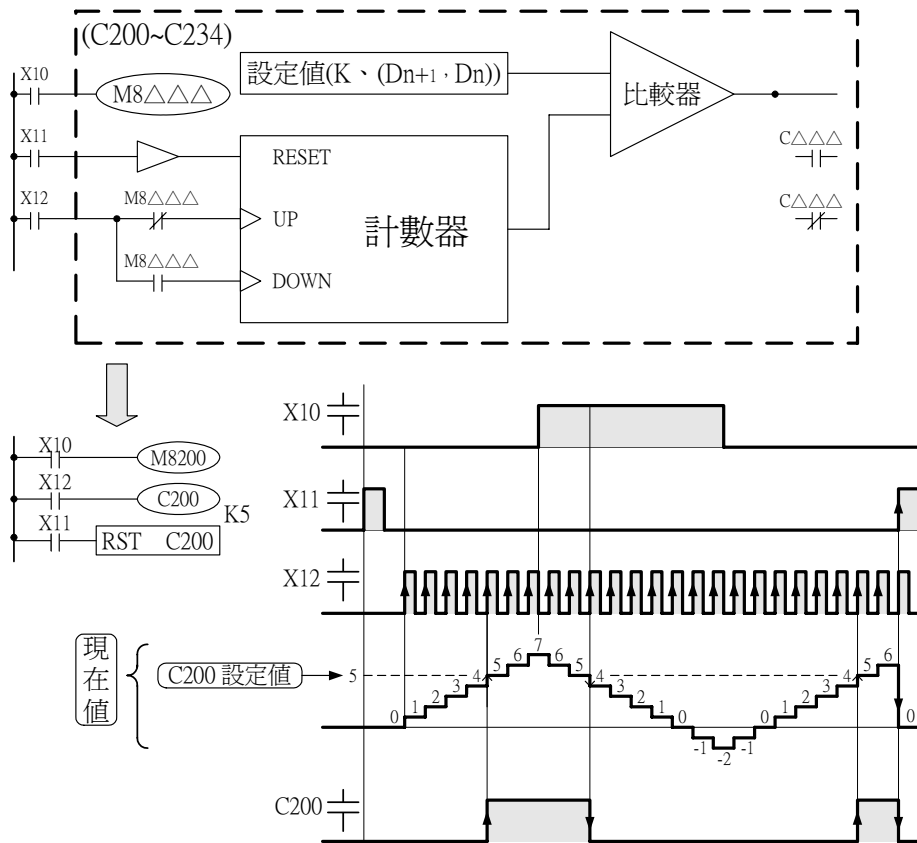
一、上數計數器(加算型計數器)



上數計數器為 16 位元，設定值：K1~K32,767，使用上區分成兩類：

- (1) "一般用"上數計數器 (C0~C99, 100 點)
- (2) "停電保持用"上數計數器 (C100~C199, 100 點)
 - "停電保持用"上數計數器 (C100~C199)，PLC 斷電時，它的計數器"現在值"會保持住，待 PLC 復電，會繼續累積計數下去。
 - 與計時器相同，設定值以常數 K 或資料暫存器(D)來指定。其中 K0 與 K1 同義，在初次執行計數時，計數器輸出接點 ON。

二、上數/下數計數器(加算/減算型計數器)



上數/下數計數器為 32 位元，設定值：K-2,147,483,648~K2,147,483,647。
使用上分為兩類：

(1) "一般用"上數/下數計數器 (C200~C219, 20 點)

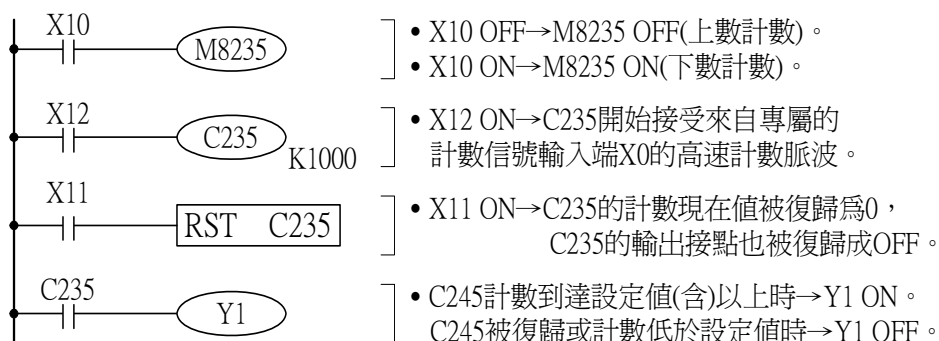
(2) "停電保持用"上數/下數計數器 (C220~C234, 15 點)

- "停電保持用"上數/下數計數器 (C220~C219)，PLC 斷電時，它的計數器"現在值"會保持住，待 PLC 復電，會繼續累積計數下去。
- M8△△△與 C△△△的編號相對應(例如 M8200 對應 C200)，M8△△△為 C△△△的"上數、下數控制旗幟"：當 M△△△ OFF 時，相對應的計數器 C△△△作上數動作。當 M△△△ ON 時，相對應的計數器 C△△△作下數動作。
- 計數值達正值的最高值(+2,147,483,647)時，下一個"上數"計數信號將使計數值變成負值的最高值(-2,147,483,648)。同樣的，計數值達負值的最高值-2,147,147,483,648)時，下一個"下數"計數信號將使計數值變成正值的最高值(+2,147,483,647)。說明如下圖：

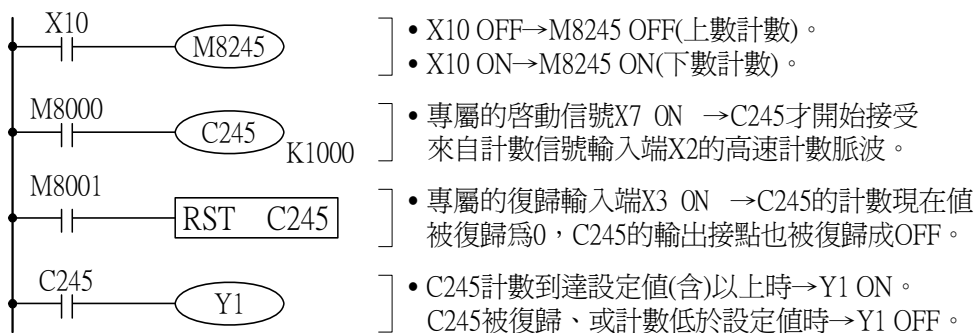
- ※ U/D：上數/下數(計數信號輸入端)。
- R：RESET(復歸信號輸入端)。
- S：SET(啟動信號輸入端)。

高速計數器以程式插斷方式處理計數信號，每一個計數器均有專屬的計數信號輸入端。此外，部分計數器還可以指定專用的啟動信號輸入端與復歸信號輸入端。各高速計數器與專屬的信號輸入端對照，請參考插斷信號一覽表。注意！輸入點 X0~X7 不得重複被使用。

範例一



範例二



※ M8000：常時ON。 M8001：常時OFF。

說明 (1)可以使用資料暫存器(Dn+1,Dn)來指定 32 位元高速計數器的設定值。

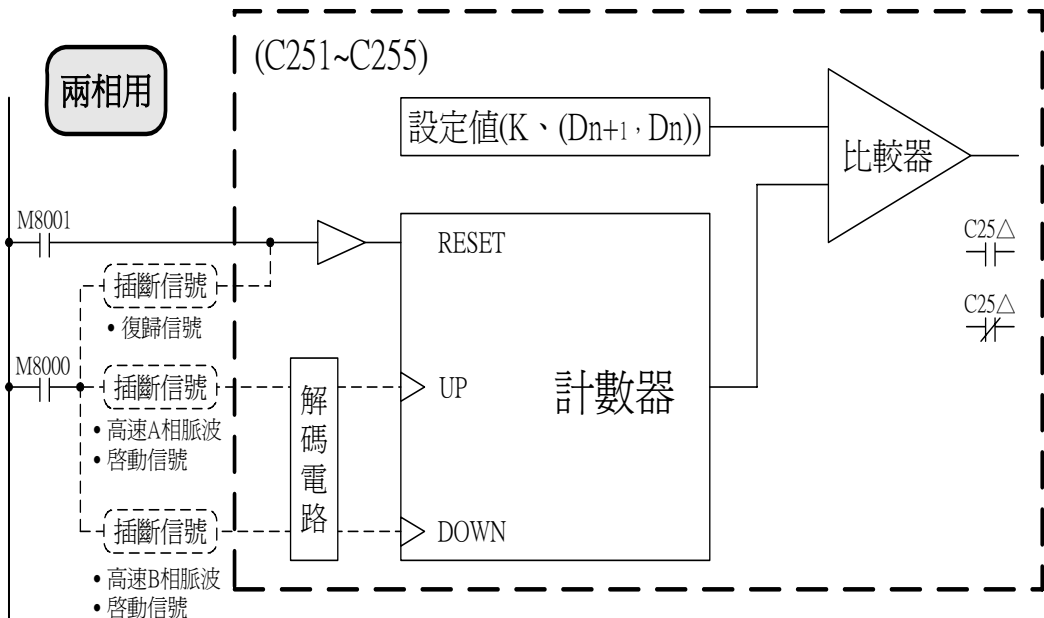
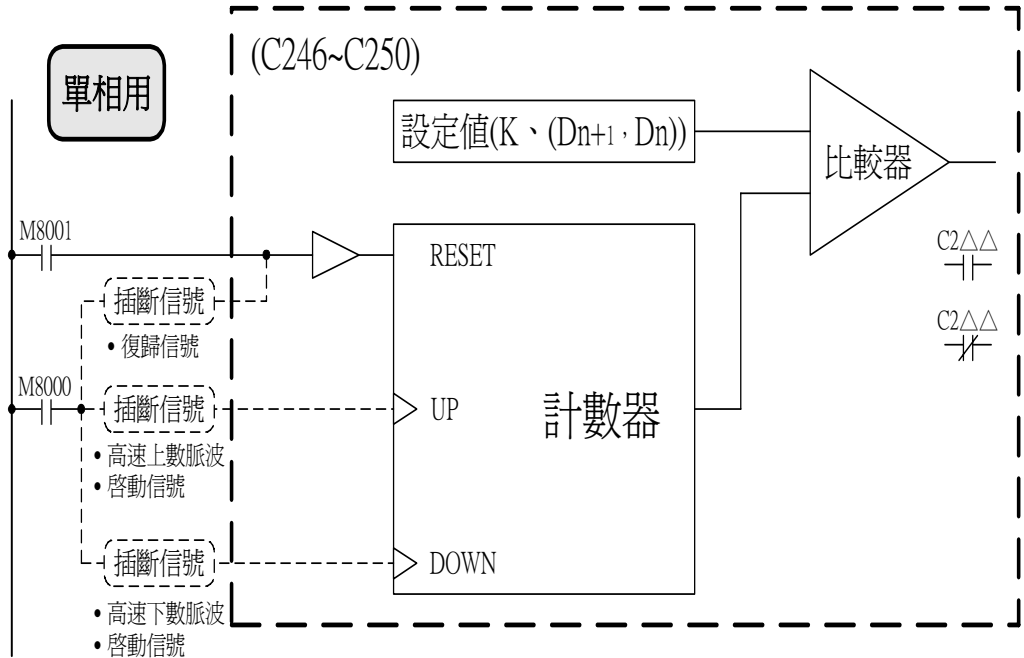
(2)專用的信號輸入端系統會自動指定，程式中不用寫入。

(3)專用的信號輸入端，必須在計數器被啟動後，才有作用。

2. 兩個計數輸入

- 單相用 C246~C250，同時可以使用 2 點以下)
- 兩相用(C251~C255，具停電保持功能，同時可以使用 2 點以下)

所謂"單相"與"兩相"的區別在於：兩相高速計數器可以接受旋轉編碼器的 A、B 相脈波信號，並能依據該 A、B 相脈波訊號的超前與落後的相位關係，解碼成上數或下數的脈波輸入信號。區分如下兩圖所示：



"兩個計數輸入"的高速計數器與"一個計數輸入"的高速計數器一樣，都是以程式插斷方式來處理計數信號，也同樣具有專用的信號輸入端。各高速計數器與其專屬的信號輸入端對照如下表。

(C246~C255 插斷信號一覽表)

插斷信號	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255
X0	U	U		U		A	A		A	
X1	D	D		D		B	B		B	
X2		R		R			R		R	
X3			U		U			A		A
X4			D		D			B		B
X5			R		R			R		R
X6				S					S	
X7					S					S

U：上數(計數信號輸入端)。

D：下數(計數信號輸入端)。

A：A 相(脈波輸入)。

B：B 相(脈波輸入)。

R：RESET(復歸信號輸入端)。

S：SET(啟動信號輸入端)。

說明 (1)C246~C255 可以用對應的 M8246~M8255 來監視上數/下數的方向。

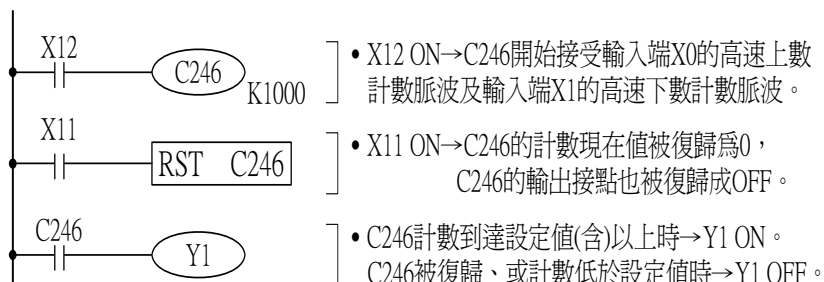
(2)專用的信號輸入點 X0~X7 不得重複使用。

(3)專用的信號輸入端，必須在計數器被啟動後，才有作用。

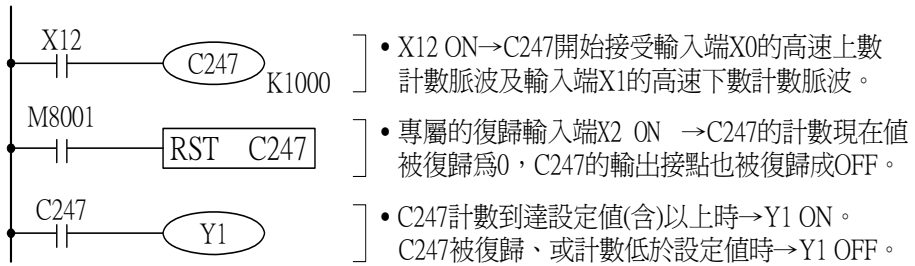
(4)高速計數器也有專屬的比較指令，可參考 FUN53(HSCS)、FUN54(HSCR)、FUN55(HSZ)。

"單相、兩個計數輸入"計數器的使用說明

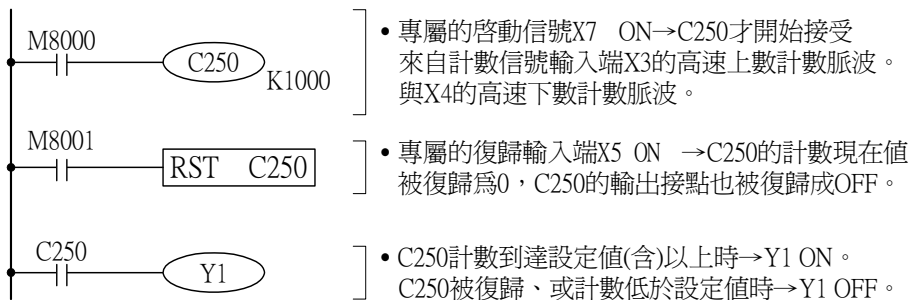
範例一



範例二

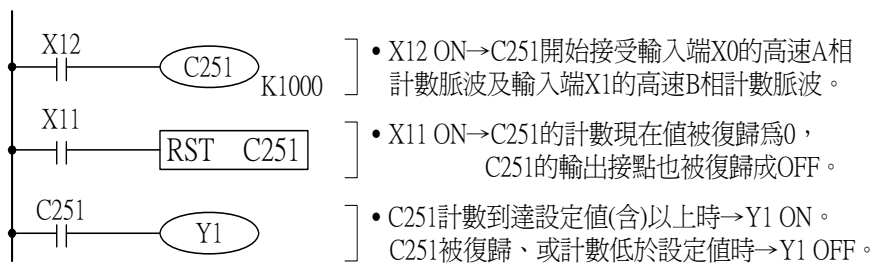


範例三

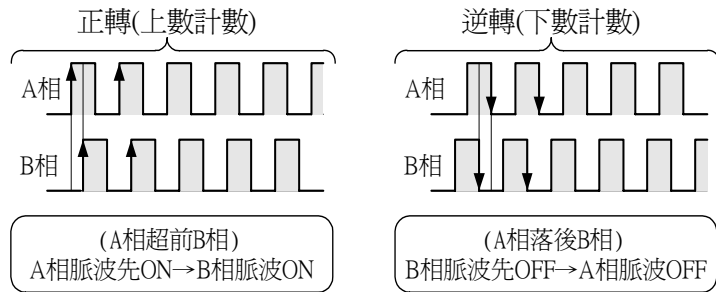


"兩相、兩個計數輸入"計數器的使用說明

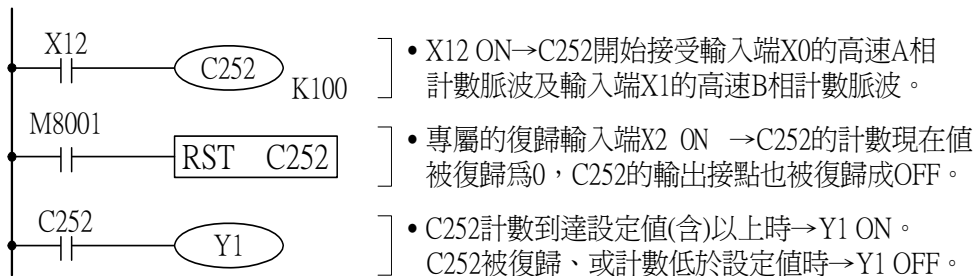
範例一



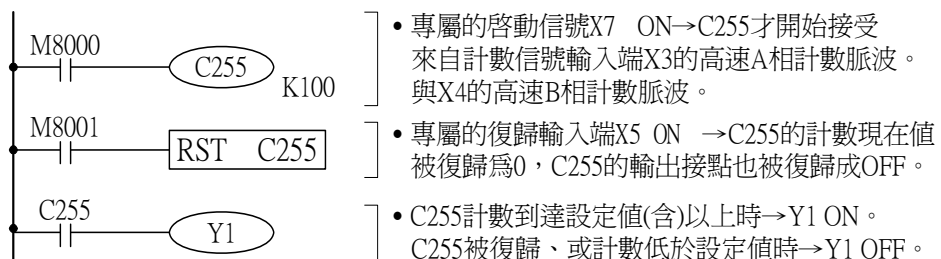
說明 A 相、B 相計數脈波的超前、落後與上數/下數關係，如下圖：



範例二

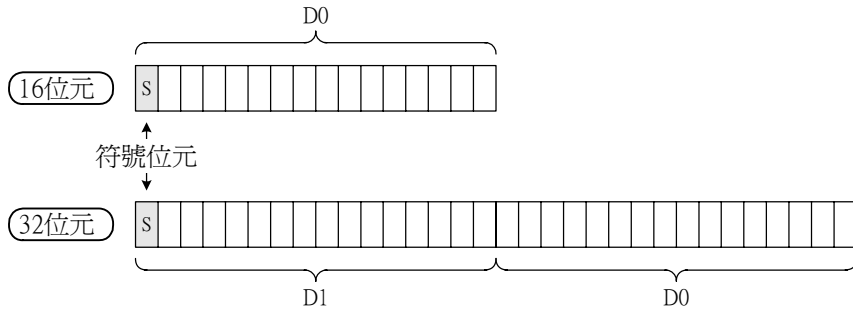


範例三



1-2.7 資料暫存器(D)

資料暫存器是用來儲存數值資料及其演算結果。由於 FX2 的資料匯流排 (DATA BUS) 是 16 位元，因此，其資料暫存器全為 16 位元。但可以使用兩個 16 位元資料暫存器合併組合，當成一個 32 位元資料暫存器提供 32 位元的指令使用。如下圖：



其中，最高位元(MSB)是作為符號位元，符號位元 $S=0$ ，表示數值為正； $S=1$ ，表示數值為負。當 $S=1$ 時，是以 2^S 補數的方式來表示該數值的大小。

《例》(1) $D0=0111\ 1111\ 1111\ 1111$ 時， $D0$ 的十進位數值為 $+32767$ 。

(2) $D0=1111\ 1111\ 1111\ 1111$ 時， $D0$ 的十進位數值為 -1 。

在運用上，資料暫存器可以分成四大類：

- 一般用資料暫存器($D0\sim D199$ ，共 200 點)
- 停電保持用資料暫存器($D200\sim D511$ ，共 312 點)
- 特殊用資料暫存器($D8000\sim DD8255$ ，共 256 點)
- 檔案暫存器($D1000\sim D2999$ ，共 2000 點) ※FX2N： $D1000\sim D7999$ 。

一、一般用資料暫存器($D0\sim D199$)

1. 當新的內容寫入資料暫存器時，會覆蓋原有的資料內容。
2. PLC 重新啟動 (由 STOP→RUN) 時，會將 $D0\sim D199$ 的內容全部清除為 0。

二、停電保持用資料暫存器($D200\sim D511$) ※FX2N： $D200\sim D7999$ 。

PLC 重新啟動，或斷電後再行復電時啟動 PLC， $D200\sim D511$ 原有的內容不會消失，保持不變。

三、特殊用資料暫存器($D8000\sim D8255$)

特殊用資料暫存器是用來記錄 PLC 系統或程式執行的狀態以及偵錯時產生的錯誤碼訊息，主要是為了方便系統監視、及檢修診斷使用。編寫程式時，也可以利用它的特有性能，作為程式設計及除錯時輔助使用。

比較常用的特殊用資料暫存器有：

1. $D8000$ ：

WDT(看門狗定時器)設定時間，預設值為 100ms ，可以由程式直接變更

D8000 的內容來改變其設定時間。

2. D8040~D8047：

- (1) 可以紀錄 SFC 動作中的步進點號碼，由小至大依序紀錄於 D8040、D8041、.....、D8047，最多紀錄八個。
- (2) 未記錄有步進點時，顯示-1(資料暫存器內容為 1111111111111111)。
- (3) M8047=ON，SFC 監視有效，D8040~D8047 才有作用。

3. D8049：

- (1) 記錄目前動作中警報點(S900~S999)的最小號碼。
- (2) 未記錄有警報點時，顯示-1(資料暫存器內容為 1111111111111111)。
- (3) M8049=ON 時，警報點有效，D8049 才有作用。

4. D8060~D8069：(錯誤檢測資料暫存器)

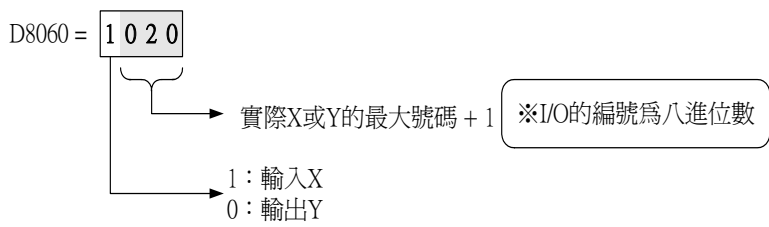
號碼	錯誤名稱	號碼	暫存器內容
M8060	I/O模組設定錯誤	D8060	不屬於該系統I/O的起始號碼(*註(1))
M8061	PLC硬體故障	D8061	PLC硬體故障的錯誤碼
M8062	FX2/HPP傳輸錯誤	D8062	PLC/HPP傳輸錯誤碼
M8063	並列連結錯誤	D8063	並列錯誤的錯誤碼
M8064	參數錯誤	D8064	參數錯誤的錯誤碼
M8065	文法錯誤	D8065	文法錯誤的錯誤碼
M8066	迴路錯誤	D8066	迴路錯誤的錯誤碼
M8067	演算錯誤	D8067	演算錯誤的錯誤碼
M8068	演算錯誤鎖定	D8068	演算錯誤的鎖定位址
M8069	I/O BUS檢查(*註(2))	D8069	M8065~M8067之錯誤發生的位址

請參考錯誤碼一覽表

☐：表示不能以程式來啟動輔助繼電器或改變暫存器的內容。

說明

*註(1)：程式所編寫的 I/O 號碼不存在該 PLC 時，M8060=ON，D8060 會記錄不屬於該 I/O 模組的起始號碼。例如 FX32MR 機型未擴充 I/O，若不是以 X0~X17 當作輸入點撰寫程式時，D8060=1020，記錄的表達方式如下圖說明：撰寫程式時，假若輸入點、輸出點都超過實際 I/O 的可用範圍時，D8060 的記錄以輸入點優先。



*註(2)：當 M8069 動作(ON)，PLC 檢查 I/O BUS，發現錯誤，錯誤碼記錄於 D8061 內，同時 M8061=ON。

5. D8004：

- (1)錯誤狀態顯示繼電器 M8060~M8067 之中，有任何一點 ON 時，D8004 會記錄該點的號碼，同時 M8004=ON(表示有錯誤發生)。
- (2)假若有兩種以上錯誤產生時，D8004 記錄最小號數的錯誤點號碼。

四、檔案暫存器(D1000~D2999)

1. PLC 的記憶體通常是用來存放程式，使用檔案暫存器會與程式共同佔用記憶體容量，也就是說會減少程式可以使用的空間。
2. PLC 出廠時並未設定使用檔案暫存器，要設定檔案暫存器須以改變參數的方式指定，檔案暫存器的大小以區塊為單位，指定一個區塊的檔案暫存器，程式記憶體就得減少 500 個可以使用的位址。
3. 檔案暫存器內容可使用 BMOV 指令讀出，但不能以程式指令寫入。

錯誤碼一覽表

錯誤名稱	錯誤碼	錯誤內容	對策
(D8061) PLC 硬體故障	0000	正常	請檢查擴充用的連接線是否脫落。
	6101	RAM 錯誤	
	6102	迴路錯誤	
	6103	BUS 錯誤(M8069 ON 時)	
(D8062) PC/PP 傳輸錯誤	0000	正常	請檢查 HPP 與主機間的連接線是否插緊。
	6201	PARITY 錯誤	
		OVER RUN 錯誤	
		傳輸結構錯誤	
	6202	傳輸結構錯誤	
	6203	傳輸資料總和不一致	
6204	資料串不良		
(D8063) 並型運轉錯誤	0000	正常	兩台 FX2 主機是否都接通電源？ 並列模組之間的接頭是否接觸不良？
	6301	PARITY 錯誤	
		OVER RUN 錯誤	
		傳輸結構錯誤	
	6302	傳輸結構錯誤	
	6303	傳輸資料總和不一致	
	6304	資料串不良	
6305	命令不良		
(D8064) 參數錯誤	0000	正常	停止 FX2 運轉，重新檢查參數的設定是否正確。
	6401	程式之 CHECK SUM 不一致	
	6402	記憶體容量設定不良	

	6403	停電保持區段設定不良	
	6404	註解區域設定不良	
	6405	檔案暫存器設定不良	
	6409	其他設定不良	
(D8065) 文法錯誤	0000	正常	檢查程式指令是否 使用正確
	6501	指令與繼電器代號或號碼 組合不良	
	6502	設定值之前無 OUT T 或 OUT C	
	6503	①OUT T 或 OUT C 之後無 設定值 ②應用指令的運算對象數 量不足	
	6504	①標籤(P)號碼重複使用 ②插斷信號與高速計數信 號重疊	
	6505	繼電器號碼超出範圍	
	6509	其他	
(D8066) 迴路錯誤	0000	正常	在程式中： • 使用指令不恰 當。 • 指令使用位置錯 誤。 • 成對的指令單獨 使用。 都會發生迴路錯誤 訊息。
	6601	LD、LDI 連續使用 9 次以 上。	
	6602	①無 LD、LDI 指令或無輸 出元件。 ②LD、LDI 與 ANB、ORB 之關係錯誤。 ③STL、RET、MCR、P、I、 EI、DI、SRET、IRET、 FOR、NEXT、FEND、 END 未直接與系統母線 連接。 ④忘記鍵入 MPP 指令。	
	6603	MPS 指令使用 12 次以上。	
	6604	MPS、MRD、MPP 使用不 正確。	
	6605	①STL 連續使用 9 次以上。 ②STL 內使用 MC、MCR、 I、SRET 指令。 ③無 RET 指令。	

	6606	①無 P、I。 ②無 SRET、IRET 指令。 ③主程式中有 I、SRET、IRET 指令存在。 ④副程式中有 STL、RET、MC、MCR 指令存在。	
	6607	①FOR、NEXT 使用不當，或使用 6 重以上。 ②FOR、NEXT 之間有 STL、RET、MC、MCR、IRET、SRET、FEND、END 指令存在。	
	6608	①MC、MCR 使用不正確。 ②MCR 的 N 值未指定。 ③MC、MCR 之間有 SRET、IRET、I 指令存在。	
	6609	其他	
(D8067) 演算錯誤	0000	正常	<ul style="list-style-type: none"> • 程式執行當中發生錯誤，FX2 停止運轉。請檢查程式並予以修正。 • 程式之文法、迴路並無錯誤但是發生如下錯誤，FX2 仍停止運轉：(例)間接指定 D500Z，並無任何錯誤。但當 Z=100 時，D500Z 變成 D600 超出 D 的可使用範圍。
	6701	①CJ、CALL 指令無目的地可尋。 ②在 END 指令之後仍有 P。 ③FOR~NEXT 之間及主程式當中有單獨的 P 存在。	
	6702	CALL 之目的地超過 6 層以上。	
	6703	插斷副程式超過 3 層以上。	
	6704	FOR~NEXT 超過六層以上。	
	6705	應用指令的指定使用對象不正確。	
	6706	應用指令的指定使用對象，其元件編號超出允許範圍。	
	6707	檔案暫器號碼未設定時，去讀取檔案暫存器內容。	
	6708	FORM、TO 指令使用錯誤。	
	6709	其他(IRET、SRET 忘記鍵入)、(FOR、NEXT 的關係不對)	

說明

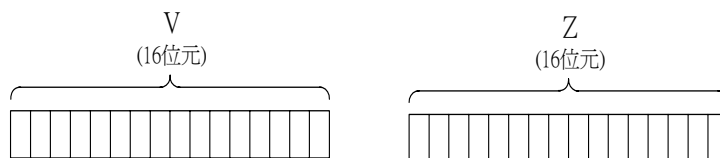
(1)錯誤檢查的時機：

M8060(I/O 模組設定錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • 接通電源(OFF→ON) • 第一次開始執行程式時(STOP→RUN) • 程式演算編譯進行當中。
M8061(PLC 硬體故障)	<ul style="list-style-type: none"> • 接通電源(OFF→ON) • 程式演算編譯進行當中。
M8062(通訊傳輸錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • PLC 接受 HPP(掌上書寫器)信號時。
M8063(並列運轉錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • PLC 接受對方主機信號時。
M8064(參數錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • 接通電源(OFF→ON)
M8065(文法錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • 第一次開始執行程式時(STOP→RUN)
M8066(迴路錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • 程式傳送進行當中。(STOP) • 程式變更進行當中。(STOP)
M8067(演算錯誤)	<ul style="list-style-type: none"> • 程式執行進行當中。(RUN)
M8068(演算錯誤鎖定)	

(2)錯誤碼可在編譯系統或掌上書寫器中，以監視資料暫存器(D)的方式來取得錯誤碼的內容。

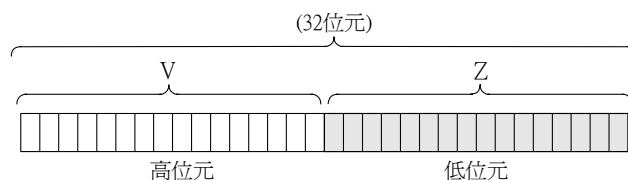
1-2.8 間接指定暫存器(V、Z)

一、V、Z 為 16 位元資料暫存器，主要是作為間接指定相關元件時的參考指標使用。單獨使用時與一般暫存器相同可以寫入、讀出 16 位元的數值資料。



- FX2 機型只有 V、Z 兩點間接指定暫存器可供使用。
- FX2N、FX1N(S)則有 V0~V7 以及 Z0~Z7 共 16 點可供使用。

二、作為 32 位元指令的使用對象時，須以 V、Z 合併當作 32 位元暫存器使用，而且 V 為高位元，Z 為低位元，而以 Z 為間接指定。(最好在程式中，先執行 `MOVP K0 V` 指令使 V=0，之後才去使用 Z)



- 在 FX2N、FX1N(S)機型中，要作 32 位元間接指定時 V、Z 必須配對使用：(V0、Z0)，(V1、Z1)，(V2、Z2) • • • (V7、Z7)。

三、V、Z 的使用方式，請參閱第 3 章(3-3 V、Z 間接指定的使用方法)，在那裡將會有更詳盡的解說與使用範例。

1-2.9 指標(P、I)

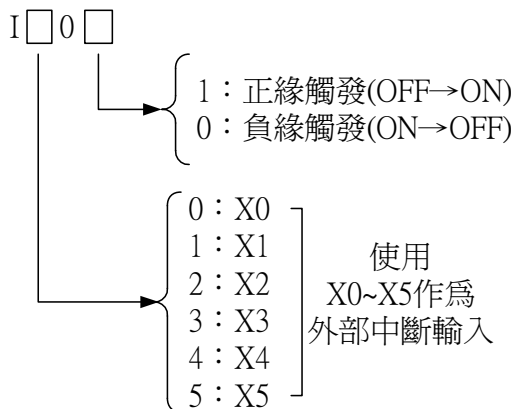
指標(P、I)是在用在編寫階梯圖程式時，作為指令記憶體位址的代號。將它放在某個指令之前，編譯系統會自動地將它轉譯成該指令的所在的位址號碼。以 CJ 有條件的跳移指標或以 CALL 指令呼叫指標或以中斷方式呼叫指標時，程式會自動地跳到該指標所代表的位址去執行。指標使用時，區分成兩類：

1. 有條件跳移(CJ)及呼叫副程式(CALL)使用的指標(P0~P63，64 點)
2. 中斷使用的指標(I0□□~I8□□，8 點)

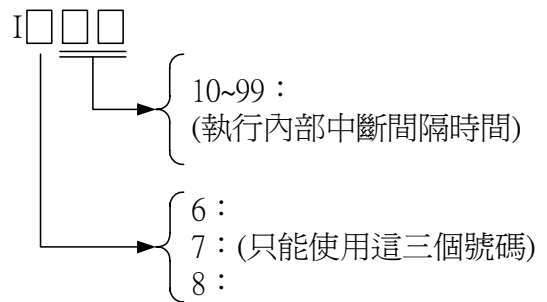
其中，第二類，中斷使用的指標 I，又分成兩種不同的中斷方式，如下圖

說明

外部輸入中斷



內部定時中斷



《例》

- (1) I001: X0 由 OFF→ON 時，立即執行 I001 所指的的中斷副程式。
- (2) I500: X0 由 OFF→ON 時，立即執行 I001 所指的的中斷副程式。

- (1) I610: CPU 每隔 10m S 執行 I601 所指的的中斷副程式。
- (2) I730: CPU 每隔 30m S 執行 I730 所指的的中斷副程式。

說明 (1) 緊急狀況須即時處理，甚至於連掃描時間都不能等待的事件，必須以外部中斷或內部中斷方式做立即處理。

(2) 外部輸入中斷點數(X0~X5)不夠使用時，可以使用內定時中斷方式，增加三個外部中斷點。(總共可以使用九個)

(3) 中斷副程式之中，可以再寫中斷副程式，但只允許使用一層。


(4) 同一類的指標號碼不能重複使用，例如：I101 與 I100，I810 與 I820。

※FX2N、FX1N(S)機型：指標使用區分成三類：

① 有條件跳移(CJ)及呼叫副程式(CALL)使用的指標(P0~P127，128 點)

② 中斷使用的指標(I0□□~I8□□，15 點)，其中：

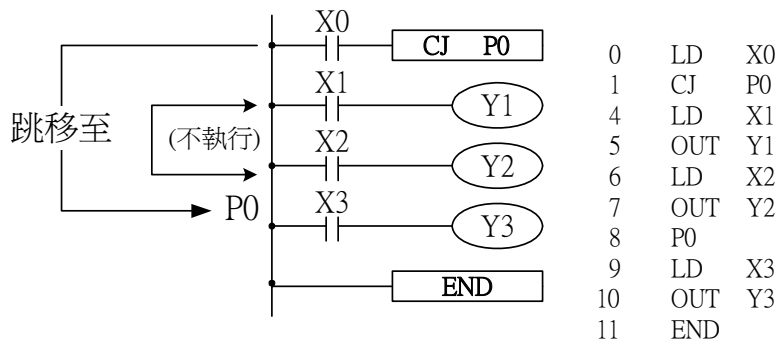
- 外部輸入中斷 6 點，內部定時中斷 3 點(與 FX2 相同)。
- 高速計數中斷(I010、I020、I030、I040、I050、I060 共 6 點)。

 **為**了配合指標的說明，下面將介紹與指標有關的指令的使用方法。假若您對基本指令、應用指令不太熟悉，則請先行研讀 1-3 電源接線方式、1-4 輸入接線方式、1-5 輸出接線方式的內容。待第二、三章讀完後，再返回下頁研讀指標相關的指令以及其應用方法。如果基本指令、應用指令甚至於第四章的 SFC 流程也已了解，則請配合之前指標的說明內容，繼續鑽研下列指令的使用方法及應用程式的編寫範例。

一、與"指標"有關的指令使用方法

指令名稱 (運算碼)	功能說明	指定對象
× CJ (FNC 00)	有條件跳移	P0~P62、P64~P127
× CALL (FNC 01)	呼叫副程式	P0~P62、P64~P127
× SRET (FNC 02)	副程式結束,返回主程式	無
× IRET (FNC 03)	中斷副程式結束,返回主程式	無
× EI (FNC 04)	允許執行中斷副程式	無
× DI (FNC 05)	不允許執行中斷副程式	無
× FEND (FNC 06)	主程式結束	無

1. CJ 〈有條件跳移〉



說明 (1) X0 OFF 時：• X1 ON→Y1=ON。

• X2 ON→Y2=ON。

• X3 ON→Y3=ON。

(2) X1 OFF 時：• 操作 X1、X2 無作用。

• X3 ON→Y3=ON。

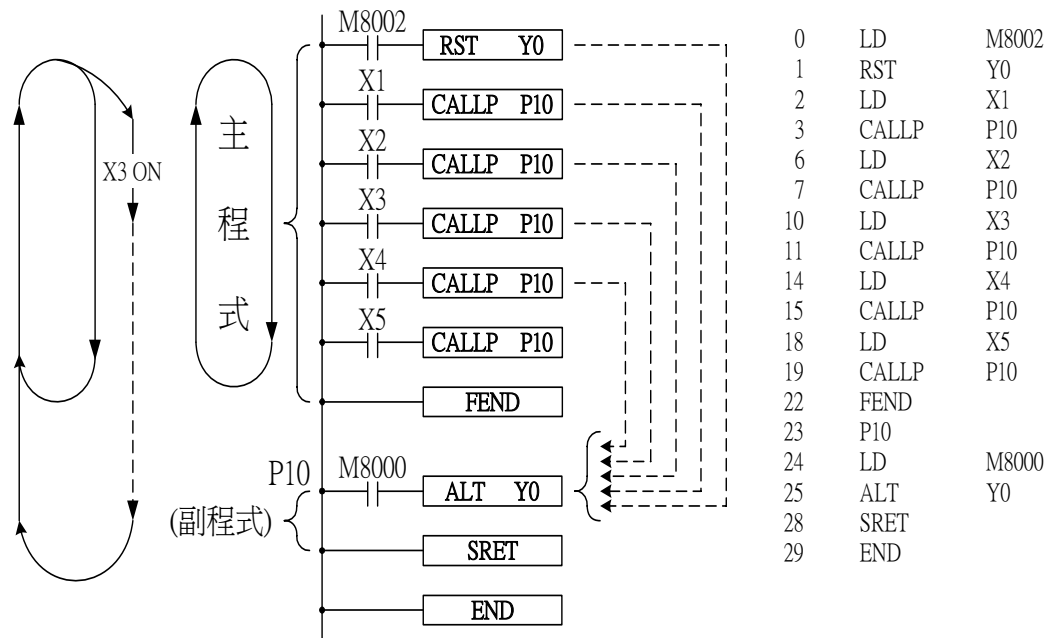
※ CJ 跳開不須執行的程式，因此可以利用它來避免雙重輸出產生。

2. FEND 〈主程式結束〉

CALL 〈呼叫副程式〉

SRET 〈副程式結束，返回主程式〉

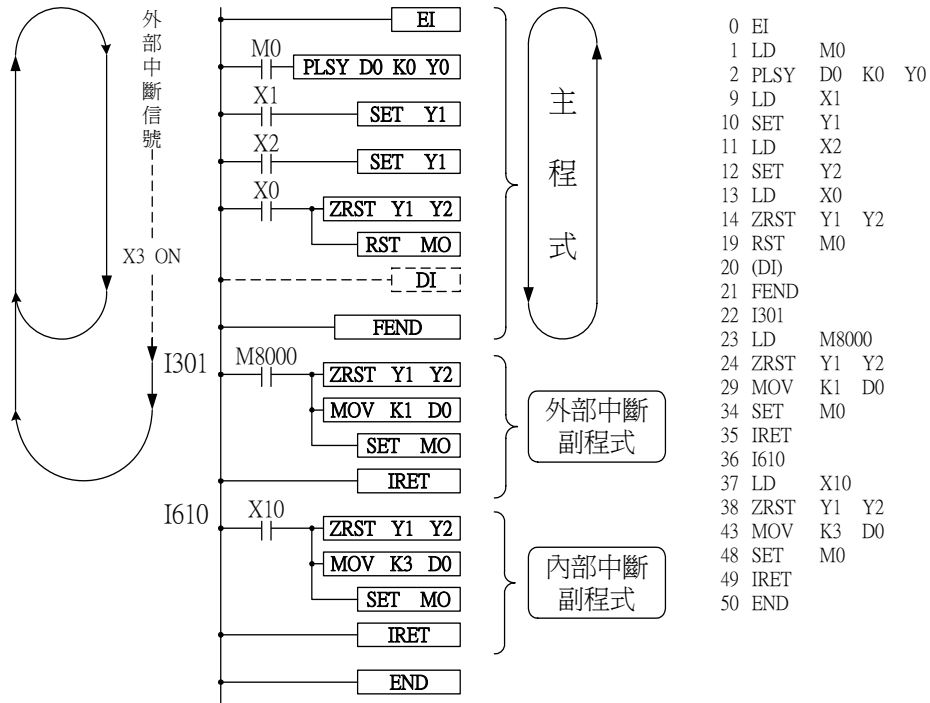
以"五處控制一燈"的迴路來說明上述三個指令的用法，如下：



說明

- (1) 上列迴路雖說為五處(按鈕開關)控制一燈,實際上可以任意擴充為 N 處控制一燈的控制迴路。
- (2) 在主程式中,應以只執行一次的脈波執行方式(CALLP)進入副程式。
- (3) 進入副程式後,由於副程式內的所有指令只執行一次,隨之由 SRET 指令返回主程式,因此副程式內不宜編寫需要時間等待的輸入(如:按鈕開關)與隨時間改變狀態的輸出(如:閃亮的指示燈),應以執行一次即有結果的指令(如:數值運算、輸出狀態明確的負載)為主,但是要注意避免有雙重輸出的問題。
- (4) 副程式一定要寫於 FEND 指令之後。

- 3. EI 〈允許執行中斷副程式〉
- DI 〈不允許執行中斷副程式〉
- IRET 〈中斷副程式結束,返回主程式〉

**說明**

(1)外部中斷副程式也與一般副程式一樣，所有指令只執行一次，隨之由 IRET 指令返回主程式，因此副程式內不宜編寫需要時間等待的輸入(如：按鈕開關)與會隨時間改變狀態的輸出(如：閃亮的指示燈)，應以執行一次即有結果的指令(如：數值運算、輸出狀態明確的負載)為主。

(2)由於 CPU 是以固定的間隔時間不斷地執行內部中斷副程式，因此內部中斷副程式可以使用按鈕輸入，也可以使用會隨時間改變輸出狀況的負載，但要注意避免有雙重輸出的問題。

(3)中斷的處理程式應盡量放在程式開頭，如：PLSY D0 K0 Y0。

二、中斷副程式與 SFC 流程配合應用

中斷副程式(尤其是：外部輸入中斷)最好只作為中斷時訊息檢測使用，它的後續處理可以利用階梯圖程式另闢空間撰寫，複雜的處理流程還可以透過 SFC 流程圖完成，但是無論是使用階梯圖或是使用 SFC 流程圖，這段中斷後續處理程式應該安排放到程式的起始處，讓 CPU 跑完中斷副程式後回到程式的起點，立即能夠接續執行該段程式，才不失"中斷"設計的原始用意。下面我們將以"家庭防盜式燈用控制迴路"說明中斷與 SFC 流程搭配使用方法。

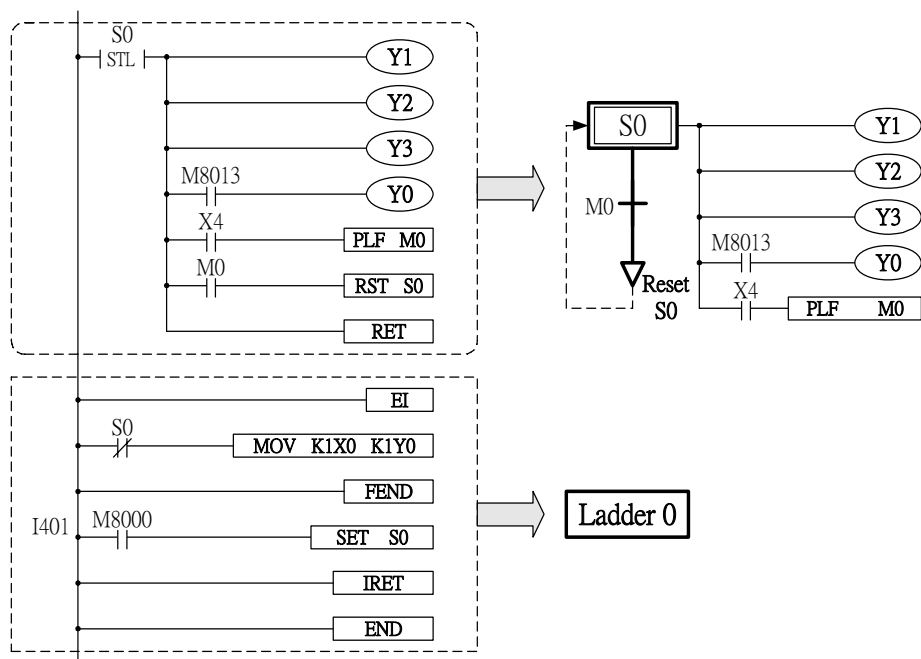
範例 家庭防盜式燈用控制迴路

1. 動作要求

- X0(按鈕) ON→Y0(電鈴)=ON，X0 OFF→Y0=OFF。
- X1(手捺開關-1) ON→Y1(電燈-1)=ON，X1 OFF→Y1=OFF。
- X2(手捺開關-2) ON→Y2(電燈-2)=ON，X2 OFF→Y2=OFF。
- X3(手捺開關-3) ON→Y3(電燈-3)=ON，X3 OFF→Y3=OFF。
- X4(手捺開關-4) ON→(Y1、Y2、Y3) =ON 全亮且 Y0 斷續響(ON 0.5S/ OFF 0.5S)，X4 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

※ X4(手捺開關-4)：為防盜開關，可以安裝於床頭，熄燈就寢後，半夜若發現異常，迅速將此開關切入 ON，此時屋內燈光全亮，電鈴聲大作，使入侵者驚慌失措落荒逃走。

2. 控制迴路

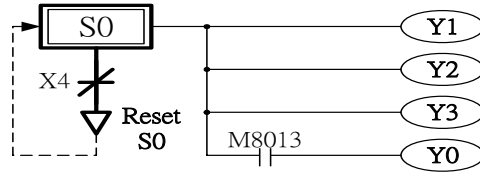


說明 (1) SFC 流程是屬於主程式的一部份，應寫於 FEND 指令之前，由於是中斷的處理程式應寫於程式的最前端。

(2) 為了避免雙重輸出的困擾，以 S0 的 b 接點來隔開 MOV K1X0 K1Y0 指令產生的 Y0~Y3 輸出；進入 S0 的時候，就不會有雙重輸出的問題了。

(※ 也可以使用 CJ 指令來跳開 MOV K1X0 K1Y0 指令)

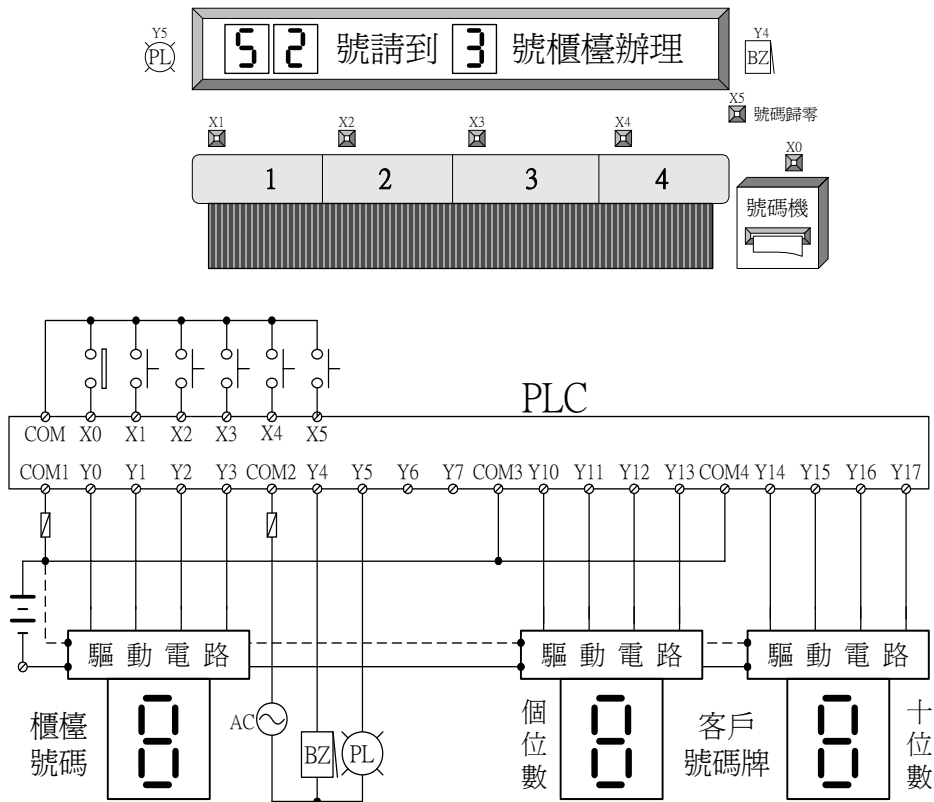
(3)由於中斷不須經過掃描而是由 CPU 直接處理，假若以下圖方式設計 SFC 流程。當 X4 ON，中斷已經收到信號，而程式掃描則須等到執行 END 指令後，才會更新元件的邏輯狀態，因此，當中斷發生時，進入步進點 S0，X4 仍被視為 OFF，又立即關閉 S0，無法產生預期結果。讀者不妨試試，以研究兩者之間的差異，加深對中斷處理的能力。



三、應用範例

範例一 櫃檯叫號控制迴路

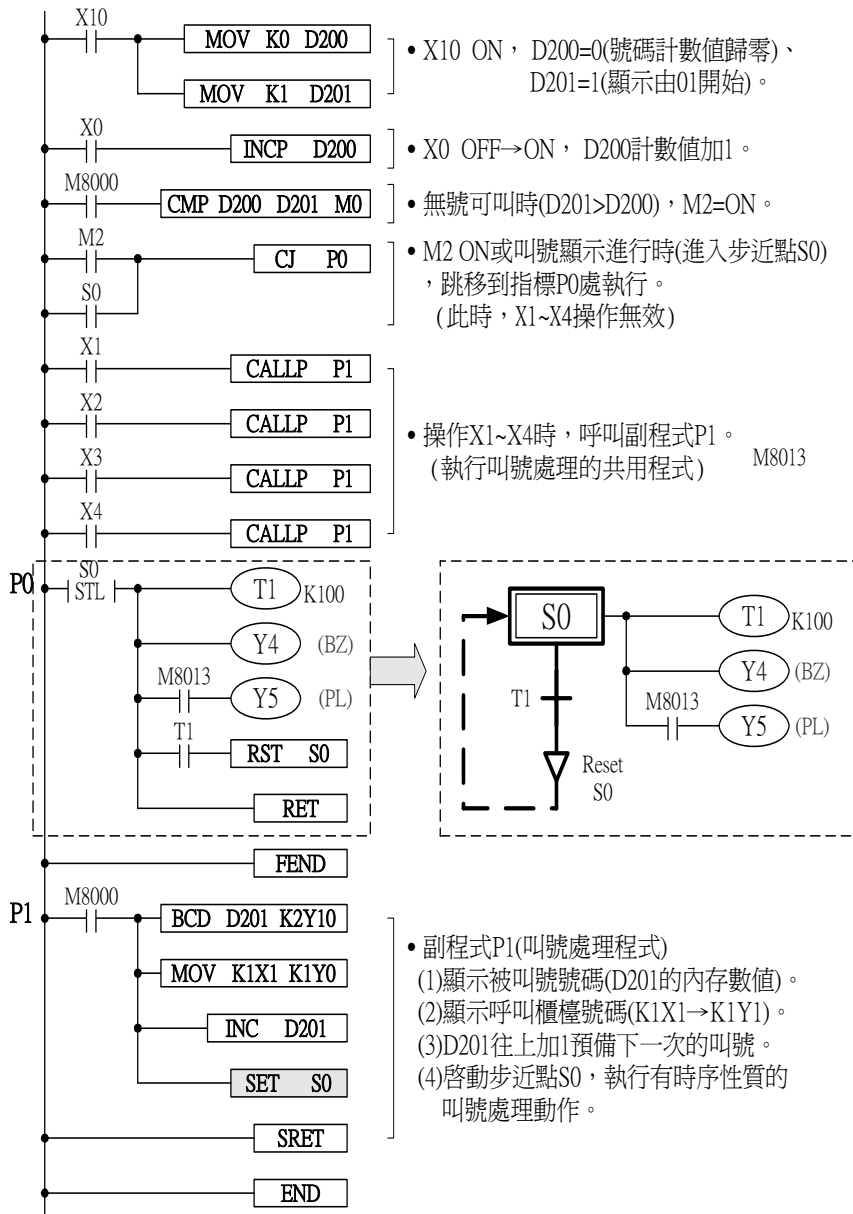
1. 功能示意及說明



(1)櫃檯共有四個窗口，X1、X2、X3、X4 為櫃員叫號按鈕。

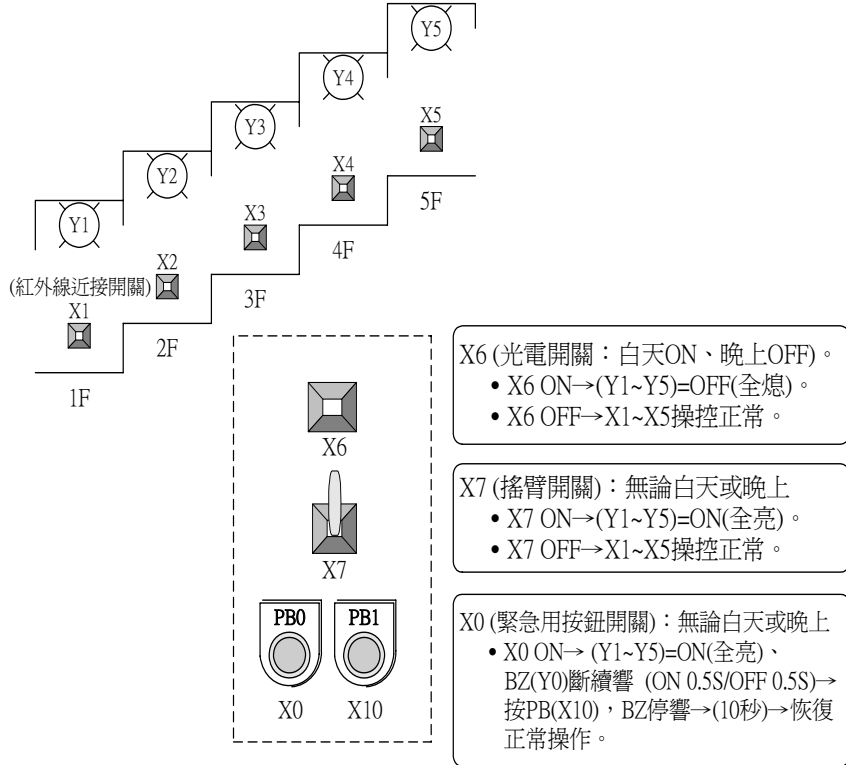
- (2) X0 為號碼機的計數輸入開關，每抽一張號數加一(號碼機自動打印下一筆號碼)。
 - (3) 停電時，號數應自動保持記憶，待恢復供電時時，可繼續計數與呼叫。
 - (4) X5 為號碼牌計數歸零按鈕。X5 ON 後，操作 X1~X4 由 1 號開始叫號。
 - (5) 每次叫號顯示 10 秒，顯示同時，BZ 響、PL 閃亮(ON/0.5S，OFF/0.5S)。
- 叫號顯示期間，操作 X1~X4 無效。

2. 控制迴路



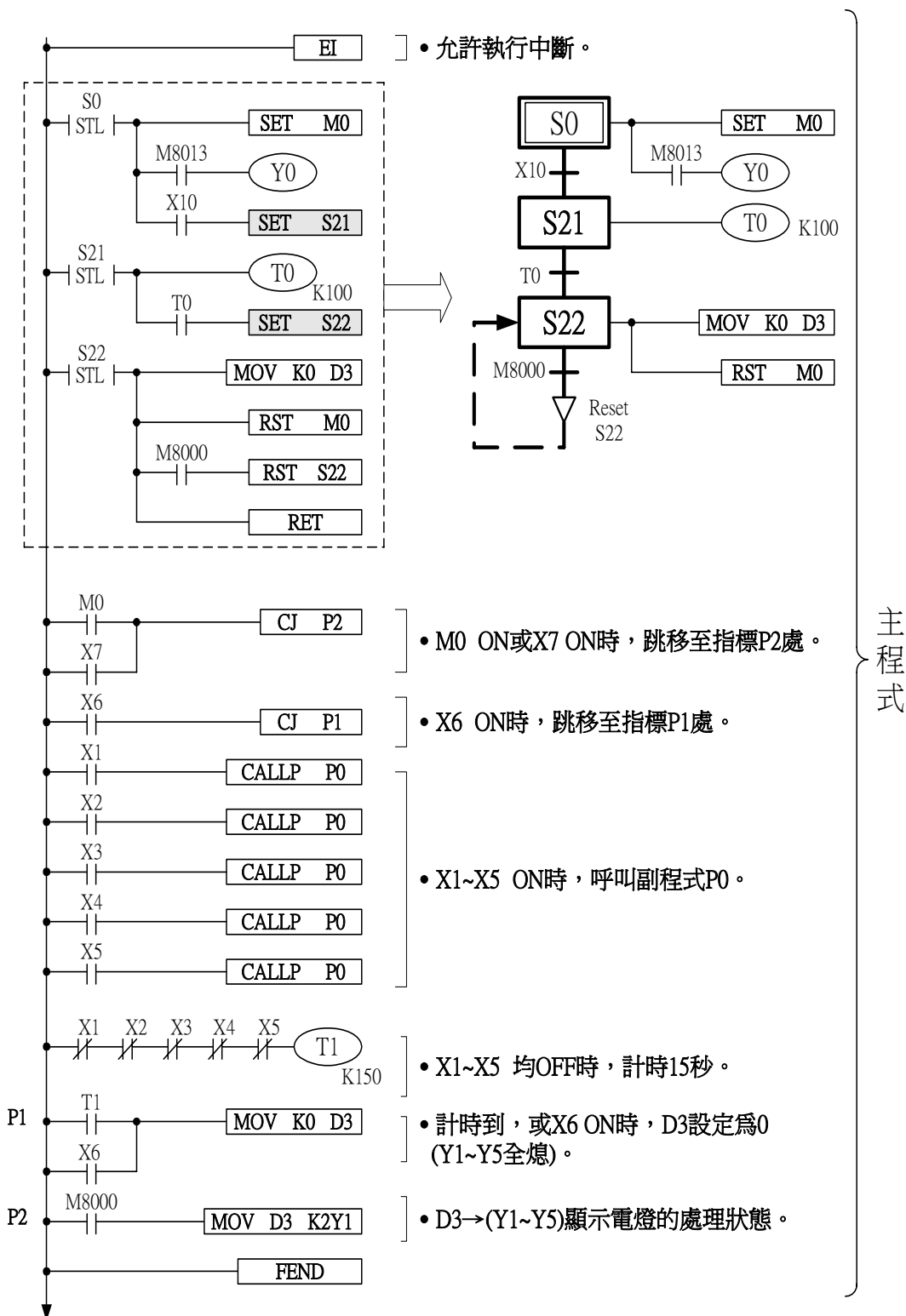
範例二 節約能源的樓梯燈控制迴路

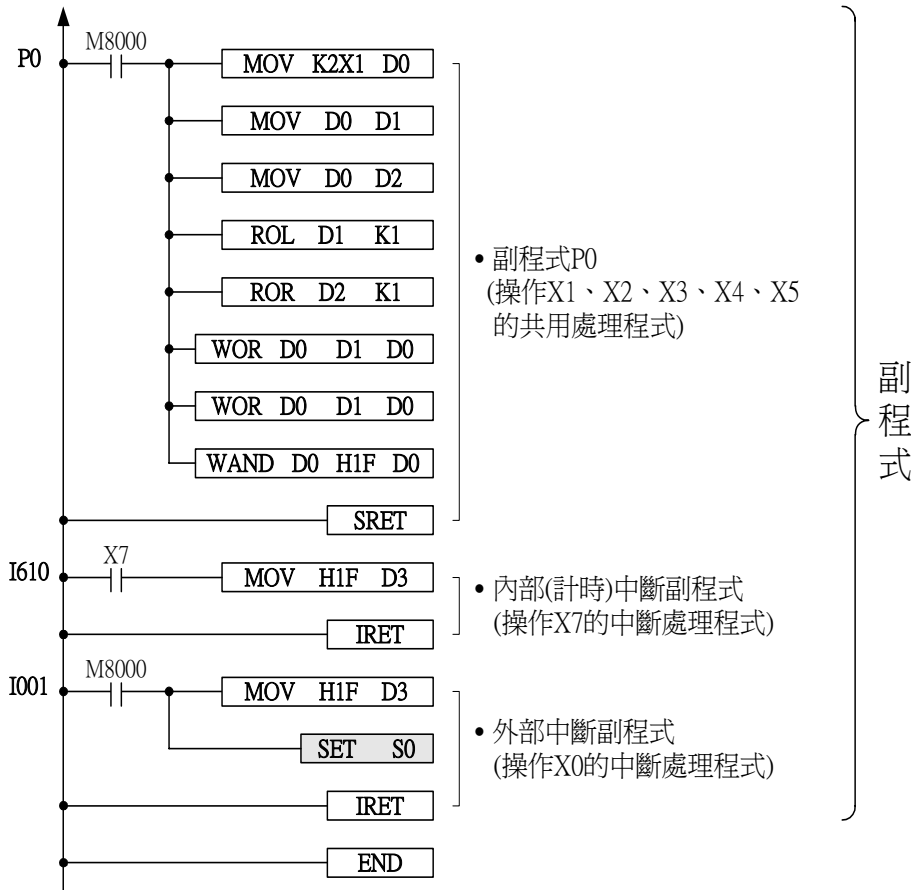
1.動作要求：



操 作		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	說 明
X6/ OFF	X1/ON		亮	亮				X1~X5 全數 OFF 時，(Y1~Y5)會保留 最後的亮燈狀態 15 秒後才熄滅。
	X2/ON		亮	亮	亮			
	X3/ON			亮	亮		亮	
	X4/ON				亮	亮	亮	
	X5/ON					亮	亮	
X6/ON			(全熄)					操作 X1~X5 無作用。
X7/ON			亮	亮	亮	亮	亮	操作 X1~X5 無作用。
X7/OFF			(正常操作狀態)					
X0/ON		斷續響	亮	亮	亮	亮	亮	按 PB1(X10)Y0 停響，10 秒後，電燈恢復正常操作。

2. 控制迴路





綜合實力測驗

Q1 請以 CJ、CALL 指令及中斷方式，設計符合下述動作要求的控制程式。

1. X10 OFF 時：

(1) X0 ON→Y0=OFF、(Y1、Y2、Y3)=ON。

X0 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

(2) X1 ON→Y1=OFF、(Y0、Y2、Y3)=ON。

X1 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

(3) X2 ON→Y2=OFF、(Y0、Y1、Y3)=ON。

X2 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

(4) X3 ON→Y3=OFF、(Y0、Y1、Y2)=ON。

X3 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

(5) X4 ON→(Y0、Y1、Y2、Y3)=ON。

X4 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

2. X10 ON 時：

(1) 操作 X0~X3 無作用。

(2) X4 ON→(Y0、Y1、Y2、Y3)=ON。

X4 OFF→(Y0、Y1、Y2、Y3)=OFF。

3. 操作 Y0~Y3 動作中：

(1) X5(保護開關-1) ON→(Y0~Y3)=OFF、Y0 閃亮(ON 0.25S/OFF 0.25S)。

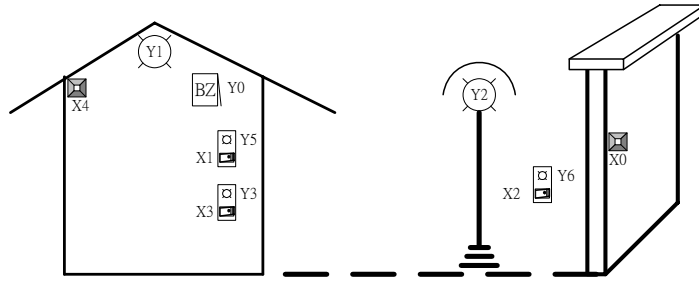
(2) X5 OFF，恢復正常操作狀態(即：第 1、2 項操作)。

4. 操作 Y0~Y3 動作中：

(1) X6(保護開關-2) ON→(Y0~Y3)=OFF、Y0 閃亮(ON 2S/OFF 1S)。

(2) X6 OFF，恢復正常操作狀態(即：第 1、2 項操作)。

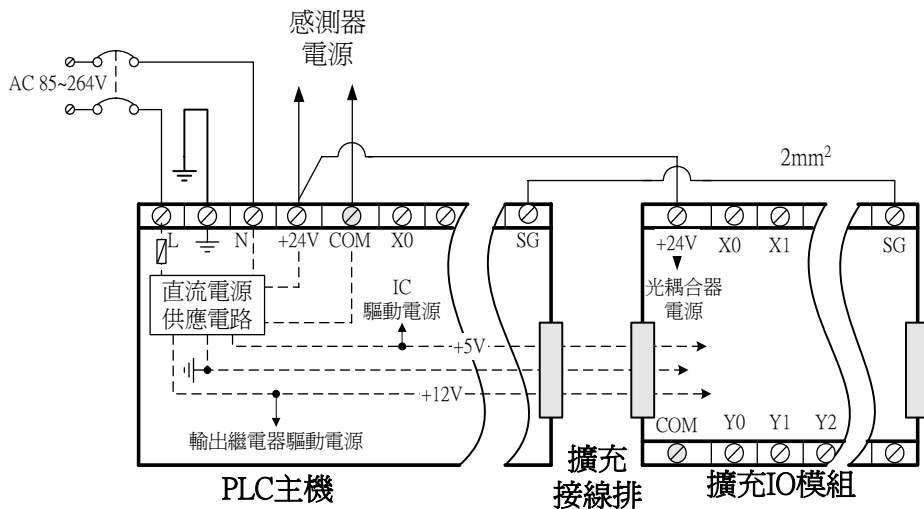
Q2 請以 CJ 或 CALL 指令以及中斷方式完成下圖的燈路控制。



1. Y1：屋內燈。Y2：庭園燈。Y3、Y5、Y6：氖燈(開關位置或燈亮指示用)。
Y0：蜂鳴器(BZ)。
2. X0：按鈕開關。X1、X2：手捺開關。X4：防盜用開關(或感測器)。
3. 動作要求如下表：

輸入狀態		Y0	Y1	Y2	Y3	Y5	Y6	備註
X4/OFF	X2 X3			熄	熄		亮	
	OFF OFF			亮	亮		熄	
	OFF ON			熄	熄		亮	
	ON ON			亮	亮		熄	
	ON OFF					亮		
	X1/OFF		熄			亮		
	X1/ON		亮			熄		
	X0/OFF	不響						
X1/ON	響							
X4/ON	X0~X3 無法操控	斷續響	亮	亮	閃亮	閃亮	閃亮	

1-3 電源接線方式



一、主機電源：

1. 由於採用交換式電源供應，交流輸入電壓 AC 85~264V，也就是說：可以接 AC110V 系統，也可以接 AC220V 系統。
2. 由於內部電容器能儲存電量，瞬間停電低於 10mS，PLC 不受停電影響，照常運作。
3. 爲了避免產生壓降，電源配線不得小於 2mm²。

二、接地：

1. 主機的設備接地點 (—) 應以 2mm² 綠色導線以第三種接地 (接地電阻須在 100Ω 以下) 方式進行接地。
※該接地點不得與大功率接地點共同接地。
2. 主機的 SG 要與擴充 I/O 模組的 SG 端子以 2mm² 綠色導線相連接。

三、感測器電源：

供應感測器的電源爲+24V，電流安培數大約爲 250mA (FX-32M 機型)。

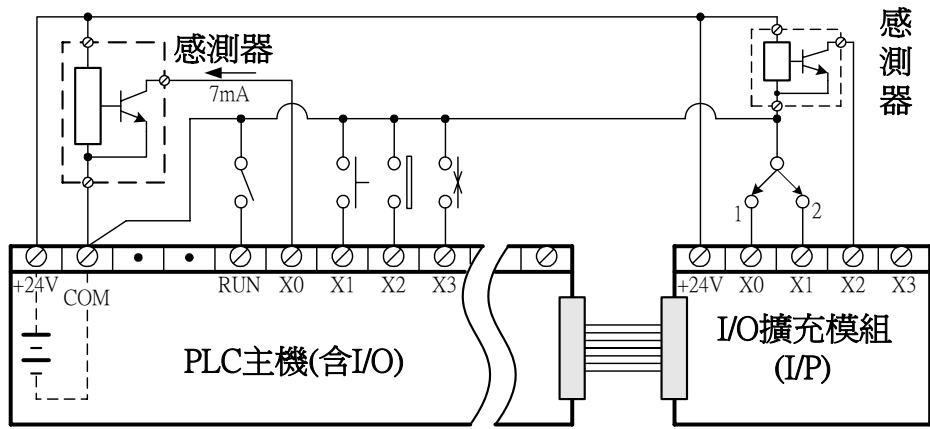
四、擴充 I/O 模組電源：

1. 擴充 I/O 模組由 PLC 主機以排線提供 5V 電源提供 IC 驅動使用。
2. 光耦合器的驅動電源(24V)則須由 PLC 主機提供，方法是以導線從主機的 +24V 端子接線至擴充 I/O 模組的+24V 端子上。

五、輸出負載的電源：

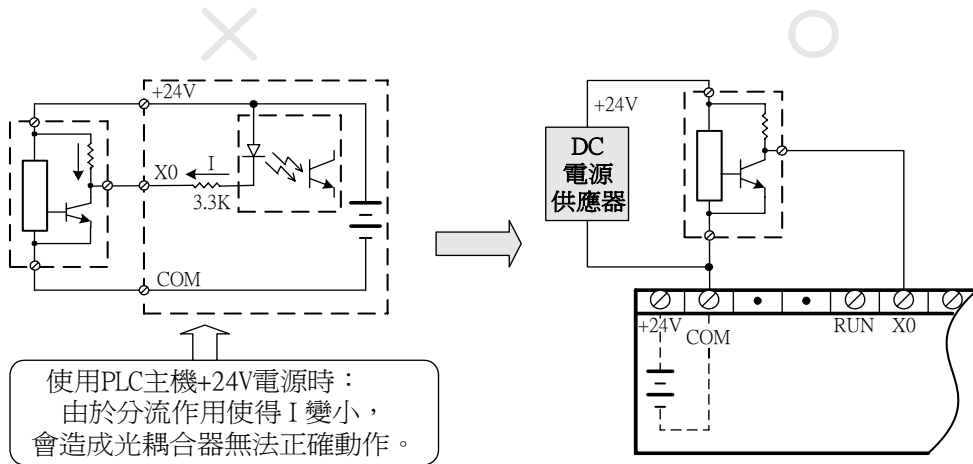
輸出負載的電源，在緊急停止動作發生時，應能將所有的輸出端點全數 OFF，接線方式請參閱 (1-5 輸出接線方式) 單元內的說明。

1-4 輸入接線方式

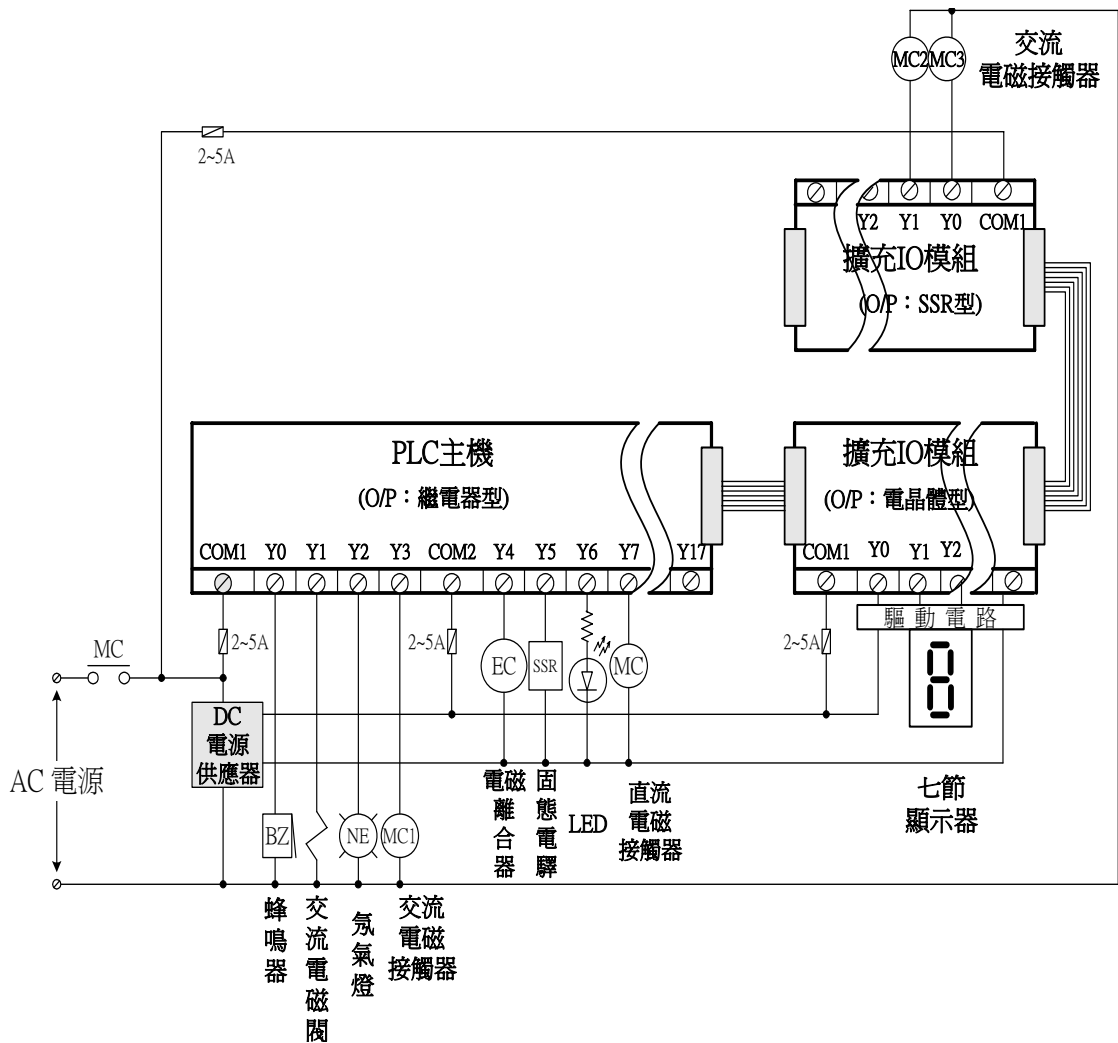


擴充接線排

1. I/O 擴充模組的內部輸入點光耦合器使用 DC2V 電源，由 PLC 主機供應，接線如上圖所示。(使用藍色導線配線，以便與交流控制線區分)
2. 開路集極型感測器的 24V 電源由 PLC 主機供應，如上圖。
3. 非開路集極型感測器，則以使用外部附加直流電源的方式供應 DC24V 電源為宜，如下圖說明。



1-5 輸出接線方式



一、PLC 的輸出點有三種類型

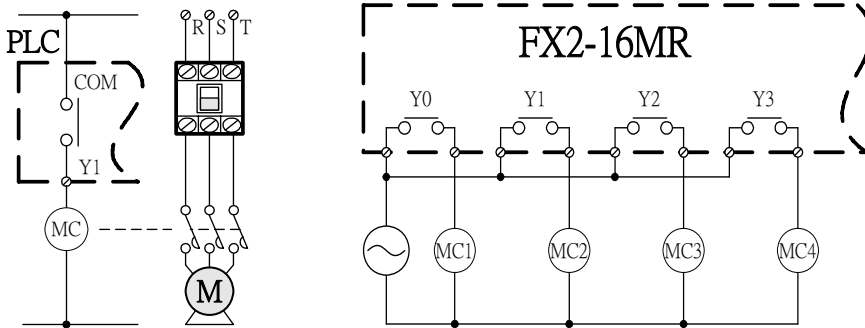
- 繼電器接點輸出：可以驅動交流負載，也可以驅動直流負載。
- 電晶體無接點輸出：只允許驅動直流(5~30V/60~500mA)負載。
- 固態電驛無接點輸出：只允許驅動交流負載。

三種輸出類型的優缺點比較如下表：

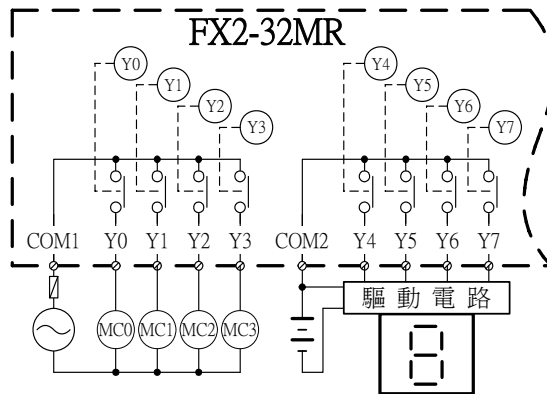
輸出類型	優點	缺點
繼電器 接點輸出 (FX□-□□MR)	<ul style="list-style-type: none"> 交直流兩用，接點電流量較大(2A)。 接點 OFF 時不會產生漏電電流。 	<ul style="list-style-type: none"> 機械接點有使用次數的壽命限制。 有噪音。 不適合高速處理。
電晶體 無接點輸出 (FX□-□□MT)	<ul style="list-style-type: none"> 適合高速處理。 無噪音。 	<ul style="list-style-type: none"> 只能使用直流負載。 電流量較小(0.5A)。 接點 OFF 時會有漏電電流(0.1mA/ DC30V)
固態電驛(SSR) 無接點輸出 (FX□-□□MS)	<ul style="list-style-type: none"> 無噪音。 	<ul style="list-style-type: none"> 只能使用交流負載。 電流量較小(0.3A)。 接點 OFF 時會有漏電電流(1mA/100V、 2mA/200V)。

二、輸出迴路接線應注意事項

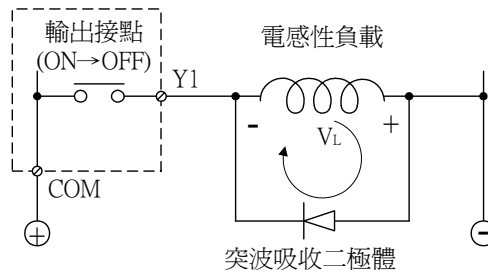
- 由於 PLC 的輸出點的電流額定容量有限，驅動大容量的負載(如：電動機負載)時，須透過電磁接觸器或固態電驛(SSR)來放大接點容量，以間接方式驅動該負載，如下圖(左)。



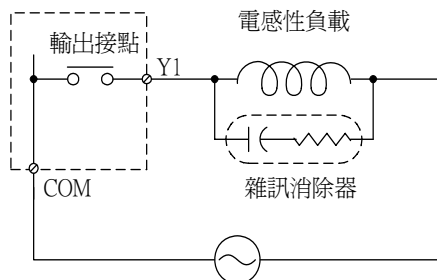
- FX2 除 I/O16 點的機型是各自獨立的輸出點，接電源的共用點須由使用者在 PLC 外部以導線連接，如上圖(右)所示。其餘機型是以 4~8 個輸出點共用一個公共端點在 PLC 內部先行接妥後引線至輸出接線的 COM 端子上。如下圖：



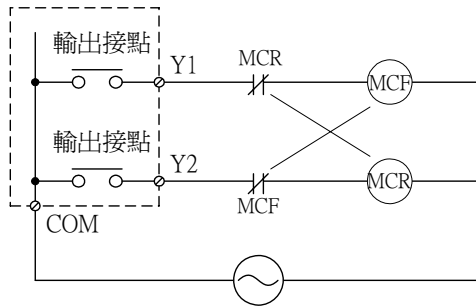
3. 以繼電器接點輸出驅動直流電感性負載時，應在直流負載兩端並聯一只突波吸收二極體，以避免線圈在接點 ON→OFF 時產生反電勢，加在接點上造成跳弧降低接點的使用壽命。突波吸收二極體的接法如下圖：



4. 以繼電器接點輸出接上交流電感性負載時，應並聯一只 R-C 雜訊消除器 ($0.1 \mu F + 100 \sim 200 \Omega$)，以抑制雜訊產生，如下圖：

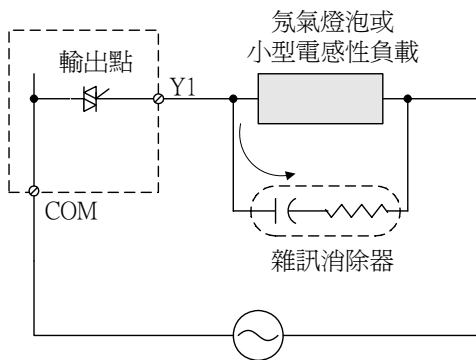


5. 不能同時動作的負載應除應以程式做控制迴路互鎖外，並應在 PLC 外部做電氣互鎖的配線(如下圖)，或是使用機械互鎖式的電磁接觸器元件配線。

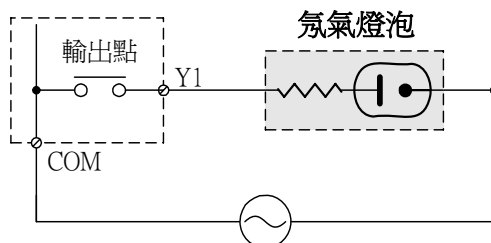


6. 由於固態電驛輸出 OFF 時會有漏電電流，其輸出點不宜直接驅動氙氣燈或是小電流的電感性負載，以免產生氙氣燈應熄滅而未熄滅的錯誤指示(※氙氣燈的動作電流約為 1mA)，或是小電流的電感性負載應跳脫而仍繼續被保持住的錯誤動作。

- (1)若以固態電驛的無接點輸出驅動氙氣燈或是小電流的電感性負載時，應在負載兩端並聯 R-C 雜訊消除器($0.1 \mu\text{F} + 100 \sim 200 \Omega$)，以分流方式使氙氣燈及小電流的電感性負載達不到動作電壓或保持電流來改善，如下圖：



- (2)繼電器接點輸出 OFF 時，由於接點不會產生漏電電流，因此其輸出點可以直接驅動氙氣燈負載，如下圖。



心得筆記

A large rectangular area with rounded corners, containing a grid of horizontal dashed lines for writing notes.

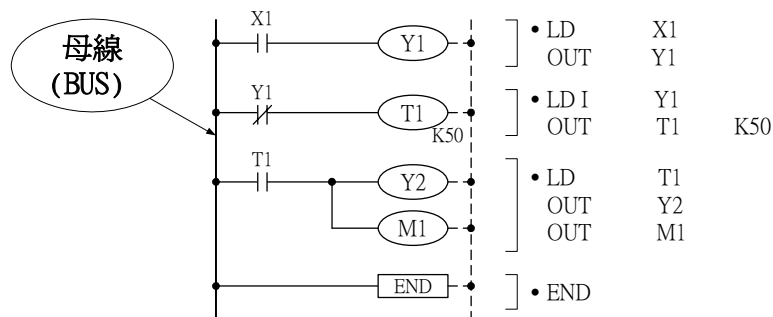


2-1 基本順序控制指令使用方法

2-1.1 載入、輸出、結束指令 (LD、LDI、END)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			MCR	LDF	
						MPP					ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
LD	由母線載入常開接點(a接點)	X、Y、M、S、T、C
LDI	由母線載入常閉接點(b接點)	X、Y、M、S、T、C
OUT	線圈型元件輸出	Y、M、S、T、C
END	程式終止(結束)	無



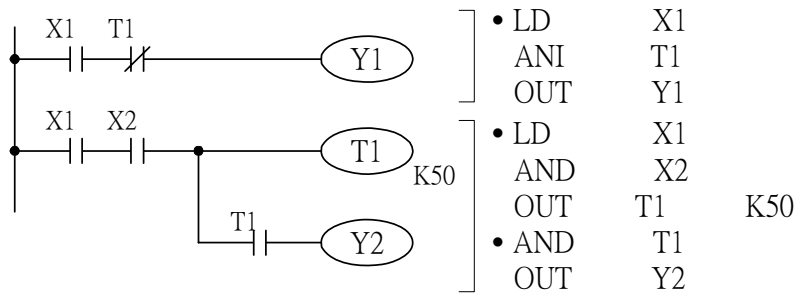
說明

- 動作狀態：程式啟動執行後，T1 ON，計時開始。
 - 5 秒內，X1 ON→Y1 ON。
 - 5 秒內，X1 未 ON，則 Y2、M1 先 ON。
 此時，X1 ON→T1 OFF→Y1 ON→Y2、M1 OFF。
- 每個程式段落是由母線以 LD、LDI 開始，而以 OUT 結束。
- 並聯的線圈型元件，因邏輯狀態一樣，可以連續以 OUT 指令輸出。
- 以 END 指令結束整個程式，執行 END 指令時，才將輸出負載更新。
- 階梯圖虛線部分線條，可以省略不畫。

2-1.2 接點串聯指令 (AND、ANI)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	MPP		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
AND	串聯常開接點(a接點)	X、Y、M、S、T、C
ANI	串聯常閉接點(b接點)	X、Y、M、S、T、C

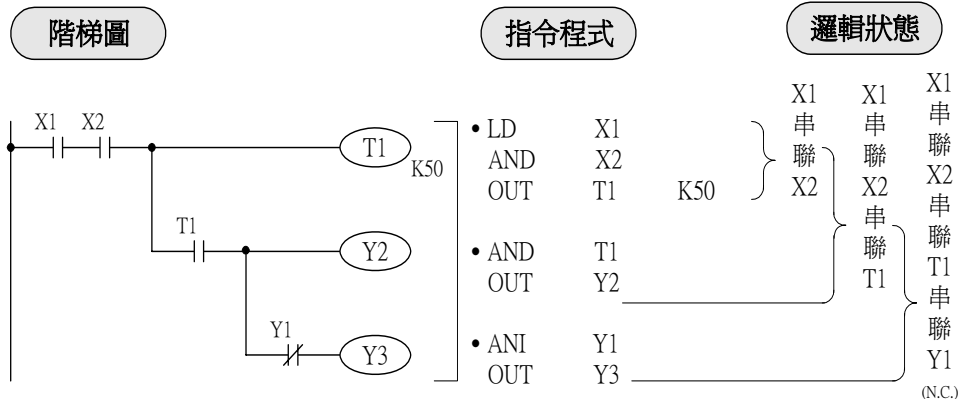


說明

(1)動作狀態：

- X1 ON → Y1 ON。
- X1 ON 且 X2 ON → T1 ON 計時開始 → 5 秒 → Y2 ON。

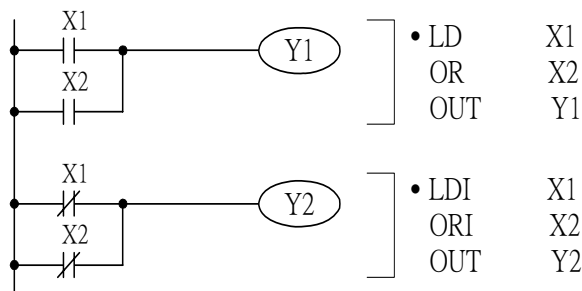
(2)執行 OUT 指令後，邏輯狀態可以繼續提供其他負載接續使用。如下圖所示：



2-1.3 接點並聯指令 (OR、ORI)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			MCR	LDF	
						MPP					ORP		
											ORF		

指令名稱	功 能 說 明	指 定 使 用 對 象
OR	並聯常開接點(a接點)	X、Y、M、S、T、C
ORI	並聯常閉接點(b接點)	X、Y、M、S、T、C



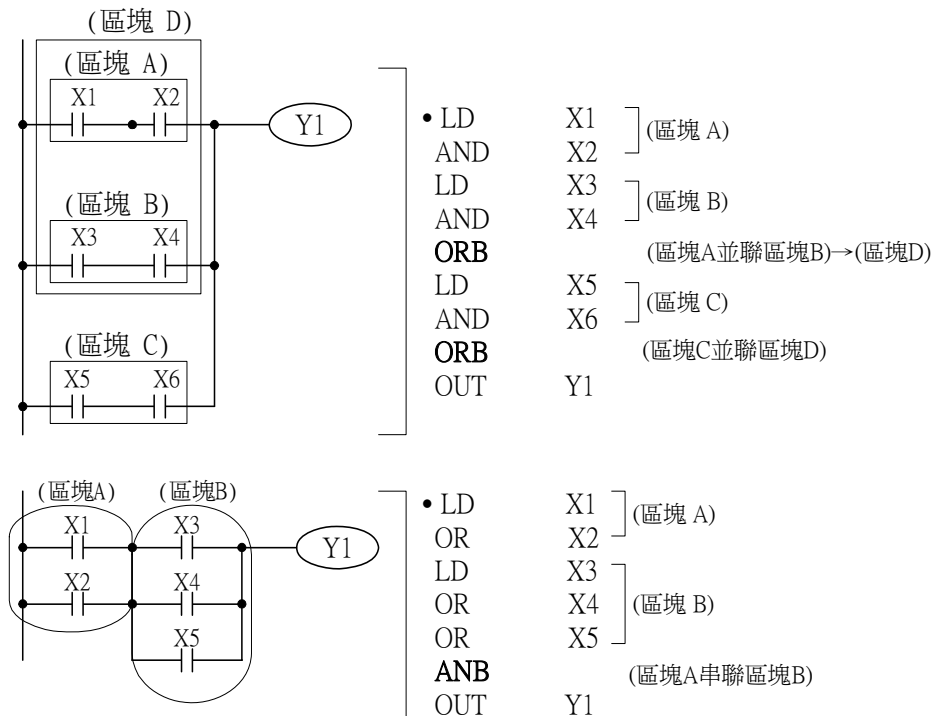
說明 動作狀態：

- X1 ON 或 X2 ON → Y1 ON。
- X1 OFF 且 X2 OFF → Y1 OFF、Y2 ON。
- X1 OFF 或 X2 OFF → Y2 ON。
- X1 ON 且 X2 ON → T1 ON 計時開始 → 5 秒 → Y2 ON。

2-1.4 區塊處理指令 (ANB、ORB)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			MCR	LDF	
						MPP					ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
ANB	兩個邏輯運算區塊串聯	無
ORB	兩個邏輯運算區塊並聯	無



說明 (1) 邏輯運算區塊是以 LD、LDI 開始，連續使用 LD、LDI 而未以 OUT 輸出時，命令處理暫存器只保留最後一個運算區塊，其他區塊都被按序送入堆疊(STACK)存放，所以需要以 ANB、ORB 將區塊由堆疊取出，加以運算後，才能以 OUT 輸出。

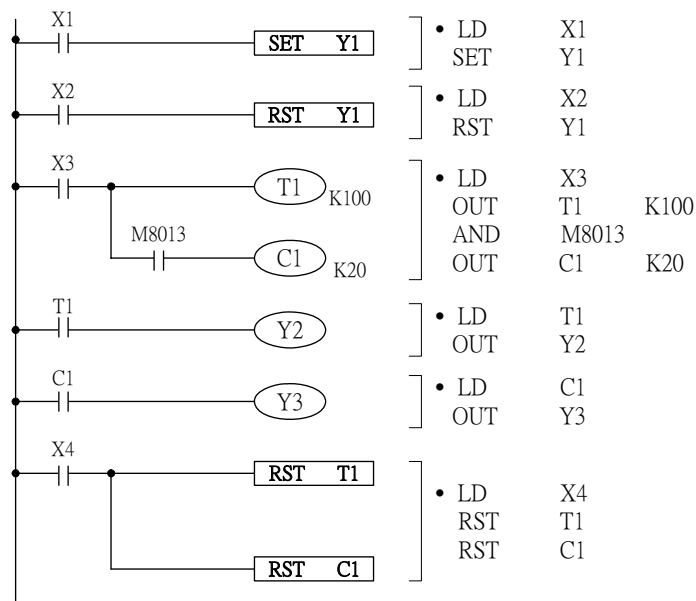
(2) 也可以將所有的 ANB、ORB 集中到程式尾端一次處理，但要考慮堆疊只有八組的限制。因此，還是建議不要用此方式處理。

※堆疊是具有"先入後出"結構的記憶體，可參考 MPP、MRD、MPS 部分說明。

2-1.5 啟動、重置指令 (SET、RST)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS MRD MPP	PLS	MC MCR	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST		PLF			LDF	ANDF	
											ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
SET	設定為ON並保持	Y、M、S
RST	重置為OFF並保持	Y、M、S
	內容值重置為 0	D、V、Z
	計時、計數現在值重置為 0	T、C

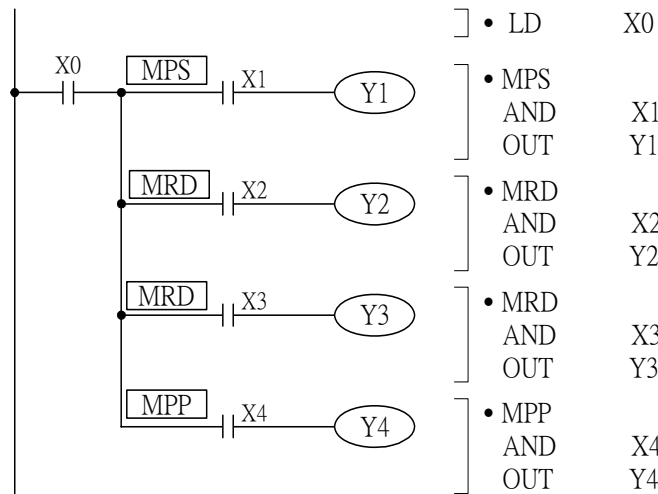


- 說明**
- (1) 當 X1 ON → Y1 ON；X1 OFF → Y1 仍 ON(保持)。當 X2 ON → Y1 OFF；X2 OFF → Y1 仍 OFF(保持)。使用 M、S 也有相同功能。
 - (2) 計時或計數進行中，RST 會使計時(數)現在值改為 0(停止計數(時))。
 - (3) RST D1(V、Z) 與 MOV K0 D1(V、Z) 作用相同。

2-1.6 分歧指令 (MPS、MRD、MPP)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC MCR	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			LDF	ANDF	
						MPP					ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
MPS	第一個分歧支路	無
MRD	中間的分歧支路	無
MPP	最後一個分歧支路	無



說明 (1) MPS、MRD、MPP 指令是利用堆疊(STACK)的方式處理分歧支路。所謂堆疊，是一組記憶體，它具有"先進後出"的資料處理結構。資料存入、取出都是單方向的。存入時由下往上順序堆積，取出時由上往下順序取出。

(2) MPS (Memory Push) 指令的作用：

將指令運算暫存器的邏輯運算結果推入堆疊記憶體中。此時堆疊內的記憶數量增加一筆。

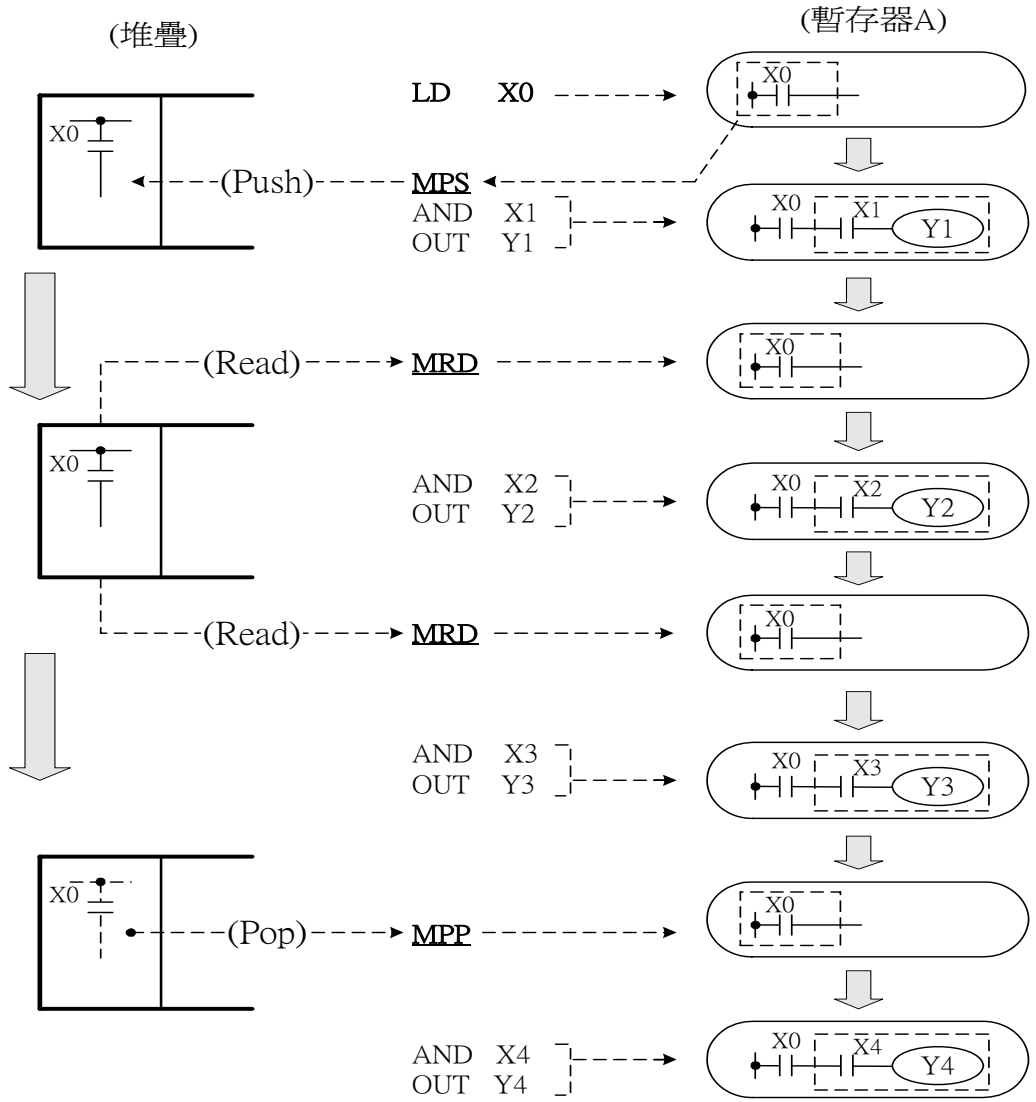
(3) MRD (Memory Read) 指令的作用：

讀取堆疊記憶體最上層的記憶內容，將它送到指令運算暫存器中。此時，堆疊內的記憶內容及數量都維持原狀，不會改變。

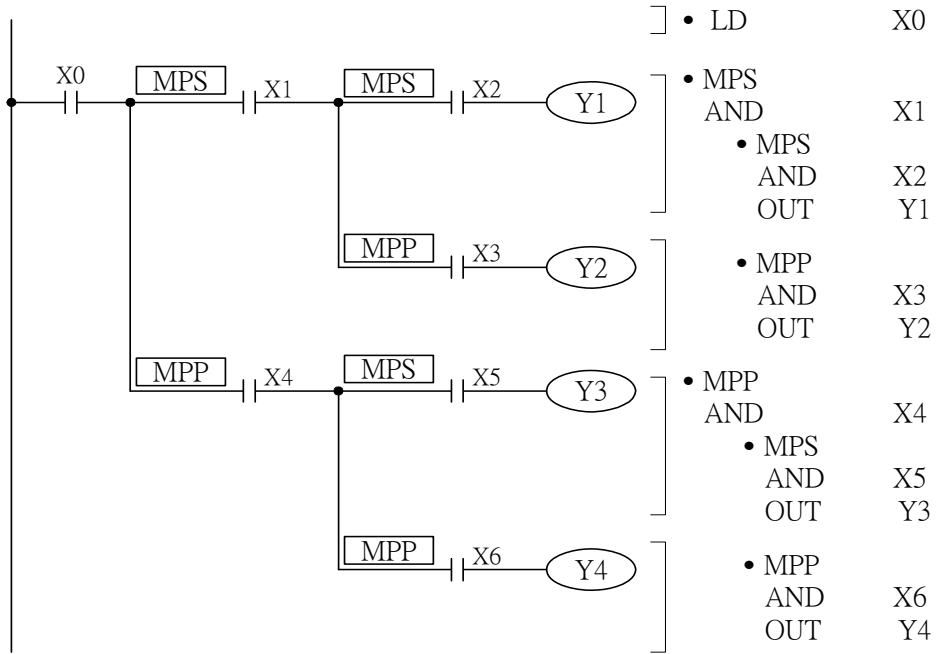
(4) MPP (Memory Pop) 指令的作用：

將堆疊記憶體最上層的記憶內容取出，送到指令運算暫存器中。此時堆疊內的記憶數量減少一筆。

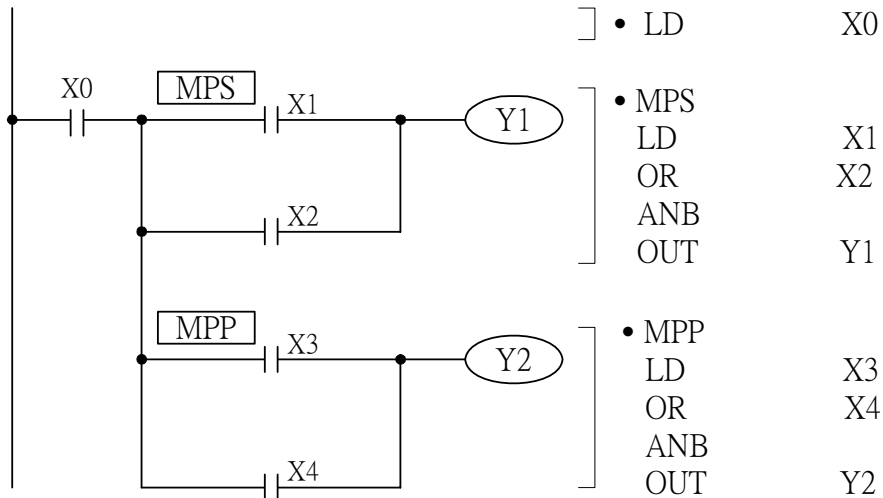
(5)程式的處理詳細過程如下圖，請參考。



▶ 兩個以上的分歧點，可以利用推疊"先入後出"的特性，以多層次方式壓入堆疊或由堆疊取出。如下圖：



▶▶ 也可以配合 ANB、ORB 指令使用，如下圖：



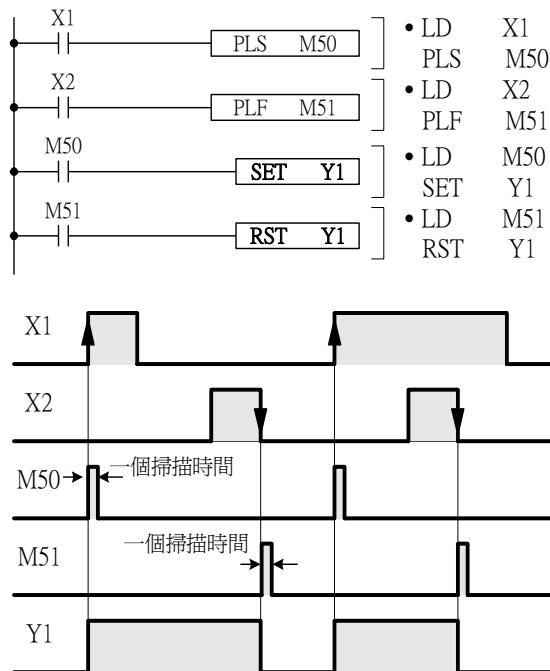
※ MPS、MPP 指令必須配對一起使用。

MRD 指令則是在分歧點有三個(含)以上支路時，才須使用。

2-1.7 脈波產生指令 (PLS、PLF)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			MCR	LDF	
						MPP					ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
PLS	產生正緣(前緣)觸發脈波	Y、M
PLF	產生負緣(後緣)觸發脈波	Y、M



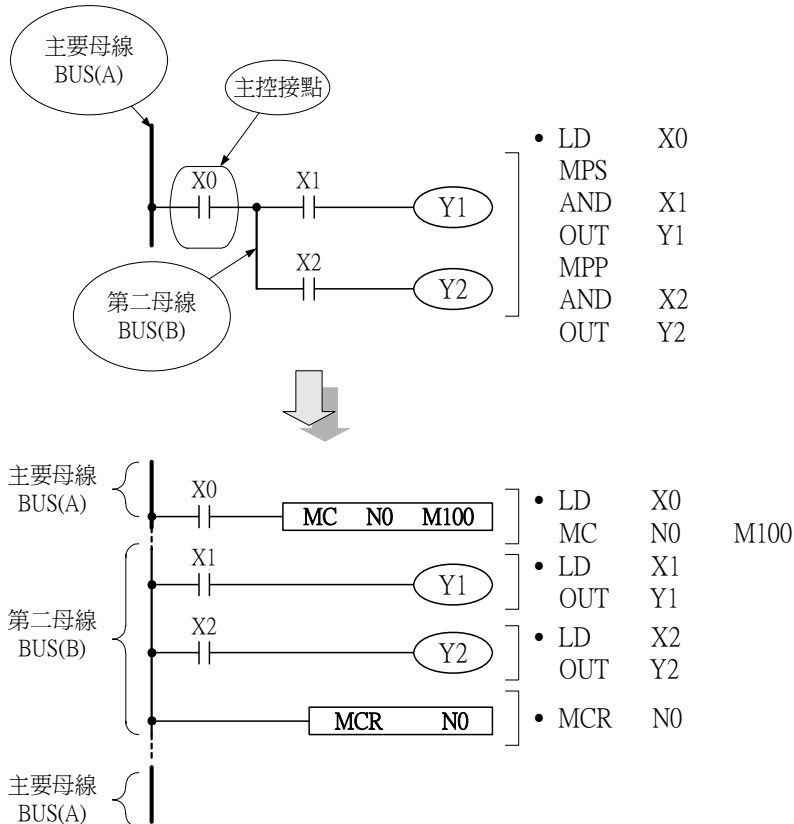
- 說明**
- (1) X1 由 OFF→ON，產生脈波 M50(工作週期：一個掃描的時間)。
 - (2) X2 由 ON→OFF，產生脈波 M51(工作週期：一個掃描的時間)。
 - (3) 脈波 M50 動作，Y1 ON。脈波 M51 動作，Y1 OFF。
 - (4) 當 X1 已先在 ON 的狀態下，啟動 PLC (STOP→RUN)，也會產生脈波 M50。

2-1.8 主控接點指令 (MC、MCR)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC MCR	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	MPP			PLF	LDF	
											ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
MC	分歧支路主控接點開始	N(主控接點號碼)及 Y、M
MCR	主控接點功能解除	N(主控接點號碼)

