

# 第 11 章：FB-PLC 之高速計數器與高速計時器

## 11.1 FB-PLC 之高速計數器

一般 PLC 之軟體計數器之計數頻率僅能達數十 Hz (視掃描時間而定)，若超過將產生漏數甚至完全無法計數，此時必須使用高速計數器 (High-Speed Counter 簡稱 HSC) 才能勝任。一般 PLC 之高速計數器有兩種，一為使用專用硬體電路作成之硬體高速計數器 (Hardware High-Speed Counter 簡稱 HHSC)，另一種是利用計數脈波正/負緣變化時發生中斷，而由 CPU 來判斷增減，並作計數之軟體高速計數器 (Software High-Speed Counter 簡稱 SHSC)。FB-PLC 各有 4 個 HHSC (在 ASIC 晶片內) 及 4 個 SHSC；其皆為 32 位元高速計數器。

### 11.1.1 FB-PLC 高速計數器之計數模式

FB-PLC 之 4 個 HHSC 均具有 8 種計數模式可供選擇，而 SHSC 則僅提供 3 種計數模式，如下表所示：

計數模式 (MODE)		HHSC (HSC0~HSC3)	SHSC (HSC4~HSC7)	計數行為波形圖	
單相獨立	MD 0 U/D	○	○	U	
	MD 1 U/D×2	○		U	
單相相關	MD 2 K/R	○	○	K	
	MD 3 K/R×2	○		K	
雙相相關	MD 4 A/B	○	○	A	
	MD 5 A/B×2	○		A	
	MD 6 A/B×3	○		A	
	MD 7 A/B×4	○		A	

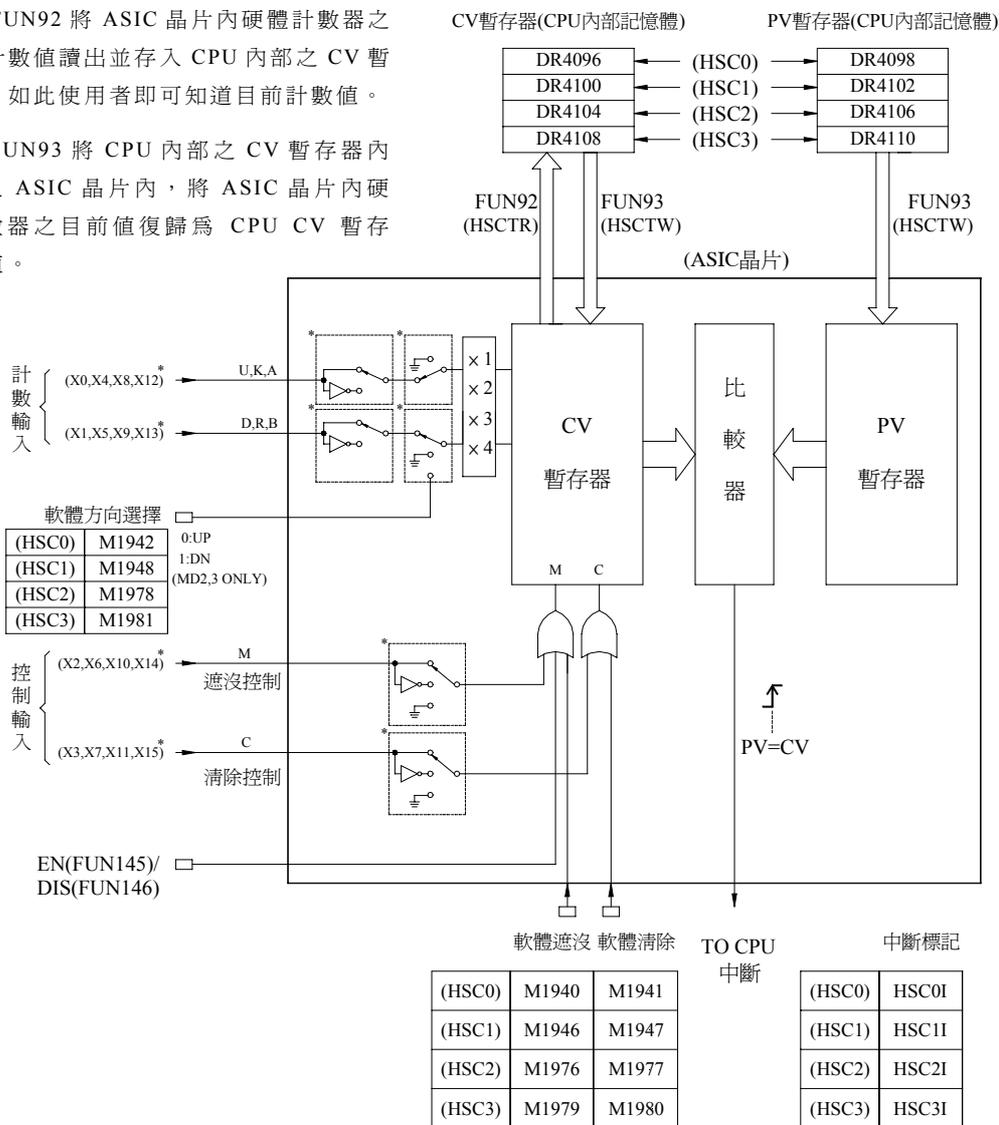
- 波形中正或負緣有上升或下降箭號 (↑, ↓) 者表示發生計數 (+1 或 -1) 之處

## 11.2 FB-PLC 高速計數器之系統架構圖

下圖為 FB-PLC 之 HHSC 及 SHSC 之系統結構圖，兩者均具有多重用途輸入及計數功能，有些功能是內建功能（例如 CV 暫存器號碼、PV 暫存器號碼、中斷標記名稱及軟體遮沒、清除、方向選擇之繼電器號碼）無需使用者作建構指定，有些則必須由使用者利用 PROLADDER 或 FP-07 之系統模式下之第 5 項功能( Configuration)來建構該 HSC 之組態(例如 HSC 之用途選擇，計數模式，各功能輸入是否使用，極性需否反相，對應之輸入點號碼 Xn 之指定……等)。在下圖中標有“\*”記號者，表示此部份需由使用者來建構之。經建構指定之 8 種計數模式之細部結構與計數行為，請參閱 11.2.1~11.2.3 小節之說明。

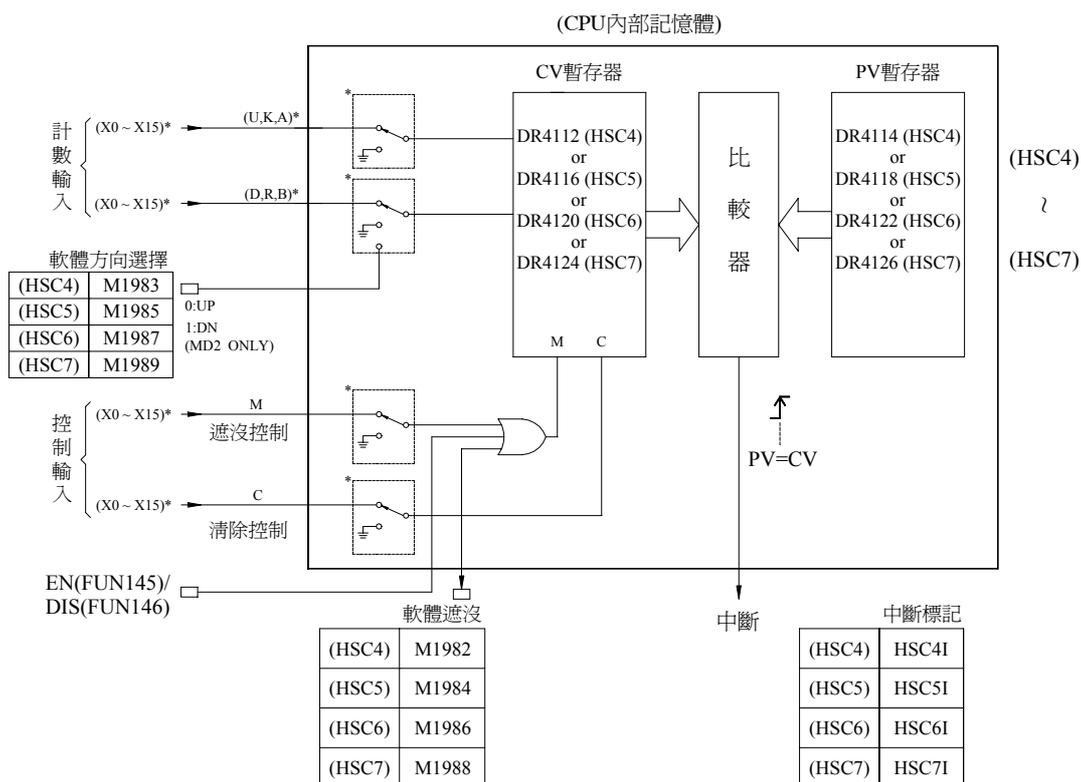
註：CV (Current Value)，目前值；PV (Preset Value)，設定值。

- 利用 FUN92 將 ASIC 晶片內硬體計數器之目前計數值讀出並存入 CPU 內部之 CV 暫存器，如此使用者即可知道目前計數值。
- 利用 FUN93 將 CPU 內部之 CV 暫存器內容寫入 ASIC 晶片內，將 ASIC 晶片內硬體計數器之目前值復歸為 CPU CV 暫存器之值。



- 利用 FUN93 將 CPU 內部之 PV 暫存器之值寫入 ASIC 晶片硬體計數器之設定值暫存器，當作計數到設定值。

硬體高速計數器 (HSC0~HSC3) 之系統結構圖



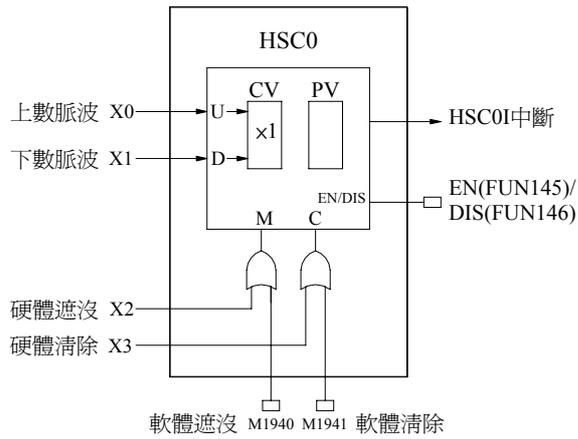
軟體高速計數器 (HSC4~HSC7) 之系統結構圖

- 上圖 HHSC 與 SHSC 之所有控制信號均內定為 Active High(亦即在狀態為 1 時發生作用，0 無影響)。但 HHSC 之計數輸入 (U, D, K, R, A, B) 及控制輸入 (M, C) 均可作極性反相選擇，以匹配 Sensor 極性。
- 遮沒控制 M (MASK) 係指當此信號為 1 時，HSC 計數脈波將被遮沒不計數，HSC 內部狀態 (CV, PV...) 均保持不變。當 M 回到 "0"，HSC 才能正常工作。有些 Sensor 則為致能 (Enable) 輸出，其功能正好和 MASK 相反，當 Enable=0 時，計數器將不計數，必須在 Enable 回到 1 時始能正常工作，此時您可利用 MASK 極性選擇倒相輸入，便可匹配具有 Enable 輸出之 Sensor。
- 清除控制 C (CLEAR) 係指當此信號為 1 時，HSC 內部之 CV 暫存器將被清為 0，且無法計數，一直要等到 C 回到 0 後，HSC 才由 0 開始計數。Ladder 程式亦可直接將 CV 暫存器 (DR4112、DR4116、DR4120、DR4124) 清為 0，將目前計數值清除為 0。
- FB-PLC 之 4 組 HHSC 均在 ASIC 晶片中，其 CV 暫存器和 PV 暫存器使用者是無法直接存取的，使用者能直接存取的是 CPU 內部記憶體中對應之 CV 暫存器 (DR4096~DR4110)。理想上，晶片上之 CV 與 PV 暫存器內容值與 CPU 內部記憶體中之 CV 與 PV 暫存器之內容值應是同步更新，隨時均為相同的，但因兩者分屬於不同之硬體電路，兩者之對應必須靠 CPU 來作載入或讀取。CPU 可利用 FUN93 將 CPU 內部之 CV 暫存器內容載入到晶片內之 CV 暫存器 (使 HHSC 由此初始值開始計數)，而利用 FUN92 將晶片內 HHSC 之 CV 暫存器之目前計數值反向讀入 CPU 內部之 CV 暫存器 (亦即 CPU 內部之 CV 暫存器具雙向功能)。但因讀取動作只有在 FUN92 被執行到時才進行 (亦即為 "取樣" 讀取)，因此晶片中 HHSC 之 CV 值和 CPU 內部之 CV 值可能會有落差，尤其在計數頻率高時誤差更大。

