201ASP

PIC16Fxxx 中階系列 PIC®

周邊配置與組合語言撰寫

目標

- 學習完本課程後，將能夠：
  - 理解基本PIC®周邊及相關的暫存器
  - 具有初始化中階系列微控器周邊的 ***“動手實驗”*** 經驗
  - 能實現本課程中未涉及到的周邊
  - 了解中斷和查詢的技巧
  - 從頭開始撰寫自己的應用程式

本課程可獲得最大收益

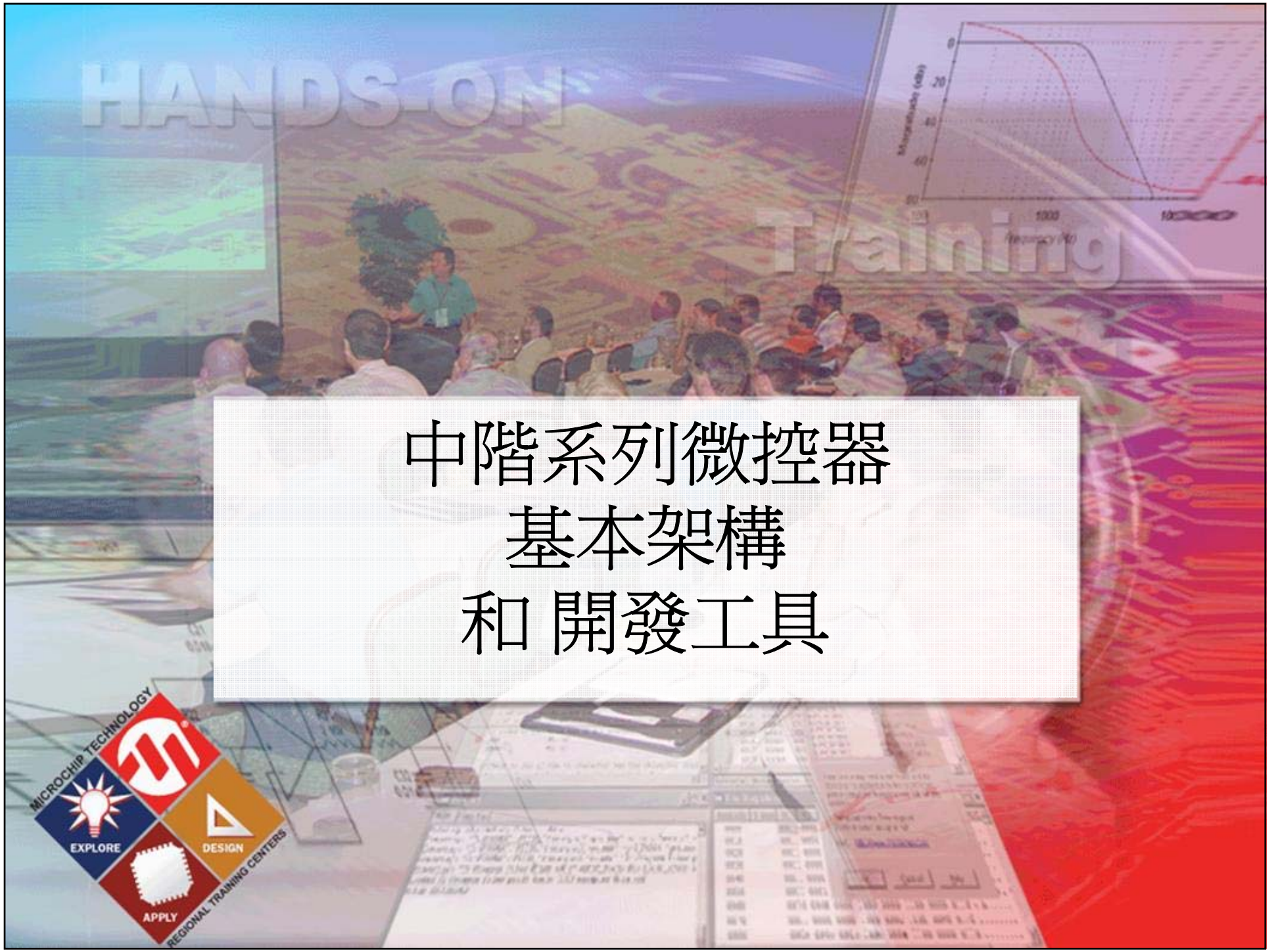
- *理想情況* 應熟悉以下內容：
  - 組合語言撰寫
  - 中階系列微控器的基本指令集
  - 資料暫存器和程式記憶器的架構
  - MPLAB® IDE 開發環境的使用
  - Microchip ICD2 除錯器

201ASP 課程安排

- *簡要地* 回顧中階系列微控器的架構、指令集和 MCHP 工具
- 中階PIC®微控器的中斷
  - 基本中斷練習
- 周邊討論：
  - 輸入 / 輸出腳位功能
  - 計時器
    - Timer0
    - Timer1
      - Timer1練習
    - Timer2
      - Timer2練習