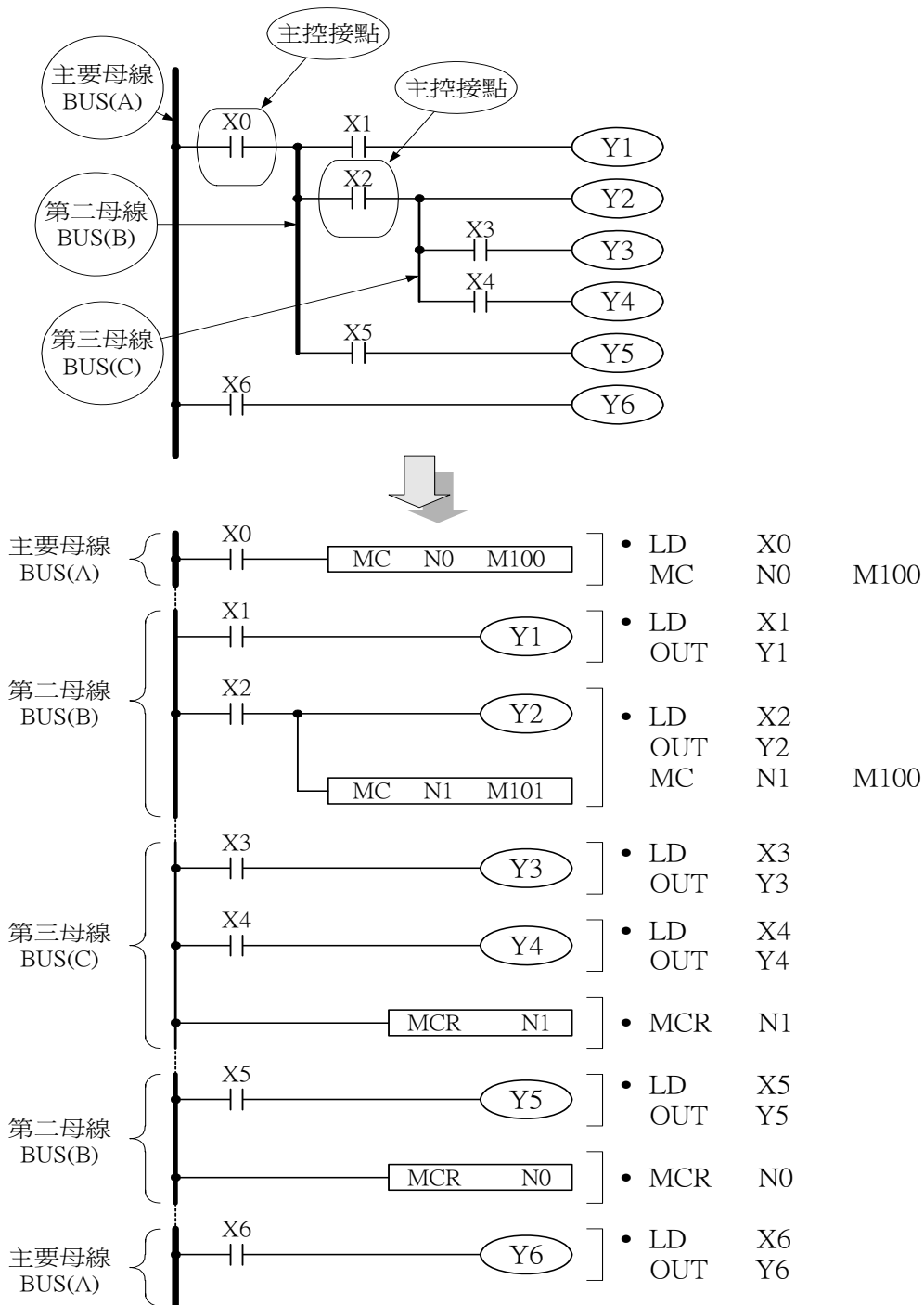
下圖分歧支路，之前介紹使用 MPS、MPP 指令完成下，也可以利用主控接點指令 MC、MCR 完成該程式編寫。



說明 (1) 執行 MC 指令後，控制權交給下一層母線。執行 MCR 指令時，控制權交還給上一層母線。

(2) MC、MCR 必須配對一起使用。受限於堆疊的容量，N 可設定範圍：N0~N7，而且必須由 N0 開始。

►控制迴路有三層母線時，程式編寫方式如下：



說明 使用不只一個 MC 指令時，N 值由 N0 順序增大。之後須配對使用相同數量的 MR 指令，N 值則應反順序相對減小。

2-1.9 無運算指令 (NOP)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC MCR	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			LDF	ANDF	
											ORP		
									ORF				

指令名稱	功 能 說 明	指 定 使 用 對 象
NOP	不作任何運算及處理	無

NOP 指令佔用一個記憶體位址，也會耗費一些程式執行的時間，但卻不作任何運算及處理，很少被使用到，但卻常在以指令編寫程式的場合中出現：

- (1) 當編輯新的程式時，或是程式整個被清除時，畫面的所有程式內容全部為 NOP 指令。
- (2) 指令方式編寫程式時，可以在段落與段落之間，插入 NOP 指令作為區隔，增加指令程式的易讀性。
- (3) 以階梯圖方式或 SFC 方式編輯程式時，增刪的過程所產生的 NOP 指令，不會影響程式執行的結果。利用編輯系統的功能，可以移除 NOP 指令，減少程式佔用記憶體的容量。

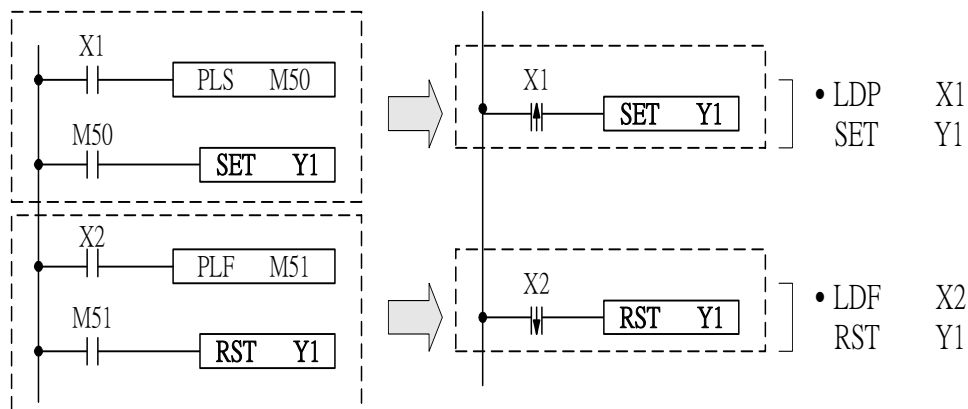
2-1.10 觸發脈波載入指令 (LDP、LDF)

※(FX2N、FX1S、FX1N 機型適用)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			MCR	LDF	
						MPP					ORP		
											ORF		

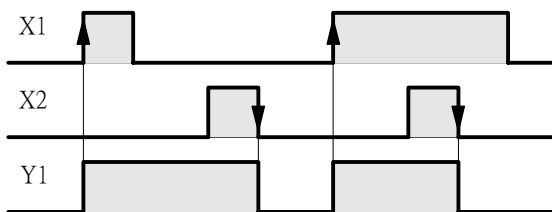
指令名稱	功 能 說 明	指 定 使 用 對 象
LDP	由母線載入(前緣)觸發脈波	X、Y、M、S、T、C
LDF	由母線載入(後緣)觸發脈波	X、Y、M、S、T、C

LDP 及 LDF 係將原有的脈波輸出指令(PLS、PLF)與其驅動負載之間的控制迴路簡化成一個步驟，由 LDP 及 LDF 指令的接點直接去驅動負載，如下圖所示：



說明 (1) X1 由 OFF→ON，Y1=ON。X2 由 ON→OFF，Y1=OFF。

(2) X1 按住不放，當 X2 由 ON→OFF，Y1=OFF。



(3) 脈波輸出信號常用於階梯流程圖的設計中。

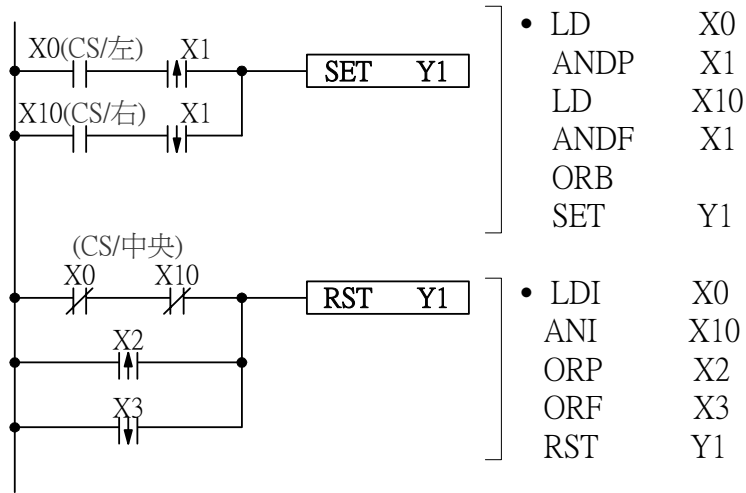
2-1.11 觸發脈波串、並聯指令 (ANDP、ANDF、ORP、ORF)

※(FX2N、FX1S、FX1N 機型適用)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD				MPP	PLF	
											ORP		
											ORF		

指令名稱	功能說明	指定使用對象
ANDP	串聯(前緣)觸發脈波	X、Y、M、S、T、C
ANDF	串聯(後緣)觸發脈波	X、Y、M、S、T、C
ORP	並聯(前緣)觸發脈波	X、Y、M、S、T、C
ORF	並聯(後緣)觸發脈波	X、Y、M、S、T、C

直接由接點產生的觸發脈波與一般接點一樣，可以任意串並聯，如下圖：



- 說明**
- (1) X0 ON (CS 切於左側)，X1 由 OFF→ON 瞬間，Y1=ON(保持)。
 - (2) X10 ON (CS 切於右側)，X1 由 OFF→ON 瞬間，Y1=ON(保持)。
 - (3) X0 OFF、X10 OFF(CS 切於中央)，或 X2 由 ON→OFF 瞬間，或 X3 由 OFF→ON 瞬間，Y1=OFF。

2-1.12 反相指令 (INV)

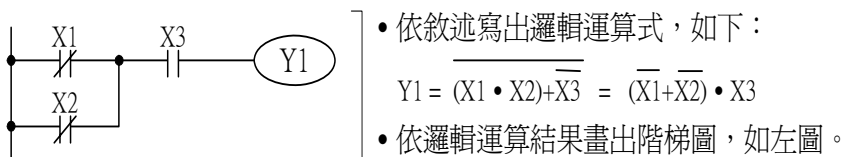
※(FX2N、FX1S、FX1N 機型適用)

LD	OUT	END	AND	OR	ANB	SET	MPS	PLS	MC	NOP	LDP	ANDP	INV
LDI			ANI	ORI	ORB	RST	MRD	PLF			MCR	LDF	
												ORP	
												ORF	

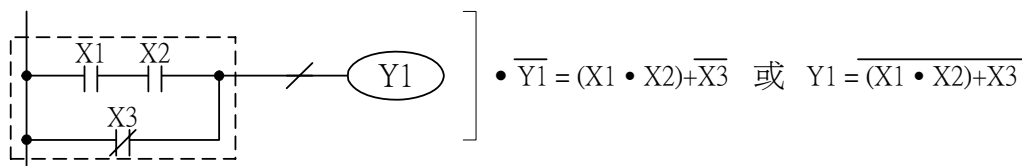
指令名稱	功能說明	指定使用對象
INV	將邏輯運算結果反相	無

假如動作要求敘述如下：當 X1 與 X2 都 ON 或 X3 OFF 時，Y1 OFF。

1. 若使用 FX2 的設計時，因不具備 INV 指令，須轉一轉腦筋，或以邏輯運算方式找出結果後，再依據運算結果將控制階梯圖繪製如下：



2. 若 PLC 具備 INV 指令時，即可直接依敘述畫出其控制階梯圖如下：



說明 (1) INV 指令的作用是将虚线框内的逻辑运算结果反相(ON→OFF 或 OFF→ON)后，由 Y1 输出。

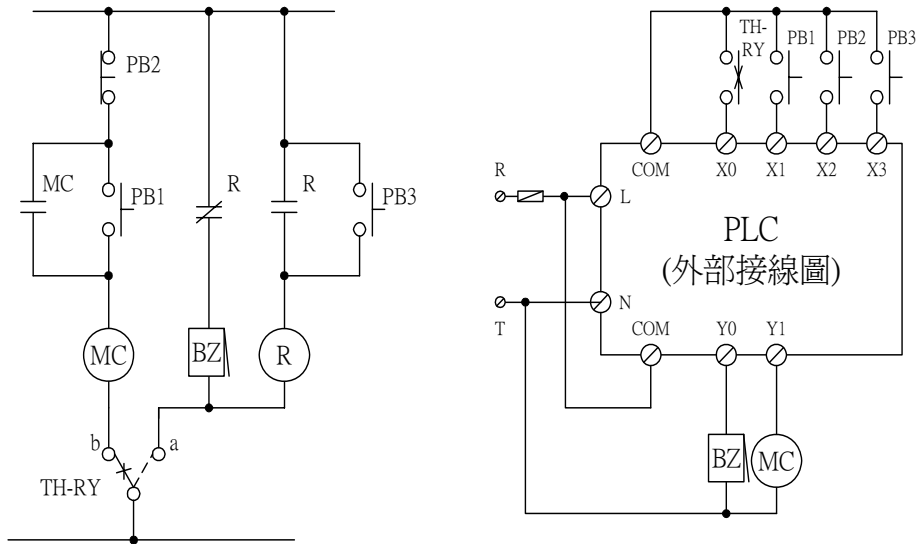
- (2) 上圖，以指令方式編寫如下：

```
LD      X1
AND     X2
ORI     X3
INV
OUT     Y1
```

2-2 基本順序控制指令使用練習

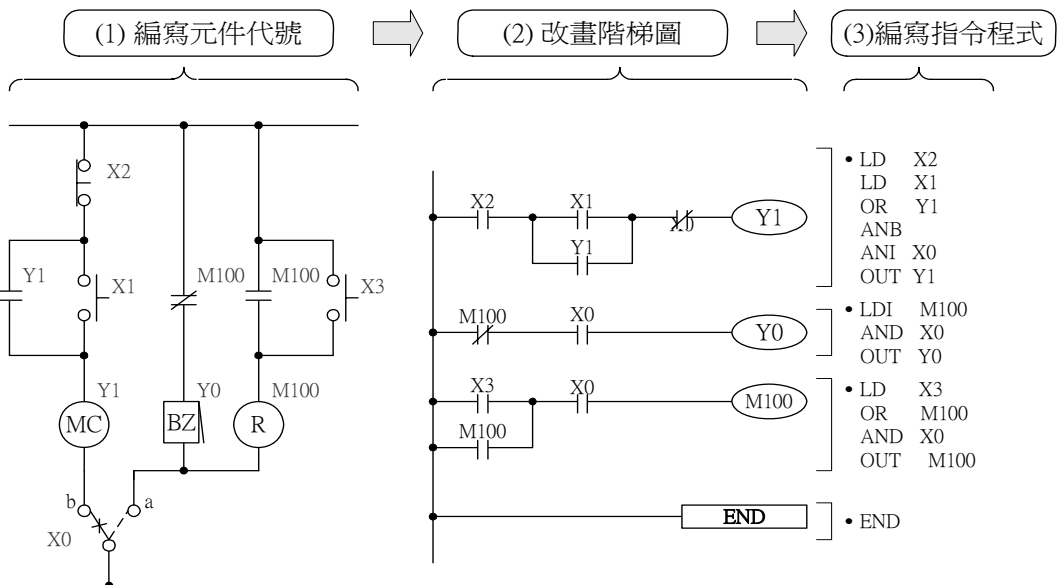
範例一 電動機直接啟動控制

將下面所列的電機控制圖，轉成 PLC 的階梯圖然後載入 PLC 內執行。



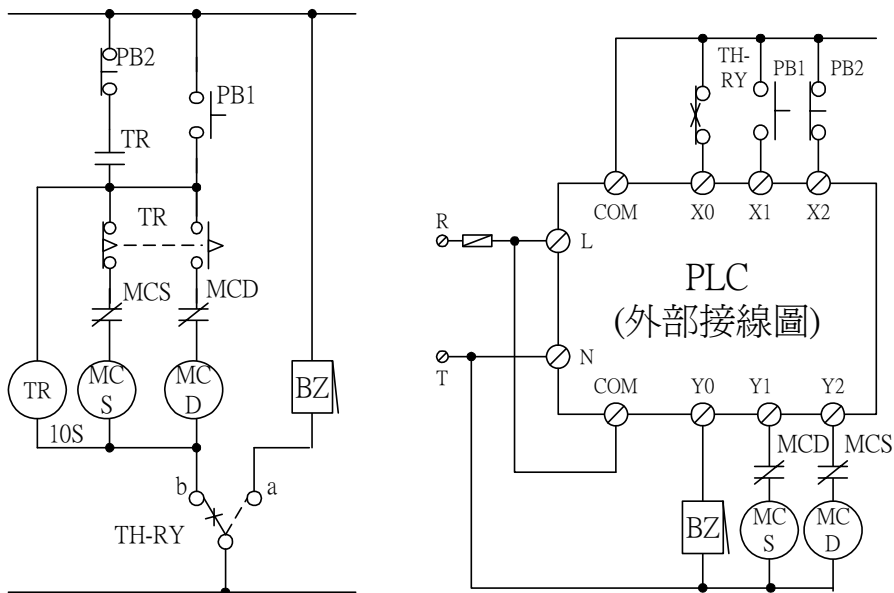
《電機控制電路圖→PLC 階梯圖》

- (1)先依 PLC 外部接線圖資料填寫元件代號(R 以補助繼電器 M 編碼)。
- (2)畫階梯圖→載入 PLC 執行程式。(在個人電腦上編譯完成後載入)
- (3)也可以編寫指令程式→載入 PLC 執行程式。(參考附錄 HPP 使用範例)



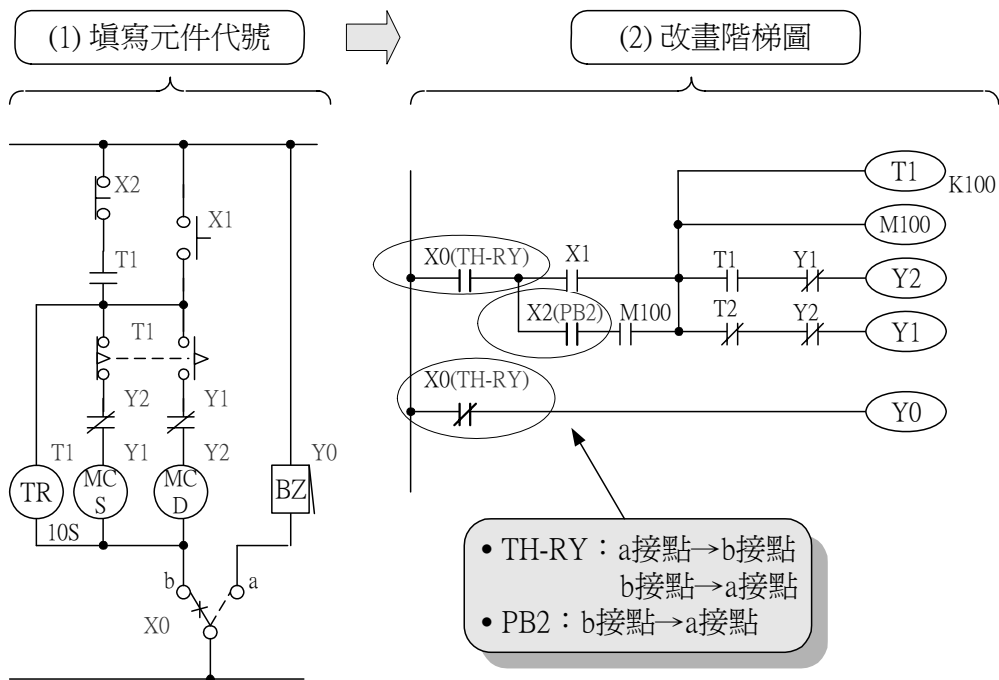
範例二 電動機 Y-△ 啟動控制

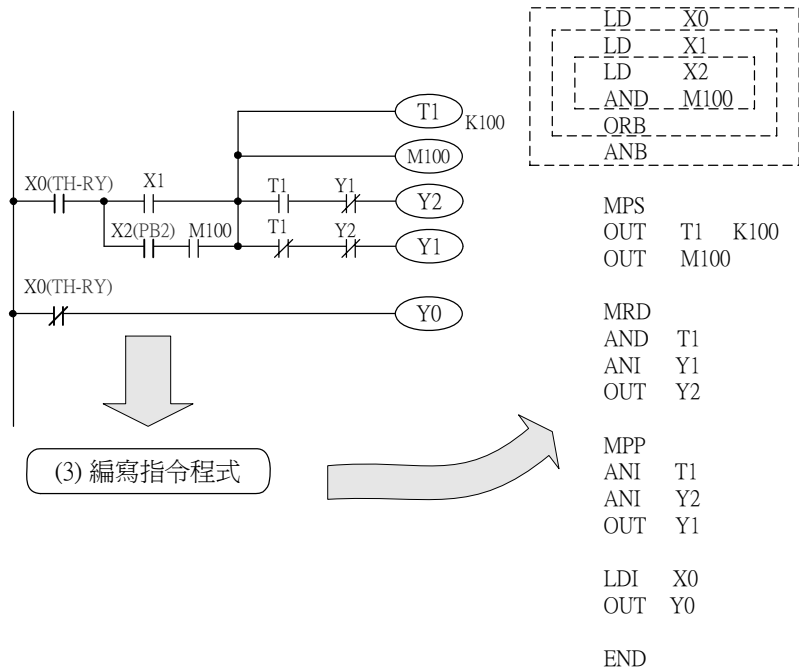
將下圖所列的電機控制電路，轉成 PLC 的階梯圖然後載入 PLC 內執行。



《電機控制電路圖→PLC 階梯圖》

與範例一相同，轉換過程如下圖所示：





說明

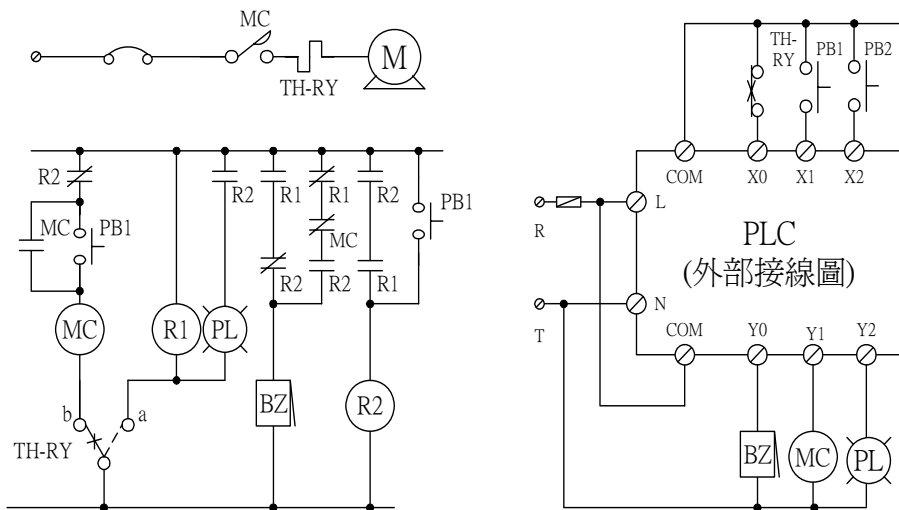
- (1)先依 PLC 外部接線圖資料填寫元件代號。
- (2)畫階梯圖→載入 PLC 執行程式。
 - a. 由於 PB2、TH-RY 使用 b 接點，在轉換階梯圖時，須將其迴路的 a 接點換成→b 接點，b 接點換成→a 接點。
 - b. 計時元件(T)並無瞬時接點可供使用，因此必須並聯輔助繼電器擴充計時器的接點。
- (3)也可以編寫指令程式→載入 PLC 執行程式。

綜合實力測驗

將下面的電機控制迴路，以階梯圖及指令方式寫出控制程式，並執行程式，以符合動作要求。

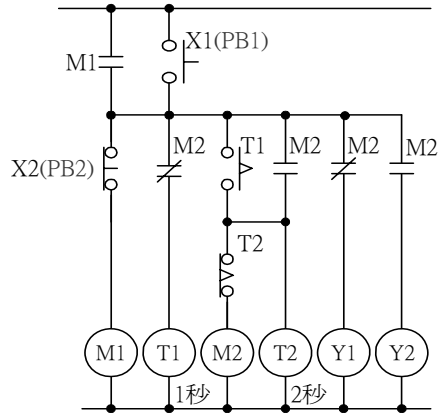
Q1 電動機啟動控制迴路

- NFB ON 後，按 PB2→BZ 響，測試 BZ 功能是否正常？
- 按 PB1→M 運轉。按 PB2→M 停止運轉。
- M 運轉時，TH-RY 動作→M 停止運轉、BZ 響。
→按 PB2→BZ 停響、PL 亮。
- TH-RY 復歸→恢復正常操作。
- 傳統的電驛控制電路及外部接線，如下圖：



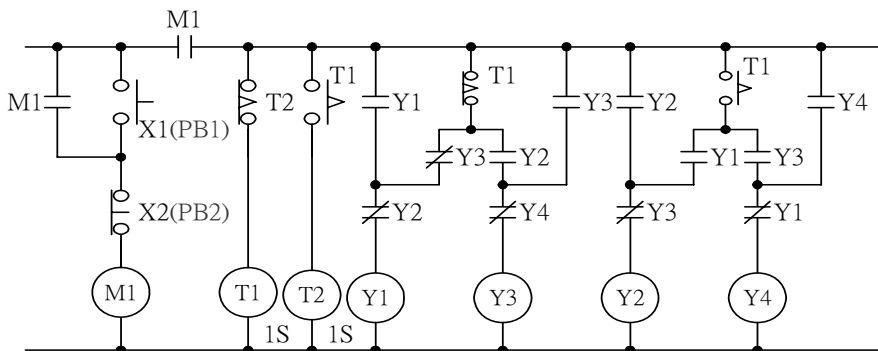
Q2 兩燈交互閃控制迴路

- 按 PB1(X1)，Y1 ON→(1 秒)→換 Y2 ON→(2 秒)→換 Y1 ON→(1 秒)→換 Y2 ON→(2 秒)→••循環不斷。
- 按 PB2(X2)，Y1 OFF、Y2 OFF。
- 傳統的電驛控制電路，如下圖：



Q3 四燈交互閃亮控制迴路

- 按 PB1(X1) , Y1 ON→(1 秒)→換 Y2 ON→(1 秒)→換 Y3 ON→(1 秒)→換 Y4ON→(1 秒)→換 Y1 ON→換 Y2 ON→(1 秒)→ • • 循環不斷。
- 按 PB2(X2) , Y1、Y2、Y3、Y4 立即停止運轉。
- 傳統的電驛控制電路，如下圖：



心得筆記

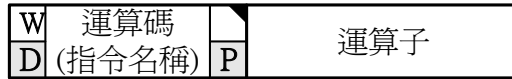
A large rectangular area with rounded corners, containing horizontal dashed lines for writing notes.



3-1 應用指令的使用規則

一、運算碼(opcode)與運算子(operand)

1. 應用指令大部分是以運算碼與運算子組成，格式如下圖：



(1)運算碼(指令名稱)：分別以指令符號(幫助記憶的縮寫符號)或是指令編號(FNC 000~)表示。

(2)運算子：運算碼後面跟隨的運算資料來源、流向及數量。

▶來源(Source)運算子：以 S 符號表示。

• 使用間接指定時，以 $\text{S}\bullet$ 符號表示。

• 來源運算子不只一個時，以 $\text{S1}\bullet$ $\text{S2}\bullet$... 符號表示。

▶目的(Destination)運算子：以 D 符號表示。

• 使用間接指定時，以 $\text{D}\bullet$ 符號表示。

• 目的運算子不只一個時，以 $\text{D1}\bullet$ $\text{D2}\bullet$... 符號表示。

▶數量運算子：以 n、m 符號表示。

• n、m 的內容是只能以 K、H 常數指定(K：10 進位，H：16 進位)。

• 數量運算子不只一個時，以 $n1(m1)$ 、 $n2(m2)$... 表示。

(3)運算子的內容一定是數值，它的長度有 16、32 位元兩種規格。

▶在運算碼(指令名稱)之前，不加上任何字母，表示跟在後面的運算子為 16 位元資料。

▶在運算碼(指令名稱)之前，加上一個字母 D，表示跟在後面的運算子為 32 位元資料。

※FX2 系列的資料暫存器為 16 位元，可以將兩個暫存器合組成一個 32 位元暫存器使用，因此為了避免混淆，指令處理 32 位元資料時，16 位元的元件盡量以偶數號碼指定。



※有 \times 符號時，表示該指令的運算子與 16 位元/32 位元無關。(註： \times 該符號不必隨指令寫出來)

▶在運算碼(指令名稱)之前，加上一個字母 W，表示跟在後面的運算子是以字元(Word)為處理單位。

• 字元的大小要視處理器的資料匯流排(Data Bus)的大小而定。FX2 系列的資料匯流排是 16 位元，因此一個字元等於 16 位元。

- W 字母未以反白表現，意指：此指令碼通常是在處理字元(16 位元)資料，應該將字母應加在運算碼前面。若需處理 32 位元(兩個字元)資料時，則將 W 改換成 D 字母加到運算碼前面。

2. ON 動作(連續執行)／正緣觸發動作(脈波執行一次)

- (1)在運算碼後面加上字母 P，表示該指令是以輸入狀態的正緣觸發啟動(由 OFF→ON 的瞬間脈波產生一次動作)。指令圖的脈波執行功能區，若註明  符號時，表示該指令與掃描執行方式無關。
- (2)在運算碼後面不加任何字母，表示該指令是以輸入狀態為 ON 時啟動(動作時間等於 ON 的狀態維持時間，會連續掃描與執行)。
- (3)使用 XCH(交換)、INC(加一)、DEC(減一)指令時，必須使用正緣觸發脈波啟動，運算碼後面應加字母 P，否則在程式掃描時會產生連續動作。為了提醒讀者注意，在指令運算碼圖表右上角特別加註  符號，以提高讀者警覺，避免使用時疏忽出錯。

二、位元處理型元件／字元處理型元件

- (1)位元處理型元件：只能以單點 ON/OFF 處理資料的元件。如：X、Y、M、S 元件均屬之。
- (2)字元處理型元件：能夠一次處理 16 位元資料的元件。如：T、C、D、V、Z 元件均屬之。
 - ▶處理字元的指令，它的處理對象也必定是字元處理型的元件。假若處理對象是位元處理型元件，則須透過"位數"符號 Kn 指定。
 - ▶所謂位數是指"BCD 碼的位數"，BCD 碼 1 位數是 4 個 bit(位元)。
K1：1 位數(4 位元)，K2：2 位數(8 位元)，K3：3 位數(12 位元)。
K4：4 位數(16 位元)，•••K8：8 位數(32 位元)。
 - ▶K1M0 表示：M0、M1、M2、M3。
K2S1 表示：S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8。
K3X0 表示：X0~X7、X10~X13 共 12 個位元處理型元件。
K4Y0 表示：Y0~Y7、Y10~Y17 共 16 個位元處理型元件。
 - ▶16 位元的運算碼，它的運算子的位元型處理元件，經指定為 K1、K2、K3、K4 時，都可以加以處理。然未被指定的剩餘位元，則全被視為 0 (OFF)。
 - ▶32 位元的運算碼，它的運算子的位元型處理元件，經指定為 K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7、K8 時，都可以加以處理。然未被指定的剩餘位元，則全被視為 0 (OFF)。

3-2 應用指令的使用方法

FX2 的應用指令共有八十七個(FX2N 更多達 128 個)，由於內容太多，限於篇幅，本書僅就通用部分列舉 29 個指令，以及 FX2N、FX1N(S)機型上使用的時間處理指令 6 個、接點輸出型的比較指令 18 個，分別介紹使用方法如下：(其他指令則表列於附錄提供檢索參考)

另外有七個與指標有關的指令：CJ、CALL、SRET、IRET、EI、DI、FEND 則請翻回第 1 章 1-2.9 指標(P、I)，在那有非常詳盡的說明與應用範例解說。

3-2.1 通用部分指令

共 29 個指令，除 ROR、ROL、ANS、ANR 四個(旋轉、警報點)指令在 FX1N(1S)機型上無法使用外，其他指令 FX1N(S)、FX2、FX2N 均可通用。

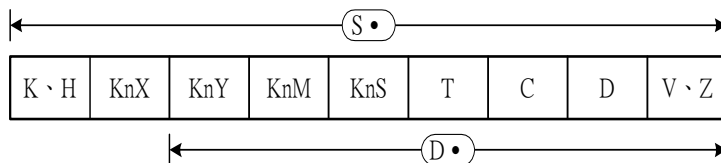
一、資料傳送指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR ROL	SFWR	BCD BIN	ANS	ADD SUB	WOR WAND
BMOV			ZCP		PLSY	SFTR SFTL		SFRD		DECO ENCO	ANR

指令名稱 (運算碼)			功能說明	運算子
	MOV (FNC 12)	P	資料傳送	(S•) (D•)
×	BMOV (FNC 15)	P	區塊資料傳送	(S•) (D•) n

(一) MOV 〈Move、資料傳送〉

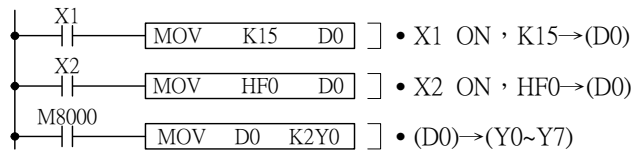
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

將 (S•) 的內容傳送到 (D•)。

3. 使用範例：

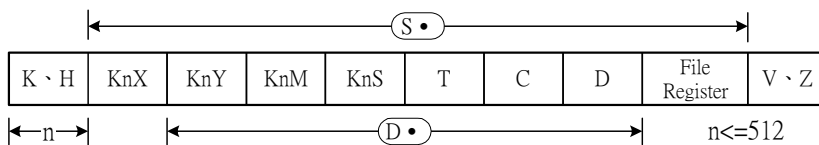


說明 (1)X1 ON 時，十進位數字 15 傳送到資料暫存器 D0。接著再轉傳送到輸出 K2Y0(Y0~Y7)。此時，Y0~Y3 ON。Y4~Y7 OFF。X1 OFF 時，傳送的内容不會變化。

(2)X2 ON 時，十六進位數字 F0 傳送到資料暫存器 D0，接著再轉傳送到輸出 K2Y0(Y0~Y7)。此時，Y0~Y3 OFF。Y4~Y7 ON。X2 OFF 時，傳送的内容不會變化。

(二) BMOV 〈Block Move、區塊資料傳送〉

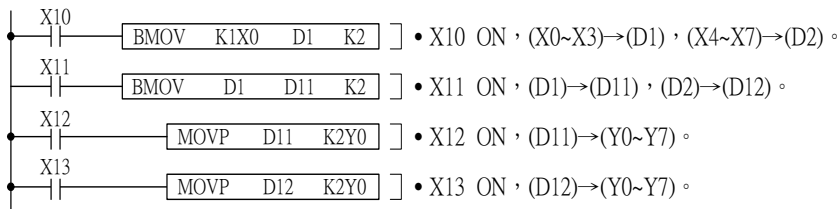
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

將 (S·) 所指定及接續共 n 個元件的内容，傳送到 (D·) 所指定及接續共 n 個元件上。(n→n 傳送)

3. 使用範例：



說明 (1)不同類元件之間可以相互傳送，如：

X10 ON，(K1X0)→(D1)、(K1X4)→(D2)。

(2)同類元件之間可以相互傳送，如：

X11 ON，(D1)→(D11)、(D2)→(D12)。

(3)資料傳送完成後，來源運算子的指定使用元件，資料如未被覆蓋，它的內容不會改變。

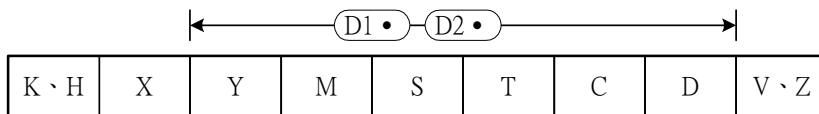
(4)傳送資料的來源與目的地使用元件有重疊時，資料仍然可以正確無誤傳送完成。

二、區塊復歸指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

指令名稱 (運算碼)	功能說明	運算子
ZRST × (FNC 40)	區塊全部復歸	(D1•) (D2•)

1. 運算子的指定使用對象：



(D1•) 號碼 ≤ (D2•) 號碼(須指定同類元件)

2. 動作描述：

將 (D1•) 到 (D2•) 範圍中，所有元件內容全部清除變成 0。

3. 使用範例：



說明 (1)X1 ON，Y0~Y7 全部 ON。X1 OFF，Y0~Y7 仍保持 ON 的狀態。

(2)X2 ON，將 Y0~Y7 全部清除為 0，Y0~Y7 全部 OFF。

(3)也可以使用 `MOV K0 K2Y0` 替代 `ZRST Y0 Y7`。

(4)字元處理型元件 C，同樣可以使用 `FMOV K0 C1 K3` 以及

`ZRST C1 C3` 將 C1~C3 計數器的現在值全部清除為 0。

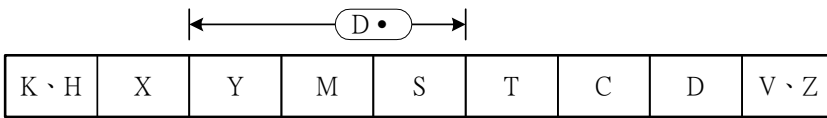
字元處理型元件 D、T，也可以相同方法處理。

三、單 ON 雙 OFF 指令

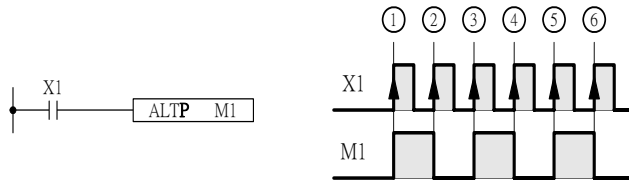
MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

指令名稱 (運算碼)	功能說明	運算子
ALT × (FNC 66) P	單ON雙OFF	(D•)

1. 運算子的指定使用對象：

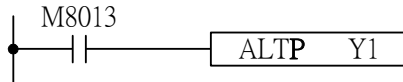


2. 動作描述：



當 X1 第一次 ON→M1 ON。X1 第二次 ON→M1 OFF。X 第三次 ON→M1 ON。也就是說：X1 奇數次 ON 時，M1 ON；偶數次 ON 時，M1 OFF。

3. 使用範例：



說明 (1) M8013 為系統提供週期 1 秒的時鐘脈波(0.5S ON / 0.5S OFF)。

(2) Y1 輸出為週期 2 秒的時鐘脈波(1S ON / 1S OFF)。

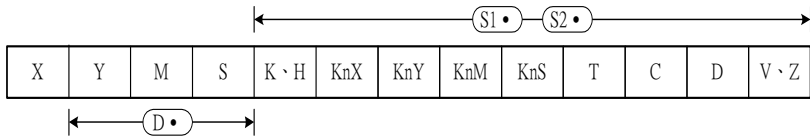
四、比較指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

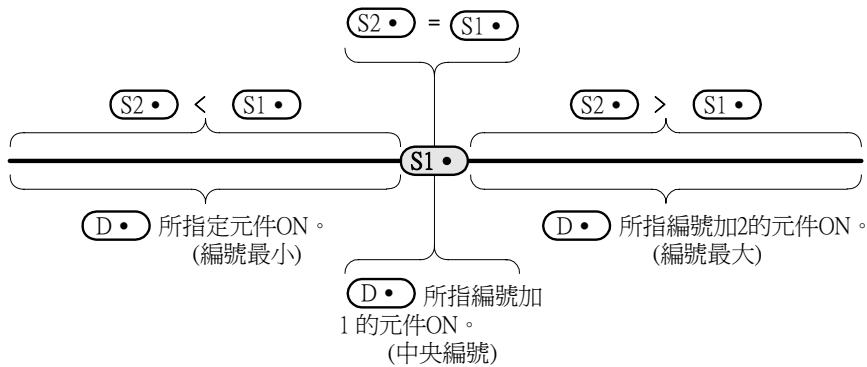
指令名稱 (運算碼)	功能說明	運算子
CMP (FNC 10)	定點比較	(S1 •) (S2 •) (D •)
ZCP (FNC 11)	區間比較	(S1 •) (S2 •) (S •) (D •)

(一) CMP 〈Compare、定點比較〉

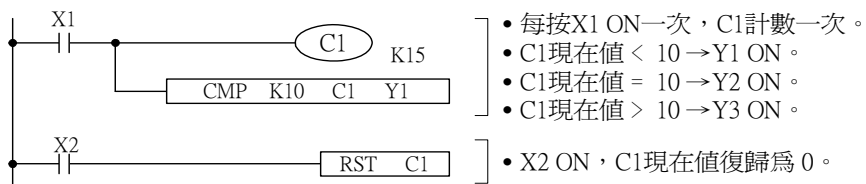
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



3. 使用範例：



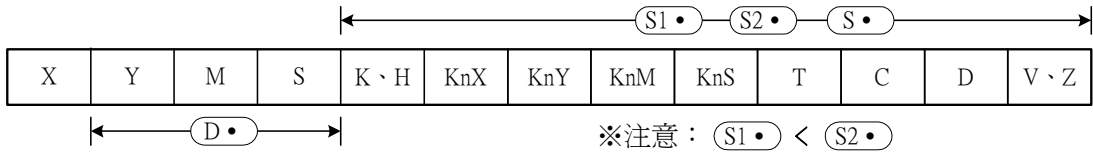
- 每按X1 ON一次，C1計數一次。
- C1現在值 < 10 → Y1 ON。
- C1現在值 = 10 → Y2 ON。
- C1現在值 > 10 → Y3 ON。
- X2 ON，C1現在值復歸為0。

說明 (1)使用 32 位元的元件，如：加/減算計數器(C200~C219)時，指令碼前要加字母 D。

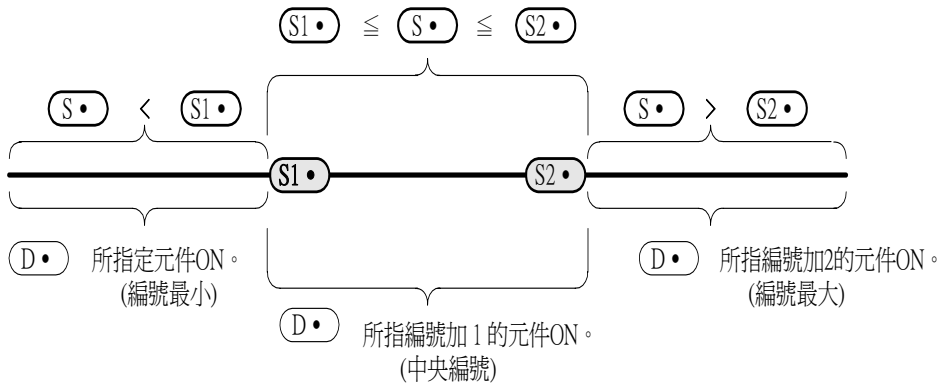
(2) X1 OFF 時，CMP 不被執行，Y1~Y3 不會變化。

(二) ZCP 〈Zone Compare、區間比較〉

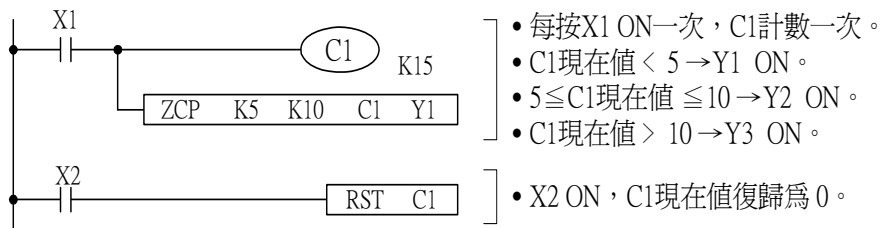
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



3. 使用範例：



說明 (1) 使用 32 位元的元件，如：加/減算計數器(C200~C219)時，指令碼前
要加字母 D。

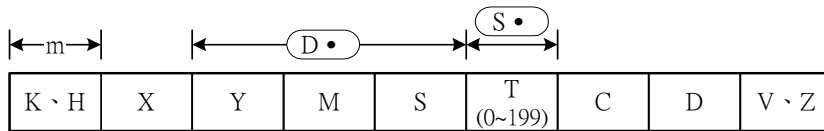
(2) X1 OFF 時，ZCP 不被執行，Y1~Y3 不會變化。

五、特殊計時器指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

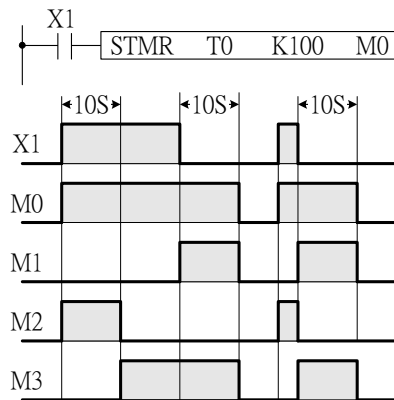
指令名稱 (運算碼)		功能說明	運算子
×	STMR (FNC 65)	×	特殊計時器
			(S·) (D·) m

1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

STMR 具有通電延遲、斷電延遲的計時功能。

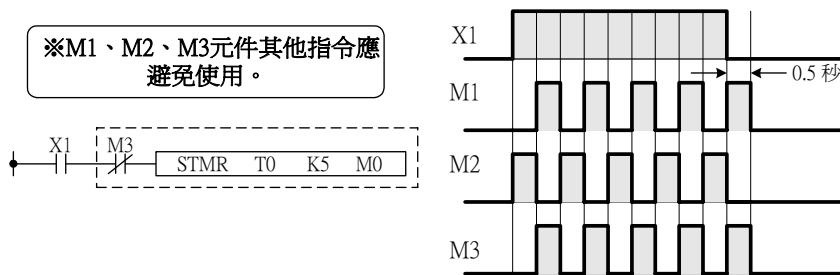


X1 ON時，執行STMR指令，當作ON(OFF)-Delay計時器使用。

- M0：斷電延時 a 接點。
- M1：X1 由ON→OFF時，產生 One-Shot動作。
- M2：通電延時 b 接點。
- M3：通電、斷電延時a 接點。

3. 使用範例：

串接 M3 的 b 接點，M1、M2、M3 接點可以作為閃爍輸出。如下圖：



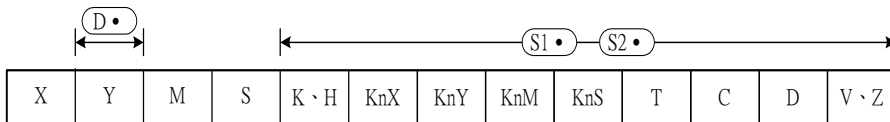
六、脈波指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

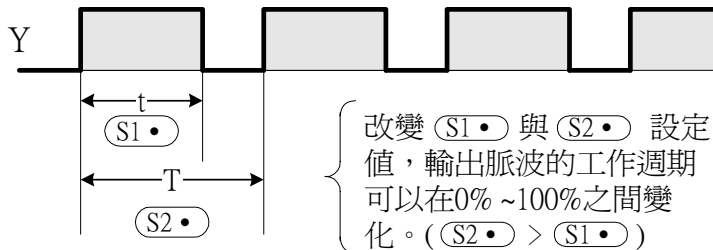
指令名稱 (運算碼)		功能說明	運算子
X	PWM (FNC 58)	脈波寬度調變	(S1 •) (S2 •) (D •)
D	PLSY (FNC 57)	Y 脈波輸出	(S1 •) (S2 •) (D •)

(一) PWM 〈Pluse Width Modulation、脈波寬度調變〉

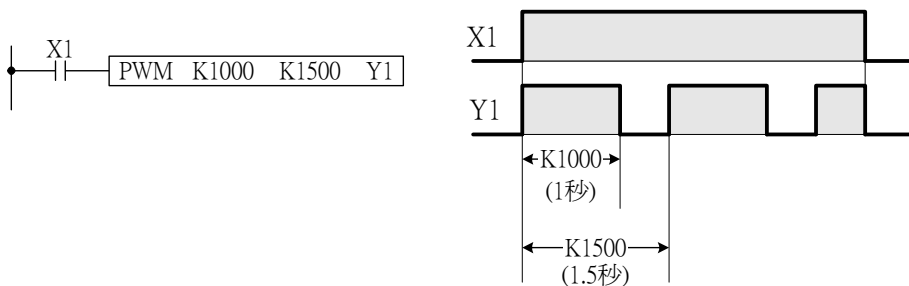
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



3. 使用範例：

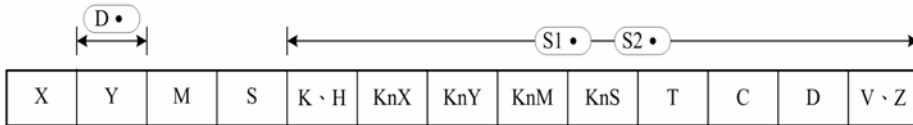


說明 (1)X1 ON，Y1 以 ON 1S / OFF 0.5S 的週期閃爍動作。 X1 OFF，輸出 Y1 OFF。

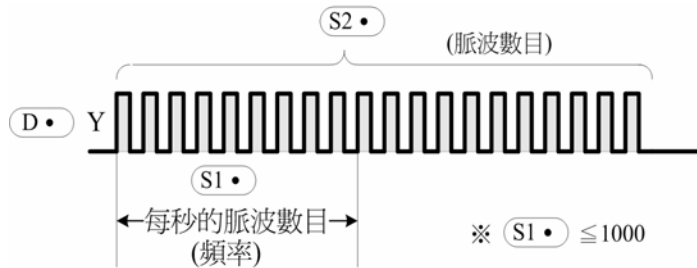
- (2)只能使用一次，如果須多次使用時，可以配合 V、Z，作間接指定。
- (3)階梯圖內不能再有(OUT Y1)出現，否則會造成雙重輸出問題。
- (4)FX2N 機型：**(D•)** 限定使用高速輸出元件 Y0、Y1。FX3U 機型：**(D•)** 限定使用高速輸出元件 Y0、Y1、Y2。

(二) **PLSY** 〈Pluse Y、Y 脈波輸出〉

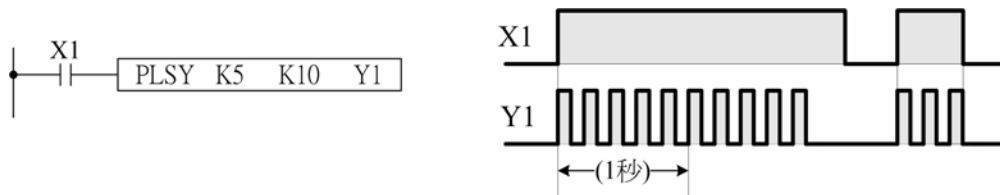
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



3. 使用範例：



- 說明**
- (1)X1 ON，Y1 每秒輸出 5 個脈波，共輸出 10 個脈波後停止，M8029=ON。
 - (2)送出脈波途中，X1 OFF，脈波立即停止(Y1 OFF)。X1 再次 ON 時，脈波從 0 開始計數。
 - (3)當 **S2•** 設定為 0 時，Y1 輸出連續脈波，除非 X1 OFF，否則不會停止。
 - (4)只能使用一次，如果須多次使用時，可以配合 V、Z，作間接指定。
 - (5)**S1•** 的內容可由程式執行變更，**S2•** 則無法以程式執行變更。
 - (6)FX2N、FX3U 機型：**(D•)** 限定使用高速輸出元件 Y0、Y1。

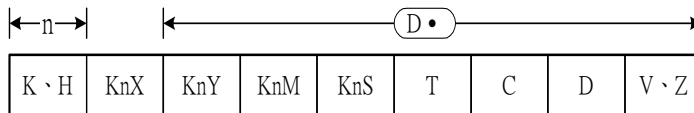
七、旋轉、移位指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

指令名稱 (運算碼)		功能說明		運算子	
D	ROR (FNC 30)	P	位元右旋	(D•)	n
D	ROL (FNC 31)	P	位元左旋	(D•)	n
X	SFTR (FNC 31)	P	位元右移	(S•) (D•)	n1 n2
X	SFTL (FNC 35)	P	位元左移	(S•) (D•)	n1 n2

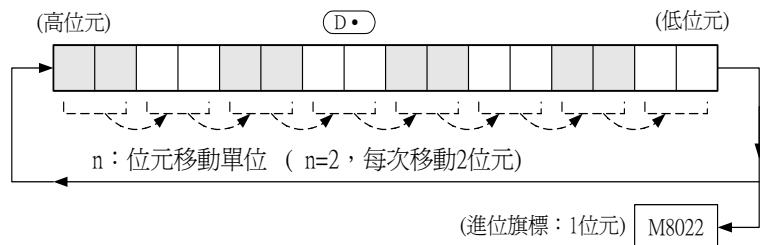
(一) ROR 〈Rotation Right、位元右旋〉

1. 運算子的指定使用對象：



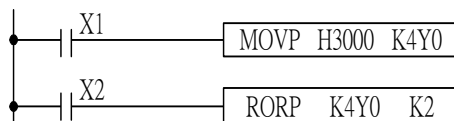
2. 動作描述：

(1)將字元處理型輸出元件的位元資料向右旋轉，如下圖：



(2)只能處理 16 及 32 位元資料，所以指定 M、Y、S 元件位數時，須使用 K4 或 K8 才有效。例如：K4Y0(16 位元)、K8M0(32 位元)。

3. 使用範例：

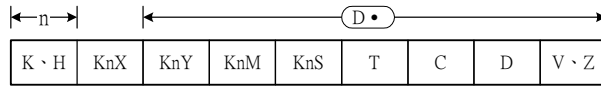


說明 (1) X1 ON，(Y17~Y0)=1100 0000 0000 0000。

(2) X2 每一次由 OFF→ON，(Y17~Y0) 右旋兩個位元。

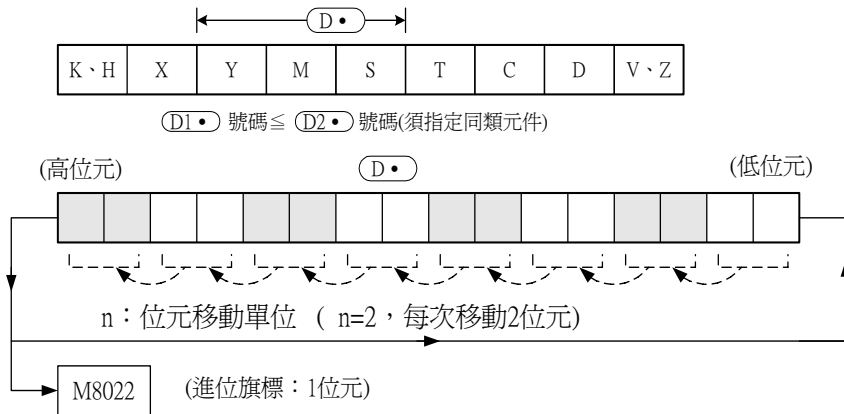
(二) ROL 〈Rotation Left、位元左旋〉

1. 運算子的指定使用對象：



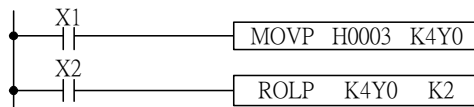
2. 動作描述：

(1)將字元處理型輸出元件的位元資料向左旋轉，如下圖：



(2)只能處理 16 及 32 位元資料，所以指定 M、Y、S 元件位數時，須使用 K4 或 K8 才有效。例如：K4Y0(16 位元)、K8M0(32 位元)。

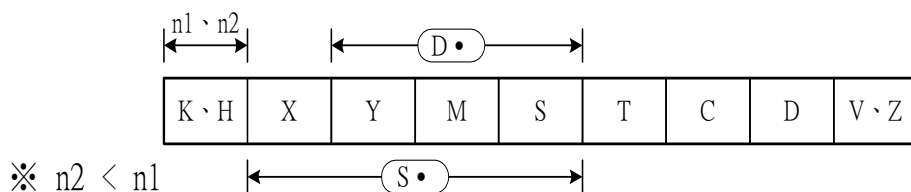
3. 使用範例：



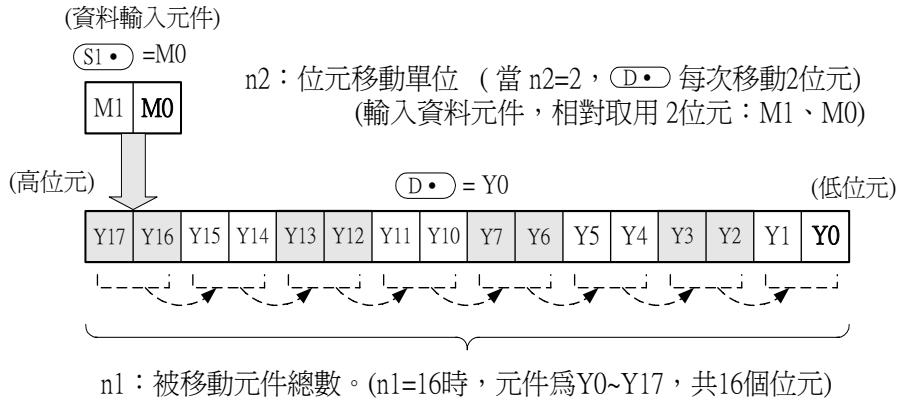
- 說明** (1) X1 ON，(Y17~Y0)=0000 0000 0000 0011。
 (2) X2 每一次由 OFF→ON，(Y17~Y0) 左旋兩個位元。

(三) SFTR 〈Shift Right、位元右移〉

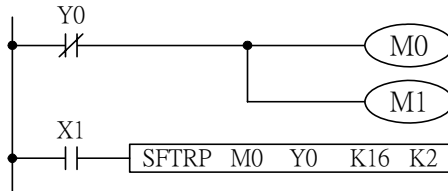
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



3. 使用範例：

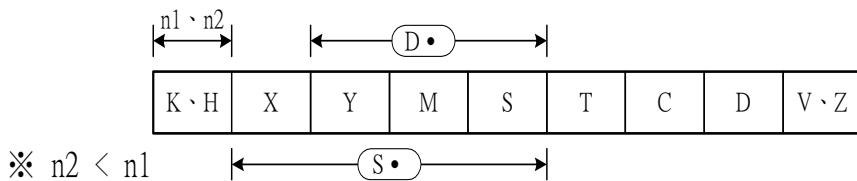


說明 (1)資料位元為 M1、M0。被移位元件：Y0~Y17 共 16 位元。每次移 2 個位元。

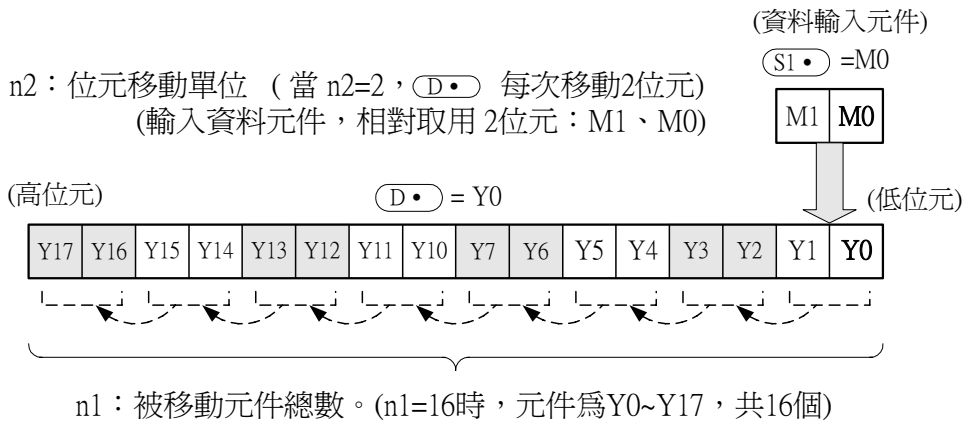
(2)程式執行，Y17、Y16 ON。每次 X1 由 OFF→ON 時，右移兩位 ON，直至 Y17~Y0 全部 ON(此時資料位元 M1、M0 OFF)，接著右移兩位 OFF，直至 Y17~Y0 全部 OFF，又重新開始，循環不斷。

(四) SFTL 〈Shift Left、位元左移〉

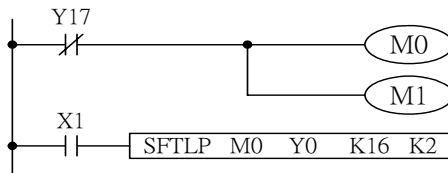
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



3. 使用範例：



說明 (1)資料位元為 M1、M0。被移位元件：Y0~Y17 共 16 位元。每次移 2 個位元。

(2)程式執行，Y17、Y16 ON。每次 X1 由 OFF→ON 時，左移兩位 ON，直至 Y17~Y0 全部 ON(此時資料位元 M1、M0 OFF)，接著左移兩位 OFF，直至 Y17~Y0 全部 OFF，又重新開始，循環不斷。

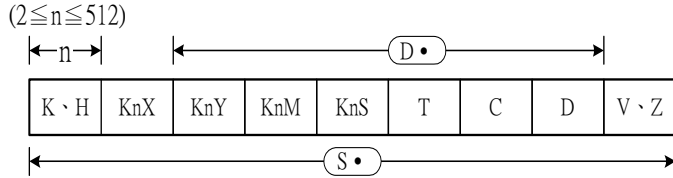
八、 移位寫入、讀出指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	SFTR		SFRD		BIN	SUB
						SFTL		DECO	ANR	MUL	WXOR
								ENCO		DIV	CML

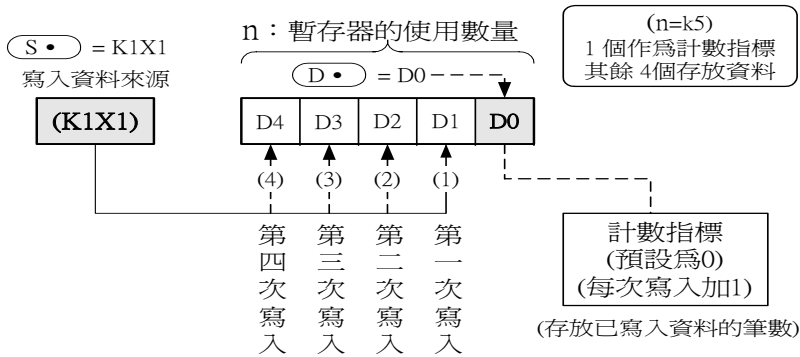
指令名稱 (運算碼)	功能說明	運算子
SFWR (FNC 38)	暫存器移位寫入	$(S \bullet)$ $(D \bullet)$ n
SFRD (FNC 39)	暫存器移位讀出	$(S \bullet)$ $(D \bullet)$ n

(一) SFWR 〈Shift Register Write、暫存器移位寫入〉

1. 運算子的指定使用對象：



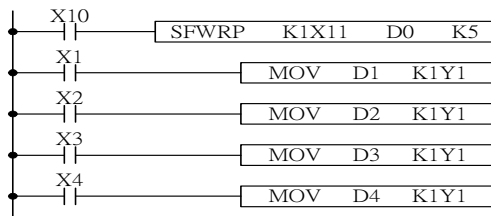
2. 動作描述：



每次執行 SFWR 指令時：

- (1) (S·) 元件的內容送到 (D·) 元件的下一編號元件內，D0 內容加 1。
- (2) 當 D0=(n-1) 時，表示資料已滿，此時再次執行本指令時，進位旗標 M8022=ON，指令執行不會產生任何作用，維持原先狀態不變。

3. 使用範例：

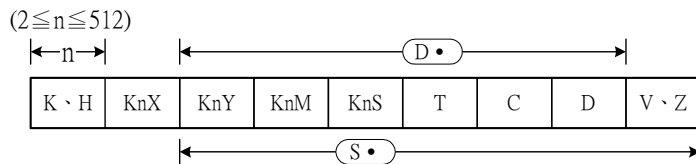


說明

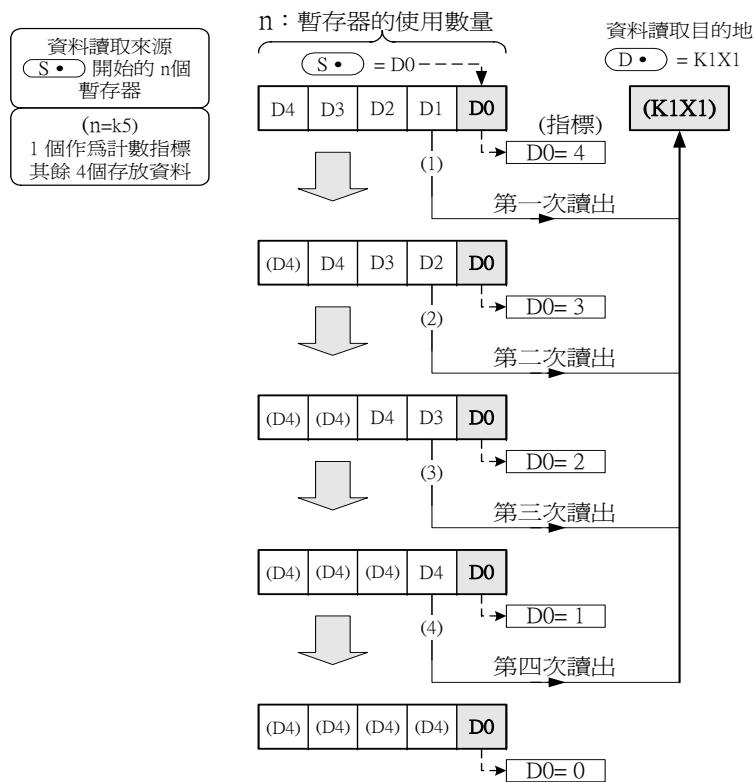
- (1) K1X11(X11、X12、X13、X14)係資料輸入來源。
- (2) 事先將(X11、X12、X13、X14)設定妥當後，X10 由 OFF→ON，K1X11 設定的狀態會依序寫入 D1、D2、D3、D4 暫存器內(n=K5，總共可寫四筆資料)。
- (3) X1 ON，可以顯示第一筆資料狀態。X2 ON，可以顯示第二筆資料狀態。X3 ON，可以顯示第三筆資料狀態。X4 ON，可以顯示第四筆資料狀態。

(二) SFRD 〈Shift Register Read、暫存器移位讀出〉

1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

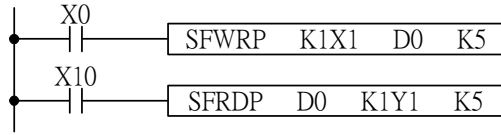


每次執行 SFRD 指令時：

- (1) 將 (S·) 所指定元件的下一編號元件內容取出，送到 (D·) 所指定元件內。
 - 計數指標暫存器(如圖 D0)減一。
 - 除計數指標暫存器外，其餘的暫存器元件全部右移一位。
(※末尾的暫存器內容維持不變)
- (2) 當計數指標暫存器 D0=0 時，零旗標 M8020=ON。執行 SFRD 指令不會產生任何作用，狀態維持不變。
(※此時：指標除外的所有暫存器內容均相同)

3. 使用範例：

(先入先出控制)



說明

(1)事先將 K1X1(X1、X2、X3、X4)設定妥當後，X0 由 OFF→ON，K1X1 設定的狀態會依序寫入 D1、D2、D3、D4 暫存器內 (n=K5，總共可寫四筆資料)。

(2)X10 第一次由 OFF→ON，將 D1 的內容讀出，由 K1Y1(Y1、Y2、Y3、Y4)輸出。X10 第二次由 OFF→ON，將 D2 的內容讀出，由 K1Y1(Y1、Y2、Y3、Y4)輸出。X10 第三次由 OFF→ON，將 D3 的內容讀出，由 K1Y1(Y1、Y2、Y3、Y4)輸出。X10 第四次由 OFF→ON，將 D4 的內容讀出，由 K1Y1(Y1、Y2、Y3、Y4)輸出。

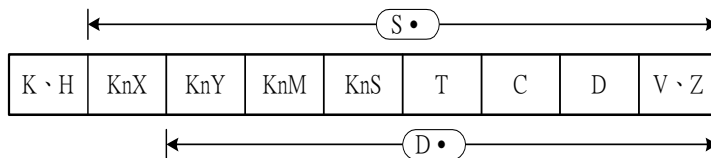
九、數碼變換指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR ROL	SFWR	BCD BIN	ANS	ADD SUB	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	SFTR SFTL		SFRD		DECO ENCO	ANR

指令名稱 (運算碼)		功能說明	運算子		
×	SFWR (FNC 38)	暫存器移位寫入	(S•)	(D•)	n
×	SFRD (FNC 39)	暫存器移位讀出	(S•)	(D•)	n

(一)BCD 〈Binary Code To Decimal、二進位碼→十進位碼〉

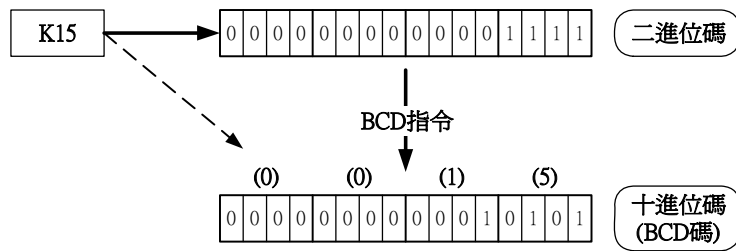
1. 運算子的指定使用對象：



※使用 16 位元指令(BCD、BCDP)時，要使 (D•) 變換的結果為 4 位數，亦即要在 0~9999 範圍之中。

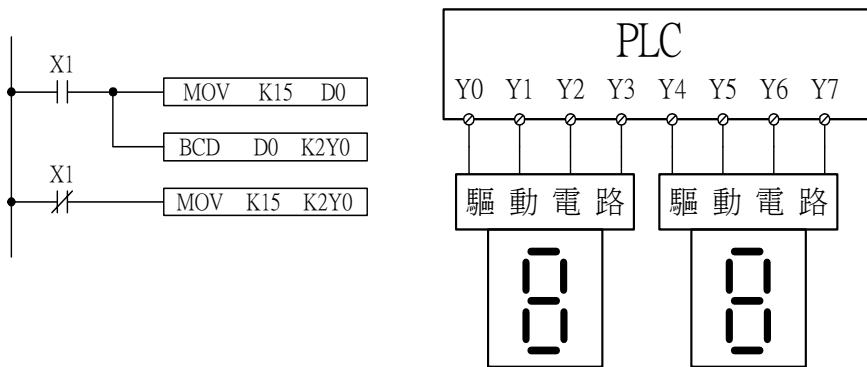
※使用 32 位元指令(DBCD、DBCDP)時，要使 (D•) 變換的結果為 8 位數，亦即要在 0~99999999 範圍之中。

2. 動作描述：



※常數 K、H 會自動轉成二進位碼(BIN)，不能"直接"指定轉換 BCD 碼。

3. 使用範例：



說明 (1)X1 OFF 時，十進位數 15 經系統直接轉成二進位數 00001111 傳給

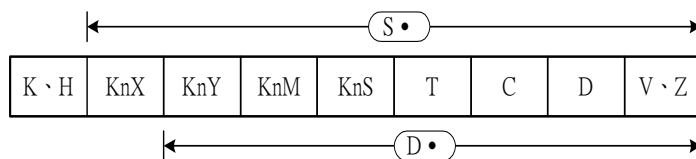
K2Y0(Y0~Y7)，(Y0~Y3)=ON 七節顯示器顯示"0H"。

(2)X1 ON 時，十進位數 15 經指令轉成 BCD 碼 00010101 傳給

K2Y0(Y0~Y7)。Y4=ON、Y2=ON、Y0=ON，七節顯示器顯示"15"。

(二) BIN 〈Binary、十進位碼→二進位碼〉

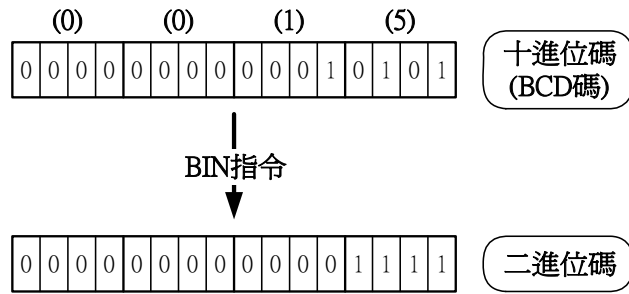
1. 運算子的指定使用對象：



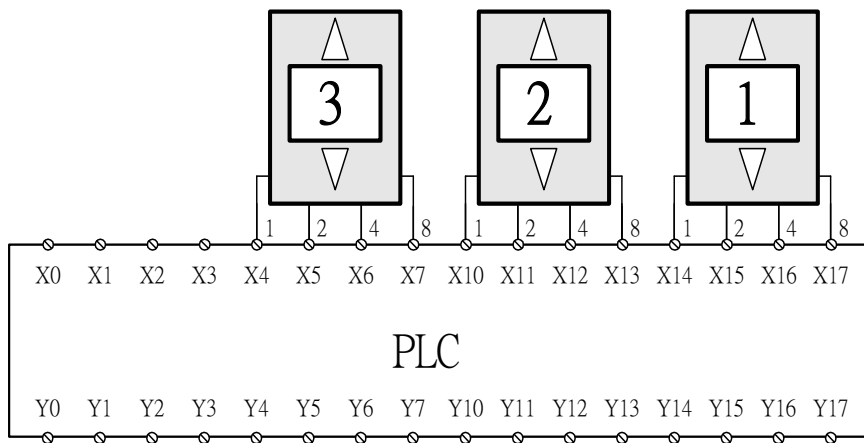
※使用 16 位元指令(BIN、BINP)時，(S·) 的數值要在 0~9999 範圍之中。

※使用 32 位元指令(DBIN、DBINP)時，(S·) 的數值要在 0~99999999 範圍之中。

2. 動作描述：



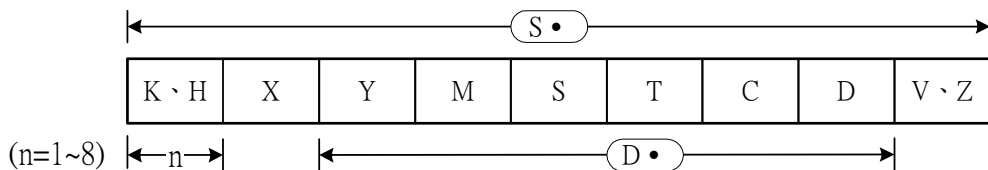
3. 使用範例：



- 說明** (1) 每一個指撥(數字)開關的輸出四條線，是二進位碼，但只有 0~9 十個數字，是屬於 BCD 碼。
- (2) X1 ON，由三個指撥(數字 1、2、3)開關輸入的 K3X4 (X4~X17) 經 BIN 指令轉成"純二進位碼" 0000 0111 1011 後，由 K3Y0 (Y0~Y17) 輸出。亦即：Y6=ON、Y5=ON、Y4=ON、Y3=ON、Y1=ON、Y0=ON。

(三) DECO 〈Decode、解(二進位)碼〉

1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

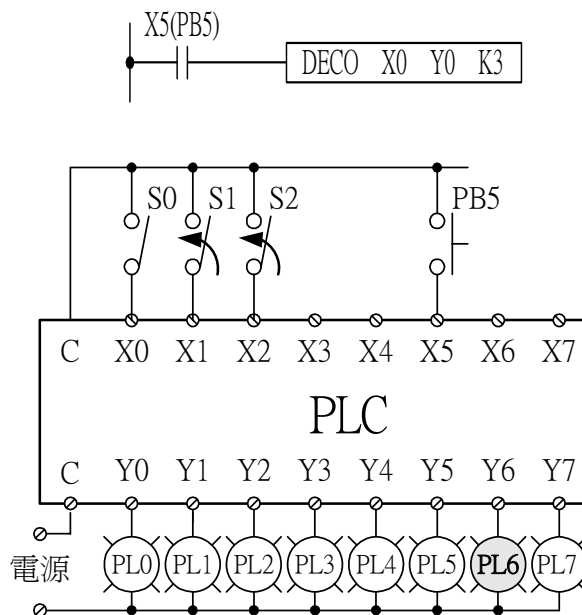
- (S •) (n 位元"二進位碼") → (D •) (2ⁿ 個"十進位指示")
- 以 4 位元"二進位碼"為例，它的解碼邏輯狀態(真值表)如下：

(S •) : (n=4) → (D •) : (2ⁿ=2⁴=16 個)

二進位碼				十進位指示															
S3	S2	S1	S0	Y15	Y14	Y13	Y12	Y11	Y10	Y9	Y8	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	0	0																1
0	0	0	1															1	
0	0	1	0													1			
0	0	1	1												1				
0	1	0	0											1					
0	1	0	1											1					
0	1	1	0										1						
0	1	1	1										1						
1	0	0	0								1								
1	0	0	1							1									
1	0	1	0						1										
1	0	1	1					1											
1	1	0	0				1												
1	1	0	1			1													
1	1	1	0		1														
1	1	1	1	1															

※ 空白處為"0"。

3. 使用範例：



說明 (1) $n=3$ ，將 X0 開始的三個位元(X0、X1、X2)的輸入狀態，解碼成由 Y0 開始的八個元件(Y0、Y1、Y2、Y3、Y4、Y5、Y6、Y7)之一輸出。

(※ $2^3=8$)

(2)如上圖(右)，S2 ON、S1 ON 下，按 PB5(X5)→PL6(Y6)=ON。

▶使用 DECO 指令時，**(D•)** 若指定使用位元處理型的元件(如 M、S)時，會佔用掉 2^n 個元件，這成串元件其他指令應該避免再使用。

▶▶**(S•)** 若指定使用 K、H 常數時，會先轉成二進碼，再執行解碼處理。

▶▶▶**(D•)** 若指定使用 T、C、D 等數值型暫存器，解碼後，十進位指示的相對位元為"1"，其他位元則為"0"。

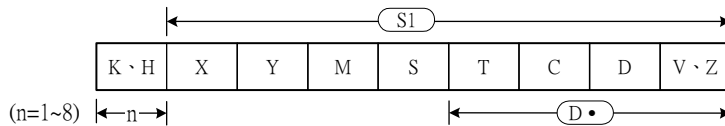
例如：**DECO H0C D0 K4**是將 0000 1100 低四位元解碼為 12，也就是說 D0 的"十進位指示"為：編號 12 的位元 (bit12)="1"，其他位元為"0"，所以指令執行後， $D0=2^{12}=4096$ 。

因此，T、C、D 的 n 值不得大於 k4。

※**(S•)** **(D•)** 指定的 T、C，是指：計時器、計數器的"現在值"暫存器。

(四) ENCO 〈Encode、編(二進位)碼〉

1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

• **(S•)** (2^n 個"十進位指示")→**(D•)** (n 位元二進位碼)

• 以 8 個"十進位數指示"為例，它的編碼邏輯狀態(真值表)如下：

$(S \bullet) : (8 \text{ 個} = 2^3 \text{ 個}) \rightarrow (D \bullet) : (n=3)$

十進位指示								二進位碼		
Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	S2	S1	S0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	×	0	0	1
0	0	0	0	0	1	×	×	0	1	0
0	0	0	0	1	×	×	×	0	1	1
0	0	0	1	×	×	×	×	1	0	0
0	0	1	×	×	×	×	×	1	0	1
0	1	×	×	×	×	×	×	1	1	0
1	×	×	×	×	×	×	×	1	1	1

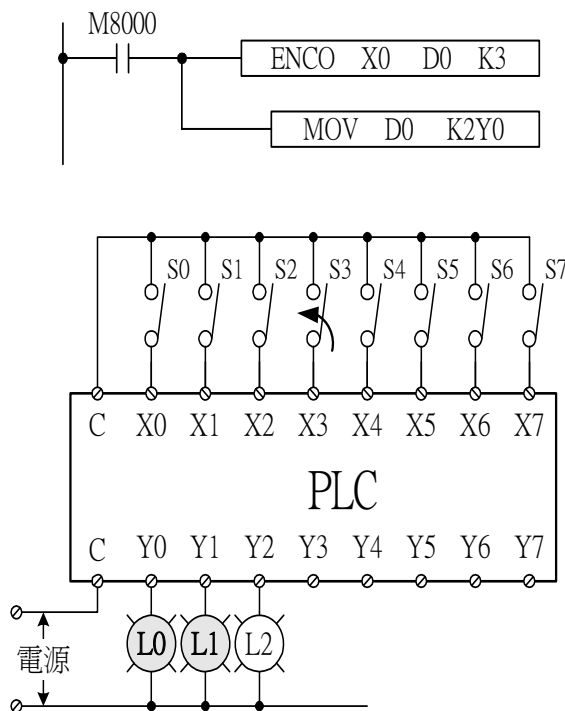
▶ 採取"大的優先"編碼方式。(×表示 don't care：表示"0"、"1"均可)

例如：• Y3 ON，編成二進碼→(S2、S1、S0)=011。

• Y3 ON、Y2 ON，還是編成二進碼→(S2、S1、S0)=011。

▶▶ 使用 ENCO 指令時， $(S \bullet)$ 若指定使用位元處理型的元件(如 M、S)時，會佔用掉 2n 個元件，這成串元件其他指令應該避免再使用。

3. 使用範例：

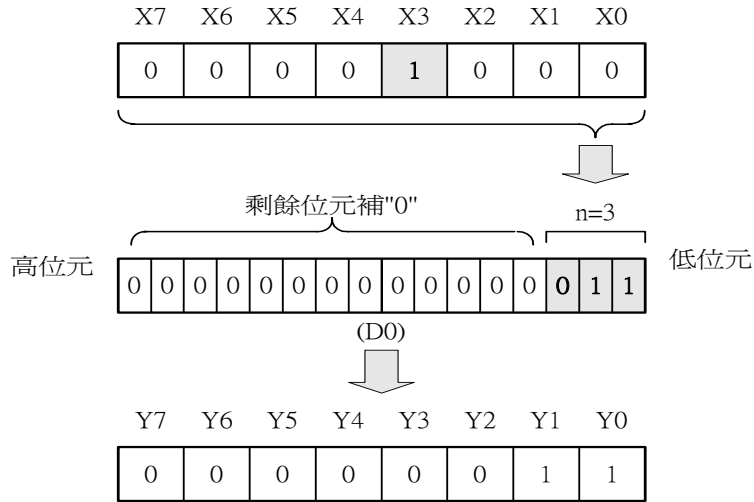


說明 因為 $n=k3$ ，所以要以資料暫存器 D0 的低 3 位元編成二進位碼：

(1)如上圖，S3 ON，編碼變成→011，送到 16 位元資料暫存器 D0，因

此 D0=0000 0000 0000 0011。

(2)再以 **MOV D0 K2Y0**，將 D0→K2Y0(Y0~Y7)，因此，Y1=ON、Y0=ON。(※ **(D•)** 不能直接指定→Y、M、S 元件。)



(3)兩個以上的輸入開關 ON 時，以編號大的優先大。如 S3、S5、S6 都 ON 時，Y2=ON、Y1=ON。

十、警報點指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

指令名稱 (運算碼)	功能說明	運算子
ANS (FNC 46)	啟動警報點	(S•) m (D•)
ANR (FNC 47)	關閉警報點	(無)

(一) ANS 〈Annunciator Set、啟動警報點〉

1. 運算子的指定使用對象：

(S•) : T0~T199 (D•) : S900~S999

2. 動作描述：



當 X1 (可視為故障信號的檢測輸入) ON 時：

(1) X1 ON 的狀態持續超過 (S•) 所指定元件(T2)的設定時間(10 秒)→ S902=ON，且警報點的號碼存入 D8049 暫存器中。

- PLC 維護工作人員查 D8049 的內容即可迅速了解故障原因。

(要先啟動 M8049，才可以用 D8049 監視警報點的號碼)

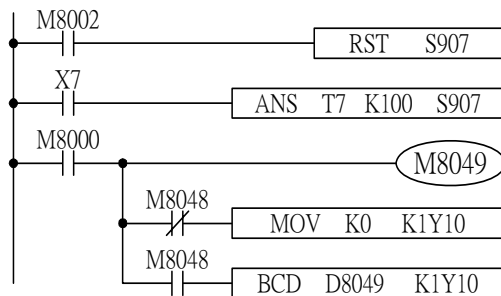
- 兩個以上故障同時產生時，D8049 顯示較小號碼的警報點。

- S900~S999 均不動作(OFF)，D8049= -1。

(2)在 (S•) 所指定元件(T2) 的計時時間內，X0 由 ON 變成 OFF，則 S902 不動作(OFF)，計時器的內容(現在值)也被復歸為 0。

(3) S900~S999 之中，有任一警報點 ON，特殊繼電器 M8048 =ON。

3. 使用範例：



說明 (1) X7 作為故障檢測輸入信號：

- X7 ON，在 10 秒內，X7 恢復為 OFF，S907 不動作。故障碼顯示 "0"，亦即 K1Y10 (Y13、Y12、Y11、Y10)=(0000)。

- X7 ON，10 秒後，X7 仍保持 ON 的狀態時，S907 ON，故障碼顯示 "7"，亦即 K1Y10 (Y13、Y12、Y11、Y10)=(0111)。

(2)應先使 M8049=ON，才能從 D8049 得到產生動作的警報點號碼。

(3)由於 S900~S999 不動作時，D8049= -1，因此：

- 利用警報點動作旗標 M8048 的 b 接點，令輸出 (Y13、Y12、Y11、Y10)=(0000)。

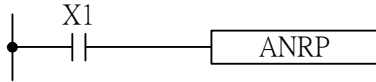
- 利用警報點動作旗標 M8048 的 a 接點，配合 BCD 指令將內部二進碼資料轉成 BCD 碼，使輸出 (Y13、Y12、Y11、Y10)=(0111)。

(4)由於 S907 係停電保持型元件，所以在重新啟動時，須以起始脈波 M8002 關閉 S907。

(二) ANR 〈Annunciator Reset、關閉警報點〉

1. 運算子的指定使用對象：(無)

2. 動作描述：

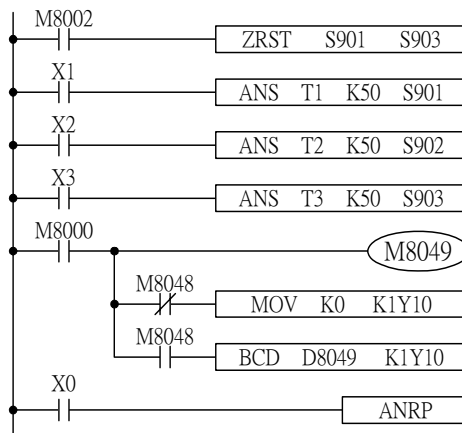


(1) 當 X1 OFF→ON 時，已動作的警報點會被依序關閉(OFF)。每次只關閉一個警報點(D8049 所顯示的警報點)。

(2) 兩個以上警報點動作時，D8049 顯示最小號碼的警報點，以 ANR 指令關閉該警報點後，D8049 會顯示下一個較小號碼的警報點。

(3) 若需一次關閉所有警報點，可以使用 `ZRST S900 S999` 指令，此時，D8049 的內容會被完全清除(D8049= -1)。

3. 使用範例：



說明 (1) X1、X2、X3 作為故障檢測輸入信號：

a. X1、X2、X3 全部 OFF 時，S901~S903 不動作，M8048 的 b 接點導通，故障碼顯示"0"，亦即 KIY10 (Y13、Y12、Y11、Y10) = (0000)。

b. X1 或 X2 或 X3 ON，但在 5 秒內，未恢復為 OFF 狀態時 S901~S903 動作，M8048=ON，M8048 的 a 接點導通：

- X1 ON，S901 ON，故障碼顯示 "1"，亦即：

KIY10 (Y13、Y12、Y11、Y10) = (0001)。

- X2 ON，S902 ON，故障碼顯示 "2"，亦即：

KIY10 (Y13、Y12、Y11、Y10) = (0010)。

- X3 ON，S903 ON，故障碼顯示 "3"，亦即：
KIY10 (Y13、Y12、Y11、Y10) = (0011)。
- 兩個以上 ON 時，故障顯示較小號碼
(例如：X1、X2、X3 全都 ON 時，顯示 "1")。

- (2)應先使 M8049=ON，才能從 D8049 得到產生動作的警報點號碼。
- (3)X0 由 OFF→ON，關閉 D8049 顯示的警報點，假如還有警報點動作中，D8049 會接著顯示較小號碼的警報點，再令 X0 由 OFF→ON，可以繼續關閉剩餘已動作的警報點。
- (4)由於 S901~S903 係停電保持型元件，所以在重新啟動時，必須利用起始脈波 M8002 關閉 S901~S903。

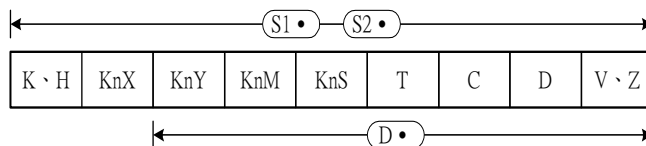
十一、四則運算指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR	SFWR	BCD	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	ROL		BIN		SUB	WAND
						SFTR	SFRD	DECO	ANR	MUL	WXOR
						SFTL		ENCO		DIV	CML

指令名稱 (運算碼)		功能說明	運算子			
D	ADD (FNC 20)	P	(二進位碼)加算	(S1 •)	(S2 •)	(D •)
D	SUB (FNC 21)	P	(二進位碼)減算	(S1 •)	(S2 •)	(D •)
D	MUL (FNC 22)	P	(二進位碼)乘算	(S1 •)	(S2 •)	(D •)
D	DIV (FNC 23)	P	(二進位碼)除算	(S1 •)	(S2 •)	(D •)

1. 運算子的指定使用對象：

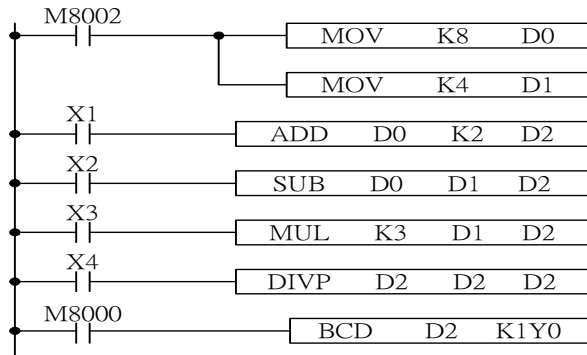
四個指令的指定使用對象完全相同。



2. 動作描述：

ADD	(S1 •) + (S2 •) → (D •)
SUB	(S1 •) - (S2 •) → (D •)
MUL	(S1 •) × (S2 •) → (D •)
DIV	(S1 •) ÷ (S2 •) → (D •)

3. 使用範例：



說明 (1)程式啟動時，D0=K8，D1=K4。

(2)X1 ON， $D2=D0 + K2=8 + 2=10$ 。然後 D2 由 K1Y0(Y0~Y3)輸出。因此，Y3=ON，Y1=ON。

(3)X2 ON， $D2=D0 - D1=8 - 4=4$ 。然後 D2 由 K1Y0(Y0~Y3)輸出。因此，Y2=ON。

(4)X3 ON， $D2=K3 \times D1=3 \times 4=12$ 。然後 D2 由 K1Y0(Y0~Y3)輸出。因此，Y3=ON，Y2=ON。

(5)X4 ON， $D2=D2 \div D2=1$ 。然後 D2 由 K1Y0(Y0~Y3)輸出。因此，Y1=ON。

※(S1) 與 (D) 的指定對象是同一個元件時，要使用脈波執行，如：ADDP D1 D2 D1。

☑ **【補充說明】**

▶ **INC** (Increment、加一)

- INC 指令，應使用脈波執行方式。
- INCP D0 與使用 ADDP D0 K1 D0 指令效用相同。

▶ **DEC** (Decrement、減一)

- DEC 指令，應使用脈波執行方式。
- DECP D0 與使用 SUBP D0 K1 D0 指令效用相同。

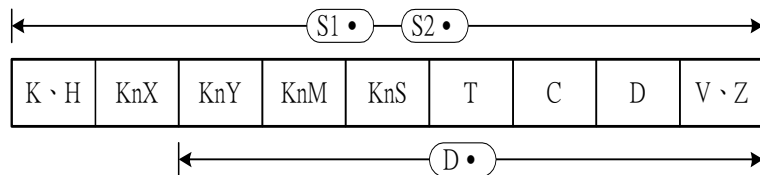
十二、邏輯運算指令

MOV	ZRST	ALT	CMP	STMR	PWM	ROR ROL	SFWR	BCD BIN	ANS	ADD	WOR
BMOV			ZCP		PLSY	SFTR SFTL	SFRD	DECO ENCO		ANR	SUB

指令名稱 (運算碼)			功能說明	運算子
W D	AND (FNC 26)	P	邏輯"及"(AND)運算	(S1 •) (S2 •) (D •)
W D	OR (FNC 27)	P	邏輯"或"(OR)運算	(S1 •) (S2 •) (D •)
W D	XOR (FNC 28)	P	邏輯"互斥或"(XOR)運算	(S1 •) (S2 •) (D •)
	CML (FNC 14)	P	邏輯"反相"(NOT)運算	(S •) (D •)

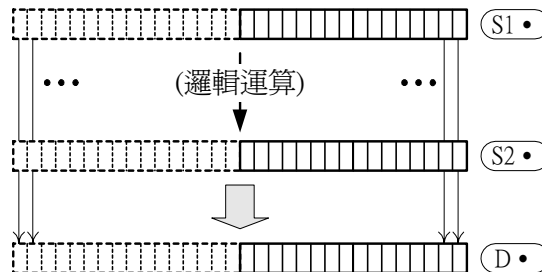
(一) AND、OR、XOR (邏輯"及、或、互斥或"運算)

1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

- (1) (S1 •) 所指定元件 與 (S2 •) 所指定元件之間的每一個相對位元作邏輯 (AND、OR、XOR) 運算處理，結果送入 (D •) 所指定的元件中。如下圖：



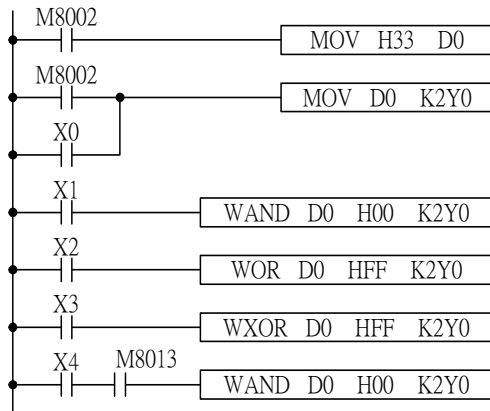
- (2) 邏輯運算指令係處理字元型元件的每一位元為主，不作單獨的一個位元型元件資料處理。

- 指令的運算碼之前加字母 W，表示可以處理 16 位元資料，諸如：T、C、D、V、Z、KnX、KnY。
 - 指令的運算碼之前加字母 D，表示可以處理 32 位元資料。
- ※由於指令是處理字元為主，因此運算碼前面一定要加字母"W"或"D"，不能以 AND、OR、XOR 型式出現。

(3)邏輯運算的規則(真值表)如下：

S1	S2	邏輯"AND"	邏輯"OR"	邏輯"XOR"
		$D = S1 \cdot S2$	$D = S1 + S2$	$D = S1 \oplus S2$
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0

3. 使用範例：

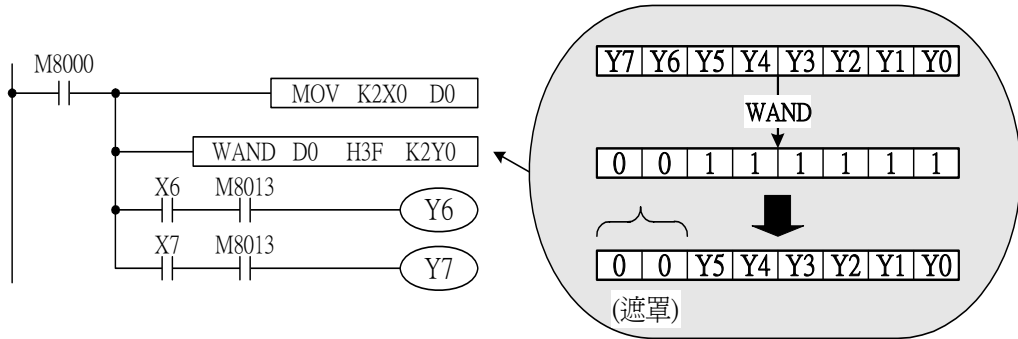


- 說明** (1)程式執行時，K2Y0(Y0~Y7)=0011 0011。Y0、Y1、Y4、Y5 ON。
- (2)X1 ON，K2Y0(Y0~Y7)=0000 0000，Y0~Y7 全部 OFF。X1 OFF，狀態保持不變(Y0~Y7 全部 OFF)。
- (3)X2 ON，K2Y0(Y0~Y7)=1111 1111，Y0~Y7 全部 ON。X2 OFF，狀態保持不變(Y0~Y7 全部 ON)。
- (4)X3 ON，K2Y0(Y0~Y7)=1100 1100，Y2、Y3、Y6、Y7 ON(與初始輸出狀態反相)。X3 OFF，狀態保持不變(Y2、Y3、Y6、Y7 ON)。
- (5)X4 ON，K2Y0(Y0~Y7)= 每隔 1 秒 (1100 1100) 與 (0011 0011)交互動作一次。亦即：(Y2、Y3、Y6、Y7 ON)與(Y0、Y1、Y4、Y5 ON)，X4 OFF，保留 OFF 當時的最後狀態。
- (6)X0 ON，恢復初始的輸出狀態：K2Y0(Y0~Y7)=0011 0011。Y0、Y1、Y4、Y5 ON。X0 OFF，狀態保持不變(Y0、Y1、Y4、Y5 ON)。

► **邏輯 AND 運算**，經常使用於：

需將某些位元資料遮罩(MASK)，不予輸出的使用場合，例如：X、Y、M、S 等位元處理型的元件，經常以指定"位數"的方式集成一個組群，以便作為字元處理指令的使用對象。但"位數"指定，必須是 4 的倍數(如：4、8、12、16...)，假如欲處理的元件不是 4 的倍數時，可以使用 AND 指令，

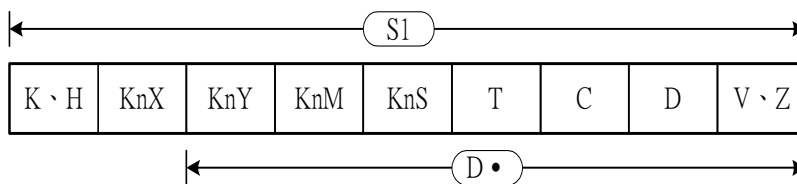
將不用的位元遮罩起來(輸出 0),如下例:以 `WAND D0 H3F K2Y0` 指令,將 Y6、Y7 遮罩不讓它產生輸出,以便 X6 ON 時,能讓 Y6 閃亮; X7 ON 時,能讓 Y7 閃亮。



- 說明**
- X1 ON→Y1=ON, X1 OFF, Y1=OFF。
 - X2 ON→Y2=ON, X2 OFF, Y2=OFF。
 - X3 ON→Y3=ON, X3 OFF, Y3=OFF。
 - X4 ON→Y4=ON, X4 OFF, Y4=OFF。
 - X5 ON→Y5=ON, X5 OFF, Y4=OFF。
 - X6 ON→Y6 閃爍(ON 0.5 秒/OFF 0.5 秒); X6 OFF, Y6=OFF。
 - X7 ON→Y7 閃爍(ON 0.5 秒/OFF 0.5 秒); X7 OFF, Y7=OFF。

(二) CML 〈 Complement、邏輯"反相"(NOT)運算〉

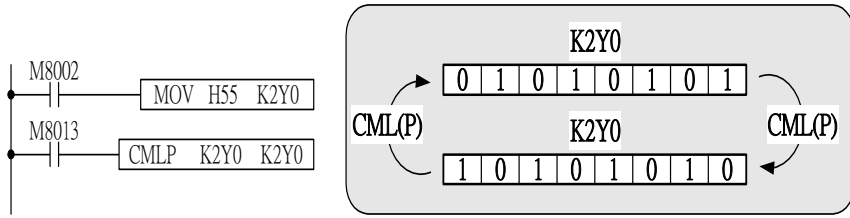
1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：



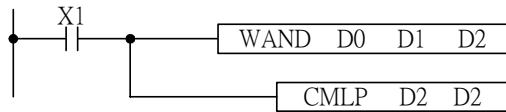
3. 使用範例：



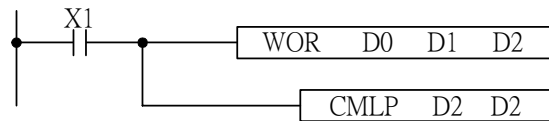
- 說明** (1)程式執行時，每隔 1 秒(Y0、Y3、Y5、Y7)與(Y2、Y4、Y6、Y8) 交互 ON。
- (2)由於 (S•) 與 (D•) 所指定的元件是同一個元件，必須使用脈波執行模式(CMLP K2Y0 K2Y0)。

► CML 指令可以與 AND、OR、XOR 配合使用：

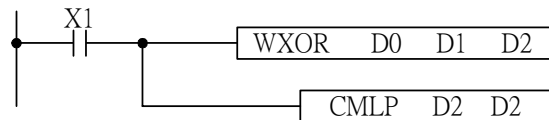
- WAND 與 CML 組合→邏輯"NAND"運算：



- WOR 與 CML 組合→邏輯"NOR"運算：



- WXOR 與 CML 組合→邏輯"XNOR"運算：



3-2.2 萬年曆時鐘處理與接點輸出型比較指令

※(FX1N(S)、FX2N 機型適用)

TRD	TWR	TADD	TSUB	TCMP	TZCP	LD	AND	OR
						=、>、<、<>、<=、>=		

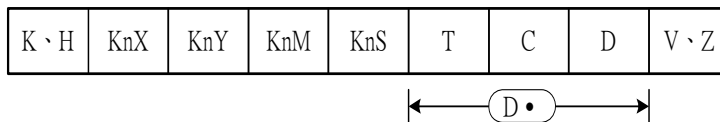
一、萬年曆時鐘處理指令

指令名稱 (運算碼)		功能說明	運算子
×	TRD (FNC 166)	萬年曆時鐘資料讀取	(D•)
×	TWR (FNC 167)	萬年曆時鐘資料寫入	(S•)
×	TCMP (FNC 160)	萬年曆時鐘資料比較	(S1•) (S2•) (S3•) (S•) (D•)
×	TZCP (FNC 161)	萬年曆時鐘資料區間比較	(S1•) (S2•) (D•)
×	TADD (FNC 162)	萬年曆時鐘資料加算	(S1•) (S2•) (D•)
×	TSUB (FNC 163)	萬年曆時鐘資料減算	(S1•) (S2•) (D•)

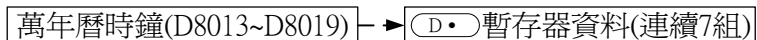
1. TRD 《TIME READ、萬年曆時鐘資料讀出》

指令名稱 (運算碼)		運算子
×	TRD (FNC 166)	(D•)

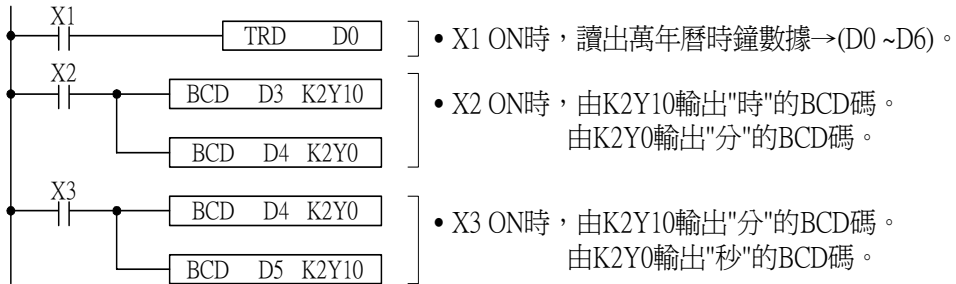
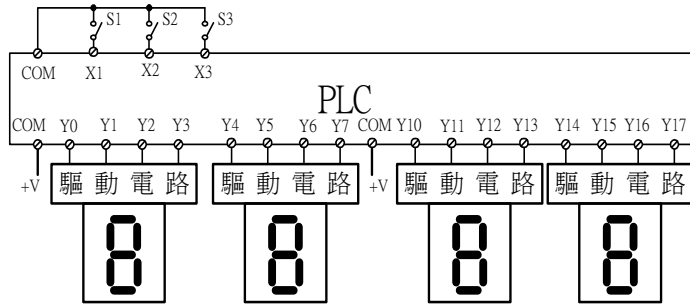
(1)運算子的指定使用對象：



(2)動作描述：



(3)使用範例：



說明 a. X1 ON 時，PLC 內建的萬年曆時鐘資料送到 D0 開始的七組暫存器內，如下表所示：

內建萬年曆時鐘資料			一般暫存器	用途
特殊暫存器	用途	內容		
D8018	年(西元)	00~99	D0	年(西元)
D8017	月	1~12	D1	月
D8016	日	1~31	D2	日
D8015	時	0~23	D3	時
D8014	分	0~59	D4	分
D8013	秒	0~59	D5	秒
D8019	星期	0(日)~6(六)	D6	星期

b. X1 ON 且 X2 ON 時，將目前時間：

"時"(D3)→(K2Y10)，"分"(D4)→(K2Y0)，由七節顯示器顯示。

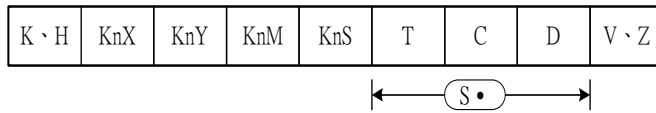
c. X1 ON 且 X3 ON 時，將將目前時間：

"分"(D4)→(K2Y10)，"秒"(D5)→(K2Y0)，由七節顯示器顯示。

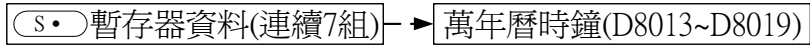
2. TWR 《TIME WRITE、萬年曆時鐘資料寫入》

指令名稱 (運算碼)		運算子	
×	TWR (FNC 167)	P	(S•)

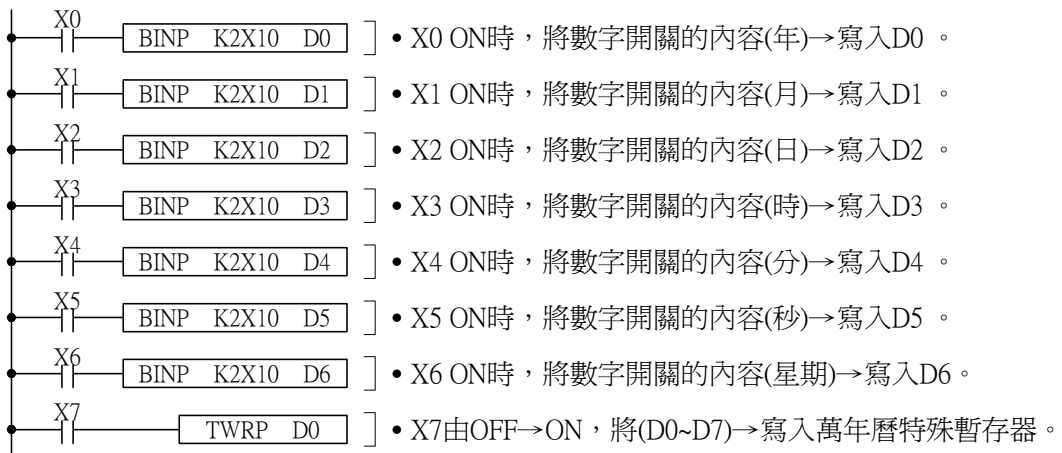
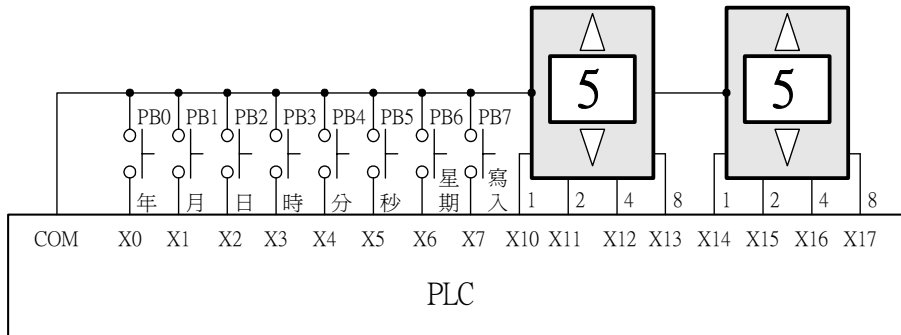
(1) 運算子的指定使用對象：