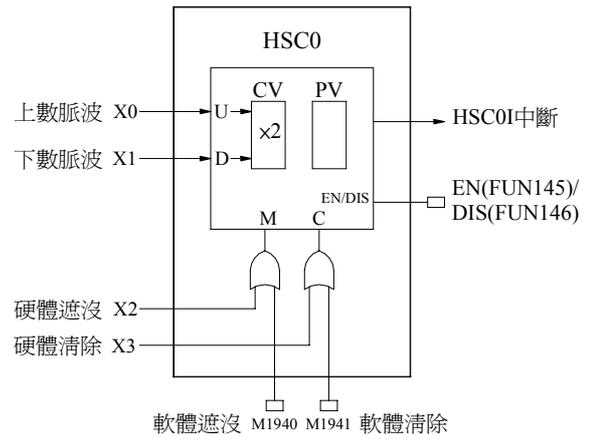
- 當計數頻率不高或定位精度要求不高時，在主程式利用 FUN92 讀取目前計數值，然後再配合比較指令，即可作一般簡單之計數定位控制。
- 當定位精度要求較高或而多段計數設定控制時，可在定時中斷處理副程式裡，利用 FUN92 較頻繁去讀取目前計數值，然後配合比較指令作較精緻之計數定位控制（此種應用模式，計數器限制為 16 位元應用）。
- 當定位精度要求極高時，在計數前須先將預設之中斷值存入 CPU 之 PV 暫存器中，再以 FUN93 載入晶片內 HHSC 之 PV 暫存器，等 HHSC 之 CV 計數值到達此預設值時，HHSC 內之硬體比較器將會在 CV=PV 瞬間，向 CPU 發出中斷，而能立即跳到中斷副程式中作及時之控制或處置。
- SHSC 則是利用中斷方式在計數輸入之上緣時向 CPU 發出中斷，再由 CPU 判斷其為加 1 或減 1，而直接在其內部 CV 暫存器上更新（亦即 CPU 內部之 CV 暫存器本身即為 SHSC 之 CV 暫存器，故無需 FUN92、FUN93 指令）。在每次 CV 更新之同時，CPU 均會比較是否與其 PV 暫存器值相等，若是，立即跳到其對應之 SHSC 之中斷服務程式作及時之處理。因 SHSC 之每一計數輸入及控制輸入之變化都會造成 CPU 中斷，當計數頻率高時，將嚴重佔用 CPU 時間，大幅降低 CPU 之反應速度，甚至造成 Watchdog Time-out，使 PLC 停機。因此應儘量優先使用 HHSC，如需使用 SHSC，所有 SHSC 之輸入頻率總和請勿超過 8KHz。
- 所有軟體遮沒、清除、方向控制等特殊繼電器之控制均非即時，亦即在程式掃描時，雖已設定遮沒、清除或方向變換，但尚未將之送到 HSC 去，必須要等到程式掃描完畢，進行作 I/O 更新時才會將之送到 HSC，因此並不適合在高精度要求 HSC 之即時控制（主要當作在 HSC 運作前之初始設定）。若需作即時控制，請用硬體控制輸入或使用 FUN145(EN)、FUN146(DIS)、FUN92(HSCTR)、FUN93(HSCTW) 等指令來控制。
- 所有 HSC 均附加有 ENable (FUN145) 及 DISable (FUN146) 功能，HSC 必須在 Enable 下才能運作；在 DISable 時，則整個 HSC 無論 HHSC 或 SHSC 均在完全停滯狀態 (CV、PV 值保持，無任何中斷，形同根本無該 HSC)，直到執行到 Enable 指令後，則立即回復到 DISable 前之狀態及功能。在 Configure HSC 時 HSC 是內定為 Enable，程式中可依控制需要隨時 DISable 或 Enable。
- 在 HSTAI，1MS~100MS 等中斷處理副程式裡，如有利用 FUN92 去讀取硬體高速計數器之目前計數值，祇有 Low Word (R4096、R4100、R4104、R4108) 之 16 位元有效。

### 11.2.1 單相獨立之上/下數高速計數器 (MD0, MD1)

單相獨立上/下數高速計數器具有兩個獨立之上數脈波輸入(U)和下數脈波輸入(D)，兩者彼此獨立沒有相位關係，各自於其脈波輸入之正緣↑ (MD1 則為正/負緣兩者) 到來時將 CV 值加 1 (U) 或減 1 (D)，即使 U 和 D 脈波正緣 (負緣) 同時發生亦允許 (此時相互抵消)，兩種模式均內建有軟體遮沒和軟體清除 (SHSC 無軟體清除)，當控制功能不使用時使其狀態 (如本例之 M1940、M1941) 保持為“0”即可。除內建之軟體遮沒與軟體清除外，尚可規劃使用硬體遮沒與硬體清除控制。軟/硬體遮沒是先 OR 起來，再接到 HSC 之遮沒控制 M 去，軟/硬體清除亦相同方式。下圖係以 HSC0 為例分別建構為 MD0 與 MD1 HSC 之功能示意圖。

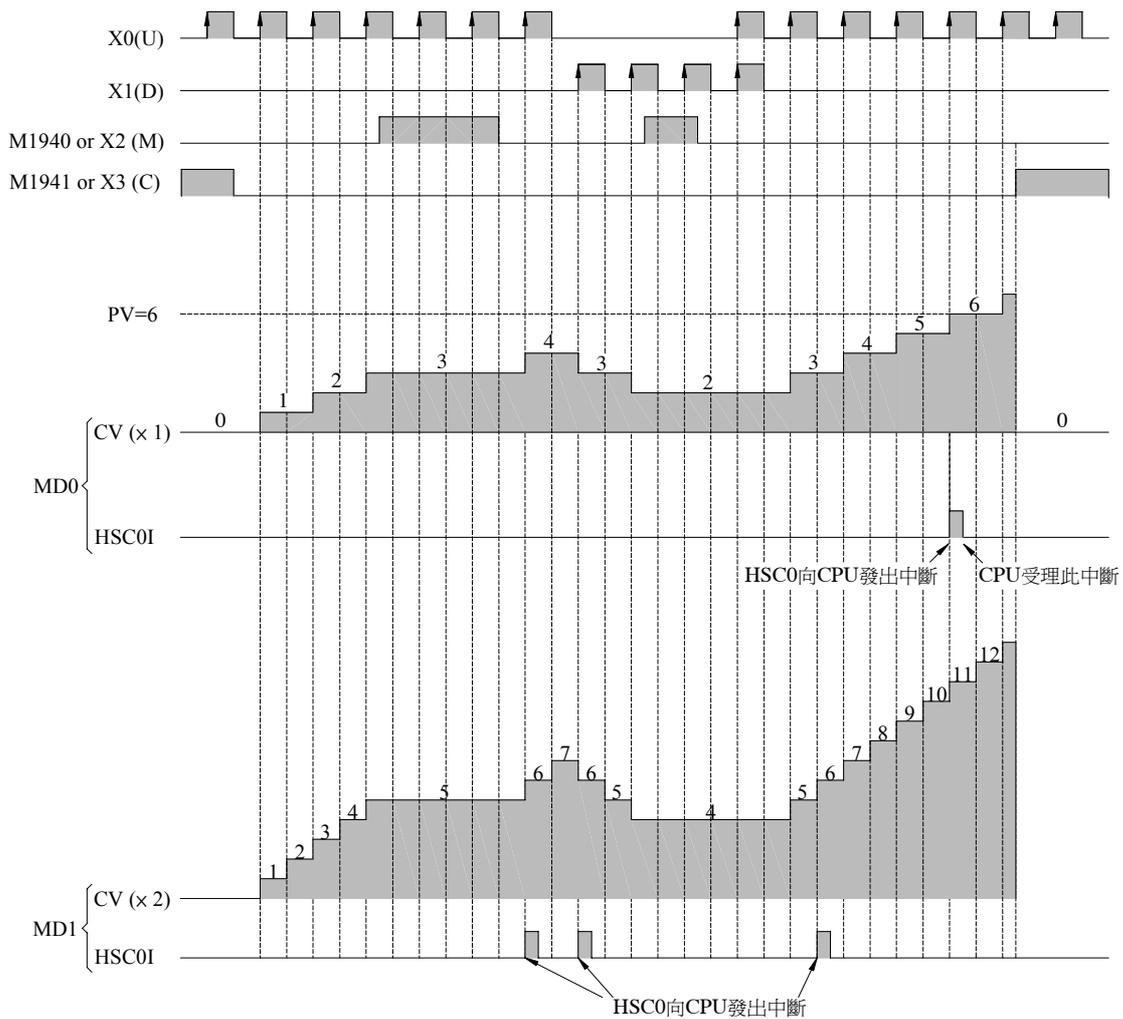


MD0 ( U/D )



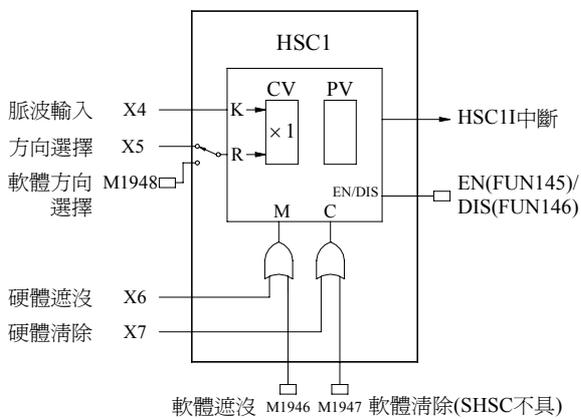
MD1 ( U/D×2 ) ( 僅 HHSC )

下圖係以本例之兩模式之 HSC，在設定值 PV 設為 6 時之計數與控制關係波形圖。

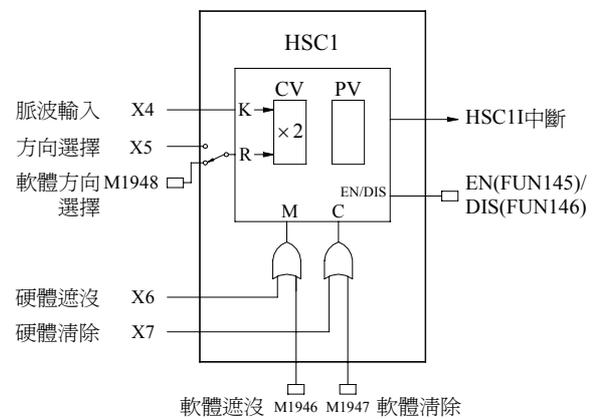


## 11.2.2 單相相關之上／下數高速計數器（MD2，MD3）

單相相關上／下數高速計數器，僅有一個計數脈波輸入 K (Clock)，而其上／下數則必須由另一個方向輸入 R (Direction) 來決定在計數脈波正緣 (MD3 時則正/負緣兩者) 到來時 CV 值是要 +1 (R=0) 或 -1 (R=1)。MD2 和 MD3 之計數行為類似，差異只在於 MD2 只在 CK 脈波之正緣計數 (+1 或 -1)，而 MD3 則在 CK 之正/負緣均計數 (亦即 MD3 之計數值為 MD2 之兩倍)。兩種模式均內建有軟體遮沒及軟體清除 (SHSC 無軟體清除)，當控制功能不使用時必須使其狀態 (如本例之 M1946 與 M1947) 保持為 0。除內建之軟體遮沒與軟體清除外，尚可建構使用硬體遮沒與硬體清除控制，軟／硬體遮沒是先 OR 起來，再接至 HSC 之遮沒控制 M 去，軟／硬體清除亦同方式，以下為將 HSC1 分別建構為 MD2 與 MD3 HSC 之功能示意圖。



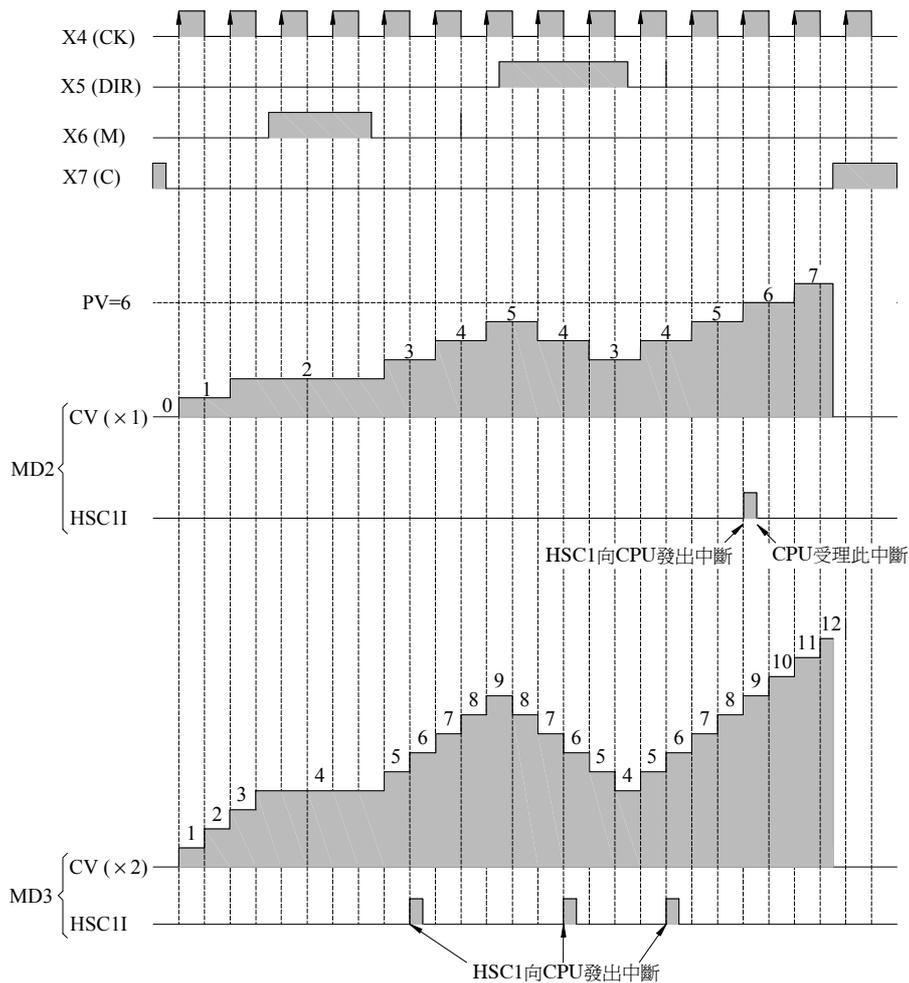
MD2 (K/R)



MD3 (K/R×2) (僅 HHSC)

MD2、MD3 HSC 無論 HSC 或 SHSC 均可選擇由外界輸入 (如本例之 X5) 來作方向選擇或由 CPU 內部之特殊繼電器 (如本例之 M1948) 來作方向選擇，以節省外部輸入點。

下圖為本例之兩 HSC 在設定值 PV 為 6 時之計數與控制關係波形圖。

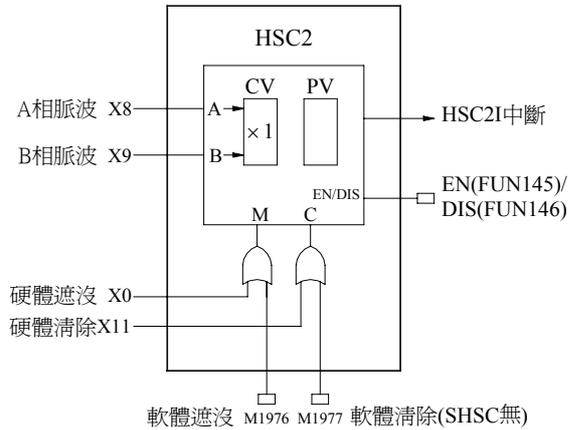


### 11.2.3 雙相高速計數器 (MD4, MD5, MD6, MD7)

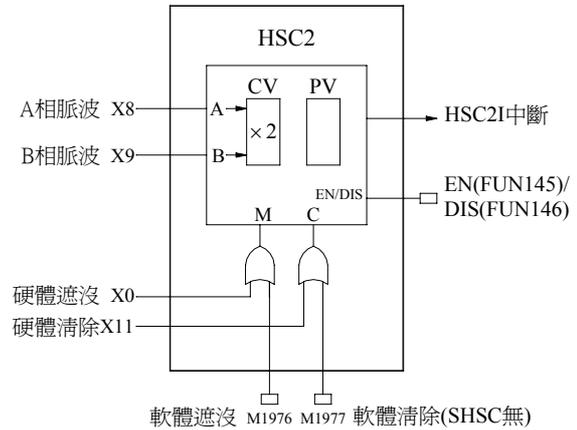
雙相高速計數器具有 A 相與 B 相兩個脈波輸入，其計數值之+1 或-1，係以兩者之相位關係作判斷，亦即為兩相相關之計數。若 A 相超前 B 相則 CV 值+1，反之則-1。雙相 HSC 之四種模式 MD4 (A/B)、MD5 (A/B×2)、MD6 (A/B×3)、MD7 (A/B×4) 之計數行為均相似，其差異在於：