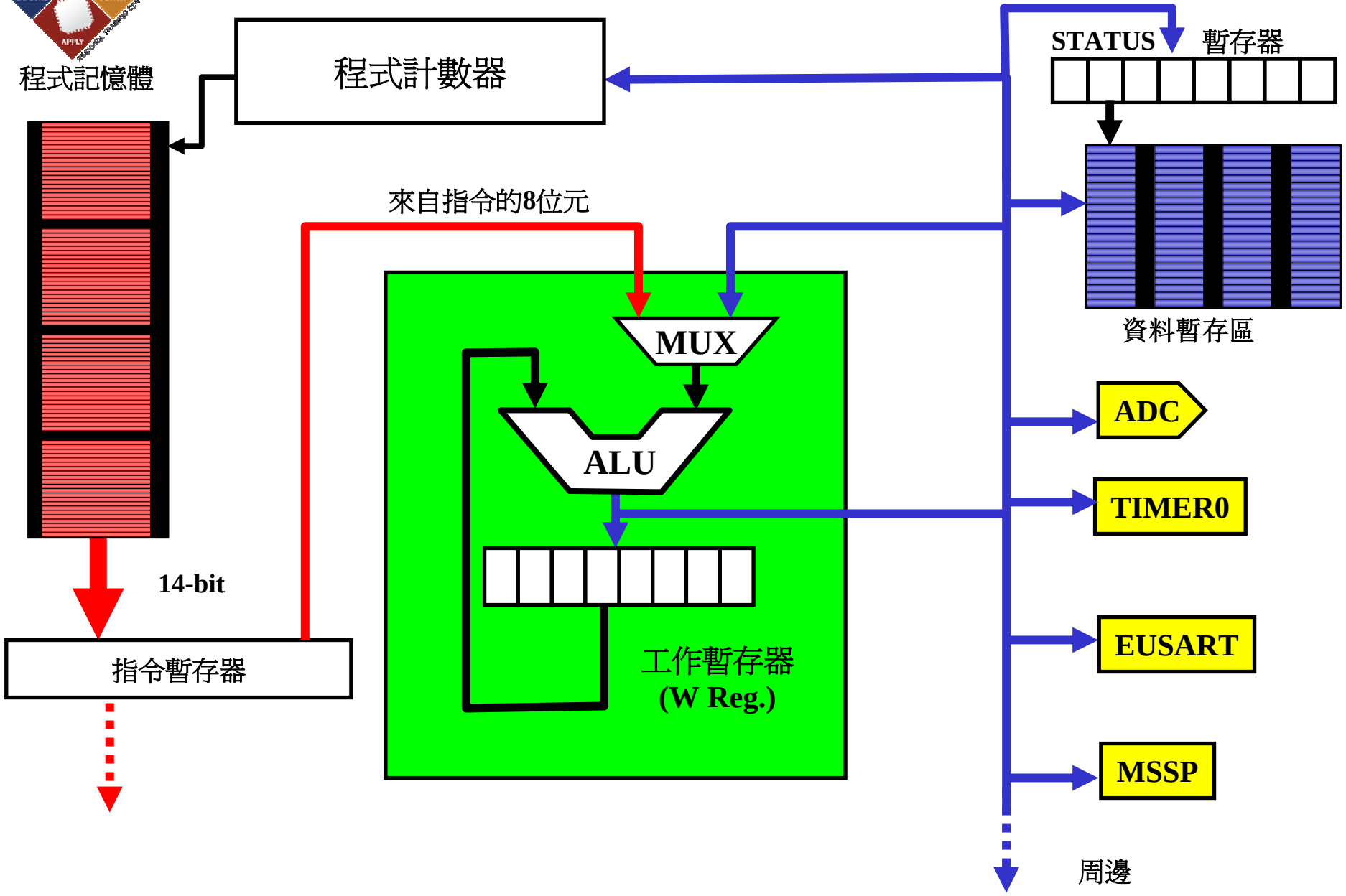
201ASP 課程安排

- 增强型脈波量測器 /比較/ PWM 模組（ECCP）
  - PWM 和計時比較練習
- 類比電壓比較器
- 類比轉換器（ADC）
  - ADC練習
- 增强型通用步/非同步串列通訊（EUSART）
  - EUSART 通訊練習
- I^2C 和 SPI 通訊介面
  - I2C 通訊練習
- 其它：
  - 多中斷練習，Internal EEPROM 練習，LCD 驅動練習
- 總結