(2) 動作描述：



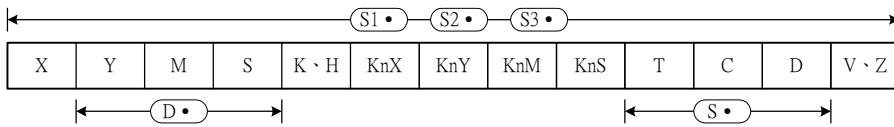
(3) 使用範例：



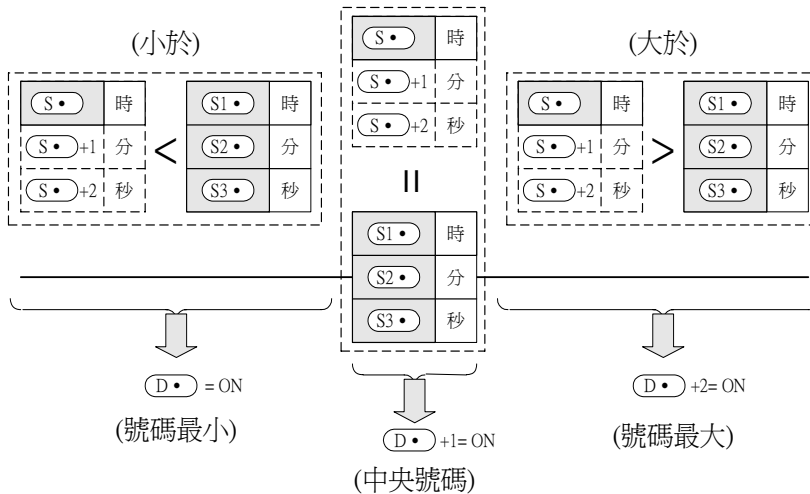
3. TCMP 《TIME COMPARE、萬年曆時鐘資料比較》

指令名稱 (運算碼)	運算子			
<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">×</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">TCMP (FNC 160)</td> <td style="border: none; padding: 0 5px;">P</td> </tr> </table>	×	TCMP (FNC 160)	P	S1 · S2 · S3 · S · D ·
×	TCMP (FNC 160)	P		

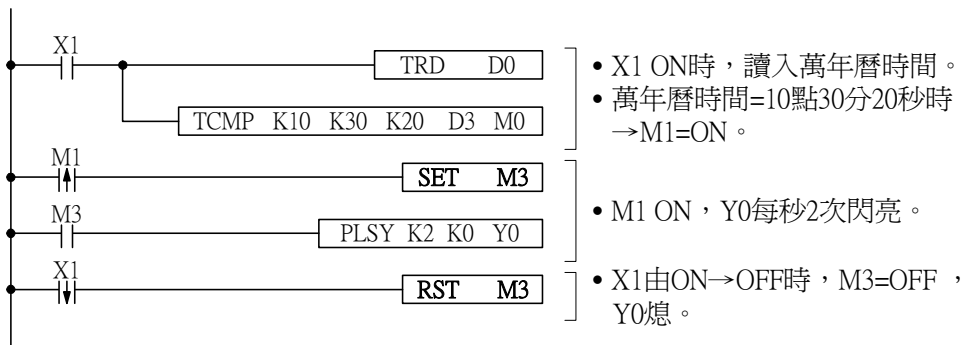
(1) 運算子的指定使用對象：



(2) 動作描述：



(3) 使用範例：



說明

(1) 執行 `TCMP K10 K30 K20 D3 M0` 指令時：

- 當(D3、D4、D5) < 10 時 30 分 20 秒時 → M0=ON。
- 當(D3、D4、D5) = 10 時 30 分 20 秒時 → M1=ON。
- 當(D3、D4、D5) > 10 時 30 分 20 秒時 → M2=ON。

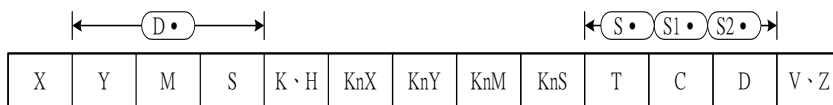
(2) 在 10 點 30 分 20 秒時，M1=ON，但在 10 點 30 分 21 秒時，M1=OFF 換成 M2=ON，因此，必須以 M1 的脈波觸發信號來啟動 M3 並令其保持，使 Y0 得以持續閃亮。

(3) X1 由 ON→OFF 瞬間脈波使 M3 復歸，Y0 熄。

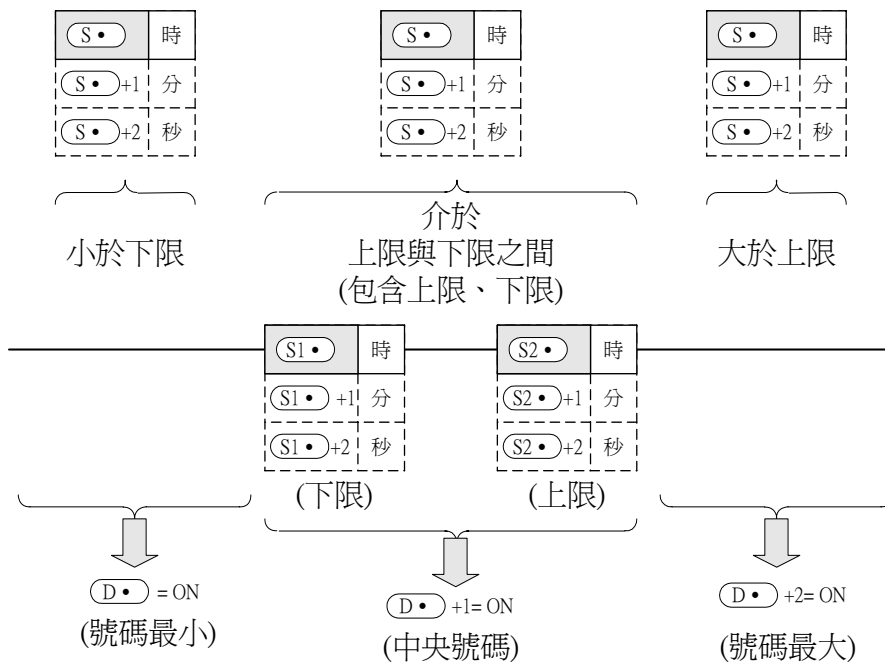
(4)注意：由於 TCMP 指令只能做"時"、"分"、"秒"的處理，因此撰寫 **TCMP** **K10 K30 K20 D3 M0** 指令時，D3(時)不能誤用成 D0(年)。

4. TZCP 《TIME ZONE COMPARE、萬年曆時鐘資料區間比較》

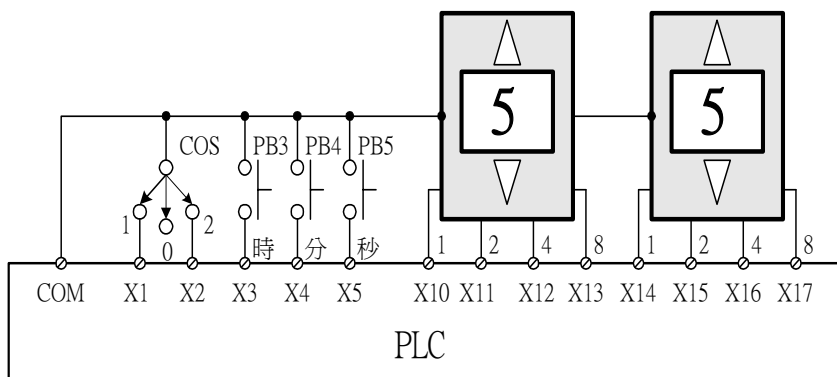
(1)運算子的指定使用對象：

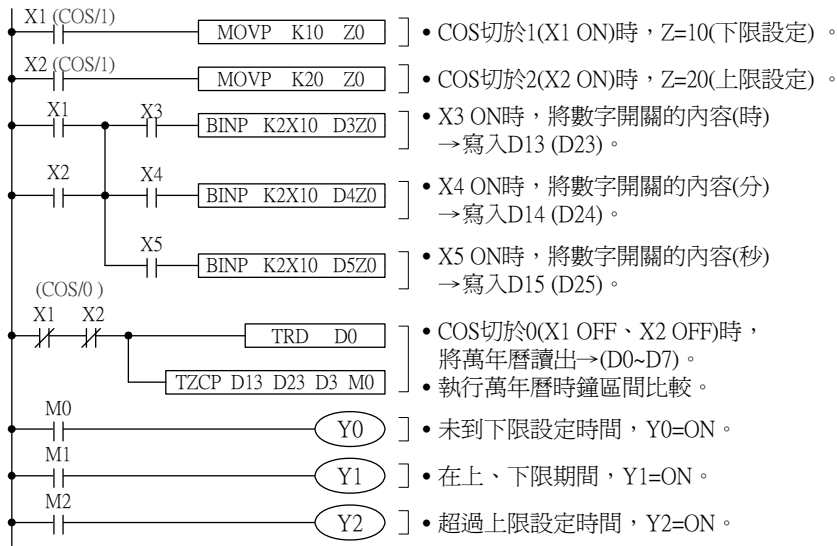


(2) 動作描述：



(3) 使用範例：





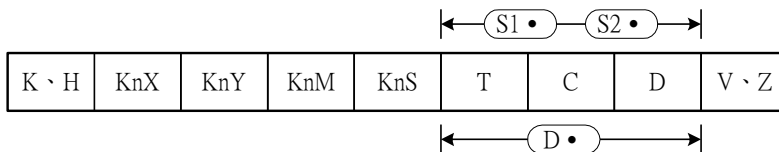
說明

- (1) COS 切於 1 位置，撥妥數字開關，按 PB3、PB4、PB5→分別設定時、分、秒的下限時間。
- (2) COS 切於 2 位置，撥妥數字開關，按 PB3、PB4、PB5→分別設定時、分、秒的上限時間。
- (3) COS 切於 0 位置，執行時鐘區間比較指令 **TZCP D13 D23 D3 M0** :
 - 未到下限設定時間，M0=ON→Y0=ON。
 - 在設定上、下限期間，M1=ON→Y1=ON。
 - 超過上限設定時間，M2=ON→Y2=ON。
- (4) TZCP 指令與 TCMP 相同，只能做"時"、"分"、"秒"的處理

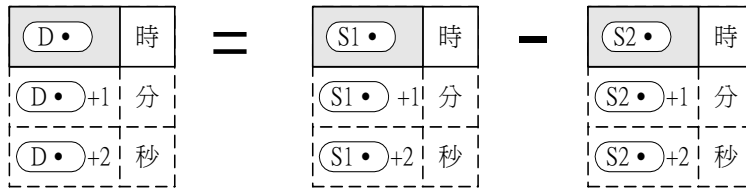
5. **TSUB** 《TIME SUBTRACTION、萬年曆時鐘資料減算》

指令名稱 (運算碼)		運算子			
X	TSUB (FNC 163)	P	(S1 •)	(S2 •)	(D •)

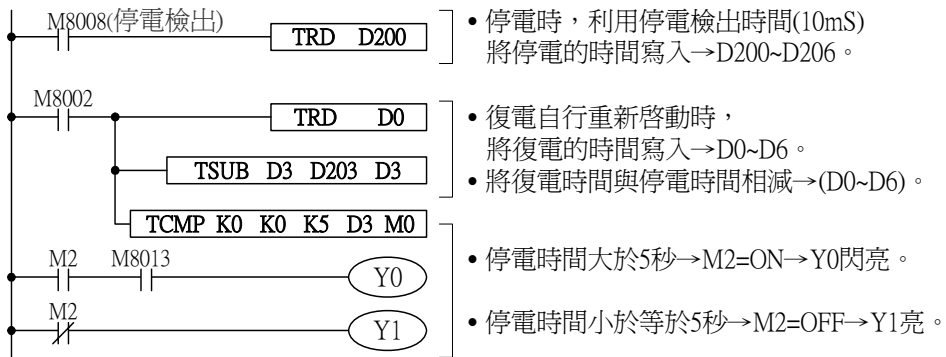
(1)運算子的指定使用對象：



(2) 動作描述：



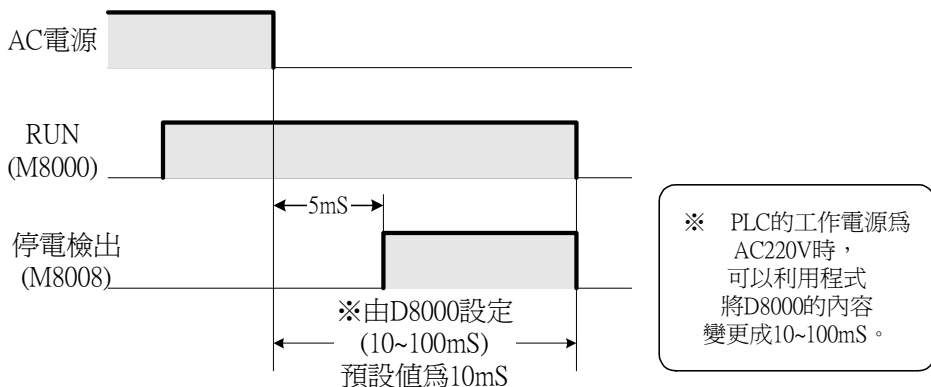
(3) 使用範例：



說明 (1)利用特殊補助繼電器 M8008 作為停電檢測，M8008=ON 將停電發生的時間，於 PLC 電力消失前迅速存放於停電保持型資料暫存器 (D200~D206)內儲存。

※ FX1N(S)的機型，停電保持型資料暫存器為：D128~D255(EEPROM 保持)，D256~D7999(電容保持型)。

(2)停電檢測動作如下圖：



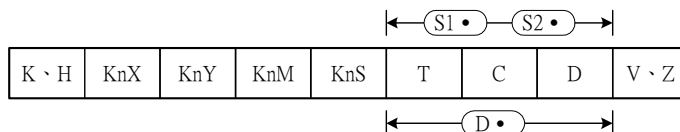
(3)減算結果為零時，零旗標動作(M8020=ON)。

(4) TSUB 指令只能做"時"、"分"、"秒"的處理。

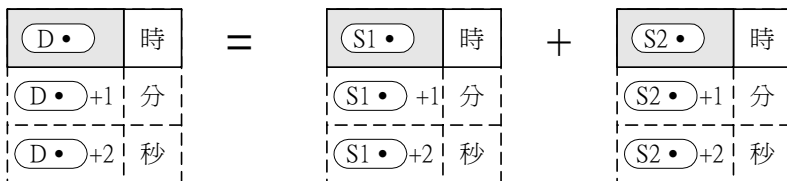
6. TADD 《TIME ADDITION、萬年曆時鐘資料加算》

指令名稱 (運算碼)		運算子	
X	TADD	P	(S1 •) (S2 •) (D •)
	(FNC 162)		

(1)運算子的指定使用對象：

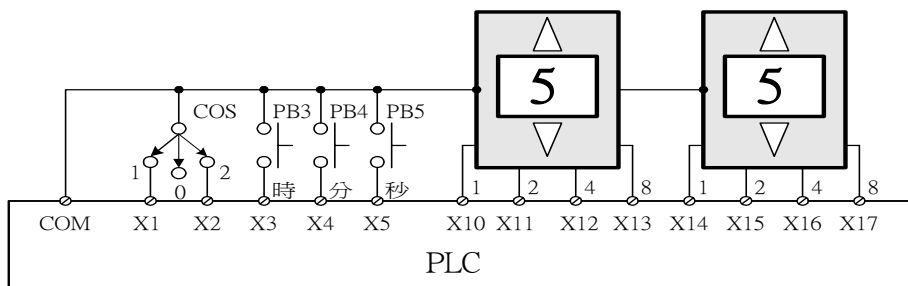


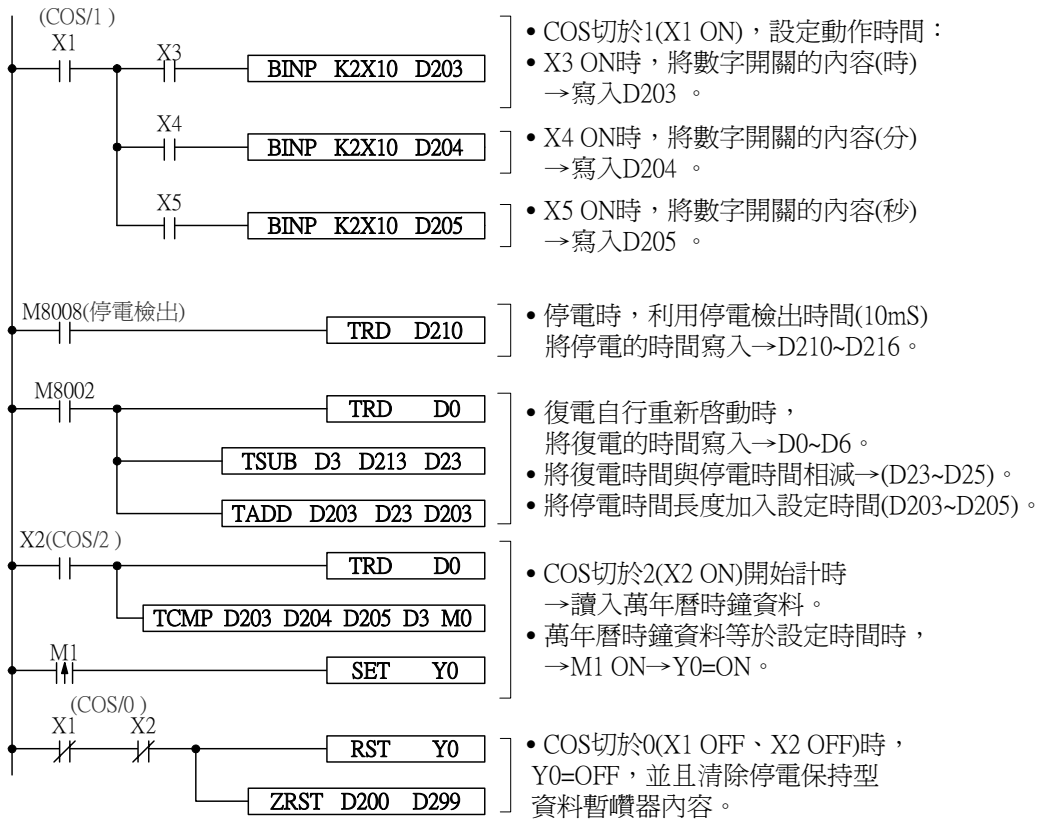
(2)動作描述：



(3)使用範例：

下面我們以：計時競賽工作當中，當停電時無法工作所影響的時間，能自動加算到計時設定值之中，來解釋萬年曆時鐘加算指令(TADD)的使用方法。





說明

(1) COS 切於 1 設定工作截止時間。(X3、X4、X5→時、分、秒)

(2) COS 切於 2 開始計時。

計時時間到→M1 動作。由於使用 TCMP 指令，超過計時時間時，M1=OFF，換成 M2=ON。因此，須以脈波觸發方式啓動 Y0=ON。

(3) COS 切於 0 清除停電保持型暫存器的內容及 Y0 輸出。

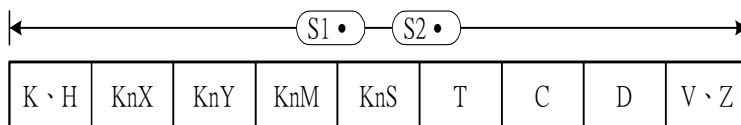
(4) TADD 與 TCMP、TZCP、TSUB 相同，都是只有處理"時"、"分"、"秒"的資料，撰寫程式時應多加注意。

二、接點輸出型比較指令

TRD	TWR	TADD	TSUB	TCMP	TZCP	LD、AND、OR					
						=	>	<	<>	<=	>=

指令名稱 (運算碼)		功能說明	運算子
D	LD= (FNC 224)	由母線載入(等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	LD> (FNC 225)	由母線載入(大於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	LD< (FNC 226)	由母線載入(小於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	LD<> (FNC 228)	由母線載入(不等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	LD<= (FNC 229)	由母線載入(小於等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	LD>= (FNC 230)	由母線載入(大於等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	AND= (FNC 232)	串聯(等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	AND> (FNC 233)	串聯(大於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	AND< (FNC 234)	串聯(小於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	AND<> (FNC 236)	串聯(不等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	AND<= (FNC 237)	串聯(小於等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	AND>= (FNC 238)	串聯(大於等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	OR= (FNC 240)	並聯(等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	OR> (FNC 241)	並聯(大於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	OR< (FNC 242)	並聯(小於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	OR<> (FNC 244)	並聯(不等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	OR<= (FNC 245)	並聯(小於等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)
D	OR>= (FNC 246)	並聯(大於等於)比較指令接點	(S1 •) (S2 •)

1. 運算子的指定使用對象：



2. 動作描述：

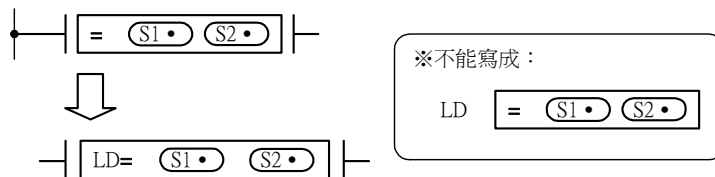
(1)接點型比較指令共有 18 個，可以將它看成下列六種具有比較功能的接點，如下表：


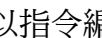
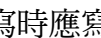
接點類別	接點導通(ON)條件
	$S1 \bullet = S2 \bullet$
	$S1 \bullet > S2 \bullet$
	$S1 \bullet < S2 \bullet$
	$S1 \bullet \neq S2 \bullet$
	$S1 \bullet \leq S2 \bullet$
	$S1 \bullet \geq S2 \bullet$

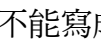

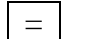

(2)這六種有比較功能的接點與其他元件的 a 接點一樣，可以任意串並聯組合，使用次數也沒有限制。

比較功能的接點依放置的位置，各代表不同的指令如下：

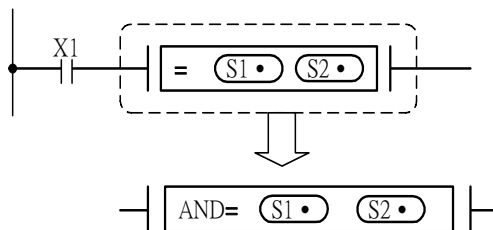
a. 接在系統母線(主要母線)時



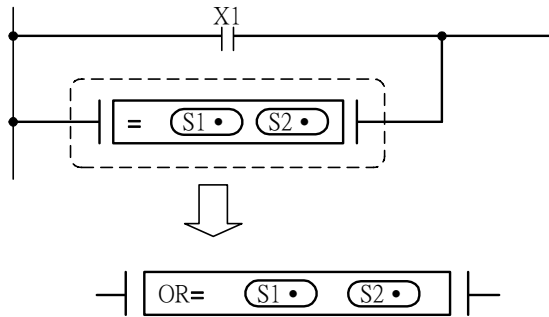
說明 上圖以指令編寫時應寫成：   ，

不能寫成：    。

b. 與其他接點串聯時

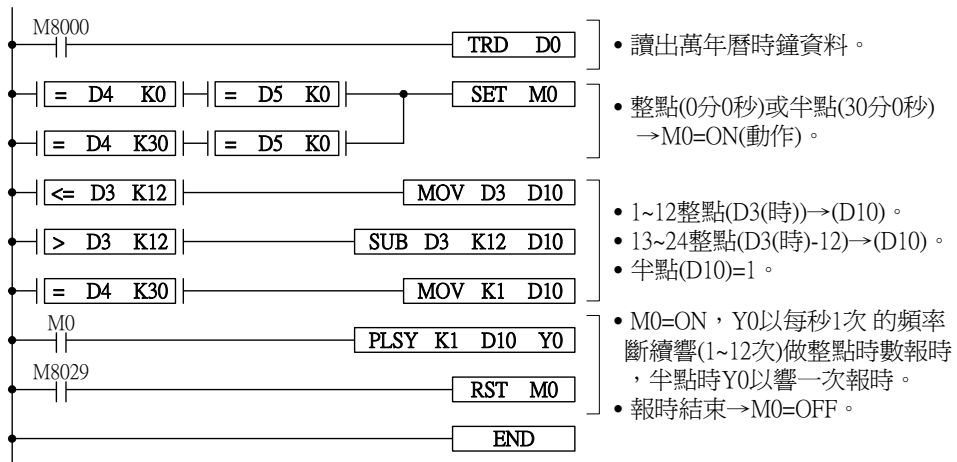


c. 與其他接點並聯時



3. 使用範例：(報時器控制迴路)

- 整點時，Y0(BZ)以每秒 1 次的頻率斷續響，並依整點時數決定 Y0 斷續響的次數。
- 半點時(30 分)，Y0(BZ)響 1 次(0.5 秒)。



上列控制迴路的指令程式寫法，如下：

LD	M8000	
TRD	D0	
LD=	D4	K0
AND=	D5	K0
LD=	D4	K30
AND=	D5	K0
ORB		
SET	M0	
LD<=	D3	K12
MOV	D3	D10

LD>	D3	K12	
SUB	D3	K12	D10
LD=	D4	K30	
MOV	K1	D10	
LD	M0		
PLSY	K1	D10	
LD	M8029		
RST	M0		
END			

說明

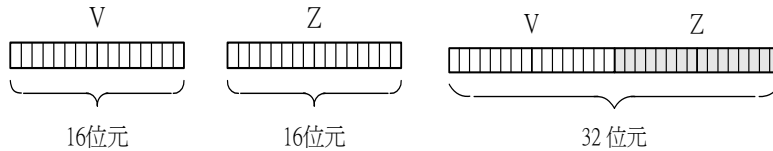
- (1)以常時 ON 接點讀出萬年曆時鐘資料→(D0~D6)。其中：D3(時)、D4(分)、D5(秒)。
- (2)整點時為 0 分 0 秒，因此以 $\boxed{\text{LD}=\text{D4 K0}}$ 及 $\boxed{\text{AND}=\text{D5 K0}}$ 接點型比較指令來判斷是否整點？
整點時，上述兩個具有比較功能的接點同時 ON→M0=ON(保持)。
- (3)半點時為 30 分 0 秒，因此以 $\boxed{\text{LD}=\text{D4 K30}}$ 及 $\boxed{\text{AND}=\text{D5 K0}}$ 接點型比較指令來判斷是否半點？
半點時，上述兩個具有比較功能的接點同時 ON→M0=ON(保持)。
- (4)以 $\boxed{\text{LD}\leq\text{D3 K12}}$ 判斷是否為 0~12 的整點，該接點導通時，D10=D3(整點時數)。 $\boxed{\text{LD}>\text{D3 K12}}$ 接點導通時，D10=D3-12。 $\boxed{\text{LD}=\text{D4 K30}}$ 判斷是否為半點，該接點導通時，D10=1。
- (5)M0=ON，執行 $\boxed{\text{PLSY K1 D10 Y0}}$ 指令，由於每回輸入 D10 不同，使得 PLSY 執行時，可以產生三種不同的脈波狀態由 Y0 輸出。
- (6) PLSY 脈波輸出結束時，M8029=ON，以 $\boxed{\text{RST M0}}$ 使得 M0=OFF。

※ 本範例若能配合萬年曆時鐘資料寫入(TWR)的範例，將時鐘資料修改再執行本範例，可節省不少操作實習的等待時間。

3-3 V、Z 間接指定的使用方法

3-3.1 V、Z 間接指定暫存器

1. V、Z 是 16 位元的元件，不使用間接指定功能時，可以作為一般暫存器使用。



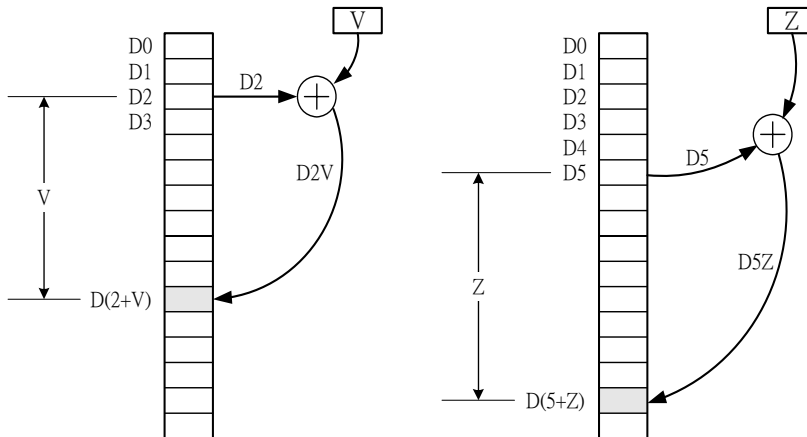
2. 執行 32 位元指令間接指定功能時，是將 V 充作較高位元的字元，而 Z 充作較低位元的字元，並使用 Z 做修飾元件。

3-3.2 間接指定的操作方式

把 V、Z 作為索引指標，將 V、Z 附加於運算子的使用對象之後，可以指定系列元件中的任一個元件。格式如下：(以資料暫存器為例)

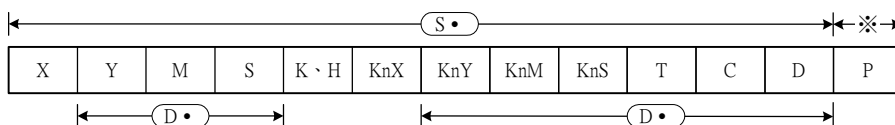
(1) D_nV : $D_nV = D(n+V)$

(2) D_nZ : $D_nZ = D(n+Z)$

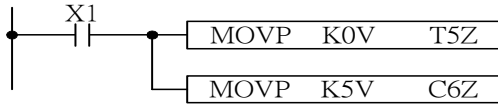


• 改變 V、Z 的數值就可以輕易地改變暫存器的位置。

3-3.3 可附加 V、Z 指標的元件



1. 附加在應用指令運算子的指定對象(來源、目的運算子)後面。
 - (1)V、Z 不可以再以 V、或 Z 修飾。數量運算子 m、n 也不可以使用。
 - (2)CALL 指令呼叫副程式時，指標 P0~P62 可以附加用 V、Z 修飾。
2. T、C 是用"現在值暫存器"附加 V、Z。



說明 假若 V=50，Z=3。當 X1 ON 時：

- 將 $K(0+50)=K50$ ，傳送給 $T(5+3)=T8$ ，所以，T8 的現在值等於 50。
- 將 $K(5+50)=K55$ ，傳送給 $C(6+3)=C9$ ，所以，C9 的現在值等於 55。

3. 以指定位數表現的元件(如：KnY)，V、Z 附加於 KnY 之後；
(如：KnYV、KnYZ)。

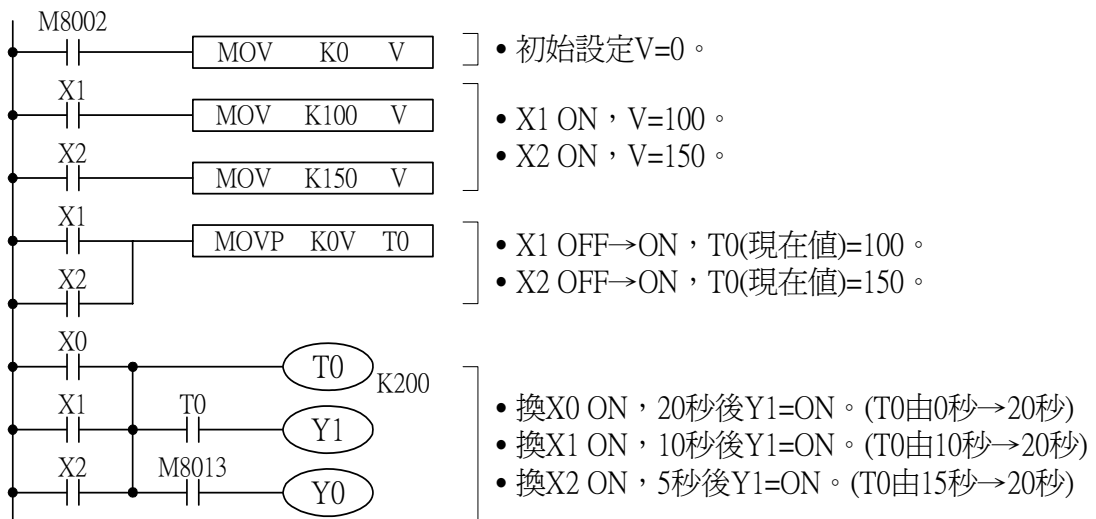
▶ K1Y0 是指 Y0、Y1、Y2、Y3。而 K1Y0Z 則是指定那些元件？

- (1)當 Z=0， $K1Y0Z=K1Y0=(Y0、Y1、Y2、Y3)$ 。
 - (2)當 Z=1， $K1Y0Z=K1Y(0+1)=K1Y1=(Y1、Y2、Y3、Y4)$ 。
 - (3)當 Z=2， $K1Y0Z=K1Y(0+2)=K1Y2=(Y2、Y3、Y4、Y5)$ 。
- 依此類推。

4. FX2N、FX1N(S)的間接指定暫存器為：Z0~Z7、V0~V7 共 16 點。

3-3.4 使用範例

一、計時器現在值間接指定



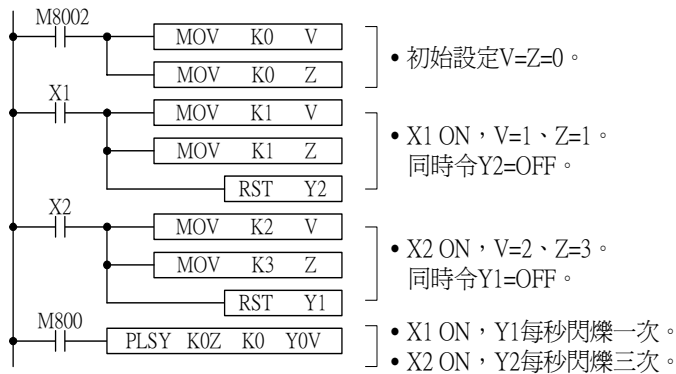
說明 假設 X1、X2、X3 不允許同時間內有兩個以上 ON。

- (1) X0 ON, T0 現在值為 0, 設定值為 200, 因此, 由 0 秒開始計時, 20 秒後, 達設定值 200, Y1=ON。
- (2) X1 ON, T0 現在值為 100, 設定值為 200, 因此, 由 10 秒開始計時, 10 秒後, 達設定值 200, Y1=ON。
- (3) X2 ON, T0 現在值為 150, 設定值為 200, 因此, 由 15 秒開始計時, 5 秒後, 達設定值 200, Y1=ON。
- (4) 在計時期間, Y0 以每秒一次的頻率(ON 0.5 秒/OFF 0.5 秒) 閃爍, 係用來作為計時對照參考樣本。
- (5) V、Z 資料, 若非關閉電源重新啟動, 仍舊保持原有設定值不會更動。因此, 重新啟動時, 應以初始脈波將 V、Z 設定為 0。

二、PLSY 指令的間接指定

由於 PLSY 同一時間內, 只能被執行一次, 因此在階梯圖內不允許出現 "PLSY" 字眼兩次, 但是迴路設計需要使用到 "PLSY" 指令兩次以上時, 就得靠間接指定的技巧來達成任務。(※PWM 指令也有類似狀況)

以下所舉的例子, 要以 PLSY 指令, 達到 "Y1 每秒 1 次的頻率閃爍, Y2 每秒 3 次的頻率閃爍" 的動作要求, 其階梯圖設計如下:



說明 (1) 重新啟動時, 應以初始脈波 M8002 將 V、Z 設定為 0。

($\boxed{\text{RST V}}$ 、 $\boxed{\text{RST Z}}$ 與 $\boxed{\text{MOV K0 V}}$ 、 $\boxed{\text{MOV K0 Z}}$ 相同)

(2) X1 ON, Y2=OFF(清除 X2 ON 時可能的保持狀態), 且 V=1、Z=1:

$$\boxed{1.7\text{LSY K0Z K0 Y0V}} = \boxed{\text{PLSY K(0+1) K0 Y(0+1)}} \\ = \boxed{\text{PLSY K1 K0 Y1}} \text{ 亦即, Y1 以每秒 1 次頻率, 持續閃爍。}$$

(3) X2 ON, Y1=OFF(清除 X1 ON 時可能的保持狀態), 且 V=2、Z=3:

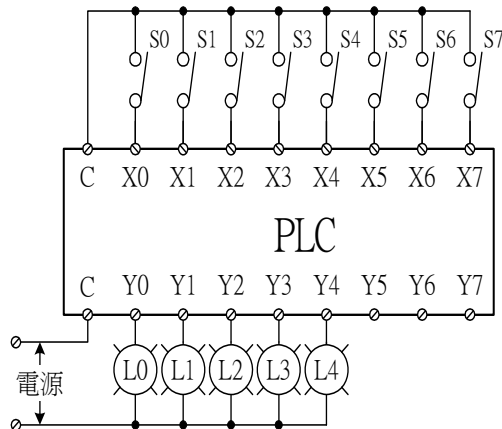
$$\boxed{\text{PLSY K0Z K0 Y0V}} = \boxed{\text{PLSY K(0+3) K0 Y(0+2)}} \\ = \boxed{\text{PLSY K3 K0 Y2}} \text{ 亦即, Y2 以每秒 3 次頻率, 持續閃爍。}$$

綜合實力測驗

※ 以應用指令完成下列各題動作要求。

Q1 以手捺開關操控電燈的控制迴路

使用七只手捺開關(S0~S7)控制 L0、L1、L2、L3、L4，動作要求如下：



- 一只開關操控一盞電燈部分：
 - (1) S0 ON → L0 亮，S0 OFF → L0 熄。
 - (2) S1 ON → L1 亮，S1 OFF → L1 熄。
 - (3) S2 ON → L2 亮，S2 OFF → L2 熄。
- 兩只開關控制一盞電燈部分：(S3、S4 控制 L3，操控動作如下表)

S3	S4	L3
OFF	OFF	熄
OFF	ON	亮
ON	ON	熄
ON	OFF	亮

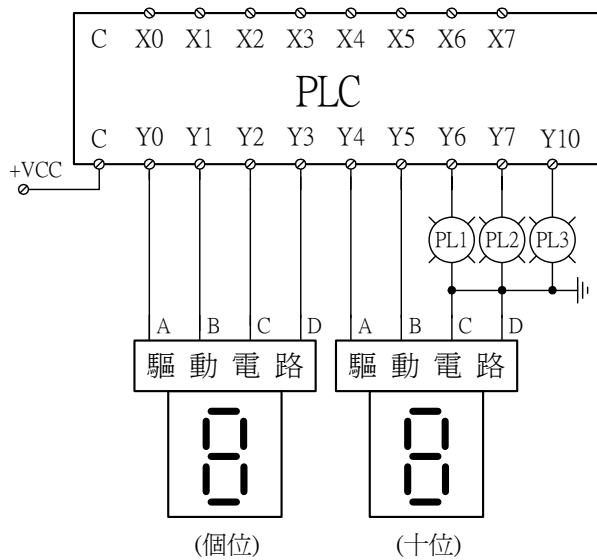
- 三只開關控制一盞電燈部分：(S5、S6、S7 控制 L4，操控動作如下表)

S5	S6	S7	L4
OFF	OFF	OFF	熄
OFF	OFF	ON	亮
OFF	ON	ON	熄
ON	ON	ON	亮
ON	OFF	ON	熄
ON	OFF	OFF	亮
ON	ON	OFF	熄
OFF	ON	OFF	亮

Q2 七段顯示器控制迴路

如下圖，兩只七節顯示器(右：十位數，左：個位數)，設計一控制迴路，程式執行時：

1. 顯示 00→01→02→03→...→38→39→00→01→02→03→...
- (每個數字變化，間隔 1 秒)。
2. 當 "數字顯示" < 15 時，PL1 亮 (Y6=ON)。
3. 當 $15 \leq$ "數字顯示" ≤ 25 時，PL2 亮 (Y7=ON)。
4. 當 "數字顯示" > 25 時，PL3 亮 (Y10=ON)。



Q3 環型計數控制迴路

八個輸出(Y0~Y7)，每隔 0.5 秒輸出狀態變化一次，狀態變化如下：
 1000 0000→0100 0000→0010 0000→0001 0000→0000 1000→0000 0100→
 0000 0010→0000 0001→1000 0000→...循環不斷。

Q4 計時/計數顯示控制迴路

如下圖，兩個指撥(數字)開關、兩只七段顯示器(含驅動器)、開關、指示燈，使控制迴路具有下列功能：

1. COS 切於 1 (X11 ON)時，具有 99(含)秒的計時功能。
 (1)指撥開關可以設定計時時間，由七段顯示器顯示"設定時間"。

(2) S0(X10 ON)時，七段顯示器由 00 開始顯示計時"現在值"。計時到，指示燈 L0 閃亮(Y10=ON 0.5 秒/OFF 0.5 秒)。

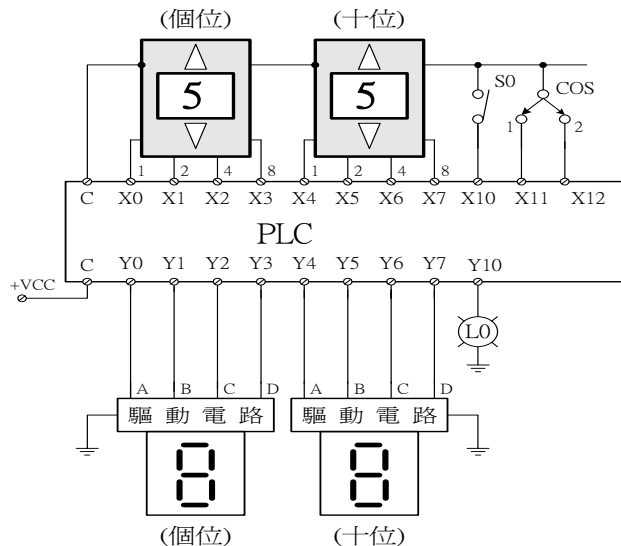
(3) S0(X10 OFF)時，七段顯示器顯示計時"設定值"。再令 S0(X10 ON)時，計時開始，七段顯示器又由 00 開始顯示計時"現在值"。

2. COS 切於 2 (X12 ON)時，具有 99 (含)次計數功能。

(1)指撥開關可以設定計數數值，由七段顯示器顯示計數"設定值"。

(2)每操作 S0(X10 OFF→ON)一次，七段顯示器由"設定值"開始減一，直至七段顯示器顯示"00"時，計數到，指示燈 L0 閃亮(Y10=ON 2 秒/OFF 2 秒)。

(3)計數到，按 PB(X13)，七段顯示器重新顯示"計數值"，連續操作 S0(X10 OFF→ON)，又開始執行計數功能。



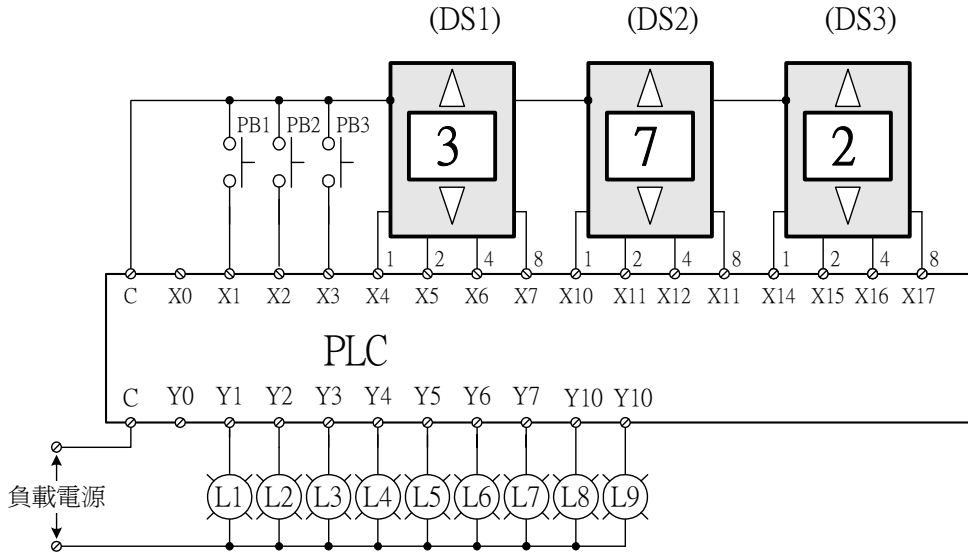
Q5 脈波控制迴路

1. X1 ON，輸出 Y1 以(ON 3 秒/OFF 1 秒)的頻率閃爍動作。X1 OFF，Y1=OFF。
2. X2 ON，輸出 Y2 以(ON 1 秒/OFF 2 秒)的頻率閃爍動作。X2 OFF，Y2=OFF。
3. Y1、Y2、閃動期間，Y0 以(ON 0.5 秒/OFF 0.5 秒)的頻率閃爍動作。

※以上，第 1.2.兩項動作要求請以 PWM 指令完成。

Q6 可規劃式順序控制迴路(一)

如下圖，三個指撥(數字)開關 DS1、DS2、DS3 分別可以事先設定編號 1~9 負載 (L1~L9) 的動作順序：DS1：設定最先運轉的負載號碼，DS2：設定第二個運轉的負載號碼，DS3：設定第三個運轉的負載號碼。



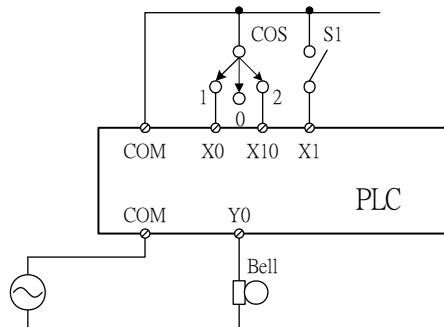
1. 指撥(數字)開關將負載的動作順序號碼撥妥後，按 PB1，完成設定工作。其中任何一個開關撥"0"表示不設定，亦即：
 - 三個開關有一個撥"0"表示只有兩個運轉順序設定。
 - 三個開關有二個撥"0"表示只有一個運轉順序設定。
2. 連續按放 PB2 (X2 由 OFF→ON)，負載依設定順序輪流循環運轉。PB2 由 ON→OFF 時，負載保持原先 ON 時的運轉狀態。
3. 按 PB3，負載停止運轉。再按 PB2，負載又依設定順序輪流循環運轉。

Q7 可規劃式順序控制迴路(二)

第六題的動作順序設定只有要求三個，請在不改變器具下，設計一個迴路，以便可以在連續設定指撥開關及按 PB1 下，讓動作順序可以超過 3 個，不受個數限制。

Q8 學校上、下課鐘聲控制迴路

(FX2N、FX1S 可以使用萬年曆時鐘設計)



1. 作息時間如下：

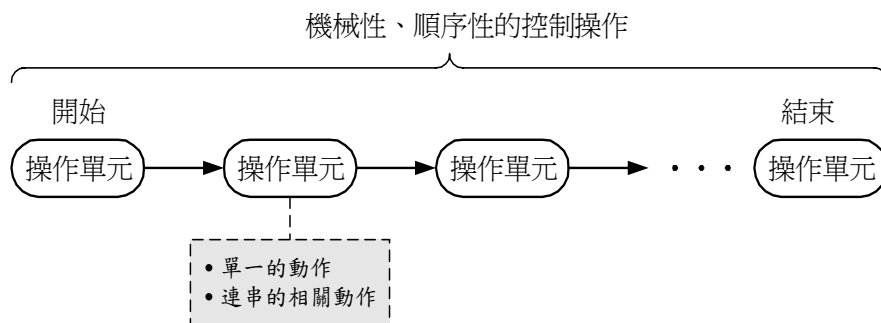
早讀	升旗	第一節	第二節	第三節	第四節	午休	第五節	第六節	第七節
0730	0750	0810	0910	1010	1110	1230	1310	1410	1510
0750		0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600

- 上課鈴聲：ON(3 秒)，OFF(2 秒)持續半分鐘。下課鈴聲：一長聲持續 20 秒。
- COS 切於 1(X0 ON)，自動操作，依作息時間響鈴。
- COS 切於 2(X10 ON)，手動操作，S1 ON→鈴響，S1 OFF→鈴停響。
- COS 切於 0(X1 OFF、X10 OFF)，所有操作控制停止使用。
- 星期五、星期六，所有操作控制停止使用

4-1 步進點(STATE)

一、SFC 是英文 "Sequential Function Chart" (順序功能圖) 的縮寫，它是以描述工作執行的步驟、順序以及狀態來完成操作控制的一種 PLC 程式設計的語法。

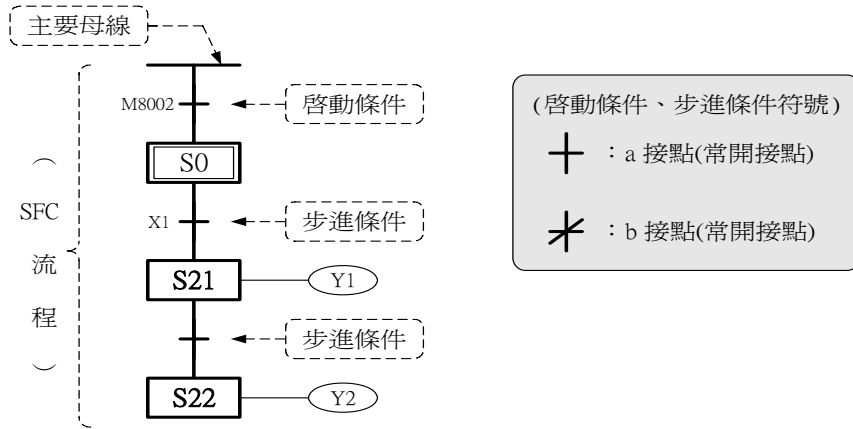
二、控制操作類似機械性或順序性流程時，使用 SFC 語法編寫程式最為簡便。流程的動作可以細分成數個操作單元，或稱操作模組。所謂 "操作單元、操作模組"，它是工作流程中的 "最小獨立作業單位"，可以是單一的動作或是一連串相關動作的組合。



這些操作單元，在 SFC 流程中，我們以步進點(STATE)稱之，不同的操作單元，我們以不同編號的步進點來做區別。在 FX2 系列，使用的步進點有：

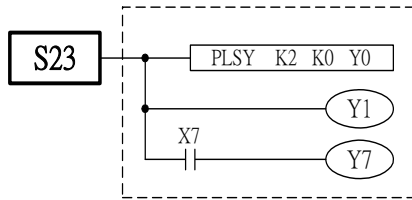
- (1)S0~S9(流程起始步進點)。
- (2)S10~S19(原點復歸步進點)。
- (3)S20~S499(一般用步進點)。
- (4)S500~S899(停電保持型步進點)。
- (5)S900~S999(警報步進點)。

三、進入 SFC 流程要有 "啟動條件"，當該條件符合時，才能進入該流程。在流程中，轉換步進點，要有 "步進條件"，當該步進條件符合時，才能順利轉換進入下一個步進點。



- 說明**
- (1)由主要母線進入 SFC 流程時，要有進入流程的啟動條件(如圖中的初始脈波 M8002 的 a 接點)。
 - (2)由步進點 S21 進入步進點 S22 時，要有步進條件(如圖中的輸入端子 X1 的 a 接點)。
 - (3)啟動條件、步進條件可以由 X、Y、M、S、T、C 等元件的接點串、並聯組合而成。

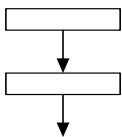
四、步進點內以"階梯圖"方式設計該操作單元的工作內容，而且可以寫入各種基本順序控制指令及應用指令。如下圖虛線框內的部分：



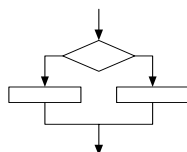
4-2 SFC 流程規劃方法

通常程式是以結構化方法進行設計。所謂結構化，有三種基本模式：

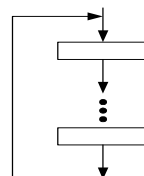
1. 順序式



2. 選擇式



3. 重複式



FX2 系列的 SFC 流程，亦有上述三種模式的寫法，充分提供使用者進行程式設計使用。這些基本的程式模式，我們將它稱為：

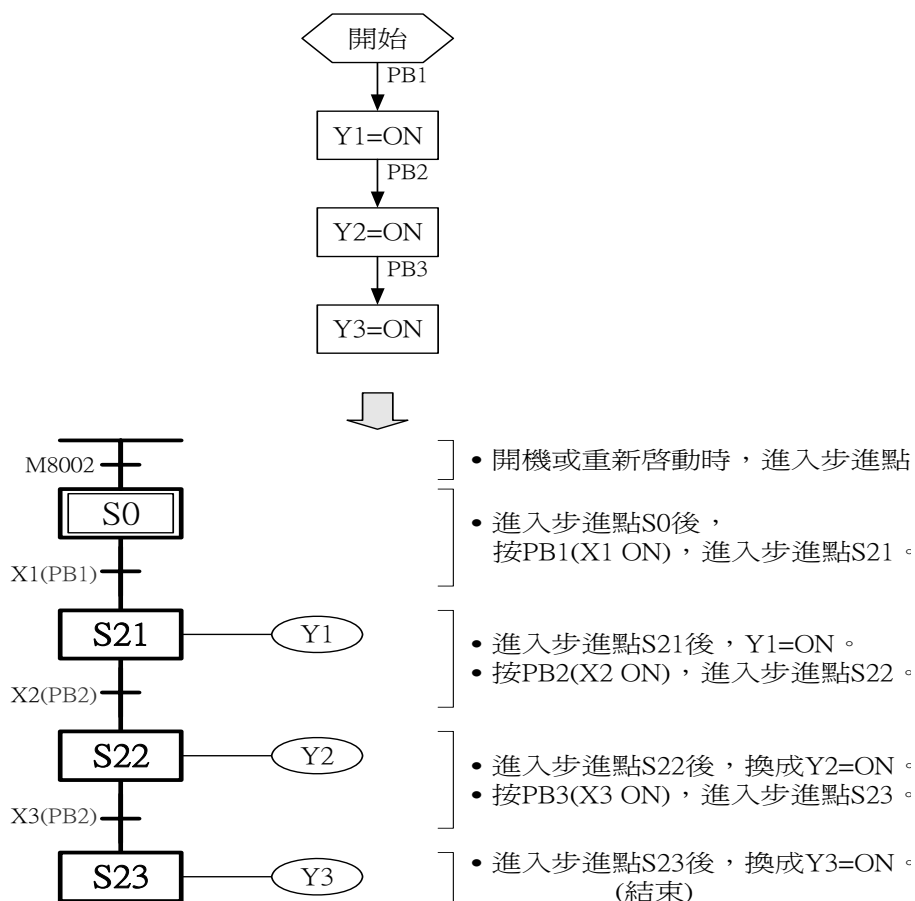
- (1) 順序式流程。
- (2) 選擇式性流程。
- (3) 重複式流程。

此外，在上述流程的基本模式中，無論是同一類或不同類模式之間，如果要將兩個以上的流程，在同一時間以並行方式進行時，SFC 編譯系統也有這方面的流程模式設計，提供使用。稱之為：(4) 並進式流程。

撰寫 SFC 程式時，可以將上述四種模式，彼此"套疊"成有層次性的複雜程序。

4-2.1 順序式流程

直線性的流程、有起點與終點、不做循環動作，有此類特性者屬於順序式流程。如下圖：



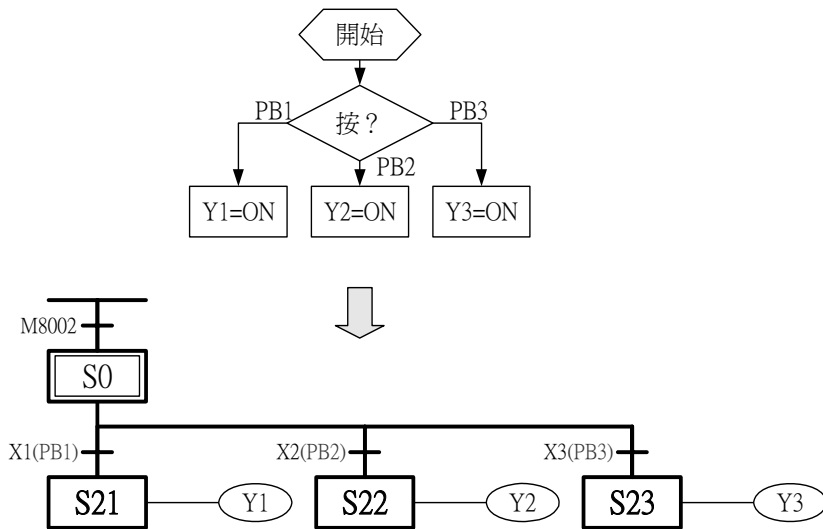
說明 (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。

(2)在步進點 S0，按 PB1→進入步進點 S21，Y1=ON。在步進點 S21，按 PB2→進入步進點 S22，Y2=ON。在步進點 S22，按 PB3→進入步進點 S23，Y3=ON。流程停止於步進點 S23。

4-2.2 選擇式流程

流程中有有兩組以上不同的操作，當執行條件符合的操作時，其他組的操作無法執行，具有選擇性(互斥性)。

一、單純的選擇分歧

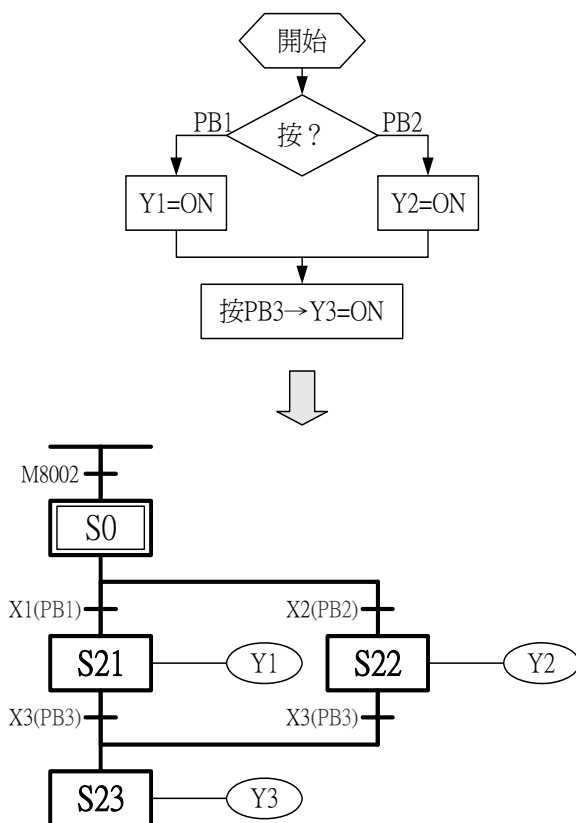


說明 (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。

(2)在步進點 S0 判斷那一個按鈕被按下？

- 假若按 PB1，進入步進點 S21，Y1=ON。此時。按 PB2、PB3 均無作用。
- 假若按 PB2，進入步進點 S22，Y2=ON。此時。按 PB1、PB3 均無作用。
- 假若按 PB3，進入步進點 S23，Y3=ON。此時。按 PB1、PB2 均無作用。

二、分歧之後，產生合流



說明 (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。

(2)在步進點 S0 判斷那一個按鈕被按下？

- 假若按 PB1，進入步進點 S21，Y1=ON。此時。按 PB2 無作用。按 PB3，進入步進點 S23，Y3=ON。

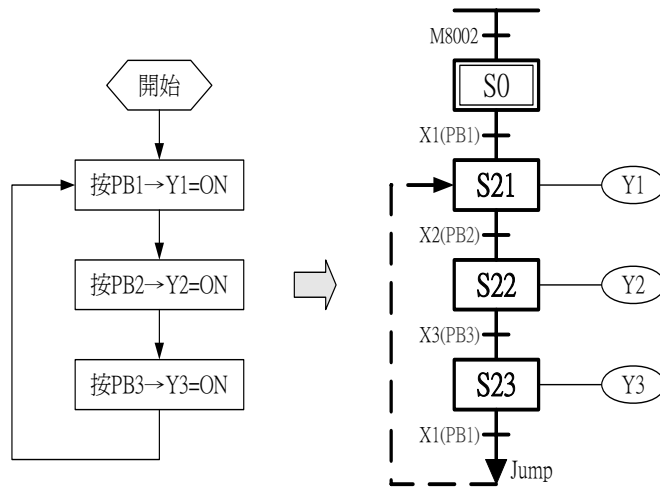
- 假若按 PB2，進入步進點 S22，Y2=ON。此時。按 PB1 無作用。按 PB3，進入步進點 S23，Y3=ON。

► 這種選擇式分歧之後產生合流的流程，可稱為"選擇式分歧、合流"。

4-2.3 重複式流程

在重複式流程中，程式啟動後，部分動作會被反覆執行。

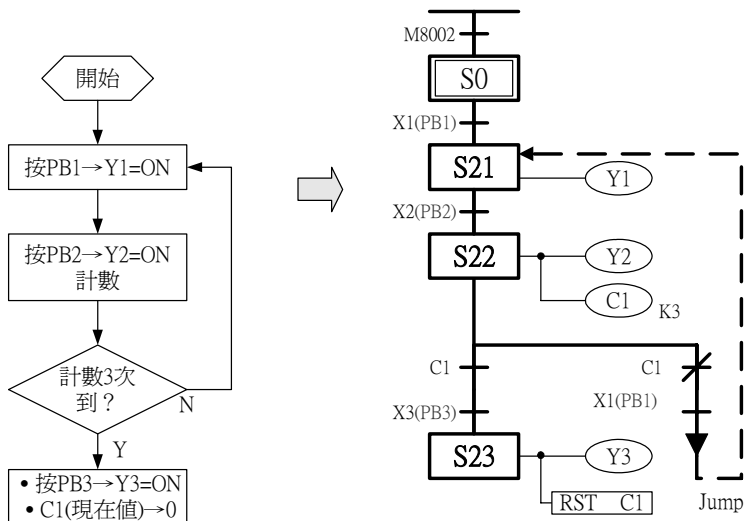
一、順序性反覆執行



說明

- (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。
 - (2)在步進點 S0，按 PB1→進入步進點 S21，Y1=ON。
 - (3)在步進點 S21，按 PB2→進入步進點 S22，Y2=ON。
 - (4)在步進點 S22，按 PB3→進入步進點 S23，Y3=ON。
 - (5)在步進點 S23，按 PB1→重新進入步進點 S21，Y1=ON。
- 開始執行第二個循環的操作。

二、選擇性反覆執行



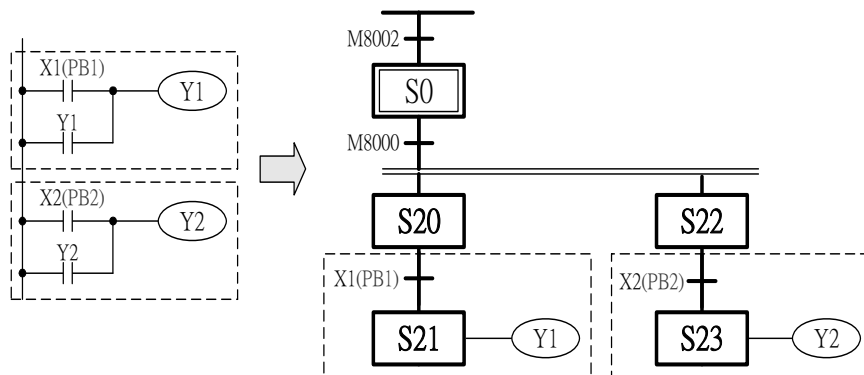
說明

- (1)開機或重新啟動時，以初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。
- (2)在步進點 S0，按 PB1→進入步進點 S21，Y1=ON。
- (3)在步進點 S21，按 PB2→進入步進點 S22，Y2=ON。同時，C1 計數一次。
 - C1 計數未達 3 次，C1 的 b 接點導通，按 PB1，重新進入步進點 S21，執行第二個循環的操作。
 - C1 計數達 3 次，C1 的 a 接點導通，按 PB3，進入步進點 S23，Y3=ON，清除 C1 的計數現在值(C=3→C=0)。

4-2.4 並進式流程

並進式流程模式，可以讓分歧流程同時進行操作。因此，兩套以上不同操作方法的工作程序，卻需要同時執行時，可採用並進式流程。

一、單純的並進分歧

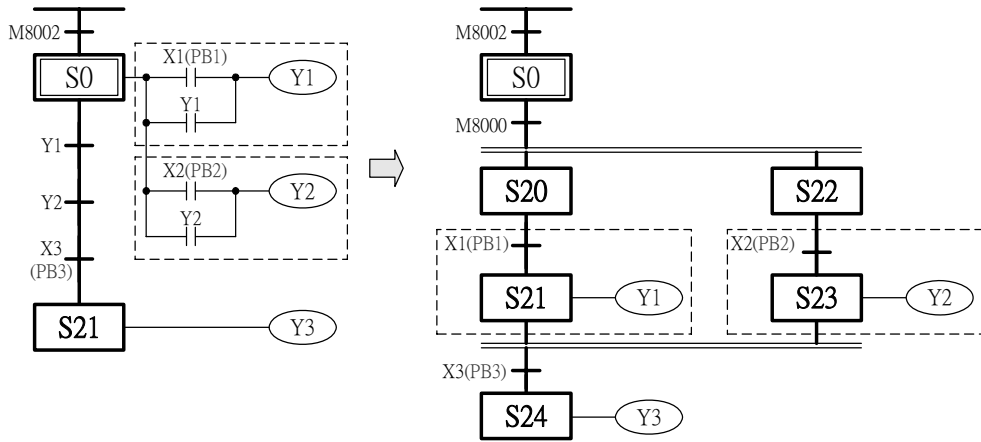


說明 上圖(左)，階梯圖並聯的虛線框部分，分別為兩個可以同時操作的迴路，可以改成如上圖(右)並進式流程。在並進式流程中：

- (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。並立即經由常時 ON 接點(M8000)，及並進式分歧的作用，緊接著進入步進點 S20、S22。

(※ 兩條分歧流程可以同時啟動，這是並進式流程的"分歧"特點)
- (2)在步進點 S20，按 PB1→進入步進點 S21，Y1=ON。同時在步進點 S22，也可按 PB2→進入步進點 S23，Y2=ON。

二、分歧之後，產生合流

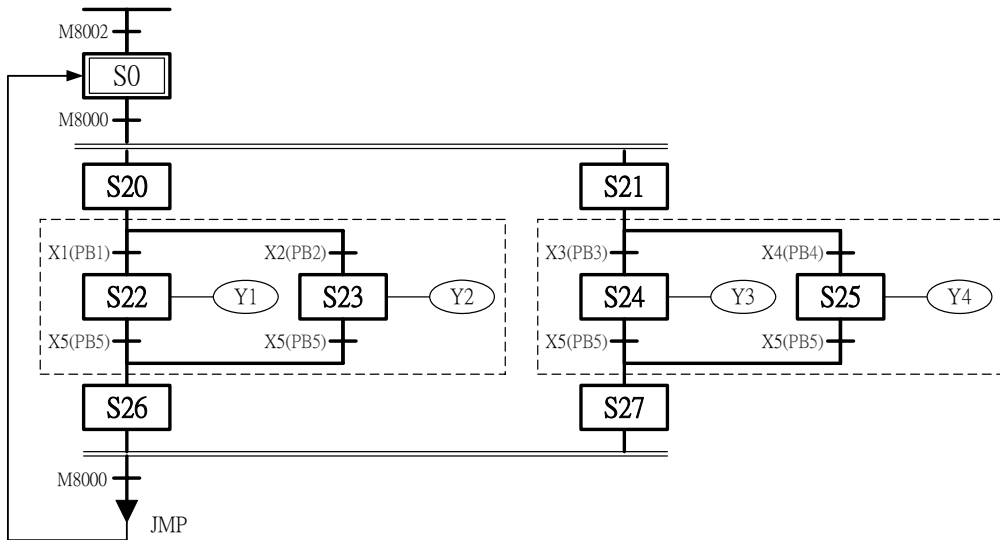


說明 上圖(左)、(右)動作狀態元全相同，(右)圖是以並進式流程設計，在並進式流程中：

- (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。並立即經由常時 ON 接點(M8000)，及並進式分歧的作用，緊接著進入步進點 S20、S22。
(※ 兩條分歧流程可以同時啟動，這是並進式流程的"分歧"特點)
- (2)在步進點 S20，按 PB1→進入步進點 S21，Y1=ON。同時在步進點 S22，也可按 PB2→進入步進點 S23，Y2=ON。
- (3)當兩條分歧流程全部操作完成 (S21、S23 啟動，Y1=ON、Y2=ON)，此時才能夠按 PB3，進入步進點 S24，Y3=ON。
(※當兩條分歧流程全部完成操作時，才可以脫離並進式流程往下執行，這是並進式流程的"合流"特點)

三、並進式流程、選擇式流程相互套疊

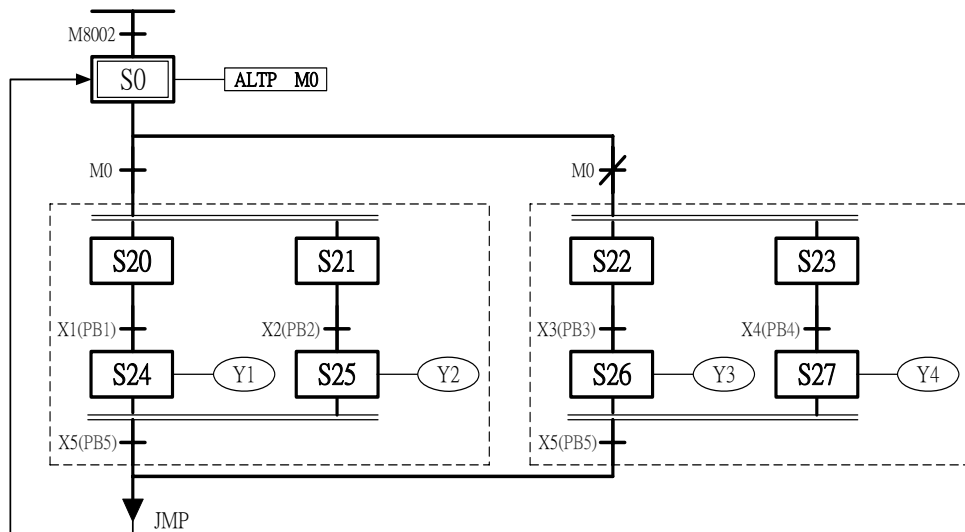
1. 兩個"選擇性流程"套疊於"並進式流程"中



說明 上圖係由選擇式、重複式、並進式三種模式流程套疊而成，其中：“選擇式流程”套疊於“並進式流程”之內。

- (1) 開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。並立即經由常時 ON 接點(M8000)，及並進式分歧的作用，緊接著進入步進點 S20、S21。
- (2) 由於虛線框內是“選擇式流程”，因此在進入步進點 S20 後，PB1、PB2 操作順序雖不受限制，但只能選擇操作其中一個。同樣地，在進入步進點 S21 亦相同：PB3、PB4 操作順序雖不受限制，但也只能選擇操作其中一個。所以四個輸出(Y1、Y2、Y3、Y4)之中，只能允許二個輸出動作(ON)，如下列四種組合狀態：(Y1、Y3)=ON，(Y1、Y4)=ON，(Y2、Y3)=ON，(Y2、Y4)=ON。
- (3) 在兩個選擇分歧流程都有輸出狀態下，按 PB5，進入步進點 S26、S27，透過常時 ON 接點(M8000)，立即返回起始步進點 S0。同時，所有輸出復歸(OFF)。此時，又可以重新操作。

2. 兩個"並進式流程"套疊於"選擇性流程"中



說明

上圖係由選擇式、重複式、並進式三種模式流程套疊而成，其中：並進式流程"套疊於"選擇式流程"之內。

- (1)開機或重新啟動時，利用初始脈波 M8002 的 a 接點進入流程起始步進點 S0。同使，執行 **ALTP M0** 指令，使 M0=ON。(在開機啟動時，M0=OFF)。
- (2)在步進點 S0 且 M0=ON，立即進入左邊虛線框的並進式流程(S20、S21)，此時。按 PB1，進入 S24，Y1=ON。按 PB2，也可以同時進入 S25，Y2=ON。PB1、PB2 操作的順序也沒有限制。此時，按 PB3、PB4 無任何作用。
- (3)當(Y1、Y2)= ON 時，按 PB5，才可以重新返回流程起始點 S0，再次驅動 **ALTP M0**使 M0 由 ON→OFF。
- (4)在步進點 S0 且 M0=OFF，立即進入右半部分的並進式流程(S22、S23)。按 PB3，進入 S26，Y3=ON。按 PB4，也可以同時進入 S27，Y4=ON。PB3、PB4 操作的順序也沒有限制。此時，按 PB1、PB2 無任何作用。
- (5)當(Y3、Y4)= ON 時，按 PB5，重新返回流程起始點 S0，再次驅動 **ALTP M0**使 M0 由 OFF→ON，又回到步驟(2)的操作。

4-2.5 轉接步進點的使用方式

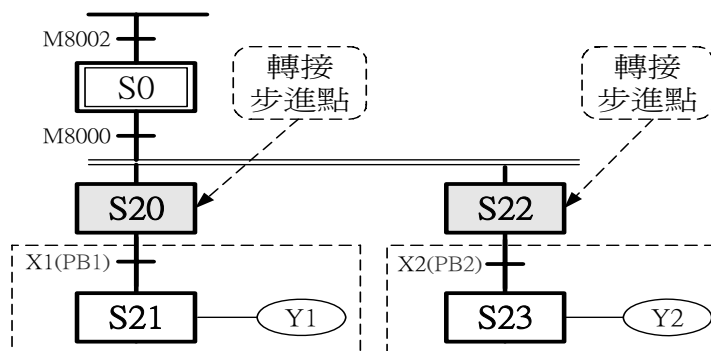
一、"轉接步進點"的定義

所謂 "轉接步進點"，是指該步進點不做任何操作，單純為了中繼轉接使用；因此，也可以稱為 "NOP 步進點"。

二、"轉接步進點" 使用時機：

1. 配合"並進式流程"的使用規格

如下圖：S20、S22 即為轉接步進點(該步進點內沒有任何操作內容)，而 S0 為 SFC 流程的起始步進點，是每個流程的開頭識別用的步進點；雖然步進點內也沒有任何內容，但是不能稱它為轉接步進點。



2. 解決 SFC 編譯系統的限制

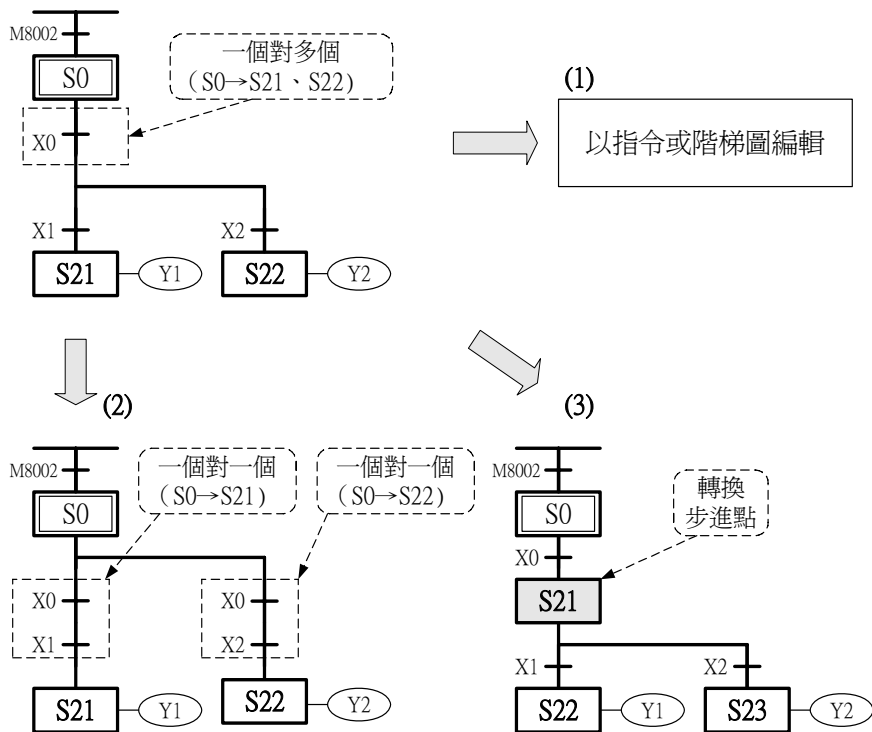
由於 FX2 的 SFC 編譯系統是以圖形鍵入的方法編輯程式，而步進條件是存在於一個步進點與另一個步進點之間。如果不同模式流程套疊時，步進條件是以串聯或串並聯組成，而其中一部份又提供兩個(或以上)的步進點共同使用時(如下圖)，將會受限於編輯系統的規格，無法正確鍵入使用。可用下列三種方式解決問題：

(1)以指令或階梯圖方式編輯程式。

可以 MPS、MPP 方式寫出並正確執行(※不能使用 MC、MCR)，指令的編寫方法請參閱 4-3 (SFC 指令的使用方法)講述內容。

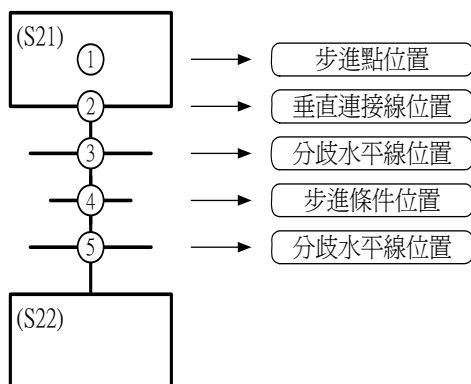
(2)修改步進條件的結構，如下圖(2)。

(3)插入轉接步進點，如下圖(3)。



插入轉接步進點時，要避免：“前一個步進點中以 OUT 指令啟動的輸出負載，由於進入轉接步進點後，會被不當處置造成復歸(OFF)”的問題。若以 SET 指令啟動輸出負載則不會有這些顧慮。

※ SFC 流程以圖形編譯時，其圖件符號可輸入位置安排如下圖：

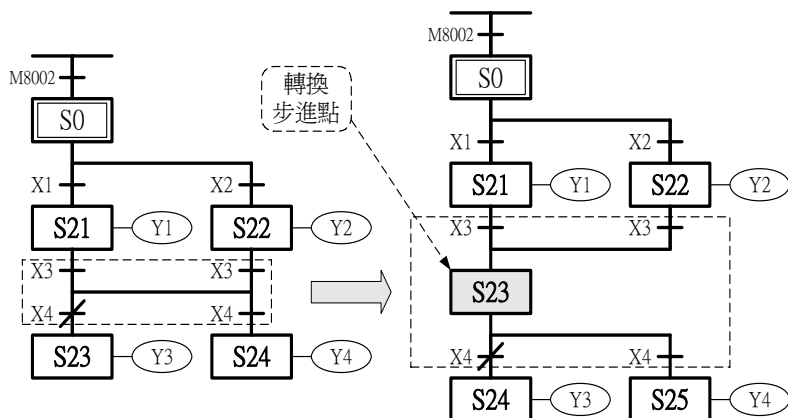


說明

- (1) 分歧水平線位置可以輸入並進式分歧"═"，或選擇式分歧"——"。
- (2) 步進條件位於中央，上下位置最多只能各有一條分歧水平線。

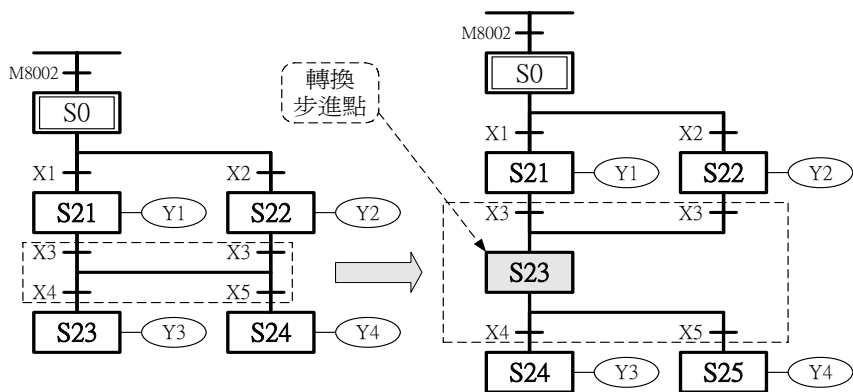
三、分歧套疊時，轉接步進點的使用解說

1.

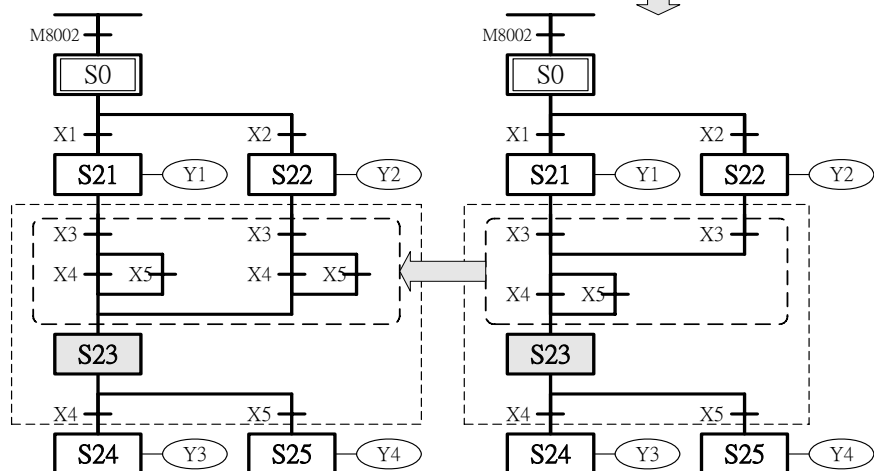


說明 虛線框內不符 SFC 圖形編譯的規定，應串連"轉接步進點"，如上圖(右)。

2.

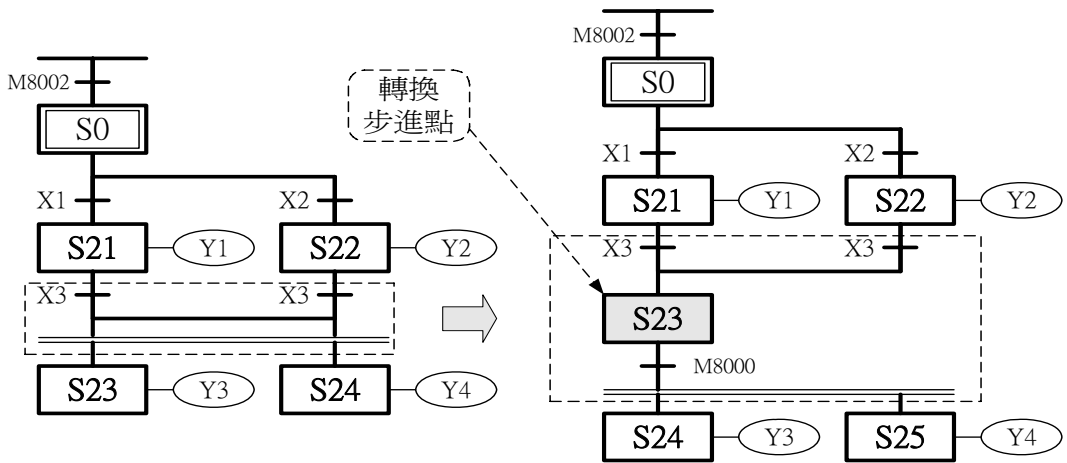


當X3 ON，Y1或Y2不應該OFF，
但上圖在進入轉接步進點
S23後，Y1、Y2 卻會被OFF。
因此，SFC流程要修正如下圖：



說明 上圖為 OUT 指令啟動輸出負載時，為了避免被轉接步進點不當處置而造成輸出負載 OFF 的 SFC 流程修正步驟。

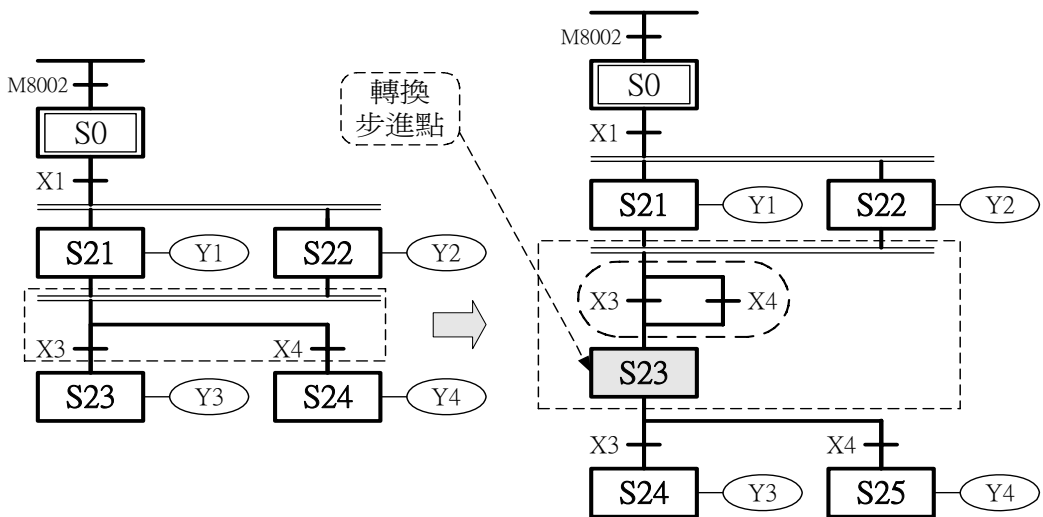
3.



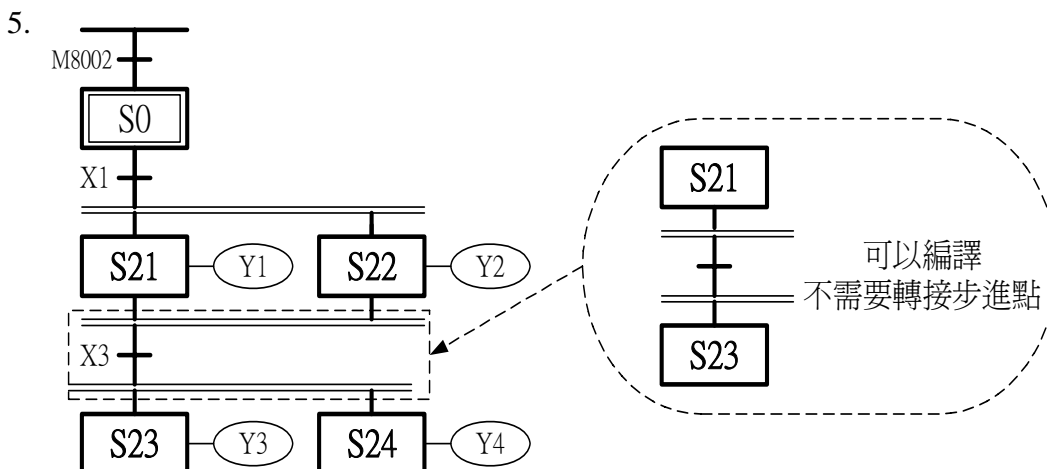
說明 (1)虛線框內，步進條件符號下方，有兩條分歧水平線，不符 SFC 圖形編譯規格，應串連"轉接步進點"，如上圖(右)。

(2)兩個步進點之間應該要有步進條件，因此在轉接步進點 S23 下方，要串接步進條件：常時 ON 接點(M8000)。

4.



說明 虛線框內，步進條件符號上方，有兩條分歧水平線，不符 SFC 圖形編譯規格，應串連"轉接步進點"，如上圖(右)。轉接步進點上方，應串接步進條件：X3、X4 的並聯接點(如：橢圓虛線框)。



說明 虛線框內，步進條件符號上、下方，各有一條分歧水平線，符合 SFC 圖形編譯規格，可以直接以該圖鍵入編譯，不必串連"轉接步進點"。

4-3 SFC 指令編寫方法

以 SFC 語法撰寫的 PLC 迴路控制程式，可以直接將 SFC 流程圖鍵入電腦，透過編譯系統解譯後，載入 PLC 執行程式。如果不使用電腦，就需要將 SFC 流程圖轉成指令程式後，利用程式書寫器直接輸入 PLC 執行程式。至於 SFC 流程中可以使用那些指令？

- 除 MC、MCR 指令不能使用外，其他的基本順序指令、應用指令都可以使用。
- 另外，啟動步進點、進入步進點、關閉步進點，跳移到某步進點、脫離步進點，須靠專用的指令執行，如下表：

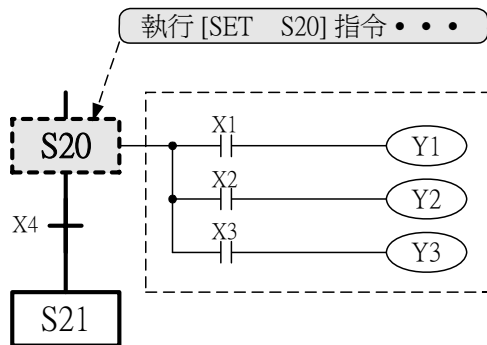
指令名稱	動作說明	備註
SET	啟動步進點	同時關閉先前的步進點
STL	進入步進點(內部階梯圖)	
RST	關閉步進點	
JMP	跳移到(某步進點)	同時關閉先前的步進點
RET	脫離步進點(內部階梯圖)，返回系統的主要母線	一連串 SET、STL 指令之後必須寫入 RET 指令

4-3.1 SET、STL、RET 指令的使用方法

一、指令使用描述

1. SET 〈啟動步進點〉

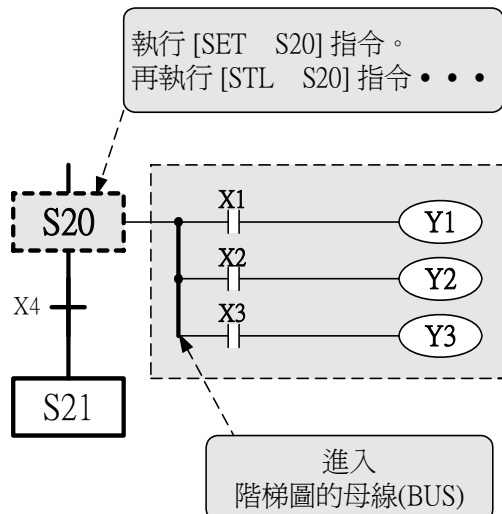
步進點(S0~S999)，可以視為一種狀態繼電器，與 Y、M 一樣可以用 OUT、SET、RST 指令。當使用 SET 指令時，步進點動作(ON)並保持動作狀態，步進點內部的階梯圖才得以操作，因此，SET 指令的作用，我們把它稱為：啟動步進點或打開(OPEN)步進點。



2. STL 〈進入步進點(階梯圖)〉

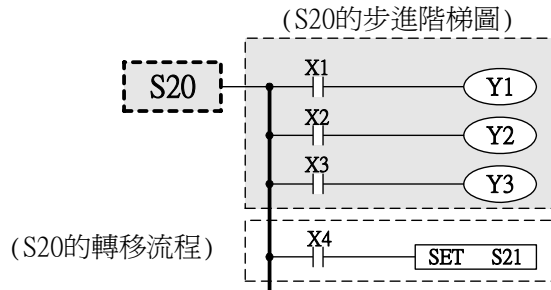
STL 為英文"STEP LADDER"(步進階梯圖)的縮寫，是指步進點內部的階梯圖。執行 STL 指令，就是要進入該步進點的內部迴路。

使用 SET 指令等於啟動步進點的"主控接點"(類似基本順序指令中的 MC 指令)，接著再使用 STL 指令，進入步進點內部的階梯圖的"母線"(BUS)中，由該階梯圖的母線開始執行程式。示意如下圖：



進入步進點內部階梯圖的母線後，控制權直接由系統母線連接到該母線上，因此在該母線上，可與系統母線一樣方式，以 LD (LDI) 開始撰寫控制程式，也可以使用 MPS、MRD、MPP 處理分歧支路。

由於要進入步進點的階梯圖內，步進條件才能發生功效。因此，步進條件及其驅動元件的轉移流程也是附掛在該階梯圖母線上，為該步進點階梯圖母線上的一個分歧支路。如下圖所示：

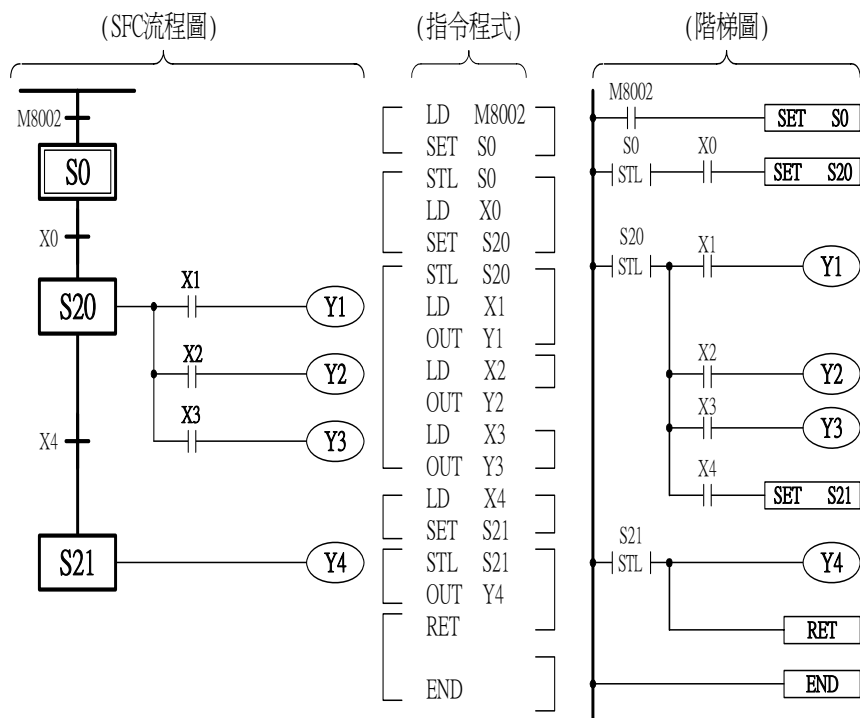


※系統母線稱為"主要母線"，步進點內階梯圖的母線可稱為"次要母線"。

3. RET 〈脫離步進點階梯圖，返回系統主要母線〉

RET 為英文字"RETURN"(返回)縮寫符號，此指令的意思是：從步進點內的階梯圖返回系統的母線上，也就是說，"脫離步進點階梯圖，將控制權交還主要母線"，同時，該步進點也一併關閉。有點類似基本順序控制指令的 MCR(主控接點功能解除)的味道。動作示意如下圖：(其中

┆┆┆^{SO}
┆┆┆STL┆┆┆ 係"STL S0"指令的階梯圖表示符號)



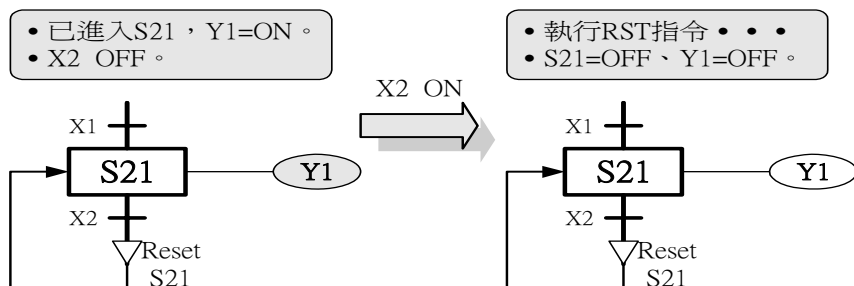
4-3.2 RST、JMP(OUT) 指令的使用方法

一、指令使用描述

1. RST 〈關閉步進點〉

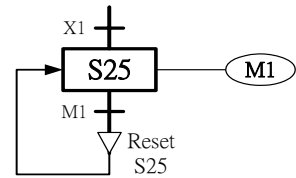
RST 為英文"RESET"(重置)的縮寫，與 SET 指令作用相反，執行 RST 指令時，步進點復歸(OFF)，步進點內部的操作也隨之停止。因此，RST 指令的作用，我們稱它為：關閉步進點或離開步進點。

(1)在 SFC 流程圖中，要以 RST 指令關閉步進點時，通常是使用在步進點轉移流程的動線上，而且是以""符號表示。



(2)需要一次關閉二個以上步進點時，可以在步進點內的階圖中，以 ZRST 指令完成，例如：ZRST S0 S99 可以一次關閉 S0~S99 範圍內所有步進點。

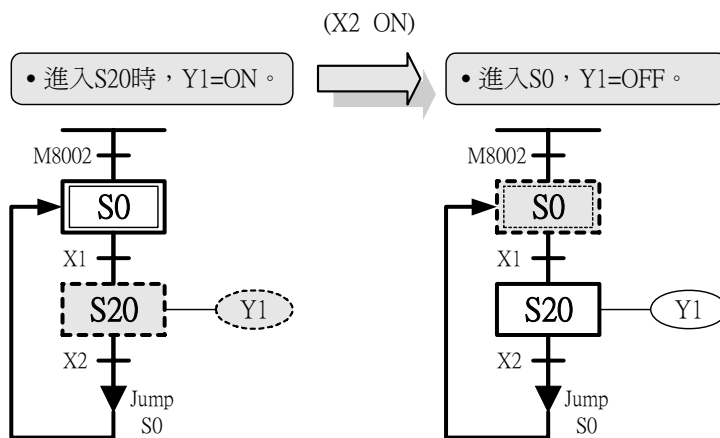
(3)如右圖的流程設計，當 X1 ON 時，M1 會產生一個掃描時間的脈波輸出，與 PLS M1 相同。



2. JMP(OUT) 〈跳移至(某步進點)〉

JMP 為英文"JUMP"(跳躍)的縮寫，執行 JMP 指令時，會跳移到指定的對象，啟動該步進點並保持狀態，同時關閉原先的步進點。

(1)在 SFC 流程圖中，要以 JMP 指令做步進點的跳移處理時，通常是使用在步進點轉移流程的動線上，並以" \rightarrow Jump"符號表示。



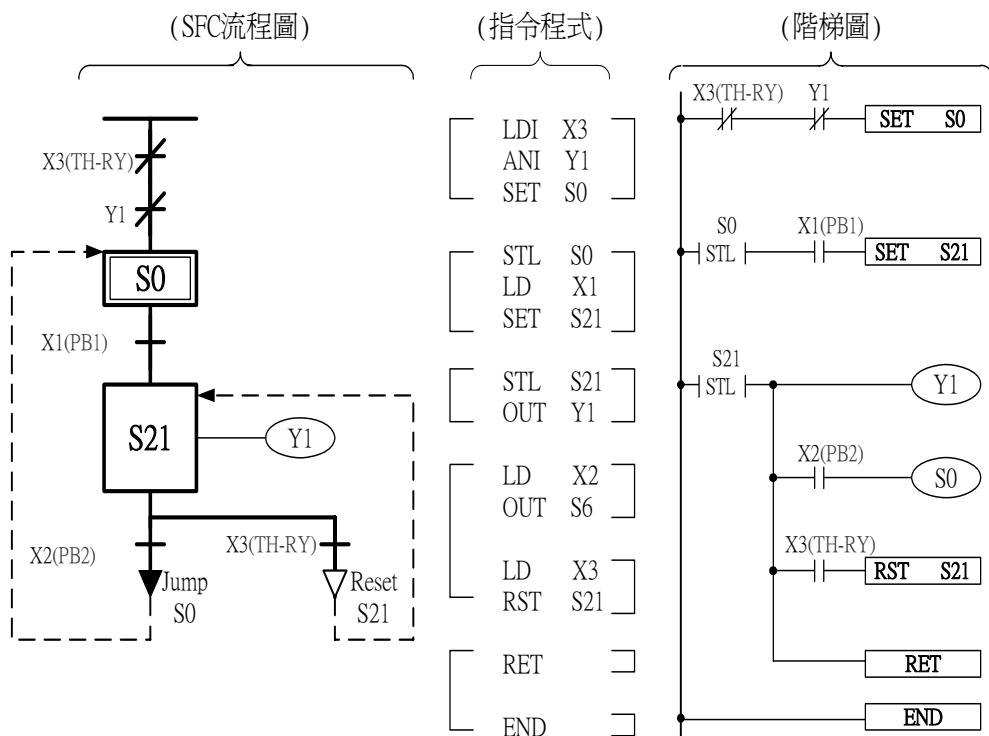
(2)由於步進點是位元處理型元件，可以用 OUT、SET 指令啟動(ON)，因此 SFC 編譯器是利用"OUT"指令，兼負"跳移到(某步進點)"的任務，所以當編寫指令程式時遇到"Jump(JMP)"時，即以 OUT 指令替代。

(3)在步進點轉移流程的動線上，JMP(OUT)與 SET 有何異同？

- 以指令編輯執行程式時，JMP(OUT)與 SET 都可以啟動步進點並保持狀態(亦即：進入步進點)，作用完全相同，並無兩樣。
- 以 SFC 流程圖編譯及執行程式時，由於 SET 指令會改變步進點轉移流程的動線，隨意使用導致流程圖面變形，可讀性較差。而 JMP(OUT)指令，則始終保持流程圖設計原貌，可讀性較佳。因此，在重複式流程中，以使用 JMP(OUT)指令為宜。

二、指令編寫範例

茲以下列"電動機直接啟動控制"之 SFC 流程圖為例，說明 RST、JMP 指令的編寫方法，請參考對照。

**說明**

(1) 程式執行後，進入 S0，按 PB1(X1 ON)→進入 S21，Y1 ON。

(2) Y1 ON 時，按 PB2(X2 ON)→跳移至 S0，同時關閉 S21(Y1 OFF)；

再按 PB1(X1 ON)→Y1 ON。

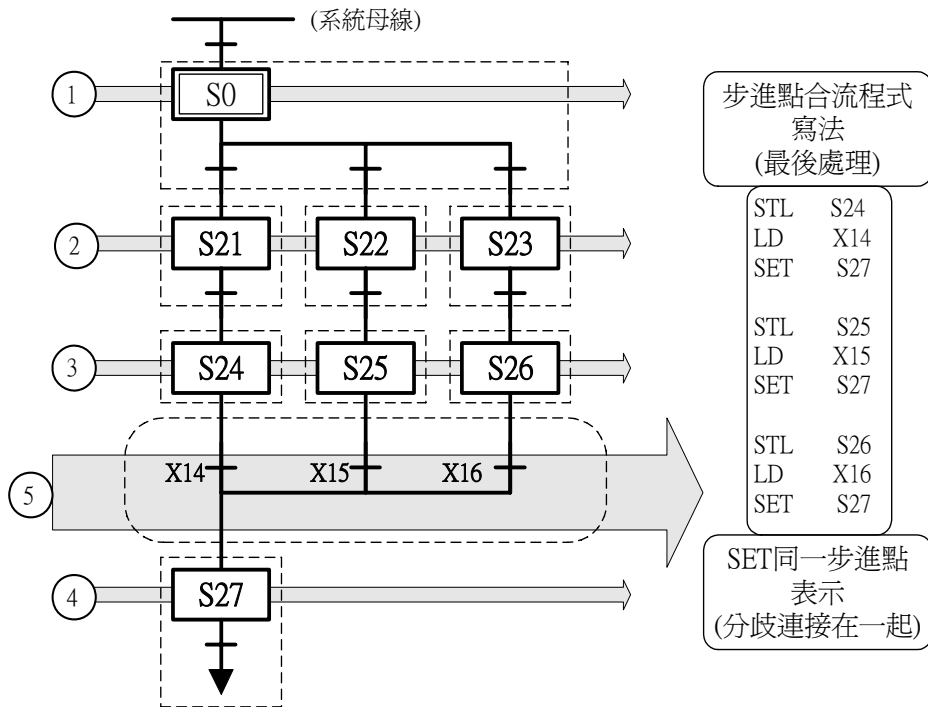
(3) Y1 ON 時，TH-RY 動作(X3 ON)→關閉 S21(Y1 OFF)。

TH-RY 復歸(X3 OFF)，重回 S0，按 PB1(X1 ON)→Y1 ON。

4-3.3 選擇式分歧、合法的指令程式編寫方法

一、"選擇式分歧、合流"的指令編寫規則

1. 以步進點為中心，以"從左向右，再由上而下"的順序，依序將 SFC 流程編寫成指令程式，如下圖所列的(←、↑、→、↓、°)序號。其中，合流部分應先挑出，集中到程式尾端再行處理，即待所有步進點的指令編寫完成後，再編寫合流部分的指令。之所以要如此編寫指令程式，主要是為了配合 SFC 編譯系統要能顯示"流程圖的畫面"。假如，合流部分未依規定次序編寫，仍然可以正確執行程式，只是在顯示 SFC 流程圖的畫面時，可能會產生一些問題而已。



2. 步進點的內容編寫步驟如下：

(1)先以 STL 指令進入步件點內的階梯圖母線。

- (初始步進點應先由系統母線以 SET 指令啟動。)

(2)編寫步進點階梯圖迴路。

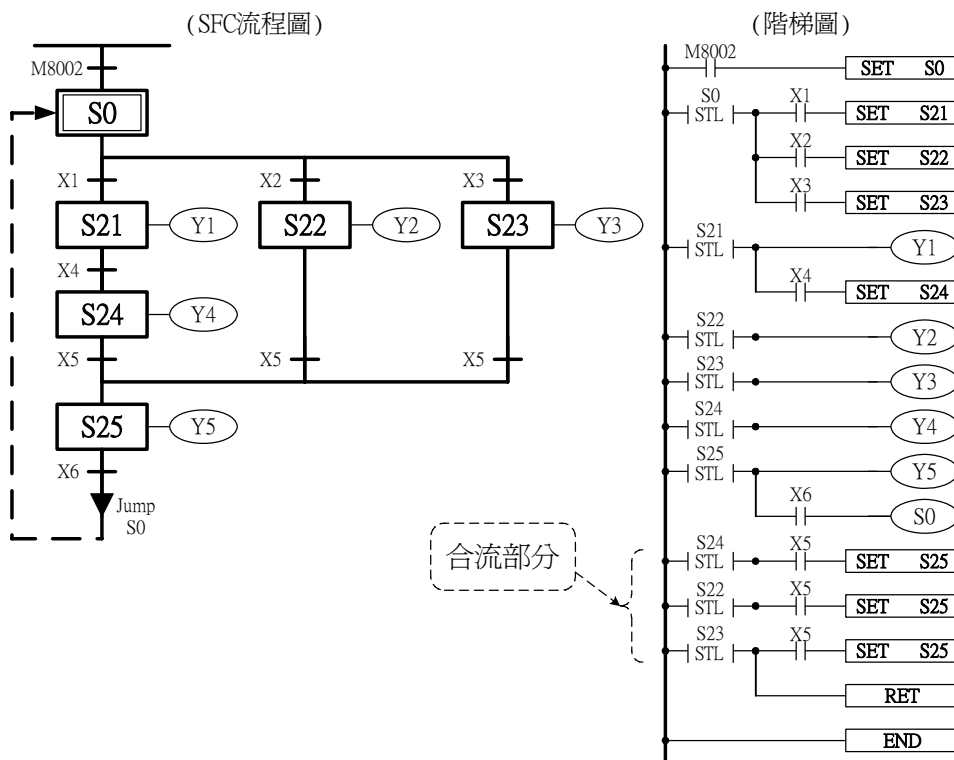
- (依階梯圖方式編寫，注意：MC、MCR 指令不能使用。)
- 步進點內無階梯圖者不用編寫。

(3)最後配合步進條件，編寫步進點轉移流向。

- 接有合流轉移流向的步進點不用編寫。

二、"選擇式分歧、合流"的指令程式編寫範例

1. SFC 流程圖與階梯圖。



2. 指令程式

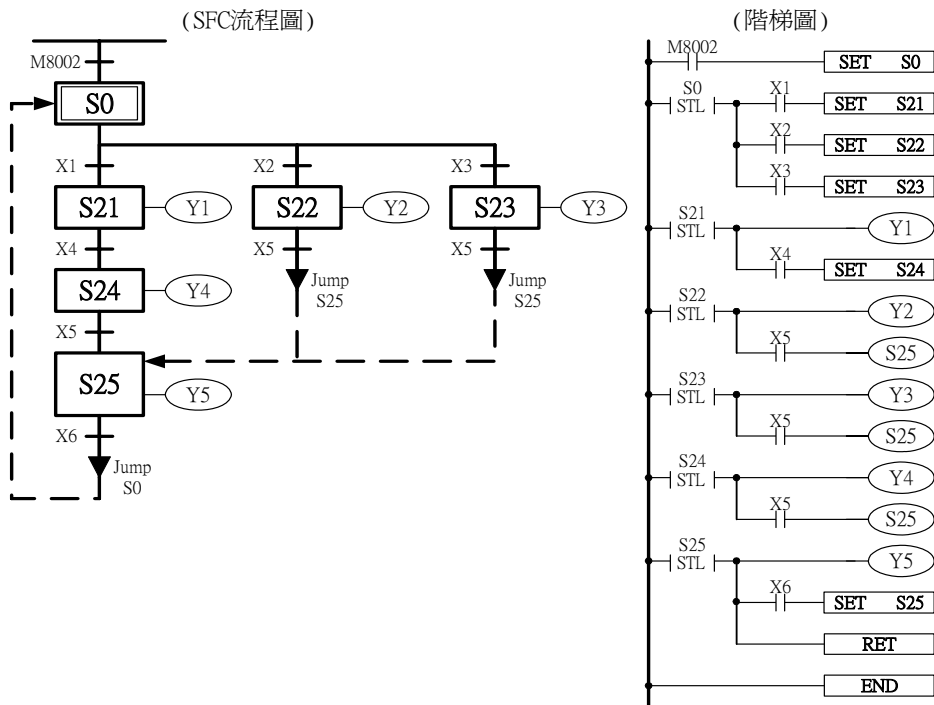
LD	M8002
SET	S0
STL	S0
LD	X1
SET	S21
LD	X2
SET	S22
LD	X3
SET	S23
STL	S21
OUT	Y1
LD	X4