- ① MD4 (A/B) : 在 A 超前 B 時在 A 之正緣+1，而在 A 落後 B 時在 A 之負緣-1。
- ② MD5 (A/B×2) : 在 A 超前 B 時在 A 之正/負緣均+1，而在 A 落後 B 時在 A 之正/負緣均-1 (計數值為 MD4 之 2 倍)。
- ③ MD6 (A/B×3) : 在 A 超前 B 時在 A 之正/負緣及 B 之正緣均+1，而在 A 落後 B 時在 A 之正/負緣及 B 之負緣均-1 (計數值為 MD4 之 3 倍)。
- ④ MD7 (A/B×4) : 在 A 超前 B 時在 A 及 B 之正/負緣均+1，而在 A 落後 B 時在 A 及 B 之正/負緣均-1 (計數值為 MD4 之 4 倍)。

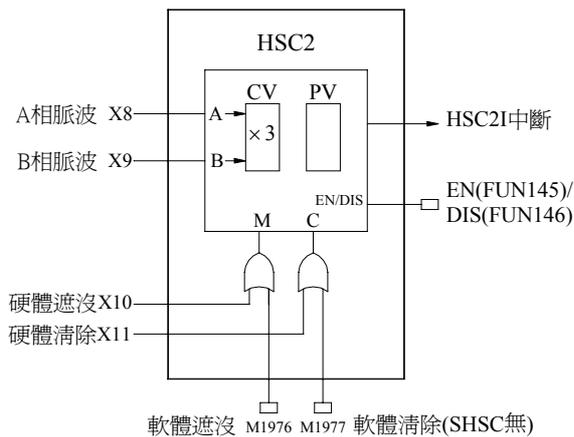
如同其他模式 MD4~MD7 HSC 均內建有軟體遮沒和軟體清除 (SHSC 無軟體清除)，當控制功能不用時必須使其狀態 (如本例之 M1976 和 M1977) 保持為 "0"。同時使用者亦可建構硬體遮沒與硬體清除控制。軟/硬體遮沒是先 OR 起來，再接到 HSC 之遮沒控制 M 去，軟/硬體清除亦同方式。下圖係以 HSC2 為例分別建構為 MD4、MD5、MD6、MD7 等 4 種模式之 HSC 功能示意圖。



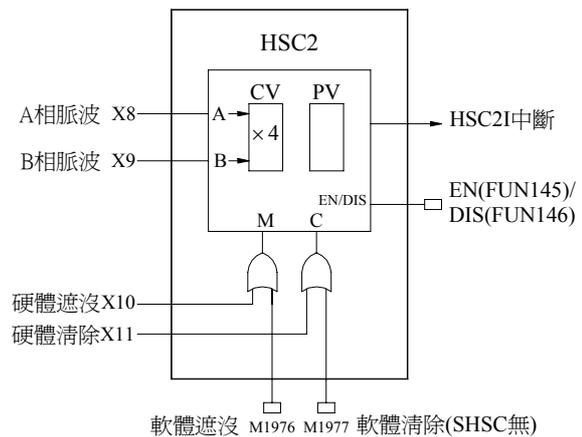
MD4 (A/B)



MD5 (A/B×2) (僅 HHSC)

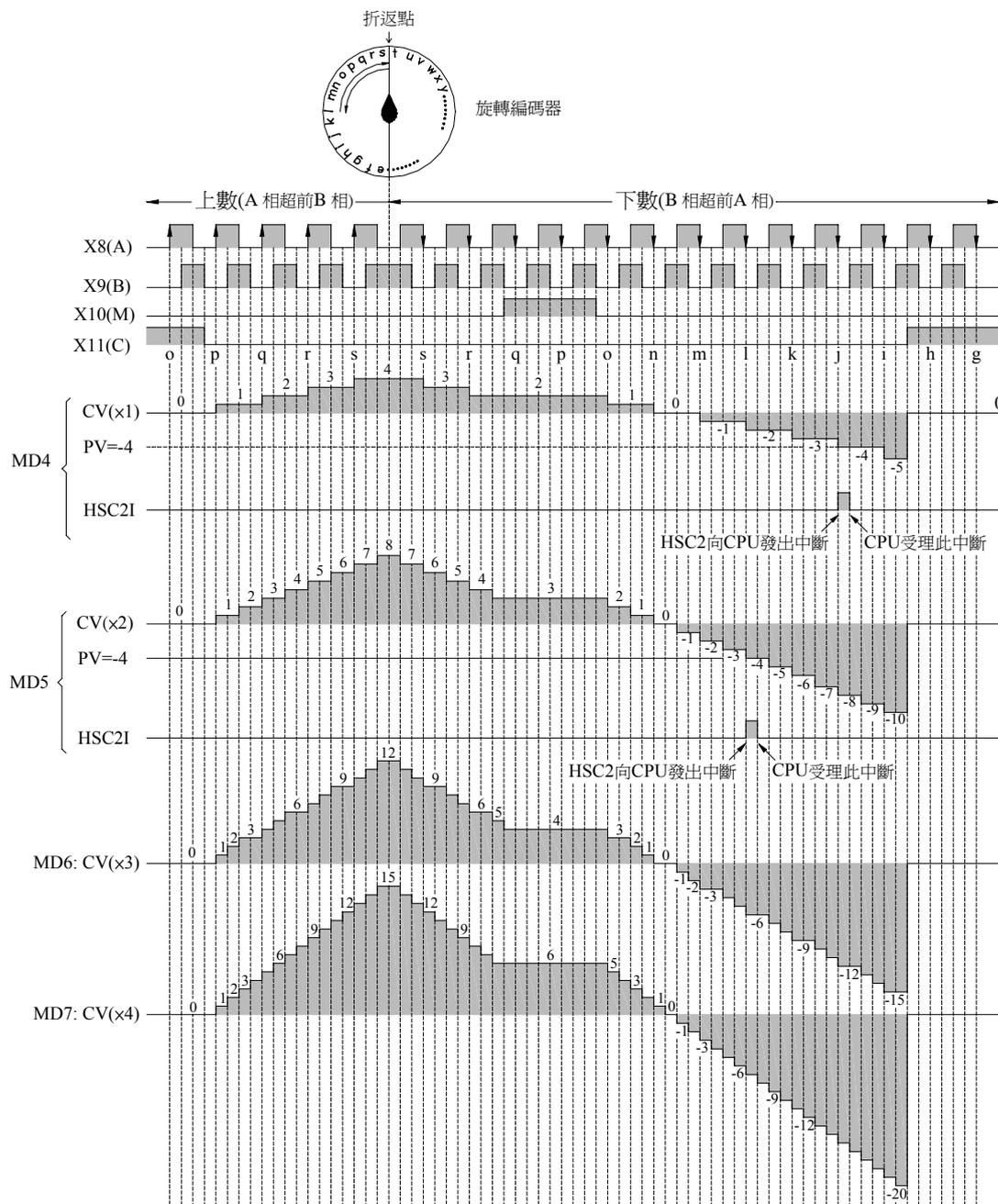


MD6 (A/B×3) (僅 HHSC)

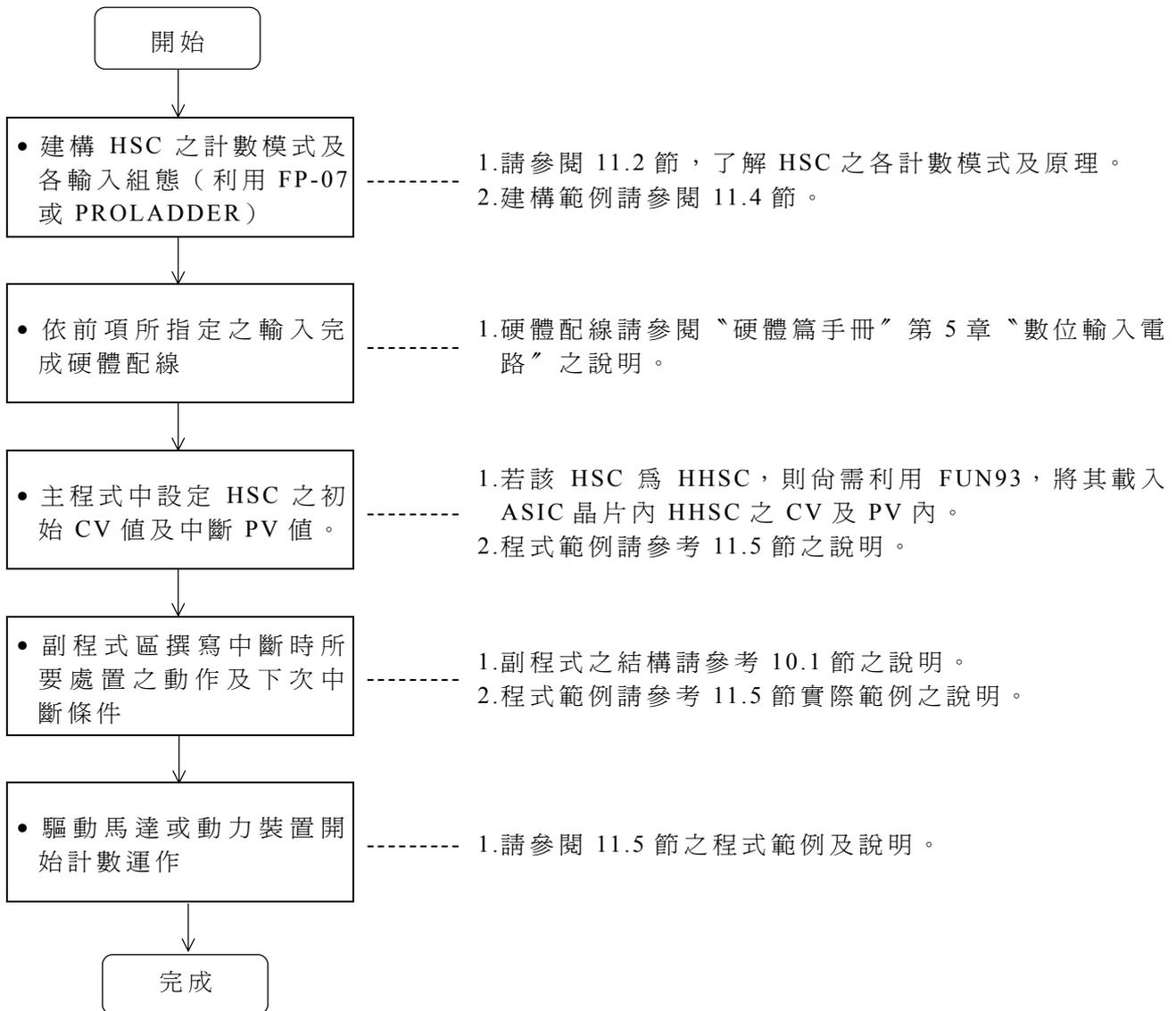


MD7 (A/B×4) (僅 HHSC)

下圖係以本例之 4 種模式 HSC，在設定值 PV 為-4 時之計數與控制關係波形圖。



### 11.3 使用 FB-PLC 高速計數器之步驟



### 11.4 HSC/HST 之建構 (Configuration)

本節將以 FP-07 畫面為例說明 HSC Configuration 之方法 (PROLADDER 請參閱 PROLADDER 之說明)。在 HSC 之 Configuration 依序包括下列 5 項：

- ①HSC/HST 之選擇指定 (僅 HHSC 有此選項功能)，選擇為 HST 時無需再作任何建構指定。
- ②指定各 HSC 之計數模式 (MD0~MD7)。鍵入模式號碼後，FP-07 將自動顯示該模式 HSC 之計數與控制輸入名稱，並保留空格供使用者鍵入外界輸入點號碼 Xn，模式欄位為空格時表示不使用該 HSC。
- ③指定各計數輸入 (U, D, K, R, A, B) 及控制輸入 (M, C) 欲使用與否 (不使用使之保留空格，欲使用則需填入 Xn 值，因 HHSC 之各輸入之 Xn 值均固定，因此只需鍵入字母“X”，FP-07 將自動補上內定之 n 號碼。