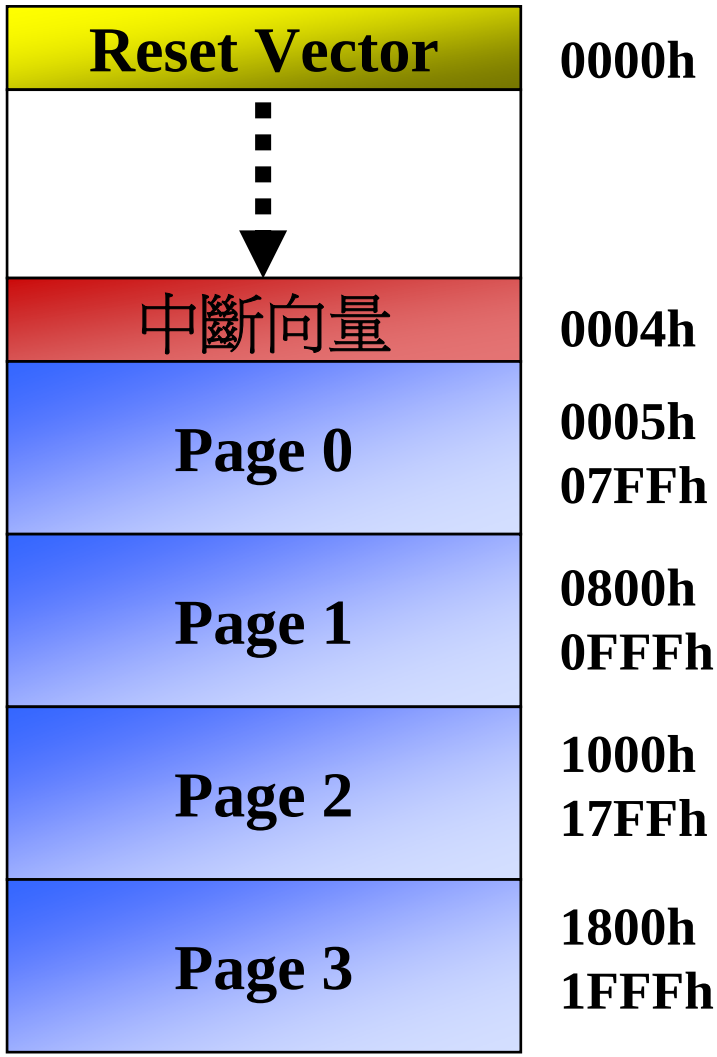
中階系列微控器
基本架構
和 開發工具

中階PIC®微控器架構圖



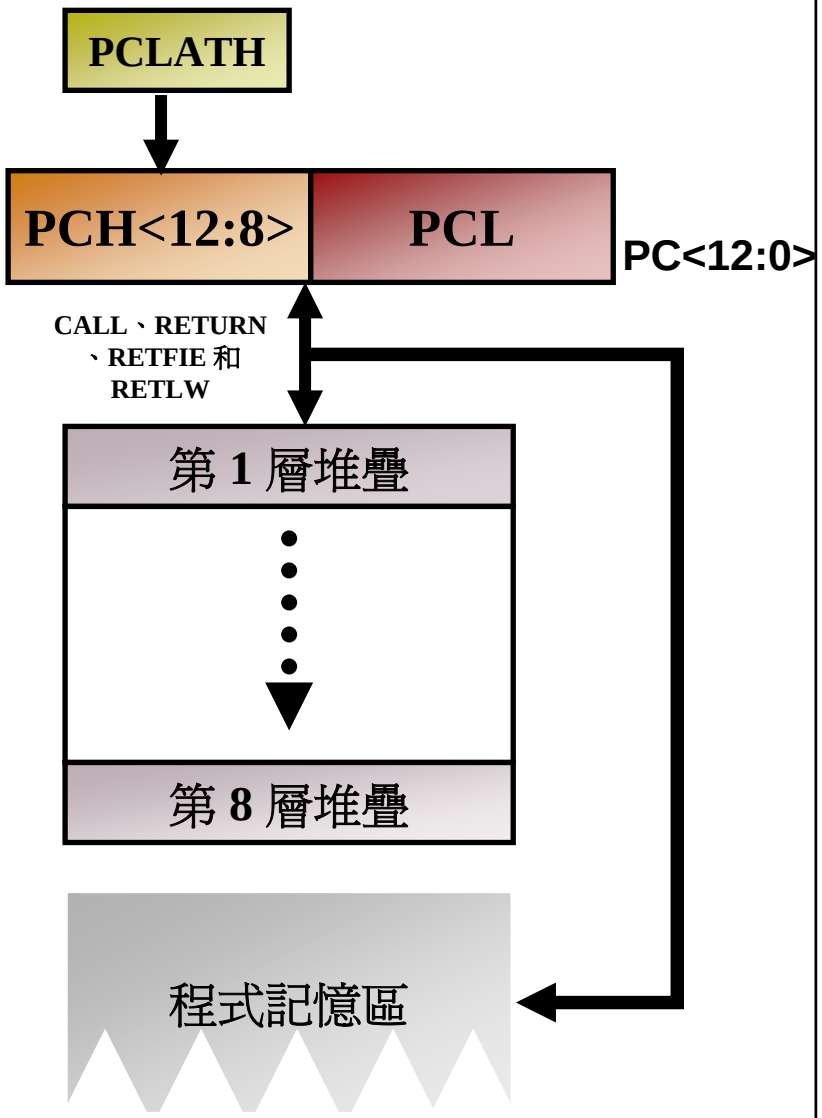
程式記憶體

- 最大 **8K Word**：
  - **(8K x 14-bit) = 14 KB** 的程式定址空間
- 重置向量位於 **0x0000**
  - 發生任何重置動作時，**PC** 將歸零到此地址
- 中斷向量位於 **0x0004**
  - 發生任何中斷時，**PC** 將跳到此地址