SET	S24
STL	S22
OUT	Y2
STL	S23
OUT	Y3
STL	S24
OUT	Y4
STL	S25
OUT	Y5
LD	X6
OUT	S0
STL	S24

LD	X5
SET	S25
STL	S22
LD	X5
SET	S25
STL	S23
LD	X5
SET	S25
RET	
END	

※SFC 流程寫完，記得要寫 RET、END 兩個指令。)

☑ 《問題討論》將範例的 SFC 流程改以下圖方式表現，有何特別的地方？



指令程式編寫如下：

LD	M8002
SET	S0
STL	S0
LD	X1
SET	S21
LD	X2
SET	S22
LD	X3
SET	S23
STL	S21
OUT	Y1
LD	X4

SET	S24
STL	S22
OUT	Y2
LD	X5
OUT	S25
STL	S23
OUT	Y3
LD	X5
OUT	S25
STL	S24
OUT	Y4
LD	X5

SET	S25
STL	S25
OUT	Y5
LD	X6
OUT	S0
RET	
END	

前面單元曾提及：SET、JMP(OUT)指令對於啟動步進點功效完全相同，只是在顯示 SFC 流程圖畫面場合：

- (1) SET 指令，會在兩個步進點之間連線。
- (2) JMP(OUT)指令，不會在兩個步進點之間連線。

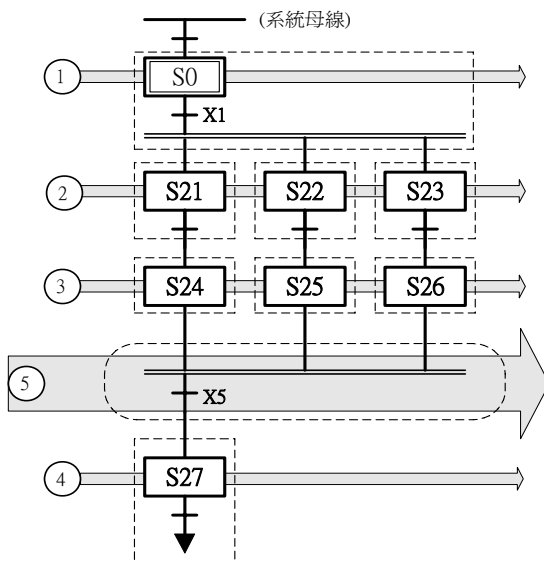
因此，程式功能完全一樣，雖然以 JMP(OUT)編寫跳移流程時，只有省下區區 3 個指令，由於不用考慮合流的程式處理，因此只要按照順序編寫指令程式，會感覺順手些！

4-3.4 並進式分歧、合流的指令程式編寫方法

一、"並進式分歧、合流"的指令程式編寫規則

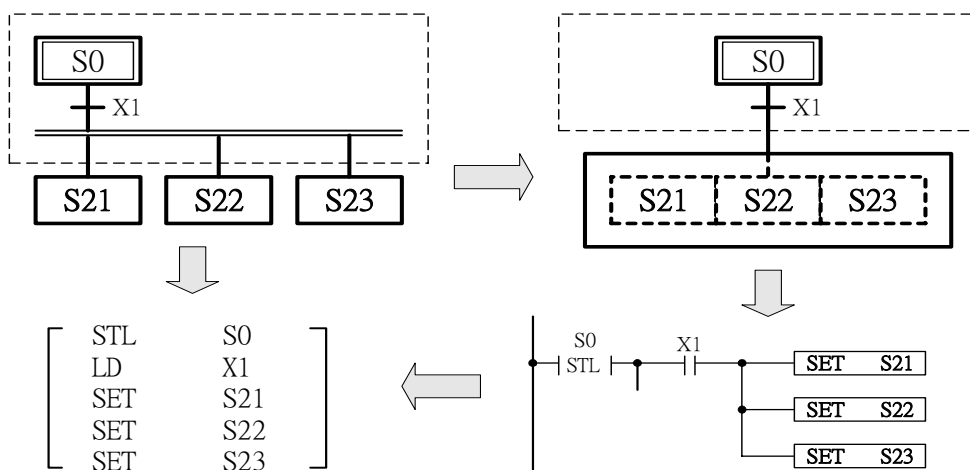
1. 與選擇式分歧、合流的指令程式編寫規則一樣：

- 以步進點為中心，"由左而右，再從上往下"順序編寫，如下圖的 ①、②、③、④、⑤序號。
- 合流部分集中到程式尾端，再行處理。



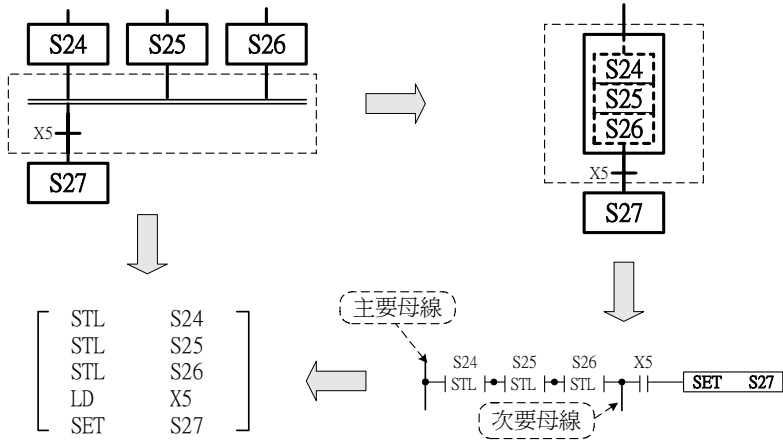
- 步進點的內容編寫步驟也與選擇性分歧、合流使用的方法相同：
 (先以 STL 指令進入步件點內的階梯圖母線)→(編寫步進點階梯圖迴路)
 →(最後配合步進條件，編寫步進點轉移流向)。

(1)分歧部分的編寫方法：



說明 如上圖，連續使用 SET 指令啟動不同的步進點，來達成並進的功能。

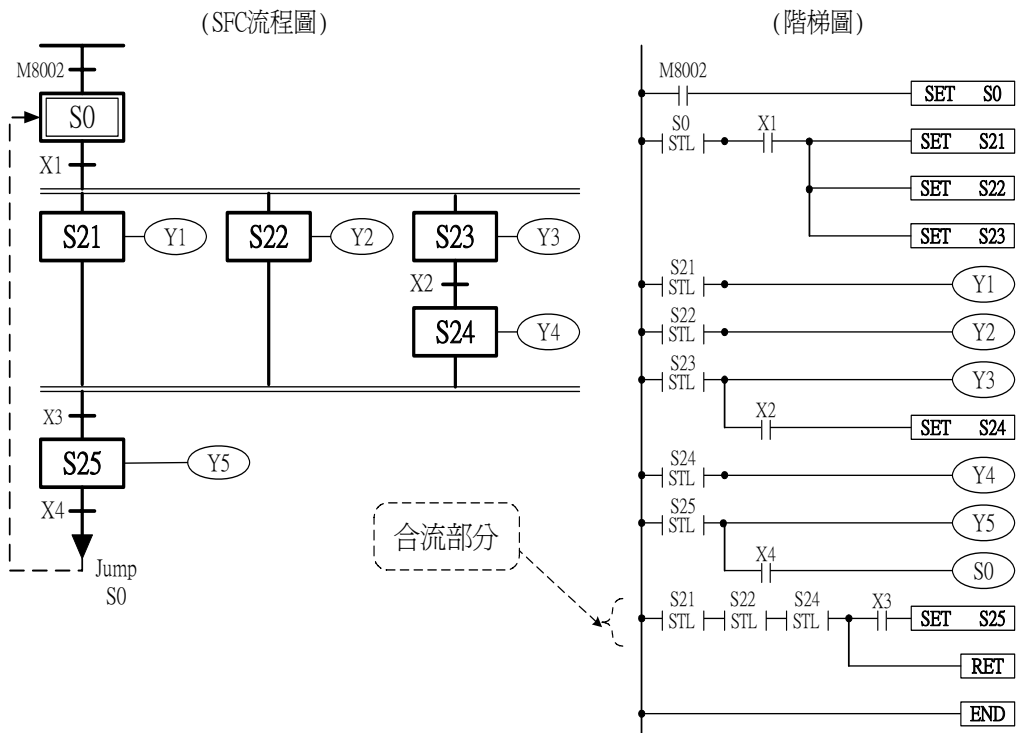
(2)合流部分的編寫方法：



說明 連續以 STL 進入 3 個不同的步進點，母線控制權深入第 3 層。亦即，3 個步進點都在動作狀態下，X5 ON，才能進入 S27。

二、"並進式分歧、合流"的指令程式編寫範例

1. SFC 流程圖與階梯圖。



2. 指令程式

LD	M8002
SET	S0
STL	S0
LD	X1
SET	S21
SET	S22
SET	S23
STL	S21
OUT	Y1
STL	S22

OUT	Y2
STL	S23
OUT	Y3
LD	X2
SET	S24
STL	S24
OUT	Y4
STL	S25
OUT	Y5
LD	X4

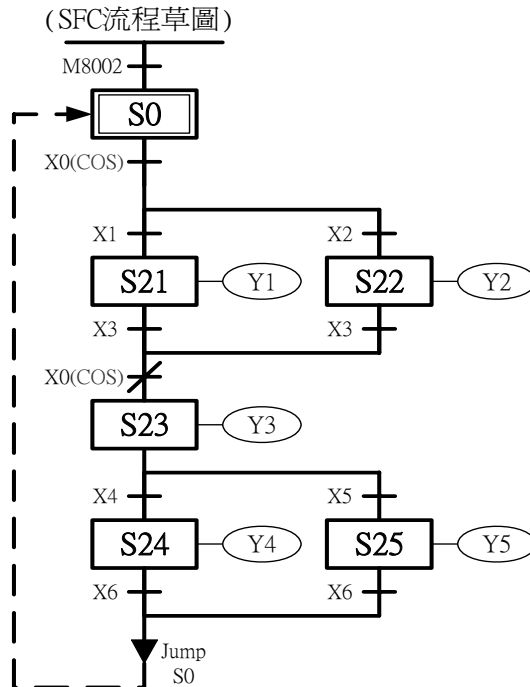
OUT	S0
STL	S21
STL	S22
STL	S24
LD	X3
SET	S25
RET	
END	

※(SFC 流程寫完，記得要寫 RET、END 兩個指令。)

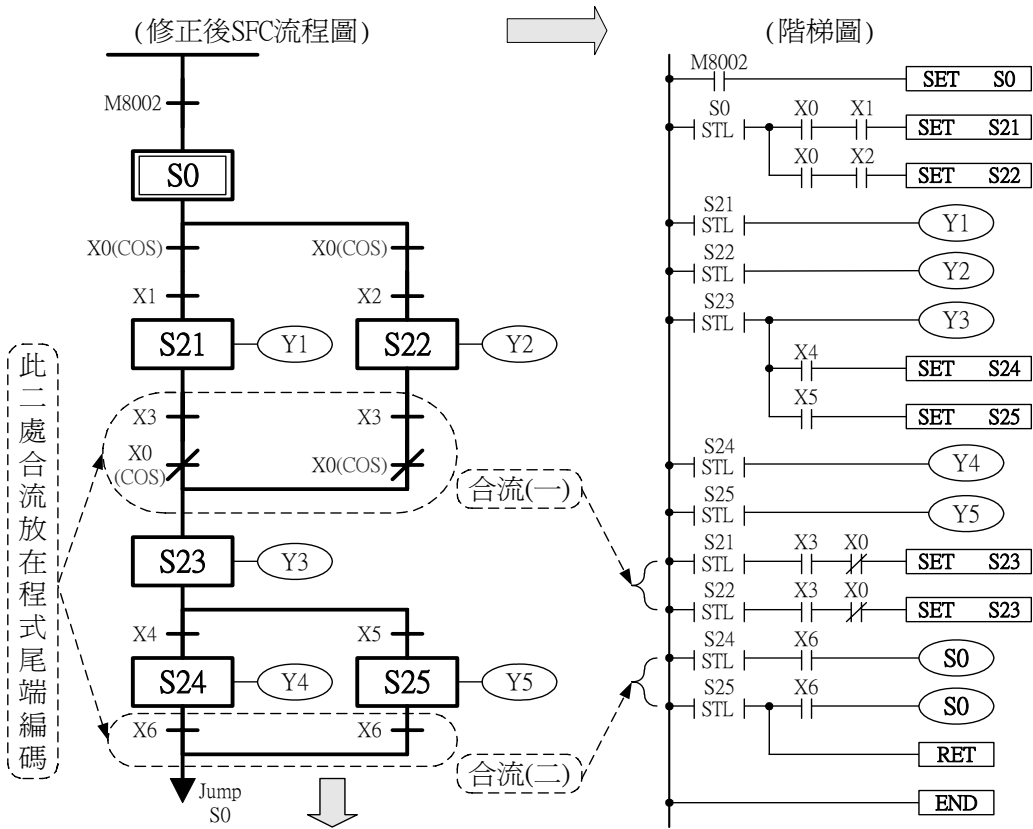
4-3.5 SFC 流程指令程式編寫練習

例題一

SFC流程草圖編寫如下圖，請將它改以指令程式編寫，然後載入PLC內執行。



1. 正規的做法(※ 配合顯示 SFC 流程畫面)



(指令程式)

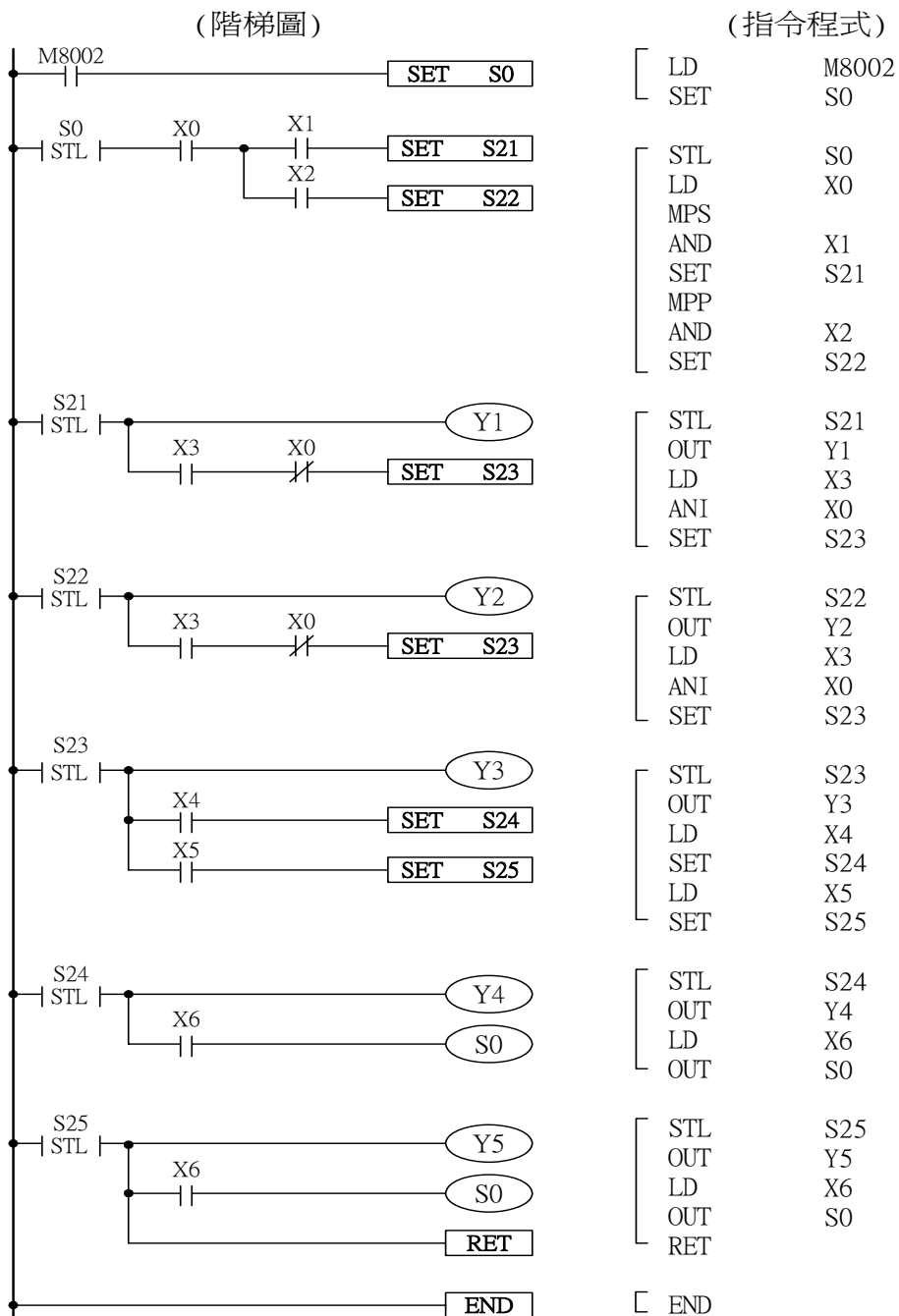
LD	M8002
SET	S0
STL	S0
LD	X0
AND	X1
SET	S21
LD	X0
AND	X2
SET	S22
STL	S21
OUT	Y1
STL	S22
OUT	Y2

STL	S23
OUT	Y3
LD	X4
SET	S24
LD	X5
SET	S25
STL	S24
OUT	Y4
STL	S25
SET	Y5
STL	S21
LD	X3
ANI	X0

SET	S23
STL	S22
LD	X3
ANI	X0
SET	S23
STL	S24
LD	X6
OUT	S0
STL	S25
LD	X6
OUT	S0
RET	
END	

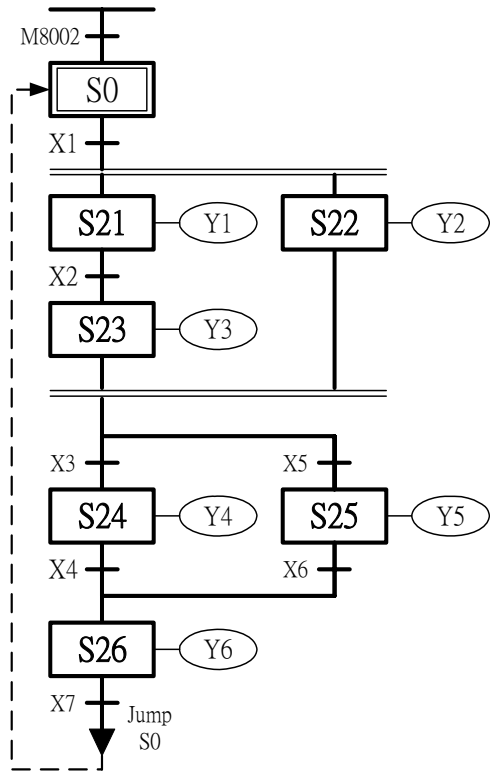
2. 直接由草圖編寫指令程式(※不考慮流程畫面顯示)

按照 SFC 流程圖的順序一一編碼，只要能夠畫得出階梯圖，就可以正確編寫且執行它的指令程式；而且可以使用 MPS、MRD、MPP、ANB、ORB 指令，但是不能使用 MC、MCR 指令。缺點是：無法正確顯示 SFC 流程畫面。

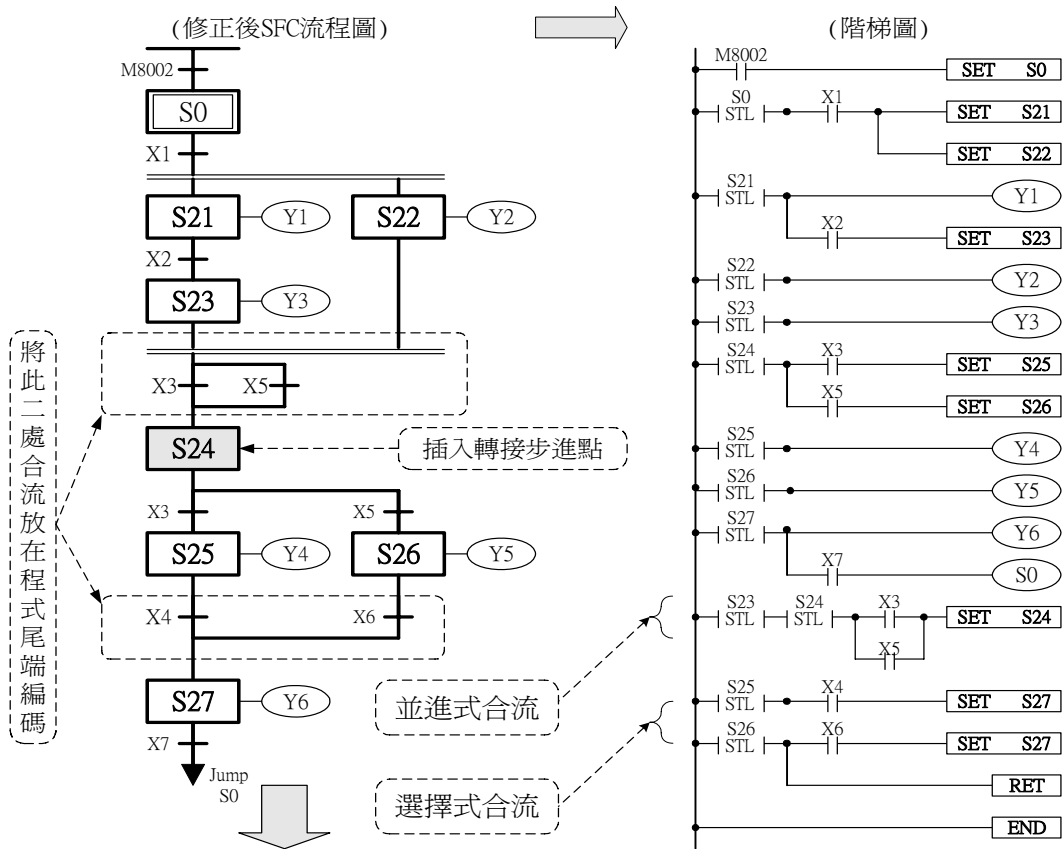


例題二

SFC流程草圖編寫如下圖，請將它改以指令程式編寫，然後載入PLC內執行。



1. 正規的做法(※ 配合顯示 SFC 流程畫面)



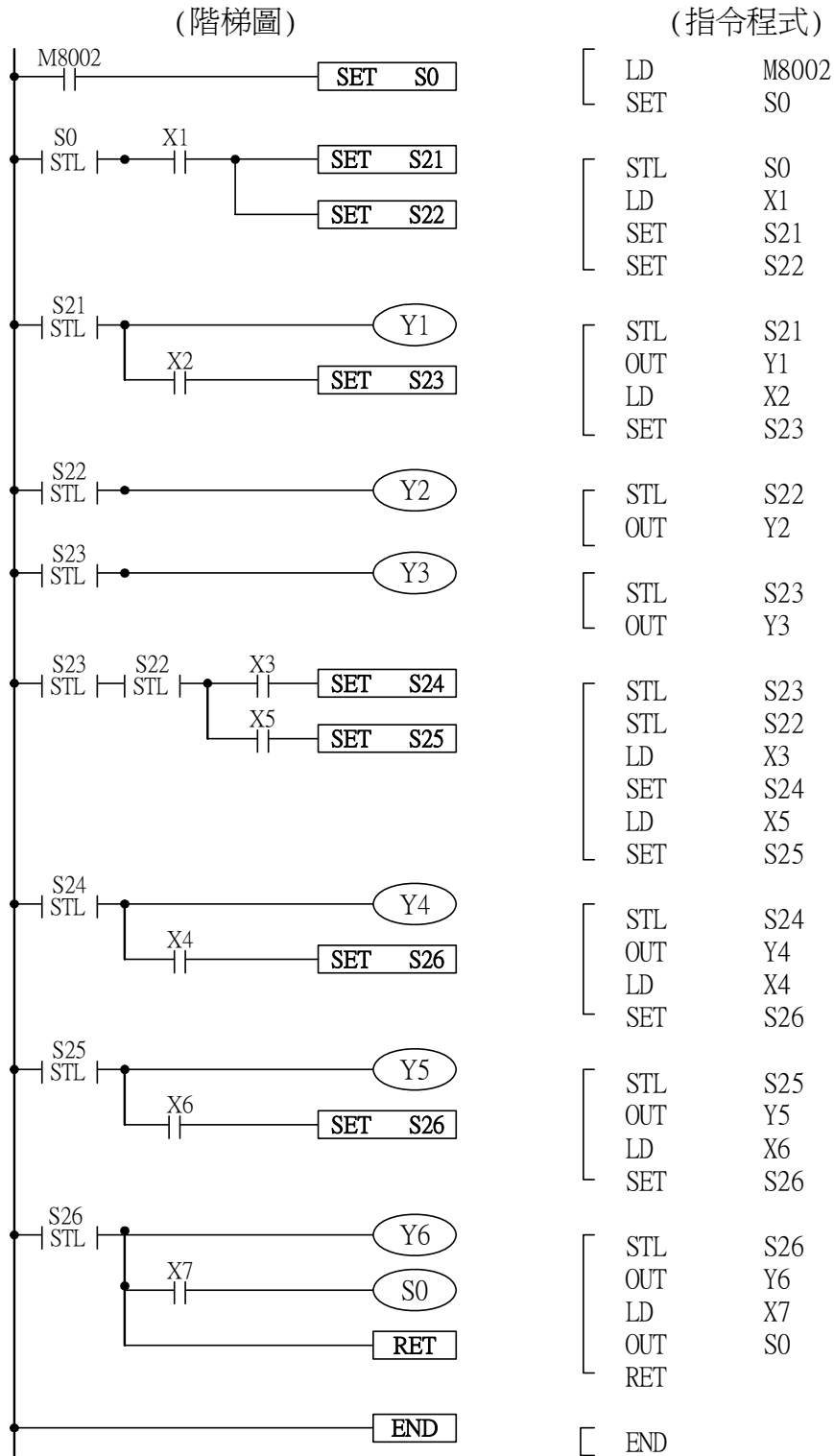
(指令程式)

LD	M8002
SET	S0
STL	S0
LD	X1
SET	S21
SET	S22
STL	S21
OUT	Y1
LD	X2
SET	S23
STL	S22
OUT	Y2
STL	S23
OUT	Y3

STL	S24
LD	X3
SET	S25
LD	X5
SET	S26
STL	S25
OUT	Y4
STL	S26
OUT	Y5
STL	S27
OUT	Y6
LD	X7
OUT	S0
STL	S23

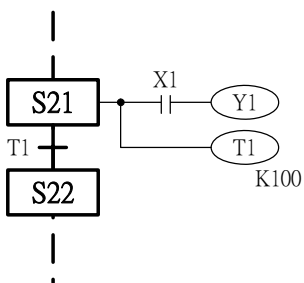
STL	S22
LD	X3
OR	X5
SET	S24
STL	S25
LD	X4
SET	S27
STL	S26
LD	X6
SET	S27
RET	
END	

2. 直接由草圖編寫指令程式(*不考慮流程畫面顯示)



✓ 注意事項

步進點內的階梯圖應避免設計成下圖的狀態：



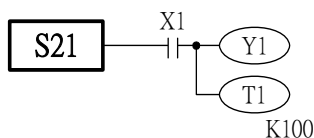
一、原因：

1. 以 SFC 流程圖形編輯時，編譯系統會拒絕接受輸入。
2. 以指令輸入時，會誤導寫成：

```

•
      STL      S21
      LD       X1
      OUT      Y1
      OUT      T1          K100
      LD       T1
      SET      S22
•
    
```

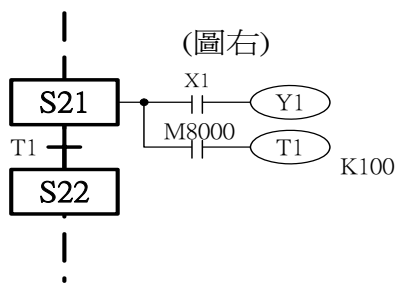
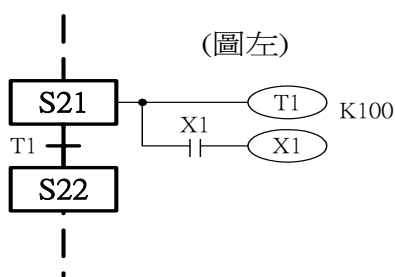
以上列指令寫法，步進點階梯圖的內容將會被改成下圖：



當然上圖程式執行的結果，必定會與原先規劃設計不相符合。

二、正確的做法：

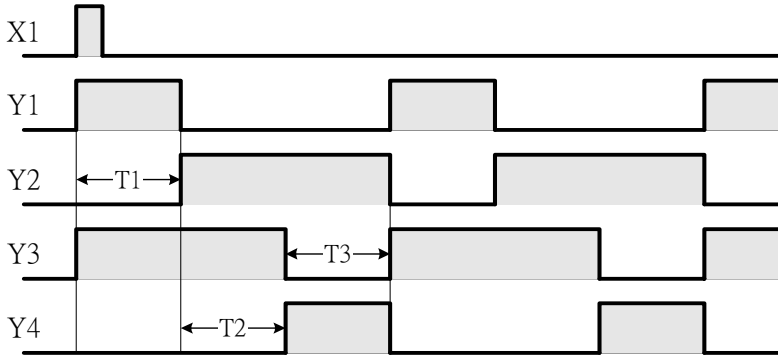
1. 將不需要接點輸入的元件或應用指令集中放在階梯圖的最前端，如下圖(左)：



2. 將不需要接點輸入的元件或應用指令，串接常時 ON 接點(M8000)亦可，如上圖(右)。

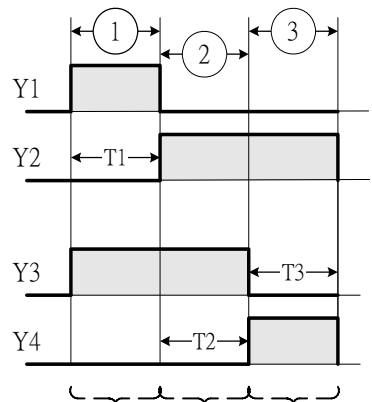
4-4 SFC 流程基本設計練習

例題一 依據下列所示動作時序圖設計 SFC 流程。

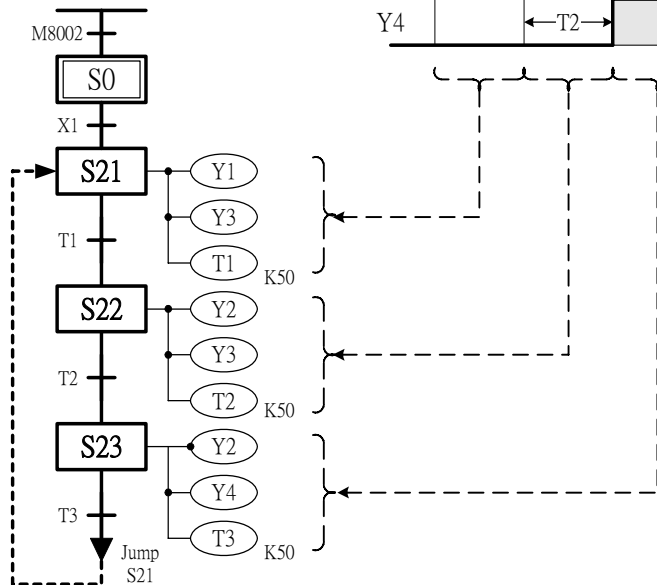


1. 以"順序式(重複式)流程"設計

(1) 上列時序圖為循環性的動作，每一操作週期可分成三個區段，如右圖之①、②、③。



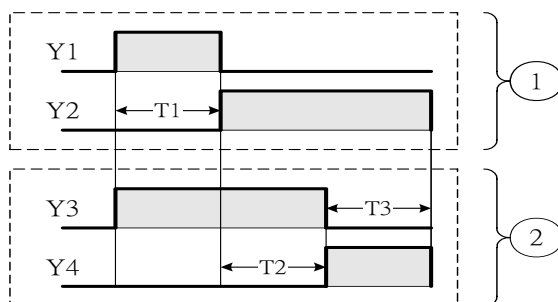
(2) 分別將這三個區段的輸出驅動 (Y1、Y2、Y3、Y4)，分別編寫於三個步進點 (S21、S22、S23) 內部的階梯圖之中，如右圖之 SFC 流程。



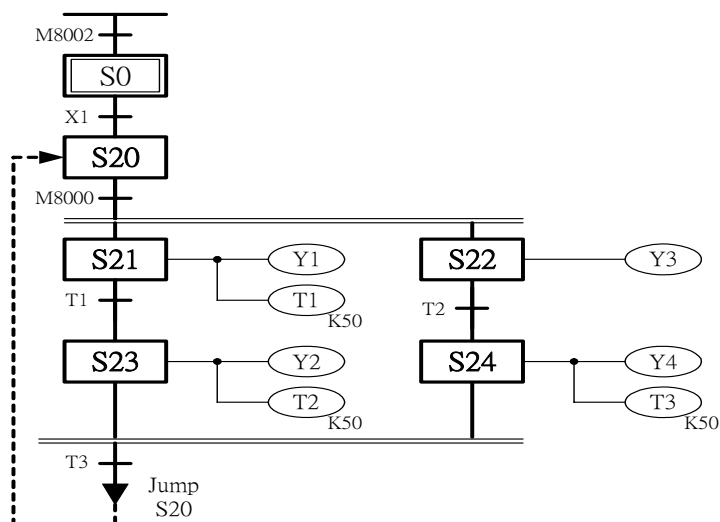
(3) 加上計時器設定每個區段(步進點)的動作時間，即可完成設計。

2. 以"並進式流程"設計

在動作循環週期內，將 Y1、Y2 的驅動視為一組操作，將 Y3、Y4 的驅動視為另一組操作，如下圖的←、↑兩組虛線框所示。



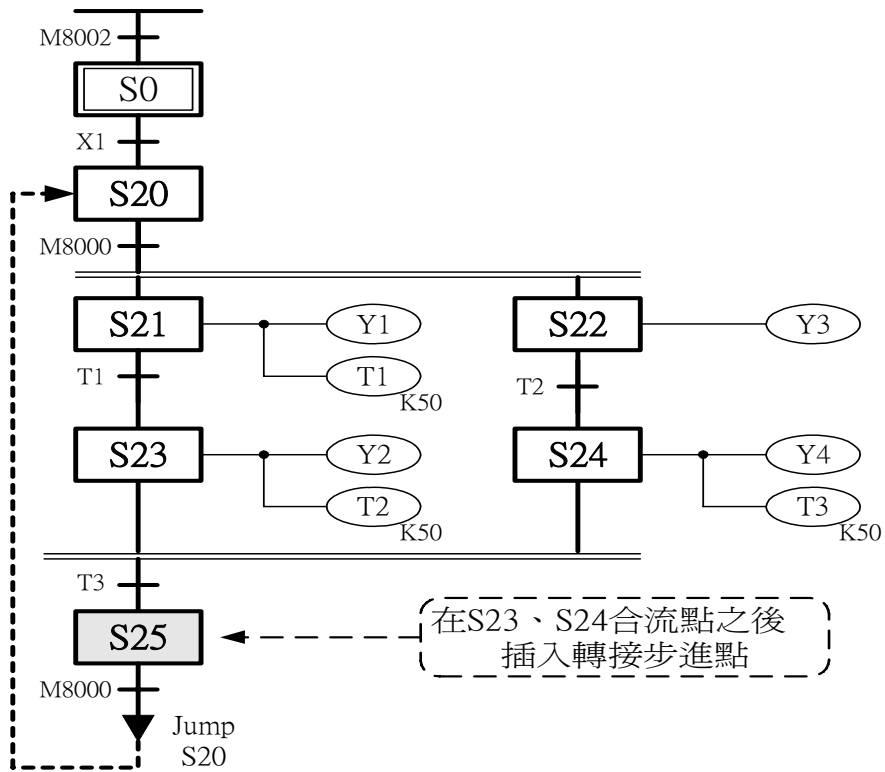
由於這兩組操作同時執行，所以可以利用並進式流程，設計如下圖：



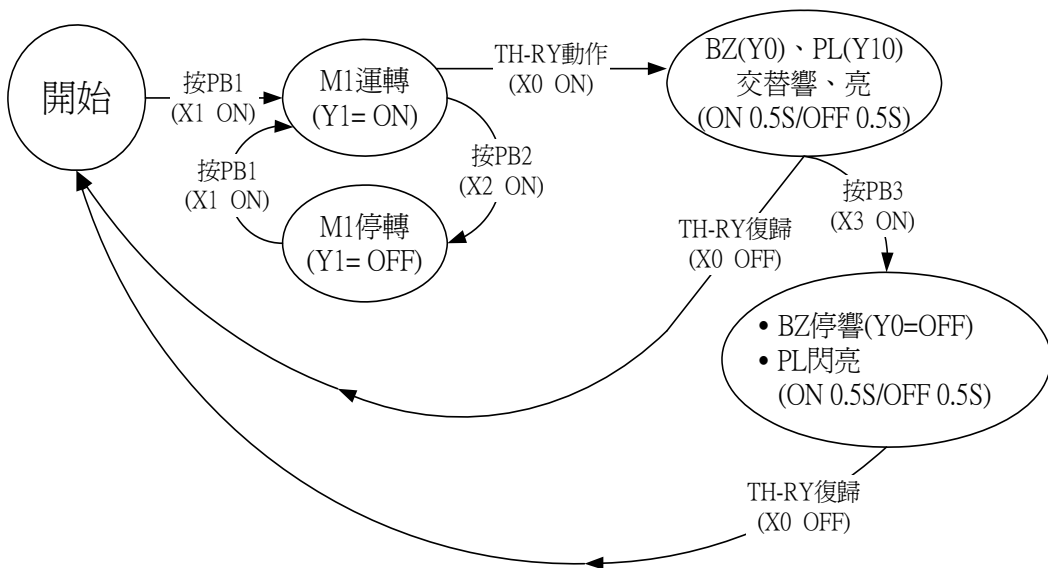
若將上列 SFC 流程圖直接載入 PLC 執行時，將會產生以下狀況："第一個循環週期很正常，能夠按照動作時序圖確實執行；但是到了第二循環後，動作狀態卻與時序圖要求不符"。原因在於：

- 在進入 S23 後，T2 開始計時，計時到，T2 的 a 接點導通(ON)。
- 之後，進入 S24，T3 計時，計時到，T3 的 a 接點導通(ON)，跳移到 S20。因為 M8000 為常時 ON 接點，會隨即進入 S21、S22。
- 由於尚未來得及掃描到 S23 步進點，因此 T2 的 a 接點仍然保持在原先的導通的狀態。也正因為如此，在第二循環後，經過 S22 步進點時，不會作任何停留，立即由 S22 轉移到 S24，Y3 無法啟動，產生與動作時序相違的狀態。解決的方法，在 S23、S24 合流的後面，插入一個轉接步進點 S25 即可。因為

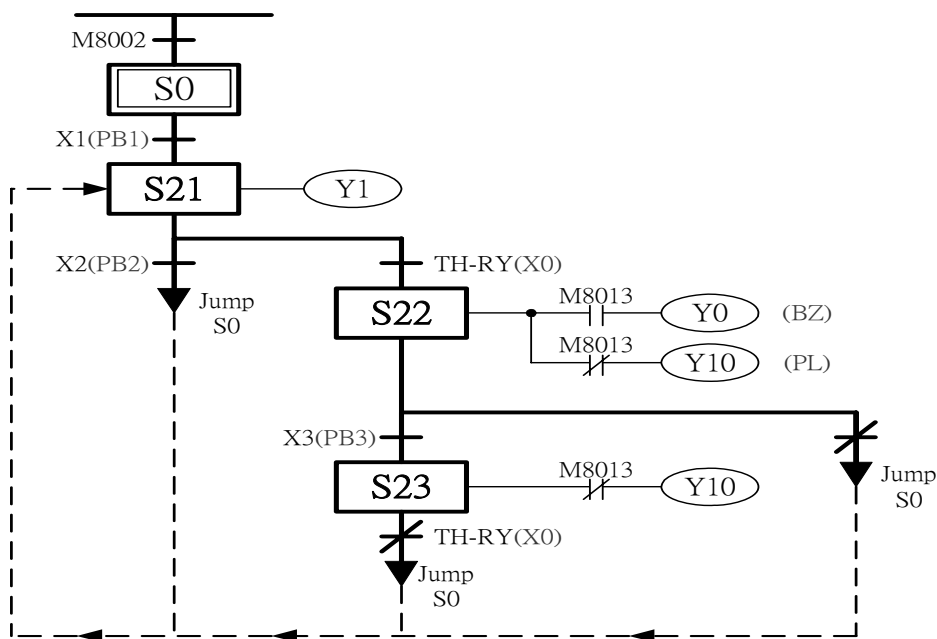
S25 的階梯圖沒有任何操作，經過 S25 時，關閉 S23，T2 復歸，T2 的 a 接點也隨之 OFF。修改後的正確 SFC 流程圖如下：



例題二 依據下圖所示之動作要求，設計 SFC 流程。

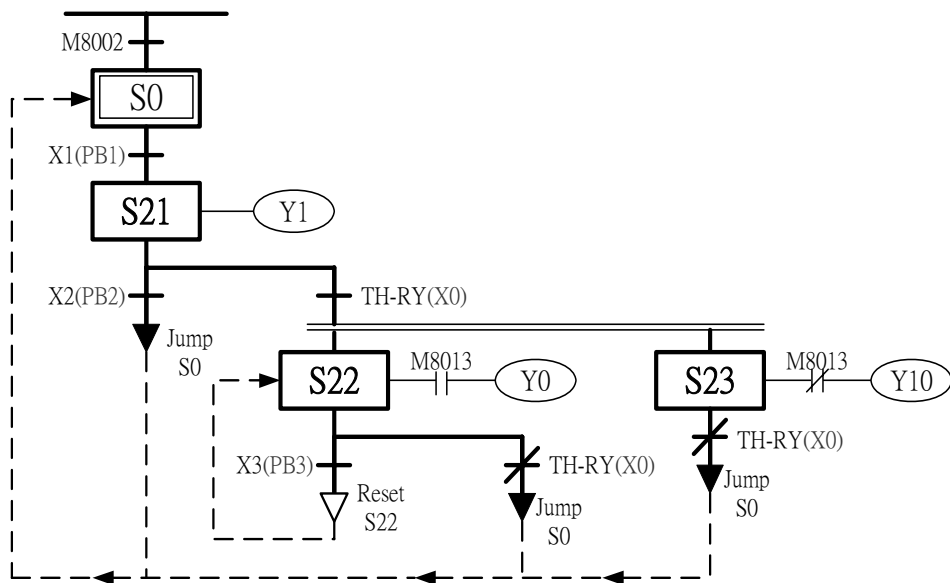


上圖係以流程方式敘述動作要求，稍加轉換即可完成 SFC 流程，如下圖：

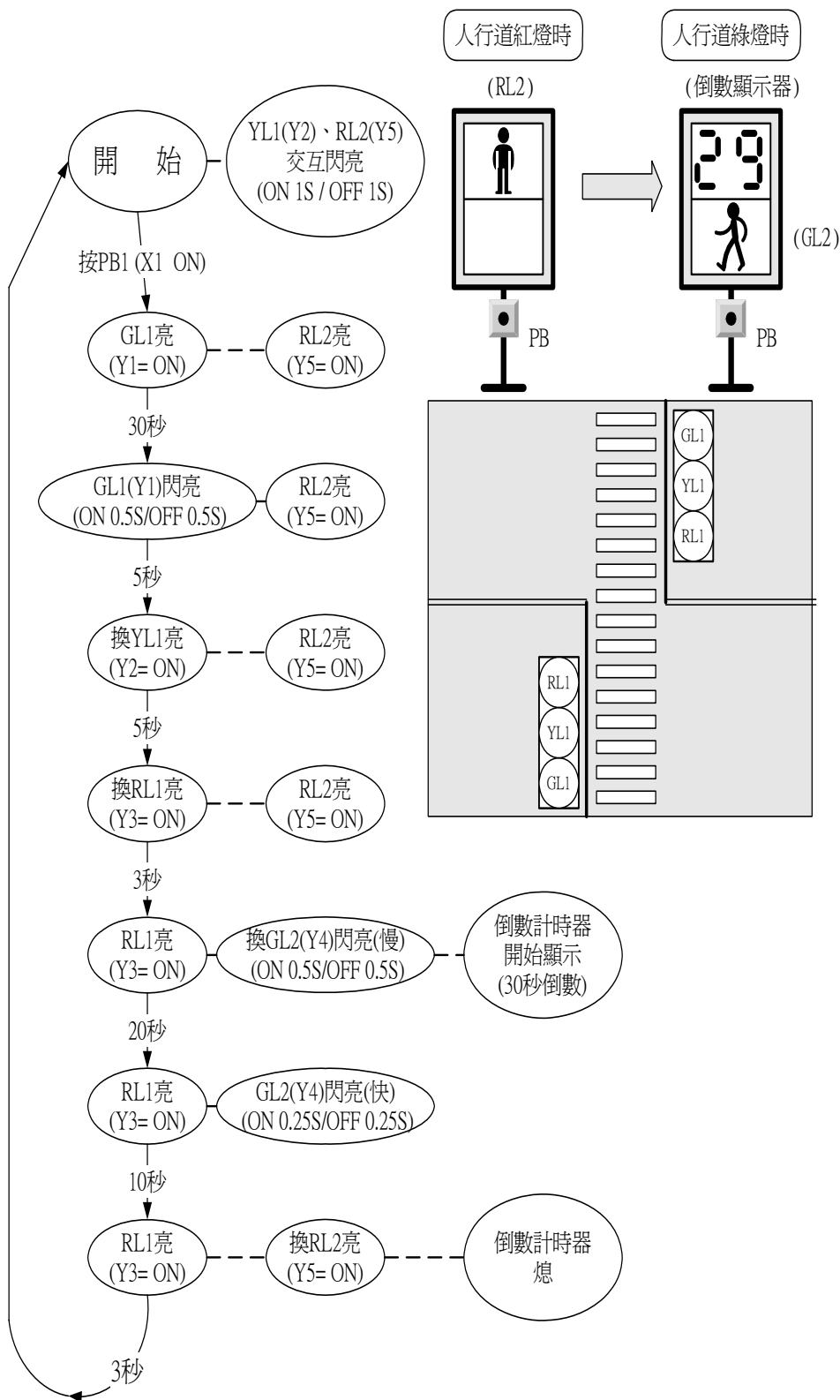


說明 按 PB1 進入 S21 後，再按 PB2，跳移到 S0，此時自動關閉 S21 步進點，Y1 也隨之 OFF。

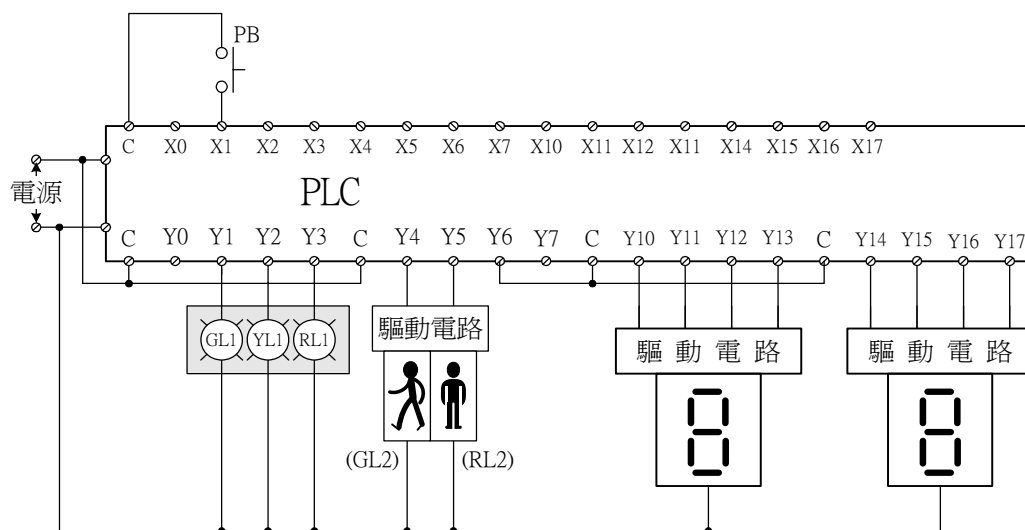
◆ 也可以利用並進式流程處理 BZ(Y0)、PL(Y10)的操作狀態，如下圖：



例題三 依據下圖所示"人行穿越道交通指揮燈"的動作說明，設計 SFC 流程。

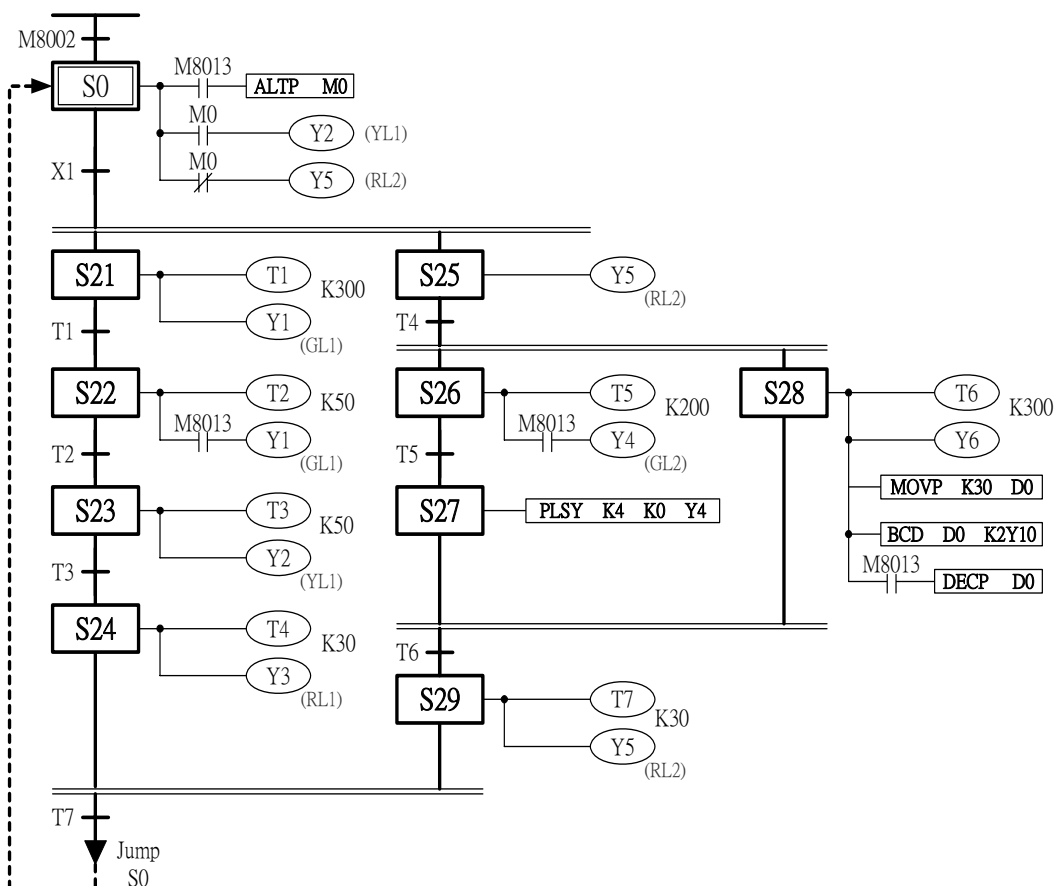


1. PLC 的外部接線參考如下圖：



※ 利用 Y6 串接"計時顯示器"的共用點，Y6 OFF 時，計時顯示器熄。

2. 以"並進式流程"設計，如下圖：

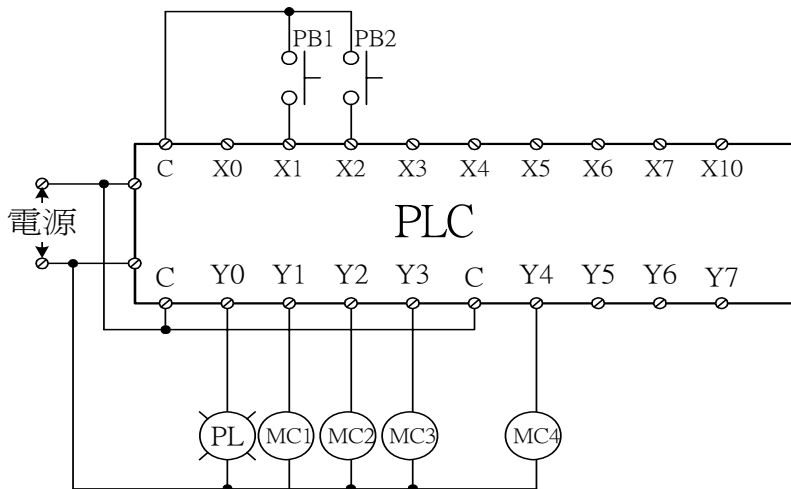


綜合實力測驗

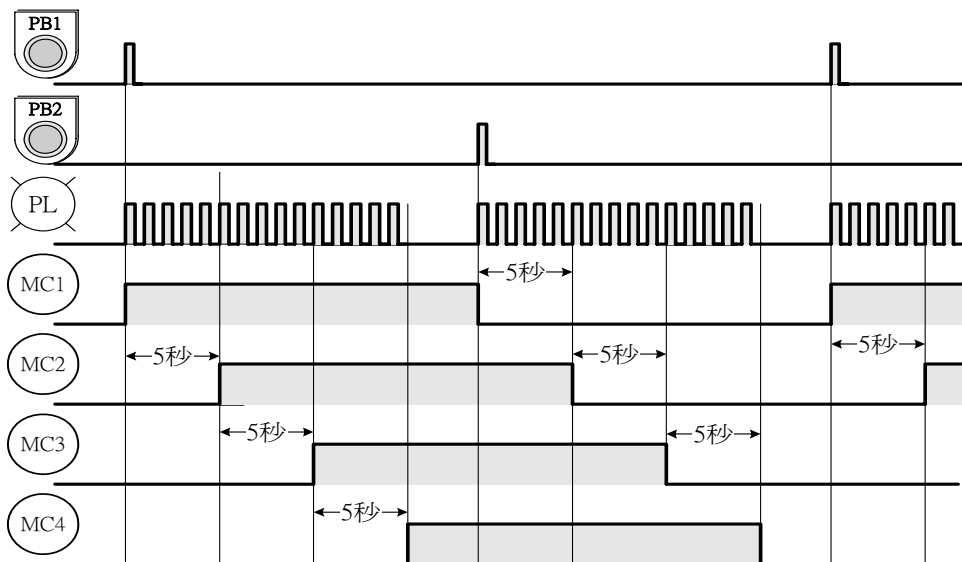
Q1 順序啟動順序停止控制

依據下面所列之 PLC 外部接線圖及動作時序圖，設計 SFC 流程並載入 PLC 執行之。

1. PLC 外部接線圖



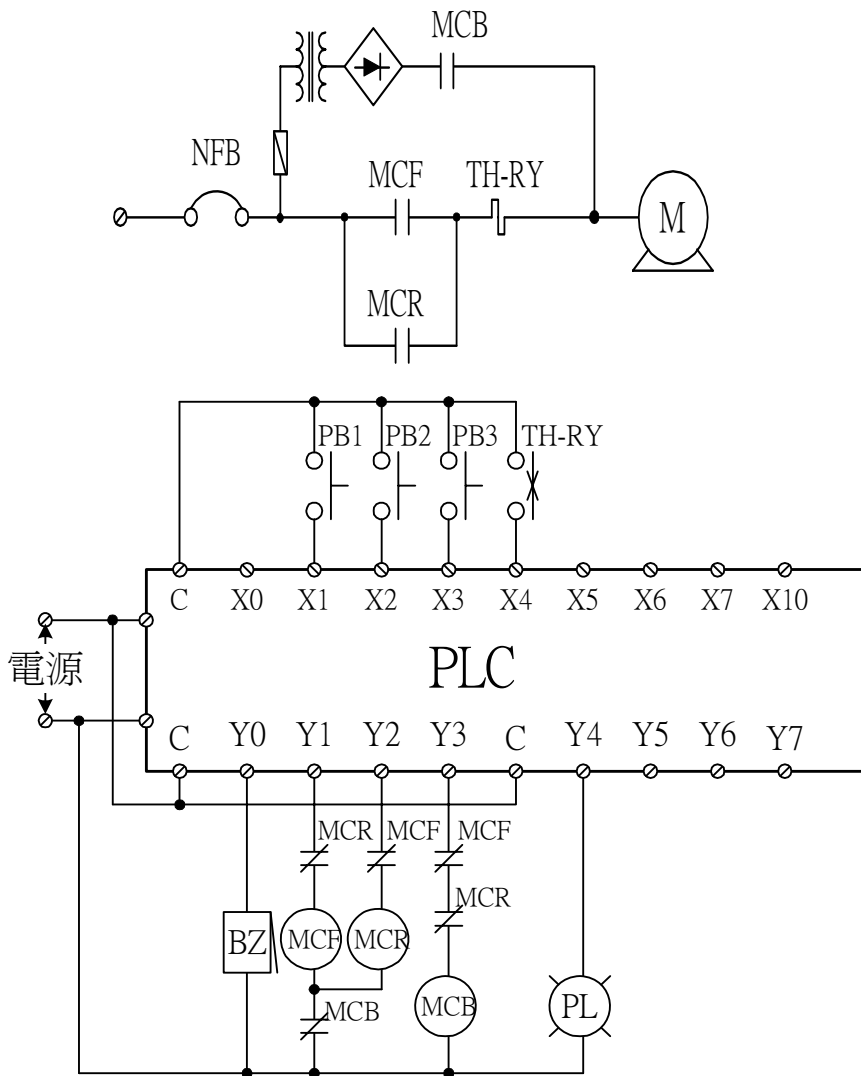
2. 動作時序圖



Q2 電動機正反轉及煞車控制

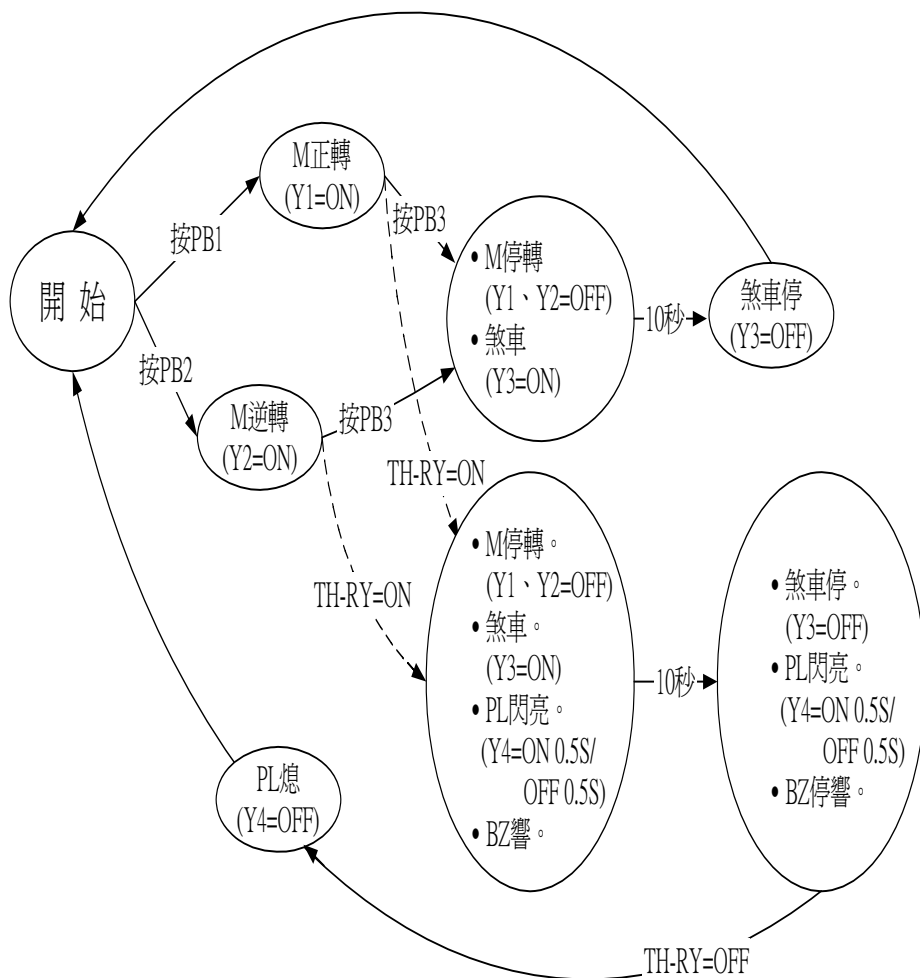
依據下列：1. PLC 外部接線圖及動作說明，設計 SFC 流程並載入 PLC 執行之。

1. PLC 外部接線圖



※ 正轉、逆轉、煞車之間須作外部連鎖。

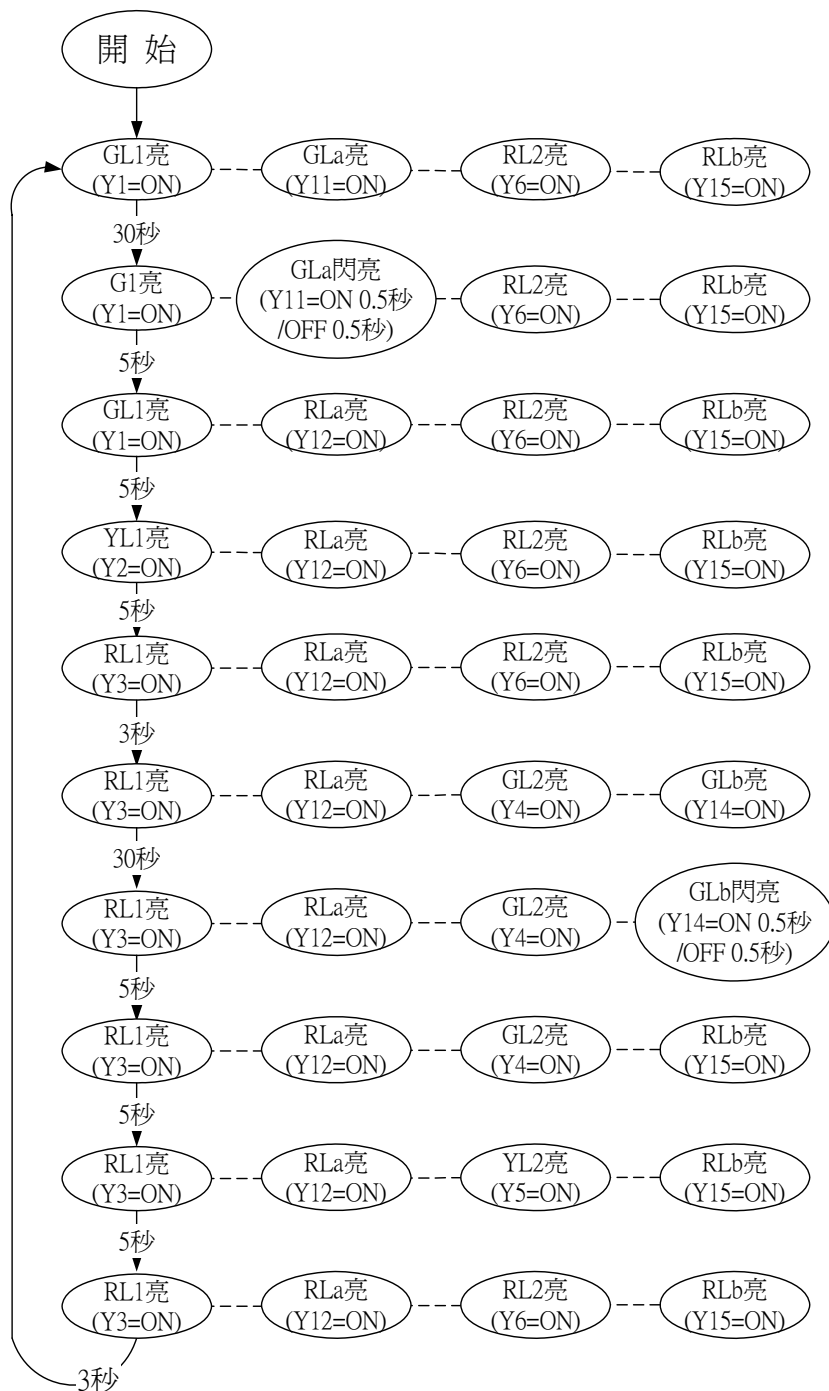
2. 動作說明：如下圖。



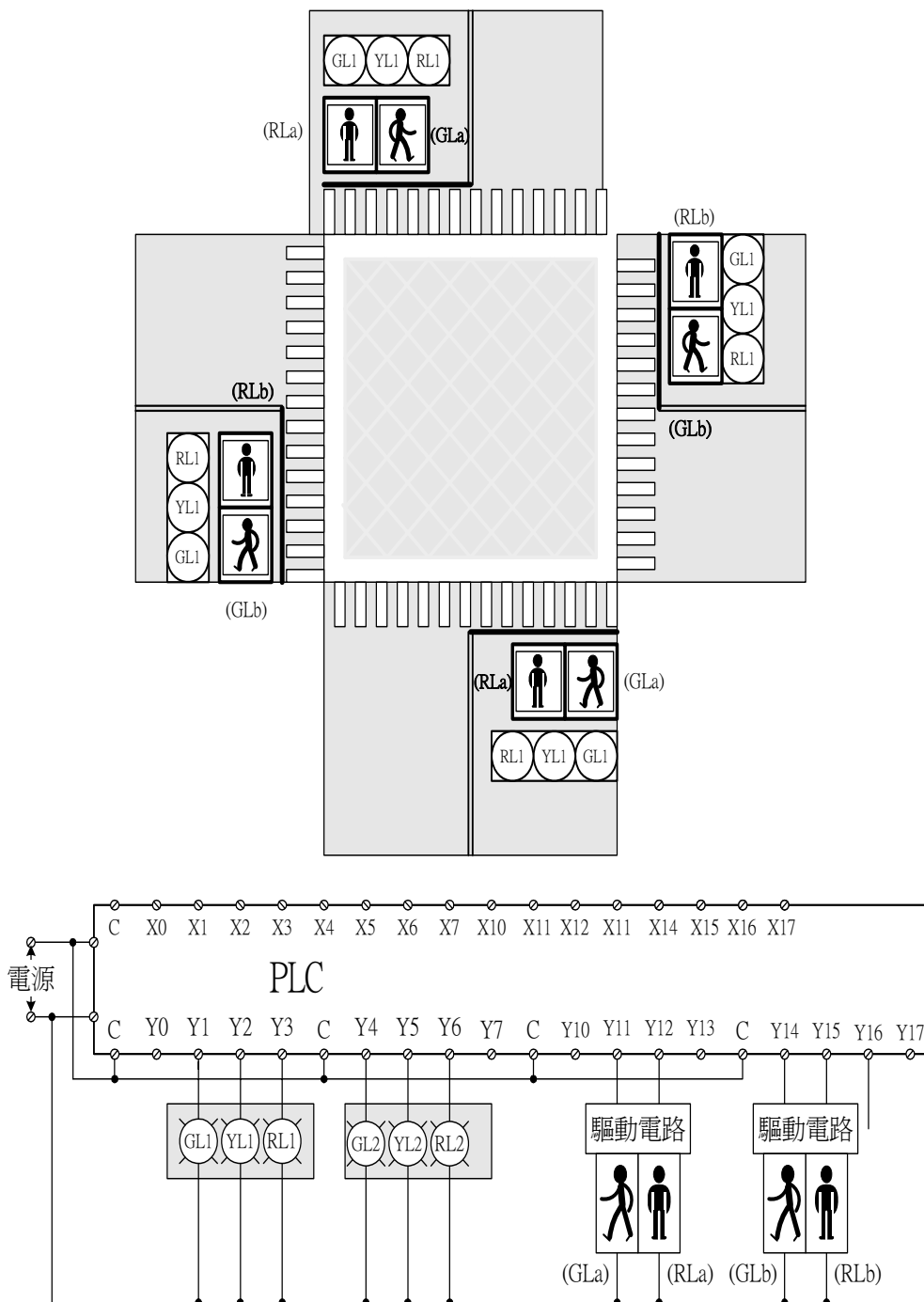
Q3 十字路口交通指揮燈控制

請依據下列所示：(1)動作流程說明 (2)示意圖、PLC 外部接線圖，設計 SFC 流程並載入 PLC 執行之。

1. 動作說明，如下圖(請配合後頁的示意圖及外部接線圖)



(2) 示意圖、PLC 外部接線圖



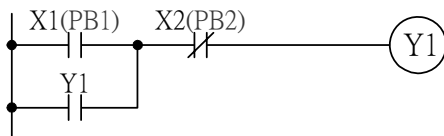
心得筆記

A large rectangular area with rounded corners, containing horizontal dashed lines for writing notes.



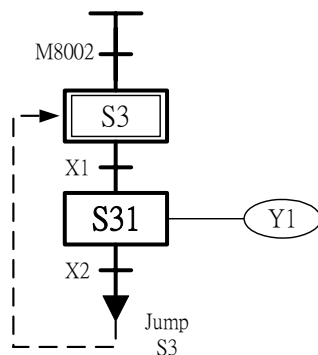
5-1 自己保持迴路

5-1.1 以 OUT 指令完成的自己保持迴路



說明

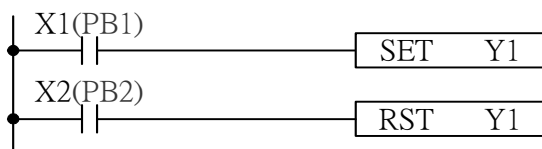
- (1) 如上圖，無論在功能或外型上，均與傳統的自己保持電路一樣，當操作 X1(PB1)時→Y1(輸出元件)動作，利用 Y1 的 a 接點與 X1 並聯達到 Y1 動作自保的要求。
 - (2) 操作 X2(PB2)時，切斷 Y1 的迴路→Y1 復歸。
- ▶ 上列自保迴路也可利用 SFC 語法完成，如下：



說明

- (1) 開機啟動時(初始狀態)，進入步進點 S3。
- (2) X1(ON)，進入步進點 S31，Y1 動作。
- (3) X2(ON)，進入步進點 S3，Y1 復歸。

5-1.2 利用 SET、RST 指令完成的自己保持迴路

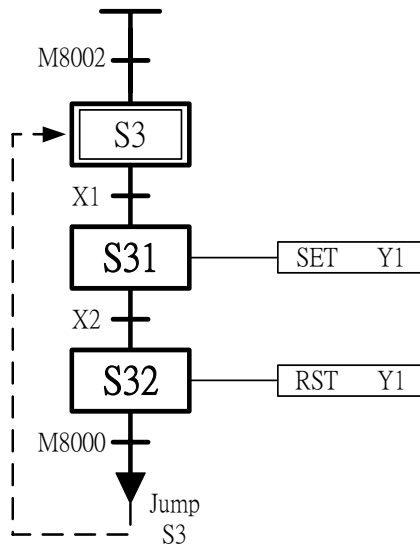


說明

與上一個迴路功能完全相同：

- 當操作 X1(PB1)時，執行 SET 指令→Y1(輸出元件)動作，而且自己保持。
- 放開 PB1，Y1 仍然保持動作；一直等到操作 PB2 執行 RST 指令→Y1 才解除動作狀態(復歸)。

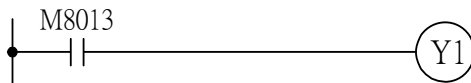
▶上列自保迴路也可利用 SFC 語法完成，如下：



- 說明** (1)在步進點 S31 以 **SET Y1** 使 Y1 動作；在步進點 S32 以 **RST Y1** 使 Y1 復歸。
- (2)M8000：常時 ON 接點。進入步進點 S32 後立即跳至 S3。

5-2 閃爍迴路

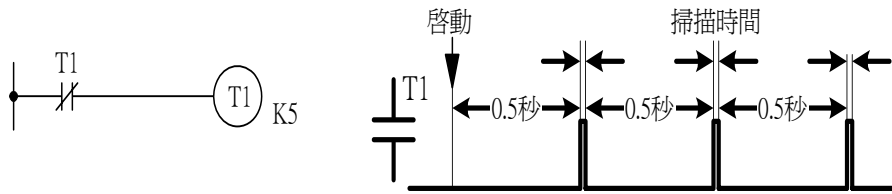
5-2.1 利用系統提供的時鐘脈波完成的閃爍迴路



- 說明** (1)上圖：Y1 以 1 秒週期 (0.5s ON/0.5s OFF)閃爍。
- (2)FX-2 的系統提供有四個時鐘脈波：
- M8011(5ms ON/5ms OFF)、M8012(50ms ON/50ms OFF)、
 - M8013(0.5s ON/0.5s OFF)、M8014(30s ON/30s OFF)。

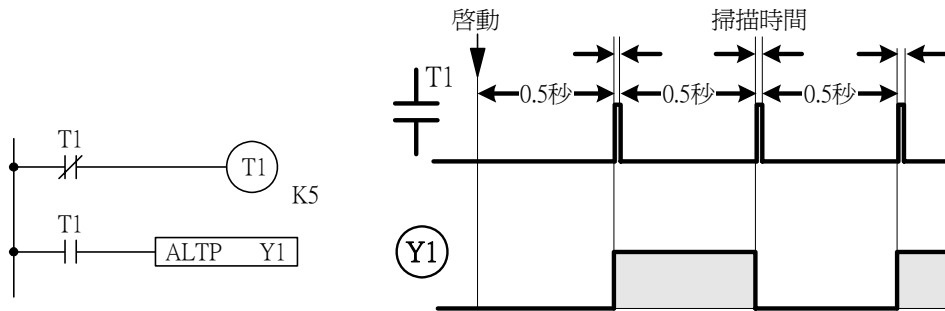
5-2.2 直接以計時器(T0~T245)完成的閃爍迴路

1. 簡便型 (利用一個計時器完成的閃爍迴路)

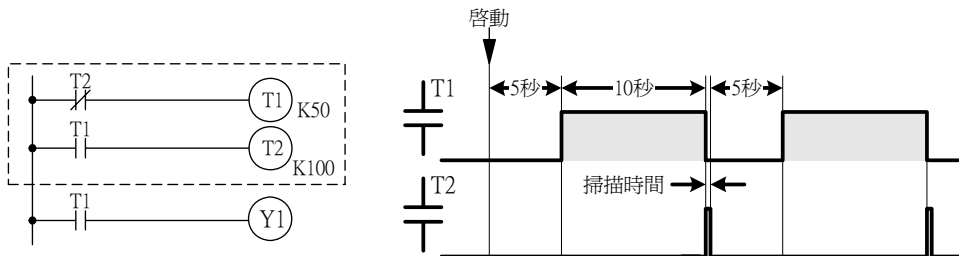


說明 (1) 迴路如上圖(左半部分)，動作時序圖如上圖(右半部分)。

(2) 產生的時鐘脈波適用於脈波執行的指令。如下：



2. 利用兩個計時器完成的閃爍迴路 (ON、OFF 的工作時間可以調整)



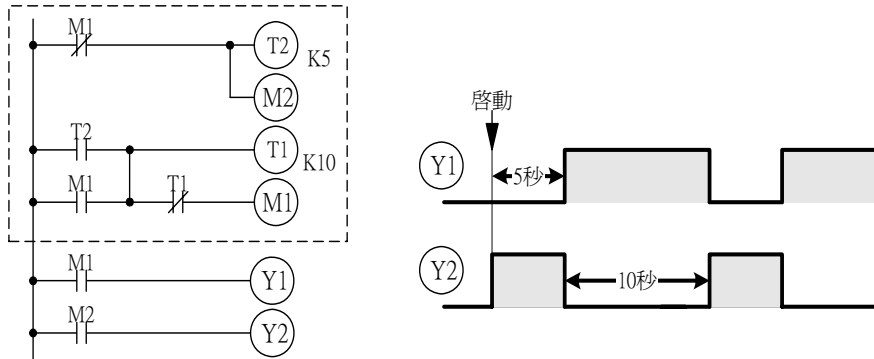
說明

(1) 迴路如上圖(左半部分)，T1、T2 接點的動作時序如上圖(右半部分)。

(2) Y1 以 5s ON/10s OFF 週期閃亮。

(3) T2 接點的工作時間只有一個掃描時間。

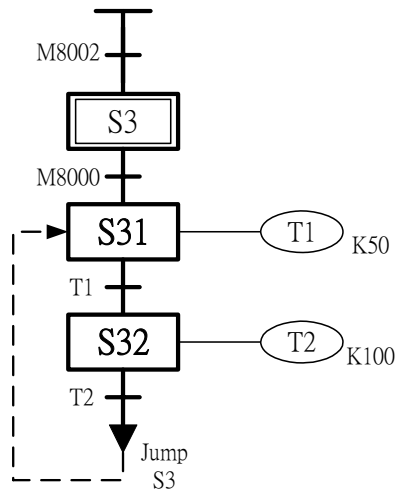
►以兩個計時器完成的閃爍迴路也可以如下圖設計：



說明

- (1) 迴路如上圖(左半部分)，動作時序如上圖(右半部分)。
- (2) M1、M2 兩組接點互補動作，PL1、PL2 交互閃亮。

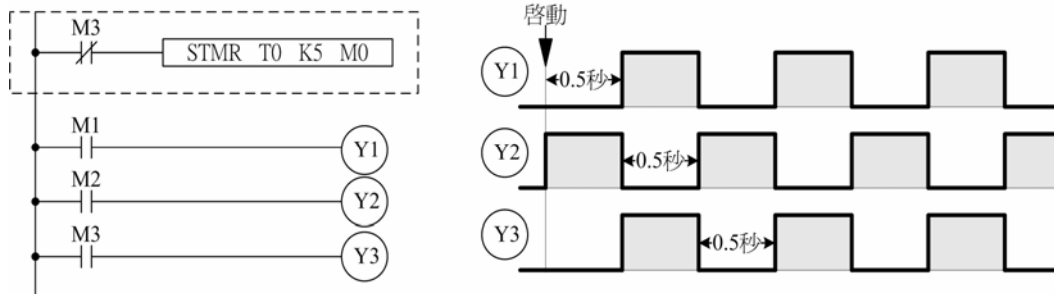
►►上列兩個計時器完成的閃爍迴路也可利用 SFC 語法完成，如下：



說明

- (1) 開機啟動時(初始狀態)，進入步進點 S3，並隨即進入 S31。
- (2) 進入 S31→啟動計時器 T1(開始計時)，5 秒後，進入 S32。
- (3) 進入 S32→啟動計時器 T2(開始計時)，10 秒後，跳到 S31 執行第二循環操作。
- (4) S31、S32 的 a、b 接點可以提供作為閃爍接點使用。

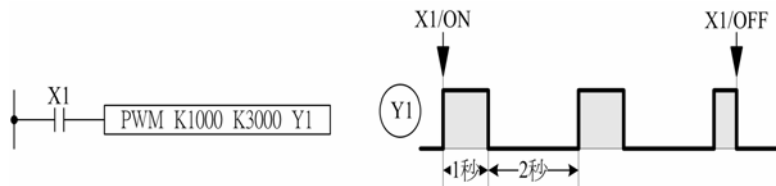
5-2.3 以 STMR 指令完成的閃爍迴路



說明

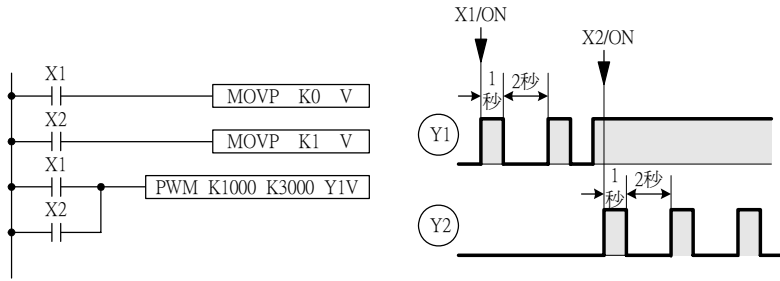
- (1) 迴路如上圖(左半部分)，Y1、Y2、Y3 動作時序圖如上圖(右半部分)。
- (2) Y1、Y3 輸出信號完全相同(先 OFF 後 ON)。Y2 輸出信號(先 ON 後 OFF)與 Y1、Y3 反相。
- (3) STMR 指令只能使用 0.1 秒計時單位的計時器(T0~T199)，假使 ON、OFF 工作時間設定是兩位小數時(如：1.25s ON/1.25s OFF)，則無法使用 STMR 指令達成。
- (4) STMR 指令所完成的閃爍為方波(ON、OFF 時間相同)，無法做到 ON、OFF 時間不同的閃爍波形輸出。

5-2.4 以 PWM 指令完成的閃爍迴路



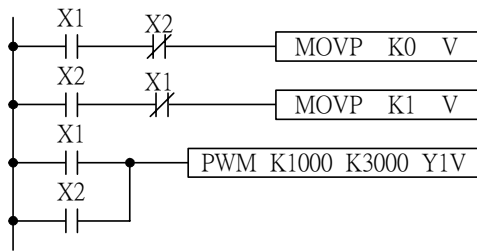
說明

- (1) 當 X1(ON)→Y1 以 3 秒週期(1s ON/2s OFF)閃爍動作。
 - (2) 當 X1(OFF)→Y1 復歸。
 - (3) 只能以 Y 作為閃爍信號的輸出元件。(※FX2N 機型限定使用高速元件 Y0、Y1，FX3U 機型限定使用高速元件 Y0、Y1、Y2)。
- ▶ 同一時間 PWM 只能使用一次，所以二個輸出元件以上有閃爍狀況時，可以配合參數 V、Z，以間接指定方式完成。如下圖設計：

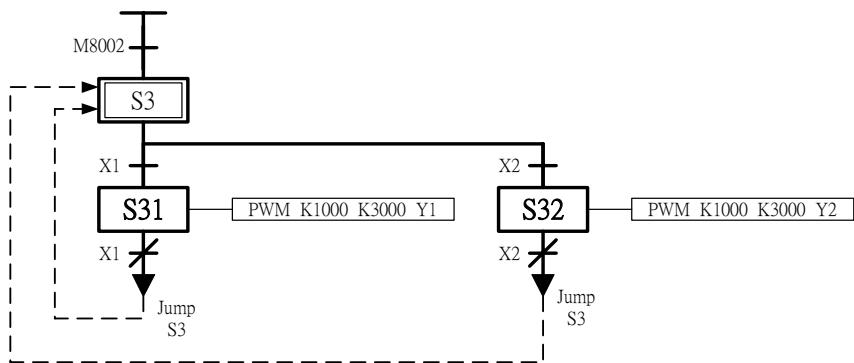


- 說明**
- (1)當 X1(ON)→Y1 以 3 秒週期(1s ON/2s OFF)閃爍動作。
 - (2)當 X2(ON)→Y2 以 3 秒週期(1s ON/2s OFF)閃爍動作。
 - (3)由於只允許執行一次，所以在 Y1 動作下，X2(ON)，Y1 會繼續保持原先的動作狀態。假設在 Y1 復歸下，X2(ON)，Y1 會繼續保持原先的復歸狀態。

►上述狀況，假使設計讓 X1、X2 不能同時 ON 時，就可以避免因 X1、X2 同時操作的時而產生一些不確定的狀況。如下圖：

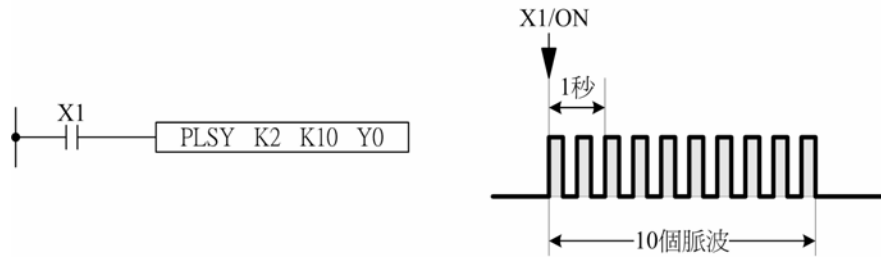


►►上圖，也可以利用 SFC 語法完成，如下圖：



說明 圖面上好像已經將 PWM 指令使用兩次，似乎與規定不符，其實不然。因為步進點下的操作，在未進入該步進點時，並未連接到主要母線上，不會被程式認定與執行。同時"選擇性分歧"步進點 S31、S32 被設計成不會同時啟動，所以，PWM 在圖面上雖然出現兩次，實際上同一時間內，只有一個 PWM 指令被執行。

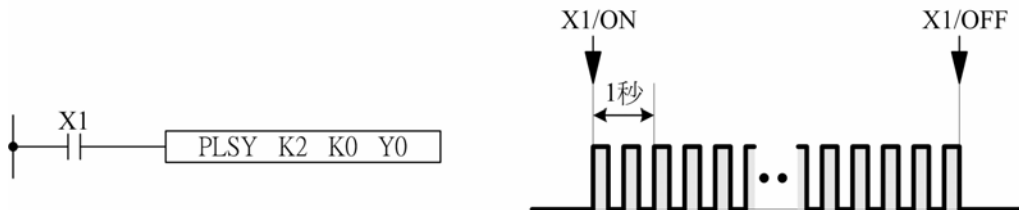
5-2.5 以 PLSY 指令完成的閃爍迴路



說明

- (1)當 X1(ON)→Y0 以每秒 2 個脈波(週期 0.5 秒，0.25s ON/0.25s OFF)的速度，閃爍 10 次後停止動作。
- (2)只能以 Y 作為閃爍信號的輸出元件。(※FX2N、FX3U 機型限定使用高速元件 Y0、Y1)。
- (3)同一時間只能使用一次，所以二個輸出元件以上有閃爍狀況時，可以配合參數 V、Z，以間接指定方式完成。

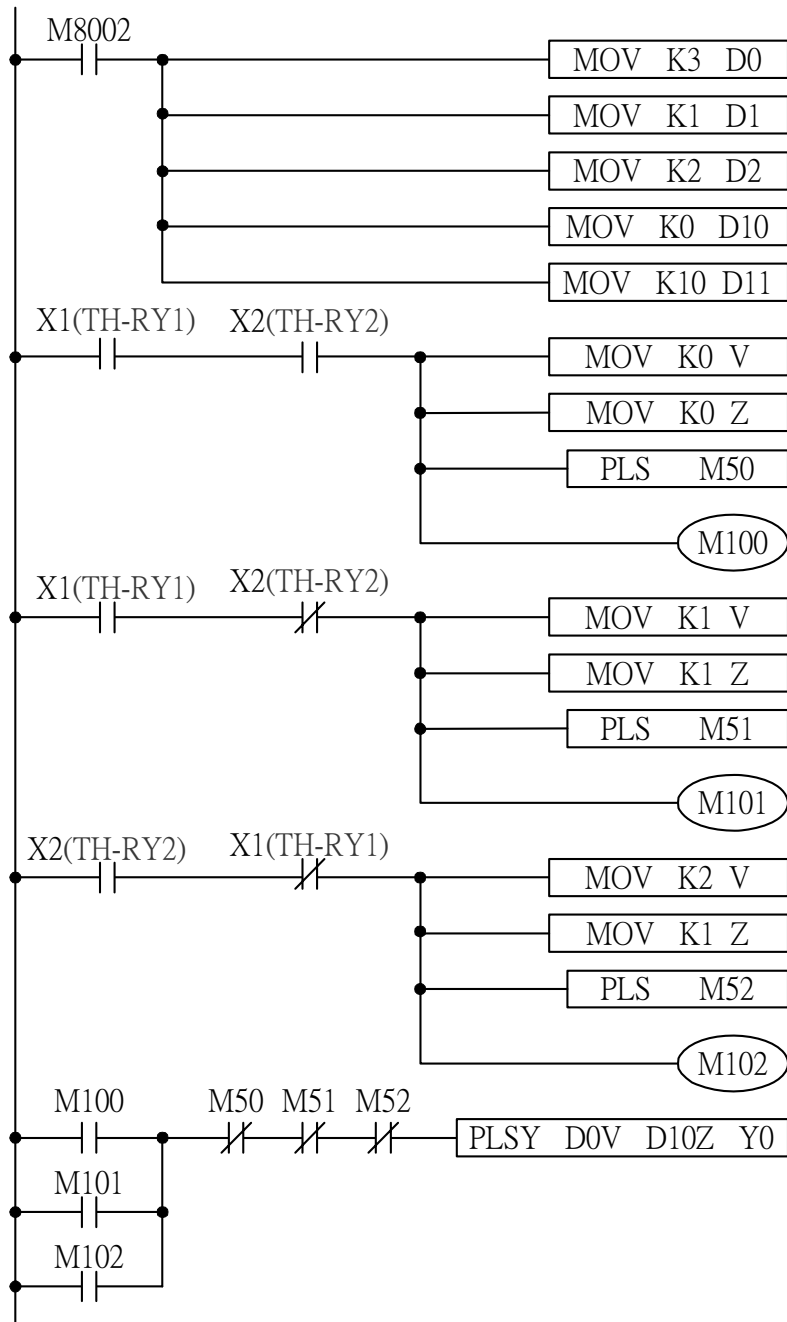
►如下圖的設計，Y0 則是以每秒 2 個脈波(週期 0.5 秒，0.25s ON/0.25s OFF)的速度，持續閃爍，一直等到 X1(OFF)才停止。



►►假設須使用 PLSY 指令兩次時，要靠 V、Z 參數做間接指定，例如：

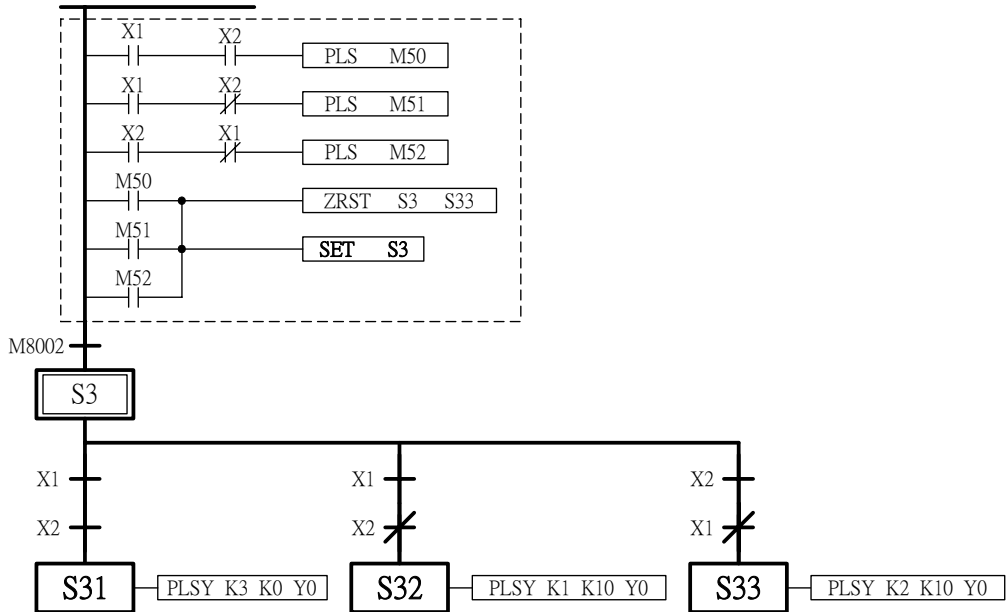
- TH-RY1(X1)動作時，BZ(Y0)以每秒 1 次的頻率斷續響 10 次後停止。
- TH-RY2(X2)動作時，BZ(Y0)以每秒 2 次的頻率斷續響 10 次後停止。
- TH-RY1(X1)、TH-RY2(X2)均動作時，BZ(Y0) 以每秒 3 次的頻率斷續響，不停。

符合上述動作要求的迴路設計如下：



說明 由於程式掃描緣故，須串接 M50、M51、M52 的 b 接點，以便在 X1、X2 切換的瞬間能將 `PLSY D0V D10Z Y0` 切斷，待恢復導通時，PLSY 指令的功能才會正確無誤。

▶▶▶上圖的狀況，也可以利用 SFC 語法完成，如下圖：

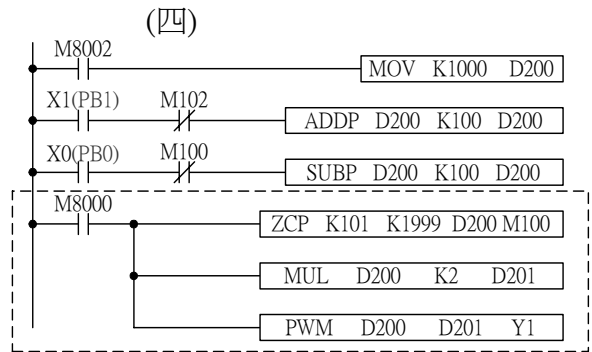
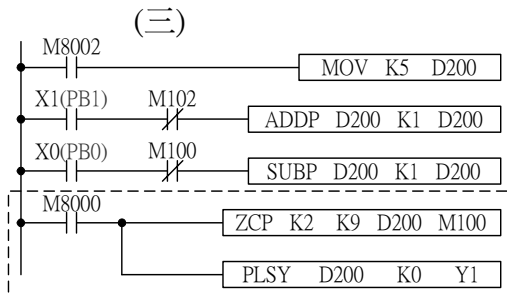
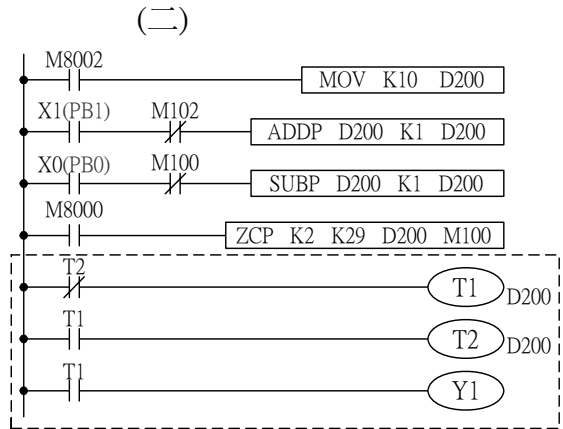
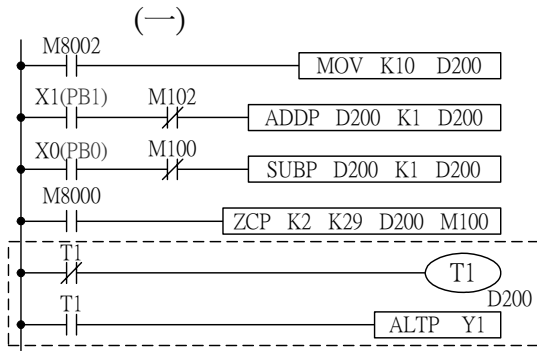


說明

- (1)與上單元所述 PWM 指令相同。"選擇性分歧"步進點 S31、S32、S33 被設計成不會同時啟動，所以，PLSY 在圖面上雖然出現三次，實際上同一時間內，只有一個 PLSY 指令被執行。符合 PLSY 指令的使用規定。
- (2)虛線框內階梯圖程式係有關 X1、X2 的操作設計，在第貳篇(設計實務篇)中，將有更詳細的介紹與說明。

5-2.6 可調速的閃爍迴路

本單元之前所介紹的閃爍迴路，除 STMR 指令及系統提供的時脈無法以程式改變計時設定外，其他的指令都可以在程式內直接更改計時設定，下列迴路係配合 ADD、SUB、ZCP、MUL 等指令，以按 PB 的次數來增減閃爍的速度。



說明 (1)按、放 PB1，閃爍加快；按、放 PB0，閃爍減慢。

(2)圖(一)、(二)，最高：ON 0.1s/OFF 0.1s。最低：ON 3s/OFF 3s。

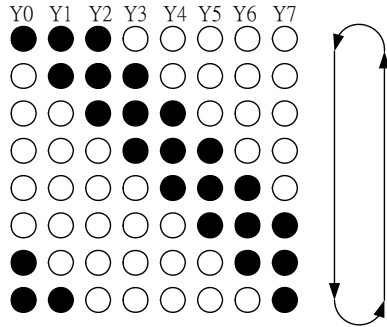
(3)圖三，最高：每秒 10 次。最低：每秒 1 次。

(4)圖三，最高：每秒 ON 0.1s/OFF 0.1s。最低：ON 2s/OFF 2s。

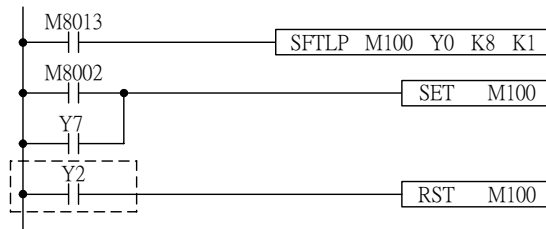
(※PLC 若為繼電器輸出型，應避免閃爍頻率太高造成輸出接點損壞。)

5-3 跑馬燈控制迴路

假如要設計八個燈的跑馬燈組，每隔 1 秒移動一次，循環不斷如下圖。



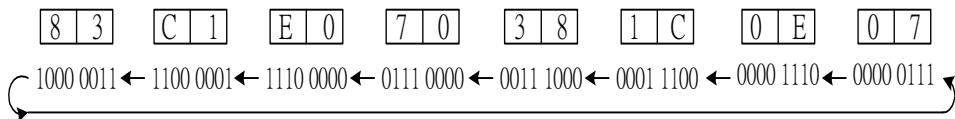
5-3.1 利用 SFTLP 指令設計的跑馬燈控制迴路



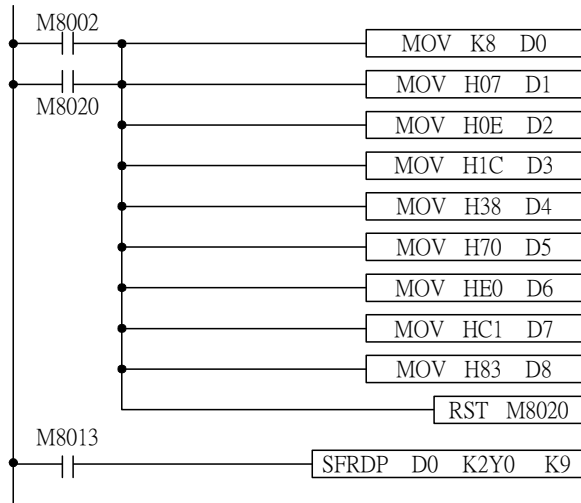
- 說明**
- (1) 利用初始脈波 M8002，啟動 M100，亮燈的移位資料輸入，之後每一個時脈(M8013：週期 1 秒)動作時，移位一次。
 - (2) 利用 Y2 關閉 M100，熄燈的移位資料輸入。
 - (3) 利用 Y7(最後一個輸出)重新啟動 M100，就可重複循環。
 - (4) 改變虛線框的內容，就可以改變跑燈的數目。
(例如：將 Y2 改成 Y3，則變成跑 4 燈)

5-3.2 利用 SFRD 指令設計的跑馬燈控制迴路

以邏輯狀態 1 表示亮燈狀態，以邏輯狀態 0 表示熄燈狀態，則上述跑馬燈的循環週期以 16 進位表示如下：



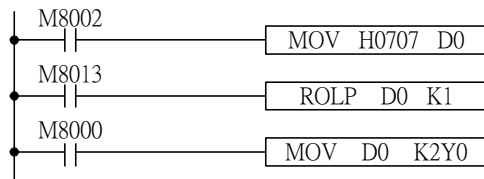
將上述 16 進位資料存入資料暫存器(D)內，然後以移位讀取指令 (STRD)每隔 1 秒將它讀出，即可達成跑馬燈的動作要求。階梯圖程式設計如下圖：



說明

- (1)執行 SFRD 指令時，依序將 D1~D8 的內容讀出後，交給 Y0~Y7。
- (2)每執行一次 SFRD，D0 減一。當 D0=0 時，零旗標 M8020 動作。重新設定 D1~D8 提供下一循環使用。
- (3)改變 D1~D8 的設定，即可改變跑燈的循環狀態。

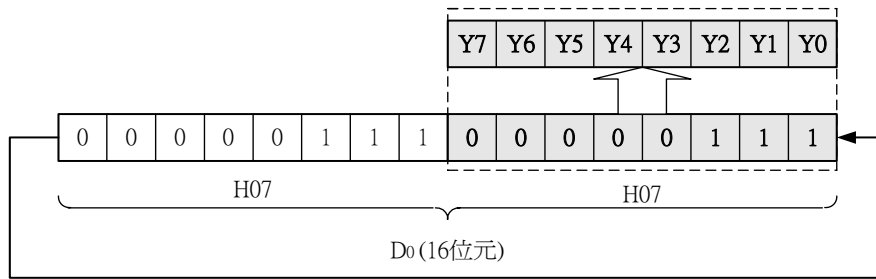
5-3.3 利用 ROR、ROL 指令設計的跑馬燈控制迴路



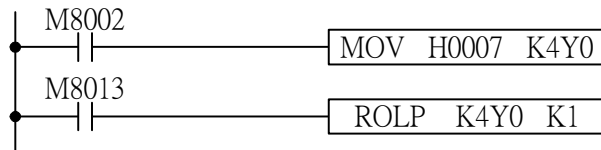
說明

- (1) ROR(右旋)、ROL(左旋)係以 16 位元或 32 位元方式處理資料，因此跑馬燈的總燈數若非 2、4、8、16、32 個時，不能使用這兩個指令來完成動作要求。
- (2)跑馬燈的總燈數只有 8 個(Y0~Y7)，而 ROL 是以 16 位元資料處理。當資料暫存器(D0)存放 H0707，在執行 ROL 指令時，移給 Y0~Y7 的資料，才能正確完成"跑 3 燈"的跑馬燈動作要求，動作分析參考下圖。

5-14 可程式控制實習－設計實務

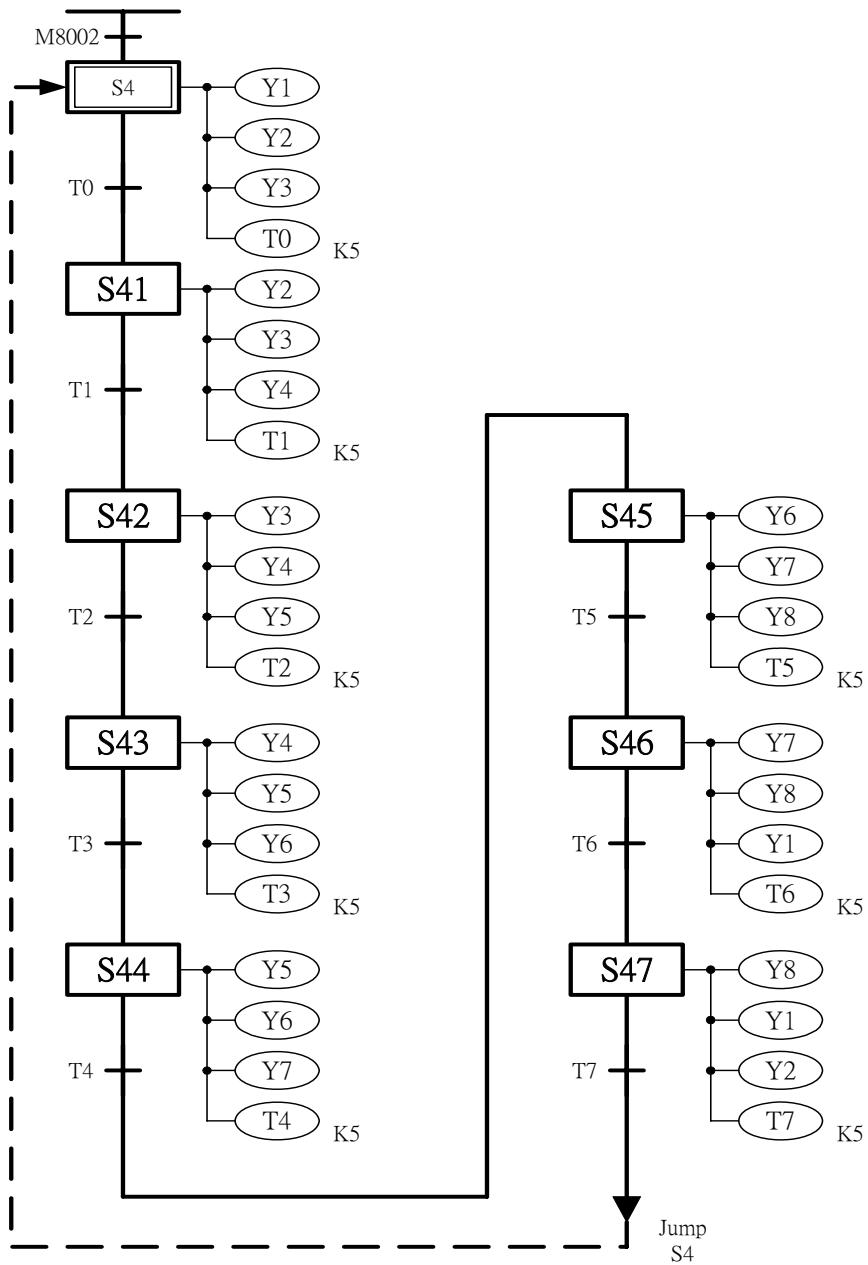


► 跑馬燈總數為 16 或 32 個時，可以直接使用 Y 作為 ROL 的運算元，如下圖：
跑馬燈總數為 16 個時，跑 3 燈的控制迴路。



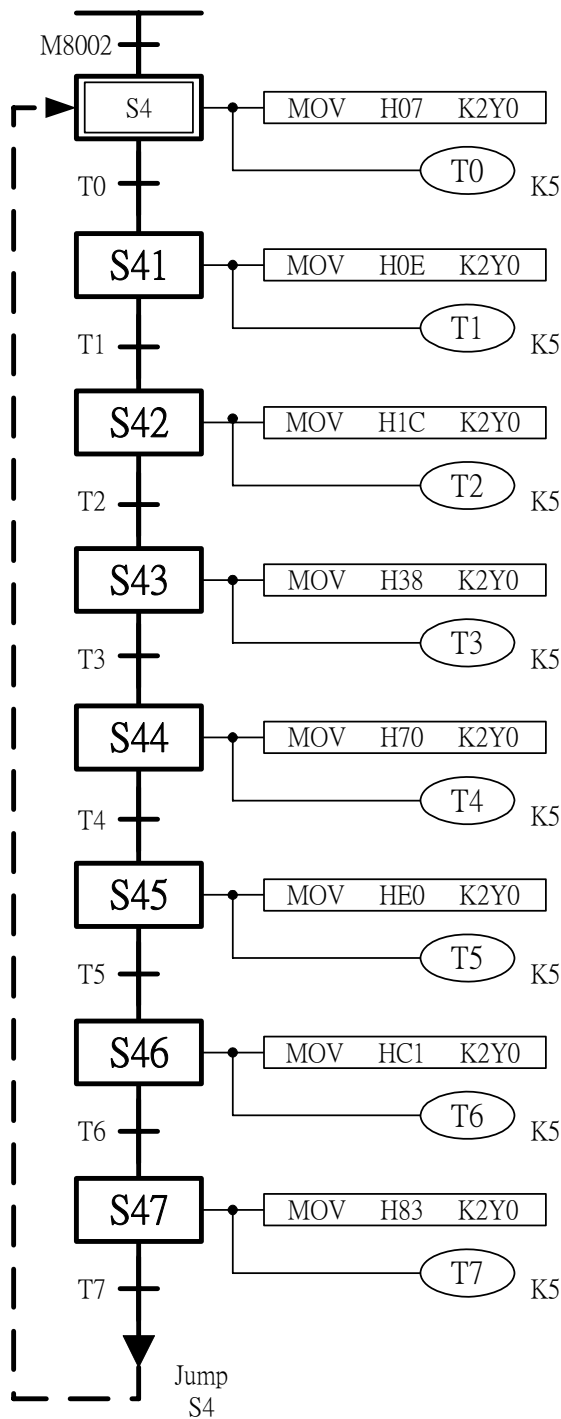
5-3.4 利用 SFC 語法設計的跑馬燈控制迴路

- 以 OUT 指令輸出負載



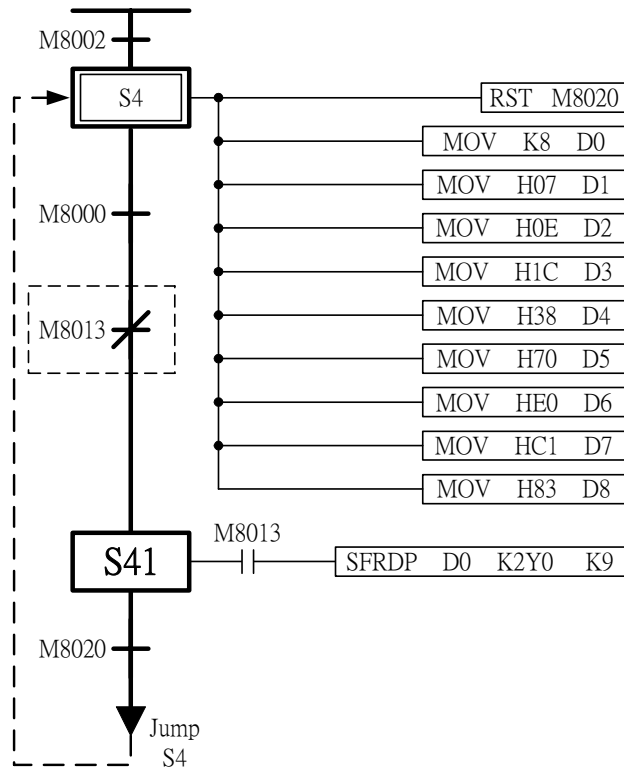
說明 以步進點為中心，將輸出負載依序寫出，這是最基本、最可靠的方法。

- 以 MOV 指令輸出負載 以 OUT 指令輸出負載的 SFC 程式，稍嫌龐大複雜，若改以 MOV 指令輸出負載，則顯得比較小巧。程式結構如下圖：



- 以 SFRD 指令輸出負載

將 SFRD 在階梯圖中的使用方法轉換成 SFC 程式，設計如下圖：

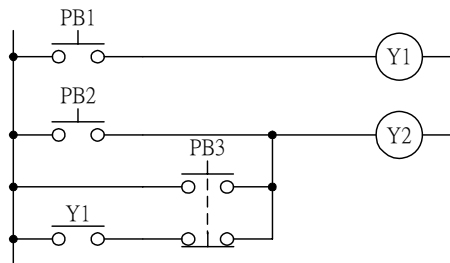


說明

虛線框內的(M8013)b 接點，是為讓跑馬燈循環週期的最後一個狀態能夠持續動作 1 秒所設計。原因是：假如沒有這個 b 接點，當 SFRD 指令將最後一個狀態(D8)讀出時，D0=0，零旗標 M8020 動作，重新進入 S4(設定 D0~D8)後，立即進入 S41。此時，由於 M8013 仍在導通狀態，會同步產生脈波去驅動 `SFRDP D0 K2Y0 K9` 指令，使跑馬燈的最後一個狀態無法持續動作 1 秒鐘。因此，利用 M8013 的 b 接點隔開，當 M8013(OFF) 時，才讓進入 S41。如此，才不至於多產生一個脈波，來製造麻煩。