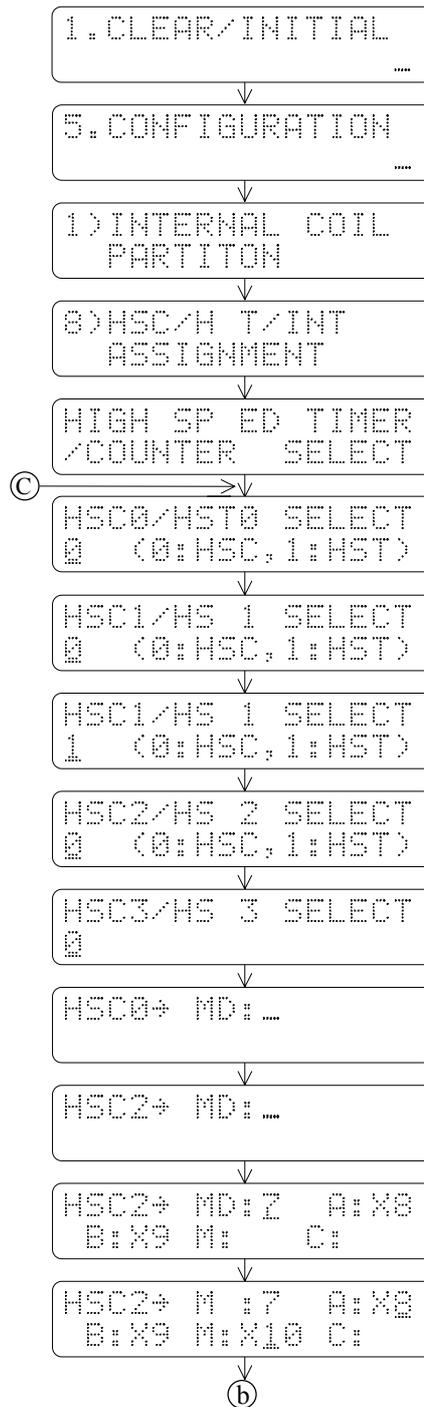
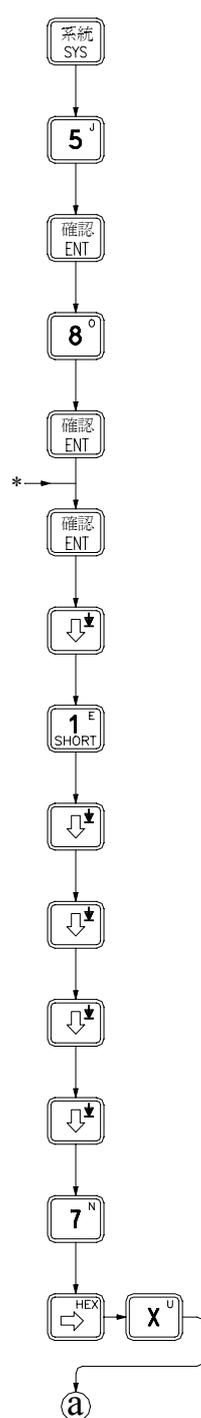
④ 選擇 HHSC 之計數輸入 (U, D, K, R, A, B) 倒相與否，以匹配 Encoder 極性 (0: 不倒相, 1: 倒相; 內定值為 0)。

⑤ 選擇 HHSC 之控制輸入 (M, C) 倒相與否，以匹配 Encoder 極性 (0: 不倒相, 1: 倒相; 內定值為 0)。

以 FP-07 作上述 ① ~ ⑤ 項建構之範例

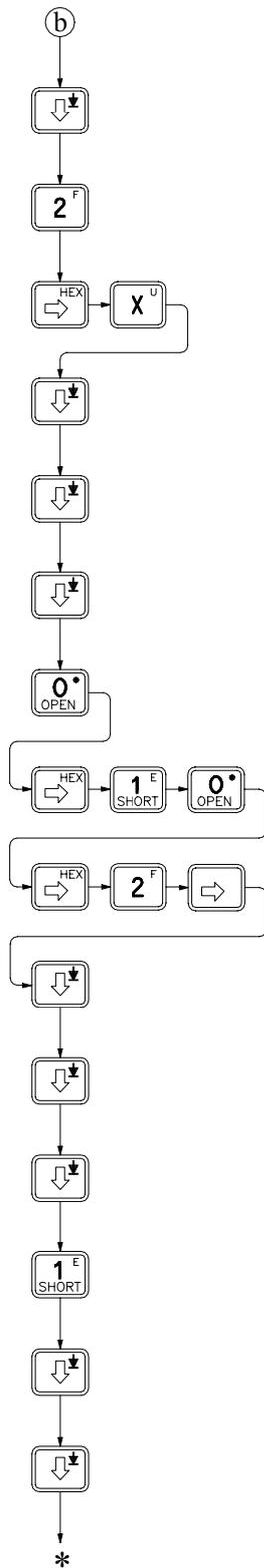
【按鍵操作】

【LCD 畫面顯示】

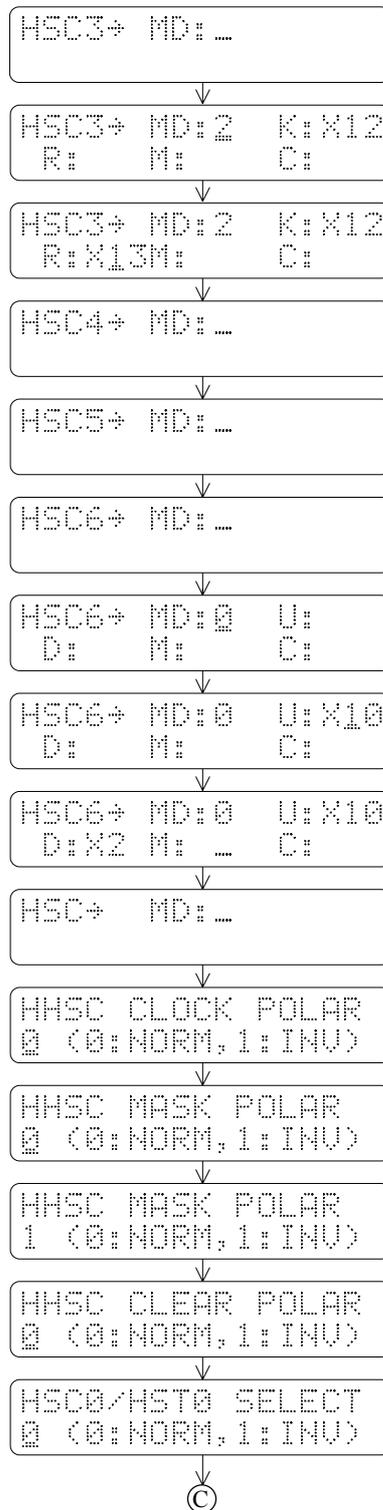


- HSC0 內定為 HSC
- HSC1 內定為 HSC
- 將 HSC1 改為高速計時器 HST1 使用
- HSC2 內定為 HSC
- HSC3 內定為 HSC
- MD 欄為空格，表 HSC0 不用
- 因 HSC1 改為 HST 故無需再規劃 (不顯示)
- HSC2 之 MD 欄空格表不用
- \* 鍵入 7 後，自動顯示 MD7 之各輸入名稱並自動補上 A、B 之內定值 (X8、X9)
- 欲使用 MASK 只需鍵入 X，自動補號碼 10

【按鍵操作】



【LCD 畫面顯示】



- 鍵入 2 後，自動填上 K 之內定號碼
- 游標移到 R 處只需鍵入 "X"，立即改為 X13，將之改為硬體方向控制
- HSC4 不使用
- HSC5 不使用
- HSC6 設為 MD0，自動顯示 MD0 SHSC 之各輸入名稱
- 將 X10 指定為 HSC6 之上數脈波輸入 "U"
- 將 X2 指定為 HSC6 之下數脈波 "D"
- HSC7 不使用
- 所有 HHSC (HSC0~HSC3) 之所有計數輸入內定不倒相
- 所有 HHSC 之遮沒控制內定不倒相
- 將所有 HHSC 之 MASK 輸入改為倒相 (即 MASK 功能變 ENable)
- 所有 HHSC 之 CLEAR 控制輸入內定不倒相
- 完成整個 Configuration 循環回到最初畫面 (HSC0/HST0 選項)

- 修改輸入值可直接輸入新值覆蓋之，欲刪除輸入值則用  鍵。
- 任何欄位為空格 (不輸入任何值)，則表示不使用該 HSC 或該輸入。
- 上例中 "CLOCK" 表 HHSC 之各種 "計數輸入"，即 U, D 或 K, R 或 A, B。
- "POLAR" 表極性 "POLARITY"，亦即倒相或不倒相之選擇。

- HHSC 之各計數輸入及控制輸入之輸入點號碼均為固定，故在上例 Configuration 範例中，對 HHSC 之各輸入僅需鍵入 "X" 字母表示欲使用該輸入即可，FP-07 或 PROLADDER 會自動補上內定之 X 號碼，同時不容許更改。而 SHSC 之各計數或控制輸入則需由使用者在 X0~X15 間自由指定，因此 SHSC 之輸入點號碼必須鍵入 "X" 及號碼 n 始為完整。以下將 FB-PLC 之 HHSC 與 SHSC 所內定或可選擇之輸入點號碼、軟體遮沒、清除、方向選擇等相關號碼彙整如下表。

容許之信號		類別	HHSC				SHSC			
			HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5	HSC6	HSC7
CV 暫存器號碼			DR4096	DR4100	DR4104	DR4108	DR4112	DR4116	DR4120	DR4124
PV 暫存器號碼			DR4098	DR4102	DR4106	DR4110	DR4114	DR4118	DR4122	DR4126
計數 輸入	U 或 K 或 A		X0	X4	X8	X12	X0~X15	X0~X15	X0~X15	X0~X15
	D 或 R 或 B		X1	X5	X9	X13	X0~X15	X0~X15	X0~X15	X0~X15
控制 輸入	M		X2	X6	X10	X14	X0~X15	X0~X15	X0~X15	X0~X15
	C		X3	X7	X11	X15	X0~X15	X0~X15	X0~X15	X0~X15
軟體遮沒繼電器			M1940	M1946	M1976	M1979	M1982	M1984	M1986	M1988
軟體清除繼電器			M1941	M1947	M1977	M1980	不提供			
軟體方向選擇 (MD2, 3)			M1942	M1948	M1978	M1981	M1983	M1985	M1987	M1989
中斷副程式標記名稱			HSC01	HSC11	HSC21	HSC31	HSC41	HSC51	HSC61	HSC71

\* MA 機種祇提供 HSC2 及 HSC3 兩組 SHSC

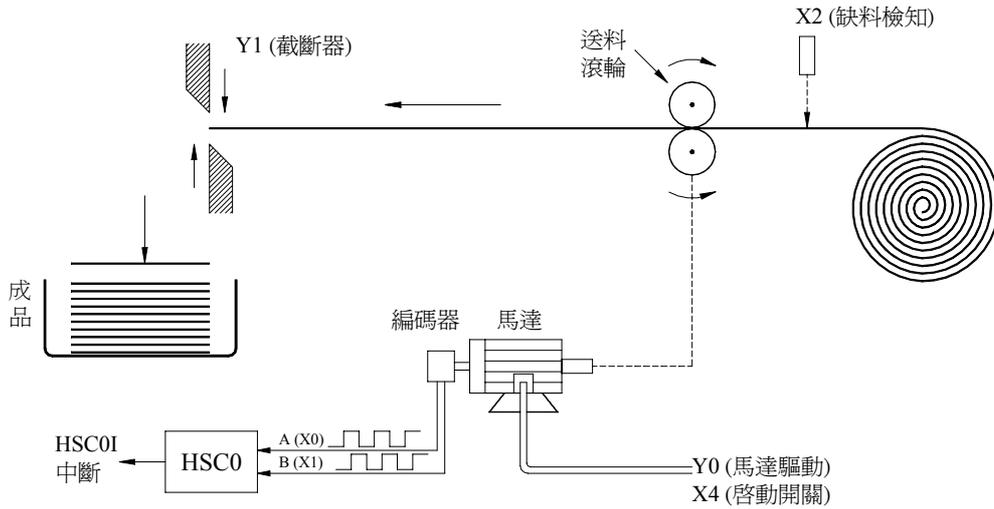
對 HHSC 而言，因其各輸入點為固定，一旦選用，有些輸入點即必須具備且無法由使用者選擇（例如本例 HSC2 為 MD7，其 A/B 輸入必須成對使用，必為 X8、X9。又如 HSC3 為 MD2，其 K 必為 X12，對這些輸入點，FP-07 或 PROLADDER 會自動將其補上，且不容許修改。但對於不需成對使用或使用者可選擇要不要存在者（例如 HHSC 之 M、C 或 MD0 之 U、D，或所有 SHSC 之輸入），FP-07 或 PROLADDER 將遺留空格，供使用者輸入選擇。

- 上表中之 X0~X15 輸入點只能被指定一次（亦即只能當作一種功能），不能重覆使用。
- FBN-20MC 內含一組差動式高速輸入介面（X0~X3），頻率最高可達 512KHz。
- FBN-28MC 內含二組差動式高速輸入介面（X0~X7），頻率最高可達 512KHz。
- FBN-40MC 內含四組差動式高速輸入介面（X0~X15），頻率最高可達 512KHz。
- FBE 或 FBN（差動式高速輸入除外）MC 機種硬體高速計數，單相最高輸入頻率可達 20KHz；雙相最高輸入頻率可達 10KHz。
- 軟體高速計數器之輸入頻率總和不得大於 8KHz，頻率愈高愈佔系統時間，掃描時間會暴增！

## 11.5 高速計數器之應用範例

範例 1 · 係利用高速計數器作等長度之截斷控制

機構



HSC 建構 ( Configuration ) ( 僅將 HSC0 設為 MD7 即完成 )

```
HSC0/HST0 SELECT
0 (0:HSC, 1:HST)
```

- 內定值不需更動

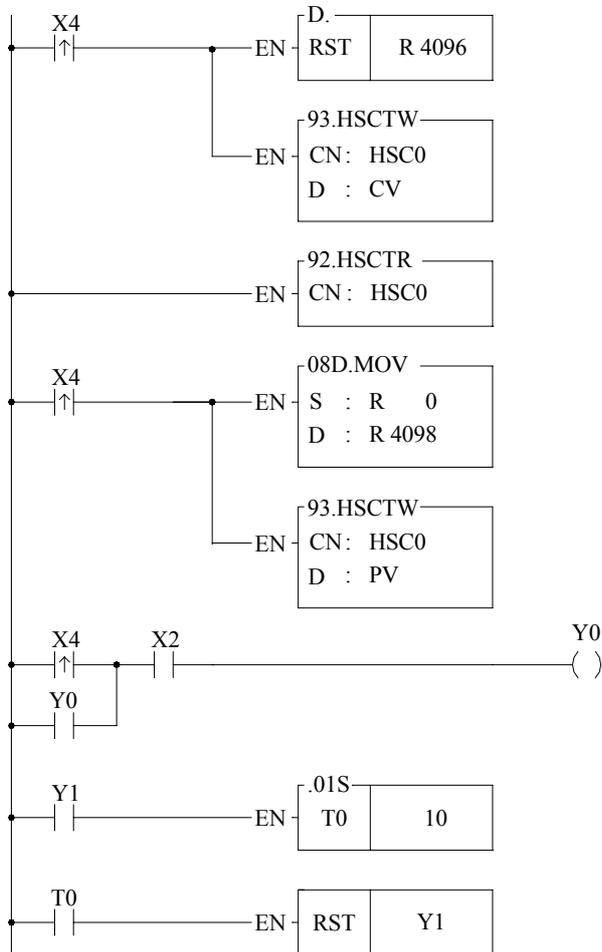
```
HSC0+ MD:7 A:X 0
      B:X1 M:   C:
```