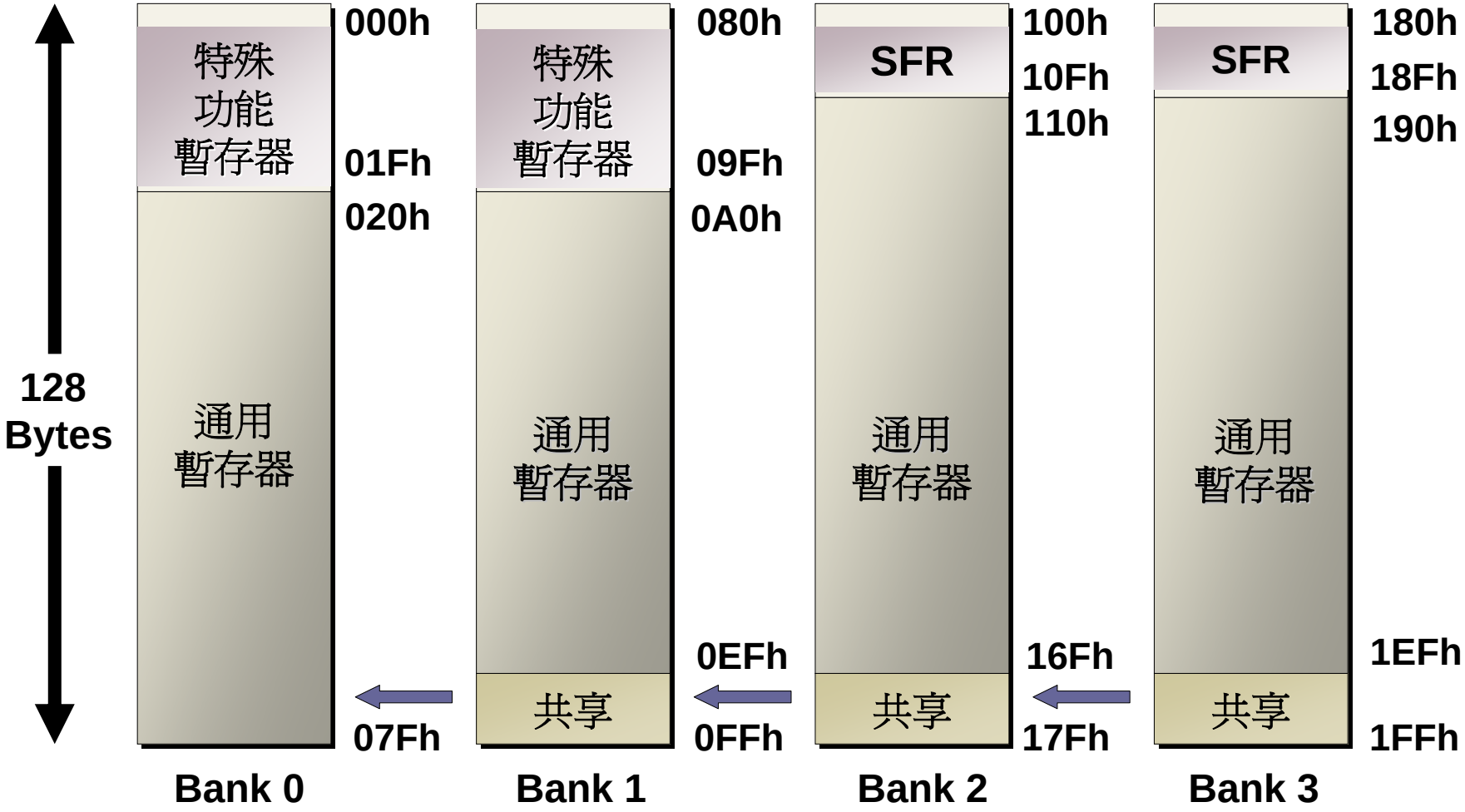
程式計數器（PC）和堆疊

- **13-bit 程式計數器 (PC)**
  - 直接操作的程式空間 – **11 bit**
  - 最高的兩個位元爲程式頁選擇位元:
    - 通過**PCLATH<4:3>**兩位元更新
    - 指定程式記憶的切換頁**(Page)**
- **8 層深堆疊**
  - 暫存 **PC** 的內容
    - 推入堆疊
      - 呼叫副程式 / 中斷
    - 彈出堆疊
      - **RETURN、RETFIE 和 RETLW**



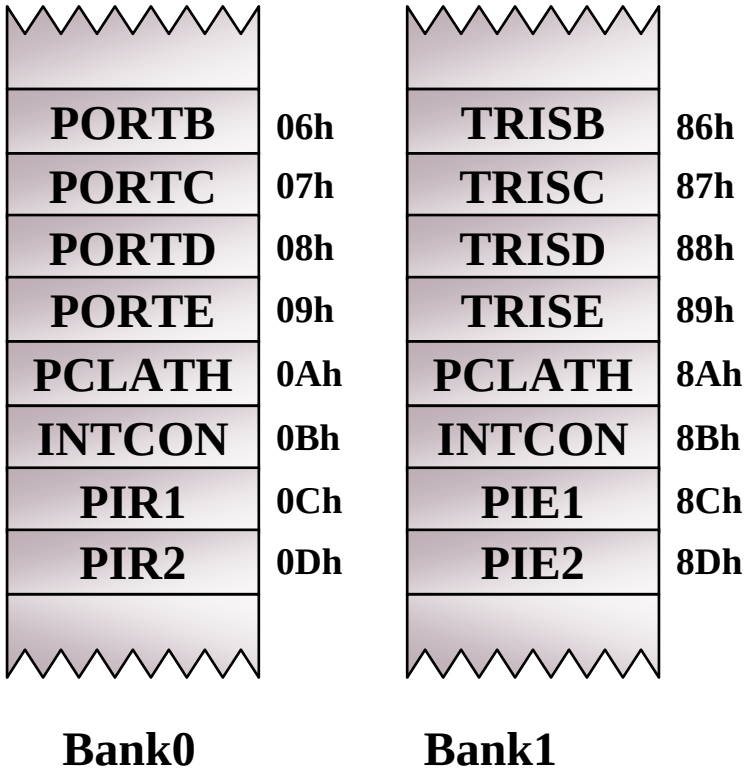
Data Memory Map

以 **PIC16F887** 做說明，實際 **RAM** 大小隨元件有所變化。

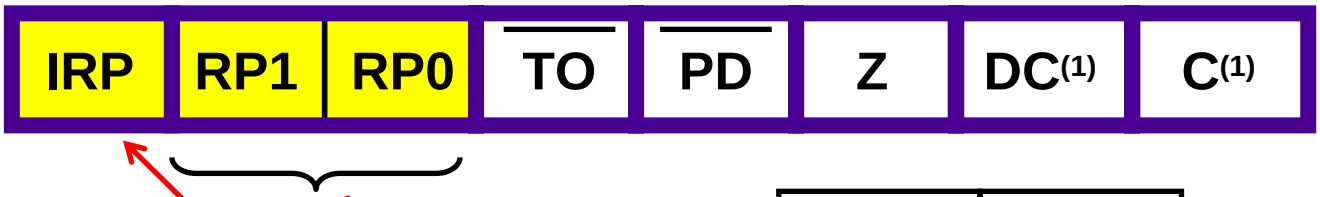


特殊功能暫存器（SFR）

- 暫存器採一般 **RAM** 的概念
- 存取方式與存取其它通用暫存器一樣簡單
- 某些暫存器可跨越所有 **Data Bank**（**PCLATH**，**STATUS**，**INTCON**等）



STATUS 暫存器



- 包含：
  - ALU的算術運算狀態
  - 重置狀態
  - RAM 的 **BANK** 選擇

RP1	RP0	
0	0	BANK0
0	1	BANK1
1	0	BANK2
1	1	BANK3

暫存器暫存區選擇：
（用於間接定址-FSR）

1 = Bank 2和Bank 3

0 = Bank 0和Bank 1

指令集總覽表

- **35 個 Single Word 指令**
- 除程式分歧指令外，所有指令都是單週期指令
- 可歸內下列 **3** 種類型操作：

位元組操作類型指令

ADDWF	f, d	Add W and f
ANDWF	f, d	AND W with f
CLRF	f	Clear f
CLRW	–	Clear W
COMF	f, d	Complement f
DECF	f, d	Decrement f
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0
INCF	f, d	Increment f
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f
MOVF	f, d	Move f
MOVWF	f	Move W to f
NOP	–	No Operation
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry
SUBWF	f, d	Subtract W from f
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f

位元操作類型指令

BCF	f, b	Bit Clear f
BSF	f, b	Bit Set f
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set

立即數和控制操作類型指令

ADDLW	k	Add literal and w
ANDLW	k	AND literal with w
CALL	k	Call Subroutine
CLRWDT	–	Clear Watchdog Timer
GOTO	k	Go to address
IORLW	k	Inclusive OR literal with w
MOVLW	k	Move literal to w
RETFIE	–	Return from interrupt
RETLW	k	Return with literal in w
RETURN	–	Return from Subroutine
SLEEP	–	Go into Standby mode
SUBLW	k	Subtract w from literal
XORLW	k	Exclusive OR literal with w

全部在一張投影片中!!!