5-4 寸動控制迴路

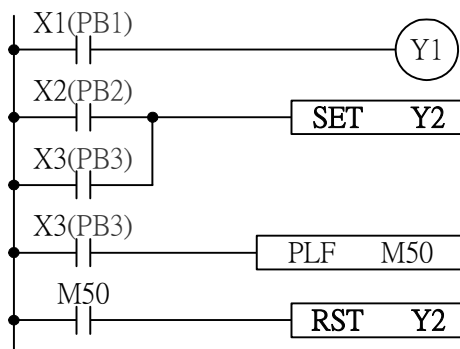
傳統的繼電器寸動控制迴路，如下圖：



操作狀態為：

- (1) 按住 PB1，Y1 動作，放開 PB1，Y1 復歸。
- (2) 按 PB2，Y2 動作且保持。
- (3) 按住 PB3，Y2 動作；放開 PB3，Y2 復歸。若將上述控制迴路直接轉成階梯圖程式執行時，Y2 的控制會產生錯誤的結果；這是由於 PLC 程式掃描方式所造成。有關掃描的觀念，在第一章(1-2 PLC 程式執行時的信號處理方式)有較詳細的介紹與解說，請參閱。下面列舉幾個寸動控制迴路提供參考。

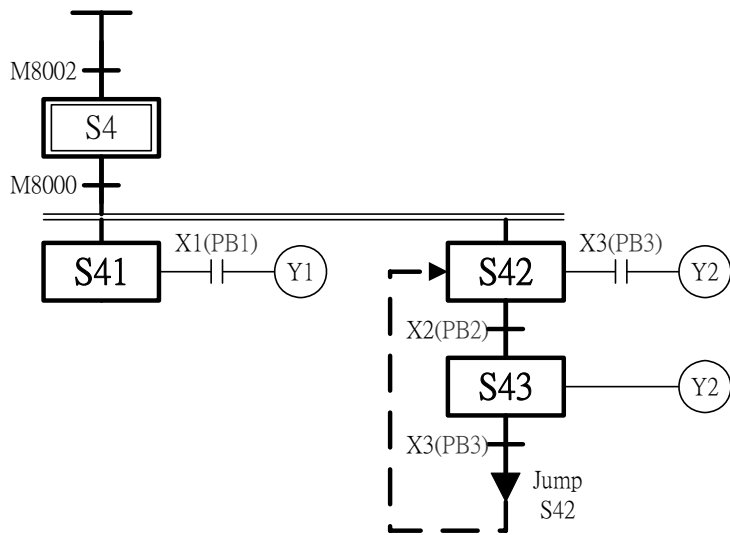
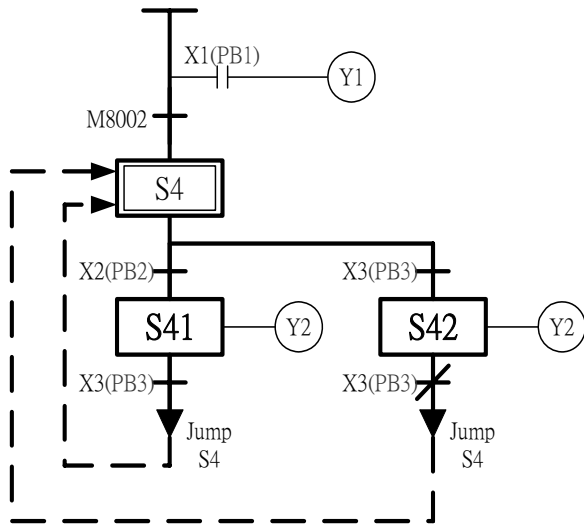
• 階梯圖方式



說明 • 按住 PB3，以 SET 指令啟動 Y2。

- 放開 PB2 時，利用 `PLF M50` 指令產生脈波，關閉 Y2。

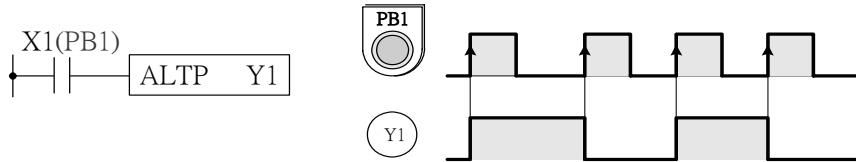
• SFC 方式



5-5 單按鈕連續操作控制迴路

5-5.1 單一負載連續操作控制(單 ON 雙 OFF)

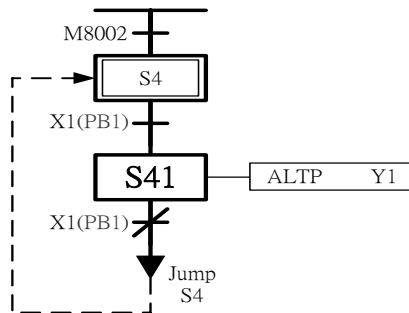
- 階梯圖方式



說明 PB1 第一次 ON 時，Y1 動作。PB1 第二次 ON 時，Y1 復歸。
也就是說，PB1 單數。

- SFC 方式

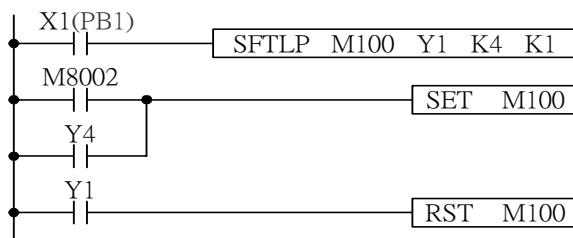
上述的 PB1 連續操作控制一個負載的操作，以 SFC 語法寫出程式流程如下圖：



5-5.2 多個負載連續操作控制

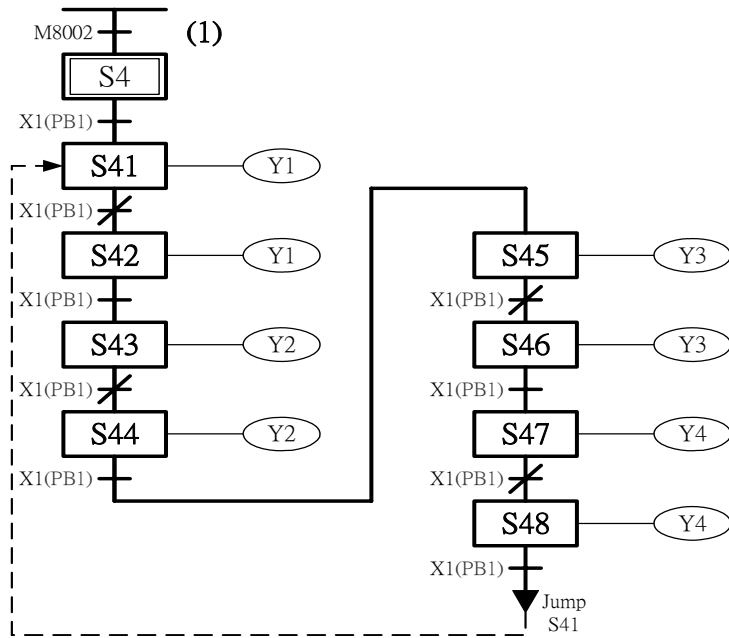
- 按住 PB 時，負載動作，放開 PB 時，負載保持動作狀態。

1. 階梯圖方式(以 SFTL 指令完成)



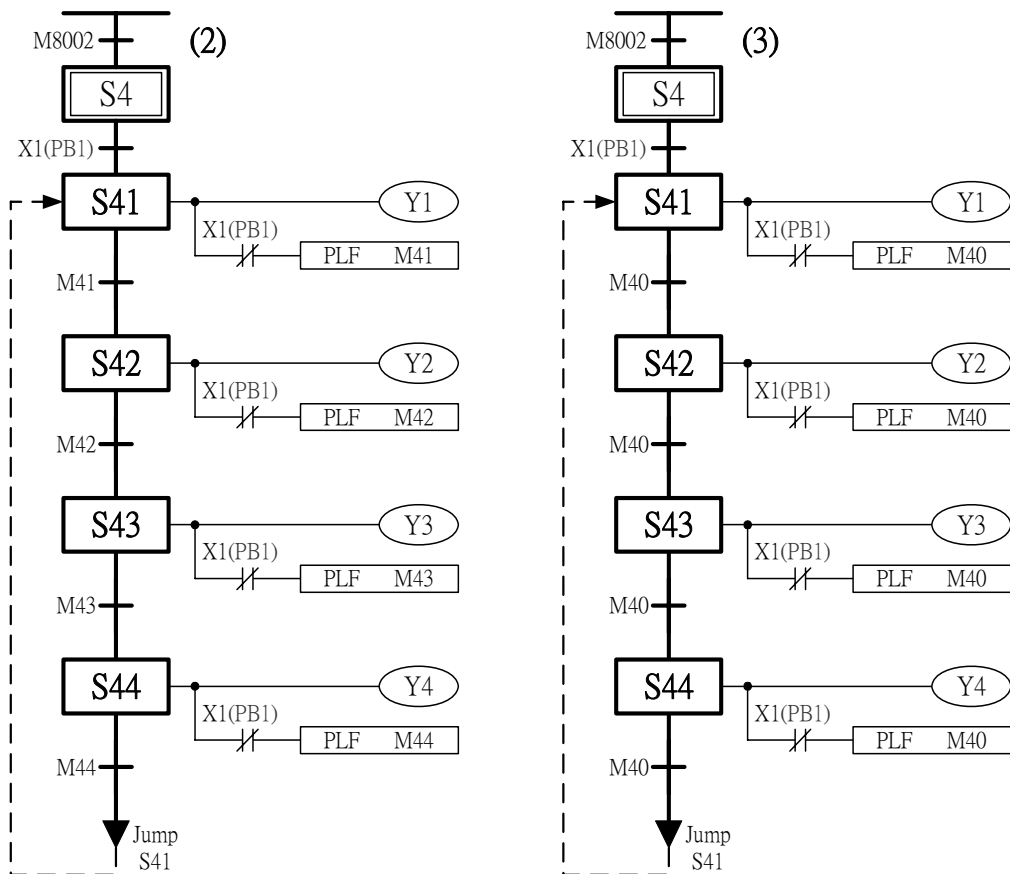
說明 共有四個負載(Y1~Y4)，每按、放 PB1 一次，循環變更一個負載
(Y1→Y2→Y3→Y4→Y1→Y2•••)。

2. SFC 方式



說明 利用 PB1(X1)的 a、b 接點來完成按住 PB1、放開 PB1 的動作。

- ▶ 上述按、放 PB1，連續操作四個負載的動作要求，也可以用下圖(2)、圖(3)所示 SFC 程式完成。



說明

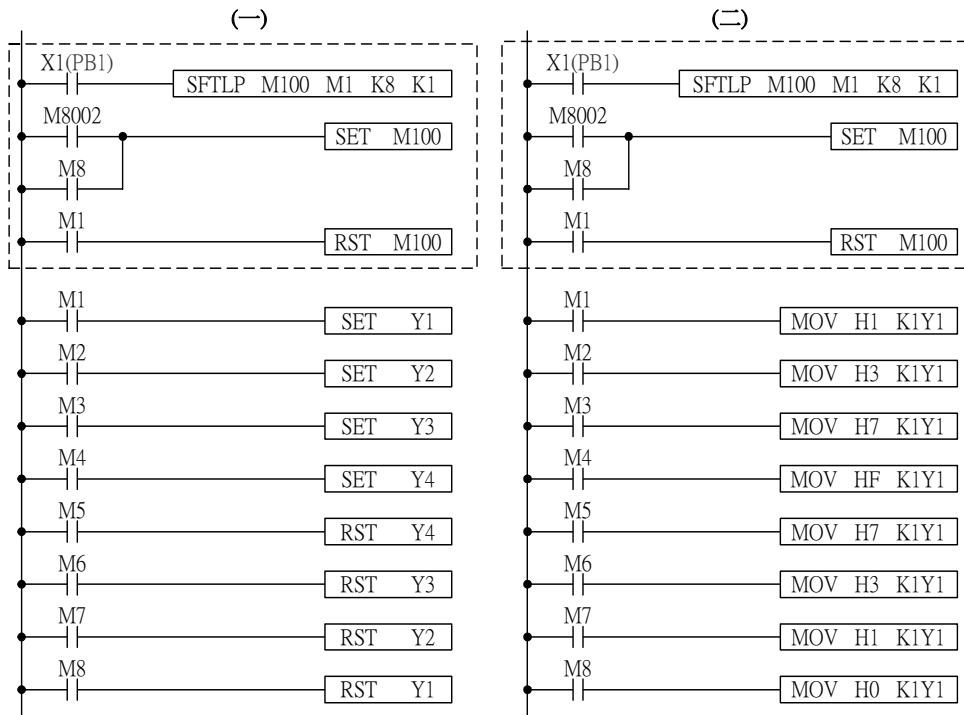
- (1) 按住 PB1 進入步進點，負載動作；放開 PB1，仍停留在原步進點。
- (2) 第二次按 PB1 時，啟動 PLF 指令，利用脈波進入下一個步進點。
- (3) 上圖左半圖(2)部分，每一個步進點的 PLF 指令所指定的輔助繼電器 M 都不相同(為方便書寫與記憶，採用與步進點號碼相同編號)。其實也可以指定相同的輔助繼電器，如上圖右半圖(3)的 M40。

▶▶ 假若每次操作按鈕，允許負載同時啟動，如：

……→Y1→Y1、Y2→Y1、Y2、Y3→Y1、Y2、Y3、Y4→Y1、Y2、Y3
 →Y1、Y2→Y1→全熄→Y1→Y1、Y2→……

下列數種控制迴路可以達成該項動作要求。

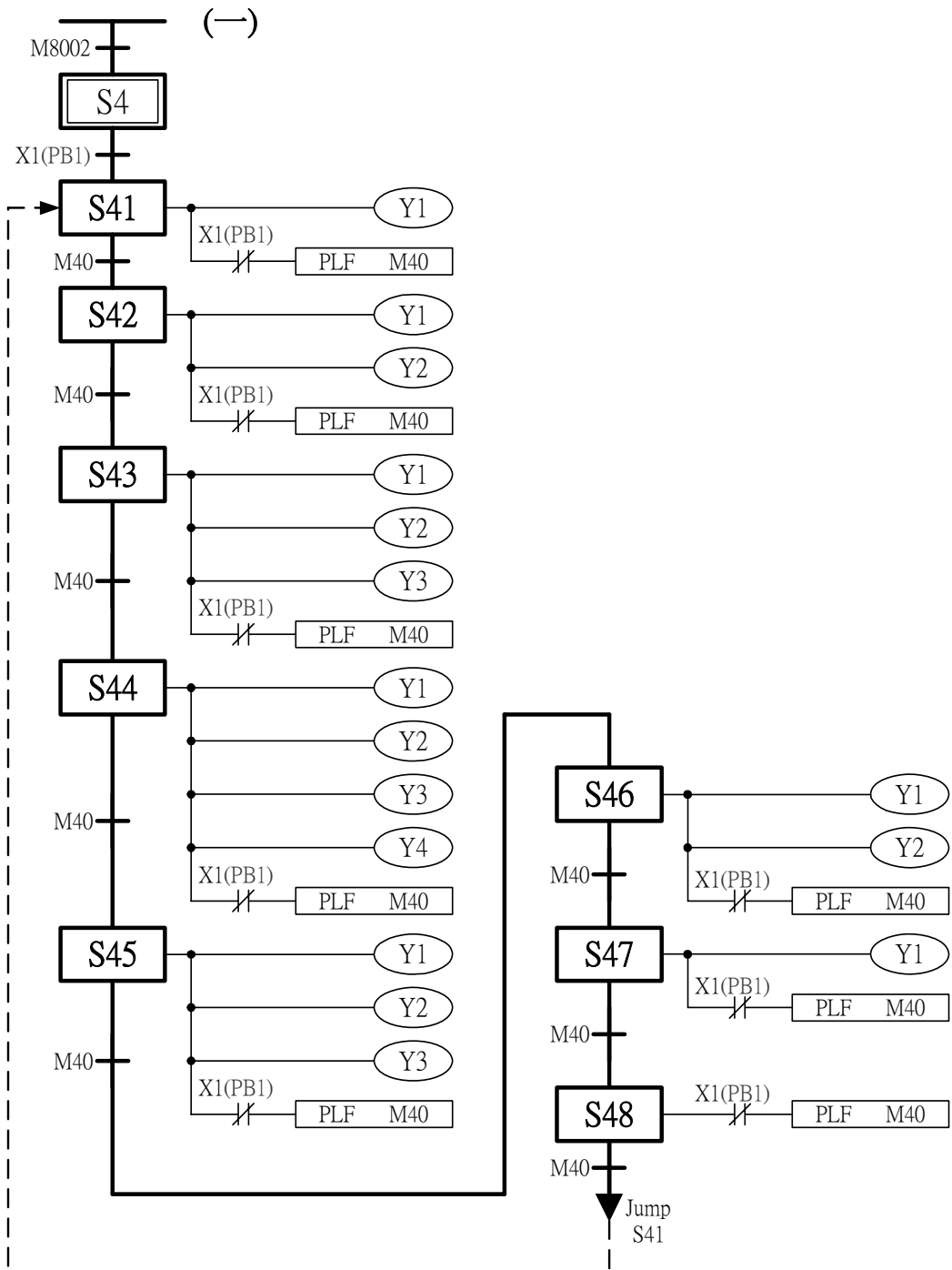
■ 階梯圖方式



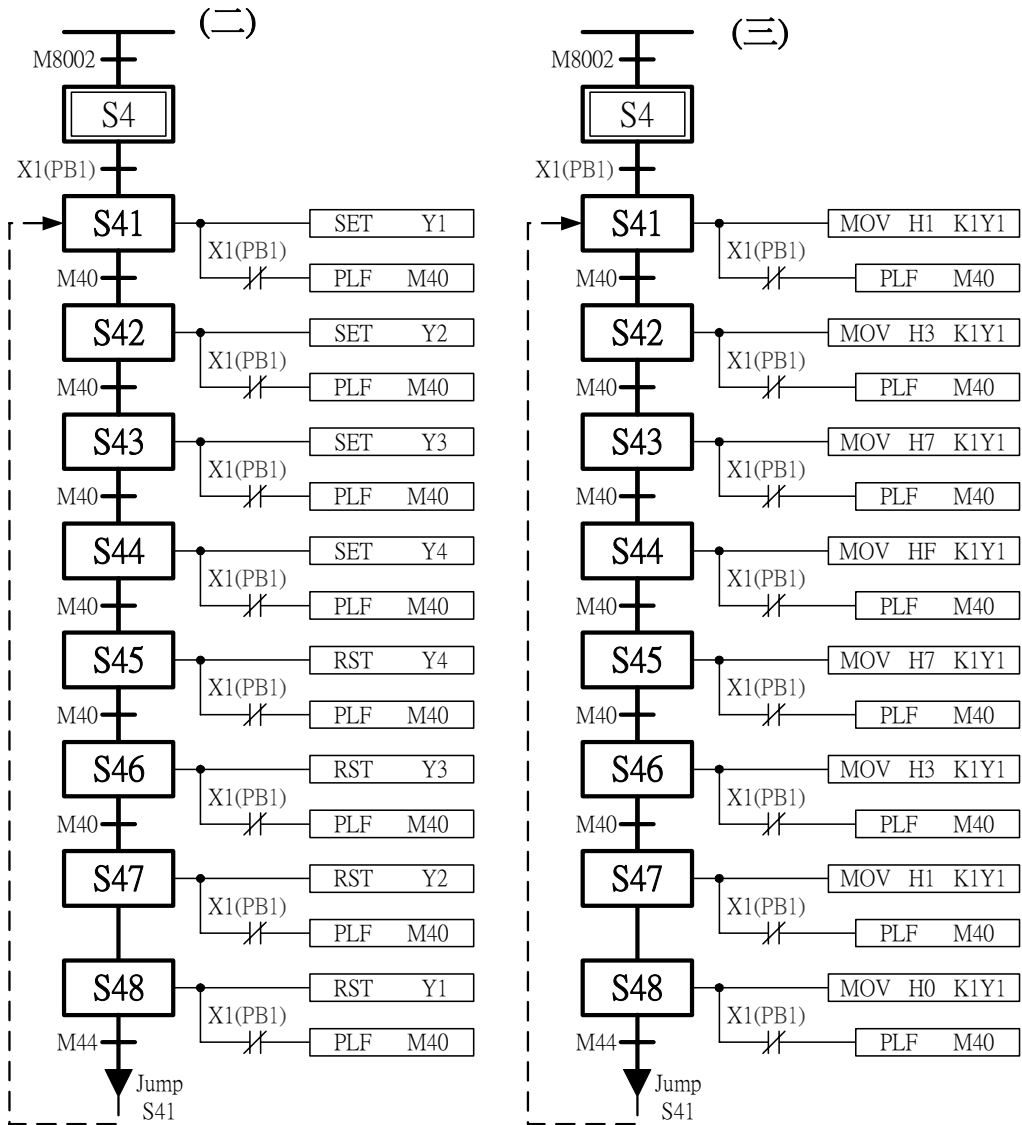
說明

- (1) 整個循環週期共有八個不同狀態，所以先規劃出"八燈跑一燈的跑馬燈迴路" (如上圖：虛線框部分迴路)，產生 M1~M8 八個狀態點。
- (2) 左圖(一)利用 SET、RST 指令配合 M1~M8 完成設計，右圖(二)則以 MOV 指令配合 M1~M8 完成設計。

■ SFC 方式



說明 動作的循環週期中，共有八個狀態，使用八個步進點配合 OUT 指令輸出負載，程式主體看似龐大，但卻不失簡單明瞭。



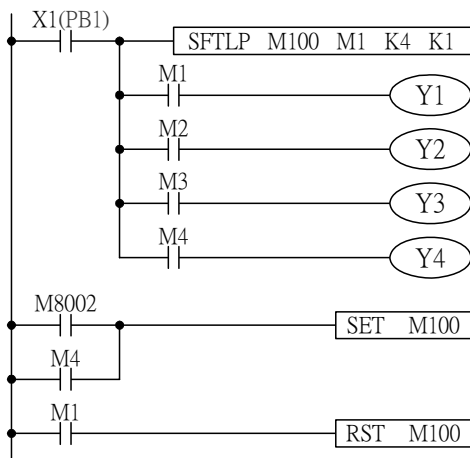
說明 (1)上左圖(二)，在 S41~S48 八個步進點中，分別以 SET、RST 指令完成負載輸出設定。

(2)上左圖(三)，在 S41~S48 八個步進點中，分別以 MOV 指令完成負載輸出設定。

※任何負載輸出狀態都可以如圖(三)方式，以 MOV 指令輕易完成設計，因為只要改變 16 進位數值，就可輸出各種不同的狀態。

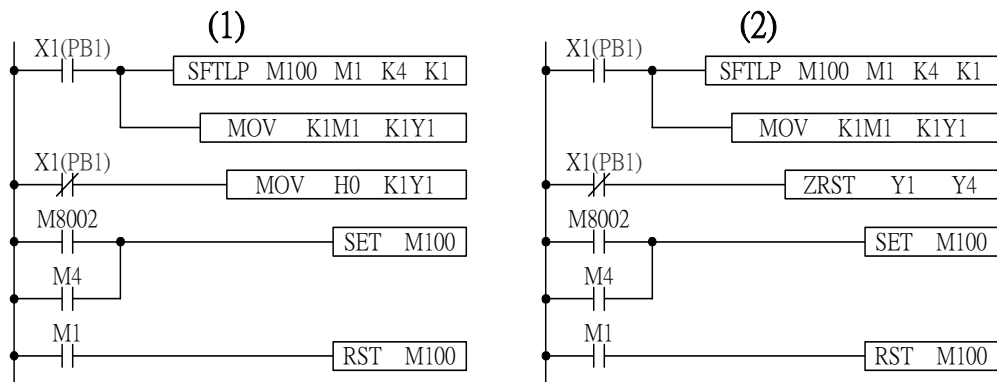
- 按住 PB 時，負載動作，放開 PB 時，所有負載不動作(復歸)

1. 階梯圖方式



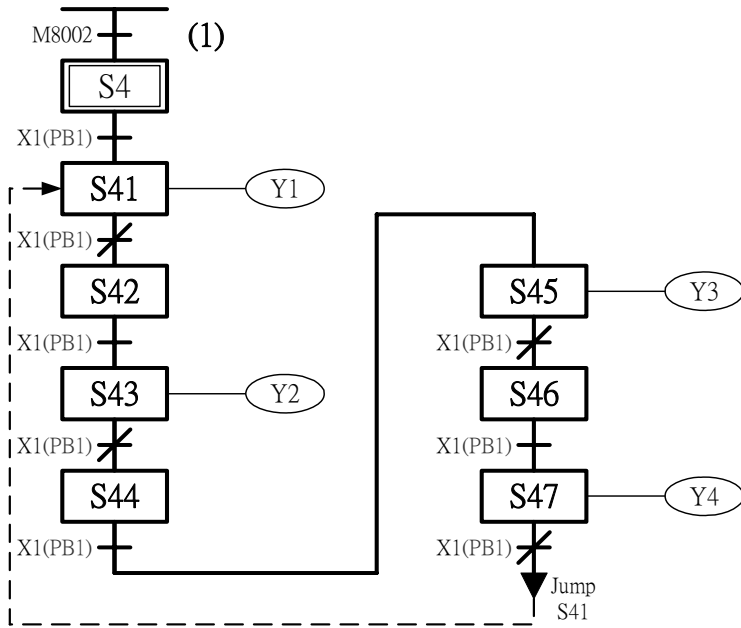
說明 由於 SFTL 指令所指定的 M1~M4，在放開 PB1 時，內容保持原先的狀態不會改變。所以要靠 PB1 的 a 接點串聯 M1~M4 的 a 接點後，再接到(OUT Y1~Y4)輸出，才能在放開 PB1 時，負載不動作。

- ▶ 若不以 OUT 驅動輸出負載而改以 MOV 驅動，則可有下列兩種方式，也可以達到相同動作要求。如下：



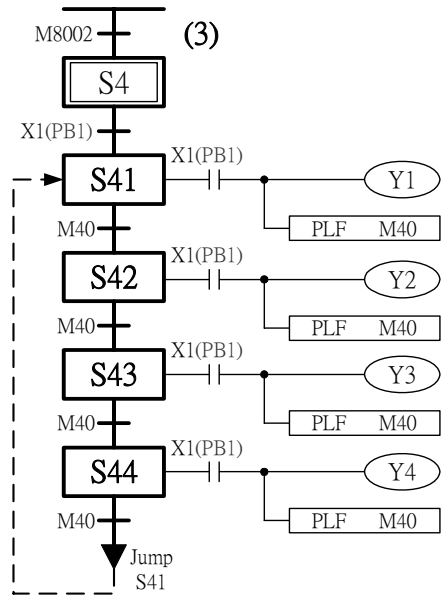
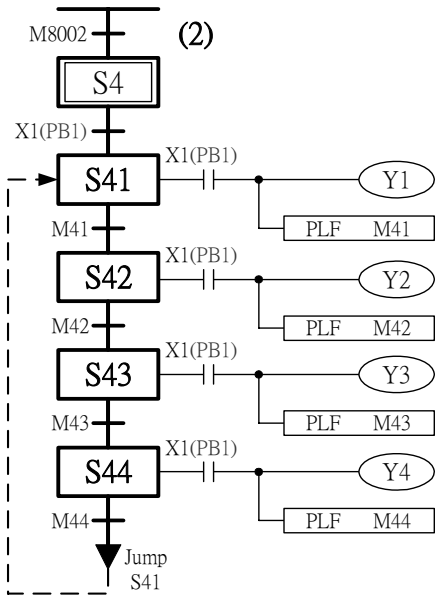
說明 由於傳送內容不會因為 PB1 放開，不執行 MOV 指令而變化，所以在放開 PB1 時，需要靠 MOV H0 K1Y1 或 ZRST Y1 Y4 指令來關閉所有的輸出負載。

2. SFC 方式



說明 利用 PB1(X1)的 a、b 接點來完成按住 PB1、放開 PB1 的動作。

▶ 上述動作也可以將 SFC 程式設計如下圖(2)、圖(3)。

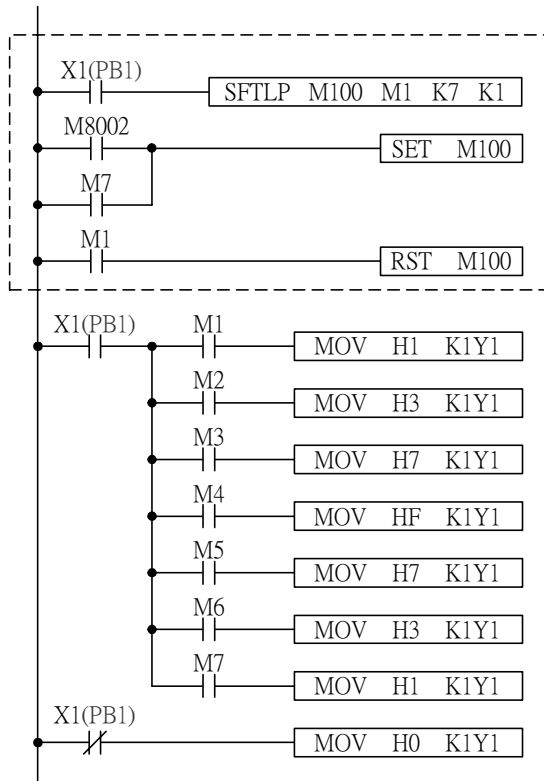


▶▶ 比照上一單元，假若每次按住按鈕，允許負載同時啟動，如：

...→Y1→Y1、Y2→Y1、Y2、Y3→Y1、Y2、Y3、Y4→Y1、Y2、Y3
 →Y1、Y2→Y1→Y1、Y2→Y1、Y2、Y3→...

控制迴路又要如何規劃才可以達成該項動作要求？

階梯圖方式



- 說明**
- (1) 整個動作循環週期中，只有七組動作狀態。虛線框部分為七燈跑一燈的控制迴路，提供 M1~M7 七個狀態點，類似步進點的功能。
 - (2) 以 MOV 指令設定輸出負載狀態。
 - (3) 也可以用 `ZRST Y1 Y4` 取代 `MOV H0 K1Y1`。

綜合實力測驗

請以階梯圖或 SFC 流程圖方式，設計出符合下列各題動作要求說明的 PLC 控制程式。

Q1 故障警報迴路

✓ 《動作要求》

1. • TH-RY1 動作(X11 ON)→BZ(Y0)斷續響(ON 0,5 秒/OFF 0.5 秒)→10 秒後→BZ 停響(Y0 OFF)，PL1 亮(Y11 ON)。
• TH-RY1 復歸(X11 OFF)→BZ 停響(Y0 OFF)，PL1 熄(Y11 OFF)。
2. • TH-RY2 動作(X12 ON)→BZ(Y0)斷續響(ON 1,5 秒/OFF 1.5 秒)→10 秒後→BZ 停響(Y0 OFF)，PL2 亮(Y12 ON)。
• TH-RY2 復歸(X12 OFF)→BZ 停響(Y0 OFF)，PL2 熄(Y12 OFF)。
3. • TH-RY1、TH-RY2 均動作時(X11、X12 ON)→BZ 持續響(Y0 ON)，→按 PB1(X1)→BZ 停響(Y0 OFF)，PL1(X11)、PL2(X12)閃亮(ON 0,5 秒/OFF 0.5 秒)。
• TH-RY1、TH-RY2 均復歸時(X11、X12 OFF)→BZ 停響(Y0 OFF)，PL1(X11)、PL2(X12)熄(停閃)。

Q2 美術燈模擬控制迴路

✓ 《動作要求》

1. SW1(X1) ON→PL1 亮(Y1 ON)→SW1(X1) OFF→PL1 熄(Y1 OFF)→SW1(X1) ON→PL3 亮(Y3 ON)→SW1(X1) OFF→PL3 熄(Y3 OFF)→SW1(X1) ON→PL1、PL2 亮(Y1、Y2 ON)→SW1(X1) OFF→PL1、PL2 熄(Y1、Y2 OFF)→SW1(X1) ON→PL2、PL3 亮(Y2、Y3 ON)→SW1(X1) OFF→PL2、PL3 熄(Y2、Y3 OFF)→SW1(X1) ON→PL1 亮(Y1 ON)→SW1(X1) OFF→PL1 熄(Y1 OFF)
→•••
2. 上述操作過程中，若 SW1(X1) OFF 的時間操過 3 秒鐘時，恢復最初操作狀態：SW1(X1) ON→PL1 亮(Y1 ON)→•••→•••。

Q3 電動窗模擬控制迴路

☑ 《動作要求》

1. 按住 PB1(X1)，M 正轉(Y1 ON)，
 - 2 秒內放開 PB1，M 正轉停止(Y1 OFF)。
 - 超過 2 秒才放開 PB1，M 繼續正轉(Y1 ON)，直至 LS1(X11) ON，M 正轉停止 (Y1 OFF)。
 - 當 M 正轉(Y1 ON)時，LS0(X10) ON，立即換成 M 逆轉(Y2 ON)，直至 LS2(X12) ON，M 逆轉停止(Y2 OFF)。
2. 按住 PB2(X2)，M 逆轉(Y2 ON)，
 - 2 秒內放開 PB2，M 逆轉停止(Y2 OFF)。
 - 超過 2 秒才放開 PB2，M 繼續逆轉(Y2 ON)，直至 LS2(X12) ON，M 逆轉停止 (Y2 OFF)。

Q4 霹靂燈控制迴路

☑ 《動作要求》

有六個燈(Y6、Y5、Y4、Y3、Y2、Y1)，每次亮燈兩只，左右來回移動(每一狀態的間隔時間為 0.5 秒)，動作狀態如下：

000011→000110→001100→011000→110000→011000→001100→000110
→000011→000110→001100→011000→110000→011000→•••

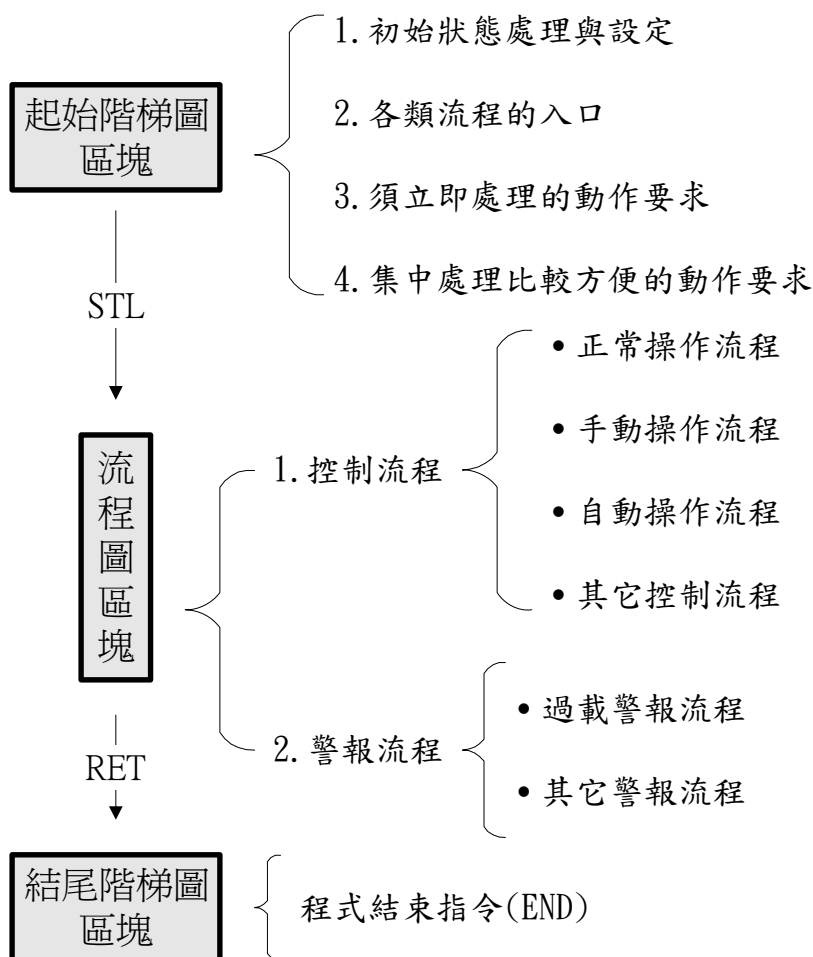
Q5 可調速度跑馬燈控制迴路

☑ 《動作要求》

1. 五燈式跑馬燈(Y5、Y4、Y3、Y2、Y1)，每一個狀態亮燈三只，動作狀態變化如下：
00111→01110→11100→11001→10011→00111→01110→•••••
2. 啟動時，每一個狀態的間隔時間為 1 秒。按 PB1 移動速度加快，每按一次，間隔時間縮短 0.1 秒，最快時，間隔不得小於 0.1 秒。
3. 按 PB2 移動速度減慢，每按一次，間隔時間增加 0.1 秒，最慢時，間隔不得大於 2 秒。

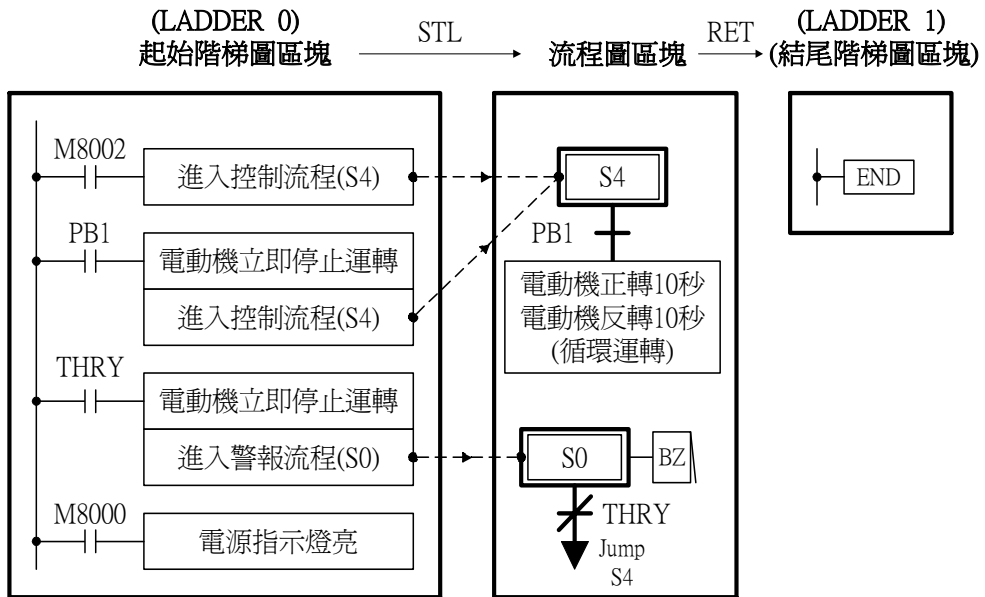
6-1 階梯流程圖的架構

針對機械流程動作發展的順序功能圖(Sequential Function Chart)控制語言簡稱 SFC，它具有易讀、易維護的特性。FX2 的 SFC 控制語言，係將原有的順序功能圖之外加入階梯圖合併使用，增加了程式設計的彈性，使設計工作更為簡便，所以稱為階梯流程圖，簡稱仍以 SFC 表示。階梯流程圖的架構包含：起始階梯圖區塊、流程圖區塊、結尾階梯圖區塊三大部分。



階梯流程圖的架構

【例】



說明 1. 起始階梯圖區塊

- (1) M8002：初始脈波。
- (2) M8000：常時 ON。
- (3) PLC 啟動時，進入控制流程(S4)。
- (4) 按 PB1，電動機立即停止運轉，進入控制流程(S4)。
- (5) THRY 動作，電動機立即停止運轉，進入警報流程(S0)。
- (6) 任何狀況下，電源指示燈亮。

2. 流程圖區塊

(1) 控制流程：

按 PB1，電動機以正轉 10 秒、逆轉 10 秒，循環方式運轉。

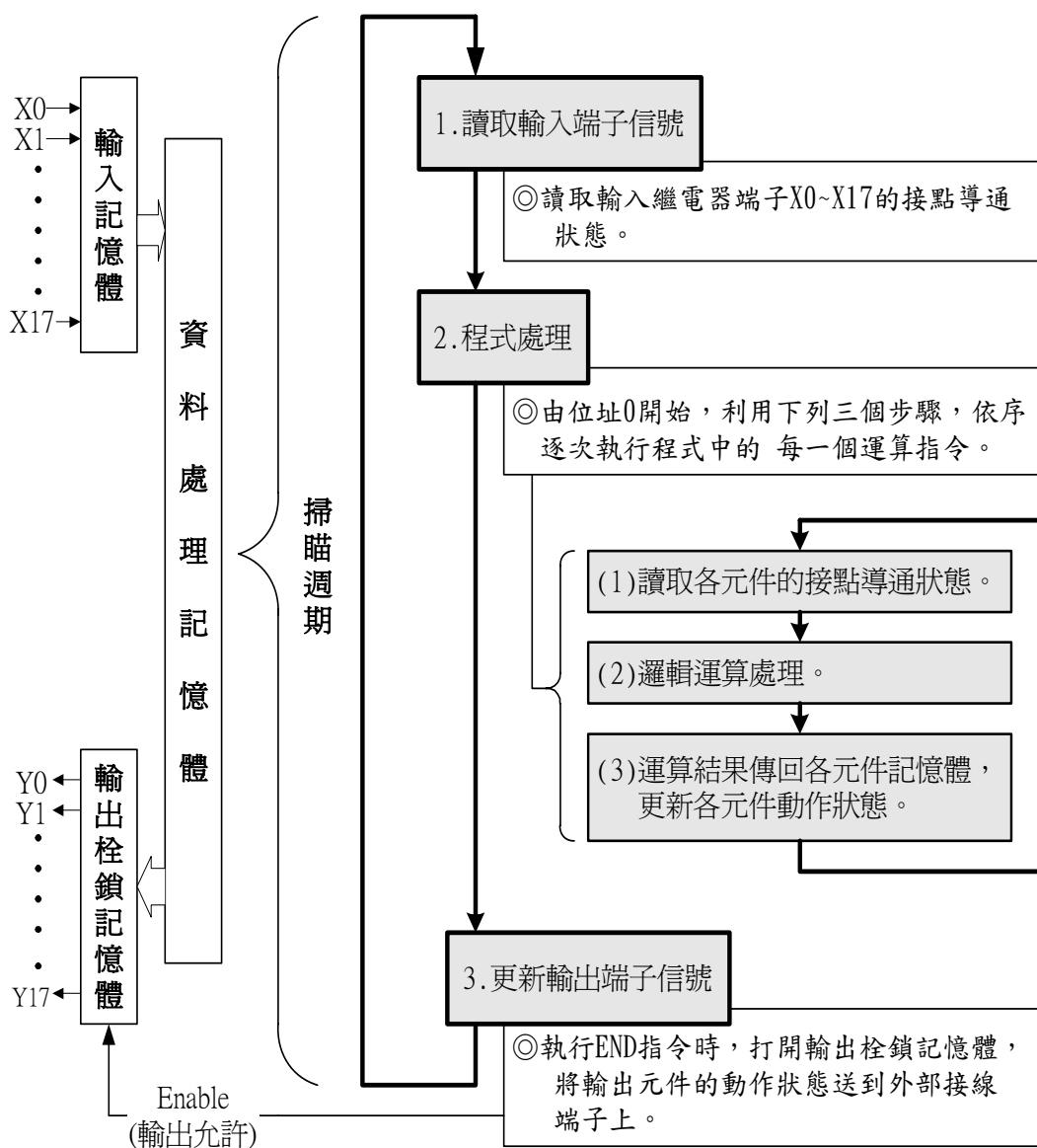
(2) 警報流程：

BZ 響，THRY 復歸，恢復正常操作狀態，進入控制流程(S4)。

3. 結尾階梯圖區塊：程式結束。

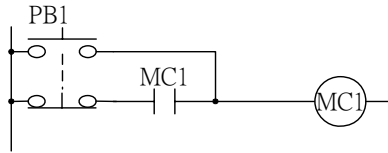
6-2 PLC 程式執行時的信號處理方式

有時以傳統的順序控制迴路轉成 PLC 程式，執行程式後發覺並不符合原先的預期結果(如寸動控制迴路)；有時 PLC 可以正確執行的程式，若以傳統觀念解析，又覺迴路設計好像考慮不甚嚴謹，執行時應該會產生錯誤。PLC 以掃描方式處理信號是造成上述部分差異的癥結所在。若能了解 PLC 程式執行時的掃描處理方式，將有助於提昇 PLC 的程式設計或分析的能力。下圖為 PLC 運轉之後，程式執行的掃描週期。

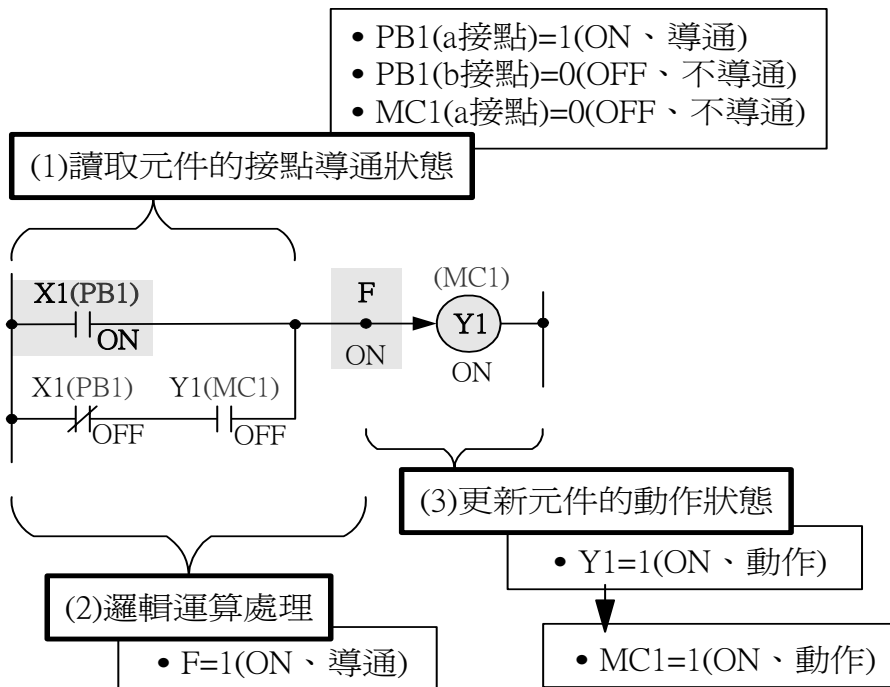


PLC 運轉(RUN)時，不斷地循環處理掃描週期：讀取輸入端子信號、邏輯運算處理、更新輸出端子信號三個步驟。程式執行一個掃描週期所花費的時間稱為掃描時間(scan time)。

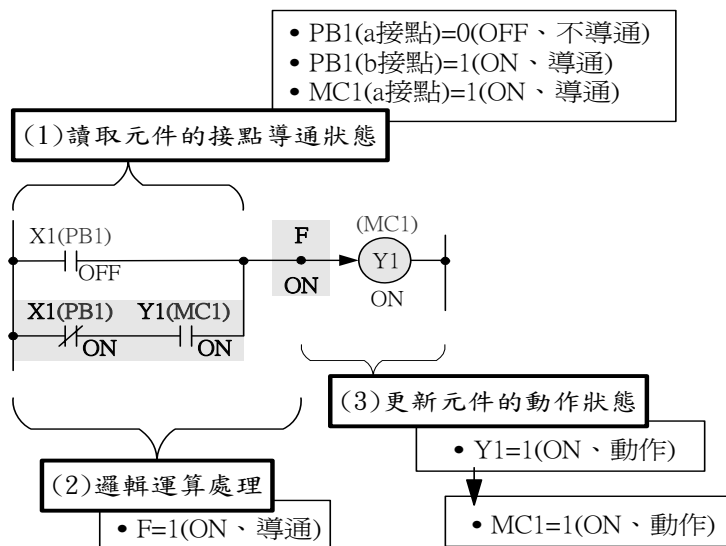
例題一 下圖為寸動控制的傳統繼電器迴路，按住 PB1 時 MC1 動作，放開 PB1 時 MC1 不動作。將此迴路直接轉成 PLC 的程式執行後，檢視 MC1 的動作狀態是否仍然相同？



說明 (1) 按住 PB1 時，在 PLC 掃描週期的程式處理期間，各元件及其接點的動作狀態，如下圖說明：

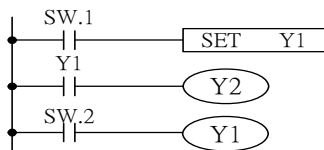


(2) 放開 PB1 時，在 PLC 掃描週期的程式處理期間，各元件及其接點的狀態，如下圖說明：

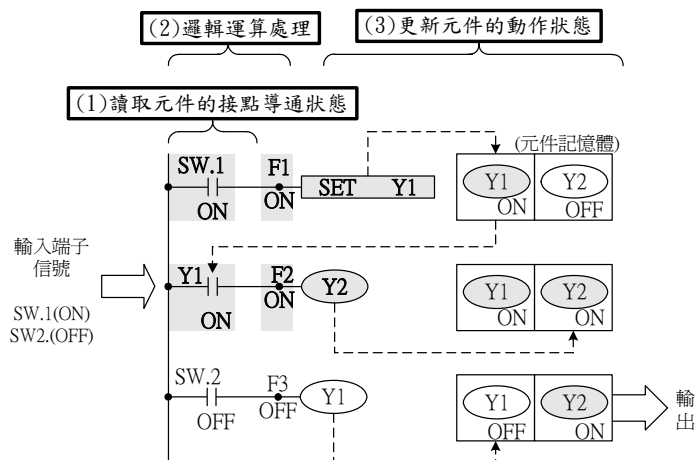


(3)此迴路直接轉成 PLC 的程式執行後，按住 PB1 時，MC1 動作；放開 PB1 時，MC1 仍然保持動作狀態。顯然與傳統繼電器迴路的動作要求相違背，設計 PLC 程式時要多加注意。

例題二 如下圖，以掃描週期的觀念分析，當 SW.1 ON，SW.2 OFF 時，輸出 Y1、Y2 的動作狀態為何？

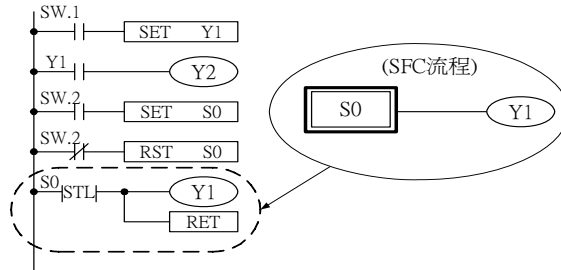


說明 (1)利用掃描週期的觀念分析、說明，如下圖：

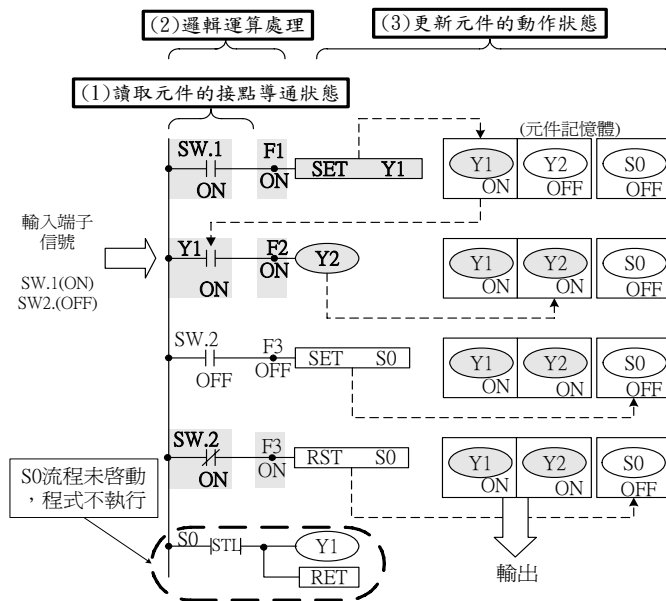


- (2)當 SW.1 ON，SW.2 OFF 時，輸出 Y1=OFF(不動作)，Y2=ON(動作)。
- (3)有同編號之“雙重輸出”時，以最後一個的動作狀態為優先。

例題三 如下圖，以掃描週期的觀念分析，當 SW.1 ON，SW.2 OFF 時，輸出 Y1、Y2 的動作狀態什麼變化？



說明 (1)以掃描週期的觀念分析、說明，如下圖：



(2)SFC 流程圖區塊中的流程，可以看成一整組須以 **RET** 指令返回主程式的所謂副程式、巨集程式。這些副程式、巨集程式未被呼叫時，該程式是不會執行的。所以，當 SW.1 ON，SW.2 OFF 時，流程步進點 S0 未被啟動，流程不被執行。因此，最後輸出結果為：Y1=ON(動作)，Y2=ON(動作)。

(3)請與例題二比較一下，兩者之間的異同。

6-3 外部接線圖規劃方法

6-3.1 輸入接線規劃

一、輸入器具編碼原則

1. 訂定好各類器具的編碼先後次序，以固定方式編碼。
2. 盡量以器具原有號碼進行編碼，其次再以相似號碼進行編碼，不得已才以其他號碼進行編碼。
3. 無法以固定號碼進行編碼器具，待固定編碼器具編定後，再視狀況依序編碼。

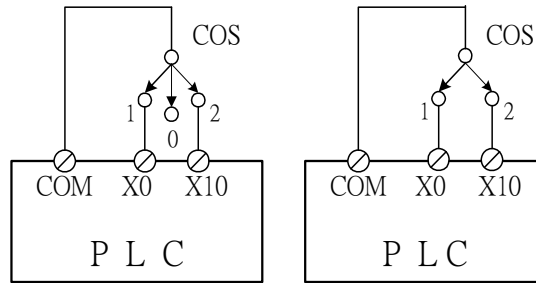
【例】

輸入接線 編碼		器具及編碼優先順序				
		①	②	③	④	⑤
		COS	PB	MC1	LS	THRY
名 稱	1	X0	X1	X11	視當時狀況 依序 彈性編碼	
	2	X10	X2	X12		
	3		X3	X13		
	4		X4	X14		
	5		X5	X15		
	6		X6			

說明

- (1)有按鈕 PB1~PB3、LS1~LS2、THRY、MC1~MC2、COS/1、COS/2 等輸入器具時，編碼可以安排如下：COS/1→X0、PB1→X1、PB2→X2、PB3→X3、LS1→X4、LS2→X5、THRY→X6、COS/2→X10、MC1→X11、MC2→X12。
- (2)有按鈕 PB1~PB5、THRY1~THRY3、MC1~MC3、COS/1、COS2 等輸入器具時，編碼可以安排如下：COS/1→X0、PB1→X1、PB2→X2、PB3→X3、PB4→X4、PB5→X5、COS/2→X10、MC1→X11、MC2→X12、MC3→X13、THRY1→X14、THRY2→X15、THRY3→X16。

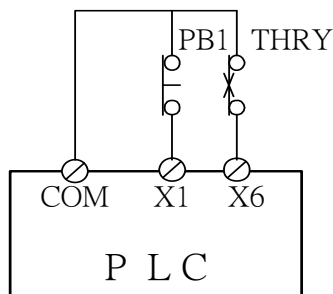
二、手動／自動切換開關(COS)以接兩處輸入端子為宜。



(1)COS 具有切於 0、1、2 位置功能時，使用三段式 COS。此時，須接兩個輸入點，以便讓 PLC 易於判斷。(※COS 也只有 a、b 兩種接點可供使用)

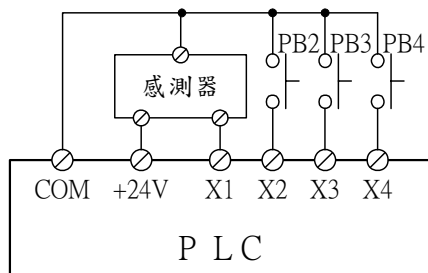
(2)COS 具有切於 1、2 位置功能時，使用二段式 COS。此時，若接一個輸入點，以該輸入點的通斷狀態，作為切於位置 1、2 的依據，此種非 a 即 b 的接法較欠嚴謹。例如：輸入接點導通時，為手動操作狀態。此時，COS 接線因故脫落，程式將立即轉為自動操作狀態，造成不可預期的危險。更何況有時以三段式 COS 替代兩段式 COS 時，切於位置 0 是否等於切於位置 1 或位置 2。因此之故，二段式 COS 仍以接兩個輸入點，以便讓 PLC 正確無誤判斷為宜。

三、設備或系統的(緊急)啟斷開關、按鈕、積熱電驛應以 b 接點(常閉接點)連接 PLC 輸入端點為宜。

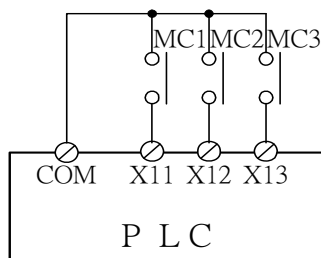


設備或系統的(緊急)啟斷開關、按鈕、積熱電驛若以 a 接點(常開接點)連接 PLC 輸入端點，當控制接線因故脫落或斷現時，造成電動機無法啟斷。所以，應如上圖所示，以 b 接點(常閉接點)連接 PLC 輸入端點為宜。

四、其它未賦予安全考量的輸入器具，一概以者 a 接點(常開接點)連接 PLC 輸入端點。另外，若以感測器作為輸入元件，要考慮電源接線。



五、以電磁接觸器間接驅動負載時，必須將電磁接觸器 a 接點(常開接點)接於 PLC 的輸入端子，回授電磁接觸器的動作狀態，以便判斷電磁接觸器線圈是否與 PLC 輸出信號同步動作。這一舉動，我們稱為輸出確認。接線方法參考，如下圖：



輸出確認的主要作用在於防止電磁接觸器線圈，因故未能與 PLC 輸出信號同步動作產生潛在的危險。例如，某個生產工廠系統，PLC 送出動作信號，而電磁接觸器線圈卻因為燒毀斷線，無法同步動作。程式又未做輸出確認的設計，以致於接續動作的設備，在不知情下，繼續運轉，造成整個製程損壞，後果不堪設想。

另外，PLC 沒有送出動作信號，電磁接觸器線圈卻產生動作，聽起來好像不可思議，其實它是有可能的。也許是 PLC 輸出接點短路黏著，也許是接線錯誤，也許是絕緣隔板破損後短接鄰近端子，也許.....。有太多的也許，但是只有一個事實，那就是太危險了，決不能讓它發生。只有確實做好輸出確認的工作，雖然它有一點麻煩，安全還是蠻重要的！

6-3.2 輸出接線規劃

一、輸出器具編碼原則

1. 以固定方式編碼。
2. 盡量以器具原有號碼進行編碼，其次再以相似號碼進行編碼，不得已才以其他號碼進行編碼。
3. 作為運轉或停車指示的單一功能指示燈，集中處理不須編碼。
4. 運轉或停車指示燈具備多重顯示功能者，編碼時要注意符合各項功能要求。

【例】

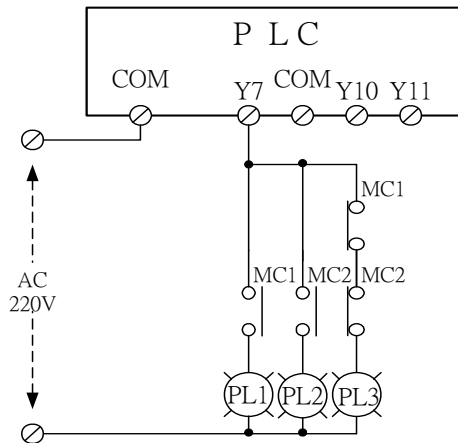
輸出編碼		器 具		
		①	②	③
		BZ	MC	PL
名 稱	1	Y0	Y1	Y11
	2		Y2	Y12
	3		Y3	Y13
	4		Y4	Y14
	5		Y5	Y15
	6			Y16

說明

- (1) BZ(蜂鳴器)固定以 Y0 輸出端子接線。
- (2) 電磁接觸器線圈(MC)固定以 Y1~Y5 輸出端子接線。
- (3) 非運轉或非停車指示燈以 Y11~Y16 輸出端子接線。

二、為了避免電磁接觸器已經損壞，而指示燈依然按照 PLC 程式照常顯示，造成現場工作人員錯誤判斷。所以指示燈作為運轉及停車指示時，不能以 PLC 輸出信號接點直接控制，必須透過電磁接觸器接點間接控制。因此之故，作為運轉或停車指示的單一功能指示燈，可以集中處理，不須另行編碼。介紹兩種接線方式：

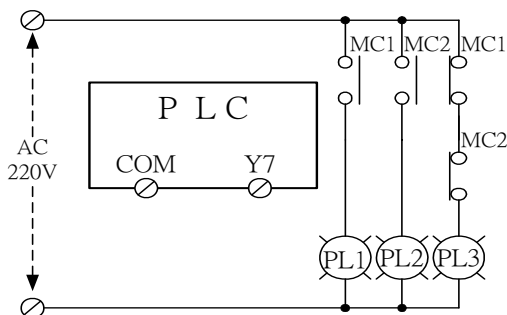
※ 第一種



說明

- (1) 所有指示燈係透過電磁接觸器接點後，共同接至 PLC 的 Y7 輸出端子上。
- (2) 當 Y7 接點有動作信號輸出時，當電磁接觸器動作時，PL1、PL2、PL3 同步產生對應動作。
- (3) 當 Y7 接點沒有輸出動作信號時，PL1、PL2、PL3 還可以加以利用，作為其它指示功能使用，例如：在輸出確認功能執行時，作為故障發生時的警報指示燈使用。

※ 第二種.



說明

所有指示燈不經 PLC 輸出端子控制，而係透過電磁接觸器接點，直接接上電源。電磁接觸器動作時，PL1、PL2、PL3 同步產生對應動作。

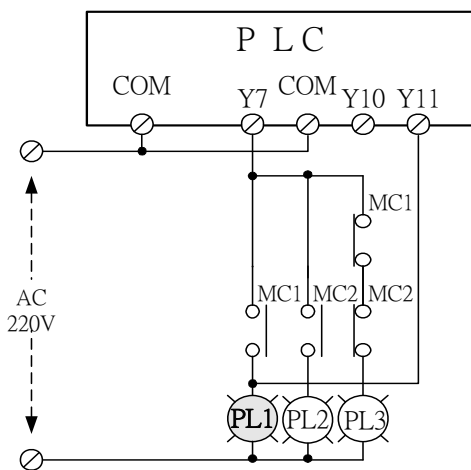
上列兩種接法，指示燈均不須編碼列入程式。唯第一種接法，在未發生嚴重故障時(例如：輸出確認故障)，Y7 應該要有動作信號輸出，指示燈才會正確顯示。此外，也可以將指示燈串聯 a 接點後再與線圈一同並接於輸出端子方式處理接線。

三、運轉或停車指示燈具備多重顯示功能者，不能集中處理，必須另行編碼。要如何編碼及接線，分四種狀況探討如下：

1.

- 運轉時，指示燈亮。
- 在停止運轉某段期間內，該指示燈閃亮。

此時，可參考下圖方式接線。



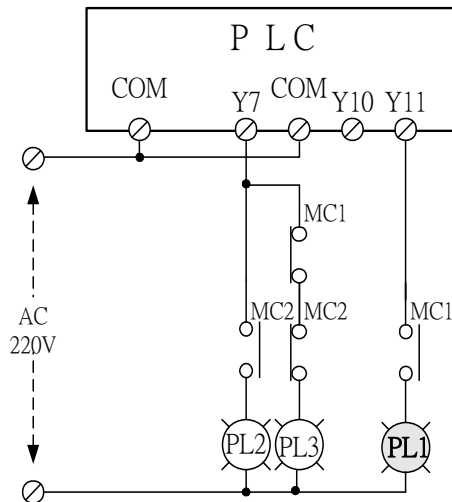
說明

- (1) 運轉時(MC1 動作)，PL1 亮。
- (2) 停止運轉時(MC1 不動作)，要能使 PL1 閃亮，須由 Y11 輸出閃爍信號。
- (3) 運轉時，PL1 無須編碼列入程式。靠 MC1 的 a 接點導通，即能使 PL1 亮。
- (4) 停止運轉時，PL1 須編碼 Y11 列入程式。當 Y11 輸出閃爍信號時，PL1 閃亮。

2.

- 運轉時，指示燈亮。
- 運轉進行中，在某段期間內，該指示燈閃亮。

此時，可參考下圖方式接線。

**說明**

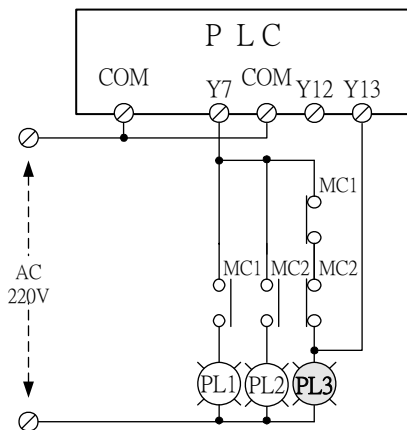
- (1) 運轉時(MC1 動作)，要使 PL1 亮，須由 Y11 輸出動作信號。
- (2) 運轉進行中((MC1 動作)，要使 PL1 閃亮，須由 Y11 輸出閃爍信號。
- (3) 上述兩種狀況，PL1 均須編碼 Y11 列入程式。

當 Y11 輸出動作信號時，PL1 亮。

當 Y11 輸出閃爍信號時，PL1 閃亮。

- 3.
- 停止運轉時，指示燈亮。
 - 在運轉進行中，某段期間內，該指示燈閃亮。

此時，可參考下圖方式接線。

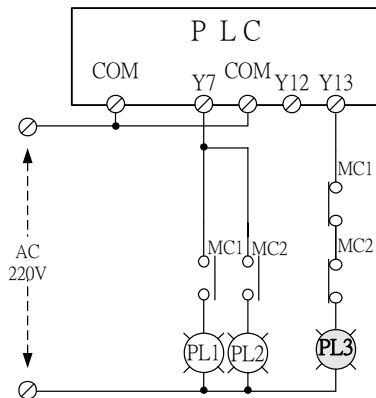


說明

- (1)停止運轉時(MC1、MC2 復歸)，PL3 亮。
- (2)運轉進行中(MC1 或 MC2 動作)，要使 PL3 閃亮，須由 Y13 輸出閃爍信號。
- (3)停止運轉時，PL3 無須編碼列入程式。靠 MC1、MC2 的 b 接點導通，即能使 PL3 亮。
- (4)運轉進行中，PL3 須編碼 Y13 列入程式。當 Y13 輸出閃爍信號時，PL3 閃亮。

- 4.
- 停止運轉時，指示燈亮。
 - 停止運轉某段期間內，該指示燈閃亮。

此時，可參考下圖方式接線。



說明

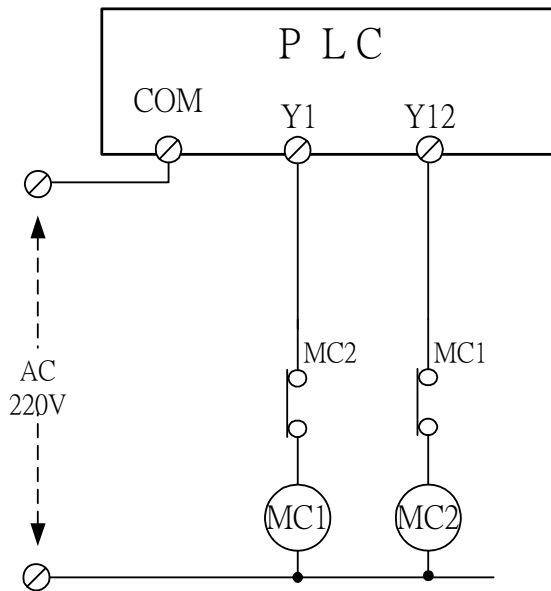
- (1)停止運轉時(MC1、MC2 復歸)，要使 PL3 亮，須由 Y13 輸出動作信號。
- (2)停止運轉時(MC1、MC2 復歸)，要使 PL3 閃亮，須由 Y13 輸出閃爍信號。
- (3)上述兩種狀況，PL3 均須編碼 Y13 列入程式。

當 Y13 輸出動作信號時，PL3 亮。

當 Y13 輸出閃爍信號時，PL3 閃亮。

四、不能同時啟動的負載，須作外部連鎖。

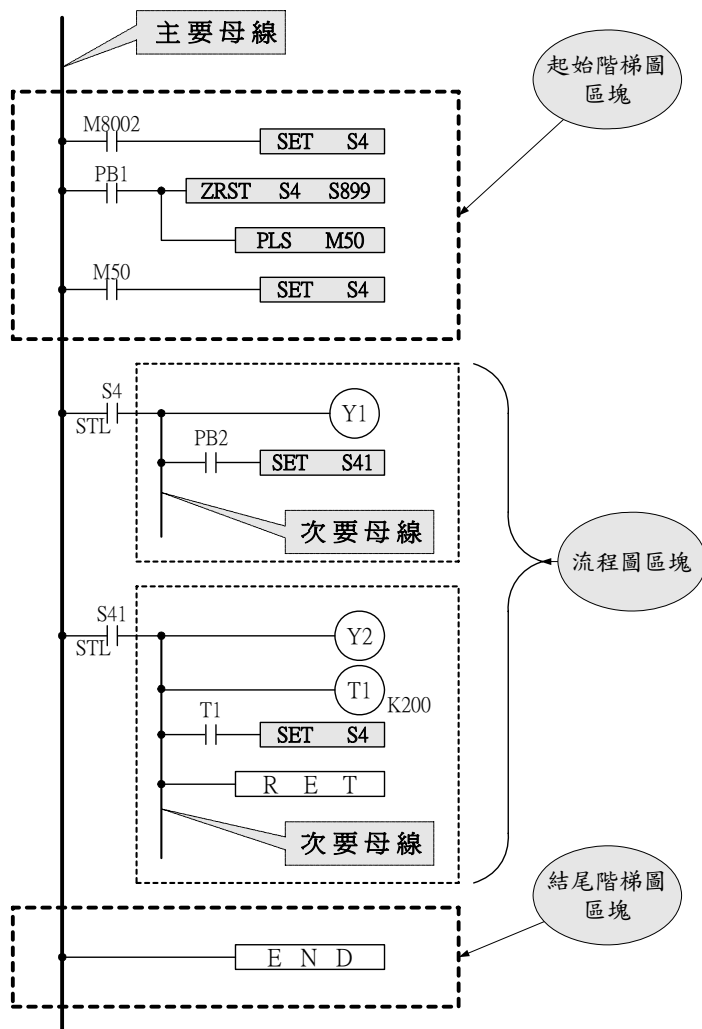
不能同時啟動的負載，例如正轉電磁接觸器與逆轉電磁接觸器，除程式內部須設計互鎖功能外，外部接線亦應以 b 接點(常閉接點)串接線圈，作成外部連鎖功能，以防止因錯誤操作或器具損壞，造成短路現象。若能配合具有機械連鎖機構的可逆式電磁接觸器，安全更能保障。接線方式參考如下圖：



6-4 起始階梯圖區塊規劃編寫方法

6-4.1 起始階梯圖區塊的特性

無論以那一種方式撰寫 PLC 程式，系統仍須將其轉換成程式碼(Code)才能執行。各種撰寫方法只是表現的方法不同，它們之間是可以相互轉換的。現將 SFC 程式轉換成階梯圖模式如下圖：



前面談過 PLC 程式執行時，是以掃描方式處理信號。先讀取各個相關元件的接點導通狀態，再由位址 0 開始依序執行所有的邏輯運算指令(亦即接點的 and、or 串並聯運算)，一直到執行 END 指令時，送出運算結果，更新元件的動作狀態，並打開輸出栓鎖記憶體，將輸出繼電器信號送到外部接線端子，完成一週期的掃描動作。

我們觀察上圖所列出的 SFC 程式的三個主體區塊，也就是起始階梯圖區塊、流程圖區塊、結尾階梯圖區塊，其中起始階梯圖區塊位於主要母線(系統母線)上。流程圖區塊以 SET 指令進入，而次要母線是以 STL 指令連接到系統母線取得操控權。主要母線上的信號反應是最直接的，速度也最快。另外起始階梯圖區塊位於程式的前面，在每個掃描週期中，它是首先被執行的。因此，以程式執行的優先順序來看，起始階梯圖區塊是高於流程圖區塊。所以，我們將起始階梯圖區塊視為大腦中樞，具有立即反應的功能。凡是需要立即處理的事件，都須在起始階梯圖區塊內完成設計。一般來說，起始階梯圖區塊可以處理的工作有：

- (1)開機啟動時的初始狀態處理與設定。
- (2)各類流程的立即入口點(Entrance)。
- (3)必須立即處理的動作要求。
- (4)集中處理比較方便的動作要求。

上述工作都與起始階梯圖區塊的立即反應的特性有關。

6-4.2 起始階梯圖區塊規劃編寫

一、初始狀態的規劃編寫

啟動(RUN)PLC 時，要做什麼？要在那裡？這就是初始狀態規劃的重點。首先我們來了解 PLC 重新啟動時，內部元件的狀態變化：除了停電保持型元件仍然維持原先的狀態外，其它所有元件都會被復原成不動作狀態。利用初始脈波 M8002 可以設定系統啟動時的初始狀態。以下列舉數個範例提供參考。

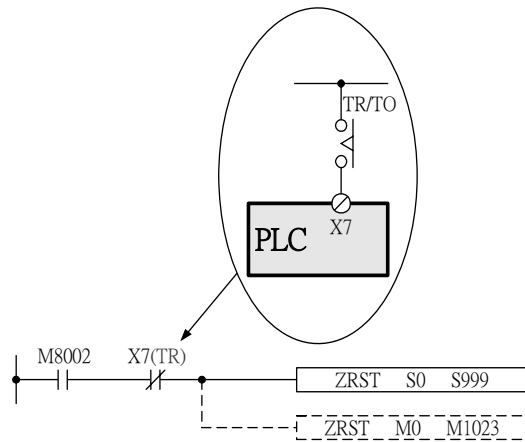
1. 啟動時，關閉所有步進點。



說明

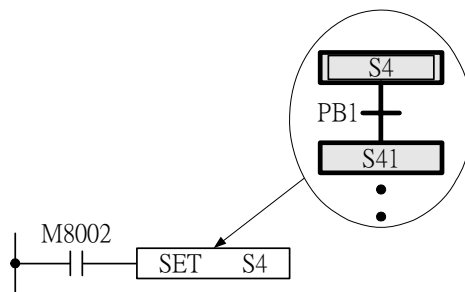
- (1) M8002：初始脈波，脈波寬度為一個掃描時間。
- (2)程式中假如使用到警報步進點，警報步進點是屬於停電保持型，重新啟動 PLC 時，就應將它關閉。
- (3)為圖方便，執行 `ZRST S0 S999` 指令，步進點無論停電保持與否，一併關閉。

2. 啓動時，有條件關閉所有步進點。



說明

- (1) M8002：初始脈波，脈波寬度為一個掃描時間。
 - (2)程式中使用保持型元件(S500~999、M500~1023)。
 - (3)斷電後，在延時型計時器設定時間內(X7 動作)，重新啟動 PLC 時，維持原有保持型元件狀態。
 - (4)斷電後，在延時型計時器設定時間到達後(X7 復歸)，重新啟動 PLC 時，關閉所有保持型元件狀態。
 - (5)其它保持型元件：C100~199、D200~D511，若有使用，應一併比照處理。
3. 啓動時，直接進入控制流程。

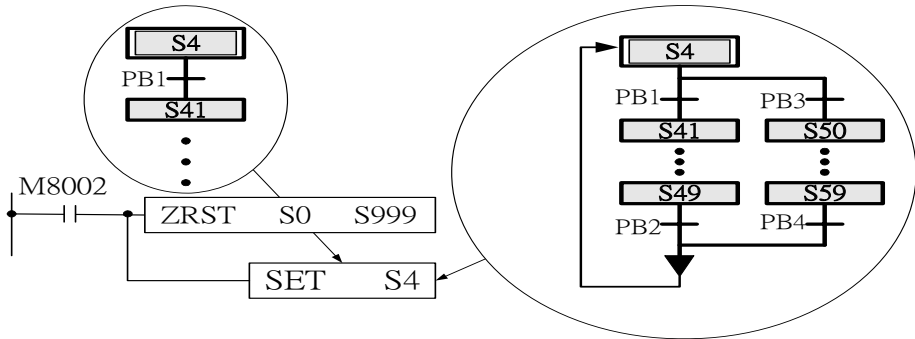


說明

- (1)PLC 啟動(RUN)時，會自動將所有非保持型的記憶體資料全部清除，也就是說，所有所有非保持型的元件都會被預設成不動作狀態。
- (2)假如程式不會用到諸如 S500~S999 步進點、M500~M1023 或其他保持型元件，就可以在開機啟動或重新開機時，直接以初始脈波 M8002 進入控制流程的起始步進點 S4。

(3)只須以一只按鈕，就可以開始進行控制的動作流程，且流程中不會用到停電保持型元件者，都可以用此種初始狀態的設計。

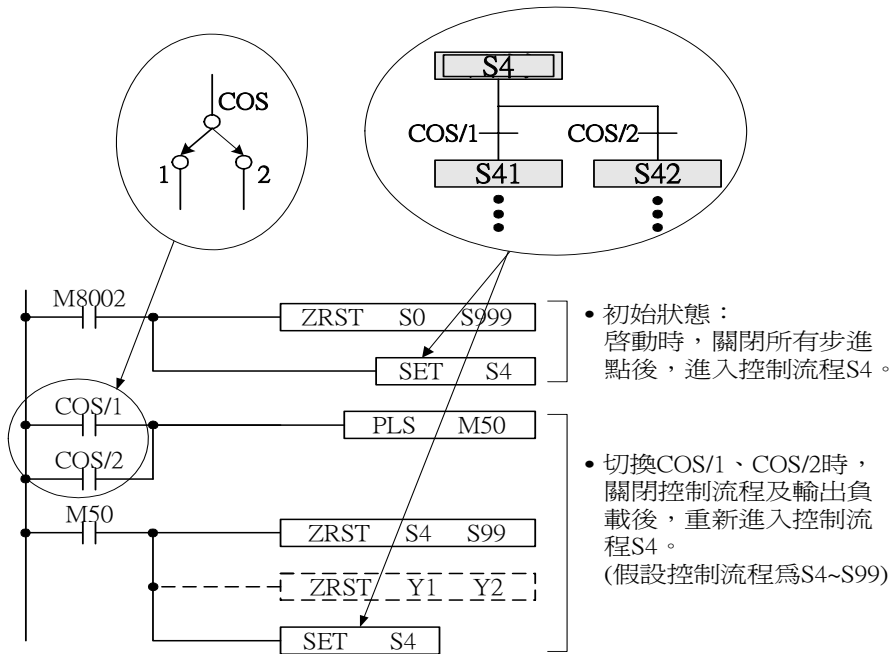
4. 啓動時，關閉所有步進點後，進入控制流程 S4。



說明

- (1)程式須用到停電保持型元件。
- (2)只需以一只按鈕，就可以開始進行控制的動作流程(如上圖左邊圓圈內的流程)，初始狀態應設計如上圖；啟動時，產生初始脈波 M8002，關閉所有步進點後，進入控制流程 S4。等候按鈕操作進行控制動作。
- (3)當控制流程的兩個分歧流程(如上圖右邊圓圈內：按 PB1 的 S41~S49 及按 PB3 的 S51~S59)，流程之間，若具有連鎖、互斥性，不可能同時被執行，也不須在執行中途立即轉換。一定要等到其中一個流程執行完畢，返回流程起點 S4 後，另一分歧流程才有機會被執行。在這種狀況下的初始狀態，也應該設計如上圖。
- (4)以掃描週期觀點檢視：先執行 `ZRST S0 S999` 指令，關閉所有步進點；再執行 `SET S4`，進入控制流程 S4。當執行 `END` 指令時，更新各元件的動作狀態。因此，是最接近 `END` 指令的結果為元件的最後狀態。假設，`ZRST S0 S999` 與 `SET S4` 位置顛倒，當然結論完全改觀。讀者不妨試試，以建立深刻的掃描觀念。

二、切換開關(COS)即時手動／自動切換的規劃編寫

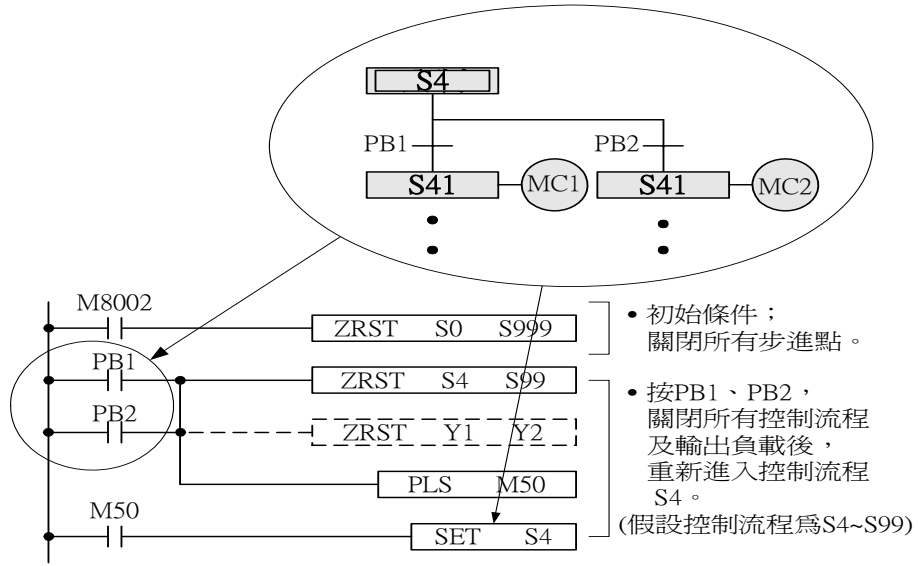


說明

- (1) 切換開關(COS)的兩組接點不會同時動作(具有互斥性)，而且隨時保持其中一組導通狀態。啟動時，應立即進入控制流程 S4。在流程內判斷目前 COS 的導通狀態。
- (2) 切換 COS 時，接點導通瞬間，產生脈波信號 M50，關閉所有流程及輸出負載後，進入控制流程 S4。在流程內判斷 COS 切換之後的導通狀態。如此，才能做到手動／自動即時切換功能。
- (3) 程式以 **SET Y1** 啟動輸出負載者，才須使用 **ZRST Y1 Y2** 關閉輸出負載，以 **OUT** 指令啟動輸出負載者，虛線部分可以刪除不用。

三、按鈕開關(PB)即時操作的規劃編寫

1. 負載啟動沒有限制條件的操作按鈕

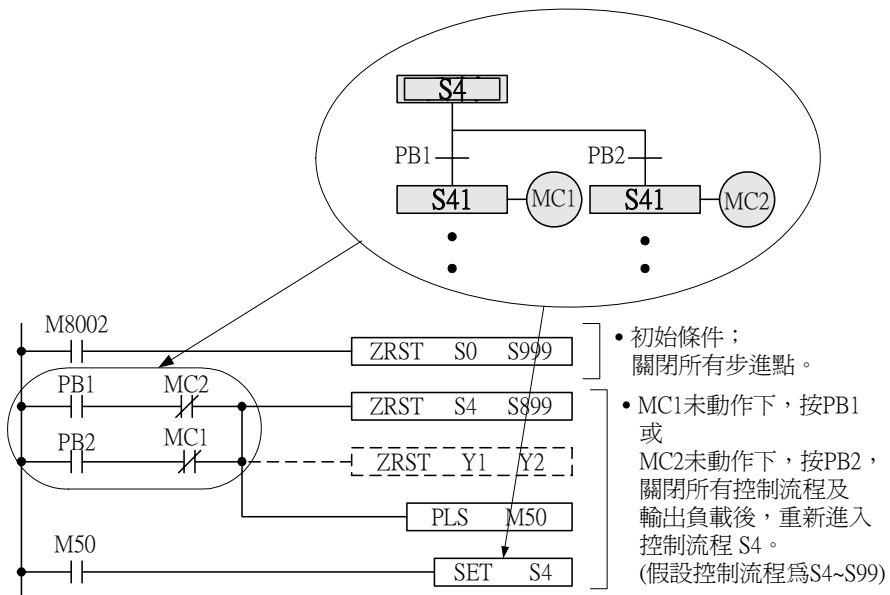


說明

(1)與切換開關(COS)不同的是：啟動用的按鈕開關(PB)，是以 a 接點(常開接點)與 PLC 的輸入端子連接。當按鈕未操作時，接點為不導通狀態，所以啟動 PLC 時，不須急著進入控制流程，去判斷 PB 的導通狀況，而是停留於起始階梯圖區塊，等待任一按鈕操作後，才進入控制流程，由流程判斷是那個按鈕被按下。

(2)按鈕可以接續或即時操作，操作順序不受限制，負載也可以同時運轉。

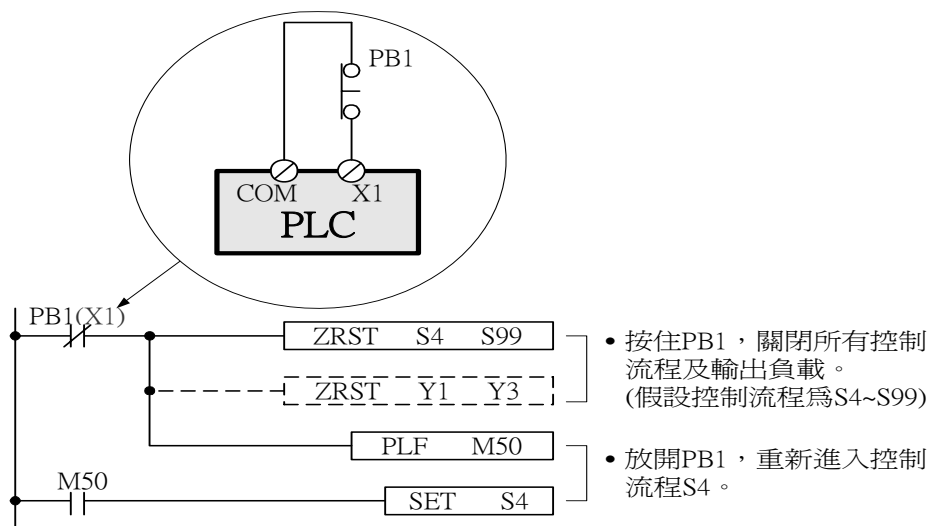
2. 負載啟動有限制條件的操作按鈕



說明

- (1) 按鈕操作有限制條件時，限制條件的處理交由號稱大腦中樞的起始階梯圖區塊做第一線處理，如此，可以簡化流程的設計，增加流程的可讀性。
- (2) 限制條件有很多種，其中，要求連鎖的限制條件(我動作，你不能動作)，在流程圖中也可以用分歧選擇模式完成；惟不像在起始階梯圖區塊中，流程不論執行至何處，只要條件符合，就可以立即反應與執行。
- (3) 由於流程本身為順序操作模式，一般將有操作順序限制的部分(我動作後，你才能動作)，放在流程中處理是非常適宜的。當然，由起始階梯圖區塊一肩挑起概括承受，亦未嘗不可。

3. (緊急)啓斷負載的按鈕

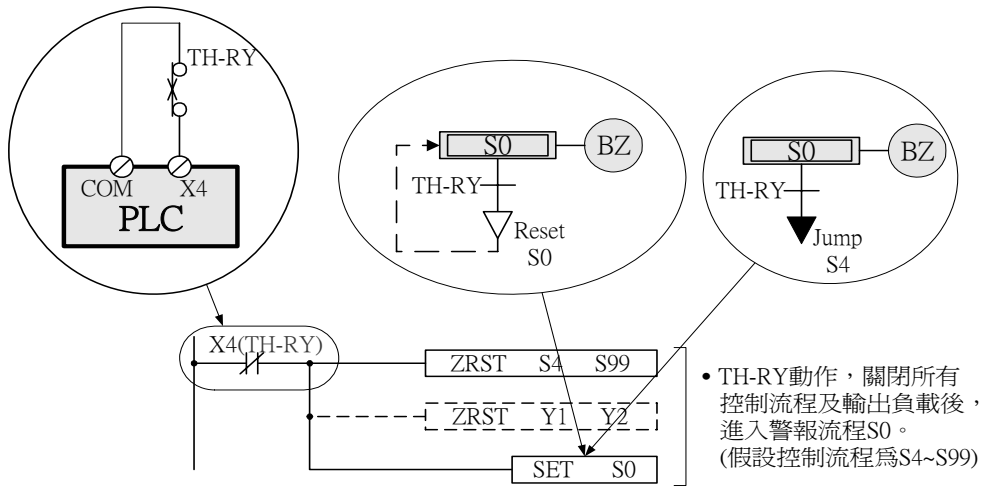


說明

- (1) 作為啟斷負載使用的按鈕，是以 b 接點(常閉接點)串接 PLC 的輸入端子。
- (2) 按住 PB1 時(等同：PB1 接線脫落或斷線狀態)，關閉所有控制流程及輸出負載。
- (3) 放開 PB1 瞬間，產生脈波信號 M50。(PLF 指令功能)
- (4) 利用脈波信號 M50，重新進入控制流程 S4。
- (5) 如此，正常操作 PB1 時可以立即啟斷負載。PB 接線脫落或斷線狀態下，也無法再行啟動負載。

四、積熱電驛 (TH-RY) 的規劃編寫

1. 警報流程只有一個步進點時



說明

(1) 積熱電驛 (TH-RY)，是以 b 接點 (常閉接點) 串接 PLC 的輸入端子。

(2) TH-RY 動作，關閉所有控制流程及輸出負載後，進入警報流程 S0。

(3) TH-RY 復歸，要看警報流程如何處理？

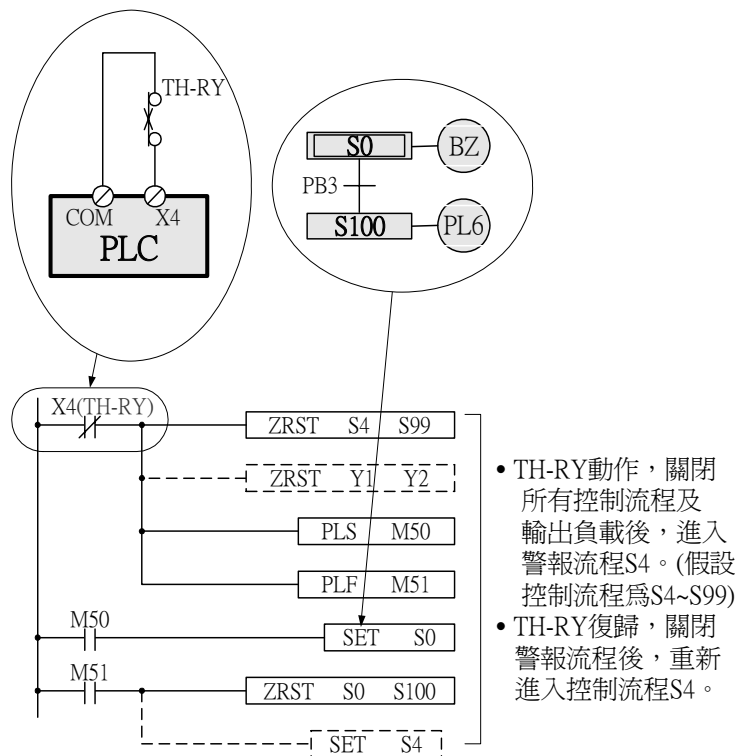
若以 "Reset S0" 方式處理：TH-RY 復歸時，關閉警報流程 S0，將控制權交還給起始階梯圖區塊。(使用時機：PLC 啟動時，初始狀態並未進入控制流程 S4)。

若以 "Jump S4" 方式處理：TH-RY 復歸時，重新進入控制流程 S4。(使用時機：PLC 啟動時，初始狀態進入控制流程 S4)。

2. 警報流程有二個(含)以上步進點

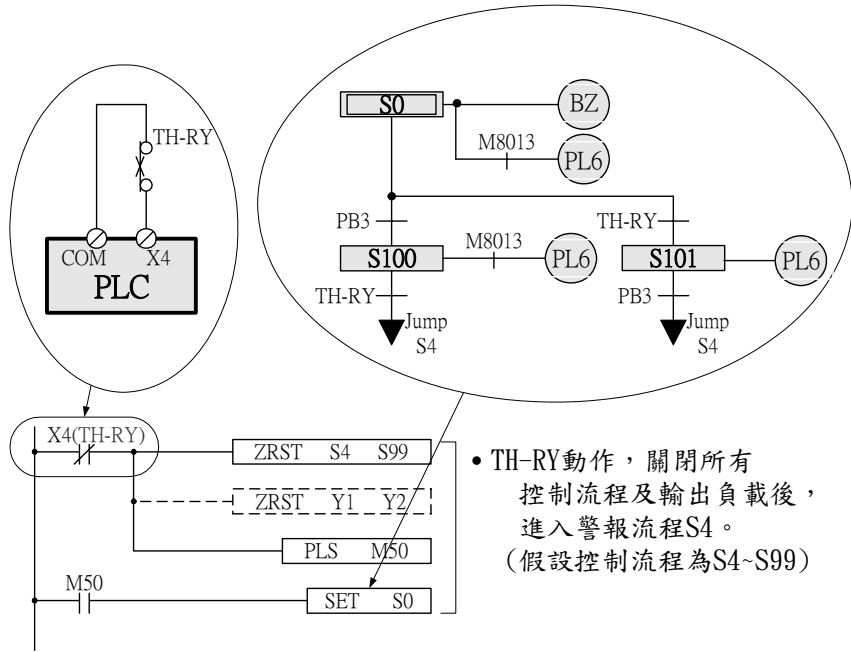
(a) 流程內所有步進點，對 TH-RY 復歸的處理方式是一致時：

TH-RY 動作，進入警報流程之後，不論在那一個步進點，只要 TH-RY 復歸，立即恢復進入控制流程 S4。在這種情況下，所有步進點對 TH-RY 復歸的處理方式，是相同的，是一致的。因此，TH-RY 復歸是屬於集中處理比較適宜的動作要求，可交由起始階梯圖區塊負責執行，階梯圖程式設計如下：

**說明**

- (1) 積熱電驛(TH-RY)，是以 b 接點(常閉接點)串接 PLC 的輸入端子。
 - (2) TH-RY 動作，關閉所有控制流程及輸出負載。
 - (3) TH-RY 動作瞬間，產生脈波信號 M50。
 - (4) 利用脈波信號 M50 動作的掃描週期內，進入警報流程 S0。
 - (5) TH-RY 復歸瞬間，產生脈波信號 M51。
 - (6) 利用脈波信號 M51 動作的掃描週期內，關閉警報流程 S0~S100，重新進入控制流程 S4。
 - (使用時機：PLC 啟動時，初始狀態進入控制流程 S4)。
 - (7) 假如程式設計 PLC 啟動時，初始狀態並未進入控制流程 S4。上圖虛線框 SET S4 可以刪除不用；TH-RY 復歸時，關閉警報流程 S0~S100，將控制權交還給起始階梯圖區塊。
- (b) 流程內步進點，對 TH-RY 復歸的處理方式是不一致時：

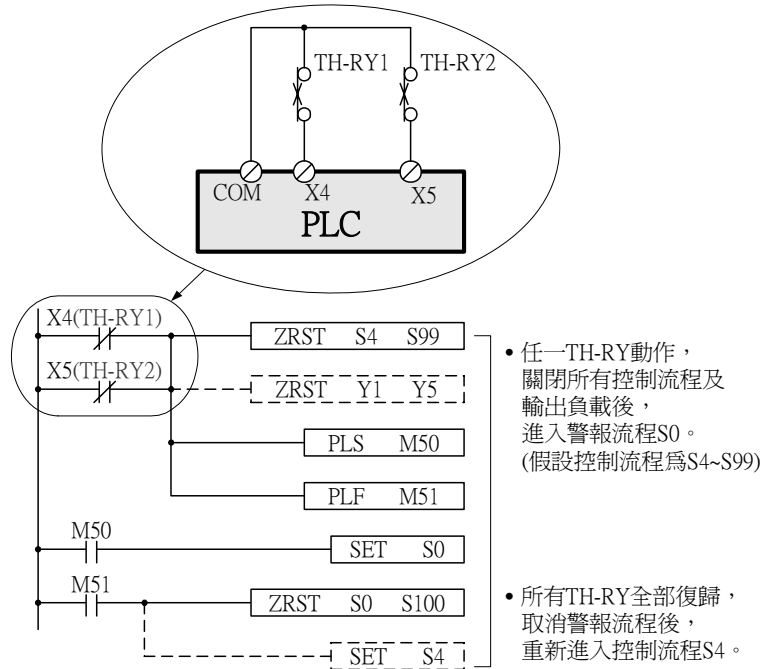
TH-RY 動作，進入警報流程之後，在不同的步進點上，TH-RY 復歸時，會有不同的狀態反應。在這種情況下，所有步進點對 TH-RY 復歸的處理方式，是不相同的，是不一致的。此時，TH-RY 復歸是不能交由起始階梯圖區塊負責處理；應該在警報流程中，由各個步進點，依動作流向，設計流程圖的程式。起始階梯圖區塊，只要做如下設計即可：



說明

- (1)積熱電驛(TH-RY)，是以 b 接點(常閉接點)串接 PLC 的輸入端子。
- (2)TH-RY 動作，關閉所有控制流程及輸出負載。
- (3)TH-RY 動作瞬間，同時產生脈波信號 M50。
- (4)脈波信號 M50 產生時，進入警報流程 S0。

3. 積熱電驛二個以上時(一般狀況)



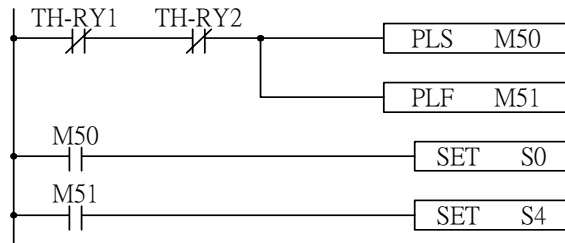
說明

- (1)任一 TH-RY 動作，關閉所有控制流程及輸出負載，進入警報流程 S0。
- (2)所有 TH-RY 全部復歸時，關閉警報流程 S0~S100，重新進入控制流程 S4。
- (3)假如程式設計 PLC 啟動時，初始狀態並未進入控制流程 S4。上圖虛線框 SET S4 可以刪除不用；TH-RY 全部復歸時，關閉警報流程 S0~S100，將控制權交還給起始階梯圖區塊。

4. 積熱電驛二個以上時(特殊狀況)

①

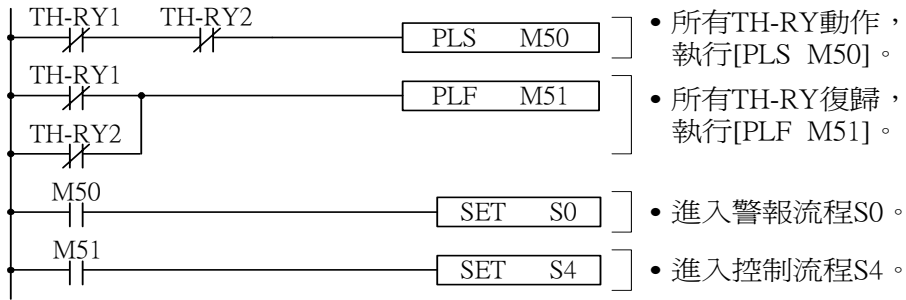
- 所有 TH-RY 均動作後，才進入警報流程 S0。
- 只要任一 TH-RY 復歸，就進入控制流程 S4。

**說明**

- (1)積熱電驛(TH-RY1、TH-RY2)，是以 b 接點(常閉接點)串接 PLC 的輸入端子。
- (2)由於 TH-RY1、TH-RY2 接點串聯，所有 TH-RY 全部動作，才能執行 PLS M50 指令，進入警報流程 S0。
- (3)由於 TH-RY1、TH-RY2 接點串聯，只要有一個 TH-RY 復歸，就能執行 PLF M51 指令，進入控制流程 S4。
- (4)上圖中，並未列出關閉相關流程的動作，程式設計時，請視情況需要，自行加入。

②

- 所有 TH-RY 均動作後，才進入警報流程 S0。
- 所有 TH-RY 復歸後，才進入控制流程 S4。



說明 (1)積熱電驛(TH-RY1、TH-RY2)，是以 b 接點(常閉接點)串接 PLC 的輸入端子。

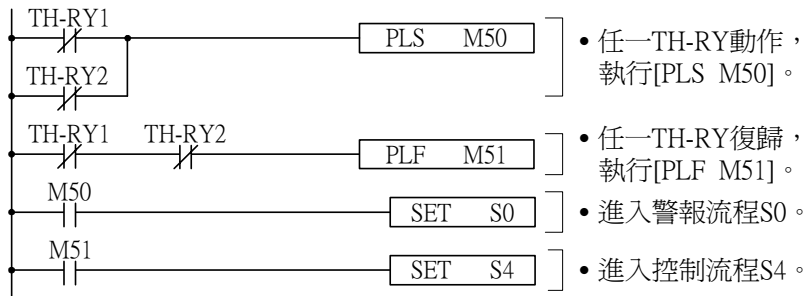
(2)由於 TH-RY1、TH-RY2 接點串聯，所有 TH-RY 全部動作，才能執行 [PLS M50] 指令，進入警報流程 S0。

(3)由於 TH-RY1、TH-RY2 接點並聯，所有 TH-RY 全部復歸，才能執行 [PLF M51] 指令，進入控制流程 S4。

(4)上圖中，並未列出關閉相關流程的動作，程式設計時，請視情況需要，自行加入。

③

- 任一 TH-RY 動作，就進入警報流程 S0。
- 只要任一 TH-RY 復歸，就進入控制流程 S4。



說明 (1)積熱電驛(TH-RY1、TH-RY2)，是以 b 接點(常閉接點)串接 PLC 的輸入端子。

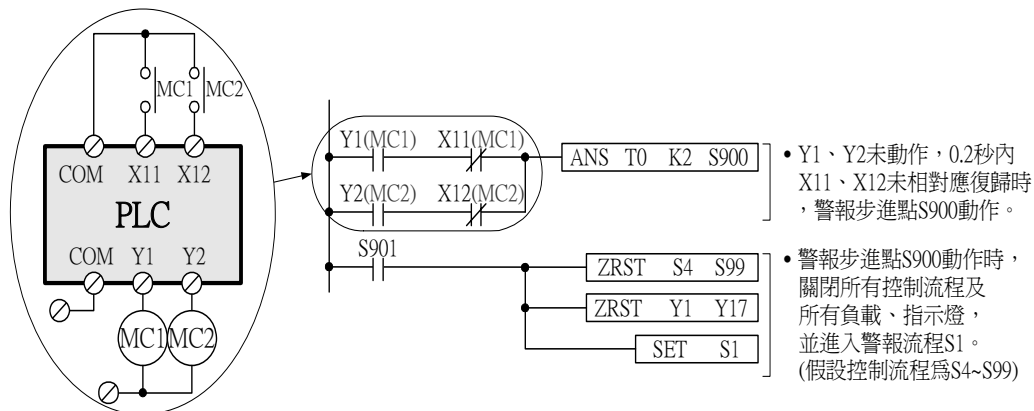
(2)由於 TH-RY1、TH-RY2 接點並聯，任一 TH-RY 動作，就能執行 [PLS M50] 指令，進入警報流程 S0。

(3)由於 TH-RY1、TH-RY2 接點串聯，任一 TH-RY 復歸，就能執行 [PLF M51] 指令，進入控制流程 S4。

(4)上圖中，並未列出關閉相關流程的動作，程式設計時，請視情況需要，自行加入。

五、輸出確認的規劃編寫

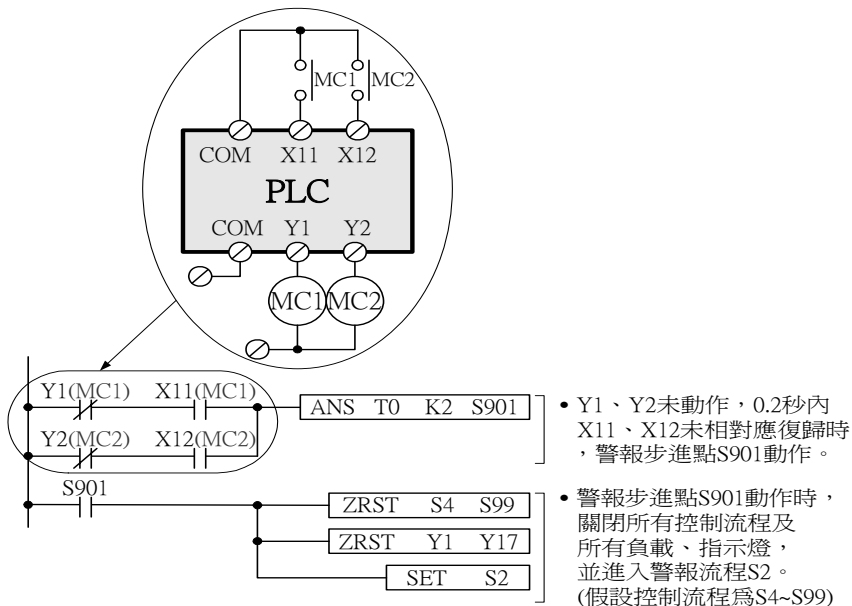
1. PLC 輸出端有動作信號輸出，但電磁接觸器線圈未同步動作



說明 (1)輸出確認的做法，是將電磁接觸器的控制接點，接於 PLC 的輸入端子上，回授動作信號給 PLC 判斷。正常狀況下，從電磁接觸器線圈接收到動作信號，到控制接點導通，大約需要 0.2 秒的反應時間。

(2)Y1 輸出動作信號而 X11 並未同步導通，或 Y2 輸出動作信號而 X12 並未同步導通，狀況持續 0.2 秒仍未改變，警報步進點 S900 動作，關閉所有控制流程及輸出負載(含指示燈)，並進入警報流程 S1。

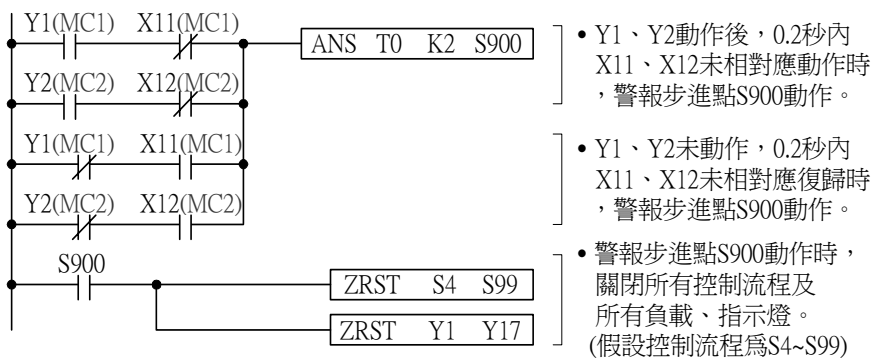
2. PLC 輸出端沒有動作信號輸出，但電磁接觸器線圈導電動作



說明

- (1) Y1 並未輸出動作信號，而 X11 受不明因素影響造成導通狀態；或 Y2 並未輸出動作信號，而 X12 受不明因素影響造成導通狀態。狀況持續 0.2 秒仍未改變，警報步進點 S901 動作，關閉所有控制流程及輸出負載(含指示燈)，並進入警報流程 S2。
- (2) 警報步進點 S901 是屬於停電保持型元件，如未關閉復歸，無法正常操作。利用 **RST S901** 或 **ANR(P)** 指令可以關閉警報步進點，恢復正常操作。

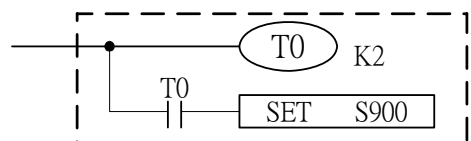
3. 輸出確認故障產生後，不顯示警報



說明

- (1) 輸出確認故障發生後，假如不需個別產生警報，或不用產生警報時，兩種故障現象的檢測，可以合併處理。
- (2) PLC 輸出端有動作信號輸出，但電磁接觸器線圈未同步動作，或 PLC 輸出端沒有動作信號輸出，但電磁接觸器線圈導電動作。此時警報步進點 S900 動作，關閉所有控制流程及輸出負載(含指示燈)。
- (3) 由於警報步進點為停電保持型，除非以 **ANR(P)** 或 **RST** 指令關閉警報步進點，否則無法正常操作。

※FX1N(S)機型無 ANS 指令，可用右圖方式代替 **ANS T0 K2 S900** 指令列。而 **ANR(P)** 指令則以 **RST S900** 替代。



6-5 流程圖區塊規劃編寫方法

6-5.1 步進點使用規劃

流程圖區塊可以由多個控制流程組成，每個流程又是由一系列的步序組成。每一個步序就是一個控制的操作單元，它是由步進點、操作輸出及轉移條件所組成。

FX2 系列，可以使用 S0~S899 供 900 個步進點，使用區分如下表：

S0~S9	流程起始(帶頭)步進點
S10~S19	原點復歸用步進點
S20~S499	一般用步進點
S500~S899	停電保持型步進點

另有 S900~S999，為警報用步進點(停電保持型)，但這些步進點不能直接使用於流程中。

為了程式設計時，讀、寫記憶方便，可以試圖將 S0~S999 步進點，規劃成幾個區域；讓不同功能的流程使用不同的區域。下面表格所述，為本書所規劃各種不同流程的使用範圍。

範圍	使用區分	備註
S0~S3	警報流程之起始步進點	提供最多四個警報流程使用
S4~S9	控制流程之起始步進點	提供最多六個警報流程使用
S10~S39	不使用	
S40~S599	控制流程步進點	停電保持型使用S500~S599
S600~S899	警報流程步進點	開機啟動時要記得關閉
S900~S999	輸出確認檢測	開機啟動時要記得關閉

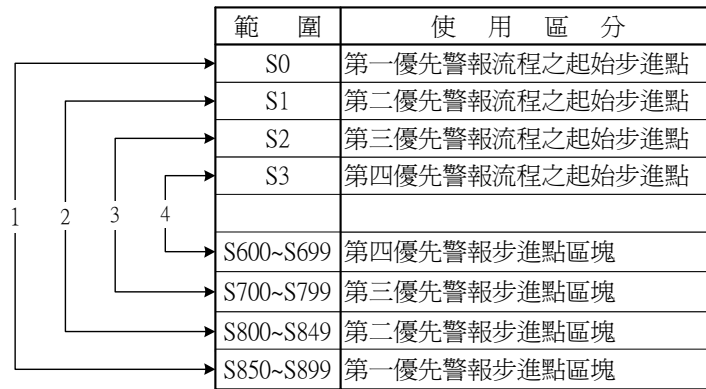
Diagram description: A diagram on the left shows two labels, '警報流程' (Alarm Process) and '控制流程' (Control Process). '警報流程' has arrows pointing to the S0~S3 and S600~S899 rows of the table. '控制流程' has arrows pointing to the S4~S9 and S40~S599 rows of the table.