- HSC0 設為 MD7 ( A/B×4 )，截斷解析度提高 4 倍
- M、C 均不使用

- 其他設定 ( 計數輸入與控制輸入極性 ) 均為內定 ( 不倒相 )，不必更動。

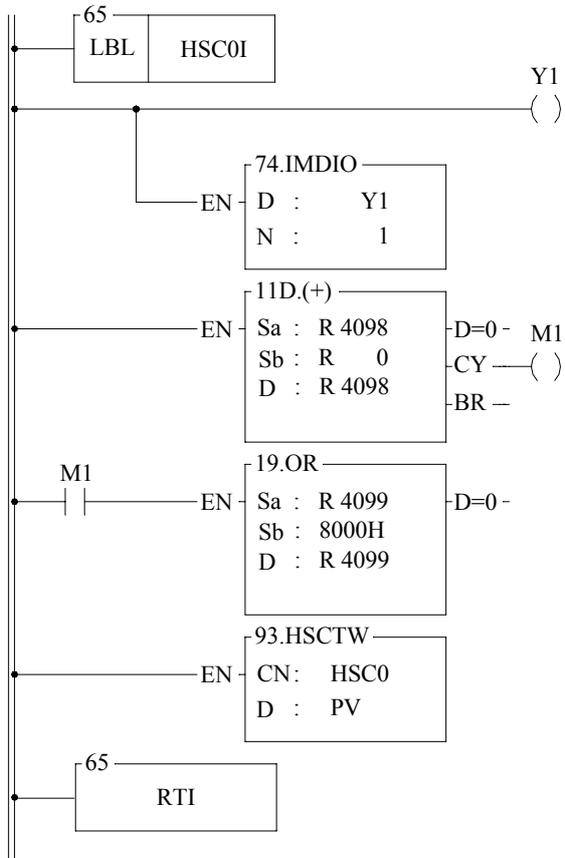
控制程式

【主程式】



- 清除 HSC0 之現在值暫存器 DR4096
- 利用 FUN93 將現在值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HSC0 之 CV 暫存器  
CN=0 表 HSC0  
D =0 表 CV
- 利用 FUN92 將 ASIC 晶片內 HSC0 之 CV 暫存器之計數值讀出 (存入 DR4096)
- 將計數行程 DR0 存入 DR4098，並利用 FUN93 將其值存入 ASIC 晶片內 HSC0 之 PV 暫存器  
CN=0 表 HSC0  
D =1 表 PV
- 起動馬達
- 截斷器 Y1 ON 0.1 秒

【副程式】



- 當 ASIC 晶片內 HSC0 之 CV=PV 時，硬體自動執行此標名為 HSC0I 之中斷副程式
- 計數到時，將 Y1 ON (截斷物料)
- 將 Y1 立即輸出，才能減少因掃描時間所引起之誤差
- 計算出新的行程，並載入 HSC0 之 PV

$$\begin{array}{l}
 \text{HSC0 之 PV 值} \left\{ \begin{array}{l} 2147483647(7FFFFFFFH) \\ \downarrow +1 \\ -2147483648(80000000H) \end{array} \right. \leftarrow \text{不一樣} \\
 \text{FUN11D} \left\{ \begin{array}{l} 2147483647(7FFFFFFFH) \\ \downarrow +1 \\ 0(\text{且 } CY=1) \end{array} \right. \leftarrow
 \end{array}$$

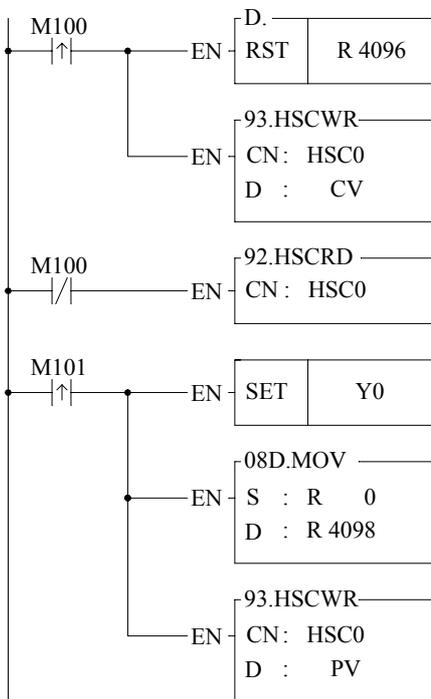
故需利用 FUN11D 之 CY 輸出來修正 DR4098 (1→b31)

【說明】

- 1.主程式先將 HSC0 CV 初始化 (CV 值為 0)，並將截斷長度值 (DR0) 搬入 HSC0 之 PV 後啓動 Y0，馬達轉動開始送料。
- 2.當 CV 值達 PV 值時，將 PV 值再加長度值 DR0 重新載入 HSC0 之 PV 去後返回。
- 3.當物料捲完時，缺料檢知 X2 ON，馬達停止。

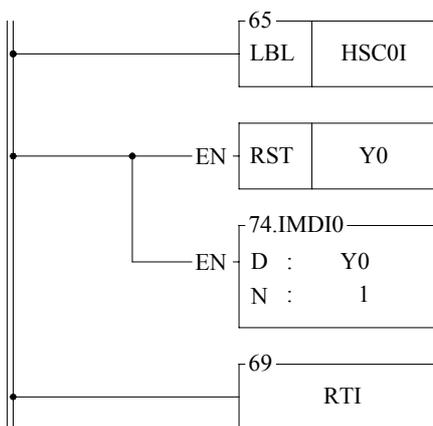
範例 2 · 固定行程高速計數到中斷立即處理範例

【主程式】



- 當 M100 由 0→1 時，將目前值暫存器清除為 0
- 利用 FUN93 將目前值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HSC0 本體之 CV (歸零)  
CN=0，代表 HSC0  
D =0，代表 CV
- 利用 FUN92 將 ASIC 晶片內 HSC0 之目前計數值讀出，並存入目前值暫存器 DR4096  
CN=0，代表 HSC0
- 當 M101 由 0→1 時，啓動 Y0 ON (開始運轉)
- 將計數行程 DR0 搬至設定值暫存器 DR4098
- 利用 FUN93 將設定值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HSC0 之 PV，當作計數到中斷設定值。  
CN=0，代表 HSC0  
D =1，代表 PV

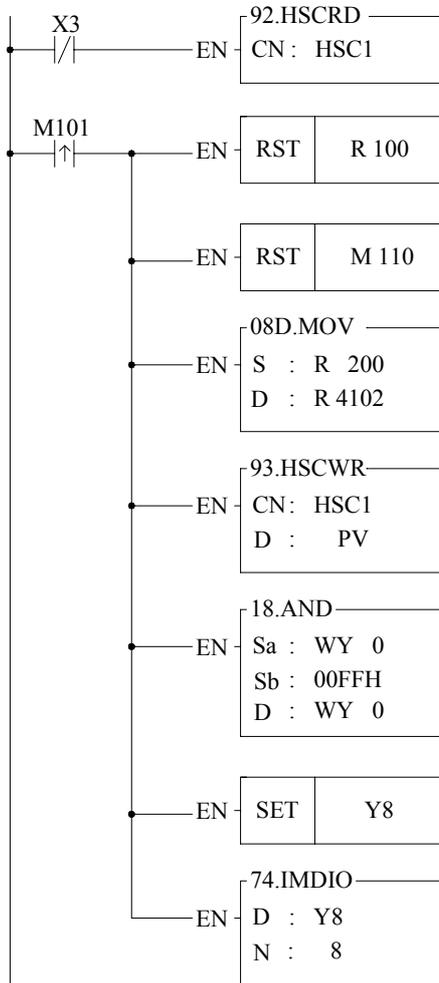
【副程式】



- 標名為 HSC0I 之硬體高速計數器中斷服務副程式
- 計數到時，將 Y0 OFF (停止運轉)
- 將 Y0 立即輸出，才能立即停止運轉 (否則 Y0 會有掃描時間之輸出延遲)

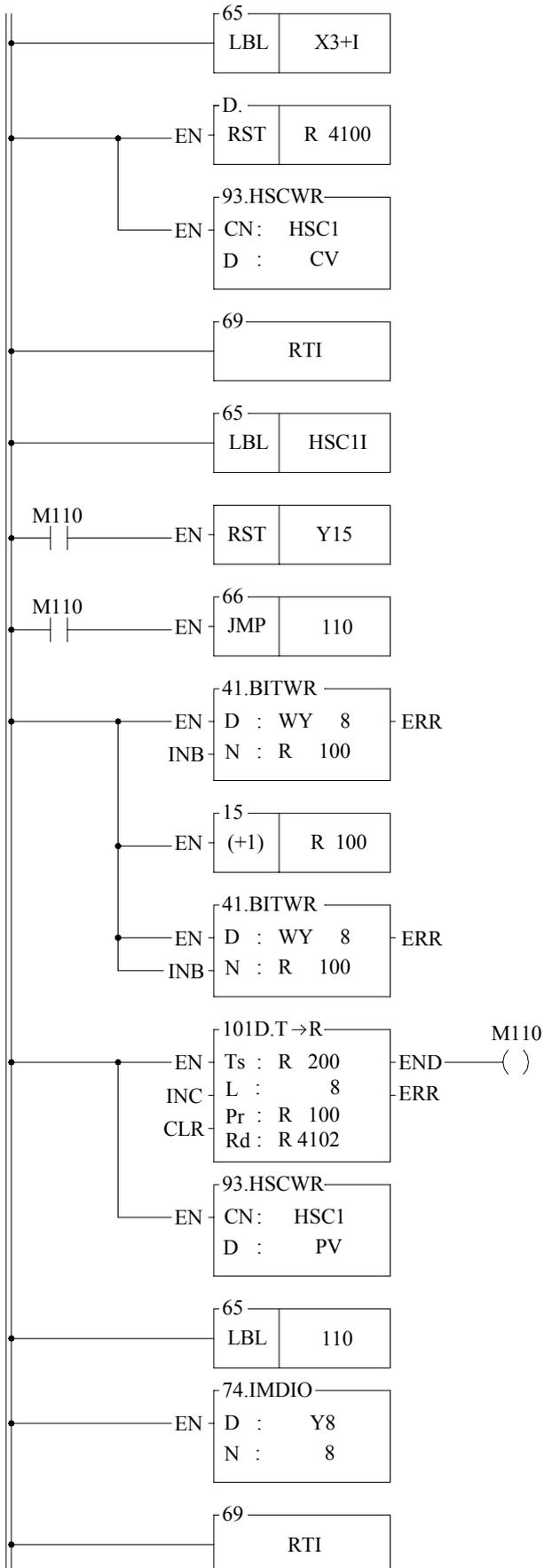
範例 3 · 多段行程高速計數到中斷立即處理範例

【主程式】



- 利用 FUN92 將 ASIC 晶片內 HSC1 之目前值讀出，並存入目前值暫存器 DR4100  
CN=1，代表 HSC1
- 當 M101 由 0→1 時，將指標暫存器清除為 0
- 將最後一段旗標清除為 OFF
- 將計數行程 DR200（第 0 段）搬至設定值暫存器 DR4102
- 利用 FUN93 將設定值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HSC1 之 PV，當作計數到中斷設定值  
CN=1，代表 HSC1  
D =1，代表 PV
- 將 Y8~Y15 清除為 OFF
- 設定 Y8 ON，表示目前正位於第 0 段
- Y8~Y15 立即輸出

【副程式】



- 標名為 X3+I 之 X3 正緣中斷服務副程式（需指定 X3 為正緣中斷輸入）
- 當 X3 由 0→1 時，將目前暫存器清除為 0
- 利用 FUN93 將目前暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HSC1 之 CV（歸零）  
CN=1，代表 HSC1  
D =1，代表 CV
- 標名為 HSC1I 之硬體高速計數器中斷處理副程式
- 最後一段結束時，將 Y15 OFF
- 將前一段輸出 OFF
- 將指標指到下一段
- 將下一段輸出 ON
- 將下一段之計數行程（DR200 開始，指標指到之暫存器）搬至設定值暫存器 DR4102
- 最後一段時 M110 ON
- 利用 FUN93 將設定值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HSC1 之 PV，當作計數到中斷設定值  
CN=1，代表 HSC1  
D =1，代表 PV
- 將 Y8~ Y15 立即輸出

## 11.6 FB-PLC 之高速計時器

一般 PLC 計時器之計時單位（時基）最小只能達 1ms，且需加上掃描時間之誤差，因此對需要較精密之計時（如利用計時器配合 HSC 作成頻率計）便無法達成，必須使用高速計時器（High-Speed Timer 簡稱 HST）才能勝任。

FB-PLC 內建有一個 16 位元/0.1ms 時基（Time base）之高速計時器（HSTA）。另外，如前述 HHSC 之 4 個 32 位元高速計數器（HSC0~HSC3）均可轉化為 32 位元/0.1ms 時基之高速計時器（HST0~HST3）使用，因此 FB-PLC 最多可有 5 個高速計時器。如同 HSC 及 INT，所有 HST 均可以 EN（FUN145）及 DIS（FUN146）指令將其開啓或關閉（內定為 EN 開啓）。下面就 HSTA 與 HST0~HST3 分別敘述如下。

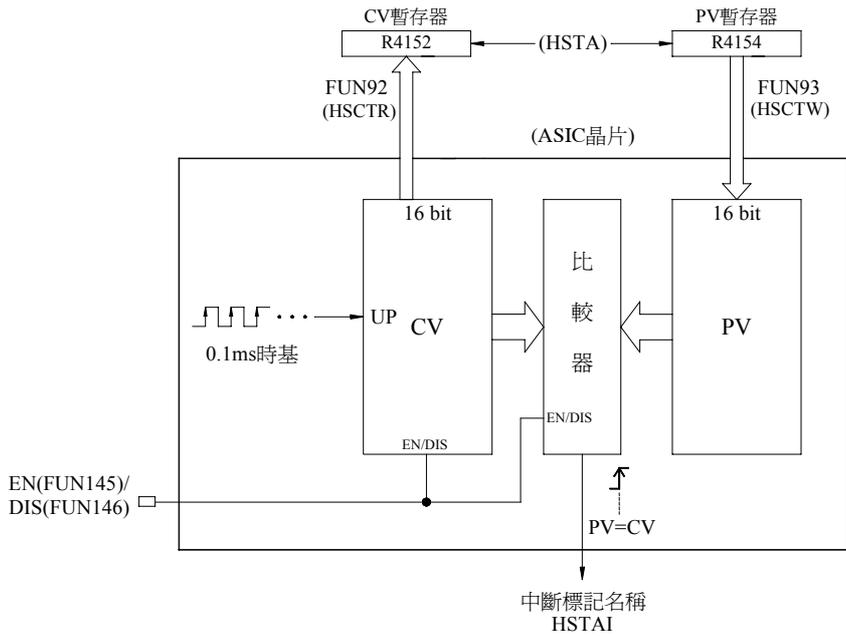
大部份 PLC 計時器之最小時基為 10ms，即使有部份 PLC 能提供 1ms 時基之計時器，也因 PLC 掃描時間之誤差，使其 1ms 之時基失去意義（例如雖時間為 1ms，但若掃描時間為 10ms，總誤差仍超過 10ms），因此無法應用在需要高精度之計時應用。FB-PLC 之時基為 0.1ms，且其 Time up（計時到）係以中斷發出，因此無掃描時間誤差，較之一般 PLC 之計時器，其精度提高 100 倍，可使用許多需精密計時之應用。