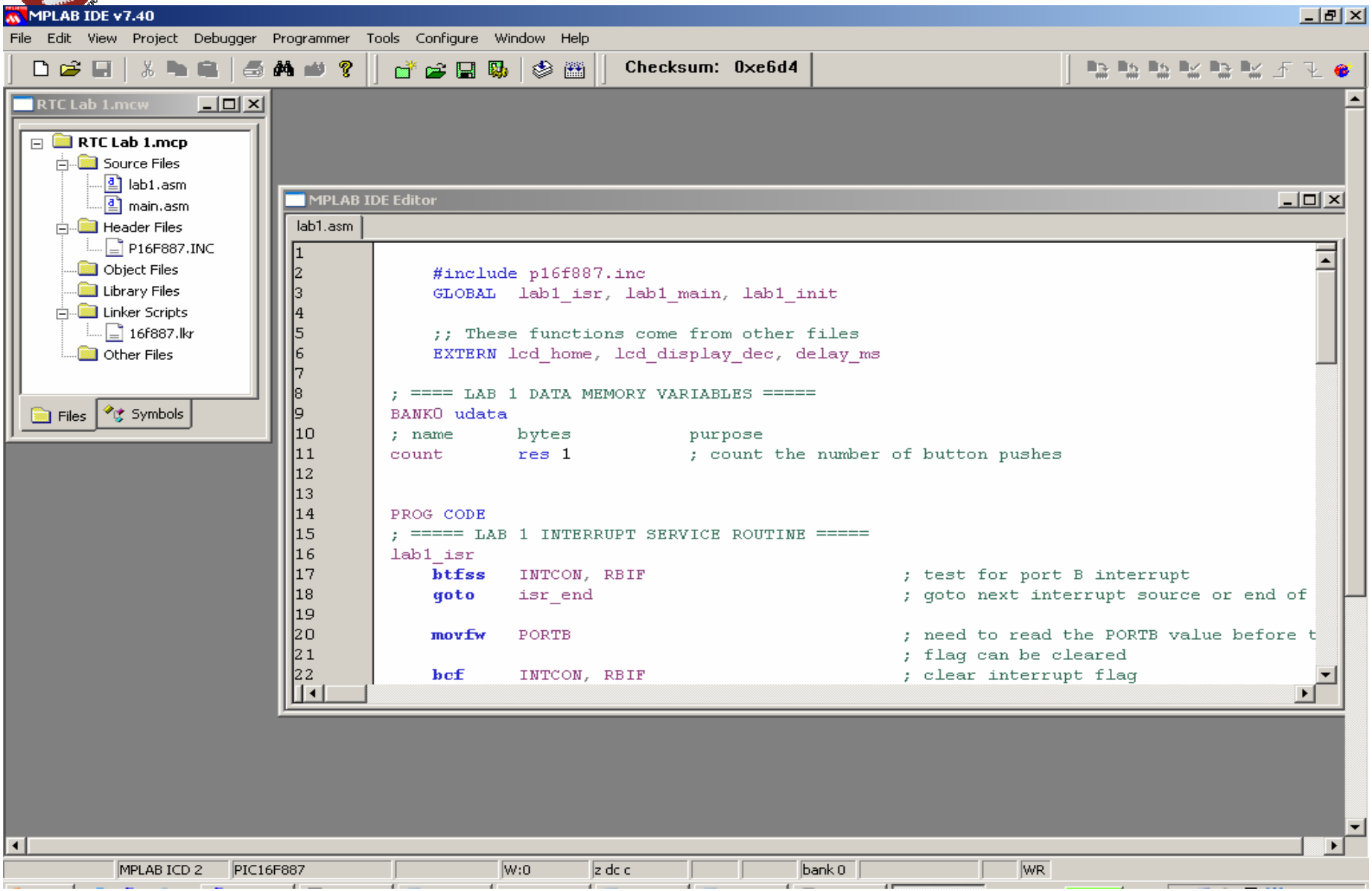

HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

PIC® 開發工具

PIC®：開發工具
MPLAB® IDE

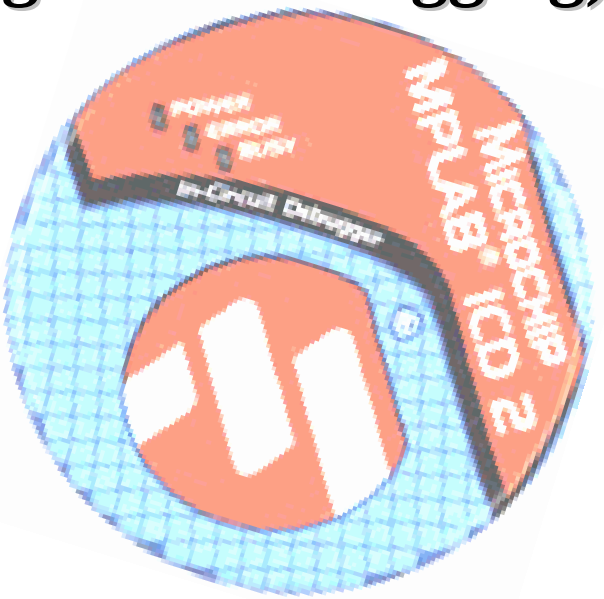
- **MPLAB® IDE** ：整合式開發環境
- 它整合了多種 **Microchip** 和 **Third-Party** 工具
  - 程式編輯器
  - 交叉編譯器
  - 組合語言編譯器
  - 軟體模擬器 **(MPLAB SIM)**、線上除錯器**(ICD)** 和線上模擬器**(ICE)**
  - 燒錄器