說明

1. 警報流程使用範圍安排在控制流程的外圈，有下列兩個目的：

- (1)故障產生時，在進入警報流程前，可以使用 `ZRST S4 S599` 指令，一次關閉所有控制流程，而不會影響到警報流程的運作；尤其是在警報尚未復歸時，控制流程不允許運作的狀況下，更見效果。
- (2)待故障原因消滅後，欲重新執行控制流程時，可以使用 `ZRST S0 S899` 指令，關閉所有警報流程。

2. 警報流程的起始流程 S0~S3 配合 S600~S899 使用，程式中假若使用到多個警報流程時，也須考慮優先順序，將優先順序較高的流程放到外圈。



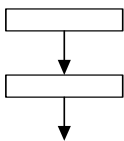
3. 控制流程與警報流程都需要呼叫使用的共用流程，則應使用最外層的步進點。上圖所列範圍，係原則性劃分區域，使用時得依警報流程的數目彈性調整。使用停電保持型步進點時，開機啟動的初始狀態要記得關閉它們。

6-5.2 流程圖規劃方法

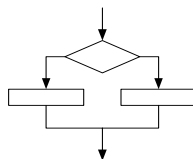
一、結構化分析與設計

SFC 的流程，可以採用軟體工程中所謂的結構化的分析與設計方法進行設計。所謂結構化，有三種基本模式：

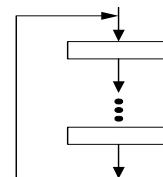
1. 順序式



2. 選擇式



3. 重複式



構化產生的模組，應具有下列幾個特性：

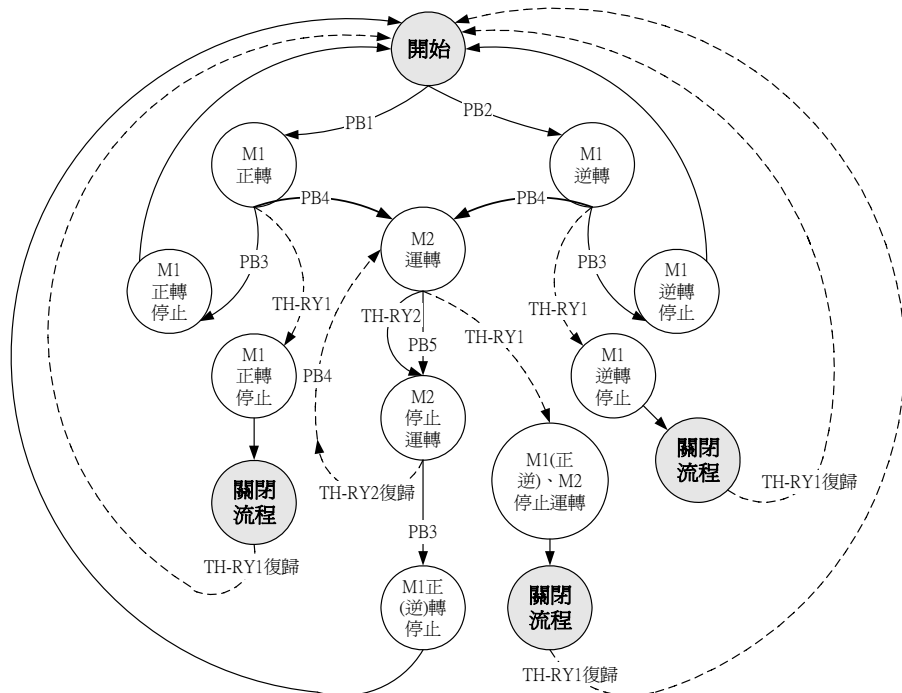
- 模組單元，盡可能將操作規劃單純化，規模縮小一點。
- 模組要有獨立性-----相同的操作，不要分配到不同的模組中。
- 模組應有黑箱特性-----直接由名稱及輸入、輸出，就可以得知它再做什麼？不用深入模組一探究竟。
- 模組應具有擴充性，至於彈性與效率只能擇一。

二、流程分析與設計步驟

流程圖的設計，會因人、因時、因地的不同，而有所差異。如果能有一個規則，提供設計者遵循，將有助於提高流程設計的品質及效率。

下面所介紹的方法中，我們著重設計前的分析。以氣泡圖為工具，將各種控制條件、輸出(入)狀況，事先予以完整考慮。之後，再將整個控制系統結構化處理，最後才做 SFC 流程圖，完成設計。現以第八章範例試題"電動機順序啟動順序停止控制"的操作舉例：(請參閱該試題動作要求中的正常操作及過載警報部分說明)

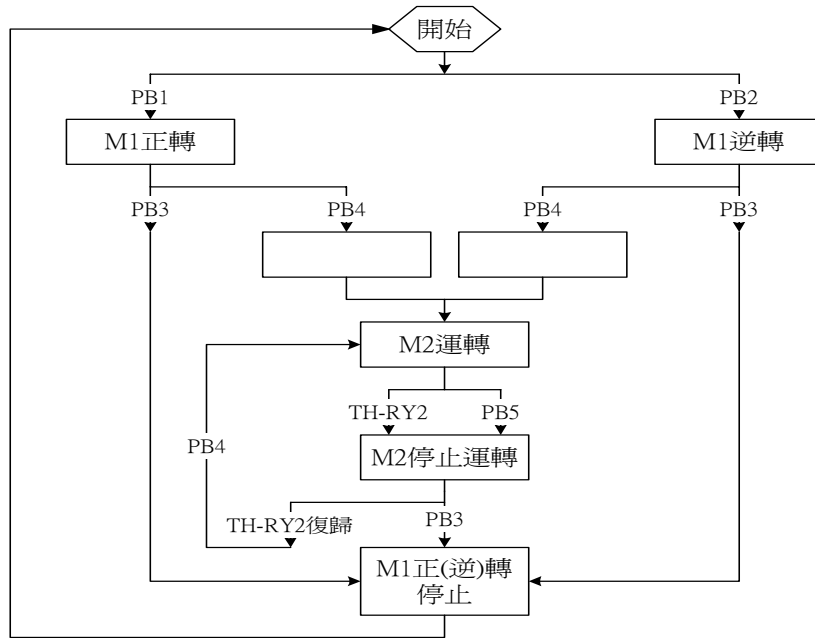
1. 畫氣泡圖 (各種狀況、條件均予以列入)



2. 將氣泡圖轉成→結構圖

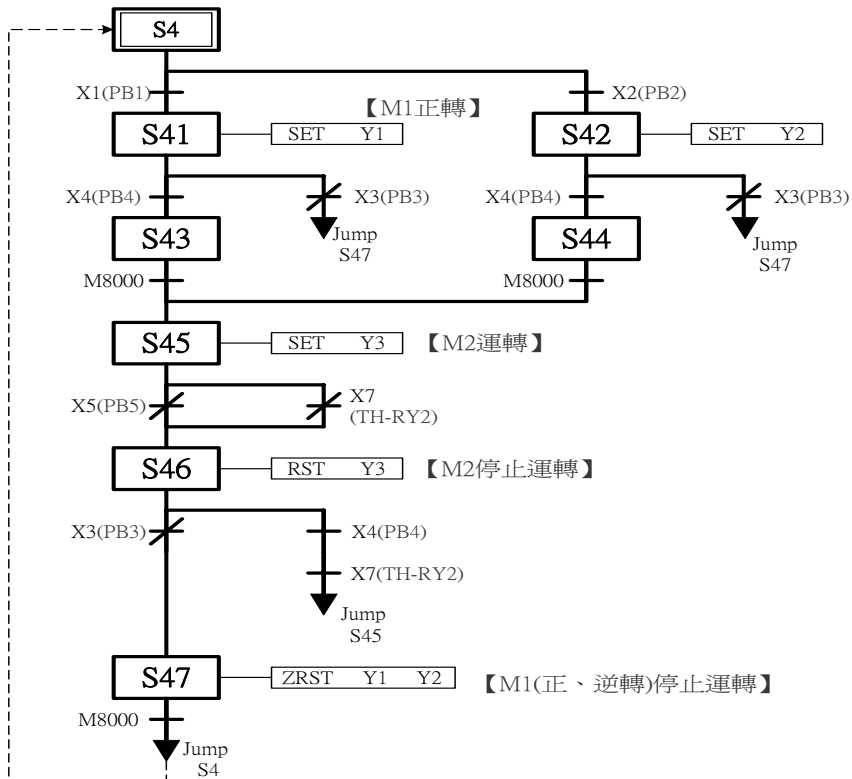
氣泡圖可視為草圖，結構圖就是將草圖整理後，可用以依據設計程式的結構化流程圖。氣泡圖依據下列幾個狀況予與修正，轉化成結構圖。

- (1) TH-RY1 動作及復歸時的虛線部分工作流程，同時在三個地方做相似的操作，可以集中於起始階梯圖區塊(可視為一個操作模組)處理。
- (2) M1 正轉停止、M1 逆轉停止，這兩個操作模組與“M1 正(逆)轉停止模組”之間有相同的操作，可以集中於一個模組中處理。
- (3) 粗線部分為 PB4 的操作流程，應透過虛擬模組(沒有操作狀態的空白模組)改成結構化型式。



3. 將結構圖轉成→SFC 程式

結構圖完成後，即可依據結構圖並參考 PLC 的 SFC 程式的特性，直接將程式撰寫完成。由上述結構圖轉成的 SFC 程式，如下圖：

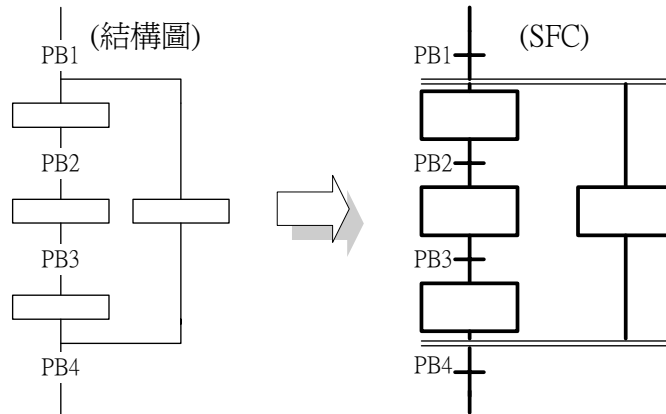


上面所述，是設計的完整步驟。當控制流程不複雜時或讀者熟悉設計技巧後，也可以跳過氣泡圖或結構圖，直接將 SFC 流程圖畫出再加以修正後，完成設計。

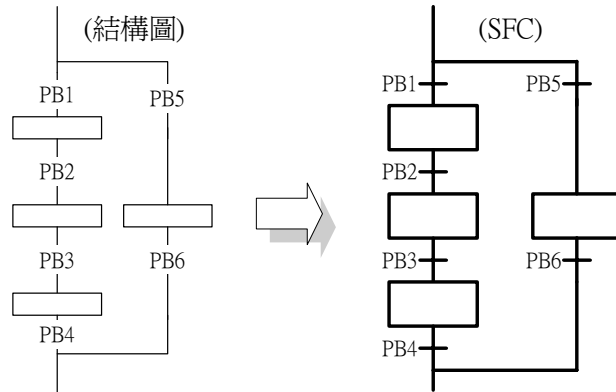
三、SFC 流程圖程式撰寫時的注意事項

1. 分歧結構的轉換

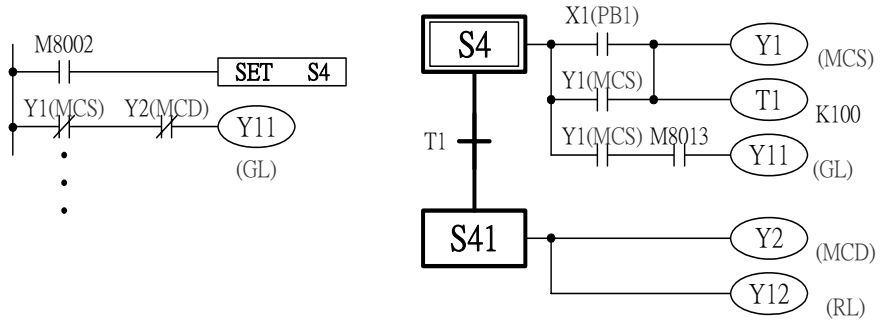
(1) 並進式分歧結構圖→SFC



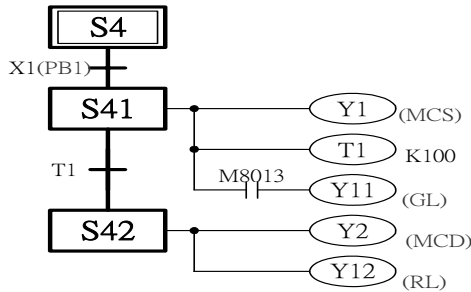
(2) 選擇式分歧結構圖→SFC



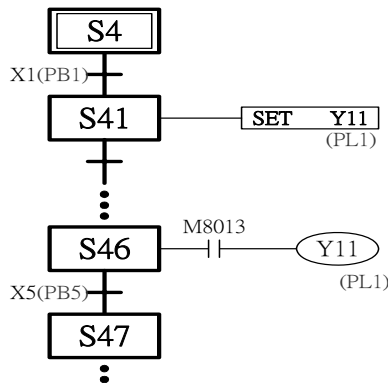
2. 要注意起始階梯圖區塊與流程圖區塊之間的雙重輸出問題。兩者有相同輸出編號時，在進入流程之後，是以流程內的動作結果為優先，如下圖說明：



- 說明** (1)某電動機以 Y- Δ 方式啟動，控制流程設計如上圖。
- (2)原先設計本意為 Y1(MCS)、Y2(MCD)未動作時，Y11(GL)指示燈亮，Y1 動作時 Y11 閃亮，Y2 動作時，Y11 熄、Y12(RL)亮。
- (3)開機啟動時，進入 S4。若沒按 X1(PB1)，Y1 未動作，步進點內邏輯運算結果：Y11 的輸出為 0，GL 指示燈熄；與預期設計相反。
- (4)上圖設計中，S4 模組的操作略顯複雜，如果能將流程模組的操作，予以單純化，分成兩個步進點(模組)執行如下圖，問題即能解決。



3. 同一流程中，兩個步進點若有相同輸出編號時，負載的保持型、非保持型特性，是以最後執行步進點的輸出負載特性為優先，如下圖說明：



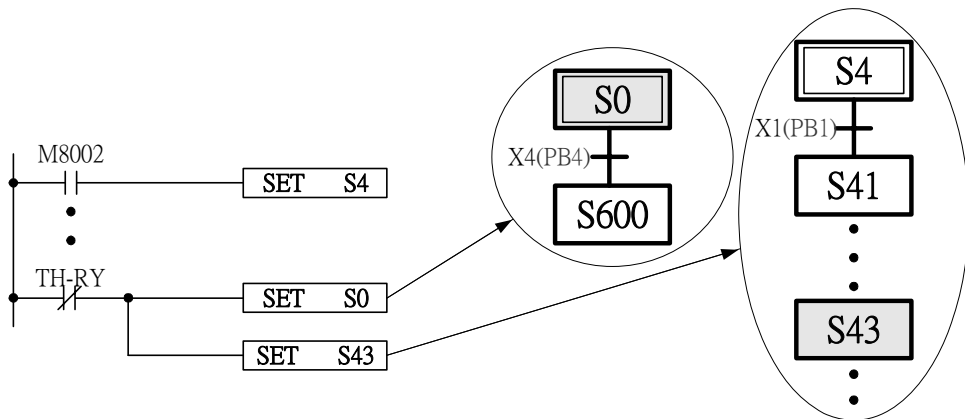
說明 (1)PL1 在步進點 S41 時以 **SET Y1** 指令驅動點亮，離開 S41 時仍然應保持動作狀態。

(2)進入步進點 S46 時，利用 **LD M8013** 及 **OUT Y11** 指令驅動 PL1 閃亮。此時，PL1(Y11)已不具保持特性，與 OUT 指令輸出的負載特性一樣，離開 S46 到 S47 步進點時，PL1 就能自動熄滅。

※ 第 2、3 兩項說明，都與程式執行的掃描觀念有關，如能確實了解(1-2 PLC 程式執行時的信號處理方式)中所述的內容，上面出現的狀況即能給予合理的解釋。

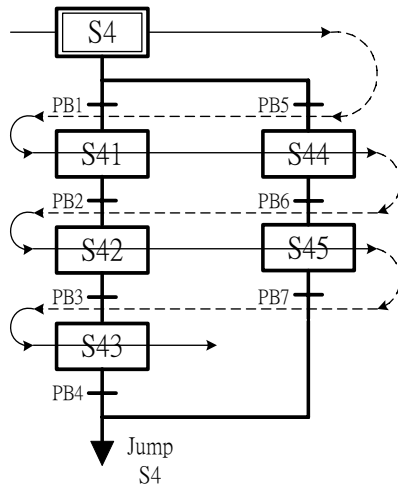
4. 需同時進入數個步進點時，可由起始階梯圖區塊中以 **SET** 指令進入。

如下圖所示，TH-RY 動作時，除進入警報流程 S0 外，另需再進入 S43 時，可以用 **SET S0** 及 **SET S43** 指令同時進入這兩個步進點。

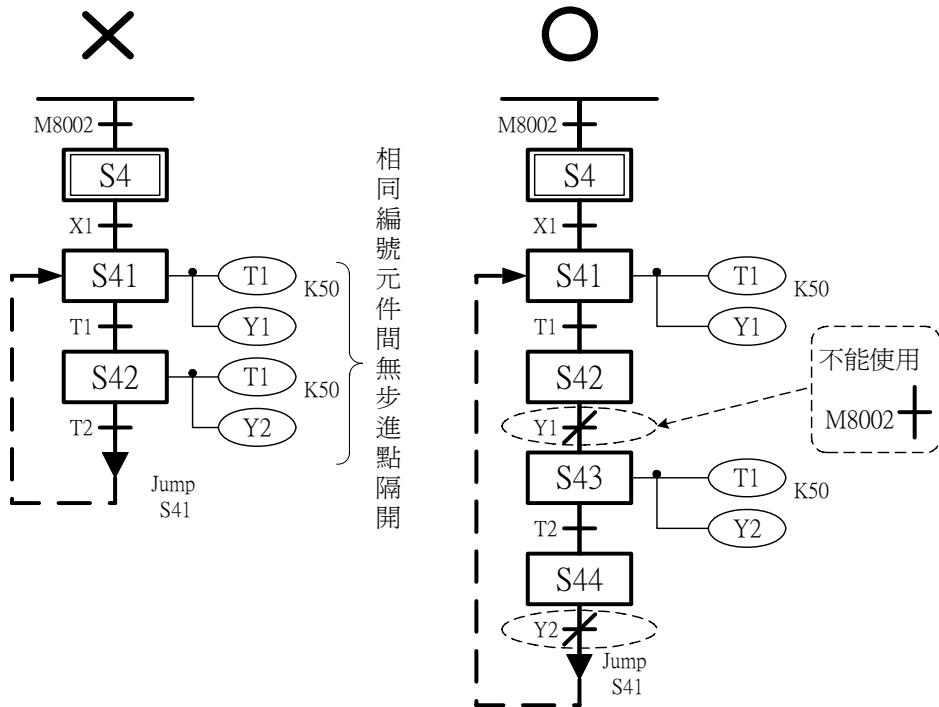


5. 分歧型流程的掃描次序

如下圖，由流程起始點開始，由上而下、由左而右掃描。以指令程式輸入時，可以按掃描順序，依序書寫鍵入程式。如果程式執行時出現不是預期的狀況時，不妨利用掃描週期的觀念去解析、排除。



6. 步進點與步進點之間允許使用相同的負載編號，但兩者之間最好有一個以上的步進點間隔，如下圖說明：



說明 (1)由於步進點必須在執行 SET(或 JUMP)指令後，才會以 STL 指令連接上系統母線(主要母線)取得控制權，在未接上系統母線前，該步進點內的階梯圖是浮接狀態，不會被程式掃描及執行。因此只要確認不會同時啟動進入，不同的步進點內是可以允許使用相同編號的

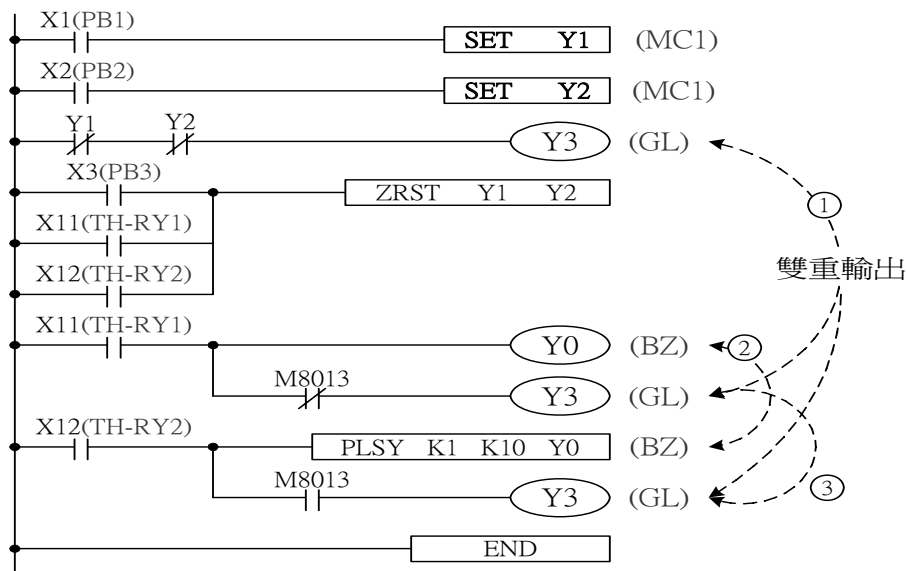
負載，而不致產生雙重輸出的"覆蓋"現象。

(2)最好要有一個以上的步進點間隔，以避免前一步進點的邏輯狀態未來得及復歸前，即在同一掃描週期中被另一個步進點使用，造成錯誤。

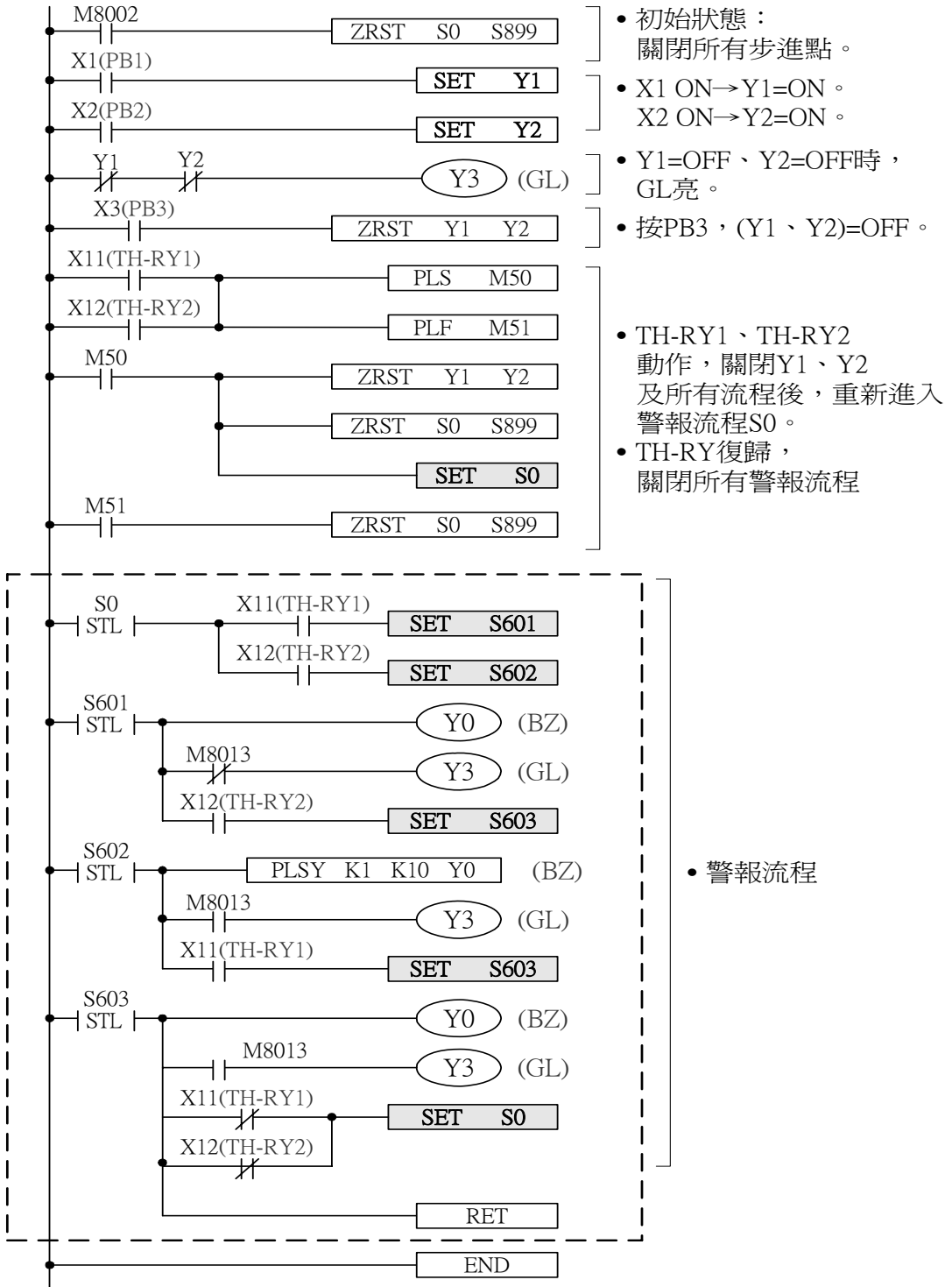
(3)如上圖(右)，橢圓虛線框內也不能使用"M8000"作為步進條件，因為它的"常時 ON 特性"，一樣會使前一步進點的邏輯狀態在未來得及復歸前，即被另一個步進點使用，造成錯誤。

7. 盡量使用 SFC 流程撰寫控制迴路，可以避免雙重輸出問題的產生。

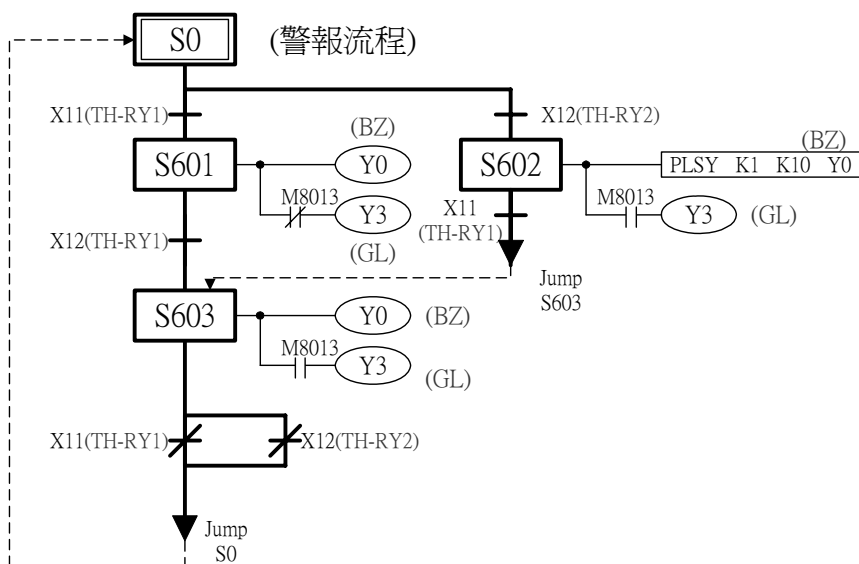
先觀察下面所舉的階梯圖說明範例：兩台電動機啟動、停止、過載保護控制迴路。程式載入 PLC 執行時，應會在下圖←↑→位置的輸出元件產生雙重輸出的狀況，使 GL、BZ 元件輸出產生錯誤。



為了改善上述雙重輸出狀態，我們可以利用步進點尚未被啟動前的浮接狀態，將產生雙重輸出的元件區隔開來。也就是說：將階梯圖配合 SFC 流程撰寫控制程式，即能有效地解決雙重輸出的困擾，如下圖：



上圖虛線框的警報流程迴路以 SFC 流程表示，如下圖：



6-6 結尾階梯圖區塊規劃編寫方法

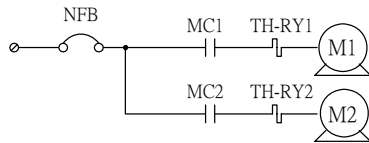
結尾階梯圖區塊原則上是以編寫結束指令 **END** 為主。階梯圖程式編寫如下：



說明

- (1) 利用程式書寫器或個人電腦，以指令模式鍵入程式時，在寫完全部流程後，不要忘了加上 **RET** 指令(作用：讓控制權返回主要母線上)，才能鍵入 **END** 指令。
- (2) 利用個人電腦，以階梯圖模式書寫 SFC 的控制程式時，在寫完全部流程後，同樣不要忘了加上 **RET** 指令，才能鍵入 **END** 指令。
- (3) 利用個人電腦，直接以 SFC 模式書寫控制程式時，在寫完全部流程後，可以繼續編寫結尾階梯圖區塊，編輯軟體會在流程圖程式結尾處，自動加上 **RET** 指令。
- (4) 之前提過：以動作結果而言，流程圖區塊是優先於起始階梯圖區塊；假若，希望階梯圖的輸出結果優先於流程圖，可以將該部分的階梯圖程式書寫於結尾階梯圖的區塊內。

一、電動機交互運轉控制



1-1 動作要求

1. NFB ON：

- 按住 PB2，BZ 響；放開 PB2，BZ 停響。(測試警報是否正常)。
- 按 PB1→M1 運轉→5 秒→M2 運轉、M1 停止運轉→10 秒→M1 運轉、M2 停止運轉→5 秒→M2 運轉、M1 停止運轉→10 秒→M1 運轉、M2 停止運轉→...循環不斷。

2. 運轉中，按 PB2，所有電動機應立即停止運轉。

3. 運轉中，任一積熱電驛(TH-RY)動作，所有電動機應立即停止運轉。且：

(1)BZ 斷續響(ON 0.5 秒/OFF 0.5 秒)。

(2)按 PB2：• BZ 停響。

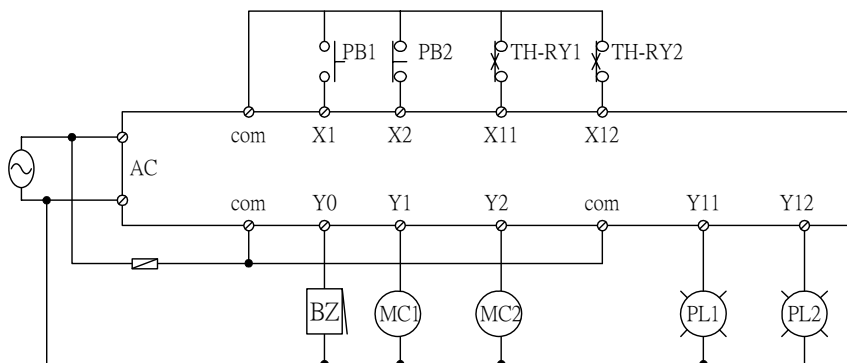
• PL1 閃亮(TH-RY1 動作時)。

• PL2 閃亮(TH-RY2 動作時)。

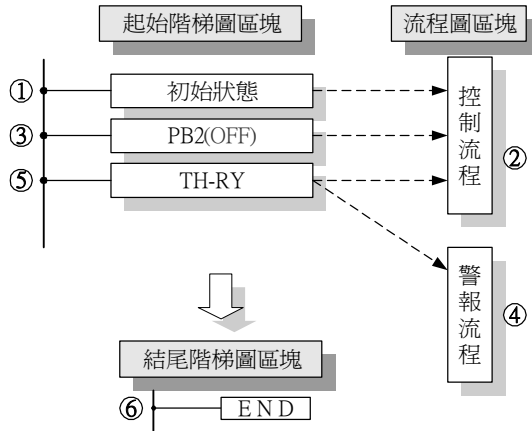
4. 積熱電驛復歸，BZ 停響，PL1、PL2 熄。電動機恢復正常操作狀態。

1-2 設計步驟與方法

1-2.1 外部接線圖規劃

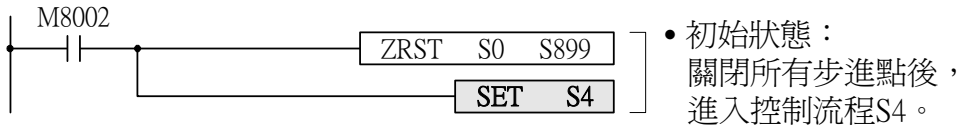


1-2.2 程式設計工作流程



1-2.3 程式設計方法

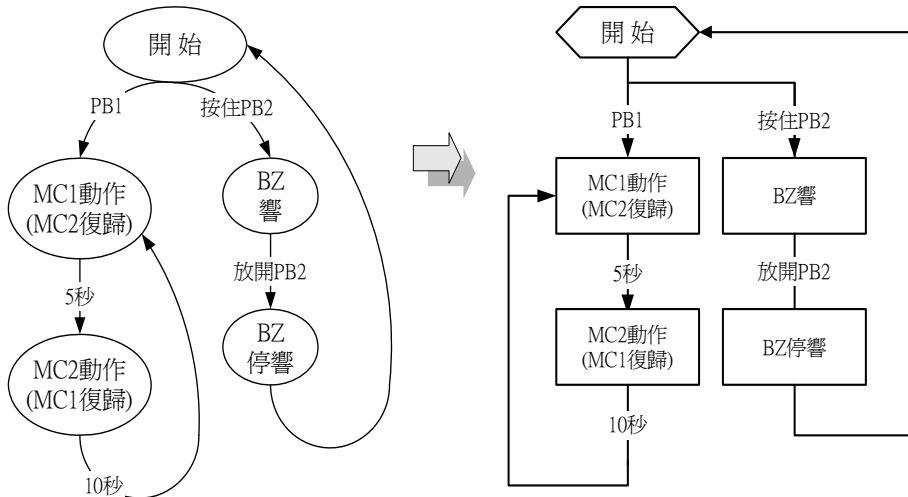
1. 初始狀態設計



2. 控制流程設計

• 畫氣泡圖

依據動作要求的說明，畫出控制流程的氣泡圖如下圖(左半部分)：

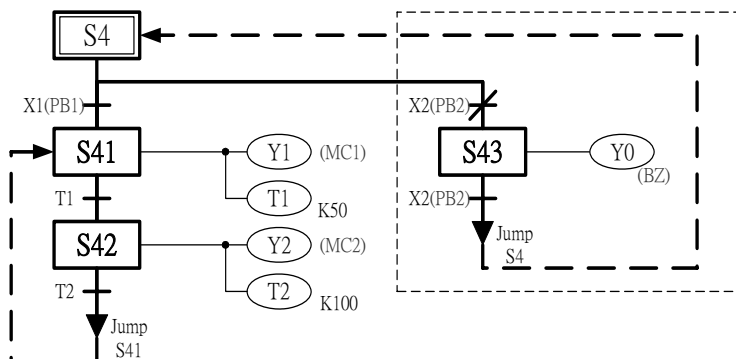


• 氣泡圖→結構圖

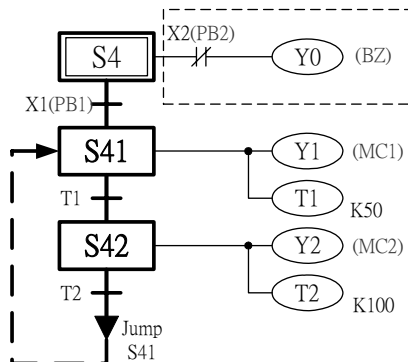
上述氣泡圖已具備結構化型態，可以直接將它轉成結構圖，如上圖(右半部分)。

• 結構圖→SFC

依據結構圖直接轉成 SFC 流程如下圖：

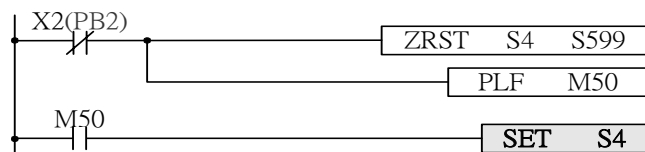


▶上圖所示虛線框部分為：按住 PB2、放開 PB2 的操作，也可以轉化 SFC 流程如下：



3. PB2(OFF)的操作設計

動作要求的說明中陳述：運轉中，按 PB2，所有電動機立即停止運轉。這是需要立即處理的操作，應交由起始階梯圖區塊處理。程式設計如下：



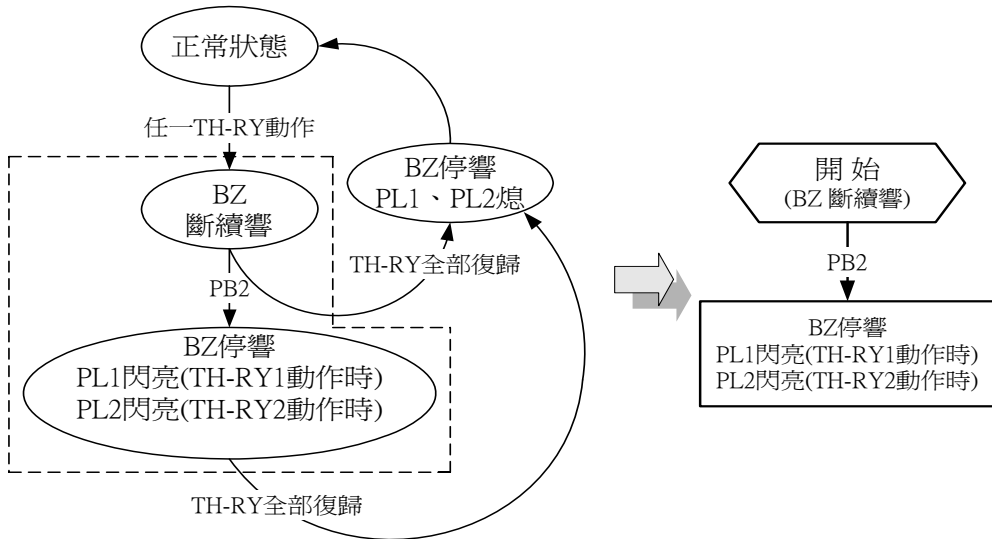
說明 (1)因為 PB2 是以常閉接點接到輸入端子 X2，所以按住 PB2 時，X2 的 b 接點導通，此時以 **ZRST S4 S599** 指令來關閉所有的控制流程。

(2)放開 PB2 時，X2 的 b 接點由 ON→OFF，由 **PLF M50** 指令產生脈波 M50，重新進入控制流程 S4。

4. 警報流程的設計

• 畫氣泡圖

依據動作要求的說明，畫出警報流程的氣泡圖如下圖(左半部分)：

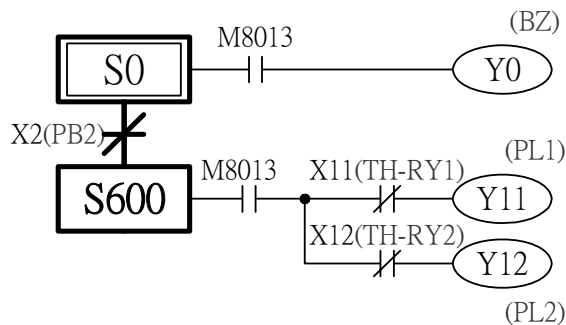


• 氣泡圖→結構圖

- (1)由於任一 TH-RY 動作的操作屬於警報流程的入口操作，交由"起始階梯圖區塊"處理。
 - (2)所有 TH-RY 復歸的操作，出現在兩個氣泡圖的狀態模組上，因此，將兩者一併交由"起始階梯圖區塊"集中處理。
- 基於上述理由，扣除部分操作後，將氣泡圖轉化成結構圖，如上圖(右半部分)。

• 結構圖→SFC

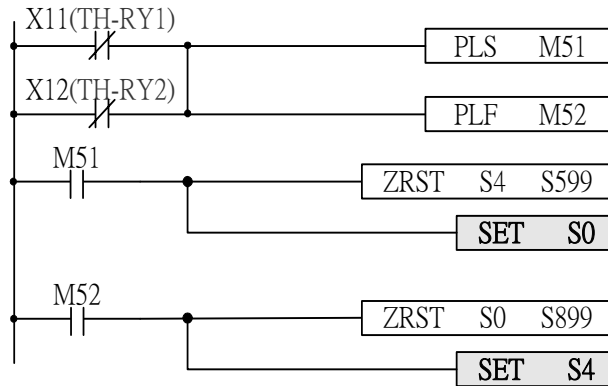
將上述結構圖轉成 SFC 流程，如下圖：



5. TH-RY 的操作設計

由動作要求說明、警報氣泡圖及 SFC 流程的內容得知：

- 任一 TH-RY 動作時，關閉控制流程後，進入警報流程 S0。
 - 全部 TH-RY 復歸時，關閉警報流程後，重新進入控制流程 S4。
- 因此 TH-RY 操作的階梯圖，設計如下圖：



說明

- (1)任一 TH-RY 動作時，以 **PLS M51** 產生脈波 M51。
 - (2)M51 動作時，以 **ZRST S4 S599** 關閉所有的控制流程後，進入警報流程 S0。
 - (3)全部 TH-RY 復歸時，以 **PLF M52** 產生脈波 M52。
 - (4) M52 動作時，以 **ZRST S0 S899** 關閉所有的警報流程，並重新進入控制流程 S4。
6. 結尾階梯圖區塊設計

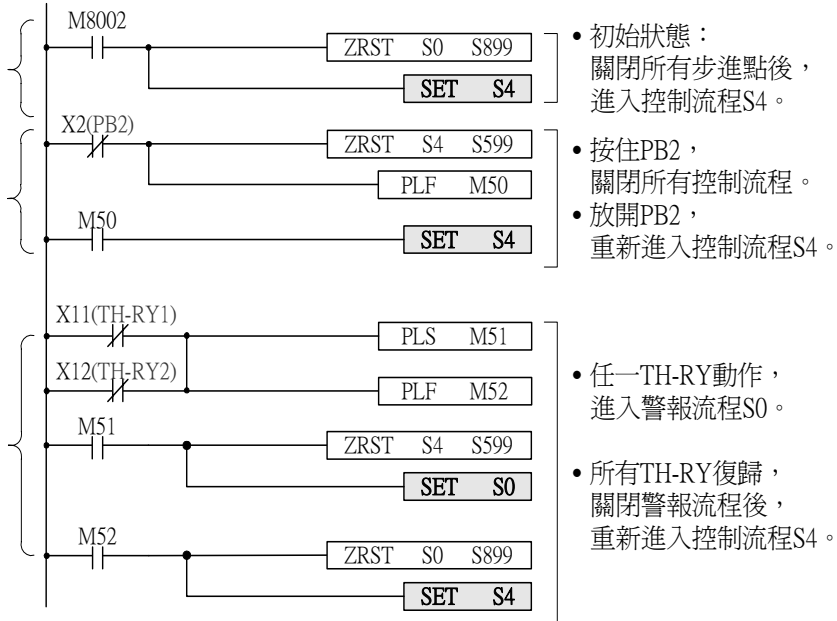
結尾階梯圖區塊是以 **END** 指令結束程式，程式掃描到 **END** 指令時，輸出邏輯運算結果，更新元件的動作狀態，並將 PLC 輸出信號送到輸出端子上，提供外接負載使用。結尾階梯圖區塊設計如下圖：



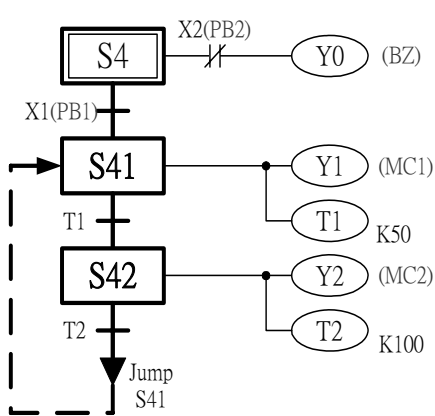
至此，所有設計工作已經全部完成，最後將程式設計圖說整理如下一頁。

1-2.4 階梯流程圖

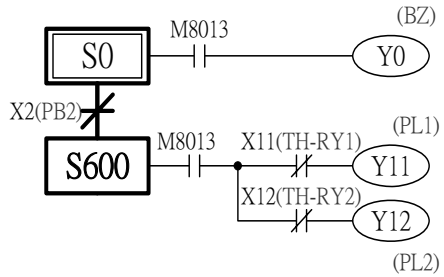
Ladder 0 (起始階梯圖區塊)



(控制流程)



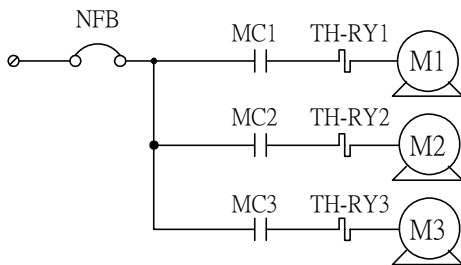
(警報流程)



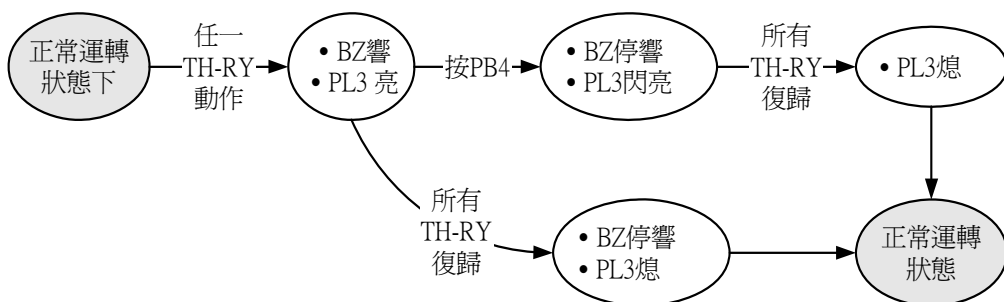
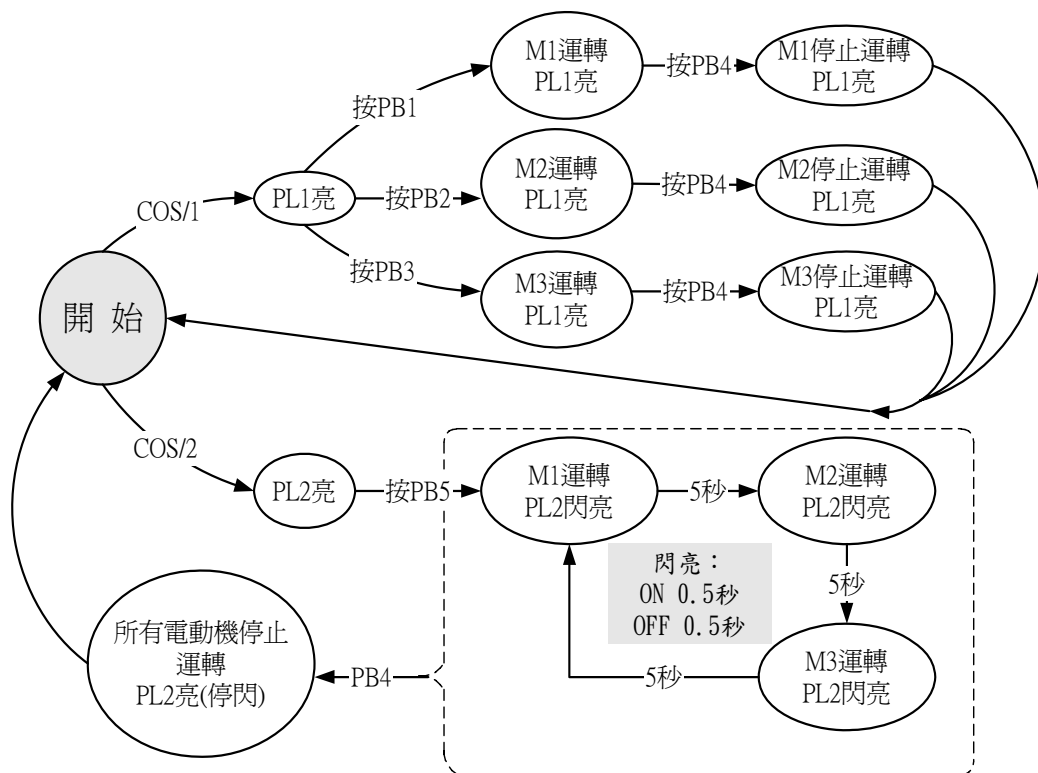
(結尾階梯圖區塊)



二、電動機手動自動順序控制

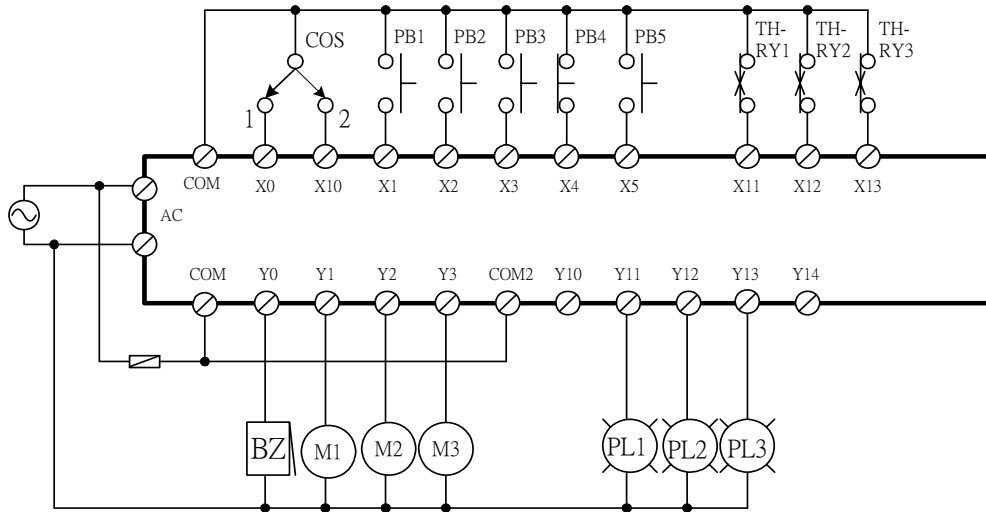


2-1 動作要求

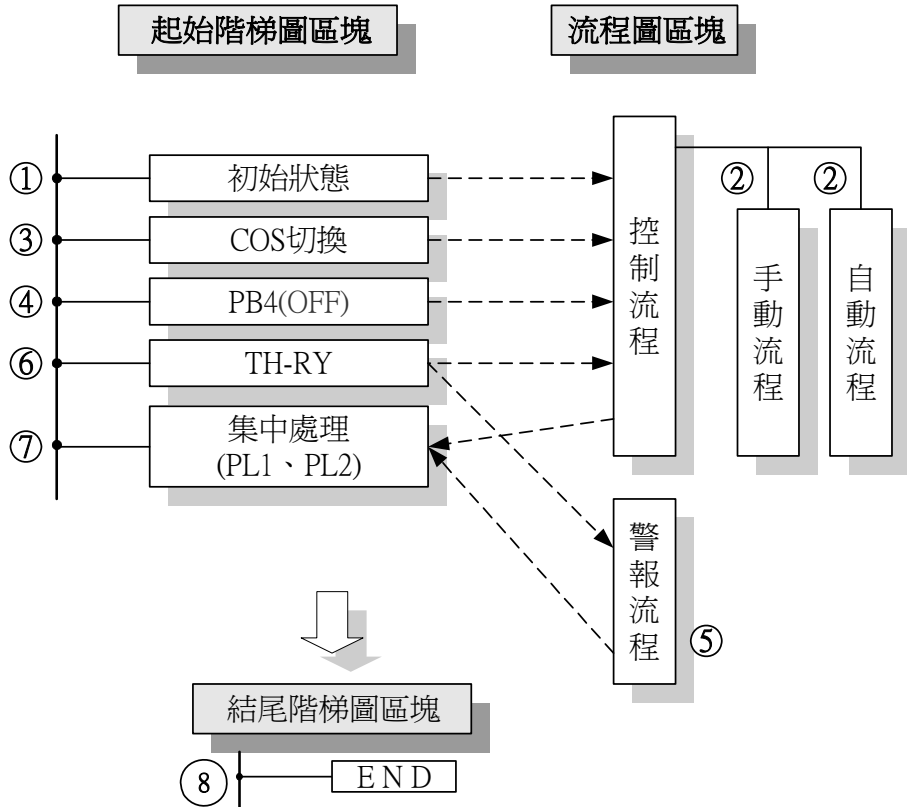


2-2 設計步驟與方法

2-2.1 外部接線圖規劃

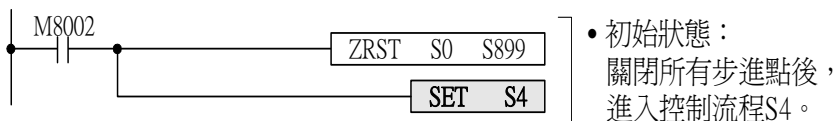


2-2.2 程式設計工作流程



2-2.3 程式設計方法

1. 初始狀態設計



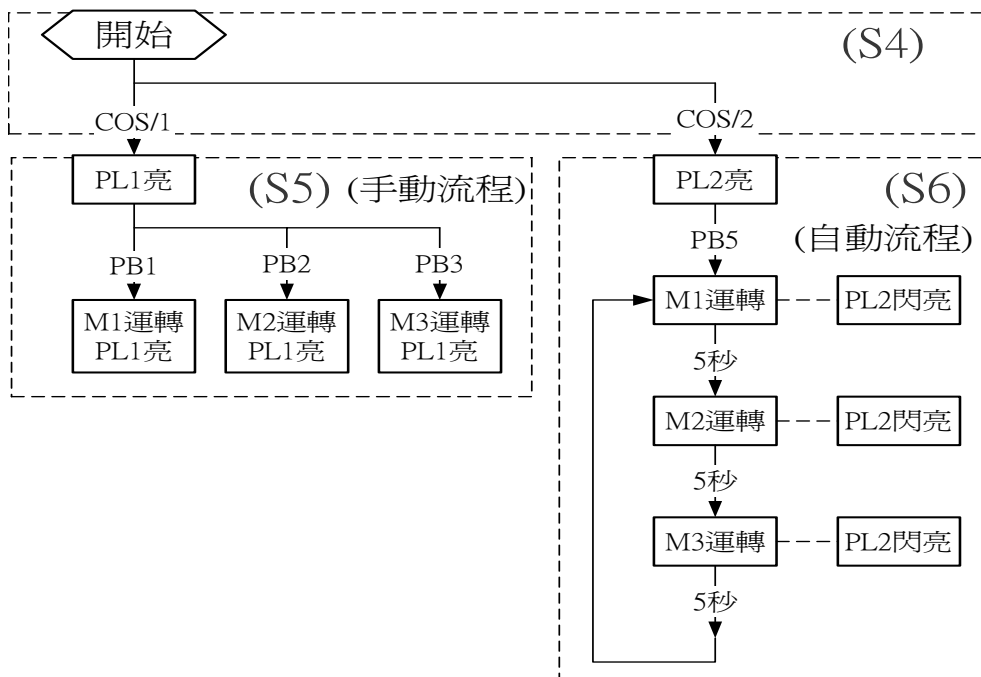
2. 控制流程設計

• 畫氣泡圖

本題的動作要求係使用流程的方式進行描述，功能說明已非常清楚詳盡。因此我們直接以它當作氣泡圖參考，不再另行繪製。

• 氣泡圖→結構圖

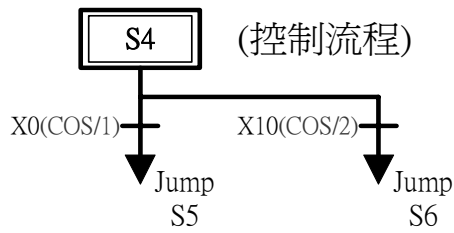
由動作流程中觀察：無論手動、自動操作，按 PB4 所有電動機均停止運轉，因此可以將所有 PB4 的操作交由起始階梯圖區塊集中處理，在流程結構圖中不須理會。因此，控制流程的結構圖繪製完成如下：



• 結構圖→SFC

流程利用 COS 切換，分別處理兩種不同類型的控制操作。因此，我們可以將結構圖分成三塊，如上圖虛線部分，分別利用三個流程撰寫控制程式。

(a) S4 流程作為判別 COS 的操作狀態使用，流程設計如下：

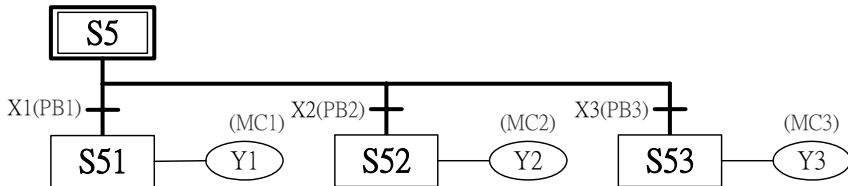


說明 (1) COS 切於 1 位置時，進入流程 S5(手動操作流程)。

(2) COS 切於 2 位置時，進入流程 S65(自動操作流程)。

(b) S5 流程設計如下：

(手動操作流程)

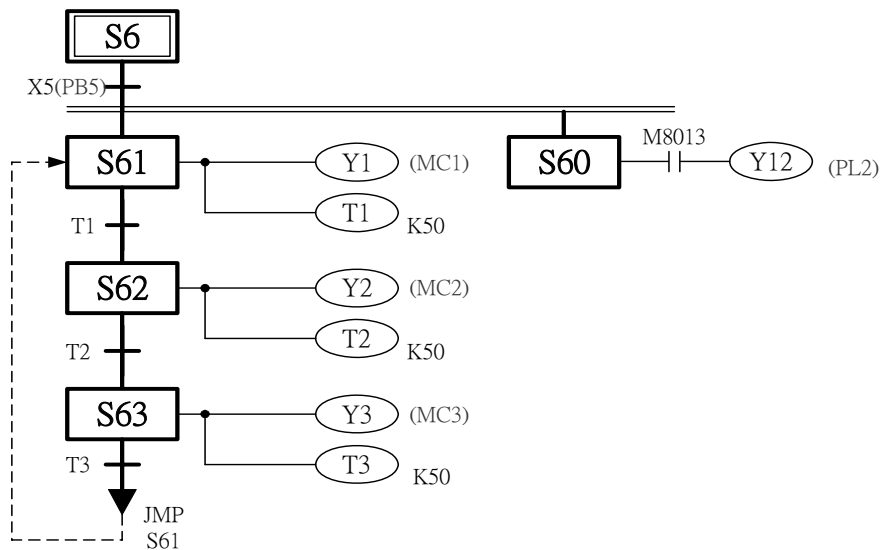


說明 進入手動操作流程(S5)後：

- 按 PB1，MC1 動作(保持)。此時，操作 PB2、PB3 無效。
 - 按 PB2，MC2 動作(保持)。此時，操作 PB1、PB3 無效。
 - 按 PB3，MC3 動作(保持)。此時，操作 PB1、PB2 無效。
- ※按 PB4，MC1、MC2、MC3 才能復歸(由起始階梯圖區塊處理)。

(c) S6 流程設計如下：

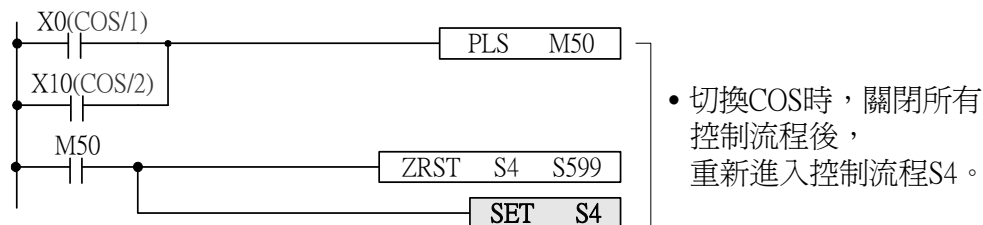
(自動操作流程)



說明 由於結構圖中 PL2 閃亮係伴隨整個流程同時動作，因此我們以並進式分歧方式處理 PL2 閃亮的狀態，如上圖。

3. COS 切換操作

切換 COS 時，須關閉所有流程及輸出負載後，立即進入控制流程 S4，以便在流程內判斷 COS 切換之後的導通狀態。如此才能做到兩種操作模式之間，即時切換的功能。所以我們在起始階梯區塊中，設計階梯圖程式如下：



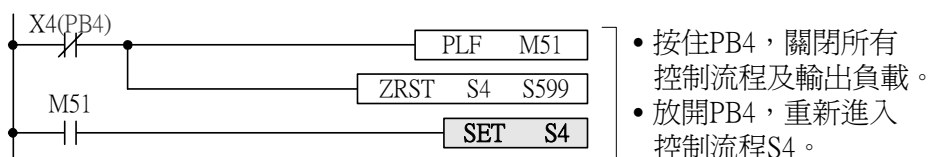
說明 (1)無論是由位置 1→2，或由位置 2→1，只要切換 COS 就會在切換瞬間產生脈波信號 M50。

(2)脈波信號 M50 的掃描週期內，關閉所有控制流程及所有輸出負載後，再重新進入控制流程。

(3)再交由控制流程 S4 判斷，到底 COS 是切於那個位置？

4. PB4(OFF)操作

無論手動或自動操作，任何時間只要電動機運轉時，按電動機必須立即停止運轉，該項操作符合，立即處理與集中處理的原則，交由起始階梯圖區塊處理最為恰當，不需要在流程之中逐步處理。其階梯圖程式設計如下：



說明 (1)當 PB4 接線脫落或斷線時(與按住 PB4 相同作用)，電動機立即停止運轉；不但如此，應該還要做到接線脫落或斷線時，無法再行啟動才可。所以按住 PB4，必須關閉所有控制流程。

(2)放開 PB4，重新進入控制流程。(利用 PLF 指令的功能)

(3)按 PB4，係先按再放，間隔時間雖然較短暫，與按住 PB4、放開 PB4，是一樣的功效。

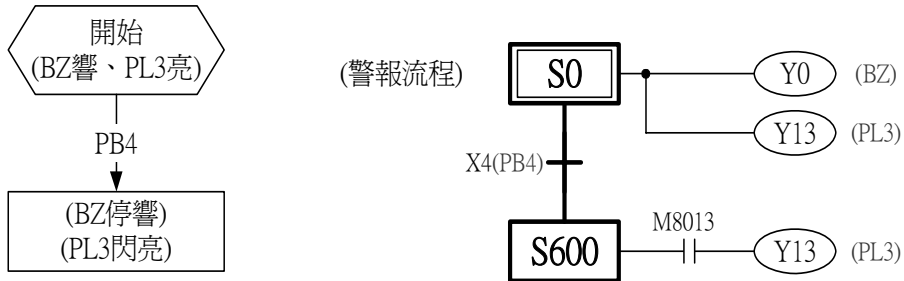
5. 警報流程設計

• 畫氣泡圖

與控制流程相同，動作要求所描述的警報流程可以直接當成氣泡圖使用，不需要另行繪製。

• 氣泡圖→結構圖

觀察動作流程：(1)任一 TH-RY 動作時，進入警報流程，這是屬於流程入口點的動作。(2)所有 TH-RY 復歸的後續動作 (BZ 停響、PL3 熄，重新進入正常操作狀態)，將會同時出現於流程中的兩處步進點上。這兩項操作可以交由"起始接梯圖區塊"集中處理。所以，扣除上面 (1)(2)兩項所述動作後，剩下部份才是警報流程真正要處理的動作，其結構圖如下圖(左)：



• 結構圖→SFC 程式

將上圖(左)結構圖轉成 SFC 流程如上圖(右)。

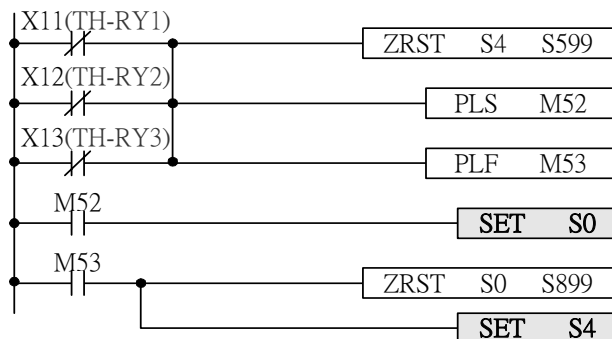
說明 (1)任一 TH-RY 動作進入警報流程時，BZ 響、PL3 亮。

(2)按 PB4，BZ 停響，PL4 閃亮。

※ TH-RY 復歸由起始階梯圖區塊集中處理。

6. TH-RY 的操作設計

依據上述警報流程的設計分析，警報流程有兩個步進點，所以，TH-RY 操作的階梯圖程式，設計如下圖：



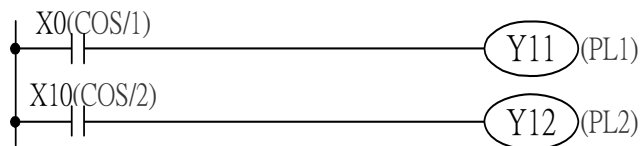
說明

(1)任一 TH-RY 動作，**PLS M52**指令產生脈波 M52，關閉所有控制流程後，進入警報流程 S0。

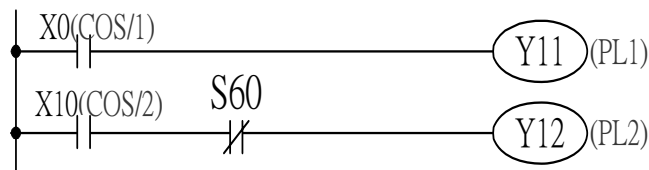
(2)所有 TH-RY 復歸，**PLF M53**指令產生脈波 M53，關閉所有警報流程後，進入控制流程 S4。

7. 集中處理(PL1、PL2)的設計

無論在控制流程或警報流程中，只要 COS 切於 1 的位置(手動操作)，PL1 就得亮燈。只要 COS 切於 2 的位置(自動操作)，PL2 就得亮燈。這種狀況會發生在流程的多處步進點上，為了避免遺漏，可以集中於起始階梯圖區塊一起處理，其階梯圖設計如下：

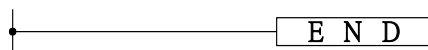


在執行自動操作流程時(COS 切於 2)，按下 PB5，PL2 閃亮。由於程式是以掃描方式執行，以最接近 END 指令的部分，才是程式要輸出的結果。自動操作流程比起始階梯圖更接近 END 指令，因此，程式執行以流程的 PL2 閃亮輸出為優先。當然也可以將階梯圖設計如下圖：(效果與上圖完全一樣)：



8. 結尾階梯圖區塊設計

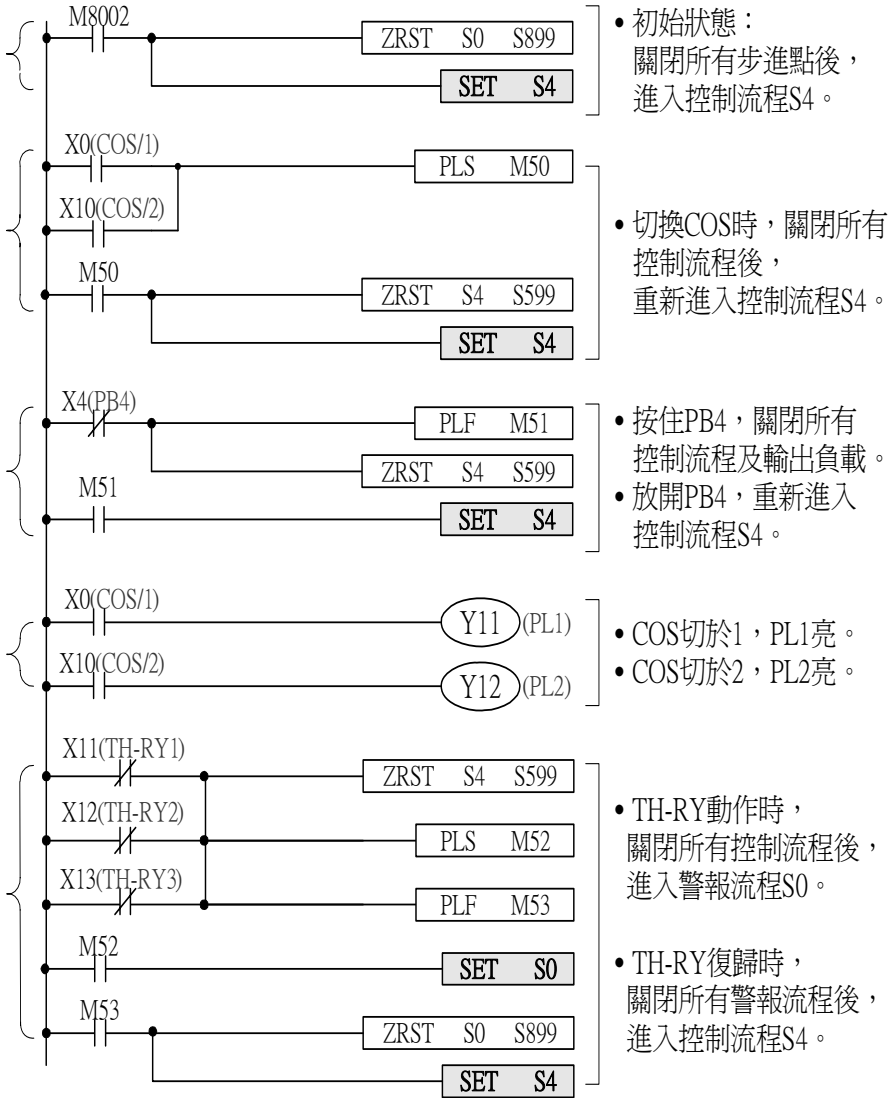
結尾階梯圖區塊是以 **END** 指令結束程式，程式掃描到 **END** 指令時，輸出邏輯運算結果，更新元件的動作狀態，並將 PLC 輸出信號送到輸出端子上，提供外接負載使用。結尾階梯圖區塊設計如下圖：



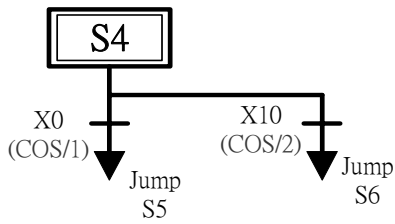
至此，所有設計工作已經全部完成，最後將程式設計圖說整理如下頁。

2-2.4 階梯流程圖

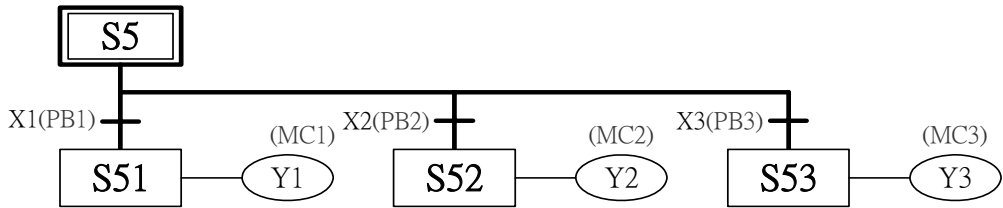
Ladder 0 (起始階梯圖區塊)



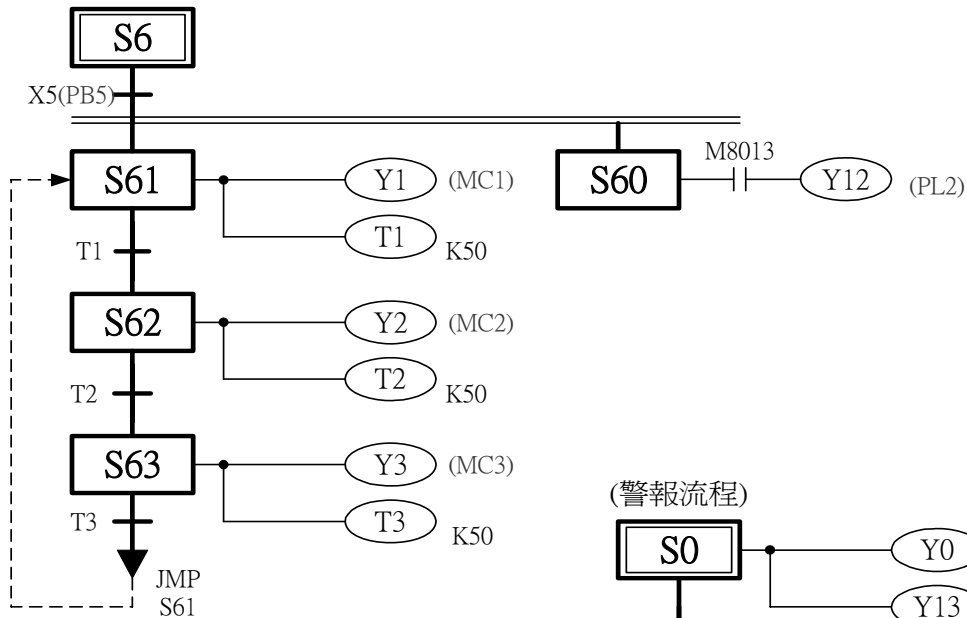
(控制流程)



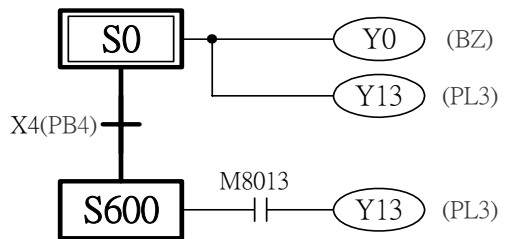
(手動操作流程)



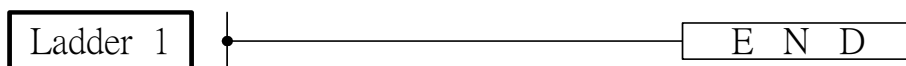
(自動操作流程)



(警報流程)

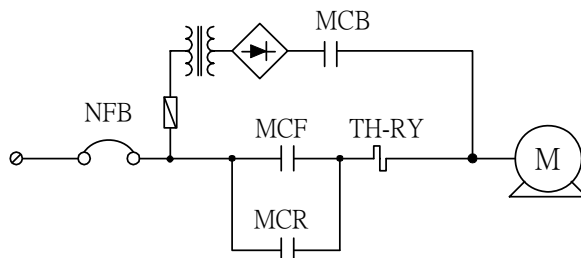


(結尾階梯圖區塊)



三、電動機手動自動正逆轉控制

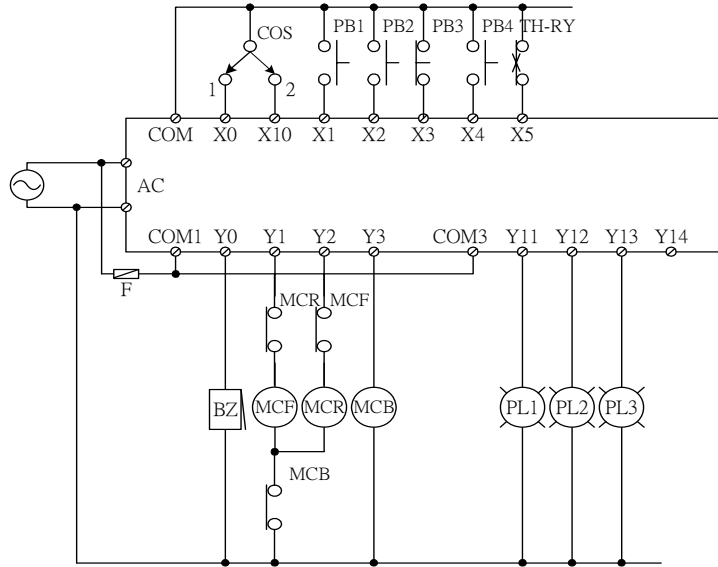
3-1 動作要求



1. COS 切於 1(手動操作), PL1 亮。
 - (1)按 PB1, M 正轉→按 PB3→M 停止運轉、煞車→5 秒→煞車停止。
 - (2)按 PB2, M 逆轉→按 PB3, M 停止運轉、煞車→5 秒→煞車停止。
 - (3)煞車進行期間, PL1 閃亮(ON 0.5S/OFF 0.5S)。
 - (4)運轉或煞車進行中, 按 PB1、PB2 無作用。
2. COS 切於 2(自動操作), PL2 亮。
 - (1)按 PB4→M 正轉→10 秒→停止運轉、煞車→5 秒→M 逆轉→10 秒→停止運轉、煞車→5 秒→M 正轉→10 秒→停止運轉、煞車→5 秒→M 逆轉→10 秒→停止運轉、煞車→5 秒→•••循環不斷。
 - (2)電動機運轉期間, 按 PB3→停止運轉、煞車→5 秒→煞車停止。
 - (3)電動機煞車期間, 按 PB3→煞車繼續計時→計時到→煞車停止。
 - (4)電動機運轉及煞車進行期間, PL2 閃亮(ON 0.5S/OFF 0.5S)。
3. 電動機運轉中, 切換手動自動開關應立即進行煞車→5 秒→煞車停止, 才能進行切換後的操作。
4. 電動機運轉中, TH-RY 動作, 電動機立刻停止運轉, 且:
 - BZ 響→15 秒→BZ 停響、PL3 閃亮(ON 0.5S/OFF 0.5S)。
 - 煞車→5 秒→煞車停止。(煞車進行期間, PL1 或 PL2 閃亮)
5. TH-RY 復歸, BZ 停響, PL3 熄, 恢復正常操作狀態。

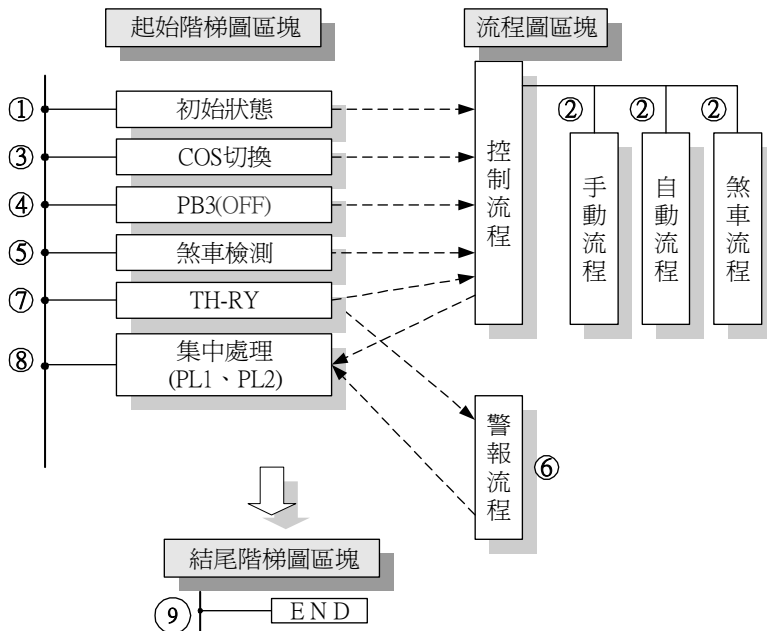
3-2 設計步驟與方法

3-2.1 外部接線圖規劃



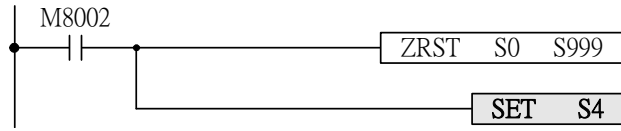
※ MCF 與 MCR 須做外部互鎖，MCB 與(MCF、MCR)亦須做外部互鎖。

3-2.2 程式設計工作流程



3-2.3 程式設計方法

1. 初始狀態設計

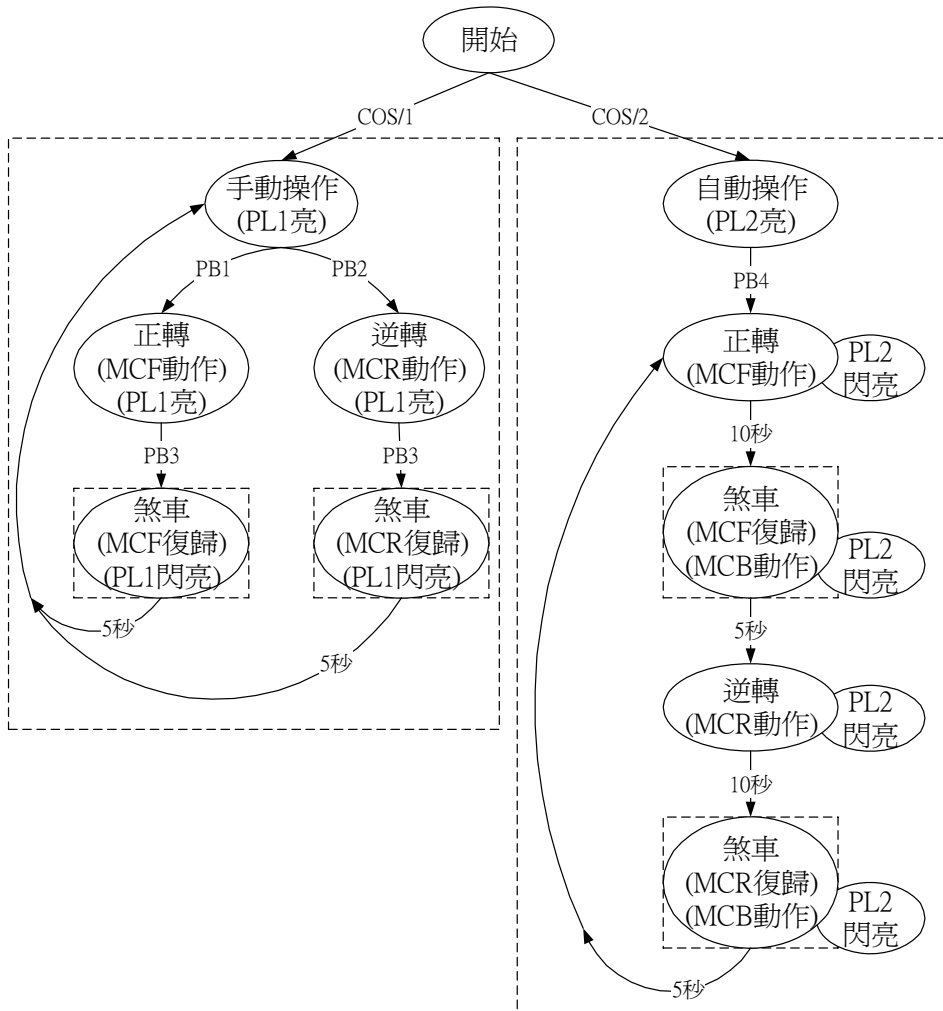


說明 由於程式(警報流程)中將使用到停電保持型步進點,因此在開機啟動程式時,須先關閉所有步進點,然後才進入控制流程 S4。

2. 控制流程設計

• 畫氣泡圖

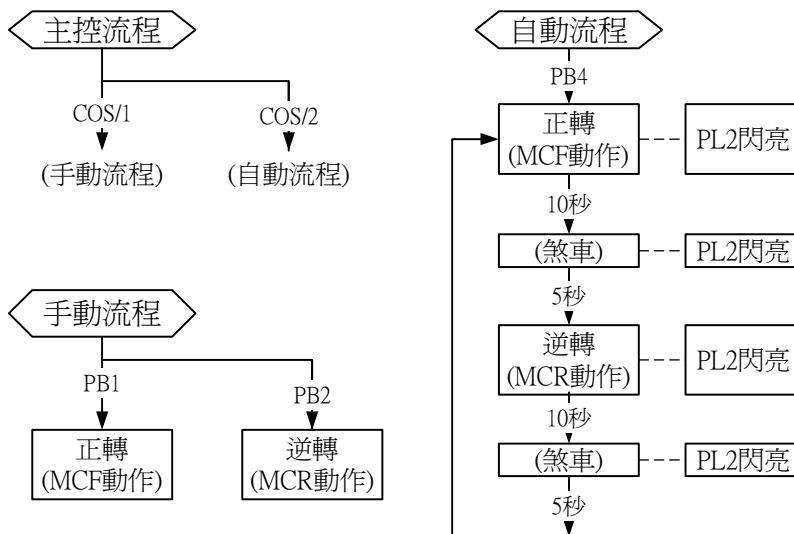
依動作要求的說明,其中:TH-RY 如無特殊要求,在習慣上都交由"起始階梯圖區塊"集中處理,因此,可將控制流程的氣泡圖繪製如下圖:



• 氣泡圖→結構圖

觀察上列氣泡圖的操作：

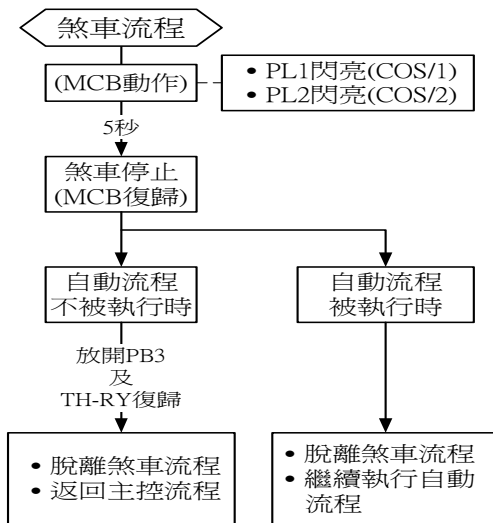
1. 手動、自動流程可以分開撰寫。
2. 手動流程內，PB3 的操作在兩個模組中出現(自動時，按 PB3 電動機也同樣要停轉)，因此，可以將該部分的操作交由"起始階梯圖區塊"集中處理。
3. 手動、自動流程中，共有三處煞車的操作，可以將該部分的操作取出合併寫成煞車流程。
4. 手動操作時，只要不是煞車進行中，指示燈 PL1 亮。自動操作時，只要不是運轉與煞車進行中，指示燈 PL2 亮。上述 PL1、PL2 的亮燈狀態，會出現在流程多處(TH-RY 動作時，該二燈應相對亮燈)，為避免在流程中遺漏，可將它交由"起始階梯圖區塊"集中處理。因此，控制流程的結構圖可以規劃成：(1)主控流程(2)自動流程(3)手動流程(4)煞車流程四部分，其中，(1)、(2)、(3)部分的流程結構圖如下：



另外，(4)煞車流程部分：

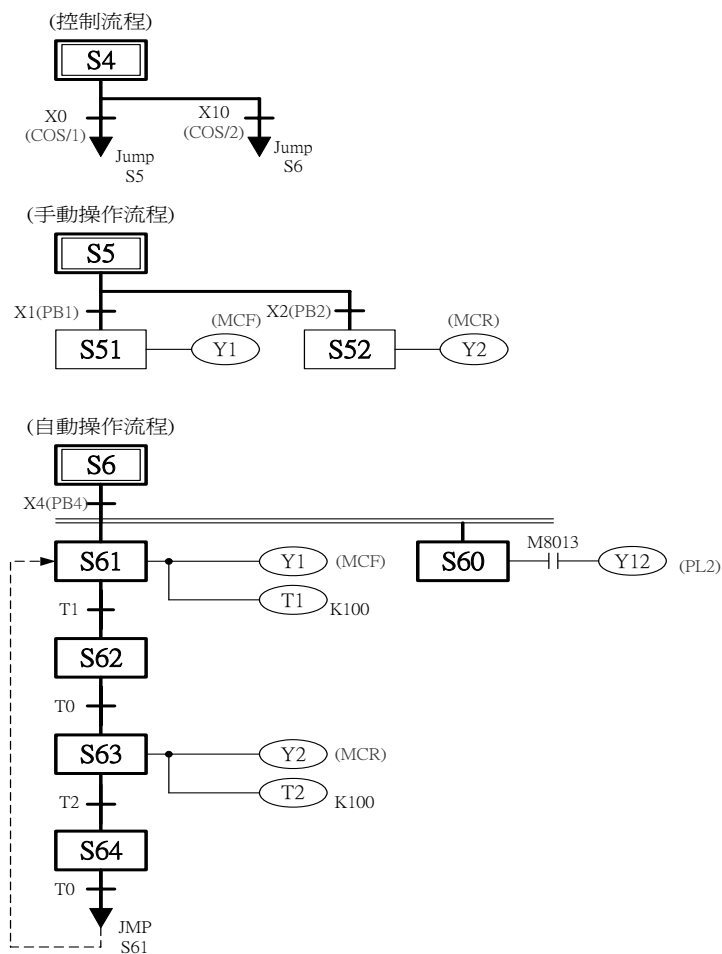
- 在手動、自動流程裡，運轉中按住 PB3 或 TH-RY 動作，便執行煞車操作。
放開 PB3 或 TH-RY 復歸時，完成煞車操作後，應立即返回主控流程繼續下一次的正常操作。煞車進行時：PL1 閃亮(手動操作下)、PL2 閃亮(自動操作下)。
- 自動流程內，每一次正、逆運轉交換之間應執行煞車操作，煞車操作完成，應繼續執行下一個步進點，與前項的操作不太一樣。

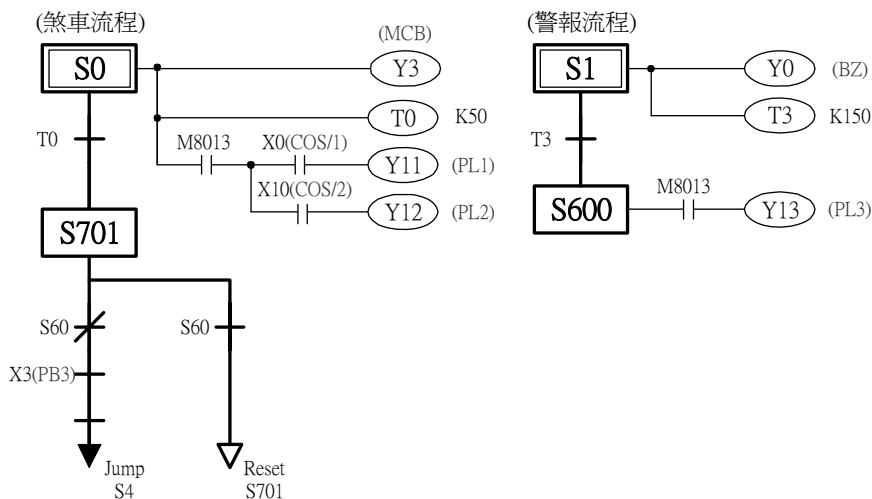
因此，基於上述考慮，煞車流程的結構圖繪製如下圖：



• 結構圖→SFC

將控制流程的結構圖轉成 SFC 流程如下：

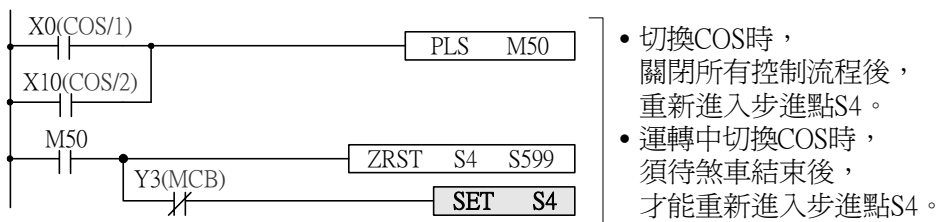




說明 進入自動操作流程，按 PB4，S60 全程啟動，亦即以 S60=ON 代表自動流程被執行，S60=OFF 代表自動流程不被執。

3. COS 切換操作

切換 COS 時，須關閉所有流程及輸出負載後，立即進入控制流程 S4，以便在流程內判斷 COS 切換之後的導通狀態。如此才能做到兩種操作模式之間，即時切換的功能。所以我們在起始階梯區塊中，設計階梯圖程式如下：



說明 (1)無論是由位置 1→2，或由位置 2→1，只要切換 COS 就會在切換瞬間產生脈波信號 M50。

(2)脈波信號 M50 的掃描週期內，關閉所有控制流程及所有輸出負載後，再重新進入控制流程 S4。

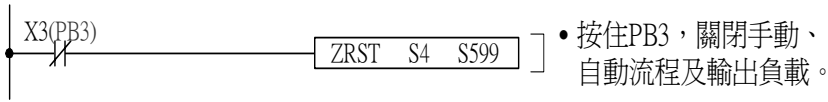
※運轉中，切換 COS 須等待煞車操作完成(Y3=OFF)，才能重新進入 S4。

(3)再交由控制流程 S4 判斷，到底 COS 是切於那個位置？

4. PB3(OFF)操作

無論手動或自動操作，任何時間只要電動機運轉時，按 PB3 電動機必須立即停止運轉，並進入煞車流程，執行煞車操作。該項操作符合立即處理與

集中處理的原則，交由起始階梯圖區塊處理最為恰當，不需要在流程之中逐步處理。其階梯圖程式設計如下：

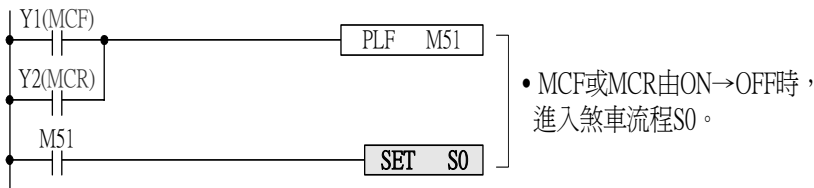


說明 (1)當 PB3 接線脫落或斷線時(與按住 PB3 相同作用)，電動機立即停止運轉；不但如此，應該還要做到接線脫落或斷線時，無法再行啟動才可。所以按住 PB3，必須關閉所有控制流程。

(2)進入煞車流程的方式，由下一單元：“煞車檢測”中會有詳細說明。

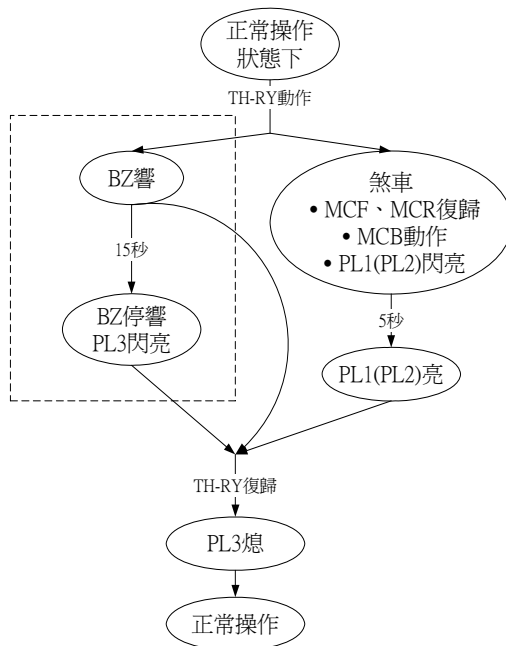
5. 煞車檢測

電動機啟動運轉後，操作 PB3 或 TH-RY 動作或正逆運轉交替時，將電動機停止運轉後，才能執行煞車的操作。所以，利用電動機由 ON→OFF 時，檢測出執行煞車操作的啟動信號，如下圖：



6. 警報流程設計

• 畫氣泡圖



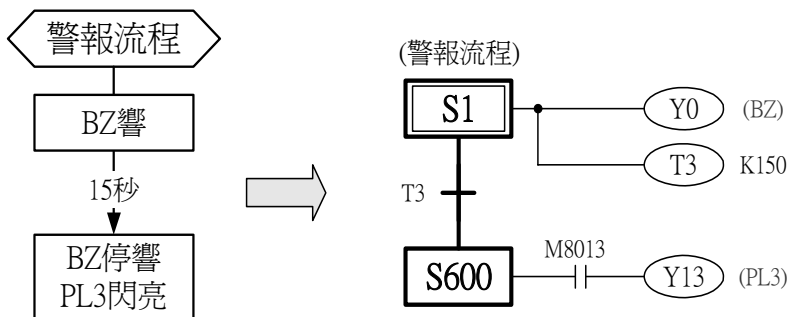
• 氣泡圖→結構圖

觀察上列警報流程的氣泡圖：

1. TH-RY 動作的操作是屬於警報流程的入口操作，交由"起始階梯圖區塊"處理。
2. 煞車的操作交由煞車流程處理。其中"TH-RY 復歸時返回正常操作狀態"的部分，也已在煞車流程中處理完成。
3. TH-RY 復歸的操作：脫離警報流程(BZ 停響、PL3 熄)，出現在虛線框內的兩個模組上，應交由"起始階梯圖區塊"集中處理。

上述三項操作除外，剩下的虛線框部分，即為警報流程應作的處理。

警報流程的結構圖如下圖(左半部分)：



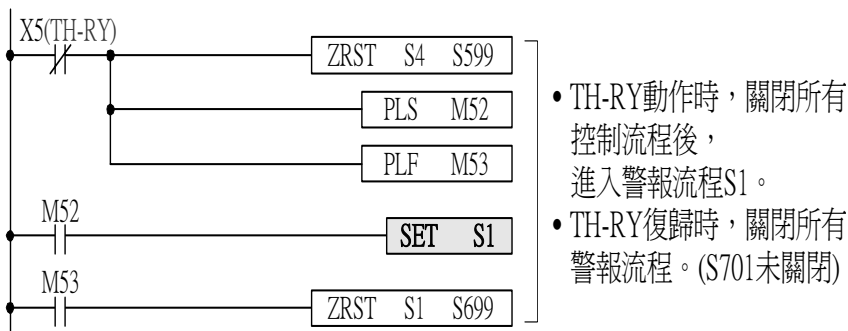
• 結構圖→SFC

將結構圖轉成 SFC 流程圖如上圖(右半部分)。

6. TH-RY 的操作設計

依動作要求、控制流程、警報流程的內容得知：

- TH-RY 動作須關閉控制流程進入警報流程(S1)。
 - TH-RY 復歸，關閉警報流程。
 - "TH-RY 復歸，進入控制流程 S4，恢復正常操作狀態"，這項工作已經放在煞車流程中處理，因此，起始階梯圖區塊中不需要再行處理。
- 基於上列說明，TH-RY 操作，其階梯圖設計如下：

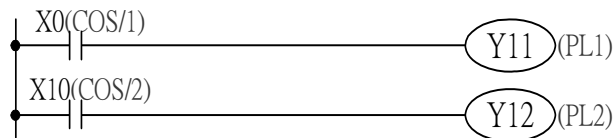


7. 集中處理(PL1、PL2)的設計

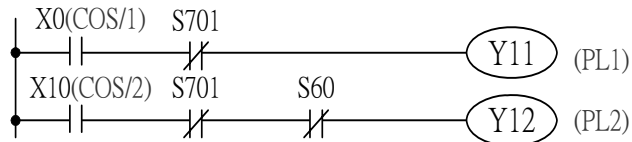
- COS 切於 1 的位置(手動操作)，除了煞車進行時 PL1 閃亮外，其他的狀態下 PL1 均應亮燈。
- COS 切於 2 的位置(自動操作)，除了電動機交替正、逆運轉及煞車時 PL2 閃亮外，其他狀態下，PL2 均應亮燈。

這些 PL1、PL2 亮燈的狀態，會發生在流程的多處步進點上，為了避免遺漏，可以集中於"起始階梯圖區塊"一併處理。

由於程式是以掃描方式執行，PL1、PL2 閃亮的操作程式係寫於控制流程與煞車流程之中，流程執行順序是在起始階梯圖區塊之後，PL1、PL2 閃亮的狀態會優先輸出，因此 PL1、PL2 的集中處理部分的階梯圖可以設計如下：

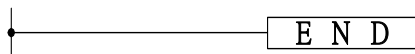


當然也可以將階梯圖設計如下圖：(效果與上圖完全一樣)



8. 結尾階梯圖區塊設計

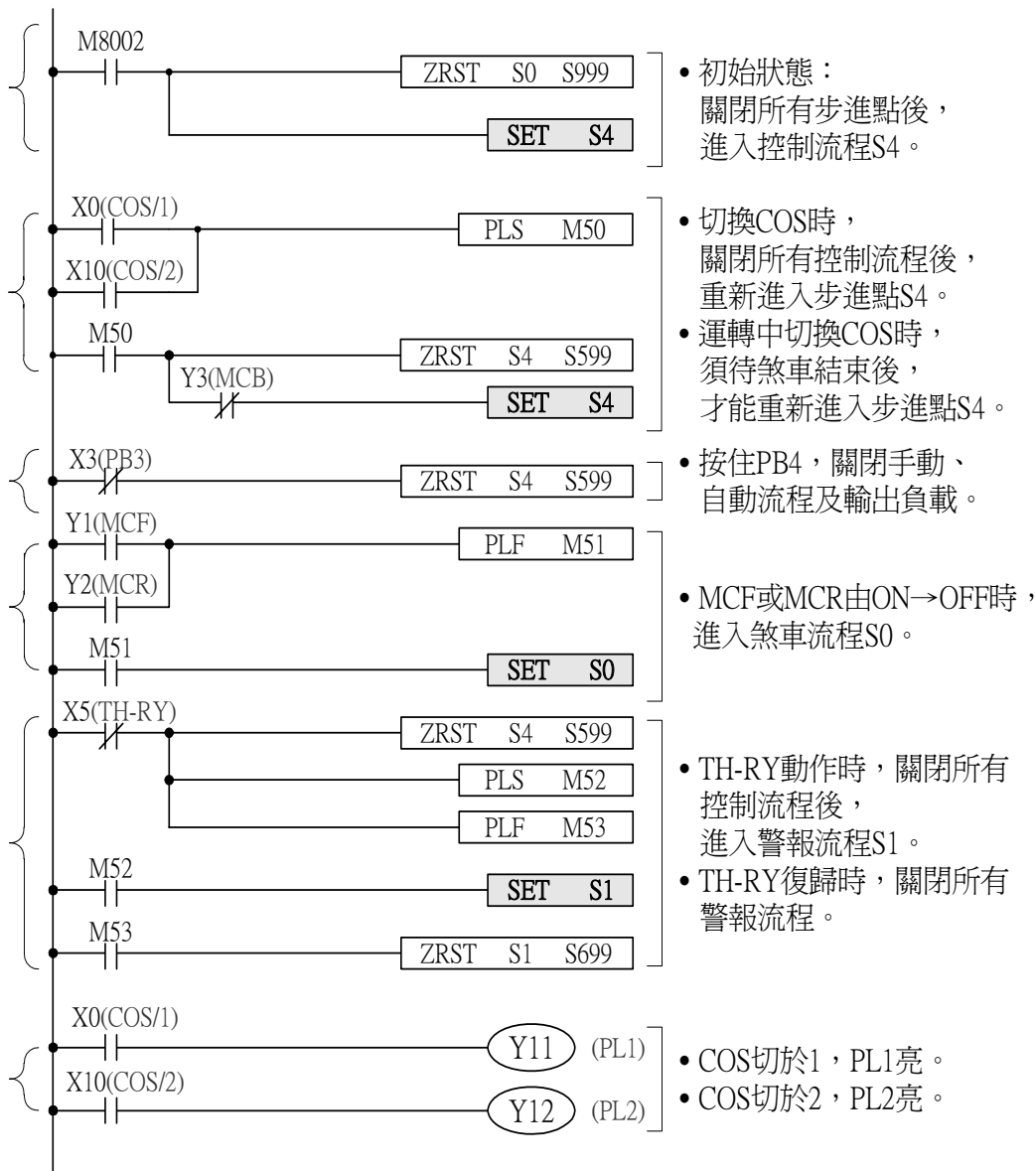
結尾階梯圖區塊是以 **END** 指令結束程式，程式掃描到 **END** 指令時，輸出邏輯運算結果，更新元件的動作狀態，並將 PLC 輸出信號送到輸出端子上，提供外接負載使用。結尾階梯圖區塊設計如下圖：