### 11.6.1 HSTA 高速計時器

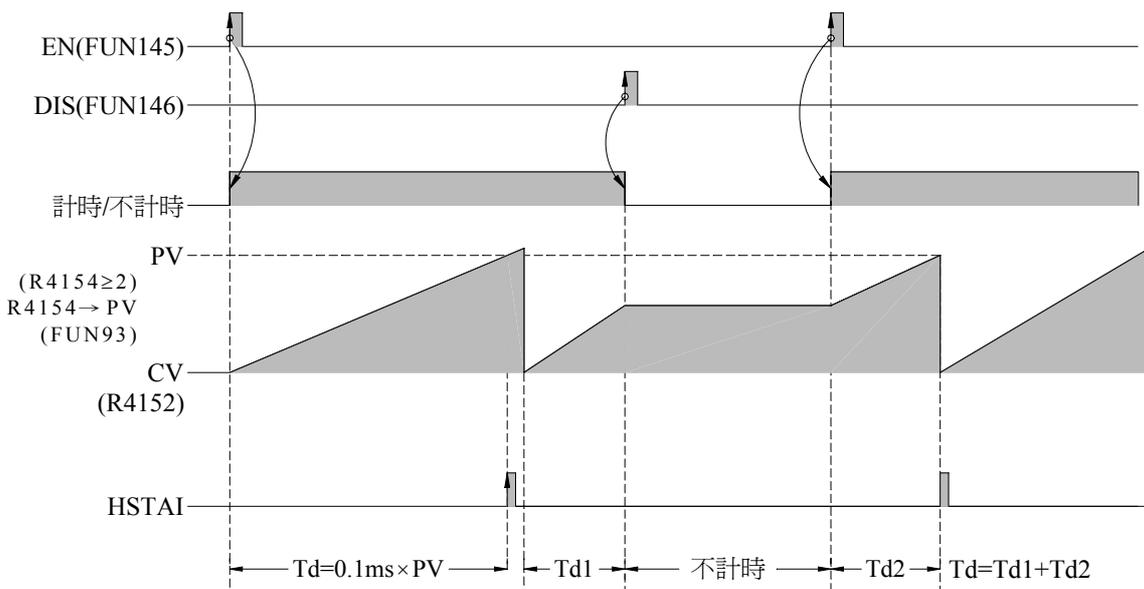
HSTA 是內建於 ASIC 晶片內之 16 位元硬體計時器，因此如同 HHSC 一般必須利用 FUN93（HSCTW）指令將 HSTA PV 暫存器（R4154）載入到晶片內 HSTA 之 PV 去，而 CV 之讀出則使用 FUN92（HSCTR）。HSTA 可當成兩種功能不同之計時器，當其 PV 值 $\geq 2$ 時，FB-PLC 會將 HSTA 當作一般標準功能之 16 位元延遲計時器（Delay Timer）；當 PV 值=0 時，則將 HSTA 當作 32 位元之循環計時器（Cyclic Timer）。

**A. HSTA 16 位元高速延遲計時器** (定時中斷計時器)

延遲計時器是在 HSTA 計時開始起，延遲  $PV \times 0.1ms$  之時間後發出中斷。因 HSTA 當延遲計時器時為 16 位元，故其 PV 值可設為 0002H~FFFFH (無正負號之 65535)，亦即可設之延遲時間為 0.2ms~6.5535 秒，其功能使用方法和一般延遲計時器一樣，差異只是 HSTA 之時基較精細，且計時到 (Time-Up) 時，將立即發出中斷，計時精度相差甚大。下圖為 HSTA 當作延遲計時器時之結構圖。詳細功能及使用方法請參考 11.6.3 小節之程式範例。



● 利用 FUN93 將 PV 暫存器 (R4154) 內容寫入 ASIC 晶片內之 HSTA 高速計時器設定值暫存器，作為定時中斷計時器(每隔設定值時間，執行標名為 `HSTAI` 之定時中斷副程式)。

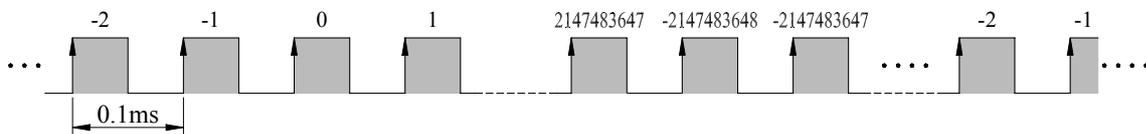
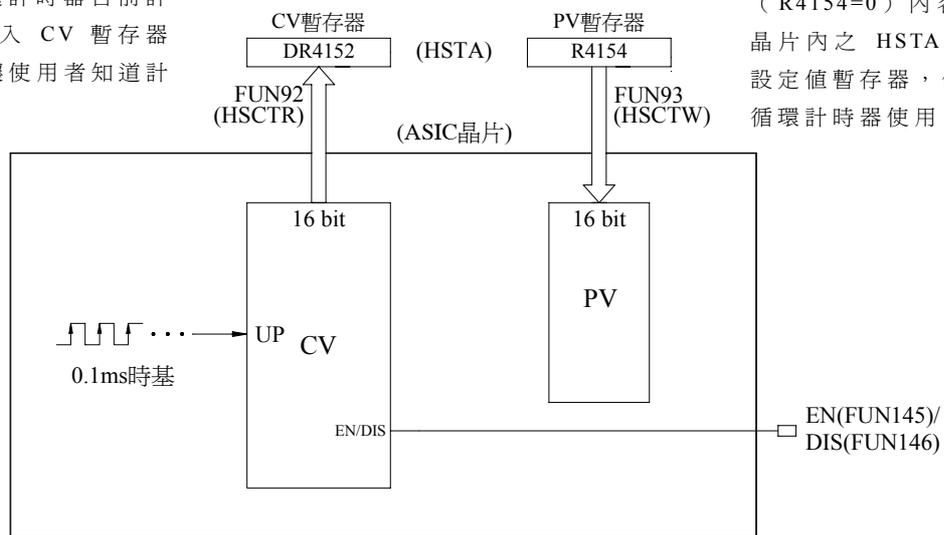


## B. HSTA 32 位元循環計時器

所謂循環計時器是該計時器每間隔固定時間即將目前計時值加 1，而永遠不停地上數循環計時。其 CV 值由 0，1，2……，2147483647，-2147483648，-2147483647，……-2，-1，0，1，2……週而復始地循環（因時基為 0.1ms，CV 值×0.1ms 即為其累計之時間值）。實質上，循環計時器為一恆久運轉之 0.1ms 時基之上數循環計時時鐘，可供任兩事件（Event）發生時讀取，而求得兩事件發生之間隔時間。下圖 B 為 HSTA 當作 32 位元循環計時器時之結構圖，如圖示，循環計時器 PV=0 時，不會發出中斷，欲得知計時值必須利用 FUN92 將之自 ASIC 晶片讀取 CV 值再存放到 PLC 內部之 32 位元 CV 暫存器（DR4152）中。循環計時器典型之應用是可作較準確之轉速偵測，在轉速變化極大或極低場合下作轉速偵測，請參考第 11.6.3 小節範例說明。

- 利用 FUN92 將 ASIC 晶片內之 HSTA 高速計時器目前計時值讀出並存入 CV 暫存器（DR4152），讓使用者知道計時經過值。

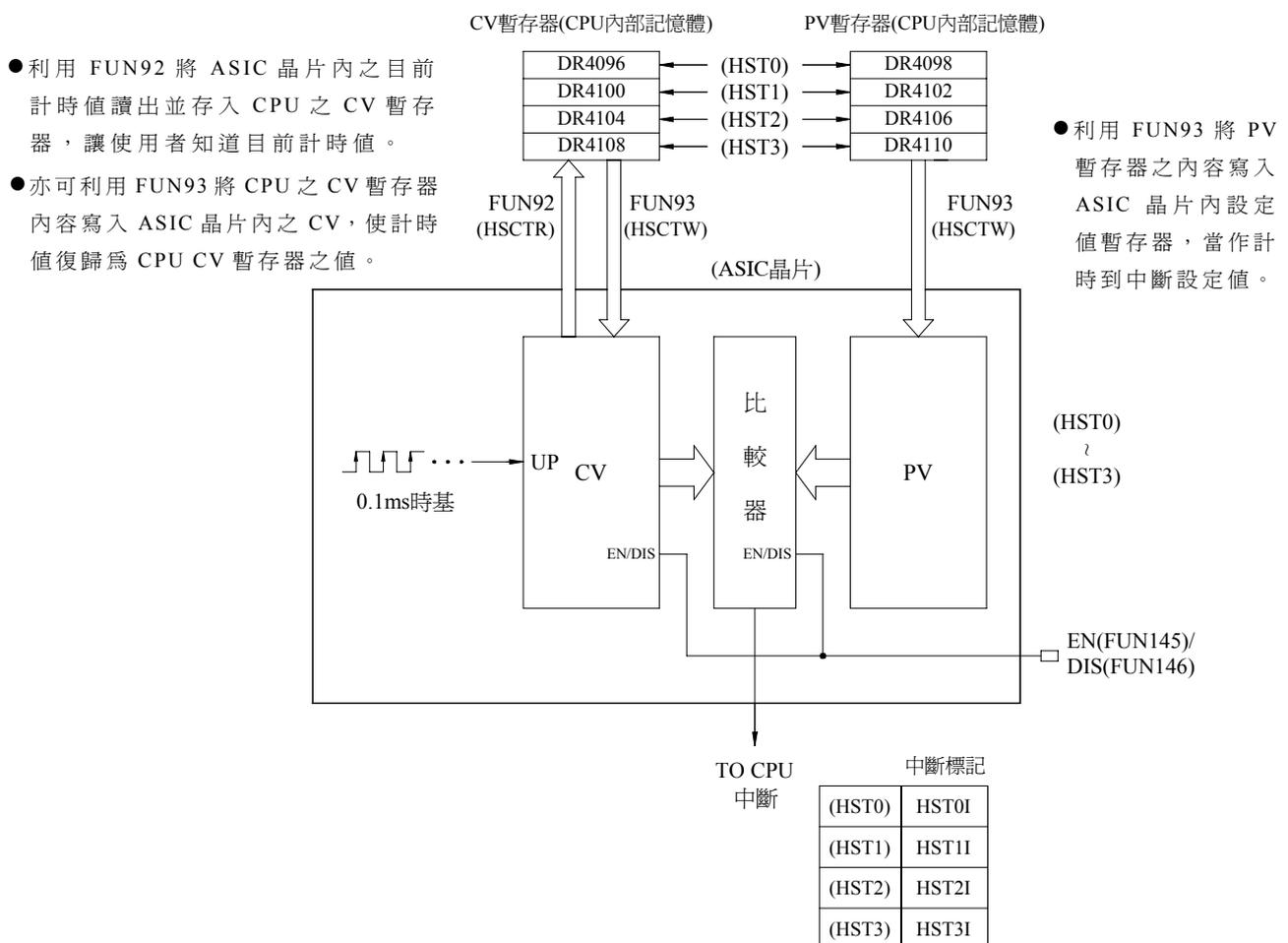
- 利用 FUN93 將 PV 暫存器（R4154=0）內容寫入 ASIC 晶片內之 HSTA 高速計時器設定值暫存器，作為 32 位元循環計時器使用。



## 11.6.2 HST0~HST3 高速計時器

### A.HST0~HST3 高速延遲計時器 (定時中斷計時器)

HHSC (HSC0~HSC3) 可將之規劃為 HST0~HST3 4 個 32 位元之高速延遲計時器，其功能及時基和 16 位元之 HSTA 延遲計時器完全一樣，差異僅在 HST0~HST3 為 32 位元。將 HHSC 規劃為 HST 僅需在 PROLADDER 或 FP-07 之系統模式下之“Configuration”功能下之第 8 項“HSC/HST/INT”指定項下之 HSC/HST 選項中選擇“1”即完成，請參考 11.4 節“HSC/HST 之 Configuration”之範例（在該範例中係將 HSC1 建構為 HST1）。下圖為 HHSC 規劃為 HST 高速延遲計時器之功能結構圖。其使用方法同 HSTA 16bit 高速延遲計時器，請參閱 11.6.4 小節之程式範例。

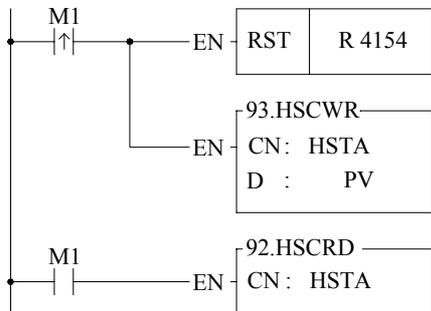


### B.HST0~HST3 32 位元循環計時器

將 HHSC (HSC0~HSC3) 視需要規劃為 HST0~HST3 等 32 位元計時器。每間隔 0.1ms，ASIC 晶片內之目前計時值暫存器會加 1；使用者可利用 FUN92 指令將 ASIC 晶片內之目前計時值讀出並存入 CPU 之 CV 暫存器 (DR4096、DR4100、DR4104、DR4108)。因此 CPU 之 CV 暫存器內容即為 0, 1, 2, ……7FFFFFFFH, 80000000H, ……FFFFFFFH, 0, 1, ……等 32 位元之變化值。利用二事件間之間隔時間計算技巧，可得到無限多個 0.1ms 之 32 位元計時器。