PIC®：開發工具
MPLAB® IDE

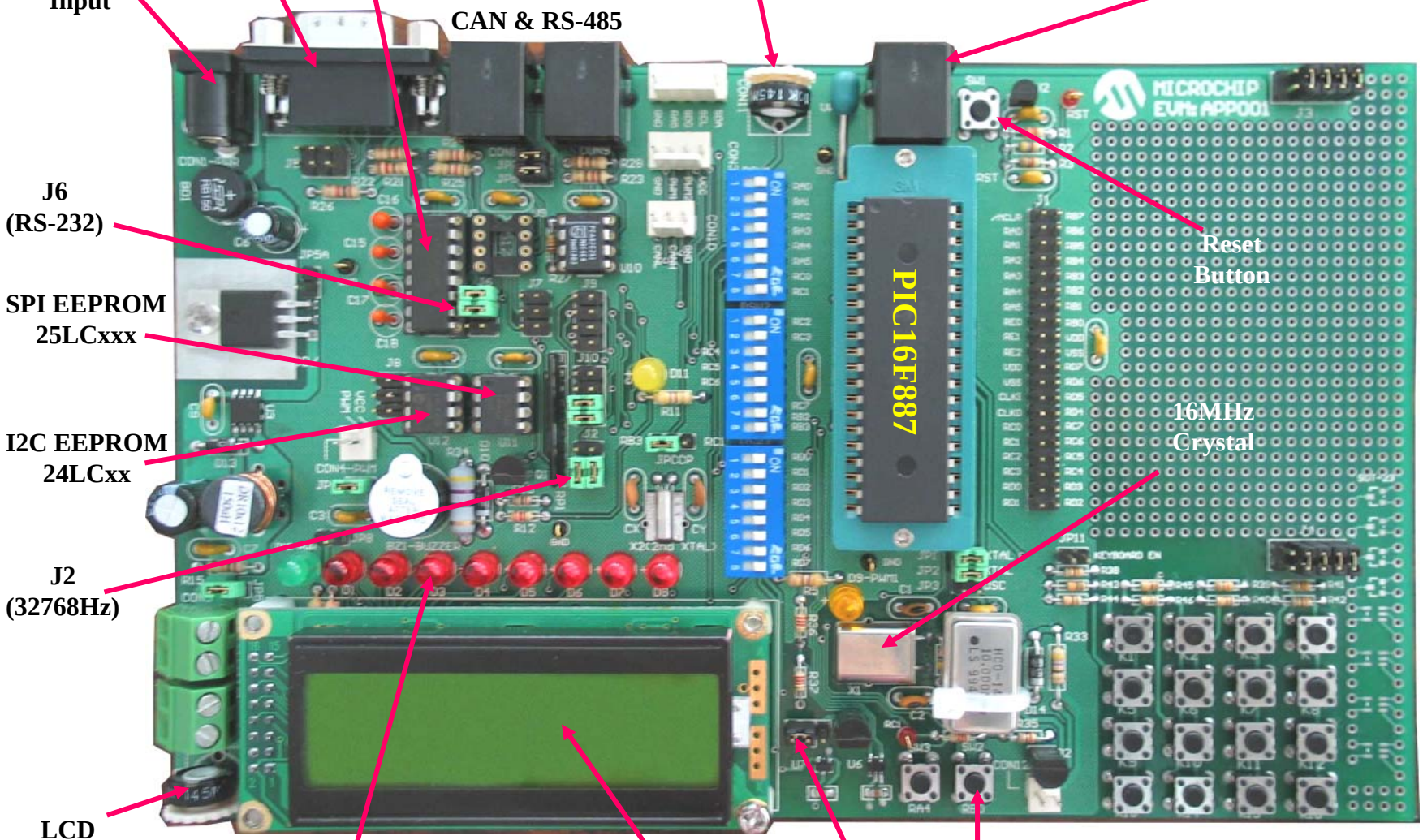


ICD 2 （線上除錯器）

- **MPLAB® ICD 2 是一款低價位的即時除錯器和燒錄器。提供以下功能：**
  - **讀/寫目標板 PIC 微控器的Program和EEDATA**
  - **即時背景除錯 (Real time background debugging)**
  - **清除、燒錄程式並比對**
  - **燒錄 Configuration Bits**



APP001 實驗板




HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

中斷

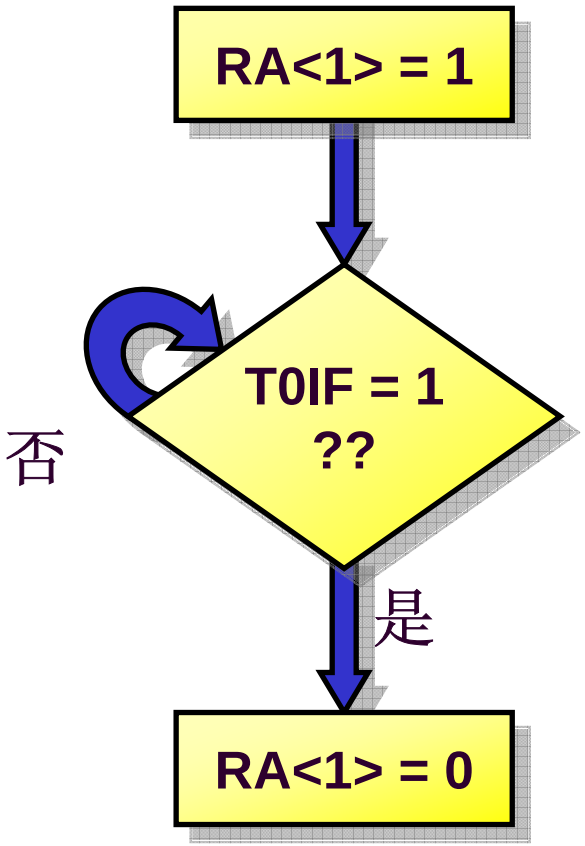
查詢和中斷

- 發生特殊事件時，我們總是希望處理器能執行任務

- 有兩種方法用於檢查事件是否發生：
  - 查詢 **(Polling)**：
    - 在程式執行的各個時間點連續對事件進行檢查
  - 中斷**(Interrupt)**：
    - 僅在事件發生時暫時“中斷”正常的程式執行

查詢

```
bsf     PORTA,1         ;Set bit 1 of
                        ;PORTA

btfss   INTCON, T0IF    ;Check Timer0
                        ;interrupt flag in
                        ;INTCON and
                        ;skip the next
                        ;instruction if it
                        ;is set

goto    $-1             ;Go back to
                        ;previous
                        ;instruction

bcf     PORTA,1         ;Clear bit 0 of
                        ;PORTA
```