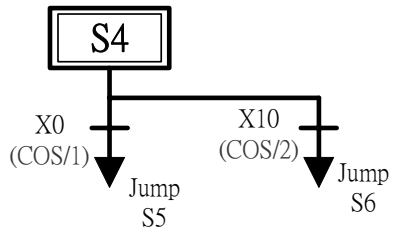
至此，所有設計工作已經全部完成，最後將程式設計圖說整理如下一頁。

3-2.4 階梯流程圖

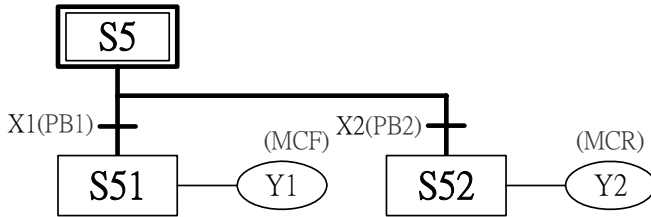
Ladder 0 (起始階梯圖區塊)



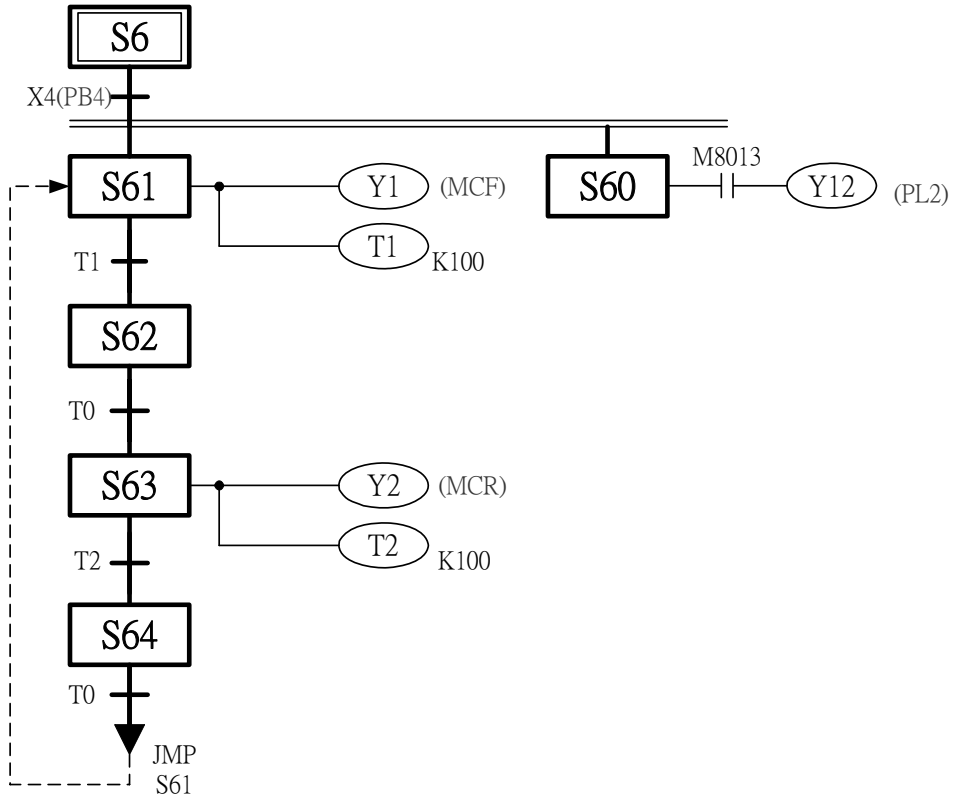
(控制流程)

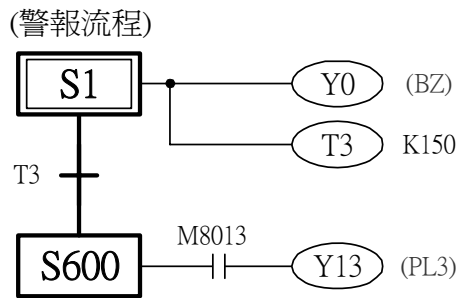
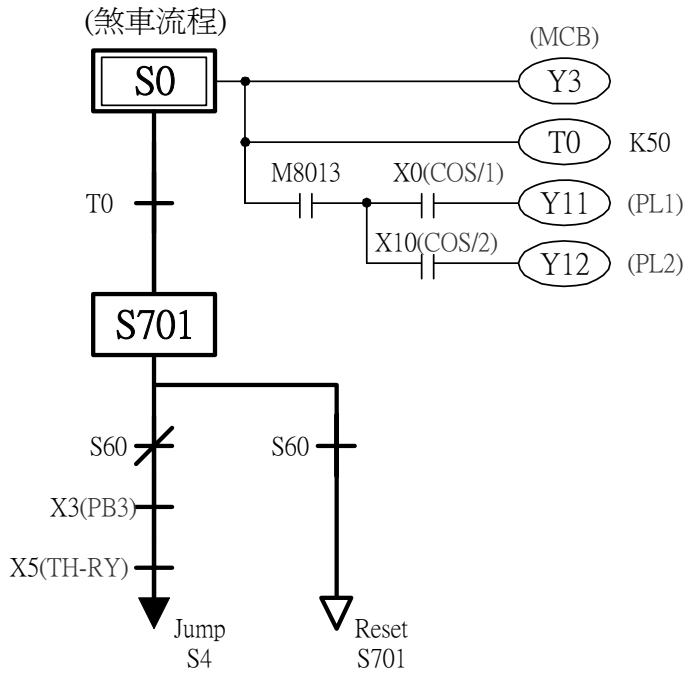


(手動操作流程)

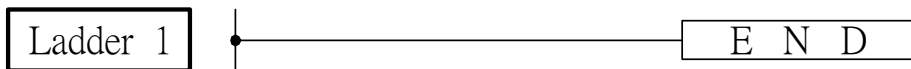


(自動操作流程)

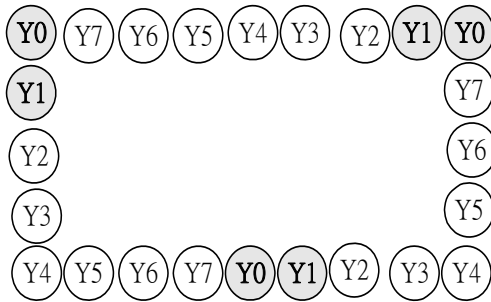




(結尾階梯圖區塊)



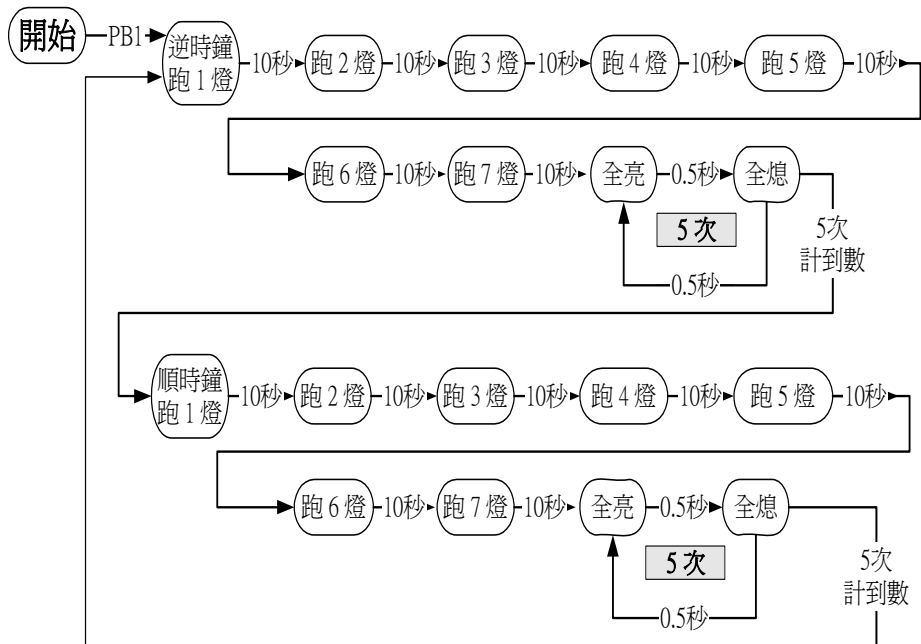
四、多段變化式跑馬燈控制



4-1 動作要求

跑馬燈一組，總數八個燈(Y7、Y6、Y5、Y4、Y3、Y2、Y1、Y0)。

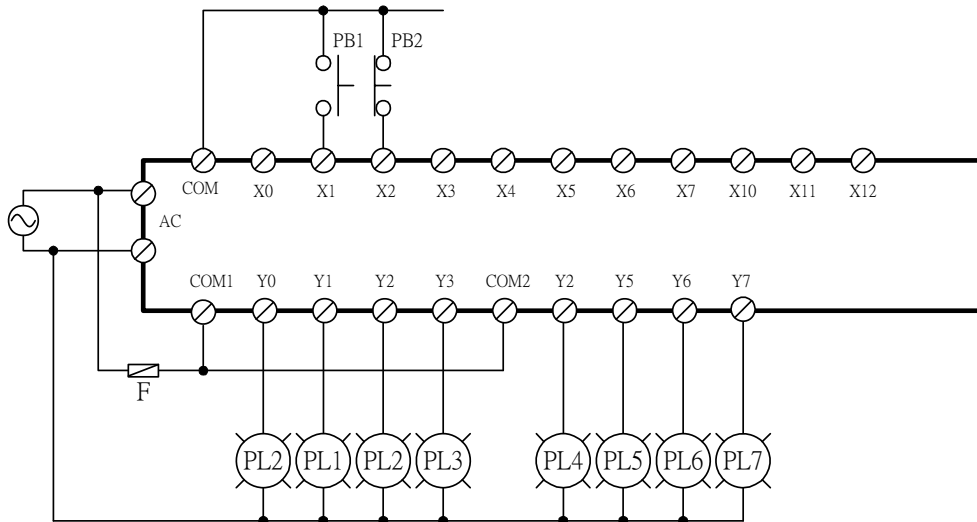
1. 動作狀態如下圖：



2. 跑馬燈動作期間，按 PB2，立刻停止動作。

4-2 設計步驟與方法

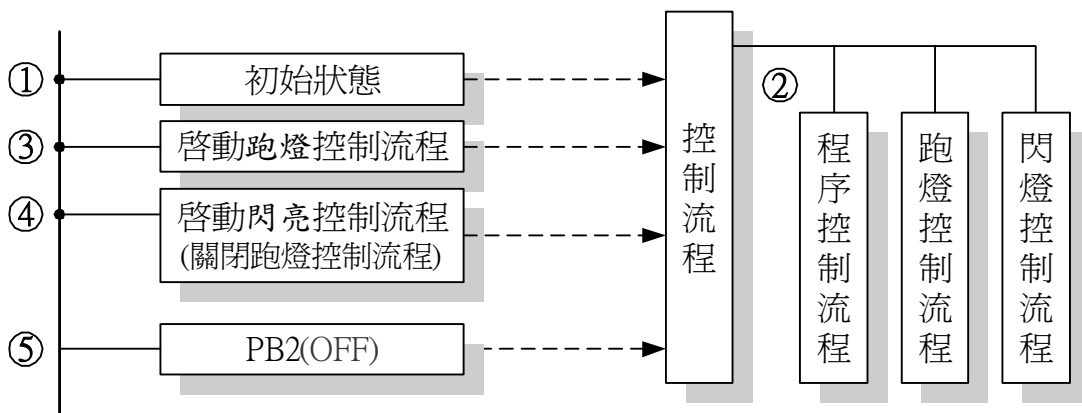
4-2.1 外部接線圖規劃



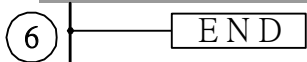
4-2.2 程式設計工作流程

起始階梯圖區塊

流程圖區塊

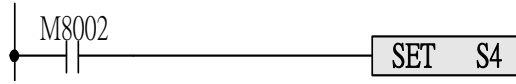


結尾階梯圖區塊



4-2.3 程式設計方法

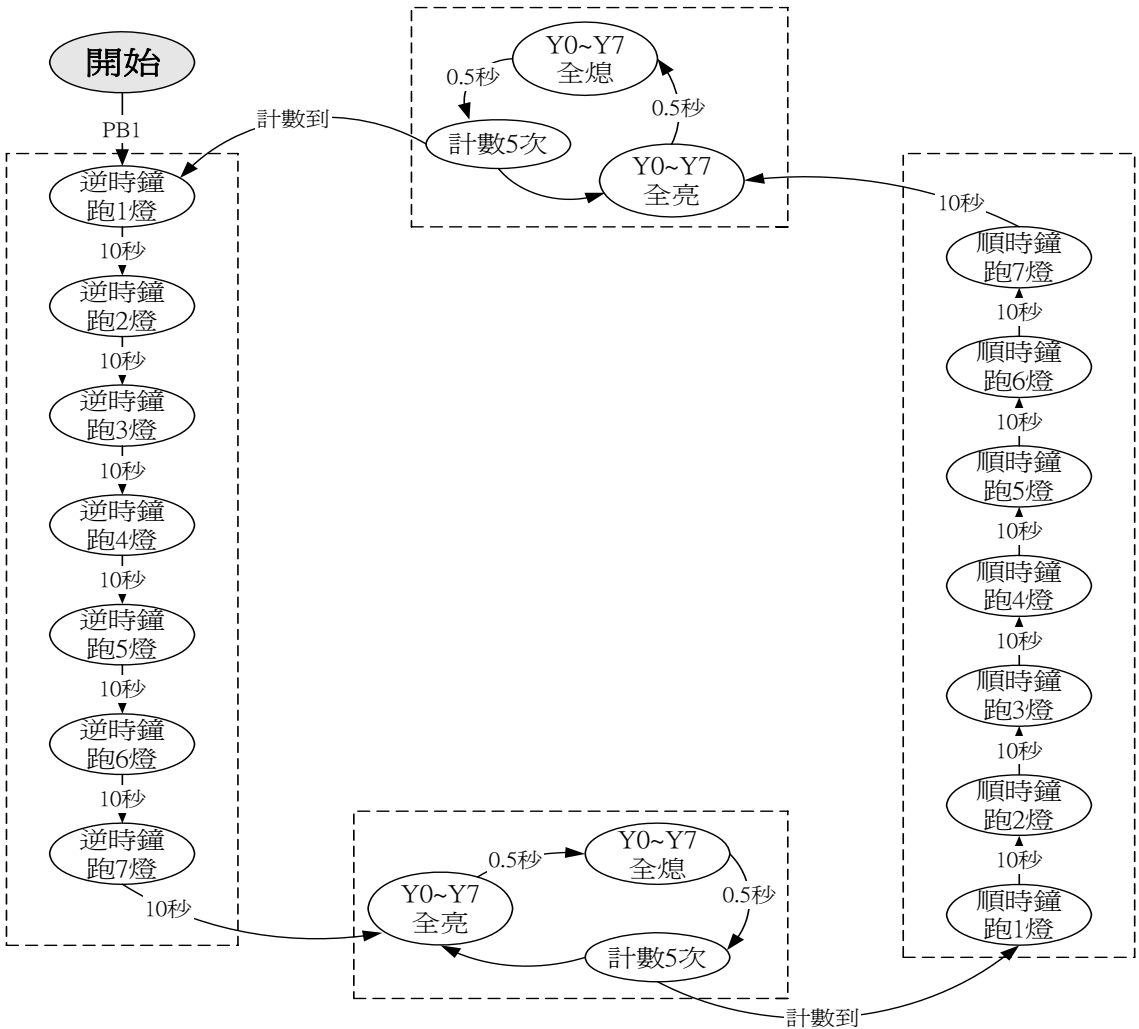
1. 初始狀態設計



說明 開機啟動時，進入程序控制流程 S4。

2. 控制流程設計

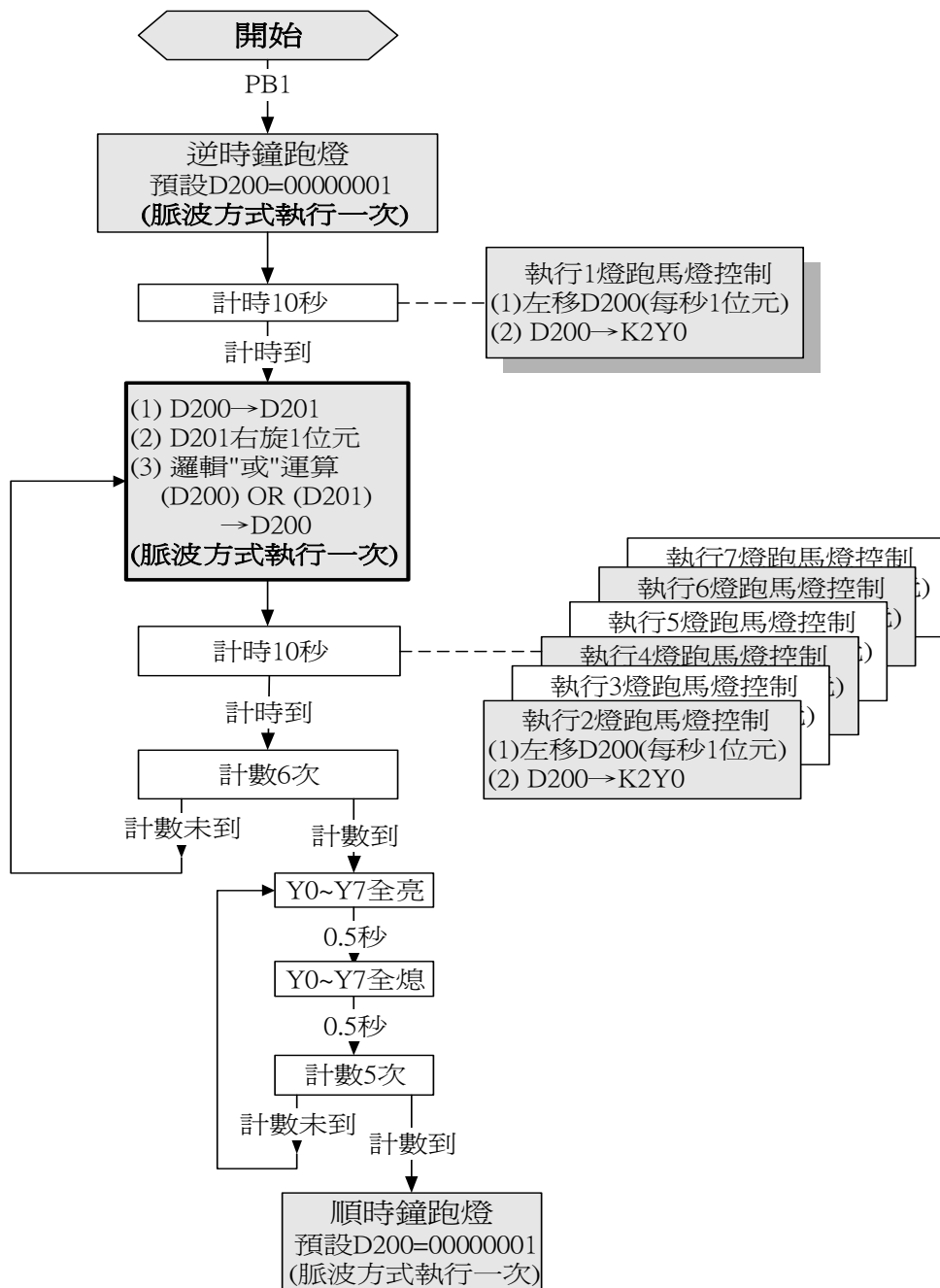
• 畫氣泡圖



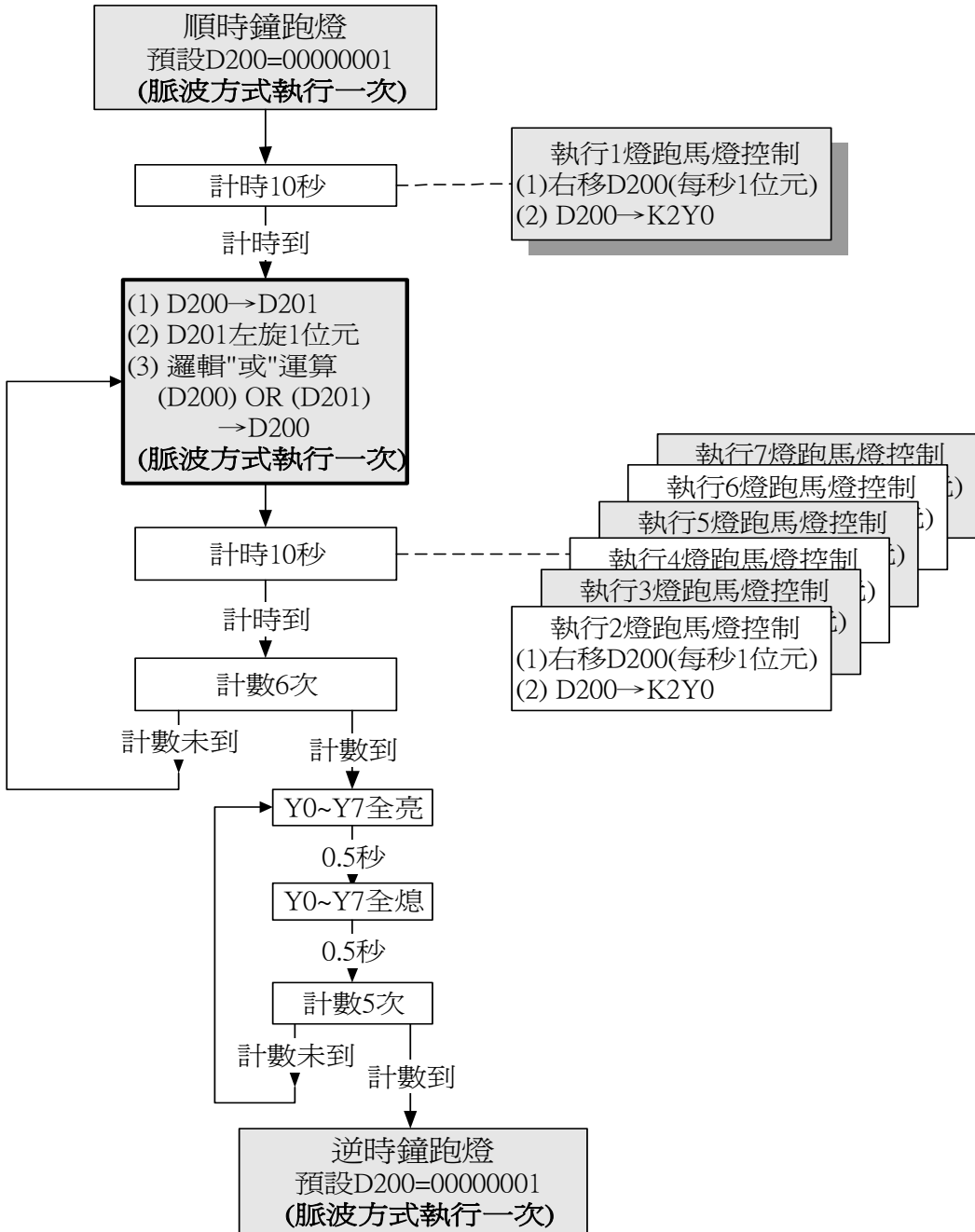
※PB2 的操作屬於須立即處理的操作，交由"起始階梯圖區塊"集中處理。

• 氣泡圖→結構圖

此處打算以資料暫存器(D)及移位指令配合 SFC 流程設計控制迴路，將氣泡圖轉成結構圖設計如下：

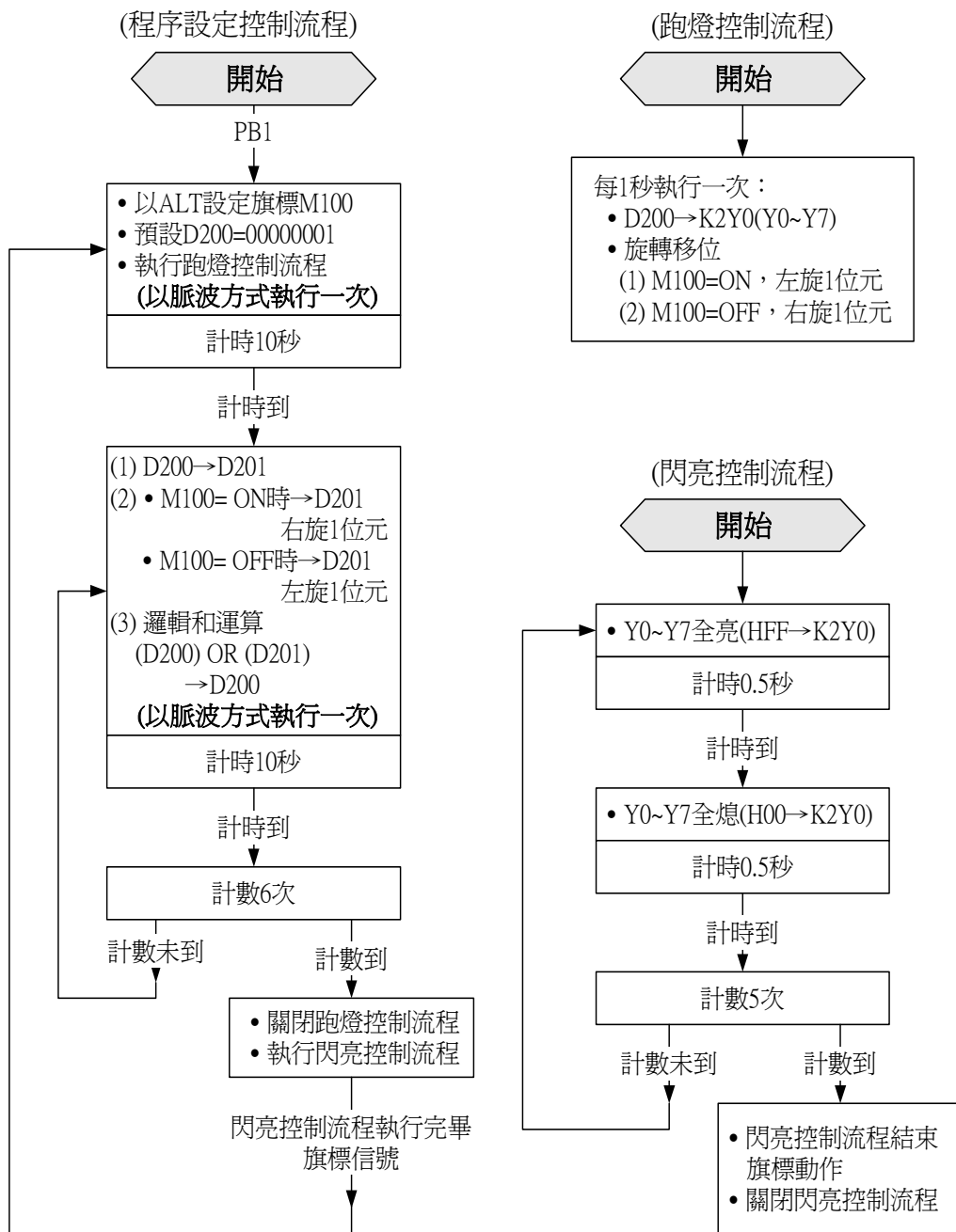


說明 粗線框內運算的主要目的是：每執行此段運算時，就會增加一個跑燈。增加的跑燈應安置於原先跑燈的後面，執行跑馬燈控制時，才不至於產生跳格顯示的不順暢現象。(如：逆時鐘跑燈應先將 D201 右旋 1 位元再與 D200 作邏輯"或"的運算)



說明 粗線框內運算的主要目的是：每執行此段運算時，就會增加一個跑燈。增加的跑燈應安置於原先跑燈的後面，執行跑馬燈控制時，才不至於產生跳格顯示的不順暢現象。(如：順時鐘跑燈應先將 D201 左旋 1 位元再與 D200 作邏輯"或"的運算)

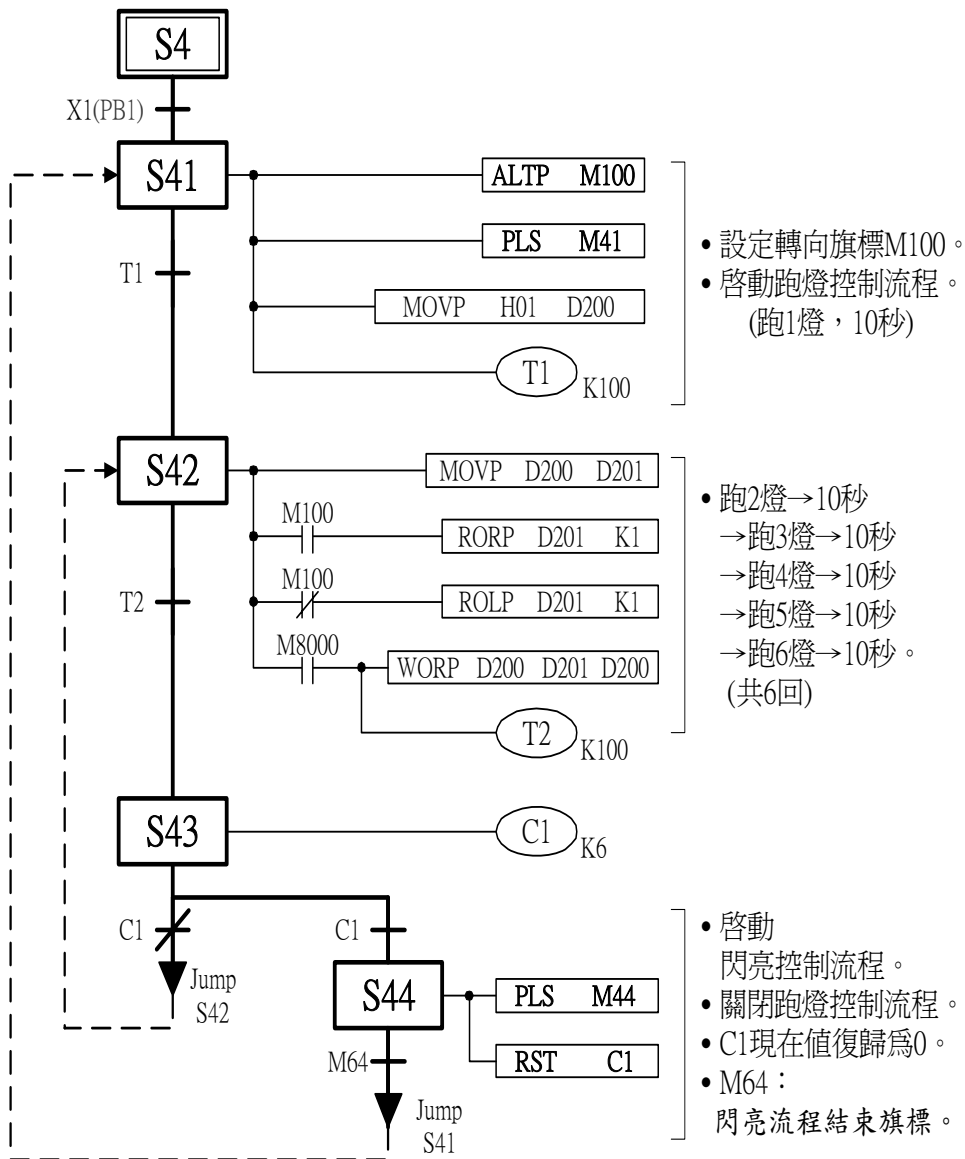
觀察上列結構圖，順、逆燈的流程結構非常相似，只有在移位處理的左移、右移方向不一樣而已。此點可以靠 ALT 指令設定方向旗標來簡化流程的規模。有了方向旗標，順、逆兩種轉向的結構圖即可合併處理，因此，上列結構圖可以分解成：① 操控跑燈排程的程序設定控制 ② 顯示燈號狀態的跑燈控制 ③ 操控燈號全亮、全熄的閃亮控制，三大部份如下圖：



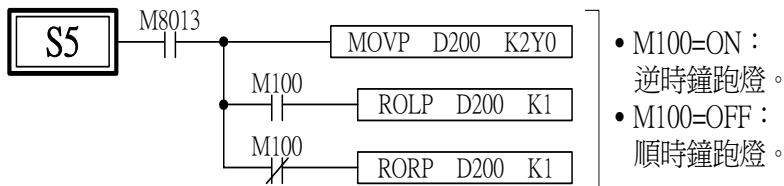
• 結構圖→SFC

將結構圖轉成 SFC 流程圖如下：

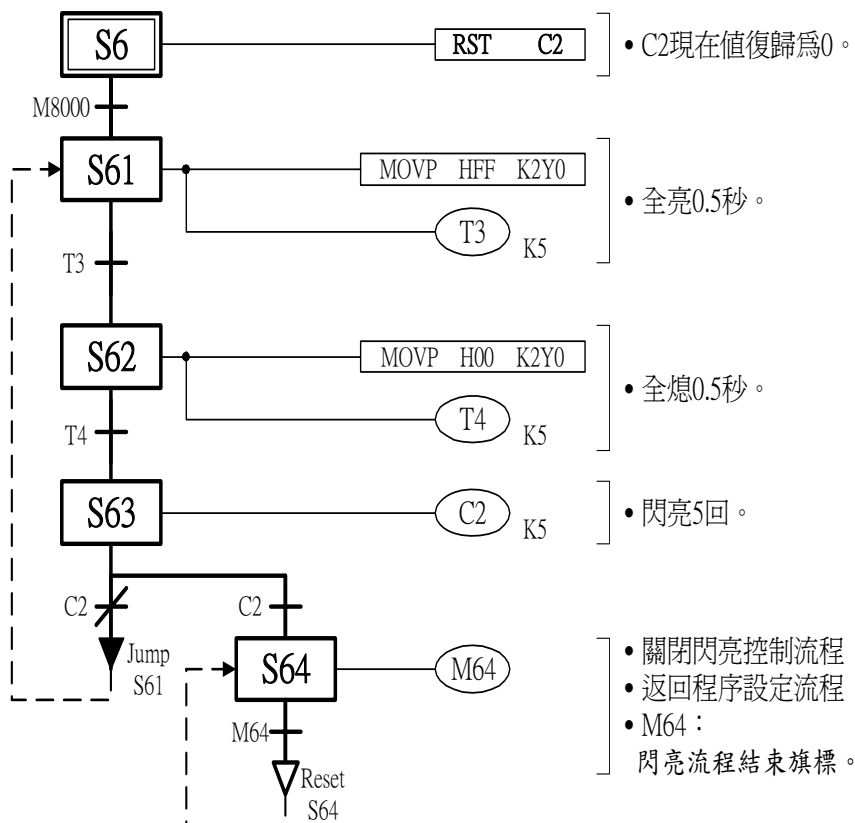
(程序設定流程：跑燈數目及跑程設定)



(跑燈控制流程)

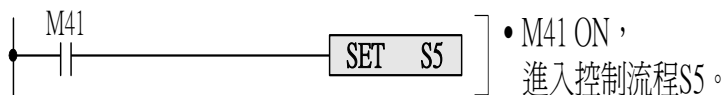


(閃亮控制流程)



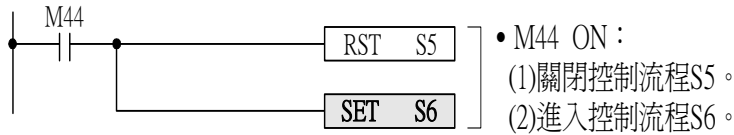
3. 啓動跑燈控制流程

進入程序控制流程中的 S41 步進點時，產生 M41 的脈波。在"起始階梯圖區塊"中，利用該脈波信號進入(啟動)跑燈控制流程 S5。其階梯圖程式設計如下：



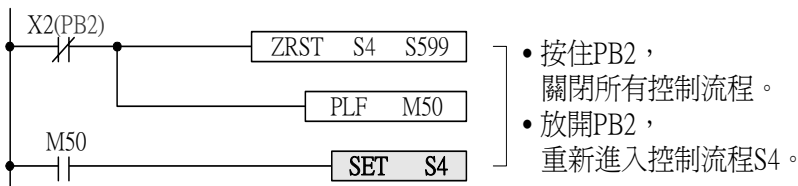
4. 啓動閃亮控制流程

進入程序控制流程中的 S44 步進點時，產生 M41 的脈波。在"起始階梯圖區塊"中，利用該脈波信號進入(啟動)閃亮控制流程 S6。同時應關閉跑燈控制流程，其階梯圖程式設計如下：



5. PB2(OFF)的操作設計

跑燈進行途中，按 PB2，須立即停止動作，此乃立即處理的操作，由"起始階梯圖區塊"集中處理，階梯圖程式如下圖：

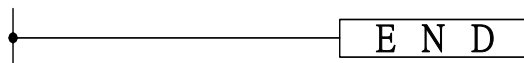


說明 (1)按住 PB2 時，關閉所有控制流程，跑燈也隨之停止動作。

(2)放開 PB2 時，利用 PLF 指令產生 M50 脈波，重新進入程序設定流程 S4。

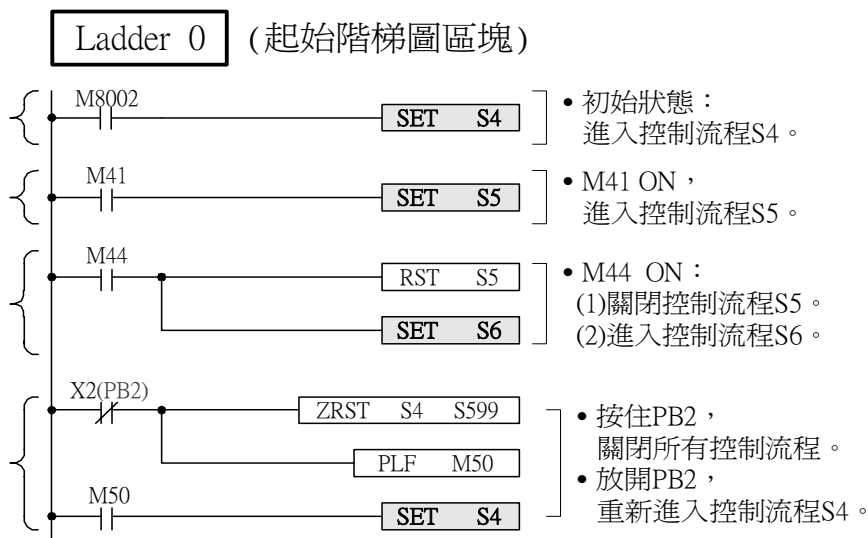
6. 結尾階梯圖區塊設計

結尾階梯圖區塊是以 **END** 指令結束程式，程式掃描到 **END** 指令時，輸出邏輯運算結果，更新元件的動作狀態，並將 PLC 輸出信號送到輸出端子上，提供外接負載使用。結尾階梯圖區塊設計如下圖：

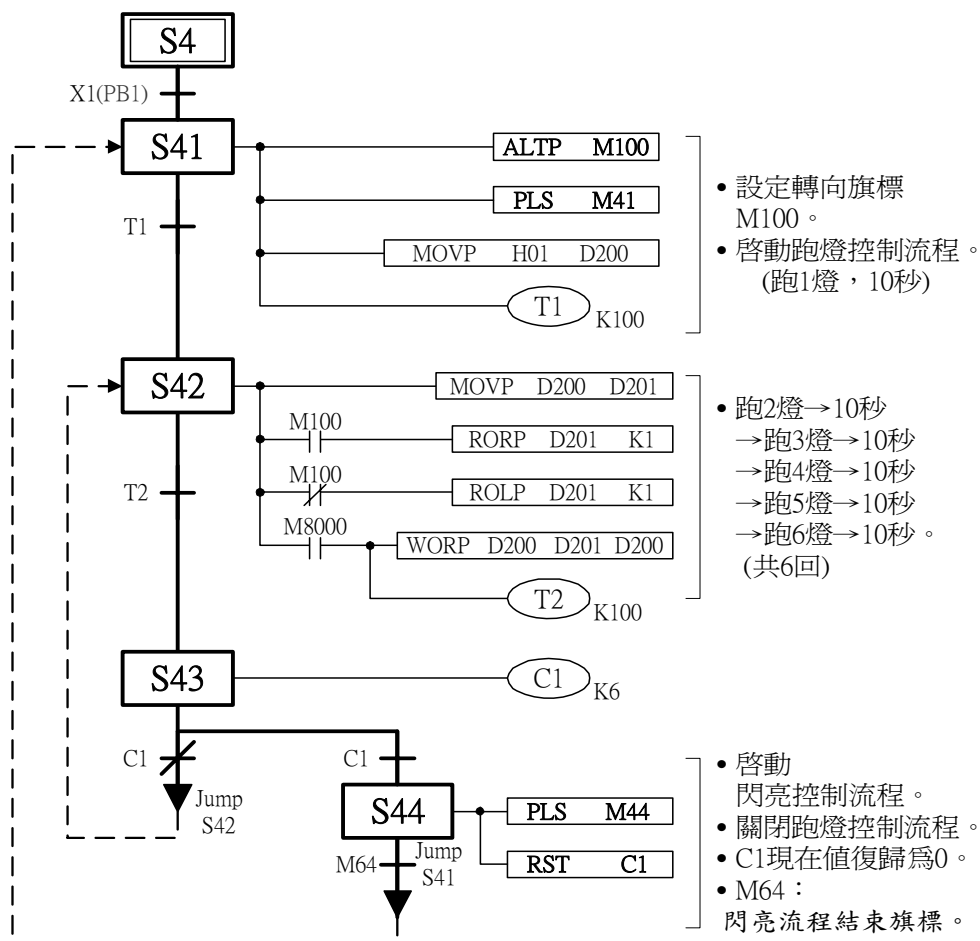


至此，所有設計工作已經全部完成，最後將程式設計圖說整理如下一頁。

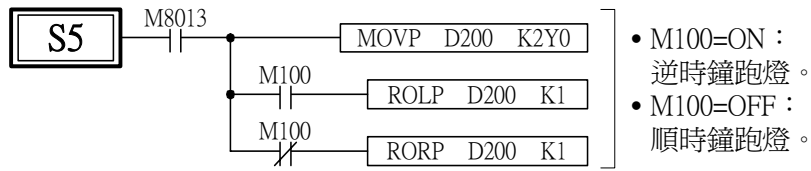
4-2.4 階梯流程圖



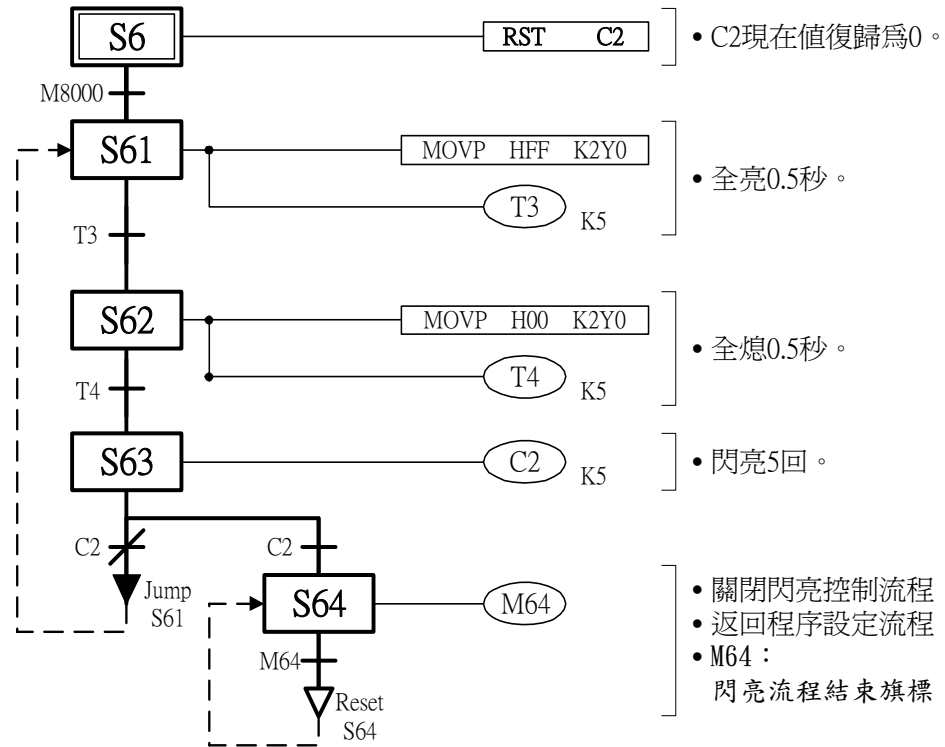
(程序設定流程：跑燈數目及跑程設定)



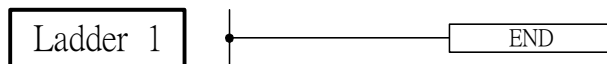
(跑燈控制流程)



(閃亮控制流程)

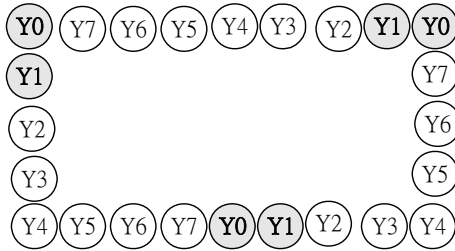


(結尾階梯圖區塊)

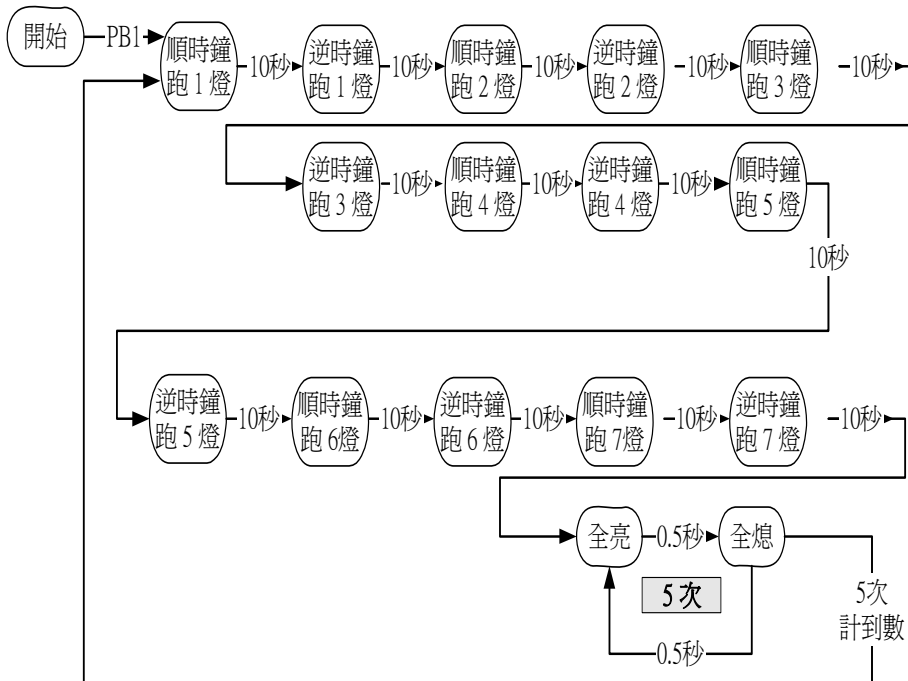


綜合實力測驗

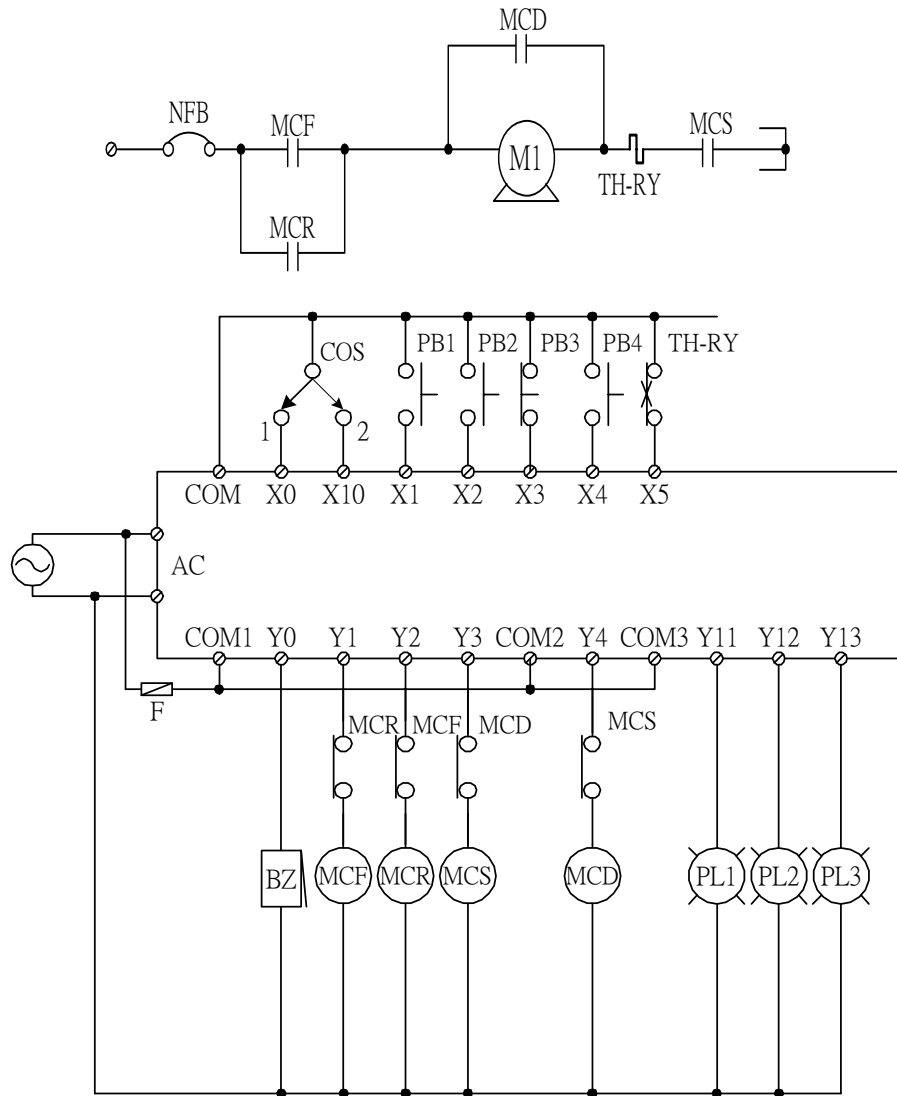
Q1 請設計出符合下列動作要求的階梯流程圖的控制程式並執行之；並將設計過程作成報告。



跑馬燈一組，總數八個燈(Y7、Y6、Y5、Y4、Y3、Y2、Y1、Y0)。
動作狀態要求如下圖：



Q2(電動機正逆轉 Y-Δ 啟動控制)請寫出符合下列動作要求的階梯流程圖程式，並執行之；並將設計過程作成報告。



☑ 動作要求：

一、COS 切於 1(手動部分)：PL1 亮。

1. 按 PB1，正向 Y 啟動(MCF、MCS 動作)→(10 秒)→MCS 復歸→(0.5 秒)→正向 Δ 運轉(MCF、MCD 動作)。
2. 正向啟動或運轉時，按 PB3，啟動或運轉的動作應立即停止。
3. 按 PB2，逆向 Y 啟動(MCR、MCS 動作)→(10 秒)→MCS 復歸→(0.5 秒)→逆向 Δ 運轉(MCR、MCD 動作)。

4. 逆向啟動或運轉時，按 PB3，啟動或運轉的動作應立即停止。
5. 啟動中，PL1 閃亮(ON 0.5S/OFF 0.5S)。

二、COS 切於 2(自動部分)：PL2 亮。

1. 按 PB4→PL2 閃亮(ON 0.5S/OFF 0.5S)→正向啟動(MCF、MCS 動作)→(10 秒)→MCS 復歸→(0.5 秒)→正向運轉(MCF、MCD 動作)→(20 秒)→停止運轉(MCF、MCD 復歸)→(15 秒)→逆向啟動(MCR、MCS 動作)→(10 秒)→MCS 復歸→(0.5 秒)→逆向運轉(MCR、MCD 動作)→(20 秒)→停止運轉(MCR、MCD 復歸)→(15 秒)→正向啟動(MCF、MCS 動作)→•••。
2. 啟動與運轉期間，按 PB3，啟動與運轉動作應立即停止、PL2 停閃。

三、過載與警報處理

1. 電動機啟動或運轉中，TH-RY(積熱電驛)動作，啟動與運轉動作應立即停止，且：BZ 響，15 秒後(或按 PB3)→BZ 停響、PL3 閃亮(ON 2S/OFF 1S)。
2. TH-RY(積熱電驛)復歸→BZ 停響、PL3 熄。恢復正常操作狀態。

一 電動機順序啟動反順序停止控制

(範例一)

1-1 動作要求

一、正常操作部分：

1. NFB ON，停車指示燈 PL4 亮，按 PB4 無作用；PB1、PB2 操作順序不受限制。
2. 按 PB1，M1 電動機正轉[MC1、PL1]、PL4 熄；此時，按 PB2 無作用；按 PB3，M1 電動機停止運轉，PL4 亮。
3. 按 PB2，M1 電動機逆轉[MC2、PL2]、PL4 熄；此時，按 PB1 無作用；按 PB3，M1 電動機停止運轉，PL4 亮。
4. M1 電動機正轉[MC1、PL1]或逆轉[MC2、PL2]時，按 PB4，M2 電動機運轉[MC3、PL3]；此時按 PB3 無作用。
5. 按 PB5，M2 電動機停止運轉。
6. 按 PB3，M1 電動機停止運轉，PL4 亮。

二、過載及警報部分：

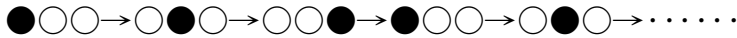
1. M1 電動機正、逆轉時，積熱電驛(TH-RY1)動作，M1 電動機停止運轉，BZ 響、PL4 亮。此時按 PB4，M2 電動機無法運轉。
2. M1、M2 電動機均運轉時，若：
 - (1)積熱電驛(TH-RY1)動作，M1、M2 電動機全部停止運轉，BZ 響、PL4 亮。
 - (2)積熱電驛(TH-RY2)動作，M2 電動機停止運轉，BZ 響；按 PB3，M1 電動機停止運轉，PL4 亮。
 - (3)積熱電驛全部復歸，BZ 停響，恢復正常操作狀態。

三、其他規定(PLC 控制附加動作要求)：

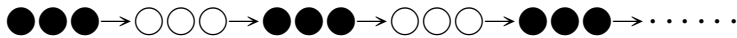
1. PL1、PL2、PL3、PL4 作為運轉及停車指示時，不能以 PLC 輸出接點直接控制。
2. MC1 與 MC2 須做外部連鎖。
3. PLC 須做輸出確認判斷及處理：
電磁接觸器線圈因故未能與其相對應之 PLC 輸出信號同步動作時(1.PLC 有

輸出，電磁接觸器線圈未動作或 2. PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作)，所有電動機均應停止運轉，且

(1)PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作：PL1、PL2、PL3 環型點滅(每次警亮一燈，間隔 0.5 秒)如下：

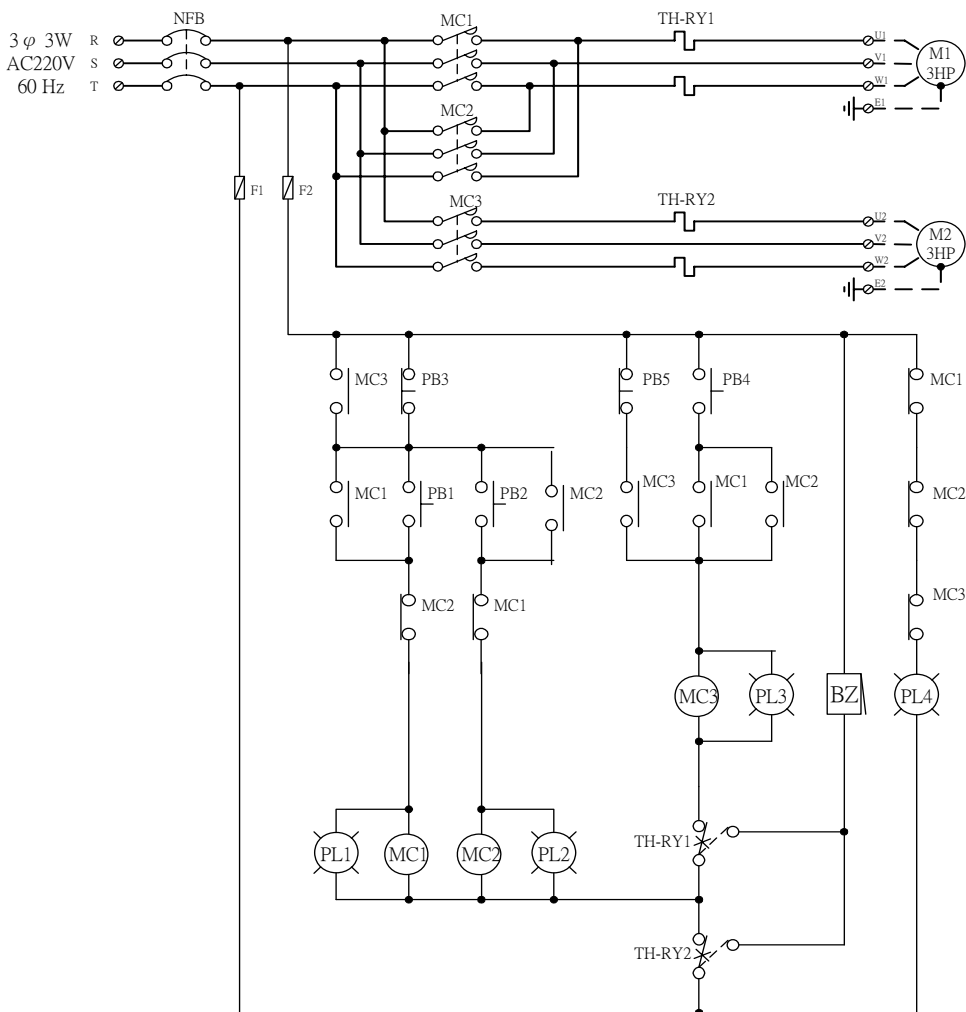


(2)PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作：PL1、PL2、PL3 同時閃亮(ON/0.5 秒，OFF/0.5 秒)如下：

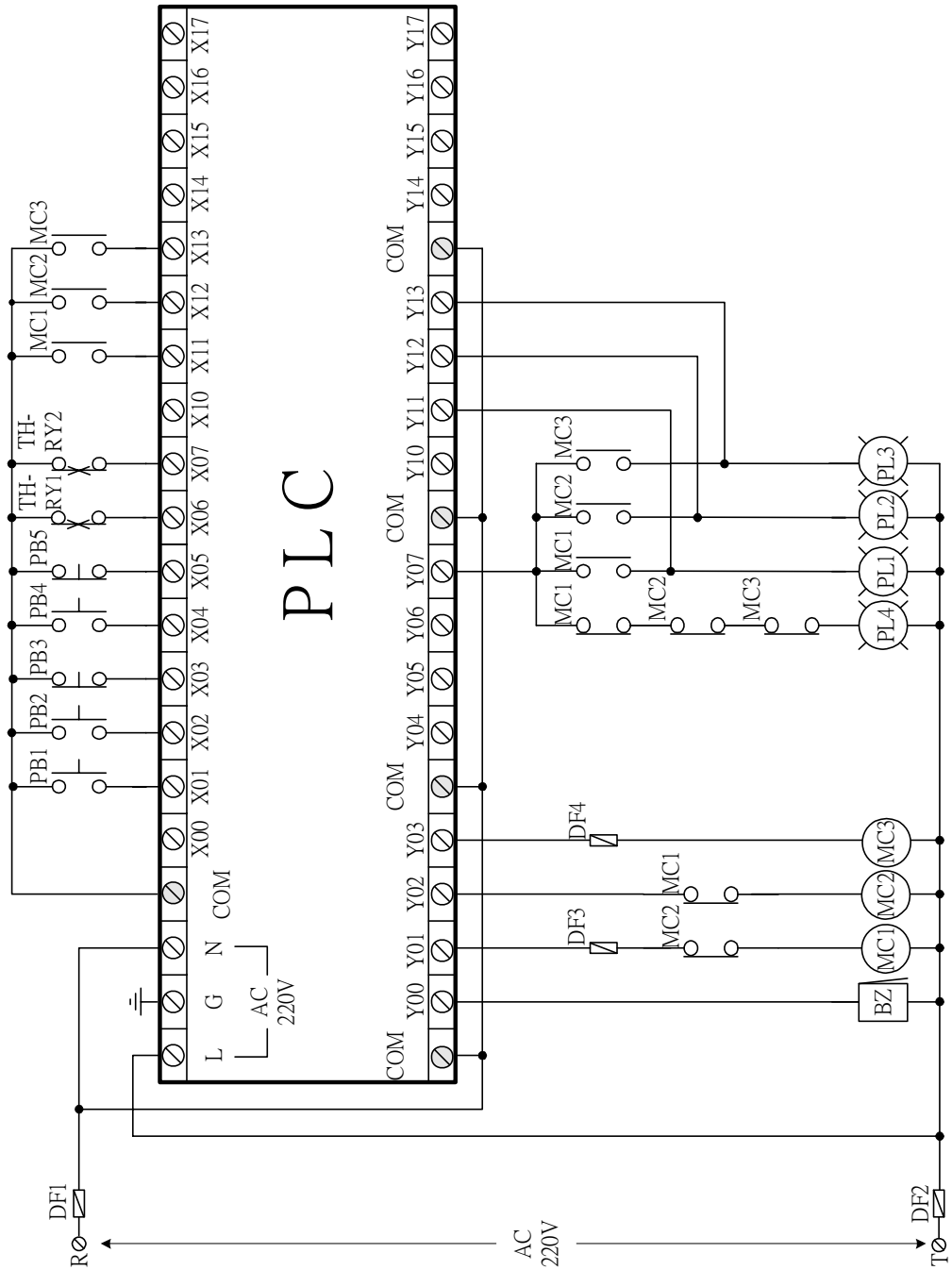


故障排除後，電源開關 ON，重新啟動 PLC，恢復正常操作的初始狀態。

1-2 參考電路圖

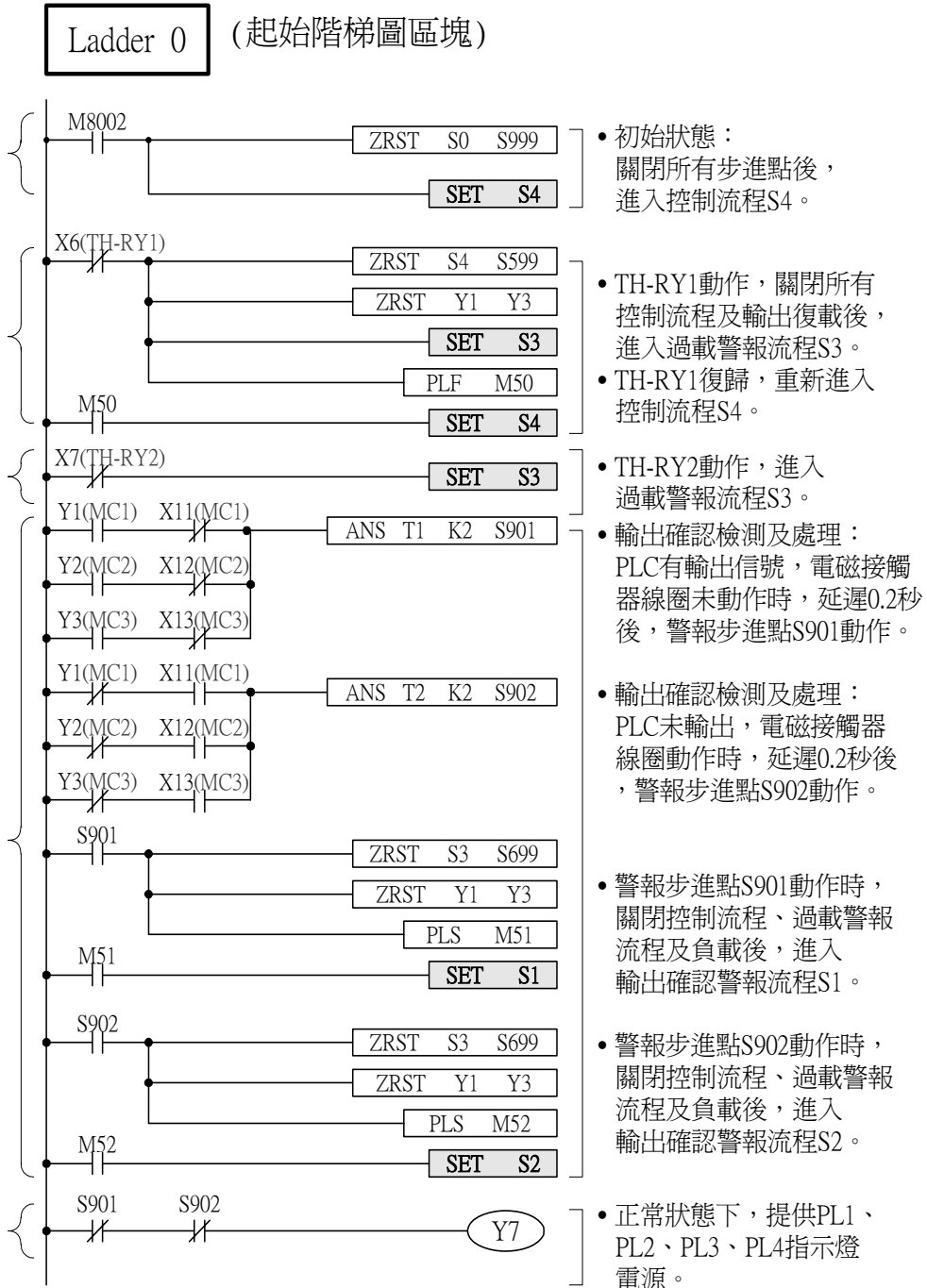


1-3 PLC 外部接線圖

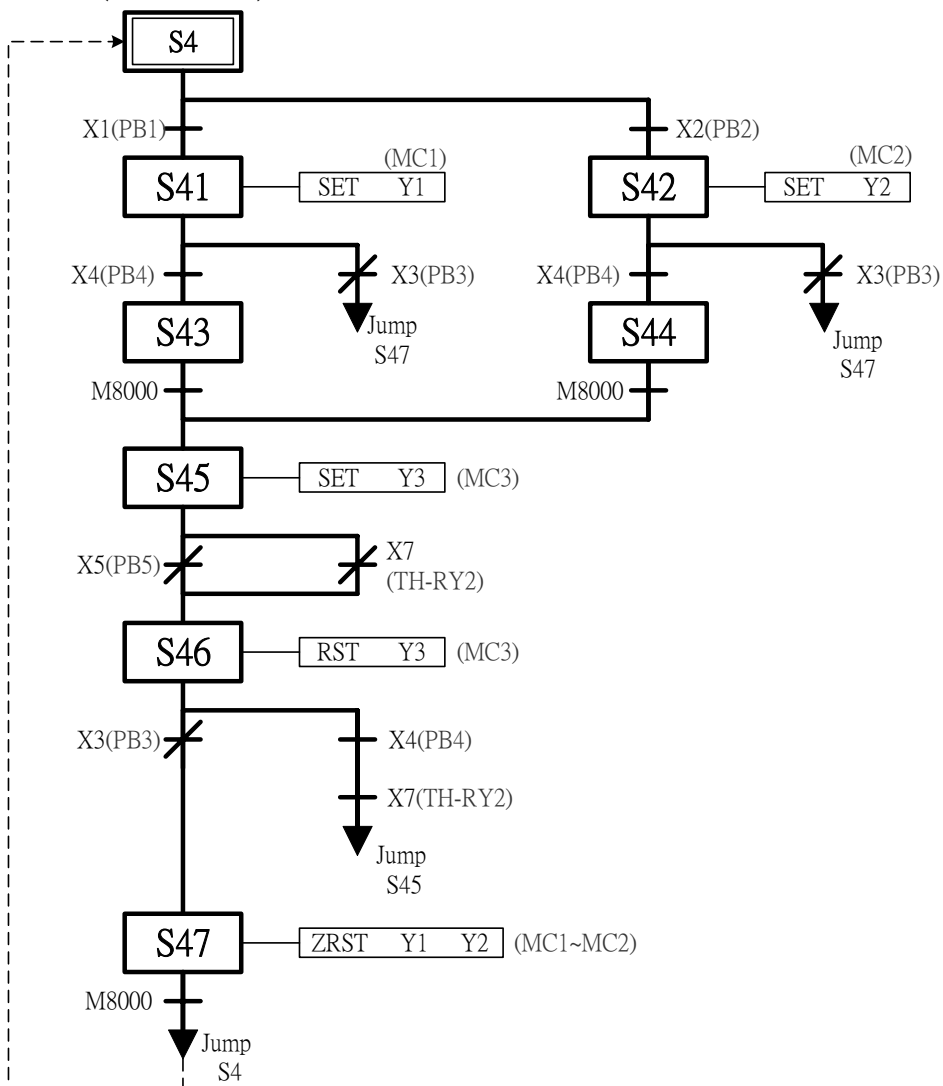


1-4 程式圖說(階梯流程圖)

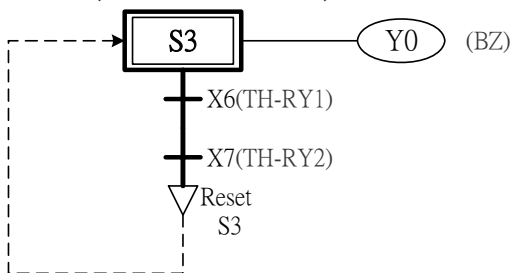
一、SFC 程式



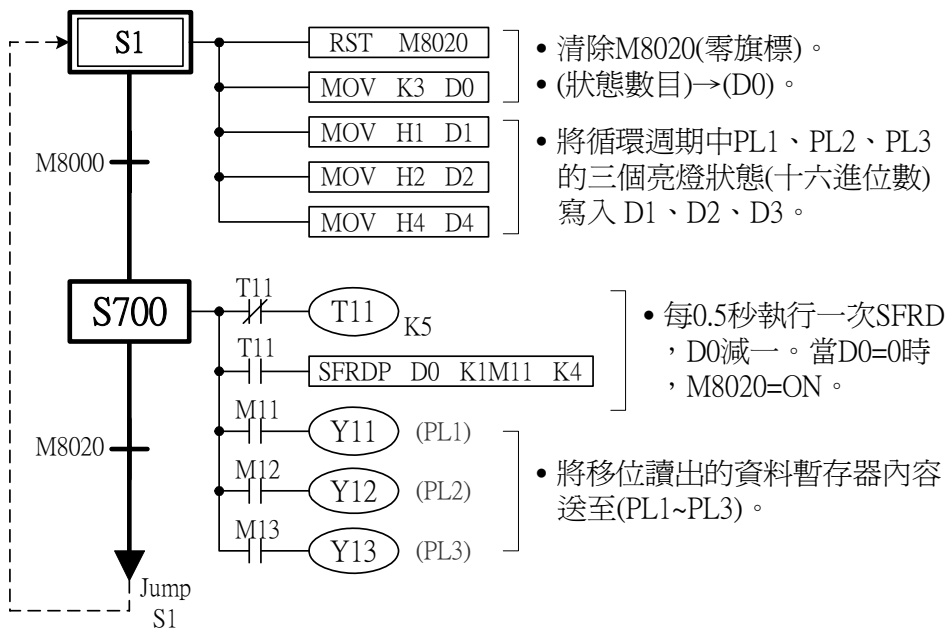
(控制流程)



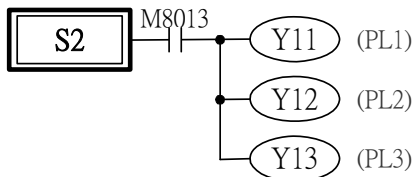
(過載警報流程)



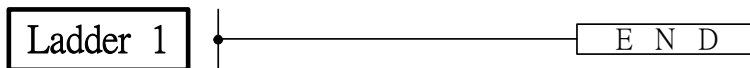
(輸出確認警報流程 - 1)



(輸出確認警報流程 - 2)



(結尾階梯圖區塊)



二、指令程式

0	LD	M8002			104	SET	S43		
1	ZRST	S0	S999		106	LDI	X3		
6	SET	S4			107	OUT	S47		
8	LDI	X6			109	STL	S42		
9	ZRST	S4	S599		110	SET	Y2		
14	ZRST	Y1	Y3		111	LD	X4		
19	SET	S3			112	SET	S44		
21	PLF	M50			114	LDI	X3		
23	LD	M50			115	OUT	S47		
24	SET	S4			117	STL	S45		
26	LDI	X7			118	SET	Y3		
27	SET	S3			119	LDI	X5		
29	LD	Y1			120	ORI	X7		
30	ANI	X11			121	SET	S46		
31	LD	Y2			123	STL	S46		
32	ANI	X12			124	RST	Y3		
33	ORB				125	LDI	X3		
34	LD	Y3			126	SET	S47		
35	ANI	X13			128	LD	X4		
36	ORB				129	AND	X7		
37	ANS	T1	K2	S901	130	OUT	S45		
44	LDI	Y1			132	STL	S47		
45	AND	X11			133	ZRST	Y1	Y2	
46	LDI	Y2			138	LD	M8000		
47	AND	X12			139	OUT	S4		
48	ORB				141	STL	S43		
49	LDI	Y3			142	LD	M8000		
50	AND	X13			143	SET	S45		
51	ORB				145	STL	S44		
52	ANS	T2	K2	S902	146	LD	M8000		
59	LD	S901			147	SET	S45		
60	ZRST	S3	S699		149	STL	S3		
65	ZRST	Y1	Y3		150	OUT	Y0		
70	PLS	M51			151	LD	X6		
72	LD	M51			152	AND	X7		
73	SET	S1			153	RST	S3		
75	LD	S902			155	STL	S1		
76	ZRST	S3	S699		156	RST	M8020		
81	ZRST	Y1	Y3		158	MOV	K3	D0	
86	PLS	M52			163	MOV	H1	D1	
88	LD	M52			158	MOV	H2	D2	
89	SET	S2			173	MOV	H4	D3	
91	LDI	S901			178	LD	M8000		
92	ANI	S902			179	SET	S700		
93	OUT	Y7			181	STL	S700		
94	STL	S4			182	LDI	T11		
95	LD	X1			183	OUT	T11	K5	
96	SET	S41			186	LD	T11		
98	LD	X2			187	STRDP	D0	K1M11	K4
99	SET	S42			194	LD	M11		
101	STL	S41			195	OUT	Y11		
102	SET	Y1			196	LD	M12		
103	LD	X4			197	OUT	Y12		

```

198 LD M13
199 OUT Y13
200 LD M8020
201 OUT S1
203 STL S2
204 LD M8013
205 OUT Y11
206 OUT Y12
207 OUT Y13
208 RET
209 END

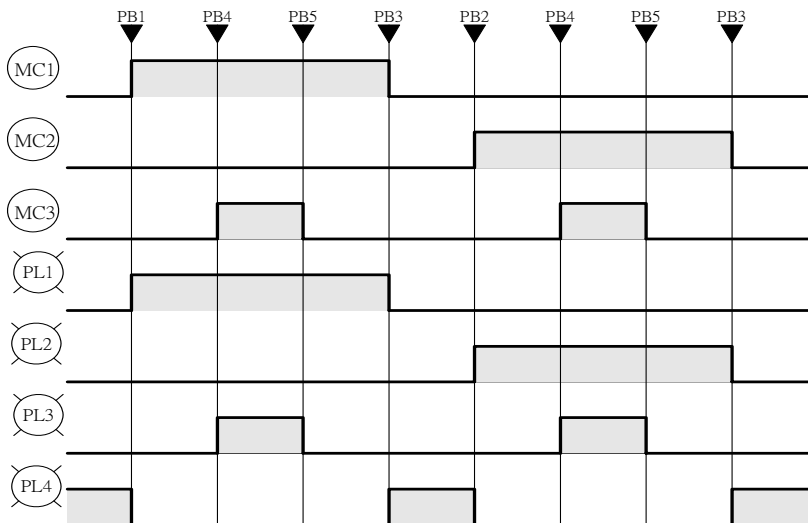
```

1-5 程式設計解說

1-5.1 功能分析

本試題(電動機順序啟動反順序停止控制)，有 M1、M2 兩台電動機，M1 可以正逆運轉，M2 只能單向運轉。兩台電動機運轉或停車時，有先後順序的限制：M1 啟動後 M2 才能啟動，M2 停止運轉後 M1 才能停止運轉。試題功能分析如下：

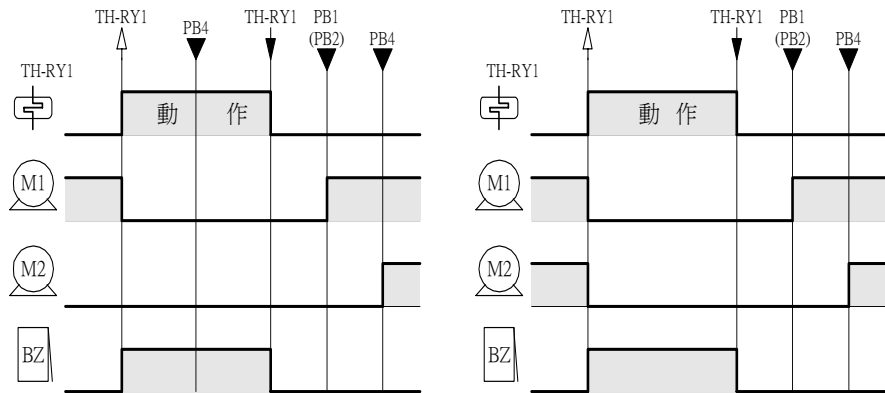
一、正常操作時，動作狀態時序圖如下：



說明 MC1 動作→M1 正轉。MC1 復歸→M1 正轉停止。
 MC2 動作：M1 逆轉。MC2 復歸→M1 逆轉停止。
 MC3 動作：M2 運轉。MC3 復歸→M2 運轉停止。

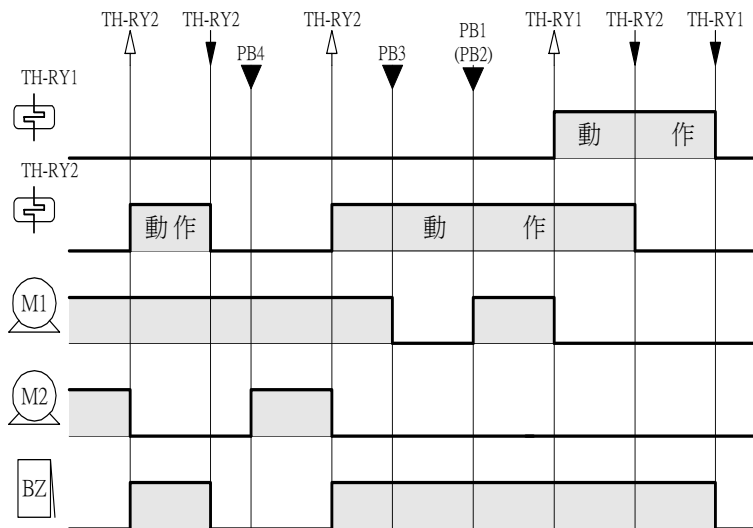
二、過載時，動作狀態時序圖如下：

狀況 1



- 說明**
- (1) M1 運轉時，TH-RY1 動作(跳脫)，M1 停止運轉，BZ 響。按 PB4，M2 無法啟動。
 - (2) M1、M2 運轉時，TH-RY1 動作(跳脫)，M1、M2 均停止運轉。
 - (3) TH-RY1、TH-RY2 均復歸，BZ 停響。

狀況 2



說明

- (1) M1、M2 運轉時，TH-RY2 動作(跳脫)，M2 停止運轉；M1 繼續運轉，此時可以再按 PB4，啟動 M2 運轉。
- (2) TH-RY2 動作(跳脫)，M2 停止運轉時，按 PB3，才可將 M2 停止運轉。
- (3) 任一積熱電驛動作時，BZ 響；全部積熱電驛復歸時，BZ 停響。

三、指示燈

1. 運轉指示燈 PL1、PL2、PL3：分別與 MC1、MC2、MC3 同步動作。
 - MC1 動作，PL1 亮；MC1 不動作，PL1 熄。
 - MC2 動作，PL2 亮；MC2 不動作，PL2 熄。
 - MC3 動作，PL3 亮；MC3 不動作，PL3 熄。
2. 停車指示燈 PL4：與 MC1、MC2、MC3 同步動作。
 - 當 MC1、MC2、MC3 全部不動作時，PL4 亮；
 - 當 MC1、MC2、MC3 有一個動作時，PL4 熄。

1-5.2 外部接線規劃

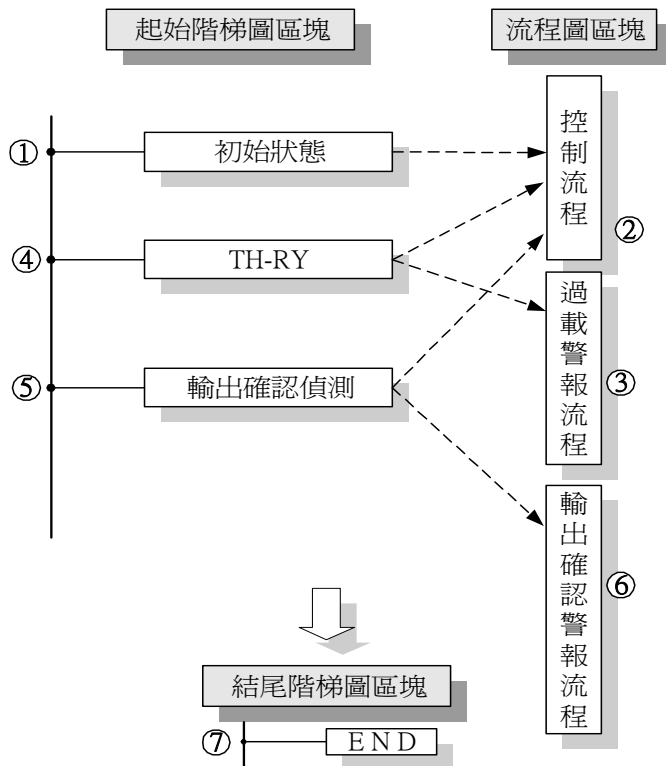
PLC 外部 I/O(輸入開關接點、輸出負載)的接線方式，會影響試題程式設計的進行，尤其是指示燈的部分。之前我們談到，一般 I/O 是以固定方式編碼，編碼原則請參閱第一章(1-3 外部接線圖規劃方法)的內容。

本試題 I/O 外部接線圖規劃方式，詳如(1-3)PLC 外部接線圖所示。其中，有幾點加以說明如下：

1. PB3、PB5 及積熱電驛(TH-RY1、TH-RY2)係作為負載啟斷之用，所以必須使用 b 接點接線。
2. PL1、PL2、PL3、PL4 係作為運轉及停車指示，與電磁接觸器同步動作，此處是以先串接電磁接觸器的接點後，再共同接於 Y7 輸出端子方式處理接線。在設計控制流程的程式時，不須考慮這四個指示燈。
3. 參加術科檢定時，監評人員會在考前，統一指定兩處 PLC 之輸入接點位置，及兩處供給電磁接觸器線圈動作信號的輸出負載位置。應考時，須注意配合更改外部接線的編碼後，才進行程式設計或接線。(※兩處被指定的輸出端子，必須先串接栓型保險絲後，再接至電磁接觸器線圈上。)

1-5.3 程式設計步驟與方法

一、程式設計工作流程



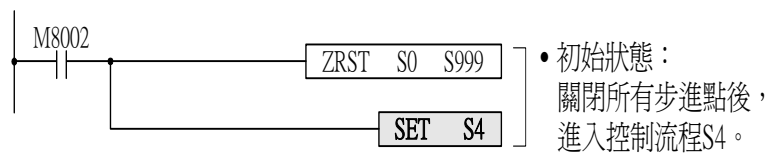
說明

1. 根據上一個單元描述的功能分析結果，程式設計可以規劃如上圖的①~⑦七個工作步驟。
2. 依序由第一個步驟開始，仔細考量每個步驟相關的動作要求，配合功能分析圖表及一些標準程式設計模式，以堆積木的方式，正確完成①~⑦步驟的程式設計工作。

二、程式設計方法

1. 初始狀態的設計

在正常流程中，以一個按鈕(PB1 或 PB2)進行操作控制，是開機啟動需先進入控制流程的一個標準型式。所以本題的初始狀態設計如下：

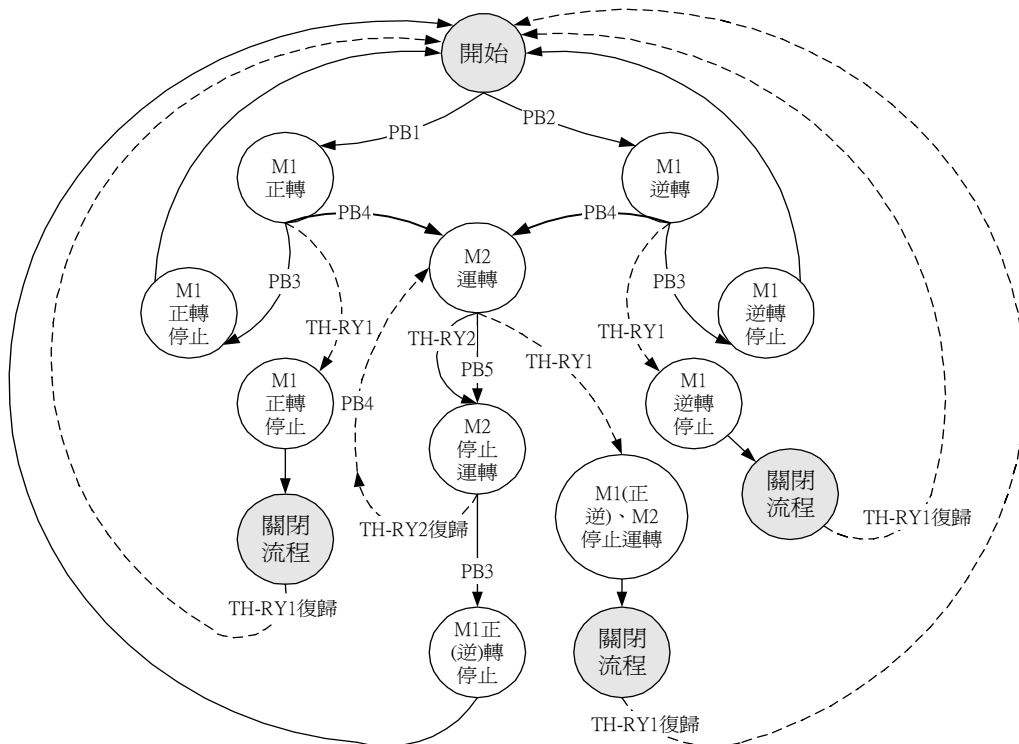


說明 啟動時，關閉所有步進點後，進入控制流程 S4。

2. 控制流程設計

• 畫氣泡圖

依據試題之正常操作部分的動作要求說明，或參考前一單元所描述的功能分析時序圖，將所有可能發生的控制流向，以氣泡圖描述如下：

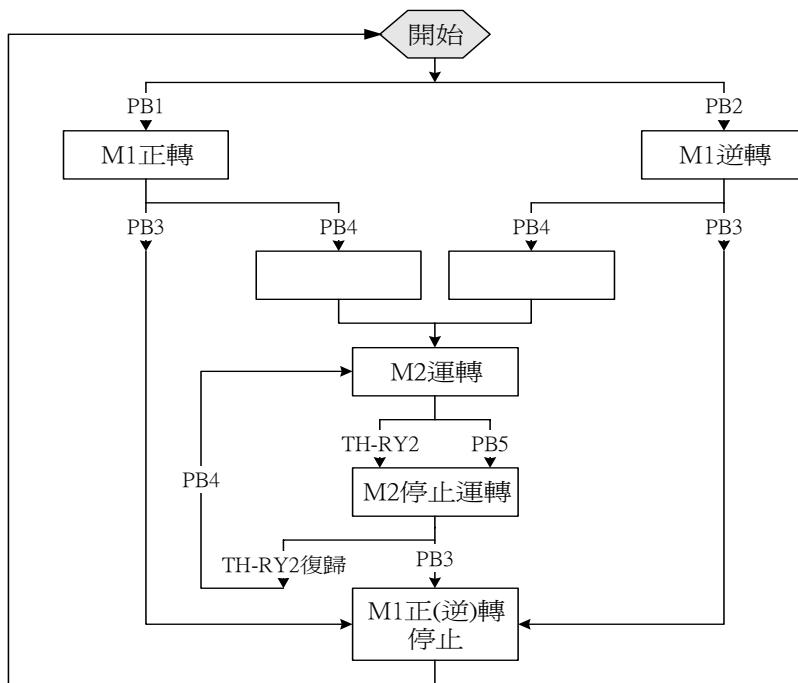


• 畫氣泡圖→結構圖

觀察上列氣泡圖的操作，

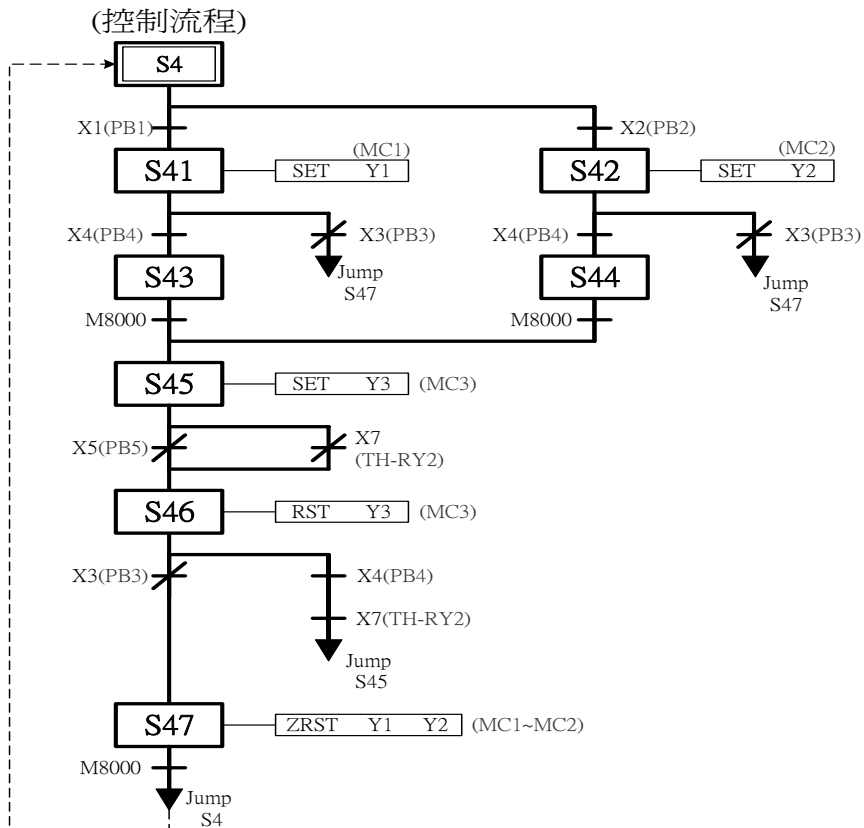
- (1) TH-RY1 動作及復歸時的虛線部分工作流程，同時在三個地方做相似的操作，可以集中於起始階梯圖區塊(可視為一個操作模組)處理。
- (2) M1 正轉停止、M1 逆轉停止，這兩個操作模組與“M1 正(逆)轉停止模組”之間有相同的操作，可以集中於一個模組中處理。
- (3) 粗線部分為 PB4 的操作流程，應透過虛擬模組(沒有操作狀態的空白模組)改成結構化型式。

氣泡圖依據上列幾個狀況予以修正，轉化成結構化流程圖如下：



• 結構圖→SFC 程式

依據結構圖，控制流程的 SFC 程式，設計如下圖：



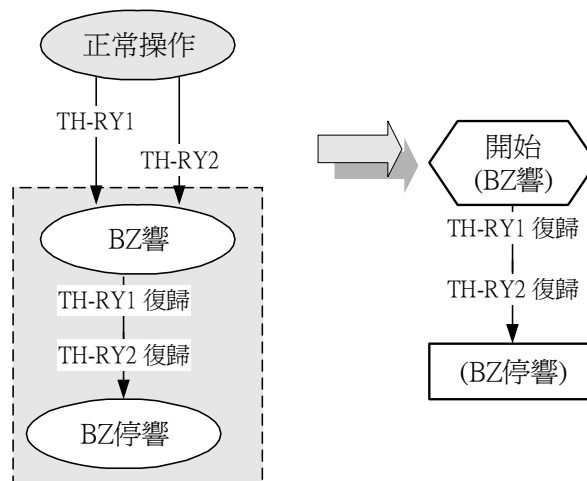
3. 過載警報流程設計

依據試題過載及警報部分的動作要求：TH-RY1 動作，M1、M2 電動機停止運轉，BZ 響，PL4 亮。TH-RY2 動作，M2 電動機停止運轉，按 PB3，M1 電動機停止運轉，PL4 亮。積熱電驛全部復歸，BZ 停響。

其中，電動機運轉與否及 PL4 指示燈，已在控制流程處理完畢，所以過載警報流程只須處理 BZ 部分的操作狀況即可。

• 畫氣泡圖

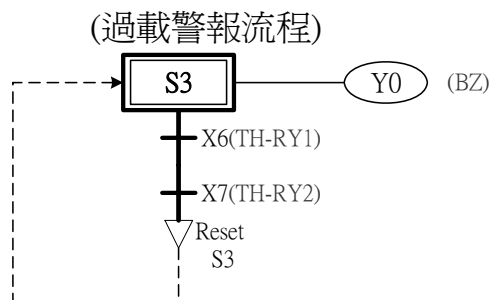
過載警報流程的氣泡圖，繪製如下圖左：



• 畫氣泡圖→結構圖

觀察上列所示氣泡圖的操作，TH-RY1、TH-RY2 的動作是屬於流程的入口操作，交由"起始階梯圖區塊"處理。剩下的虛線框部份則可改畫結構圖如上圖右。

• 結構圖→SFC 程式



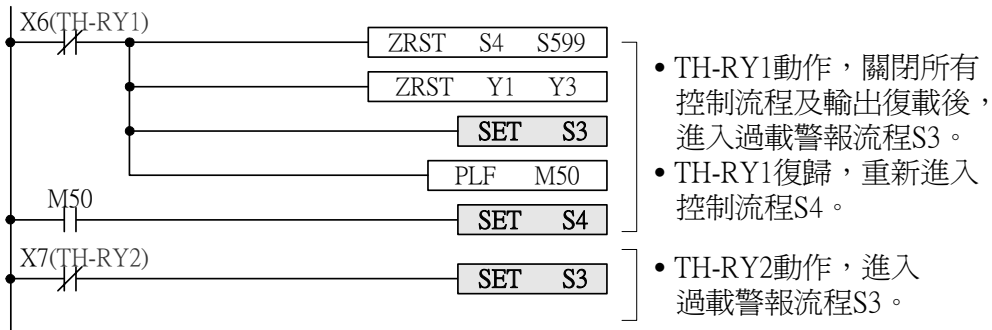
說明 TH-RY1、TH-RY2 均復歸時，關閉步進點 S3，BZ 停響。

4. TH-RY 的操作設計

依據試題說明：

- TH-RY1 動作，M1、M2 電動機全部停止運轉，BZ 響。
- TH-RY2 動作，M2 停止運轉，BZ 響，M1 可以繼續操作。

其中，TH-RY2 動作時電動機部分的操作已經含入控制流程中處理完成。因此，將 TH-RY 的操作分成兩部分，階梯圖程式設計如下圖：



說明

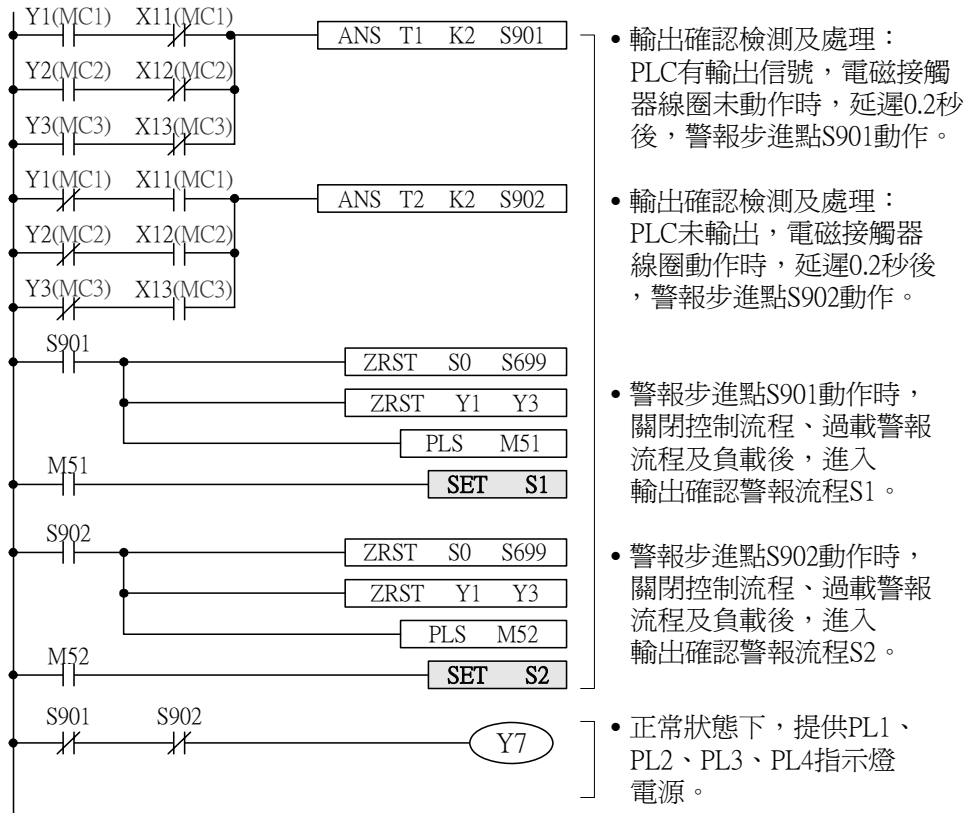
- (1)由於負載以 SET 指令啟動，所以 TH-RY1 動作時，除關閉所有控制流程(S4~S599)外，並應關閉所有輸出負載，才進入過載警報流程 S3。
- (2)由於 TH-RY1 復歸時，M1 應能夠正常操作，所以 TH-RY1 復歸時，利用 `PLF M50` 指令產生脈波 M50，重新進入控制流程 S4。
- (3)TH-RY2 動作時，只有 M2 停止運轉(已由控制流程處理)，M1 要能繼續操控，所以，TH-RY2 動作時，只須進入過載警報流程 S3。

5. 輸出確認偵測的設計

兩種輸出確認故障現象：

- (1)PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作。
- (2)PLC 沒有輸出信號，電磁接觸器線圈動作。

可以分別偵測及處理如下圖：



說明

- (1)當 PLC 有輸出信號，而三只電磁接觸器中，任一對應的電磁接觸器線圈未與輸出信號同步動作時，在該故障現象維持 0.2 秒後，警報步進點 S901 動作。
- (2)當 PLC 沒有輸出信號，而三只電磁接觸器中，任一對應的線圈產生動作時，在該故障現象維持 0.2 秒後，警報步進點 S902 動作。
- (3)電磁接觸器與其接點間的反應時間訂為 0.2 秒，可以視情況調整，但不能太長，以免在故障產生時，造成危險。
- (4)警報步進點 S901 動作時，關閉控制流程、過載警報流程的步進點及輸出負載，進入輸出確認警報流程 S1。
- (5)警報步進點 S902 動作時，關閉控制流程、過載警報流程的步進點及輸出負載，進入輸出確認警報流程 S2。

(6)警報步進點 S901 或 S902 動作時,PLC 的輸出端子 Y7 沒有動作信號輸出, Y7 端子所連接的運轉指示燈(PL1、PL2、PL3、PL4)也同步熄滅。

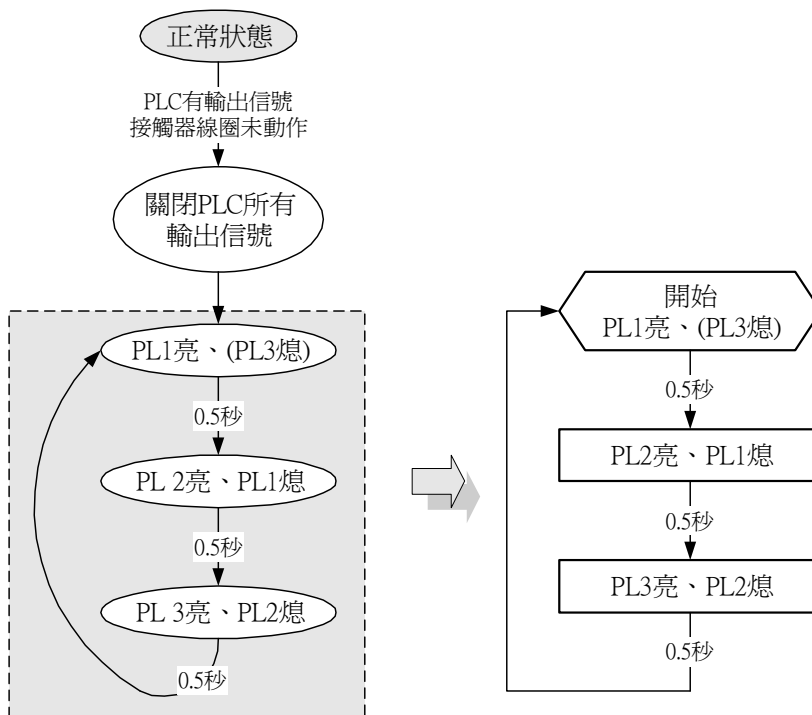
(7)輸出確認故障排除後,電源開關 ON,重新啟動 PLC,恢復正常操作的初始狀態。

(8)輸出確認警報流程設計

依據"其他規定"的試題說明,將輸出確認的警報流程分成兩部分。

✓ PLC 有輸出信號,電磁接觸器線圈未動作。

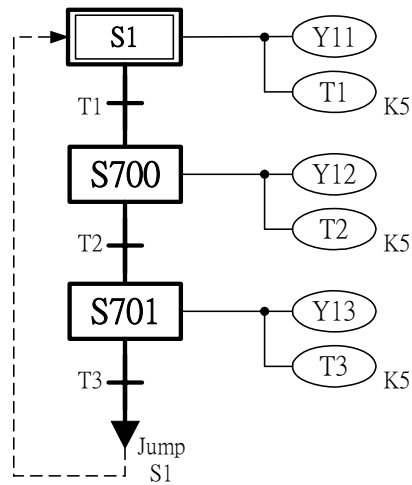
• 畫氣泡圖 如下圖(左半部分)：



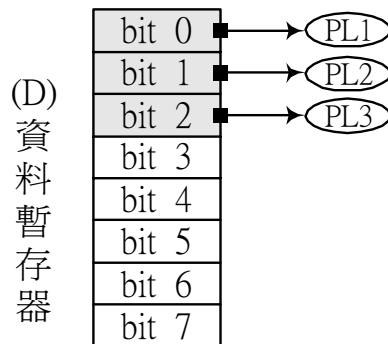
• 氣泡圖→結構圖

觀察氣泡圖,輸出確認故障檢出及關閉 PLC 輸出信號的操作,已交由"起始階梯圖區塊"處理完畢,所以剩下虛線框部分,直接轉化結構圖如上圖(右半部分)。

• 結構圖→SFC 程式



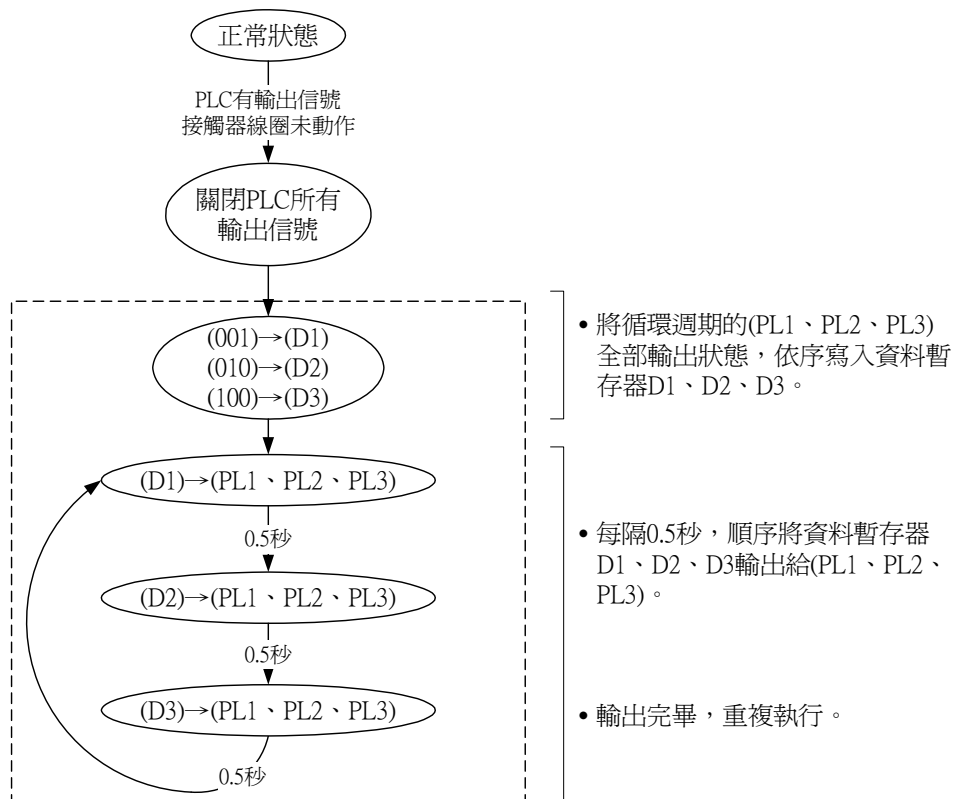
我們也可以使用資料位元輸出方式控制 PL1~PL3 的狀態如下圖：



只要改變 D(資料暫存器)的內容就可以改變 PL1~PL3 的輸出狀態。利用這種方法可以快速地更改燈號的輸出狀態。資料暫存器為 16 位元(最左為正負符號位元)更可將兩個資料暫存器合併一體成為 32 位元使用，所以在指示燈數目眾多且狀態變化複雜時使用更具效力。

因此，我們可以利用此種方式，將氣泡圖重新改畫如下圖：

• 氣泡圖(改畫後)

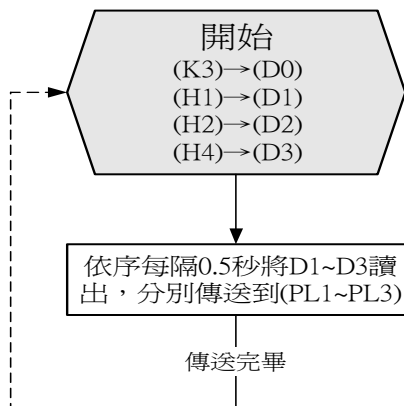


• 氣泡圖→結構圖

利用 SFRD(位移讀出)指令,可以將上述氣泡圖虛線框內資料暫存器輸出給 PL1、PL2、PL3 操作合併成一個模組執行。由於：

- 執行 SFRD 指令時,由於移位的作用,會使暫存器的內容改變,所以在第二次執行 SFRD 指令前,須先恢復 D1~D3 暫存器的資料。
- SFRD 指令須以 D0 暫存器作為狀態移位計數使用,每移位一次 D0 減一,當 D0 等於 0 時,移位完畢,零旗標 M8020 動作。

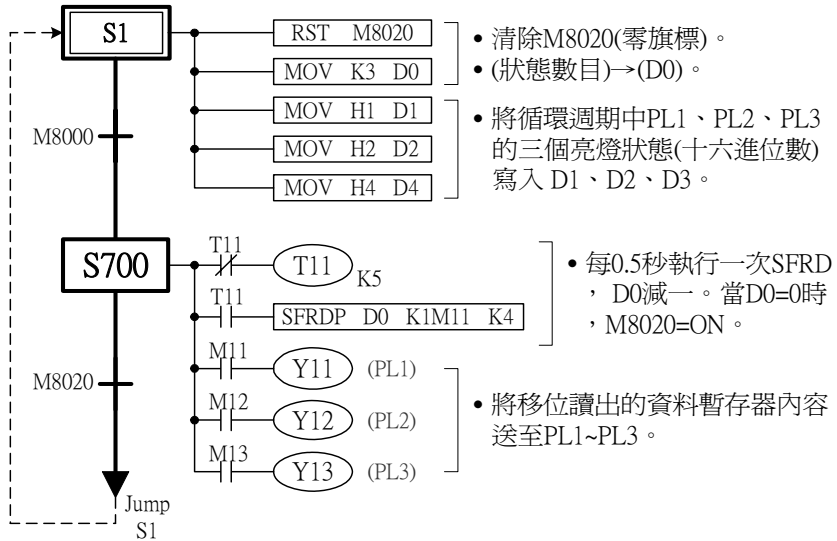
綜合以上考慮,將結構圖繪製如下：



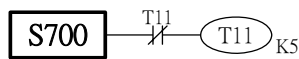
• 結構圖→SFC 程式

依據上述結構圖，以 SFRD 指令撰寫的 SFC 程式，設計如下圖：

(輸出確認警報流程 - 1)