### 11.6.3 高速計時器 HSTA 之使用範例

#### 範例 1 · HSTA 當作 32 位元循環計時器



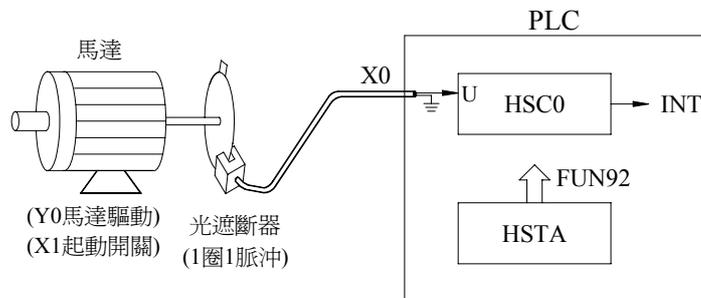
- R4154=0，將 HSTA 當作 32 位元循環計時器
- 利用 FUN93 將設定值寫入 ASIC 晶片內 HSTA 之 PV  
CN=4，代表 HSTA  
D =1，代表 PV
- 利用 FUN 92 將 ASIC 晶片內 HSTA 之目前計時值讀出並存入 DR4152  
(DR4152 之值由 0, 1, 2, ... , FFFFFFFF, 0, 1, 2, ... 循環變化，單位為 0.1mS)
- CN=4，代表 HSTA

#### 範例 2 · 循環計時器之應用例

本例以 HSTA 當作循環計時器，配合 HSC0，以每累積 10 個脈沖發出一次中斷，讀取累積該 10 次脈沖所歷經之時間，而反向地求出 RPM（脈沖數固定，時間變化）。

註：本例適合高速 RPM 應用（300~6000RPM），不適合低速 RPM（低速時，RPM 值更新太慢）。

#### 機構



#### HSC 與 HST 之建構

- ①因 HSTA 為內建，無需任何建構，只要令 PV (R4154) =0 即可將之變成 32 位元循環計時器。
- ②配合光遮斷器，將 HSC0 設為單輸入之上數計數器 (MD0，但只使用 U 輸入)

```
HSC0/HST0 SELECT
Q (0:HSC, 1:HST)
```

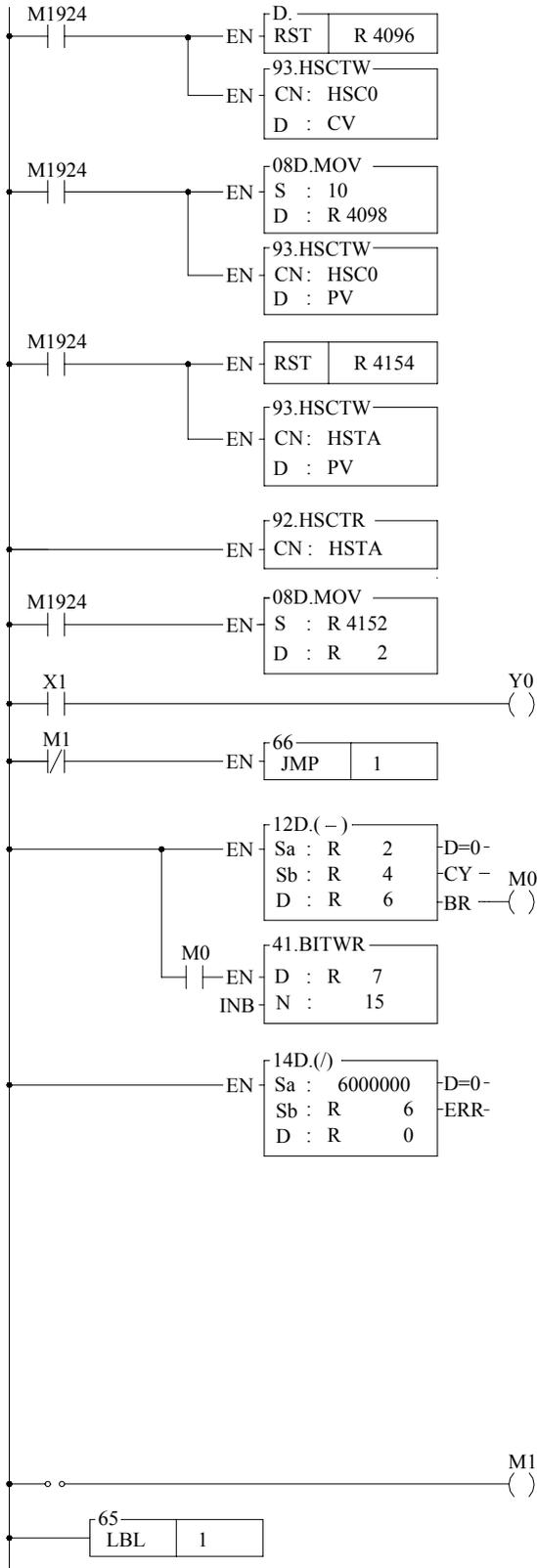
- 內定值不需更動

```
HSC0+ MD:0 U:X0
D: N: C:
```

- 將 HSC0 建構為只有單輸入之上數計數器
- 其餘輸入均不使用

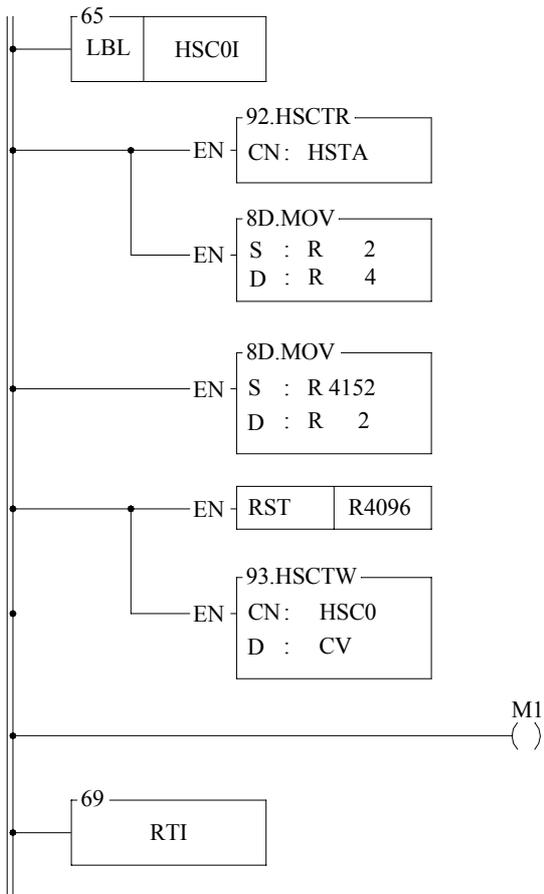
其他設定（計數輸入與控制輸入極性）均為內定（不倒相），不必更動。

【主程式】



- HSC0 之 CV 暫存器初值為 0
- 將 0 (DR4096) 寫入 ASIC 晶片內之目前值暫存器 (計數歸零); FUN93 之 CN=0 表 HSC0; D=0 表 CV
- HSC0 之 PV 暫存器 (DR4098) 初值為 10
- 將 10 (DR4098) 寫入 ASIC 晶片內之設定值暫存器, 當作計數到中斷值; FUN93 之 CN=0 表 HSC0; D=1 表 PV
- 將 R4154=0
- 將 0 (R4154) 寫入 ASIC 晶片內之設定值暫存器, 將 HSTA 規劃為 32 位元循環計時器; FUN93 之 CN=4 表 HSTA; D=1 表 PV
- 讀取目前計時值
- HSTA 之 CV 暫存器初值存入 DR2
- 求出 HSC0 每次中斷的間隔時間  $\Delta T$  (DR6×0.1ms)
- HST 之 CV 值  $\begin{cases} 2147483647(7FFFFFFFH) \text{-----A} \\ \downarrow +1 \\ -2147483648(80000000H) \text{-----B} \end{cases}$
- FUN12D  $\begin{cases} B-A=-2147483647(80000001H) \\ \text{且 BR}=1 \end{cases}$
- 故需利用 FUN12D 之 BR 輸出來修正 DR6 (1→b31)
- 轉速 =  $\frac{N}{\Delta T} \times 60$  RPM
- N=10,  $\Delta T = \Delta CV \times 0.1ms = \frac{(\text{此次CV} - \text{前次CV})}{10000S}$
- 故 轉速 =  $\frac{6000000}{\Delta CV}$  RPM
- R0=RPM
- 清除 RPM 計算旗標

【副程式】

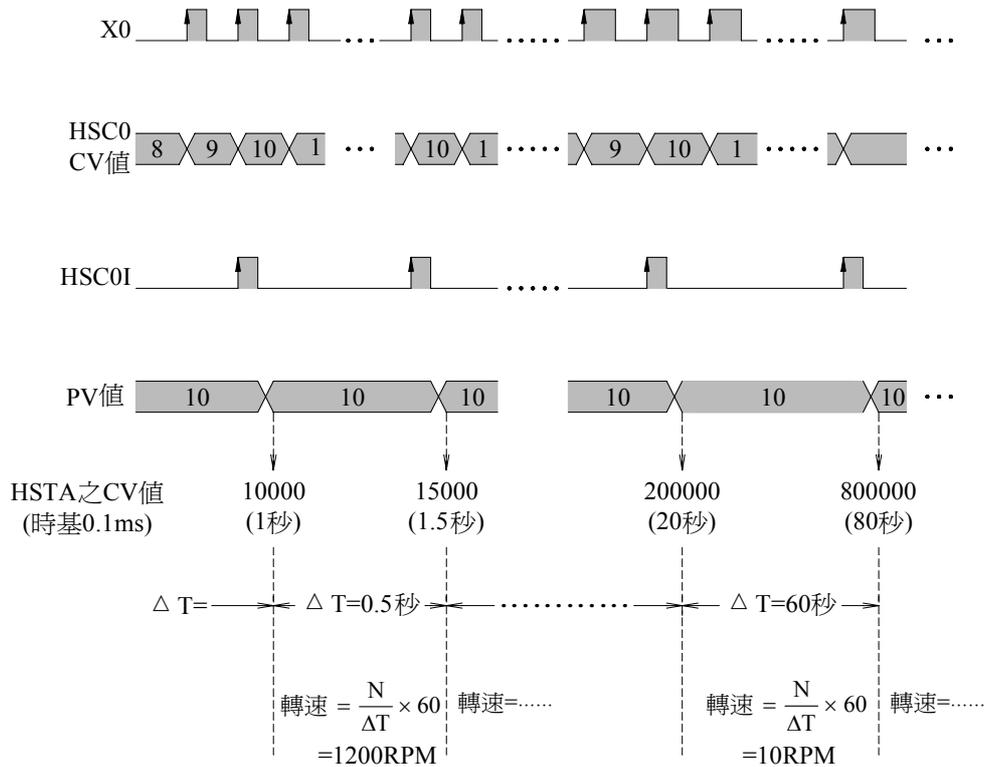


•HSC0 每累計 10 個脈沖，硬體即自動執行此中斷副程式

•讀取 HSTA 之 CV 值

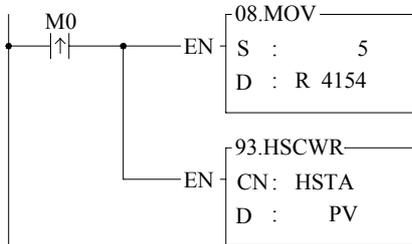
•將目前計數值復歸為 0

•M1=ON，RPM 計算旗標



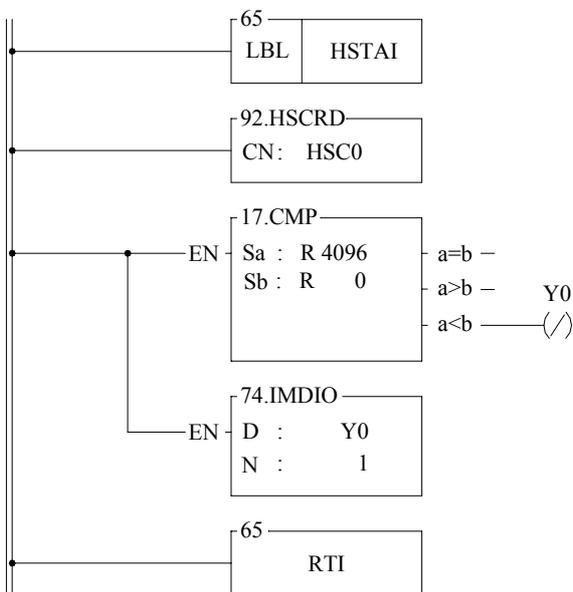
範例 3 · HSTA 當作定時中斷計時器程式

【主程式】



- 設定定時中斷之時間；R4154=5 代表每 0.5mS 執行標名為 HSTAI 之定時中斷服務副程式
- 利用 FUN93 將設定值寫入 ASIC 晶片內 HSTA 之 PV，當作計時到中斷設定值  
CN=4，代表 HSTA  
D =1，代表 PV

【副程式】



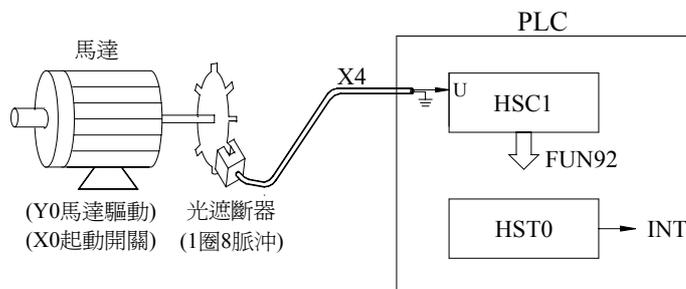
- 標名為 HSTA 之定時中斷服務副程式
- 每 0.5mS 讀取硬體高速計數器 HSC0 之目前計數值
- 判斷目前計數值是否大於等於 R0，如是，則 Y0 ON
- ※在 HSTAI 定時中斷程式裏讀取硬體高速計數器 (HSC0~HSC3) 之目前計數值，祇有 Low Word 之 16 位元有效
- 將 Y0 立即輸出，才能達到高速輸出反應 (否則 Y0 會有掃描時間之延遲)