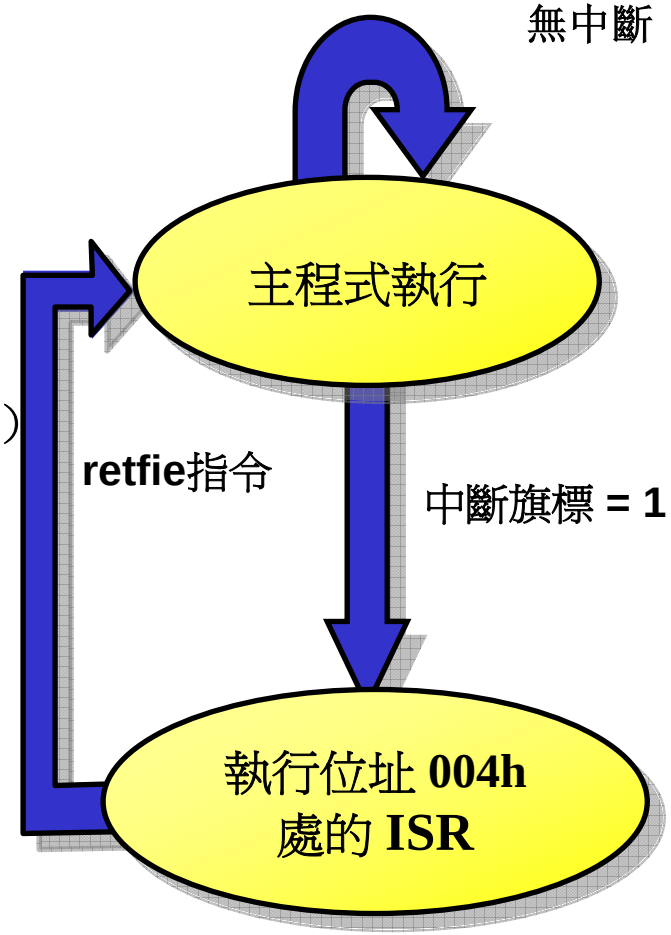


中斷

```
Reset           code    000h
                goto    Start

;=========================
int_vector      code    004h
                .
                .
                .
retfie          ;return from
                ;interrupt
;=========================

main_prog       code

Start   ;start label for main code
                .
                .
                .
end
```

中斷服務程式（ISR）

主程式程式



打開中斷功能

- 必須告知處理器程式中將使用中斷
  - 使用具有中斷致能位元的幾個暫存器：
    - 中斷控制暫存器（**INTCON**）
    - 周邊中斷致能暫存器 **1**（**PIE1**）
    - 周邊中斷致能暫存器 **2**（**PIE2**）

INTCON（中斷控制暫存器）

中斷控制位元

GIE：中斷致能總控制位元

*必須設1以開啓PIC®微控器中的任何中斷

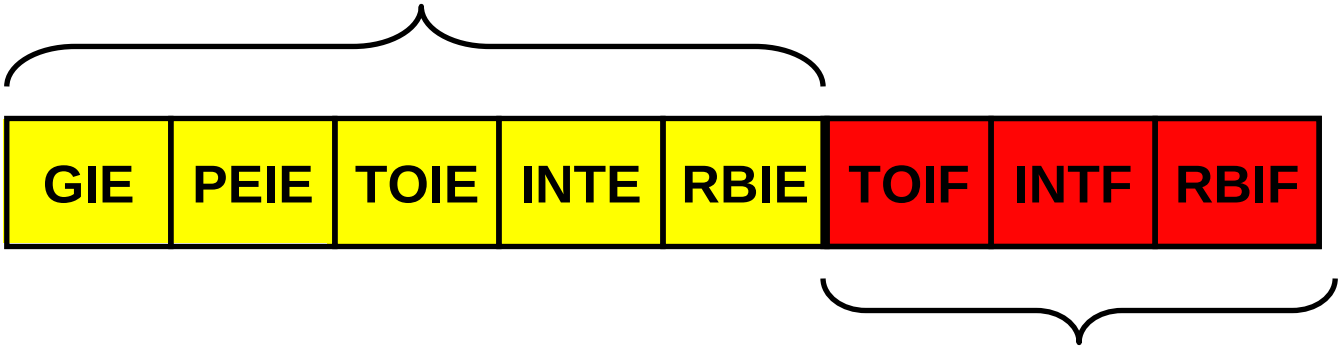
PEIE：周邊中斷致能位元

*必須設1以使用周邊中斷

TOIE：Timer0 溢位中斷致能位元

INTE：RB0/INT 外部中斷致能位元

RBIE：PORTB 電位改變中斷致能位元



*即使未設定其中斷致能位元，事件發生時也會被設爲 1！

中斷旗標位元

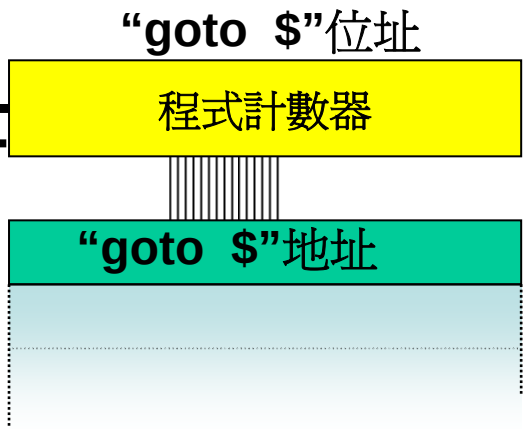
TOIF：Timer0 溢位中斷旗標位元

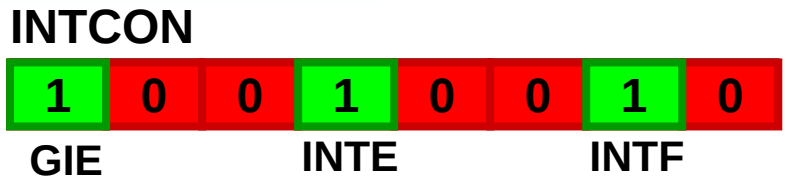
INTF：RB0/INT 外部中斷旗標位元

RBIF：PORTB 電位改變中斷旗標位元

INT 中斷動作說明

```
Int_vect    CODE        004h

            ;clear INTF to enable
            ;further interrupts
            bcf         INTCON, INTF

            <ISR 程式>
            retfie

Main        CODE
Start

            <設置 PORTB的程式 >

            ; initialize INTCON
            clrf        INTCON

            ;enable an external
            ;interrupt on the INT pin
            bsf         INTCON, INTE

            ;enable global interrupts
            bsf         INTCON, GIE

            goto        $       ; sit here and loop forever
```





INT中斷在
“RB0/INT”接腳!!