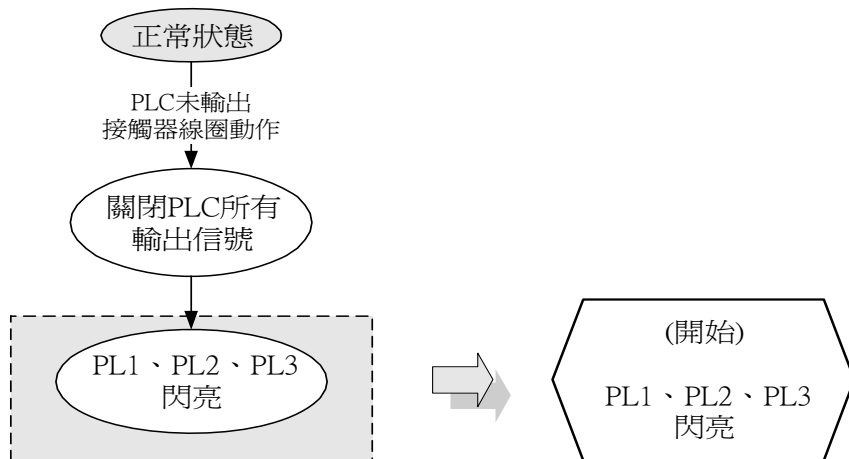
說明



T11 產生 0.5 秒週期時脈。

☑ PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作。

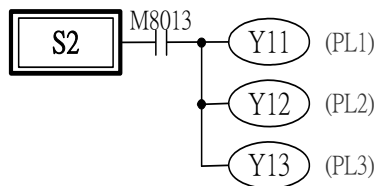
• 畫氣泡圖 如下圖(左半部分)：



• 氣泡圖→結構圖 如上圖(右半部分)。

- 氣泡圖→結構圖 如下圖：

(輸出確認警報流程 - 2)

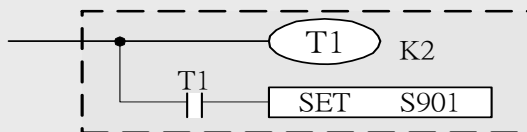


7. 結尾階梯圖區塊的設計

結尾階梯圖區塊是以 END 指令結束程式，程式掃描到 END 指令時，輸出邏輯運算結果，更新元件的動作狀態，並將 PLC 輸出信號送到輸出端子上，提供外接負載使用。結尾階梯圖區塊設計如下圖：



《註》



由於 FX1N(S)機型無 ANS 指令，可以使用虛線框的迴路方式代替 `ANS T1 K2 S901` 指令列。`ANS T2 K2 S902` 比照處理。

二 電動機順序啟動反順序停止控制 (範例二)

2-1 動作要求

- 一、正常操作部分：(同範例一)
- 二、過載及警報部分：(同範例一)
- 三、其他規定(PLC 控制附加動作要求)：
 1. PL1、PL2、PL3、PL4 作為運轉及停車指示時，不能以 PLC 輸出接點直接控制。
 2. MC1 與 MC2 須做外部連鎖。
 3. PLC 須做輸出確認判斷及處理：

電磁接觸器線圈因故未能與其相對應之 PLC 輸出信號同步動作時：

(1. PLC 有輸出，電磁接觸器線圈未動作或 2. PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作)，所有電動機均應停止運轉，且

(1) PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作：PL1、PL2、PL3 來回點滅(每次警亮一燈，間隔 0.5 秒)如下：

●○○→○●○→○○●→○●○→●○○→○●○→……

(2) PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作：PL1、PL2、PL3 同時閃亮(ON/0.5 秒，OFF/0.5 秒)如下：

●●●→○○○→●●●→○○○→●●●→○○○→……

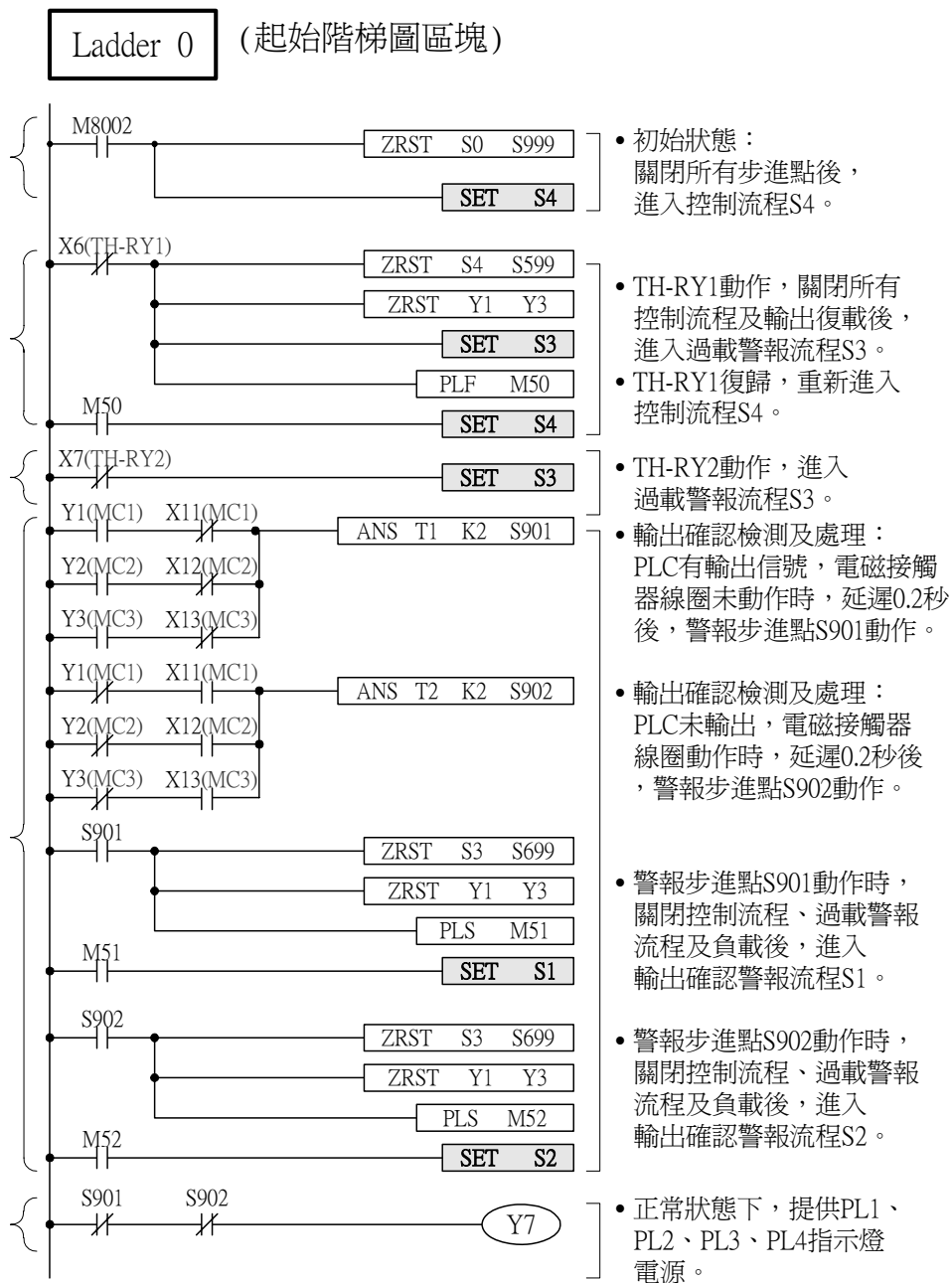
故障排除後，電源開關 ON，重新啟動 PLC，恢復正常操作的初始狀態。

2-2 參考電路圖 (同範例一)

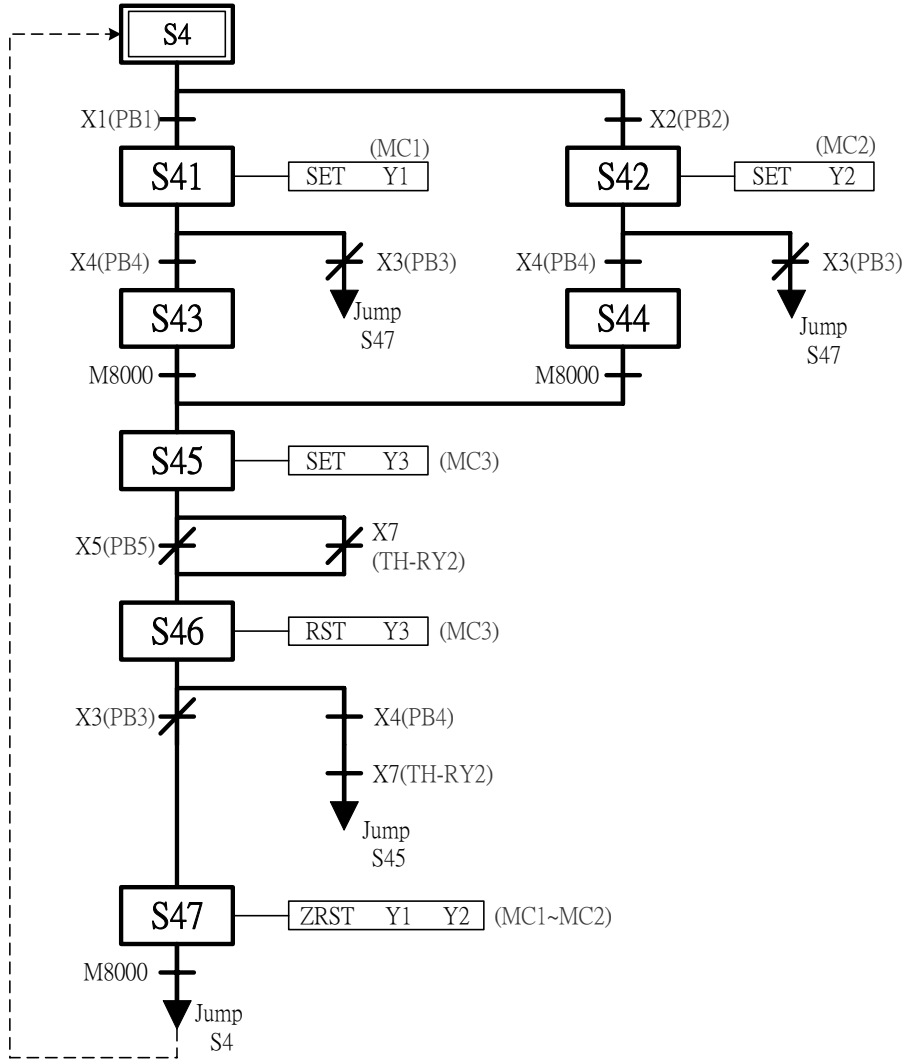
2-3 PLC 外部接線圖 (同範例一)

2-4 程式圖說(階梯流程圖)

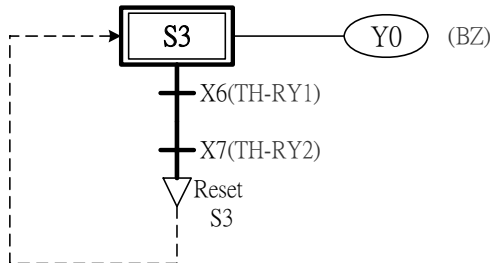
一、SFC 程式



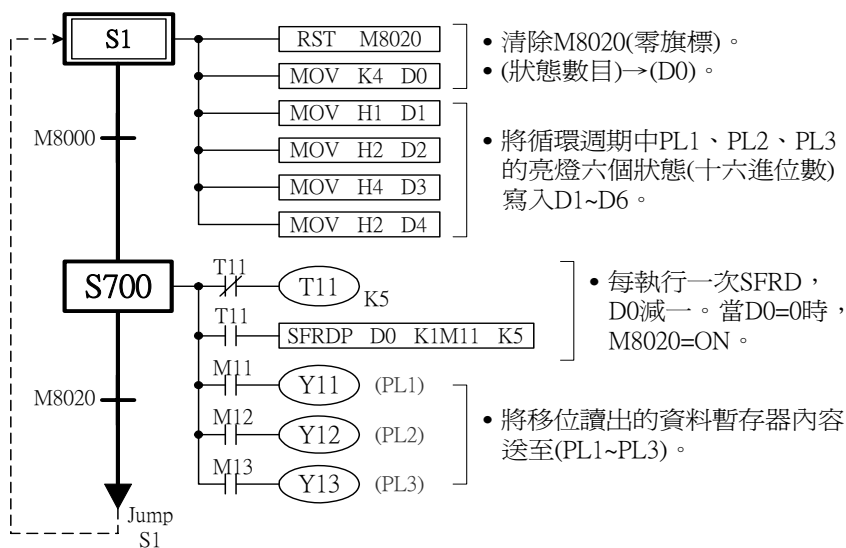
(控制流程)



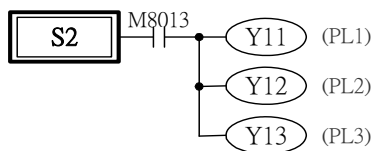
(過載警報流程)



(輸出確認警報流程 - 1)



(輸出確認警報流程 - 2)



(結尾階梯圖區塊)



二、指令程式

0	LD	M8002		31	LD	Y2	
1	ZRST	S0	S999	32	ANI	X12	
6	SET	S4		33	ORB		
8	LDI	X6		34	LD	Y3	
9	ZRST	S4	S599	35	ANI	X13	
14	ZRST	Y1	Y3	36	ORB		
19	SET	S3		37	ANS	T1	K2 S901
21	PLF	M50		44	LDI	Y1	
23	LD	M50		45	AND	X11	
24	SET	S4		46	LDI	Y2	
26	LDI	X7		47	AND	X12	
27	SET	S3		48	ORB		
29	LD	Y1		49	LDI	Y3	
30	ANI	X11		50	AND	X13	

51	ORB				147	SET	S45		
52	ANS	T2	K2	S902	149	STL	S3		
59	LD	S901			150	OUT	Y0		
60	ZRST	S3	S699		151	LD	X6		
65	ZRST	Y1	Y3		152	AND	X7		
70	PLS	M51			153	RST	S3		
72	LD	M51			155	STL	S1		
73	SET	S1			156	RST	M8020		
75	LD	S902			158	MOV	K4	D0	
76	ZRST	S3	S699		163	MOV	H1	D1	
81	ZRST	Y1	Y3		158	MOV	H2	D2	
86	PLS	M52			173	MOV	H4	D3	
88	LD	M52			178	MOV	H2	D4	
89	SET	S2			183	LD	M8000		
91	LDI	S901			184	SET	S700		
92	ANI	S902			186	STL	S700		
93	OUT	Y7			187	LDI	T11		
94	STL	S4			188	OUT	T11	K5	
95	LD	X1			191	LD	T11		
96	SET	S41			192	STRDP	D0	K1M11	K4
98	LD	X2			199	LD	M11		
99	SET	S42			202	OUT	Y12		
101	STL	S41			203	LD	M13		
102	SET	Y1			204	OUT	Y13		
103	LD	X4			205	LD	M8020		
104	SET	S43			206	OUT	S1		
106	LDI	X3			208	STL	S2		
107	OUT	S47			209	LD	M8013		
109	STL	S42			210	OUT	Y11		
110	SET	Y2			211	OUT	Y12		
111	LD	X4			212	OUT	Y13		
112	SET	S44			213	RET			
114	LDI	X3			214	END			
115	OUT	S47							
117	STL	S45							
118	SET	Y3							
119	LDI	X5							
120	ORI	X7							
121	SET	S46							
123	STL	S46							
124	RST	Y3							
125	LDI	X3							
126	SET	S47							
128	LD	X4							
129	AND	X7							
130	OUT	S45							
132	STL	S47							
133	ZRST	Y1	Y2						
138	LD	M8000							
139	OUT	S4							
141	STL	S43							
142	LD	M8000							
143	SET	S45							
145	STL	S44							
146	LD	M8000							

2-5 程式設計解說

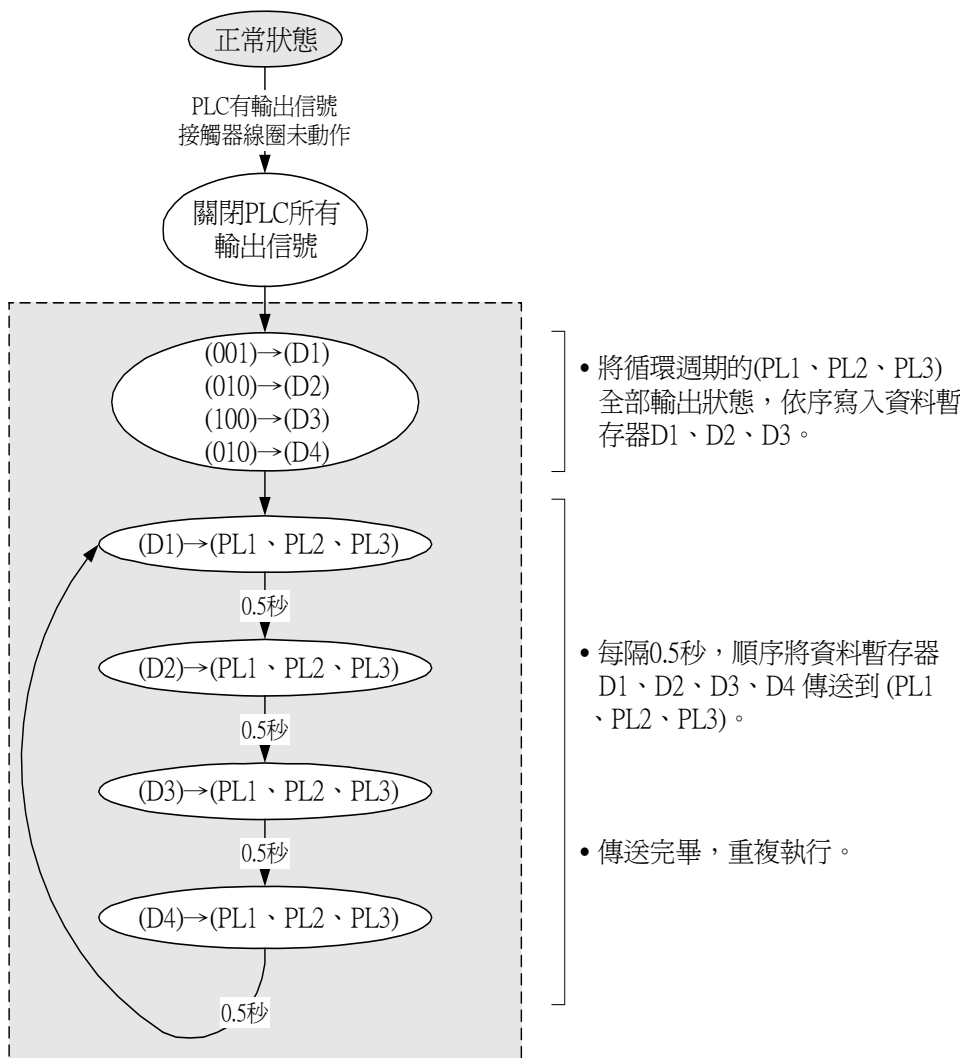
動作要求大部分與(範例一)相同，只有在"輸出確認與處理"部份，試題的動作要求稍有差異。所以，與(範例一)相同部分的設計，本單元不再花費篇幅討論，下列係針對兩者不同部分加以解說。

◎ 輸出確認警報流程設計

✓ PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作。

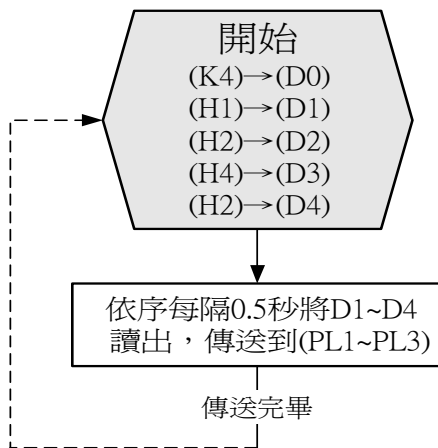
• 畫氣泡圖

依試題(其他部分)的動作要求說明，氣泡圖繪製如下圖：



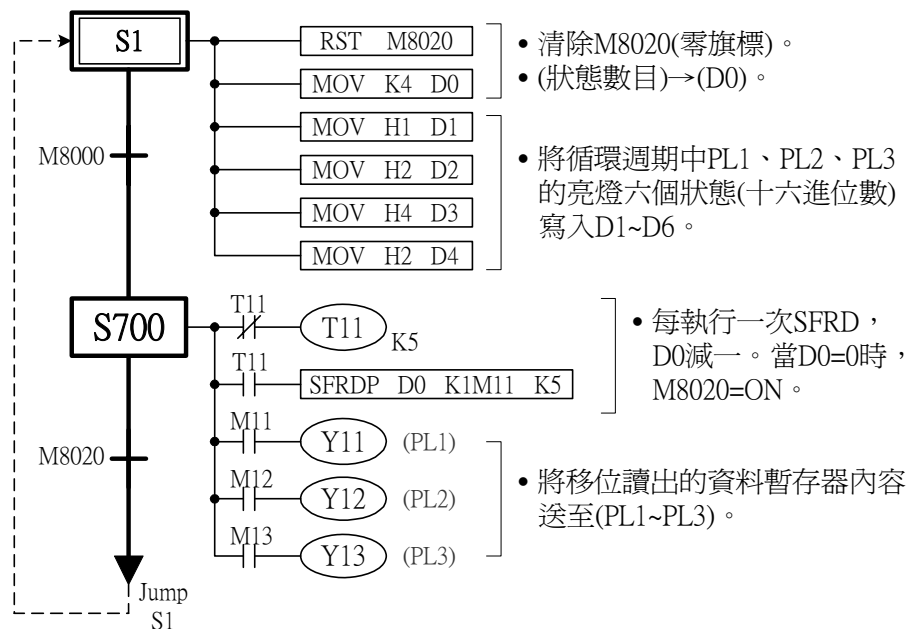
• 氣泡圖→結構圖

本題仍然利用 SFRD(位移讀出)指令設計流程，比照(範例一)的做法，將結構圖繪製如下：



• 結構圖→SFC 程式

依據上述結構圖，以 SFRD 指令撰寫的 SFC 程式，設計如下圖：



他未列出部分，與範例一相同。請參閱範例一的设计解說。

三 電動機順序啟動反順序停止控制

(範例三)

3-1 動作要求

一、正常操作部分：(同範例一)

二、過載及警報部分：(同範例一)

三、其他規定(PLC 控制附加動作要求)：

1. PL1、PL2、PL3、PL4 作為運轉及停車指示時，不能以 PLC 輸出接點直接控制。

2. MC1 與 MC2 須做外部連鎖。

3. PLC 須做輸出確認判斷及處理：

電磁接觸器線圈因故未能與其相對應之 PLC 輸出信號同步動作時

(1. PLC 有輸出，電磁接觸器線圈未動作或 2. PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作)，所有電動機均應停止運轉，且

(1) PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作：PL1、PL2、PL3 順序點滅(每次警亮一燈，間隔 0.5 秒)如下：

●○○→●●○→●●●→●●○→●○○→○○○→●○○→…

(2) PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作：PL1、PL2、PL3 同時閃亮(ON/0.5 秒，OFF/0.5 秒)如下：

●●●→○○○→●●●→○○○→●●●→……

(3)按 PB5，各故障點對應之運轉指示燈(指 PL1、PL2、PL3 之一)閃亮(ON/0.5 秒，OFF/0.5 秒)。

故障排除後，電源開關 ON，重新啟動 PLC，恢復正常操作的初始狀態。

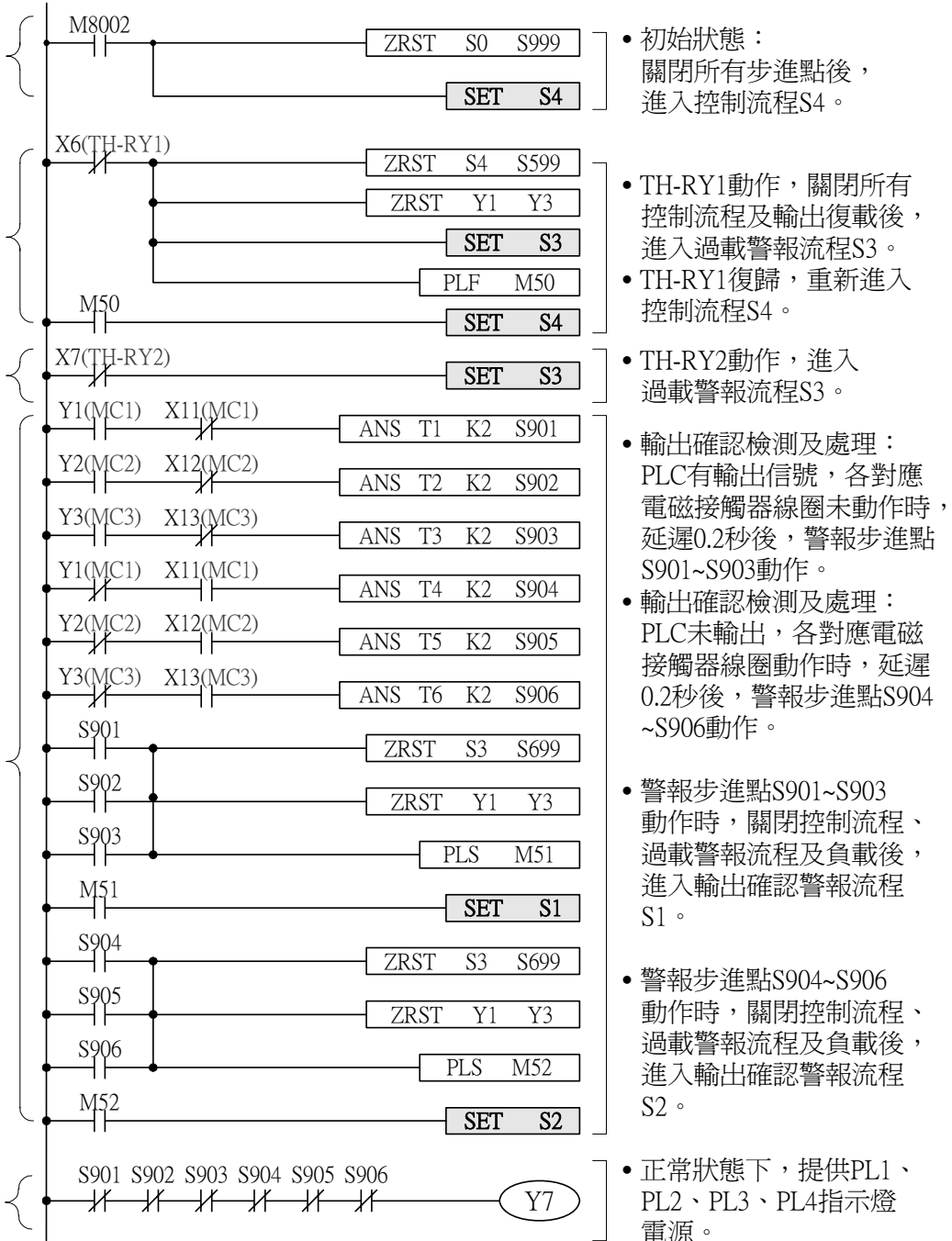
3-2 參考電路圖 (同範例一)

3-3 PLC 外部接線圖 (同範例一)

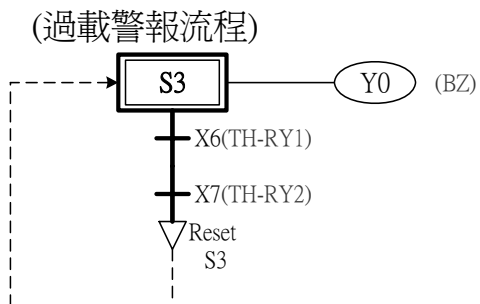
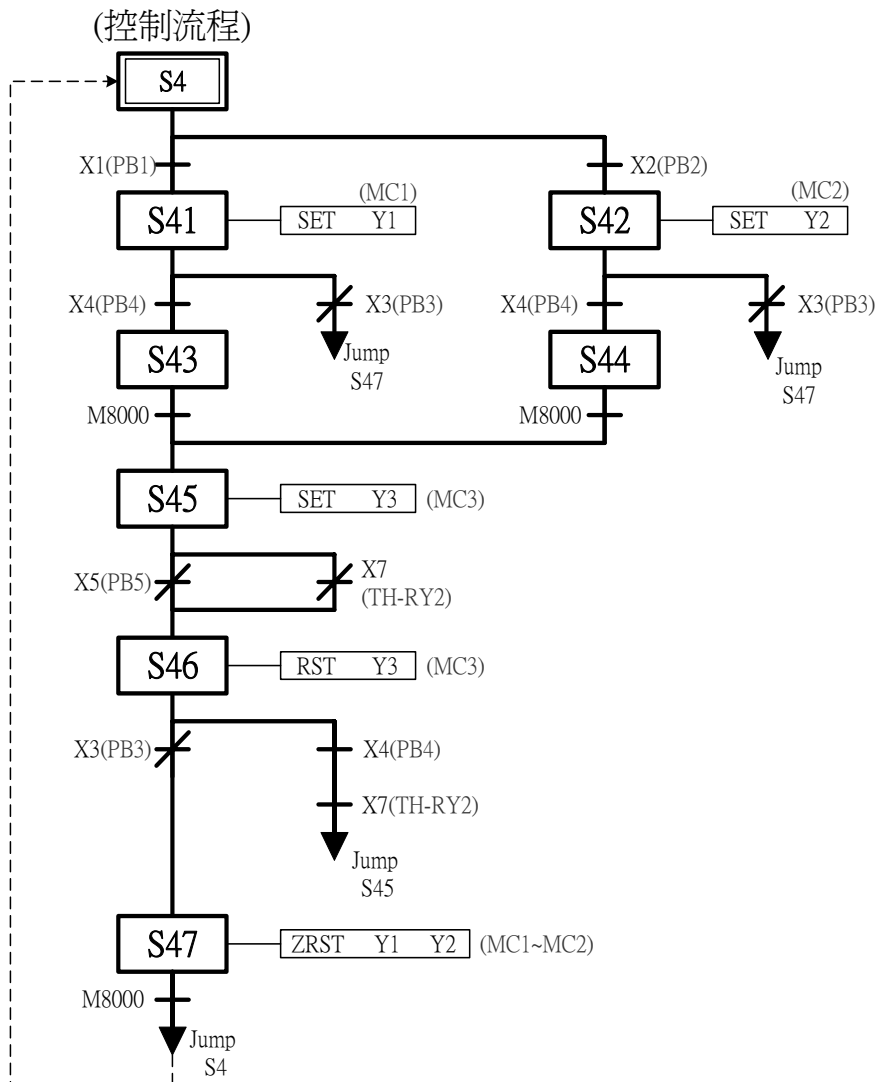
3-4 程式圖說(階梯流程圖)

一、SFC 程式

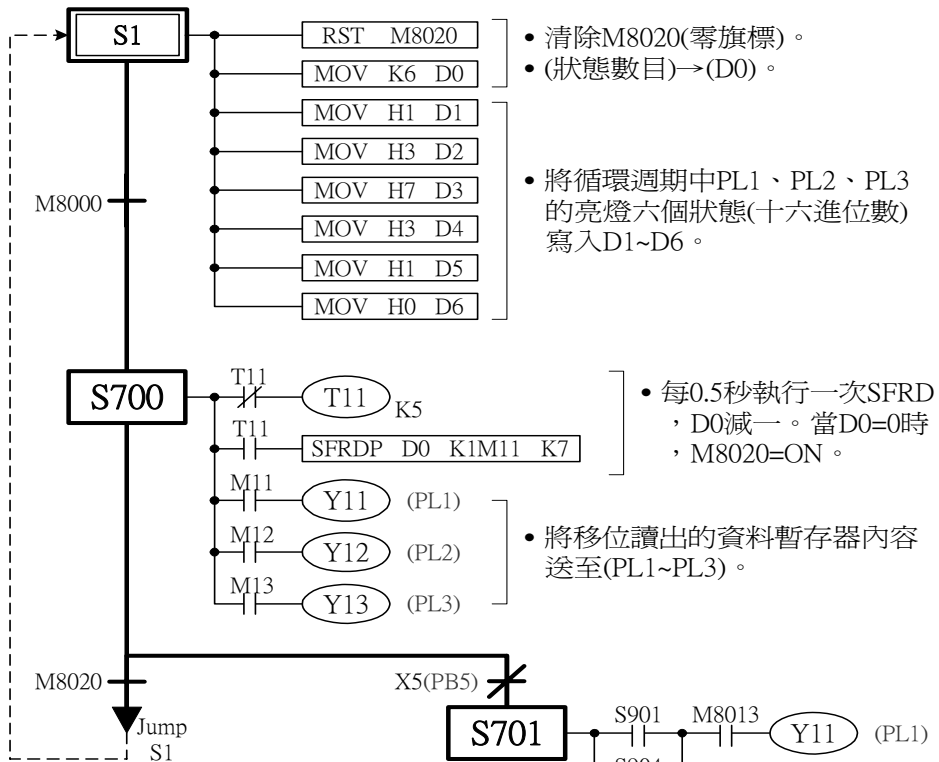
Ladder 0 (起始階梯圖區塊)



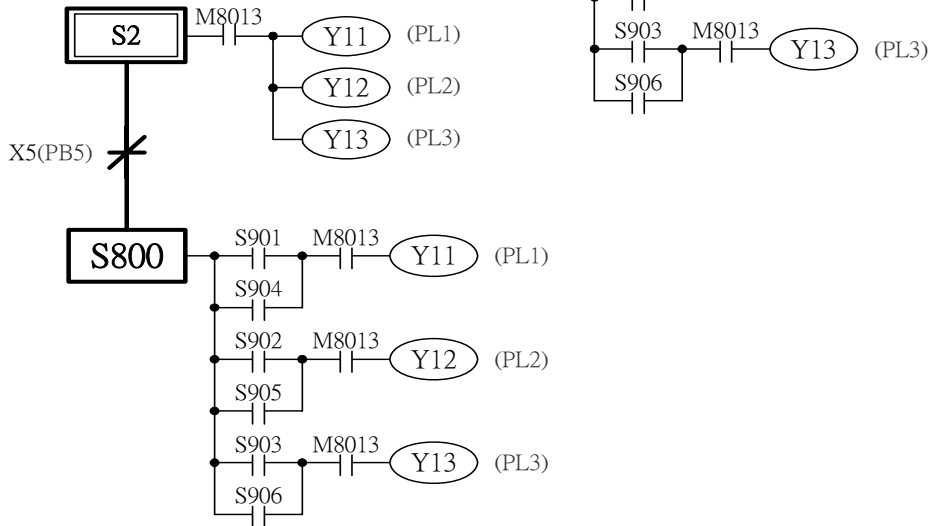
- 初始狀態：關閉所有步進點後，進入控制流程S4。
- TH-RY1動作，關閉所有控制流程及輸出復載後，進入過載警報流程S3。
- TH-RY1復歸，重新進入控制流程S4。
- TH-RY2動作，進入過載警報流程S3。
- 輸出確認檢測及處理：PLC有輸出信號，各對應電磁接觸器線圈未動作時，延遲0.2秒後，警報步進點S901~S903動作。
- 輸出確認檢測及處理：PLC未輸出，各對應電磁接觸器線圈動作時，延遲0.2秒後，警報步進點S904~S906動作。
- 警報步進點S901~S903動作時，關閉控制流程、過載警報流程及負載後，進入輸出確認警報流程S1。
- 警報步進點S904~S906動作時，關閉控制流程、過載警報流程及負載後，進入輸出確認警報流程S2。
- 正常狀態下，提供PL1、PL2、PL3、PL4指示燈電源。



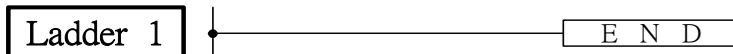
(輸出確認警報流程 - 1)



(輸出確認警報流程 - 2)



(結尾階梯圖區塊)



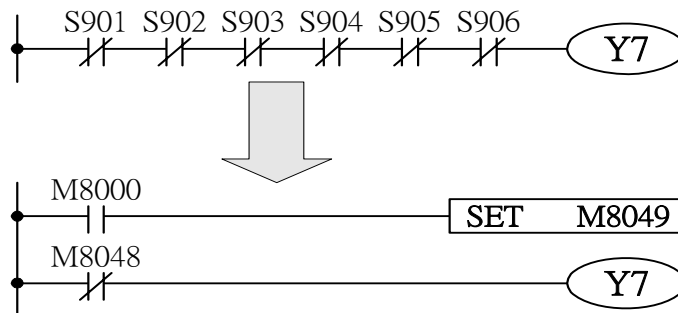
二、指令程式

0	LD	M8002				126	STL	S4	
1	ZRST	S0	S999			127	LD	X1	
6	SET	S4				128	SET	S41	
8	LDI	X6				130	LD	X2	
9	ZRST	S4	S599			131	SET	S42	
14	ZRST	Y1	Y3			133	STL	S41	
19	SET	S3				134	SET	Y1	
21	PLF	M50				135	LD	X4	
23	LD	M50				136	SET	S43	
24	SET	S4				138	LDI	X3	
26	LDI	X7				139	OUT	S47	
27	SET	S3				141	STL	S42	
29	LD	Y1				142	SET	Y2	
30	ANI	X11				143	LD	X4	
31	ANS	T1	K2	S901		144	SET	S44	
38	LD	Y2				146	LDI	X3	
39	ANI	X12				147	OUT	S47	
40	ANS	T2	K2	S902		149	STL	S45	
47	LD	Y3				150	SET	Y3	
48	ANI	X13				151	LDI	X5	
49	ANS	T3	K2	S903		152	ORI	X7	
56	LDI	Y1				153	SET	S46	
57	AND	X11				155	STL	S46	
58	ANS	T4	K2	S904		156	RST	Y3	
65	LDI	Y2				157	LDI	X3	
66	AND	X12				158	SET	S47	
67	ANS	T5	K2	S905		160	LD	X4	
74	LDI	Y3				161	AND	X7	
75	AND	X13				162	OUT	S45	
76	ANS	T6	K2	S906		164	STL	S47	
83	LD	S901				165	ZRST	Y1	Y2
84	OR	S902				170	LD	M8000	
85	OR	S903				171	OUT	S4	
86	ZRST	S3	S699			173	STL	S43	
91	ZRST	Y1	Y3			174	LD	M8000	
96	PLS	M51				175	SET	S45	
98	LD	M51				177	STL	S44	
99	SET	S1				178	LD	M8000	
101	LD	S904				179	SET	S45	
102	OR	S905				181	STL	S3	
103	OR	S906				182	OUT	Y0	
104	ZRST	S3	S699			183	LD	X6	
109	ZRST	Y1	Y3			184	AND	X7	
114	PLS	M52				185	RST	S3	
116	LD	M52				187	STL	S1	
117	SET	S2				188	RST	M8020	
119	LDI	S901				190	MOV	K6	D0
120	ANI	S902				195	MOV	H1	D1
121	ANI	S903				200	MOV	H3	D2
122	ANI	S904				205	MOV	H7	D3
123	ANI	S905				210	MOV	H3	D4
124	ANI	S906				215	MOV	H1	D5
125	OUT	Y7				220	MOV	H0	D6

225	LD	M8000			262	LD	S903
226	SET	S700			263	OR	S906
228	STL	S700			264	AND	M8013
229	LDI	T11			265	OUT	Y13
230	OUT	T11	K5		266	STL	S2
233	LD	T11			267	LD	M8013
234	SFRDP	D0	K1M11	K7	268	OUT	Y11
241	LD	M11			269	OUT	Y12
242	OUT	Y11			270	OUT	Y13
243	LD	M12			271	LDI	X5
244	OUT	Y12			272	SET	S800
245	LD	M13			274	STL	S800
246	OUT	Y13			275	LD	S901
247	LD	M8020			276	OR	S904
248	OUT	S1			277	AND	M8013
250	LDI	X5			278	OUT	Y11
251	SET	S701			279	LD	S902
253	STL	S701			280	OR	S905
254	LD	S901			281	AND	M8013
255	OR	S904			282	OUT	Y12
256	AND	M8013			283	LD	S903
257	OUT	Y11			284	OR	S906
258	LD	S902			285	AND	M8013
259	OR	S905			286	OUT	Y13
260	AND	M8013			287	RET	
261	OUT	Y12			288	END	

《補充說明》

當 M8049=ON 時，S900~S999 之中有任一個警報步進點動作時，M8048=ON，因此，如下圖：S900~S906 的六個 b 接點串聯可以用 M8048 的 b 接點替代，不過須先啟動 M8049。



3-5 程式設計解說

範例三的動作要求大部分與範例一相同，只有在"輸出確認與處理"部份，試題的動作要求稍有差異。所以，與範例一相同部分的設計本單元不再花費篇幅討論，下列係針對兩者不同部分加以解說。

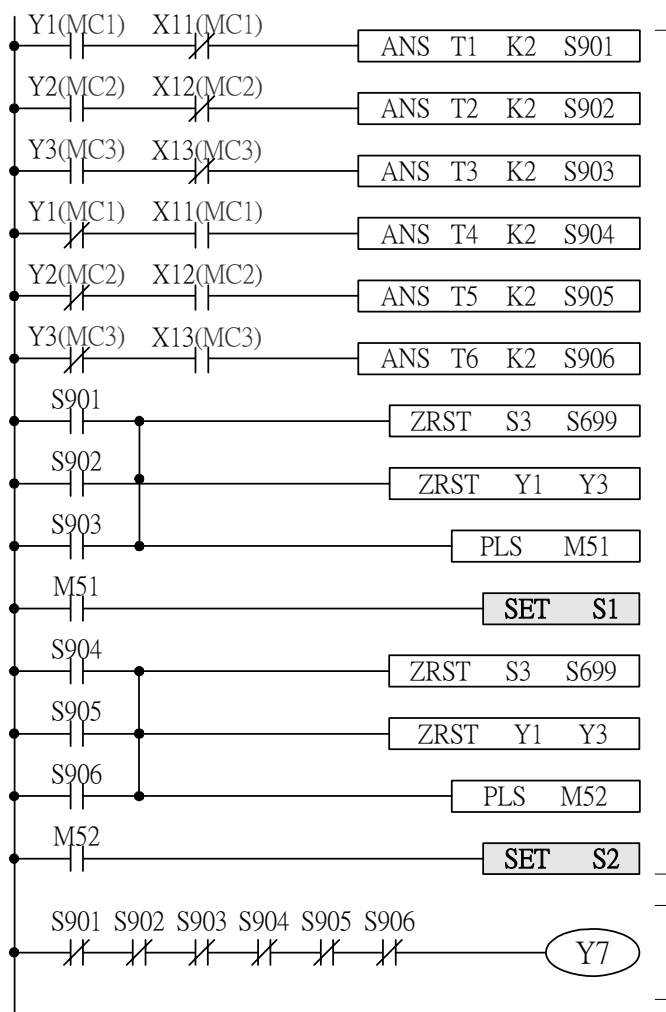
1. 輸出確認偵測的設計

兩種輸出確認故障現象：

(1)PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作。

(2)PLC 沒有輸出信號，電磁接觸器線圈動作。

應分別偵測及處理如下圖：



- 輸出確認檢測及處理：
PLC有輸出信號，各對應電磁接觸器線圈未動作時，延遲0.2秒後，警報步進點S901~S903動作。
- 輸出確認檢測及處理：
PLC未輸出，各對應電磁接觸器線圈動作時，延遲0.2秒後，警報步進點S904~S906動作。
- 警報步進點S901~S903動作時，關閉控制流程、過載警報流程及負載後，進入輸出確認警報流程S1。
- 警報步進點S904~S906動作時，關閉控制流程、過載警報流程及負載後，進入輸出確認警報流程S2。
- 正常狀態下，提供PL1、PL2、PL3、PL4指示燈電源。

說明

- (1)當 PLC 有輸出信號，而三只電磁接觸器中，任一對應的電磁接觸器線圈未與輸出信號同步動作時，在該故障現象維持 0.2 秒後，警報步進點產生動作：
 - MC1 線圈未同步動作時→S901 動作。
 - MC2 線圈未同步動作時→S902 動作。
 - MC3 線圈未同步動作時→S903 動作。
- (2)當 PLC 沒有輸出信號，而三只電磁接觸器中，任一對應的線圈產生動作時，在該故障現象維持 0.2 秒後，警報步進點動作：
 - MC1 線圈動作時→S904 動作。
 - MC2 線圈動作時→S905 動作。
 - MC3 線圈動作時→S906 動作。
- (3)電磁接觸器與其接點間的反應時間訂為 0.2 秒，可以視情況調整，但不能太長，以免在故障產生時，造成危險。
- (4)警報步進點 S901、S902 或 S903 動作時，關閉控制流程、過載警報流程的步進點及輸出負載，進入輸出確認警報流程 S1。
- (5)警報步進點 S904、S905 或 S906 動作時，關閉控制流程、過載警報流程的步進點及輸出負載，進入輸出確認警報流程 S2。
- (6)S901~S906 任一警報步進點動作時，PLC 的輸出端子 Y7 沒有動作信號輸出，Y7 端子所連接的運轉指示燈(PL1、PL2、PL3、PL4)也同步熄滅。
- (7)輸出確認故障排除後，電源開關 ON，重新啟動 PLC，恢復正常操作的初始狀態。

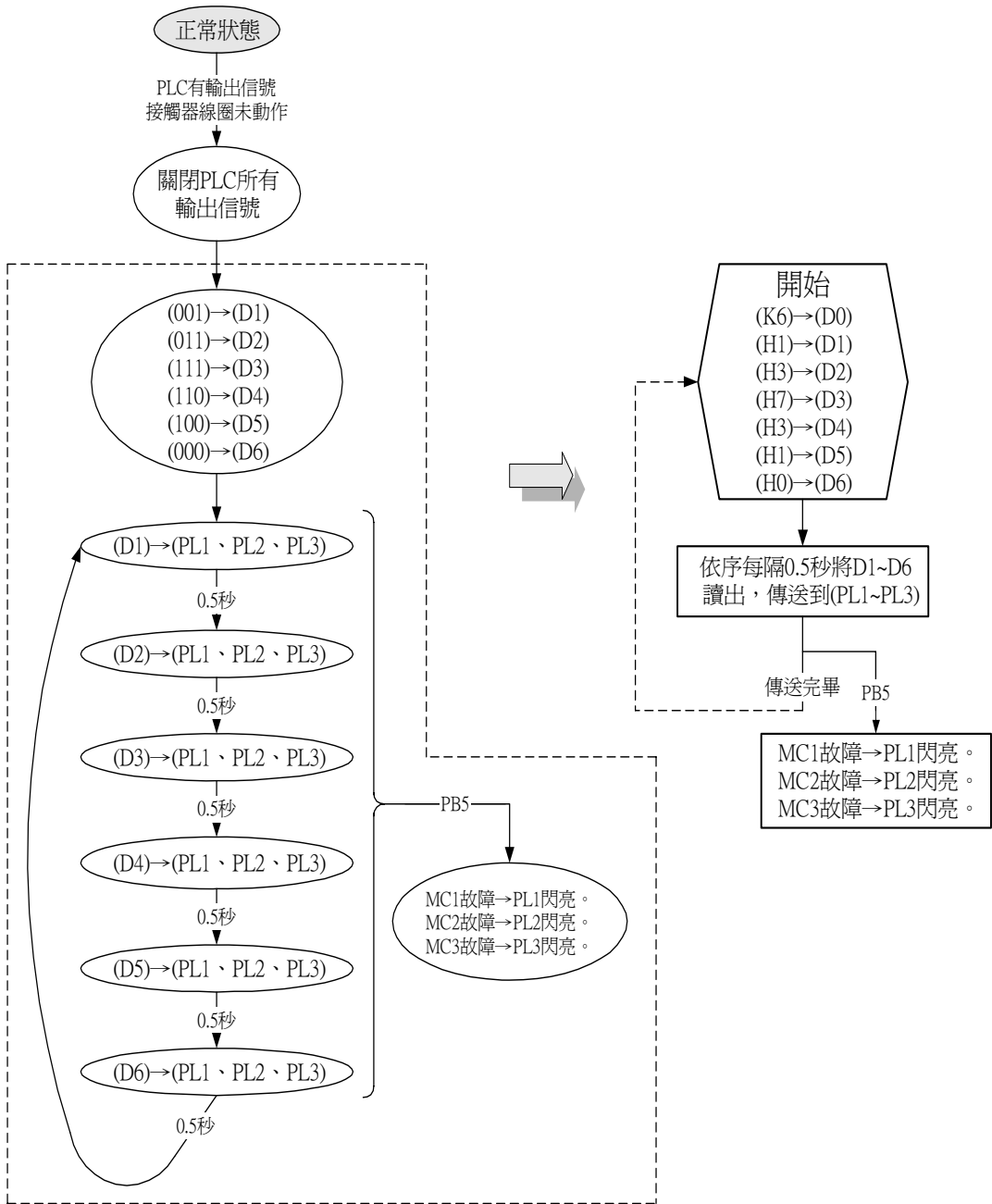
2. 輸出確認警報流程設計

依據"其他規定"的試題說明，將輸出確認的警報流程分成兩部分。

- ☑ PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作。

• 畫氣泡圖

依據範例三試題其他部分的動作要求，氣泡圖繪製如下圖(左半部分)。

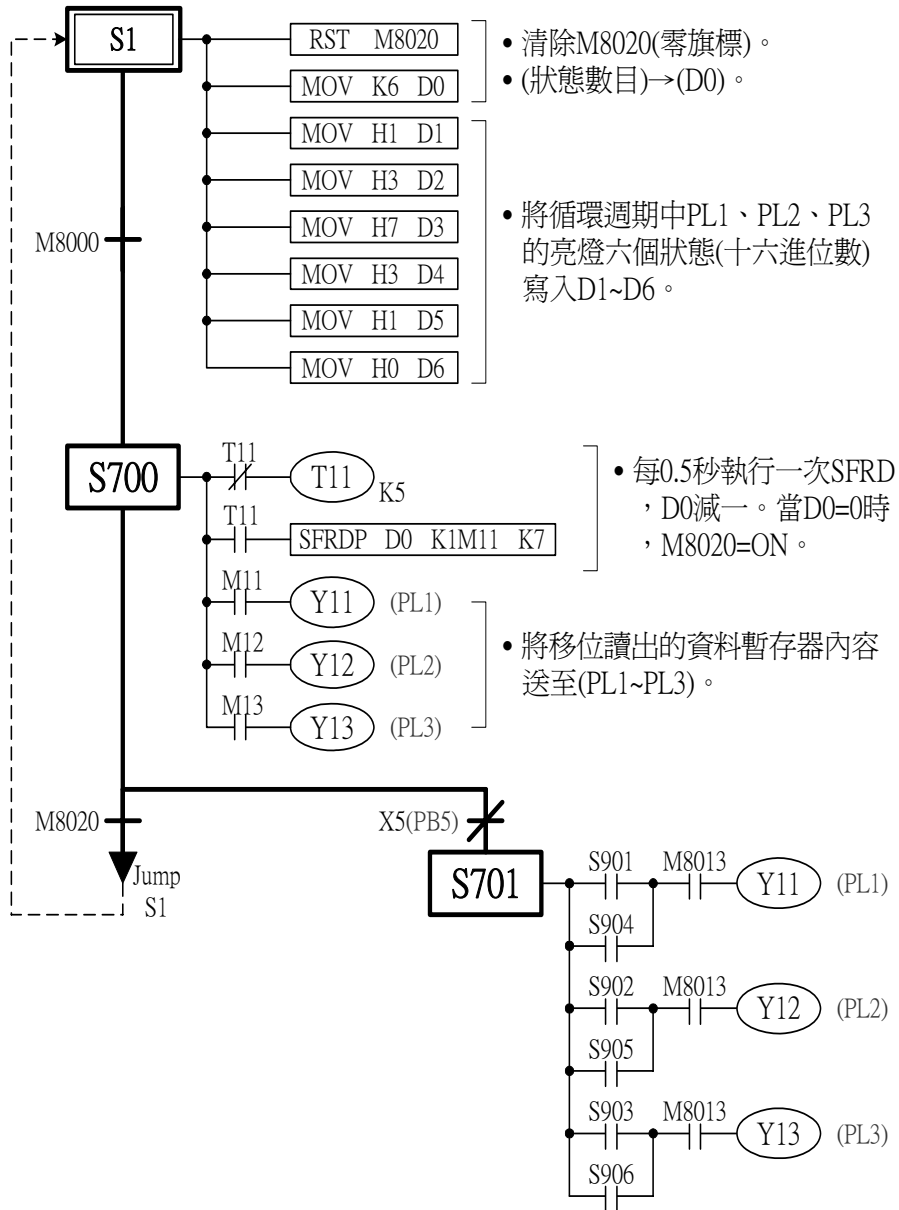


• 氣泡圖→結構圖

範例三仍然利用 SFRD(位移讀出)指令設計流程，比照範例一的做法，將結構圖繪製如上圖(右半部分)。

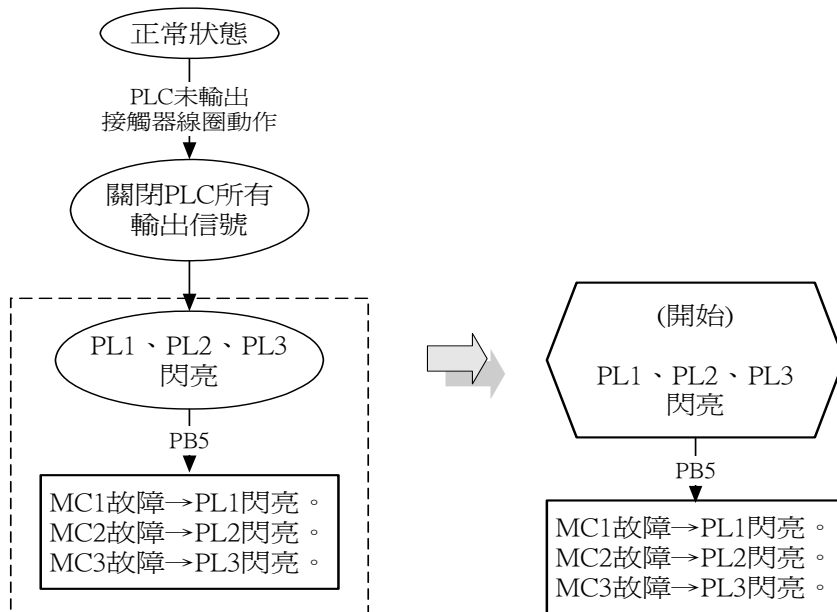
• 結構圖→SFC 程式

依據上述結構圖，以 SFRD 指令撰寫的 SFC 程式，設計如下圖：



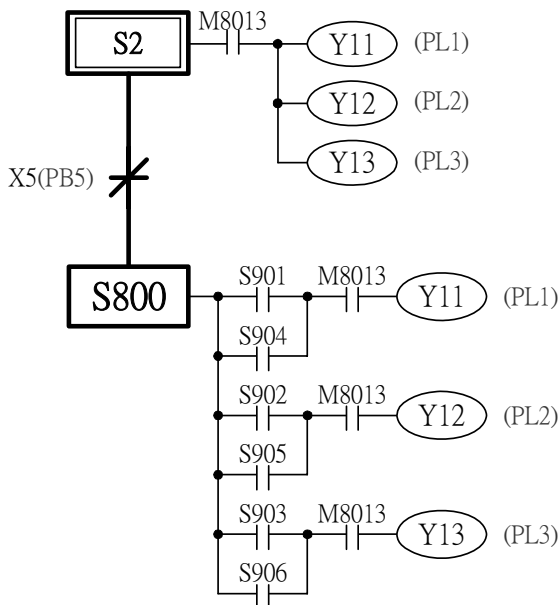
- ✓ PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作。

• 畫氣泡圖 如下圖(左半部分)：



• 氣泡圖→結構圖 如上圖(右半部分)。

• 結構圖→SFC 程式 依上述結構圖，SFC 程式，設計如下圖：



※ 其他未列出部分，與範例一相同，請參閱範例一的设计解說。

四 電動機順序啟動反順序停止控制

(範例四)

4-1 動作要求

一、正常操作部分：(同範例一)

二、過載及警報部分：(同範例一)

三、其他規定(PLC 控制附加動作要求)：

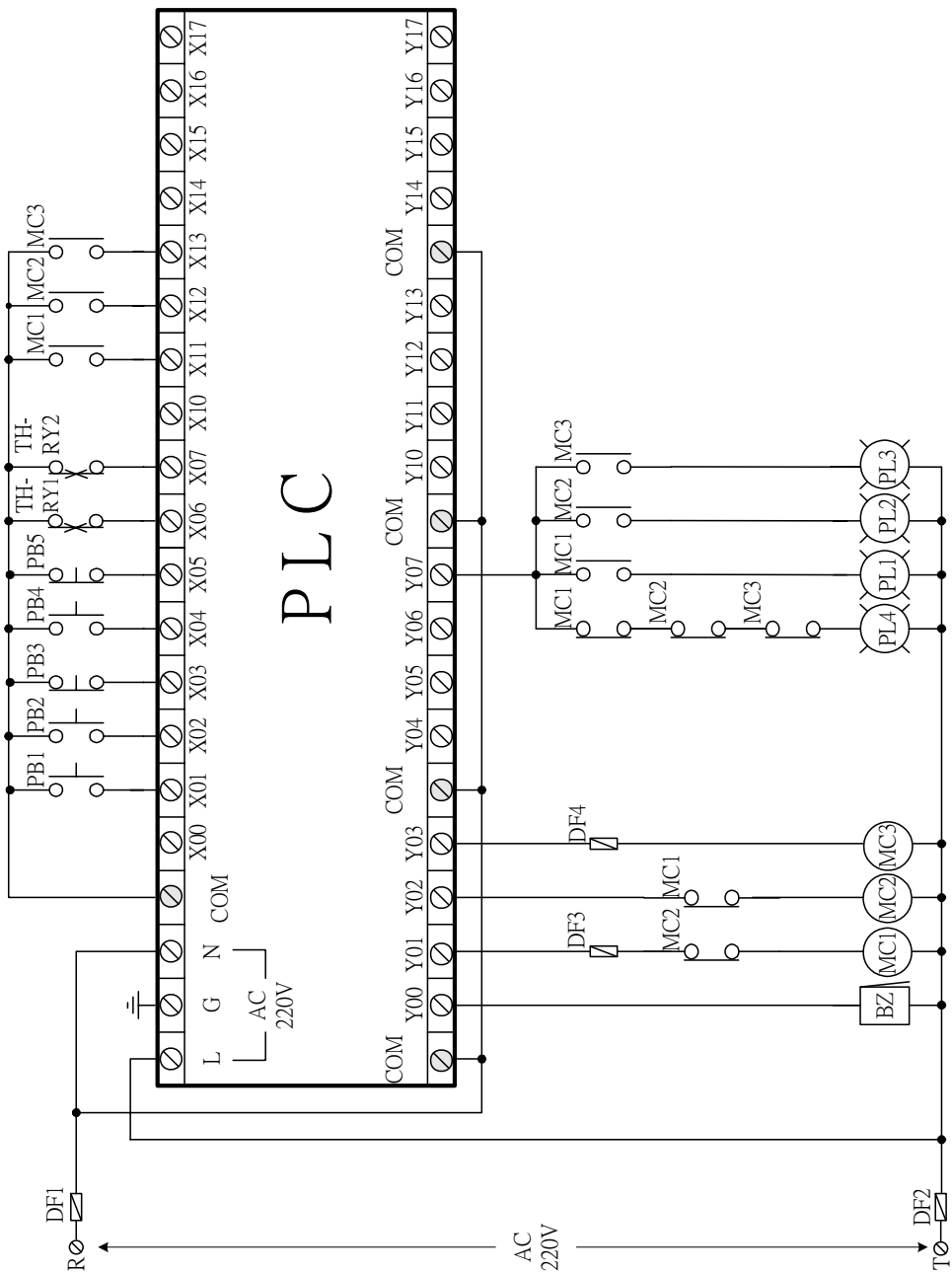
1. PL1、PL2、PL3、PL4 作為運轉及停車指示時，不能以 PLC 輸出接點直接控制。
2. MC1 與 MC2 須做外部連鎖。
3. PLC 須做輸出確認判斷及處理：

電磁接觸器線圈因故未能與其相對應之 PLC 輸出信號同步動作時(1. PLC 有輸出，電磁接觸器線圈未動作或 2. PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作)，所有電動機均應停止運轉，且

- (1) PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作：BZ 斷續響(ON/0.5 秒，OFF/0.5 秒)。
- (2) PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作：BZ 斷續響(ON/3 秒，OFF/4.5 秒)。按 PB5，BZ 停響；故障排除後，電源開關 ON，重新啟動 PLC，恢復正常操作的初始狀態。

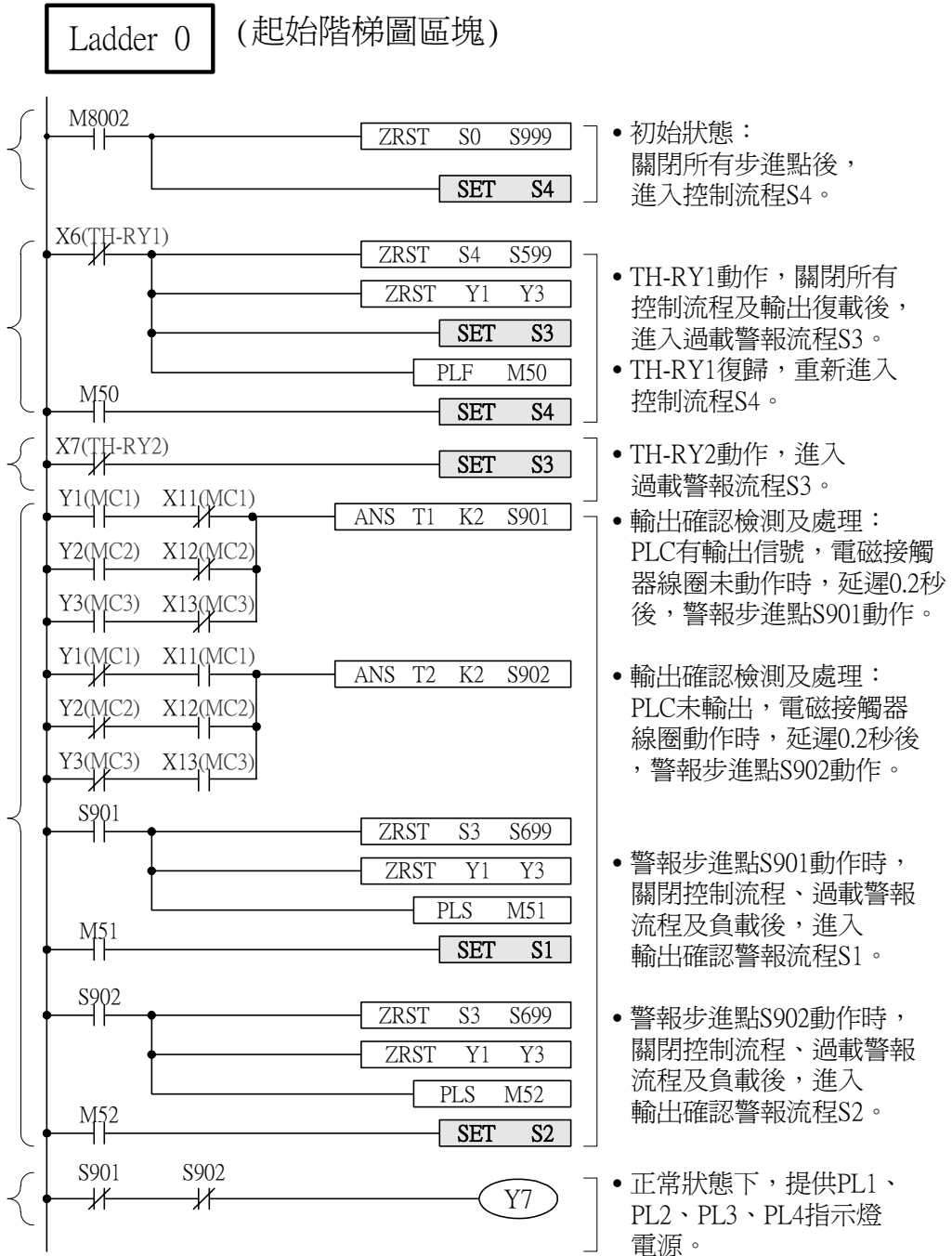
4-2 參考電路圖 (同範例一)

4-3 PLC 外部接線圖

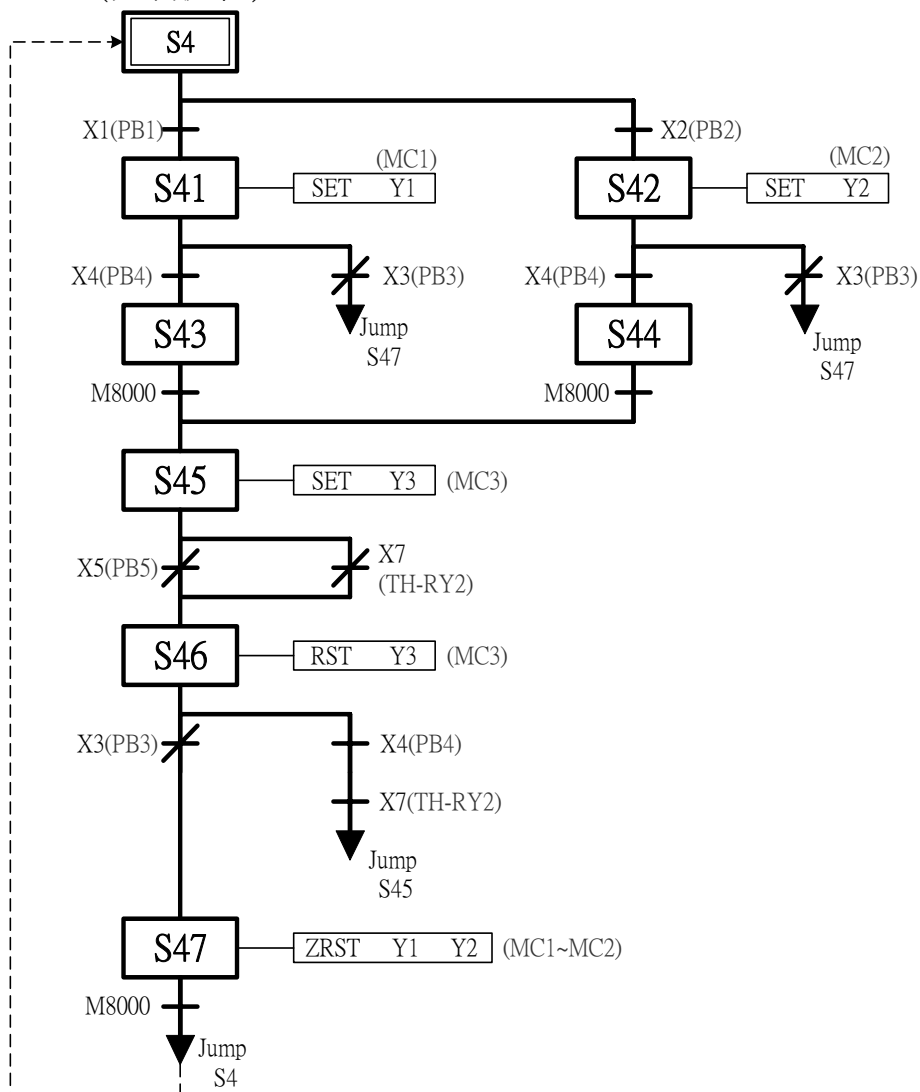


4-4 程式圖說(階梯流程圖)

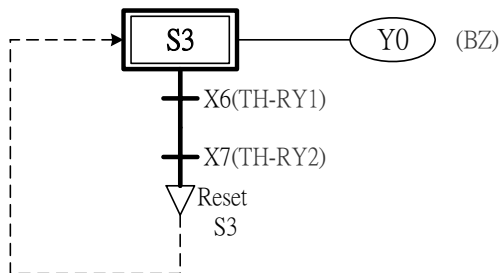
一、SFC 程式



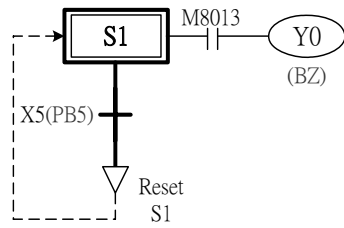
(控制流程)



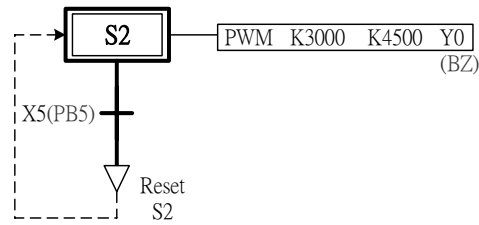
(過載警報流程)



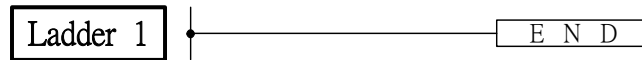
(輸出確認警報流程 - 1)



(輸出確認警報流程 - 2)



(結尾階梯圖區塊)



4-5 程式設計解說

範例四的動作要求大部分與範例一相同，只有在"輸出確認與處理"部份，試題的動作要求稍有差異。所以，與範例一相同部分的設計，本單元不再花費篇幅討論，下列係針對兩者不同部分加以解說。

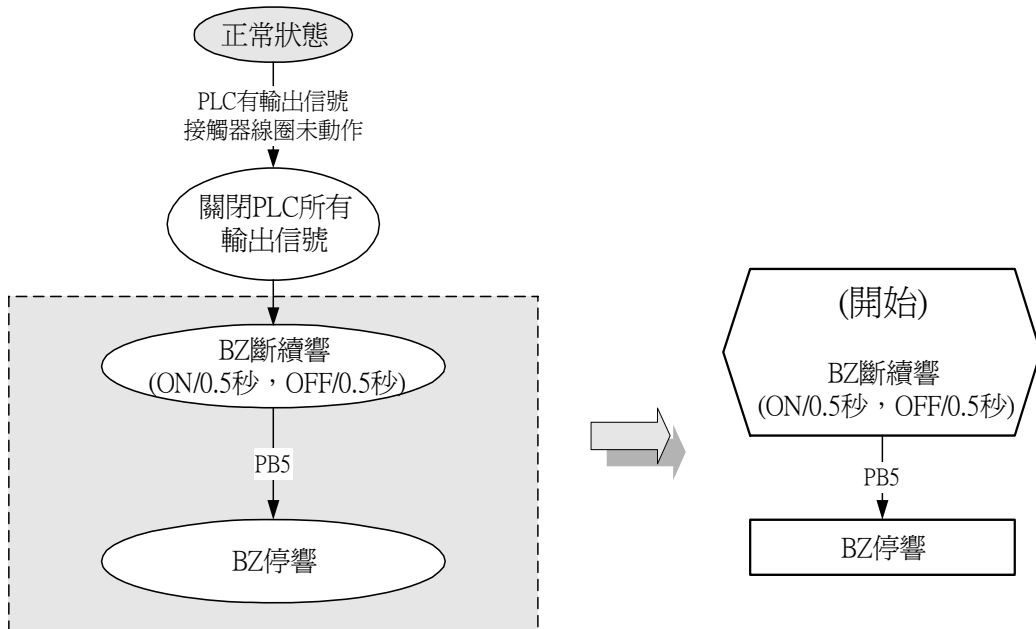
◎ 輸出確認警報流程設計

依據"其他規定"的試題說明，將輸出確認的警報流程分成兩部分。

☑ PLC 有輸出信號，電磁接觸器線圈未動作。

• 畫氣泡圖

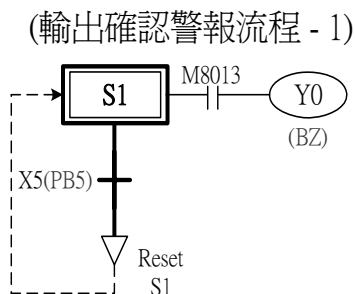
依據範例四試題(其他部分)的動作要求，氣泡圖繪製如下圖(左半部分)。



• 氣泡圖→結構圖 將氣泡圖改成結構圖如上圖(右半部分)。

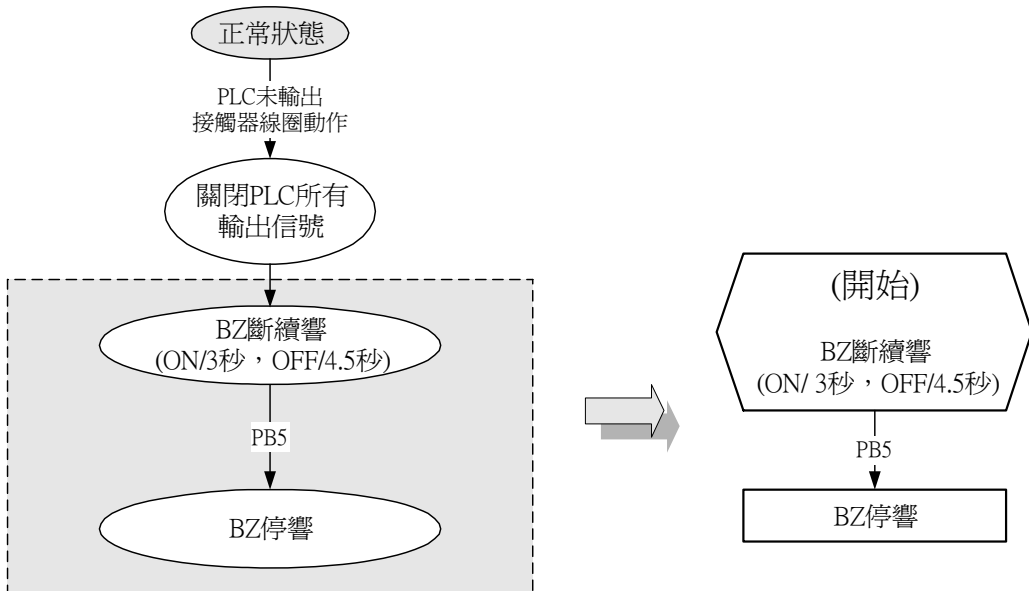
• 結構圖→SFC 程式

依據上述結構圖，SFC 程式，設計如下圖：



✓ PLC 未輸出，電磁接觸器線圈動作。

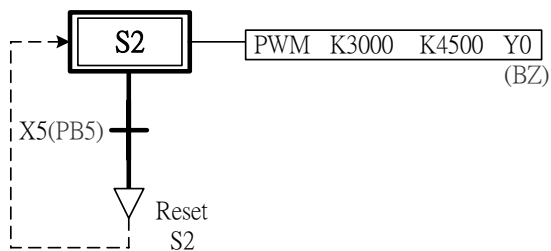
- 畫氣泡圖 如下圖(左半部分)：



- 氣泡圖→結構圖 如上圖(右半部分)。

- 結構圖→SFC 程式 依上述結構圖，SFC 程式，設計如下圖：

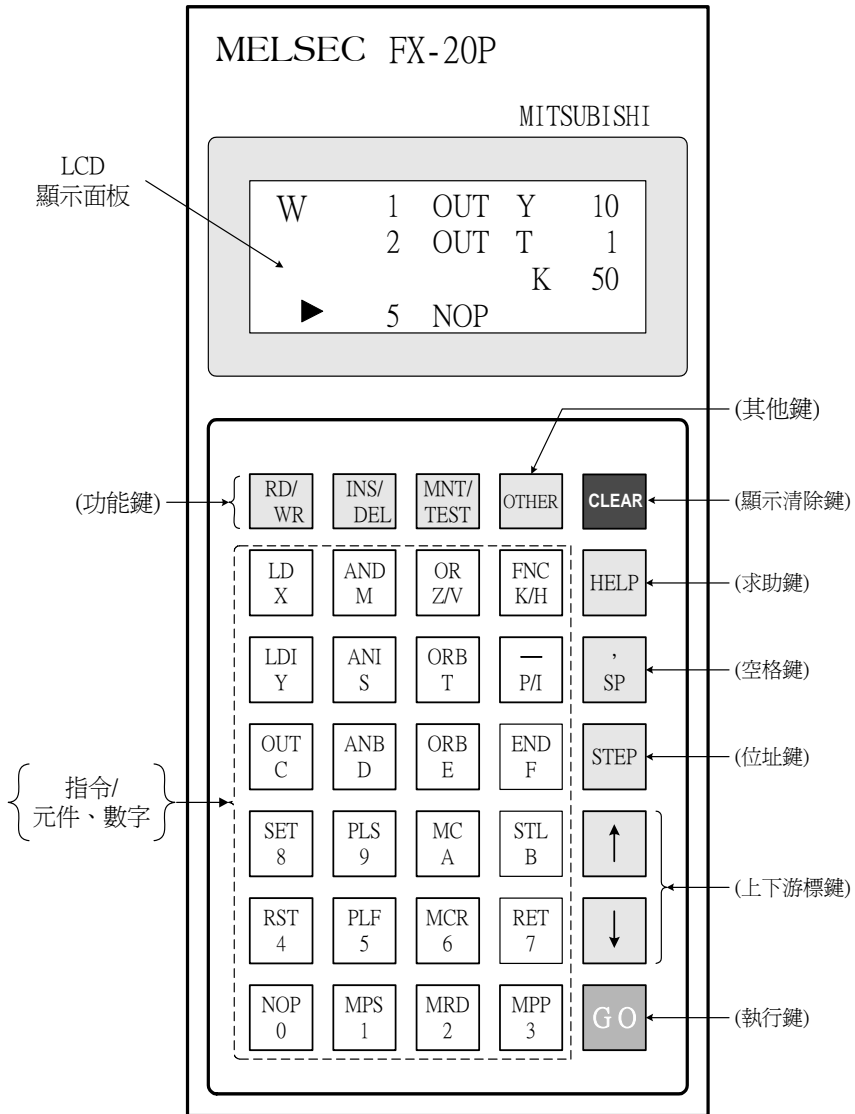
(輸出確認警報流程 - 2)



※其他未列出部分，與範例一相同，請參閱範例一的設計解說。

☑ 《附錄 A》 掌上型書寫器 (FX-20P-E) 的使用方法

一、操作面板介紹



說明

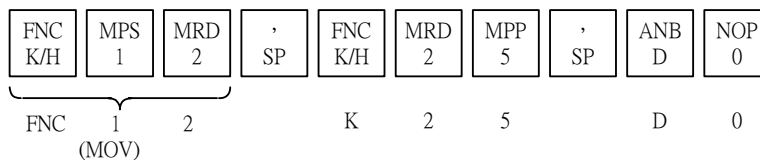
1. 功能鍵 **RD/WR** **INS/DEL** **MNT/TEST**：單按選擇上層，雙按選擇下層。

操作鍵	單按	雙按
RD/WR	讀出狀態	寫入狀態
INS/DEL	插入狀態	刪除狀態
MNT/TEST	監視狀態	測試狀態

2. **OTHER**：顯示"操作模式選單"。
3. **CLEAR**：清除鍵
 - 清除鍵入內容(未按 **GO** 鍵之前)。
 - 脫離操作結果的顯示訊息(例如搜尋不到時顯示 NOT FOUND)。
 - 脫離應用指令的 FNC 選單。
4. **HELP**：求助鍵。
 - 應用指令以 **FNC** + **號碼** 鍵入，不記得編號時：按 **FNC** 再按 **HELP** 會顯示"應用指令的 FNC 對照號碼"。找到要使用的指令後，可以直接按數字(尾數)選擇並使用該指令。
5. **SP** (空格鍵)：指令的運算子不只一個時，以 **SP** 隔開(換行顯示)。

範例 OUT T1 K5 → **OUT** **T1** **SP** **K5** (※T1、K5 為 OUT 的運算子)

6. **STEP**：輸入指令位址號碼。
7. **↑** **↓**：游標上下移動。
8. **GO**：輸入鍵 (指令→記憶體，與電腦的 **Enter** 鍵相同作用)。
9. "指令/元件、數字"輸入鍵：如操作面板的虛線框範圍部分，共 24 鍵。
 - 上層：指令，下層：元件或數字。(例外：**P/I** 上層為"負號")
 - 以指令的結構及輸入的順序來決定按鍵要顯示的內容。(第一次按的一定是指令(上層)，第二次以後按的是下層(數字、元件))。



範例

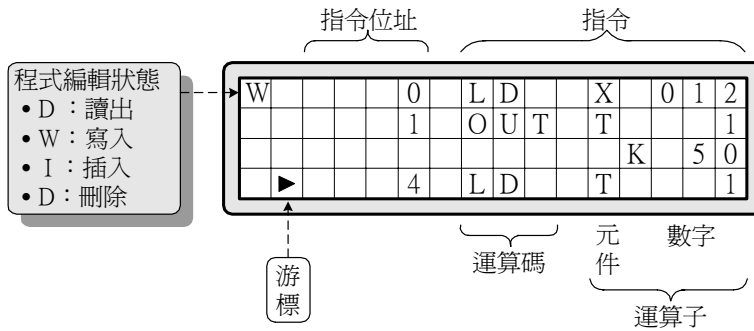
- 運算子 **P/I** **K/H** **V/Z** 三個鍵是屬於單按選擇上層(P、K、V)，雙按選擇下層(I、H、Z)的操作方式。

10.FX2N、FX1N、FX1S 新增加的基本指令是以按鍵組合方式輸入：

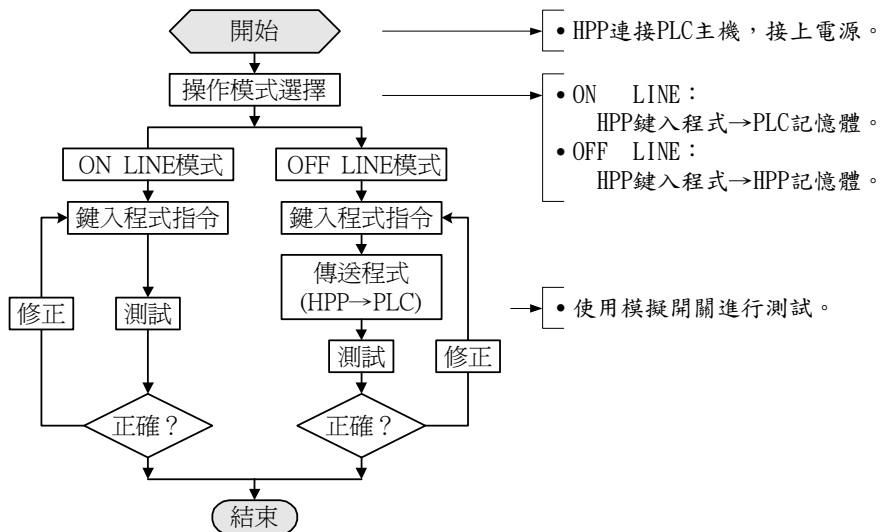
指令	按鍵操作方式
LDP	按 LD 後接著按 P
LDF	按 LD 後接著按 F
ANDP	按 AND 後接著按 P
ANDF	按 AND 後接著按 F
ORP	按 OR 後接著按 P
ORF	按 OR 後接著按 F
INV	按 NOP 後接著按 P

※ **P**：即 **P/I** 鍵按一次。

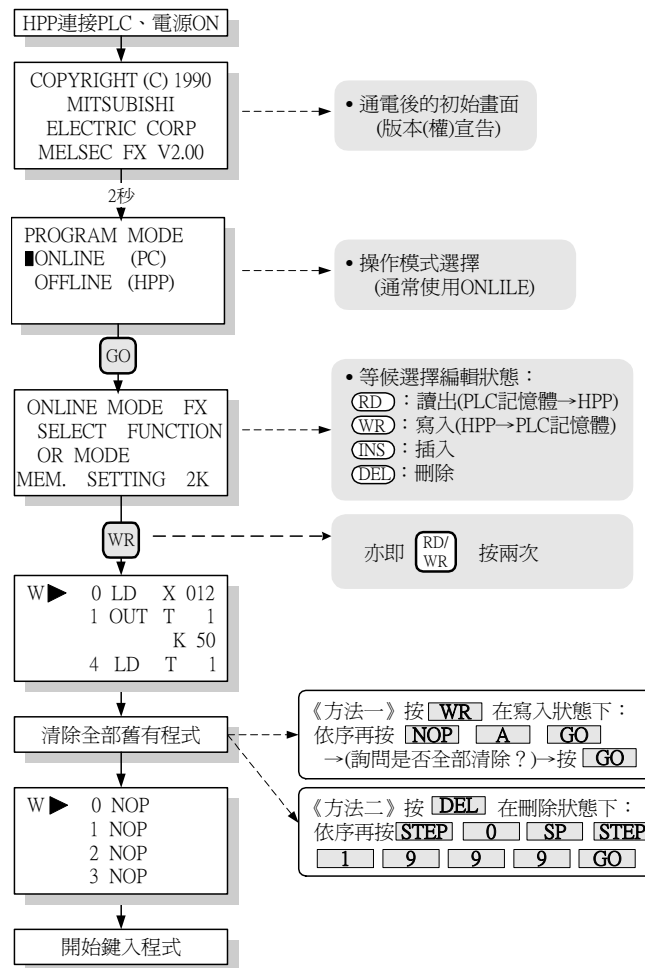
二、LCD 顯示器



三、程式編寫流程



四、程式編寫範例



五、其他程式編輯有關的操作

1. 程式搜尋

(1) 搜尋指令位址

RD (讀出狀態下)……→ STEP 位址號碼 GO 。

(2) 搜尋指令

RD (讀出狀態下)……→ 指令(運算碼 + 運算子) GO 。

(3) 搜尋元件

RD (讀出狀態下)……→ SP 元件名稱 元件號碼 GO 。

※要先按 SP(空格鍵)，元件名稱才能按得出來，否則會顯示指令。

(4) 搜尋指標(P、I)

RD (讀出狀態下)……→ 指標(P、I)名稱 指標號碼 GO 。

2. 程式更改(覆寫)

- 游標移到將修改的指令位址上。
- 在寫入狀態下直接鍵入新的指令後按 **GO** 鍵即可。
WR (寫入狀態下)……→ 指令(運算碼 + 運算子) **GO** 。
- 按 **SP** 空格鍵才能輸入的運算子(如 **OUT T1 K50** 指令的 **K50** 或 **FNC 12 K100 D10** 的 **K100** 及 **D10**)，由於這些運算子各在 LCD 顯示板上自成一列，因此，可以將游標移到其位址上直接更改。

3. 程式插入

- 要將指令插在那一個指令之前，就將游標移到該指令的位址上。
- 在插入狀態下，直接鍵入欲插入的指令內容後，按 **GO** 鍵即可。
INS (插入狀態下)……→ 指令(運算碼 + 運算子) **GO** 。

4. 程式刪除

(1) 刪除單列指令

- 將游標移到欲刪除指令的位址上。
- 在刪除狀態下，直接按 **GO** 鍵即可。
DEL (刪除狀態下)……→ **GO** 。

(2) 刪除某段範圍全部指令(例如將位址 0~100 全數刪除)

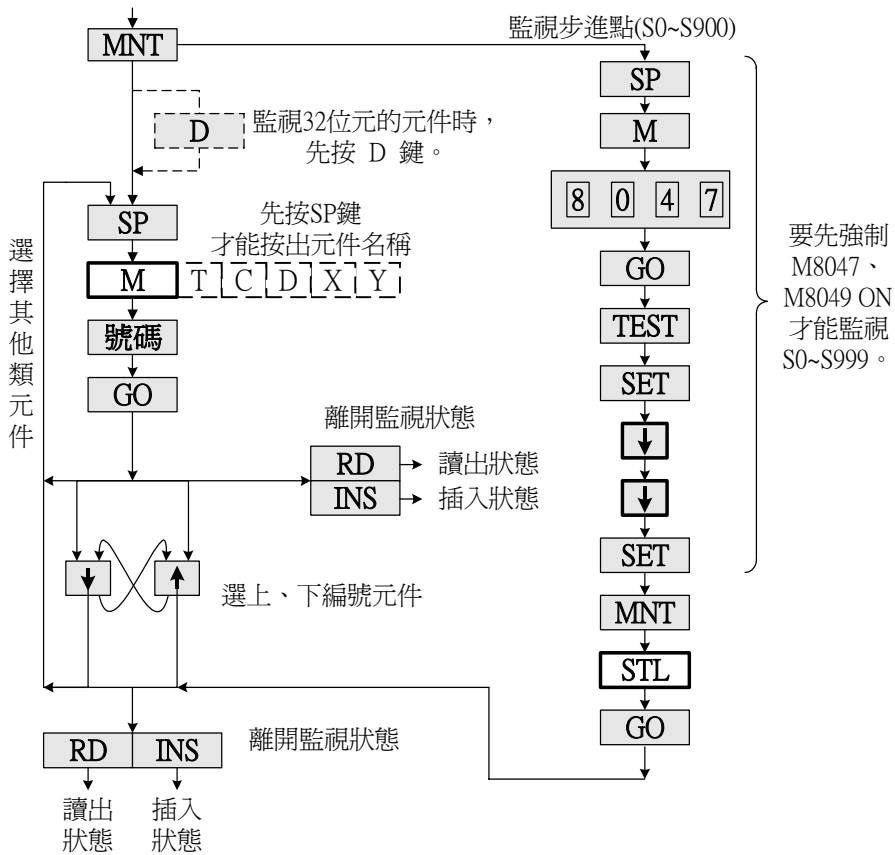
DEL……→ **STEP 0 SP STEP 1 0 0 GO** 。

(3) 刪除程式當中的所有 NOP 指令

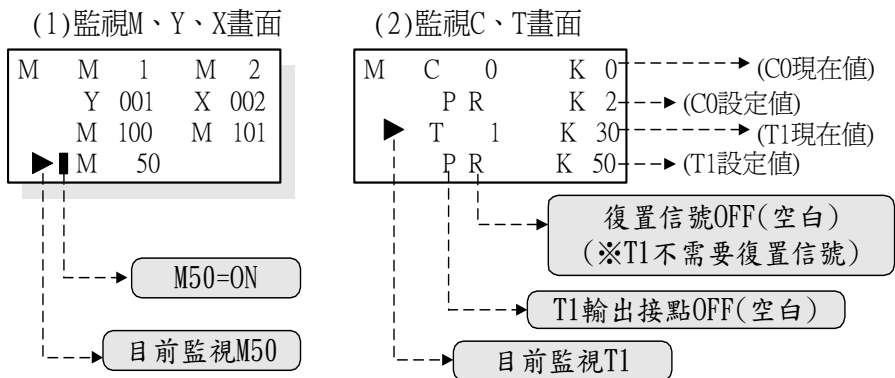
DEL (刪除狀態下)……→ **NOP GO** 。

六、監視/測試基本操作

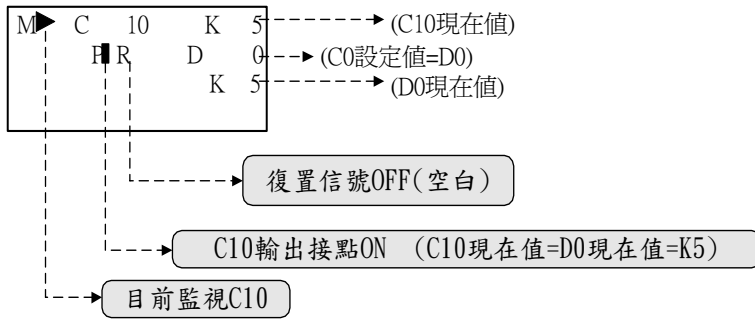
1. 監視元件動作狀態的操作流程



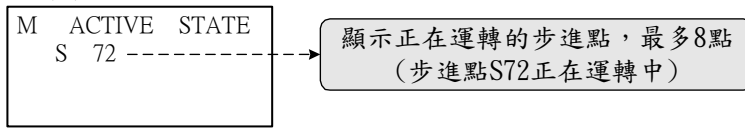
2. 監視進行時 HPP 的畫面顯示



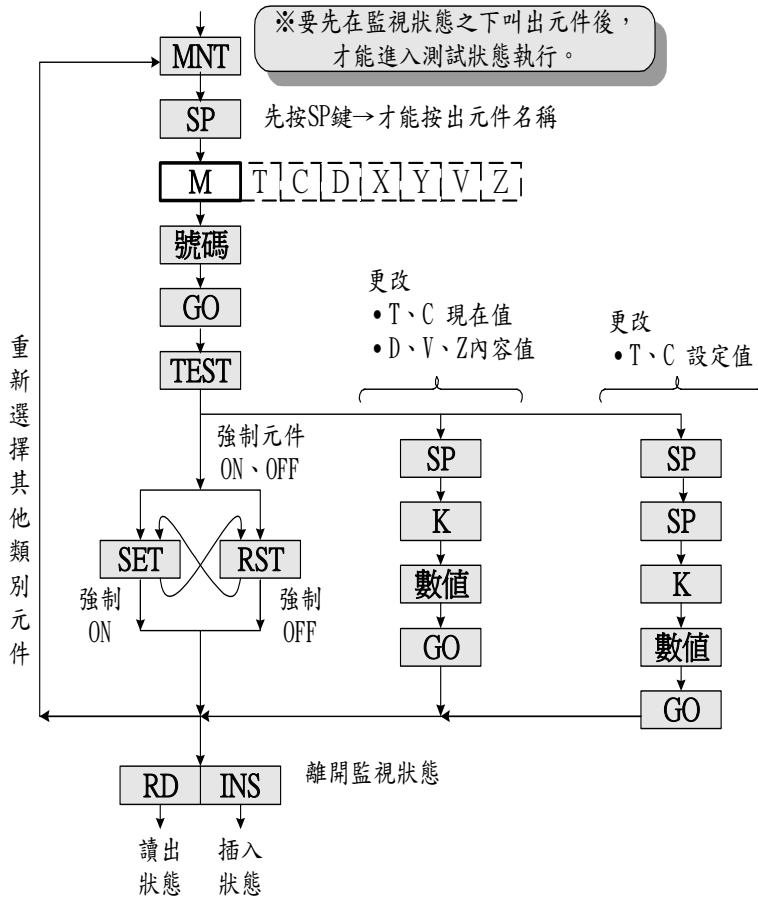
(3) 監視C(以D暫存器內容為設定值)畫面



(4) 監視步進點畫面

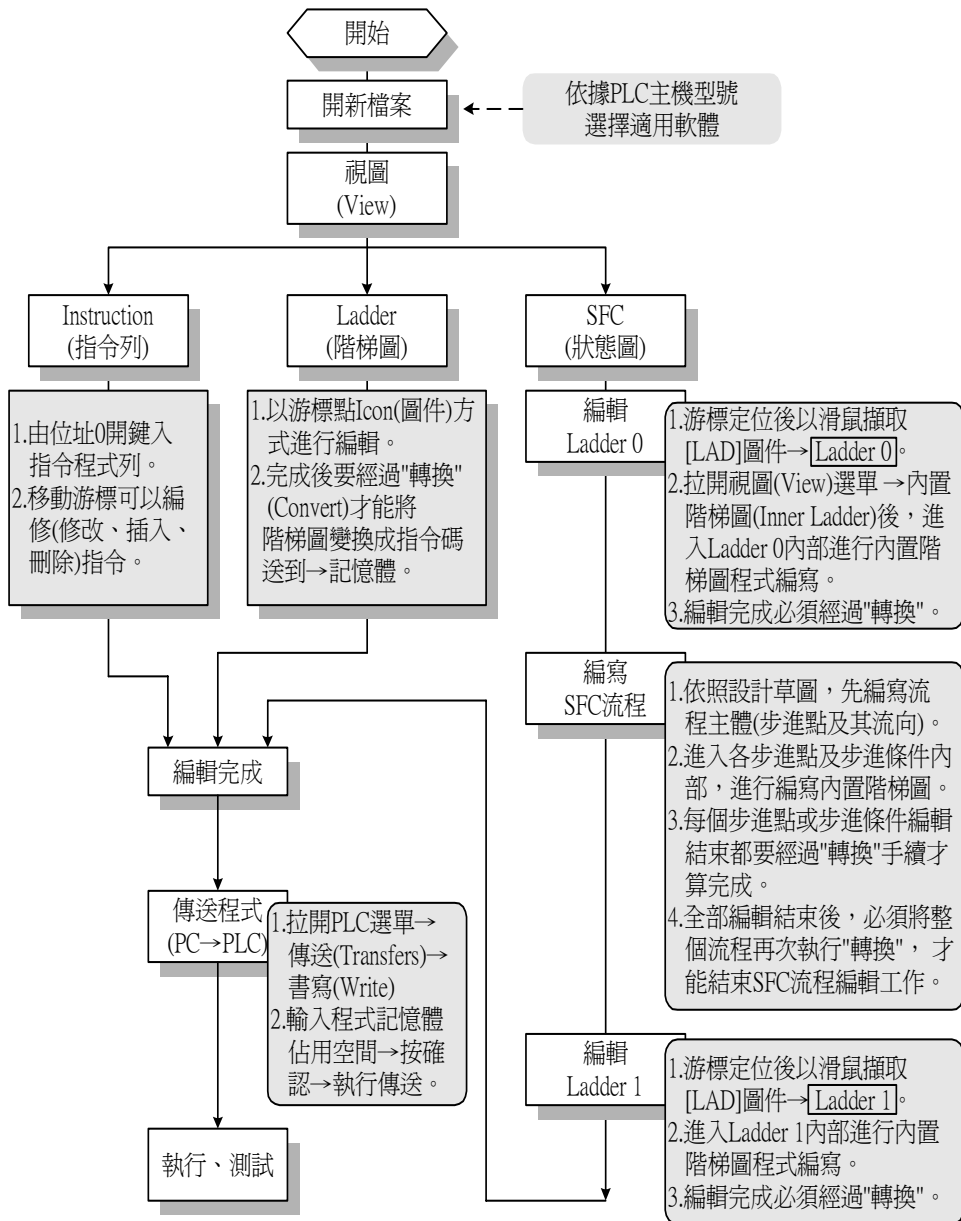


3. 測試的基本操作流程



在 PLC→STOP 時，強制 Y0~Y17 ON、OFF，觀察輸出負載是否同步動作，可以用來診斷 PLC 的輸出端子外部接線是否正確。

☑ 《附錄 B》視窗編譯軟體(SW0PC-FXGP)簡易操作流程



說明

1. Convert(轉換)程式的執行：

以圖形(階梯圖、SFC 流程)輸入時，當輸入完成時，必須執行轉換程式，將螢幕上的圖形程式轉成指令碼，才能送到 PC 的記憶體中存放，否則離開編輯畫面時，辛苦繪製的程式會消失無影無蹤，白忙一場。

2. 階梯圖或流程圖有異動時，也要記得執行轉換程式，才能更新程式內容。
3. 假若以階梯圖或 SFC 流程圖讀出後，發現錯誤，換以指令輸入方式修改程式時，要將舊有的階梯圖或流程圖關閉後再重新讀出，才會正確顯示更新後的階梯圖或 SFC 流程圖程式。

✓ 《附錄 C》FX2 系列應用指令一覽表

FNC NO.	命令記號	D 命令	P 命令	內容	FX2	FX2N	FX1N FX1S
0	CJ		有	跳躍指令	○	○	○
1	CALL		有	呼叫副程式指令	○	○	○
2	SRET			副程式結束指令	○	○	○
3	IRET			插斷結束指令	○	○	○
4	EI			中斷允許指令	○	○	○
5	DI			中斷禁止指令	○	○	○
6	FEND			主程式結束指令	○	○	○
7	WDT		有	監控(看門狗)計時器指令	○	○	○
8	FOR			迴圈開始指令	○	○	○
9	NEXT			迴圈返回指令	○	○	○
10	CMP	有	有	比較指令	○	○	○
11	ZCP	有	有	區域比較指令	○	○	○
12	MOV	有	有	傳送指令	○	○	○
13	SMOV		有	多點傳送指令	○	○	
14	CML	有	有	反相傳送指令	○	○	
15	BMOV		有	區塊傳送(n 點→n 點)	○	○	○
16	FMOV	有	有	多點傳送(1 點→n 點)	○	○	
17	XCH	有	有	資料交換指令	○	○	
18	BCD	有	有	BIN→BCD 變換指令	○	○	○
19	BIN	有	有	BCD→BIN 變換指令	○	○	○
20	ADD	有	有	BIN 加算 (S1) + (S2)→(D)	○	○	○
21	SUB	有	有	BIN 減算 (S1) - (S2)→(D)	○	○	○
22	MUL	有	有	BIN 乘算 (S1) × (S2)→(D) (D)	○	○	○
23	DIV	有	有	BIN 乘算 (S1) ÷ (S2)→(D)... (D)	○	○	○
24	INC	有	有	BIN 增加一 (D) + 1→(D)	○	○	○
25	DEC	有	有	BIN 減少一 (D) + 1→(D)	○	○	○
26	WAND	有	有	邏輯積 (S1) and (S2)→(D)	○	○	○
27	WOR	有	有	邏輯和 (S1) or (S2)→(D)	○	○	○
28	WXOR	有	有	互斥的邏輯和 (S1) XOR (S2)→(D)	○	○	○
29	NEG	有	有	2'S 補數(負數) (D)反相 + 1→(D)	○	○	

FNC NO.	命令記號	D 命令	P 命令	內容	FX2	FX2N	FX1N FX1S
30	ROR	有	有	右旋轉	○	○	
31	ROL	有	有	左旋轉	○	○	
32	RCR	有	有	附 CY 右旋轉指令	○	○	
33	RCL	有	有	附 CY 左旋轉指令	○	○	
34	SFTR		有	位元右移指令	○	○	○
35	SFTL		有	位元左移指令	○	○	○
36	WSFR		有	暫存器右移指令	○	○	
37	WSFL		有	暫存器左移指令	○	○	
38	SFWR		有	FIFO 寫入指令	○	○	○
39	SFWR		有	FIFO 讀出指令	○	○	○
40	ZRST		有	全部復歸指令	○	○	○
41	DECO		有	解碼指令	○	○	○
42	ENCO		有	編碼指令	○	○	○
43	SUM	有	有	ON 位元數目指令	○	○	
44	BON	有	有	位元 ON 偵測指令	○	○	
45	MEAN	有	有	平均值	○	○	
46	ANS		有	警報點 ON 指令	○	○	
47	ANR		有	警報點復歸指令	○	○	
48	SQR	有	有	BIN 開平演算(平方根)	○	○	
49	FLT	有	有	BIN 整數→浮動小數點變換(2 進位)	○	○	
50	REF		有	I/O 強制再生指令	○	○	○
51	REFF		有	反應時間調整指令	○	○	
52	MTR			矩陣(多點)輸入指令	○	○	○
53	HSCS	有		比較設定(高速計數器)	○	○	○
54	HSCR	有		比較復歸(高速計數器)	○	○	○
55	HSZ	有		高數計數區域比較指令	○	○	
56	SPD			速度偵測	○	○	○
57	PLSY	有		脈波輸出	○	○	○
58	PWM			脈波寬度調變	○	○	○
59	PLSR	有		脈波輸出(附減速功能)	○	○	○
60	IST			初始步進點指定指令(手動/自動運轉)	○	○	○
61	SER	有	有	資料尋找	○	○	

FNC NO.	命令記號	D 命令	P 命令	內容	FX2	FX2N	FX1N FX1S
62	ABSD	有		絕對式凸輪控制指令	○	○	○
63	INCD			相對式凸輪控制指令	○	○	○
64	TTMR			教導式計時器指令	○	○	
65	STMR			特殊計數器	○	○	
66	ALT		有	單 PUSH ON/雙 PUSH OFF 指令	○	○	○
67	RAMP			傾斜信號指令	○	○	○
68	ROTC			旋轉圖盤控制指令	○	○	
69	SORT			資料排序	○	○	
70	TKY	有		10 按鍵鍵盤輸入指令	○	○	
71	HKY	有		16 按鍵鍵盤輸入指令	○	○	
72	DSW			指撥數字開關輸入指令	○	○	○
73	SEGD		有	解 7 段顯示器碼	○	○	
74	SEGL			輸出 7 段顯示器碼(具有栓鎖功能)	○	○	○
75	ARWS			箭頭輸入指令	○	○	
76	ASC			ASC II 變換指令	○	○	
77	PR			ASC II 碼輸出指令	○	○	
78	FROM	有	有	BFM 讀出	○	○	○
79	TO	有	有	BFM 寫入	○	○	○
80	RS			RS232 通信資料傳送	○	○	○
81	PRUN	有	有	8 進制 bit 傳送	○	○	○
82	ASCI		有	HEX→ASCII 變換	○	○	○
83	HEX		有	ASCII→HEX 變換	○	○	○
84	CCD		有	總和檢查(CHECK SUM)	○	○	○
85	VRRD		有	FX2N-8AV-BD 旋鈕變化數量讀出指令	○	○	○
86	VRSC		有	FX2N-BAV-BD 旋鈕刻度讀出指令	○	○	○
88	PID			PID 運算	○	○	○
110	ECMP	有	有	浮點小數點比較(2 進位)		○	
111	EZCP	有	有	浮點小數點區域比較(2 進位)		○	
118	EBCD	有	有	2 進浮點小數點→10 進浮動小數點		○	
119	EBIN	有	有	10 進浮點小數點→2 進浮動小數點		○	
120	EADD	有	有	浮點小數點加算(2 進位)		○	
121	ESUB	有	有	浮點小數點減算(2 進位)		○	

FNC NO.	命令記號	D 命令	P 命令	內容	FX2	FX2N	FX1N FX1S
122	EMUL	有	有	浮點小數點乘算(2 進位)		○	
123	EDIV	有	有	浮點小數點除算(2 進位)		○	
127	ESQR	有	有	浮點小數點平方根(2 進位)		○	
129	INT	有	有	浮點小數點→BIN 整數變換		○	
130	SIN	有	有	浮點小數點三角函數(SIN)		○	
131	COS	有	有	浮點小數點三角函數(COS)		○	
132	TAN	有	有	浮點小數點三角函數(TAN)		○	
147	SWAP	有	有	上下 byte(8bit)互換		○	
155	ABS	有		ABS 現在值讀出			○
156	ZRN	有		原點復歸			○
157	PLSV	有		脈波輸出			○
158	DRVI	有		相對定位			○
159	DRVA	有		絕對定位			○
160	TCMP		有	萬年曆時鐘資料比較		○	○
161	TZCP		有	萬年曆時鐘資料區間範圍比較		○	○
162	TADD		有	萬年曆時鐘資料加算		○	○
163	TSUB		有	萬年曆時鐘資料減算		○	○
166	TRD			萬年曆時鐘資料讀出		○	○
167	TWR			萬年曆時鐘資料寫入		○	○
169	HOUR	有		時間表			○
170	GRY	有	有	BIN(二進碼) →GRY 碼(格雷碼)		○	
171	GBIN	有	有	GRY 碼(格雷碼)→BIN(二進碼)		○	
176	RD3A		有	類比群組資料讀出			○
177	WR3A		有	類比群組資料寫入			○
224	LD=	有		接點比較命令演算開始(S1)=(S2)時導通		○	○
225	LD>	有		接點比較命令演算開始(S1)>(S2)時導通		○	○
226	LD<	有		接點比較命令演算開始(S1)<(S2)時導通		○	○
228	LD<>	有		接點比較命令演算開始(S1)≠(S2)時導通		○	○
229	LD≤	有		接點比較命令演算開始(S1)≤(S2)時導通		○	○
230	LD≥	有		接點比較命令演算開始(S1)≥(S2)時導通		○	○
232	AND=	有		接點比較命令串聯接續(S1)=(S2)時導通		○	○
233	AND>	有		接點比較命令串聯接續(S1)>(S2)時導通		○	○

FNC NO.	命令記號	D 命令	P 命令	內容	FX2	FX2N	FX1N FX1S
234	AND<	有		接點比較命令串聯接續(S1)<(S2)時導通		○	○
236	AND<>	有		接點比較命令串聯接續(S1)≠(S2)時導通		○	○
237	AND<=	有		接點比較命令串聯接續(S1)≤(S2)時導通		○	○
238	AND>=	有		接點比較命令串聯接續(S1)≥(S2)時導通		○	○
240	OR=	有		接點比較命令並聯接續(S1)=(S2)時導通		○	○
241	OR>	有		接點比較命令並聯接續(S1)>(S2)時導通		○	○
242	OR<	有		接點比較命令並聯接續(S1)<(S2)時導通		○	○
244	OR<>	有		接點比較命令並聯接續(S1)≠(S2)時導通		○	○
245	OR<=	有		接點比較命令並聯接續(S1)≤(S2)時導通		○	○
246	OR>=	有		接點比較命令並聯接續(S1)≥(S2)時導通		○	○

註：未標註“○”符號，表示無此功能。