## 11.6.4 HST0~HST3 高速計時器使用範例

### 範例 1·延遲計時器之應用例

本例將 HSC0 高速計數器規劃為 HST0 延遲計時器，同時以 HSC1 高速計數器連接自動木工鑽床之轉動馬達以其旋轉圈數，於每一固定時間週期即發出中斷，讀取在此週期內所計數到之馬達回轉圈數，以未加載（空轉未作鑽孔動作）時之轉數，比較當鑽頭下壓（鑽孔）時之速度變化，而能得知鑽頭狀況；因馬達在鑽頭正常（銳利）時之阻力較小，轉速適中，而在鑽頭變鈍時，阻力較大，轉速變慢，而在鑽頭折斷時阻力無，轉速將同空轉速度，是為最快，因快、中、慢速之差異通常不大，若以一般計時器取樣檢知，因誤差高達數十 ms，光是誤差值就超過快、中、慢速之差異，根本無法判知速度變化，但以 0.1ms 高速計時器配合中斷，即能以相當低之成本，達到能檢知鑽頭正常、變鈍或折斷，而能及換頭警示或停機更換之動作。【時間固定，脈沖數變化】

### 機構



### HSC 與 HST 之建構

```
HSC0/HST0 SELECT
1 (0:HSC,1:HST)
```

- 將 HSC0 設為 HST0

```
HSC1/HST SELECT
0 (0:HSC,1:HST)
```

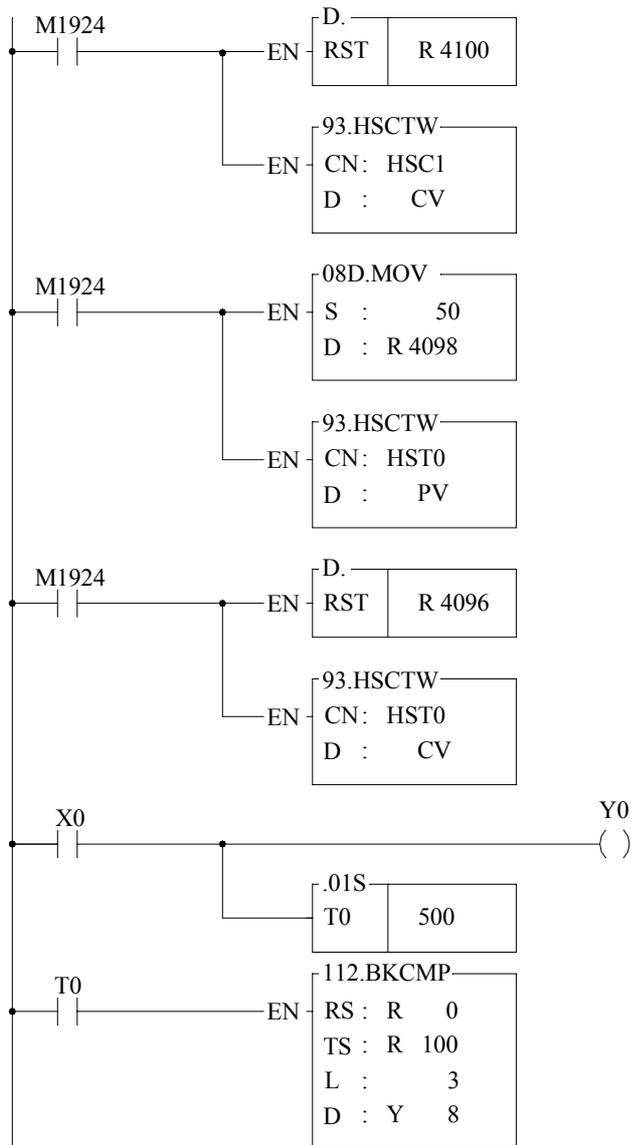
- HSC1 內定為 HSC

```
HSC1 → MD:0 U:X4
D: M: C:
```

- 將 HSC1 設為 MD0，為單輸入上數計數器；其他輸入不用

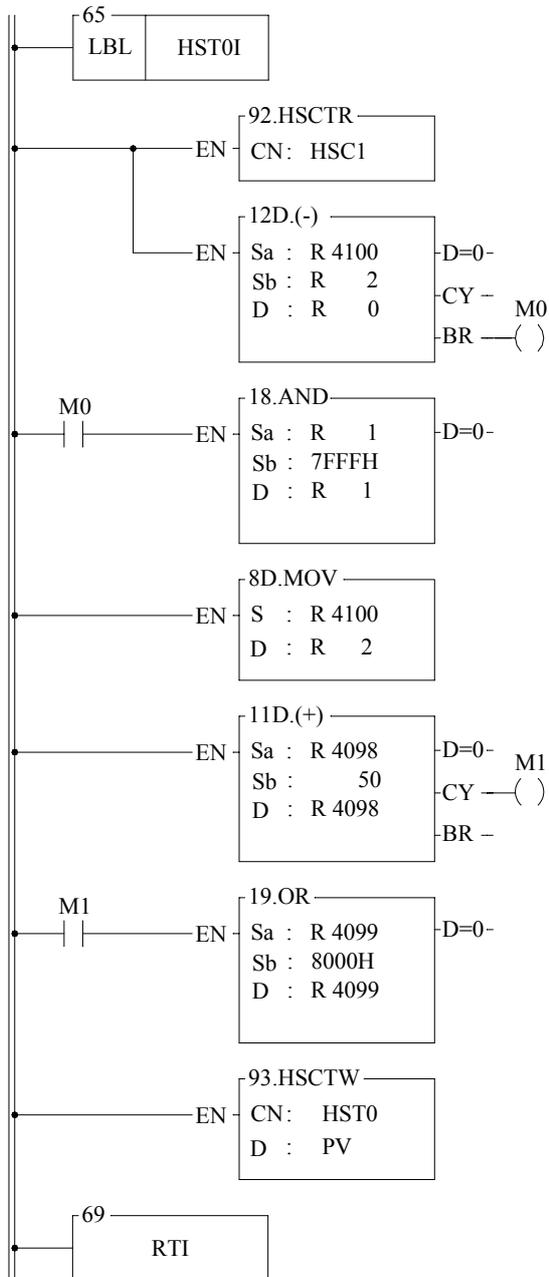
- 其他設定（計數輸入，控制輸入極性）均為內定（不倒相），不必更動。

【主程式】



- HSC1 之 CV 暫存器初值為 0
- 利用 FUN93 寫入 ASIC 晶片內之目前值暫存器  
FUN93 之 CN=1 表 HSC1 ; D=0 表 CV
- HST0 之 PV 值設為 50，即每隔 5ms (50×0.1ms) 中斷一次
- HST0 之 CV 暫存器初值為 0
- 起動馬達 5 秒後才利用 FUN112 比較鑽頭轉速狀況  
R0：每隔 5ms 取得 HSC1 之脈波數

【副程式】

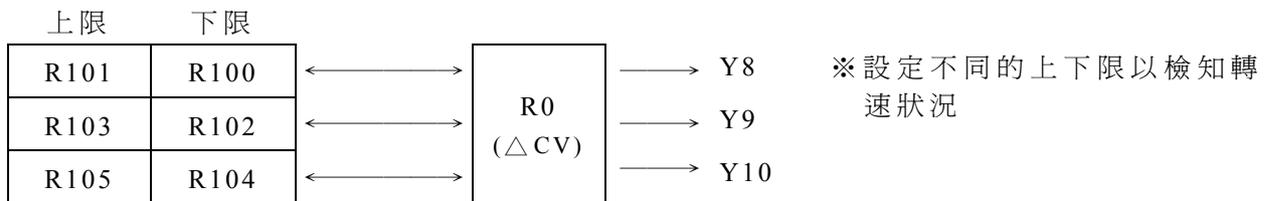
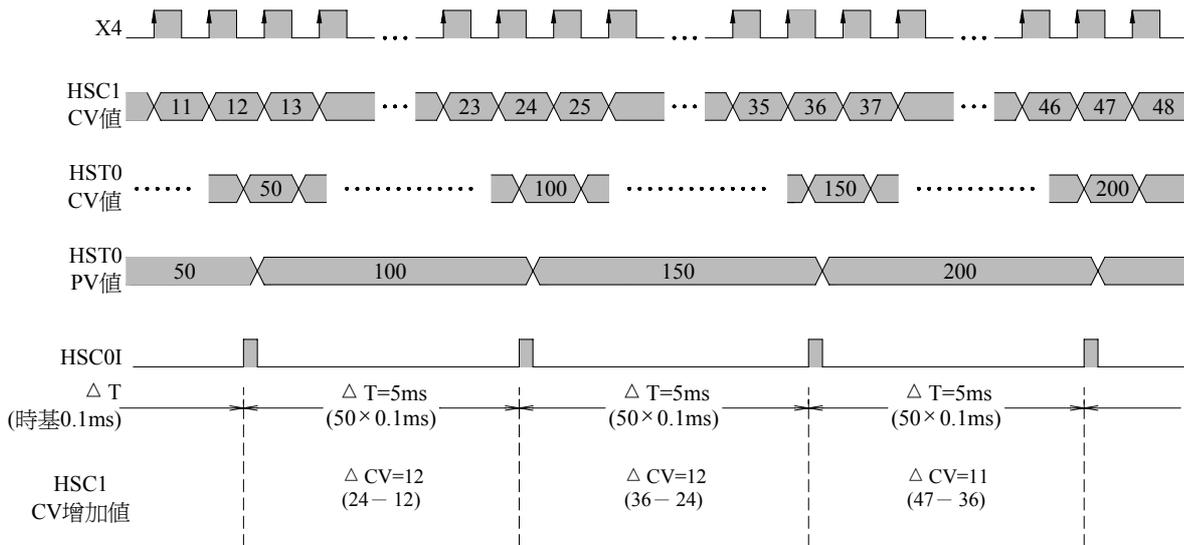


- 每隔 5ms 硬體即自動執行一次此副程式

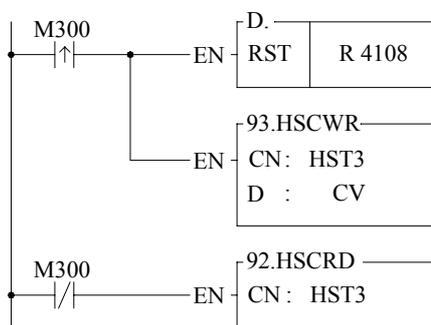
- 求取此次 5ms 內 HSC1 CV 之增加值，並存入 DR0（在實用上 R1=0）

- 計算 HSC0 之新 PV 值

【說明】假設正常時，鑽頭轉速為 18000RPM，而 1 轉會使光遮斷器產生 8 個脈沖，則 HSC1 之 U 腳頻率=18000/60×8=2400Hz，亦即 5ms 內會有 12 個脈沖。因此可利用 HST0 固定每隔 5ms 中斷一次，而讀取 HSC1 之 CV 值，便可知道轉速狀況。



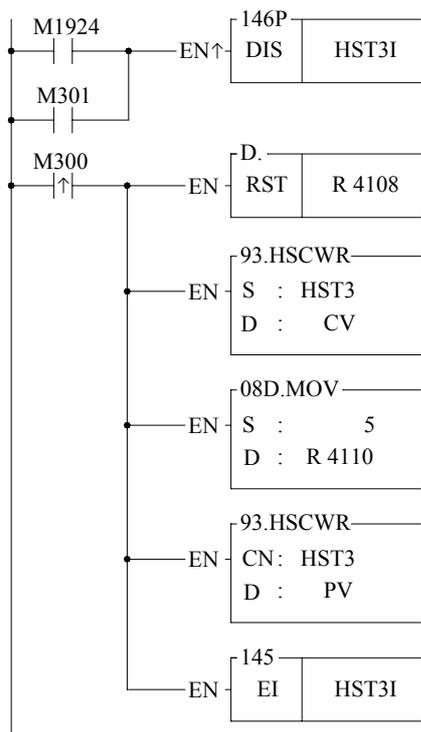
**範例 2 · 硬體高速計時器 HST3 當作 32 位元循環計時器**



- 當 M300 由 0→1 時，將目前值暫存器清除為 0
- 利用 FUN 93 將目前值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HST3 之 CV (歸零)  
CN=3, 代表 HST3  
D =0, 代表 CV
- 利用 FUN 92 將 ASIC 晶片內 HST3 之目前計時值讀出並存入目前值暫存器 DR4108 (DR4108 之值由 0, 1, 2, ... .., FFFFFFFF, 0, 1, 2, ... .. 循環變化, 單位為 0.1ms)  
CN=3, 代表 HST3

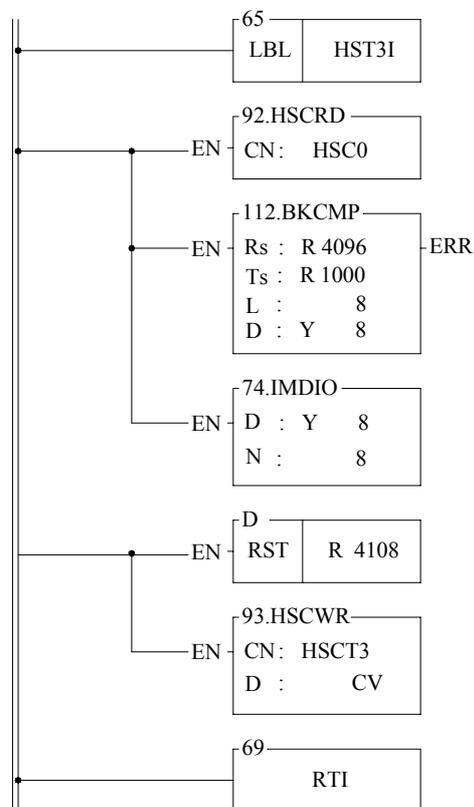
**範例 3 · 硬體高速計時器 HST3 當作定時中斷計時器程式**

### 【主程式】



- 開機或 M301 ON 時，禁止 HST3 發出定時中斷
- 當 M300 由 0→1 時，將目前值暫存器清除為 0
- 利用 FUN93 將目前值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HST3 之 CV (歸零)  
CN=3，代表 HST3；D=0，代表 CV
- 設定定時中斷之時間；DR4110=5，代表每 0.5mS 執行標記名稱爲 HST3I 之定時中斷服務副程式
- 利用 FUN93 將設定值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HST3 之 PV，當作計時到中斷設定值  
CN=3，代表 HST3；D=1，代表 PV
- 啓動 HST3 定時中斷

### 【副程式】



- 標名爲 HST3I 之硬體高速計時器中斷服務副程式
- 每 0.5mS 讀取硬體高速計數器 HSC0 之目前計數值
- 判斷目前計數值落於電子凸輪之那一段，並將相對應之輸出點 ON
- 將 Y8~Y15 立即輸出
- 將目前值暫存器清除為 0
- 利用 FUN93 將目前值暫存器之內容寫入 ASIC 晶片內 HST3 之 CV (歸零)  
CN=3，代表 HST3；D=0，代表 CV