周邊中斷

- “致能” 特定周邊中斷的兩個暫存器：
  - 周邊中斷致能暫存器 **1**（**PIE1**）
  - 周邊中斷致能暫存器 **2**（**PIE2**）
- 包含特定周邊中斷 ”旗標” 的兩個暫存器：
  - 周邊中斷請求暫存器 **1**（**PIR1**）
  - 周邊中斷請求暫存器 **2**（**PIR2**）

*即使未設定其中斷致能位元，
事件發生時相對應的旗標也會被設爲 1
！

PIE1和PIR1暫存器*

PIE1暫存器（中斷致能控制）

	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE

PIR1暫存器（中斷旗標）

	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF

致能位元	旗標位元	條件
ADIE	ADIF	ADC 轉換完成
RCIE	RCIF	EUSART 接收緩衝器接收到資料
TXIE	TXIF	EUSART 發送緩衝器傳送完畢
SSPIE	SSPIF	I^2C™ 或 SPI 中斷
CCP1IE	CCP1IF	Timer1 暫存器脈波量測器或比較匹配
TMR2IE	TMR2IF	Timer2 值和 PR2 周期值匹配
TMR1IE	TMR1IF	Timer1 暫存器溢位

*請查看資料手冊

PIE2和PIR2暫存器

PIE2暫存器（中斷致能控制）

OSCFIE	C2IE	C1IE	EEIE	BCLIE	ULPWUIE		CCP2IE

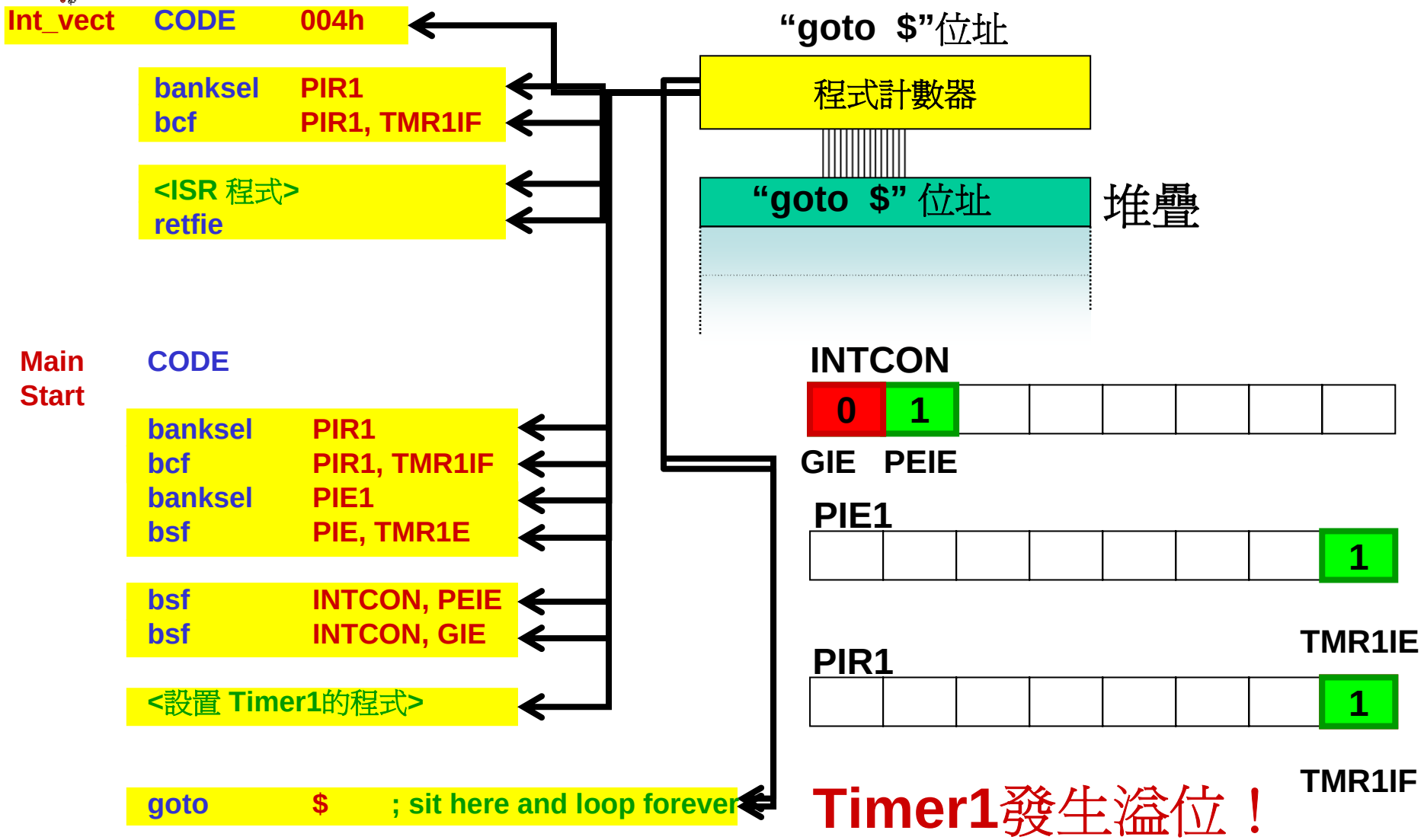
PIR暫存器（中斷旗標）

OSCFIF	C2IF	C1IF	EEIF	BCLIF	ULPWUIF		CCP2IF

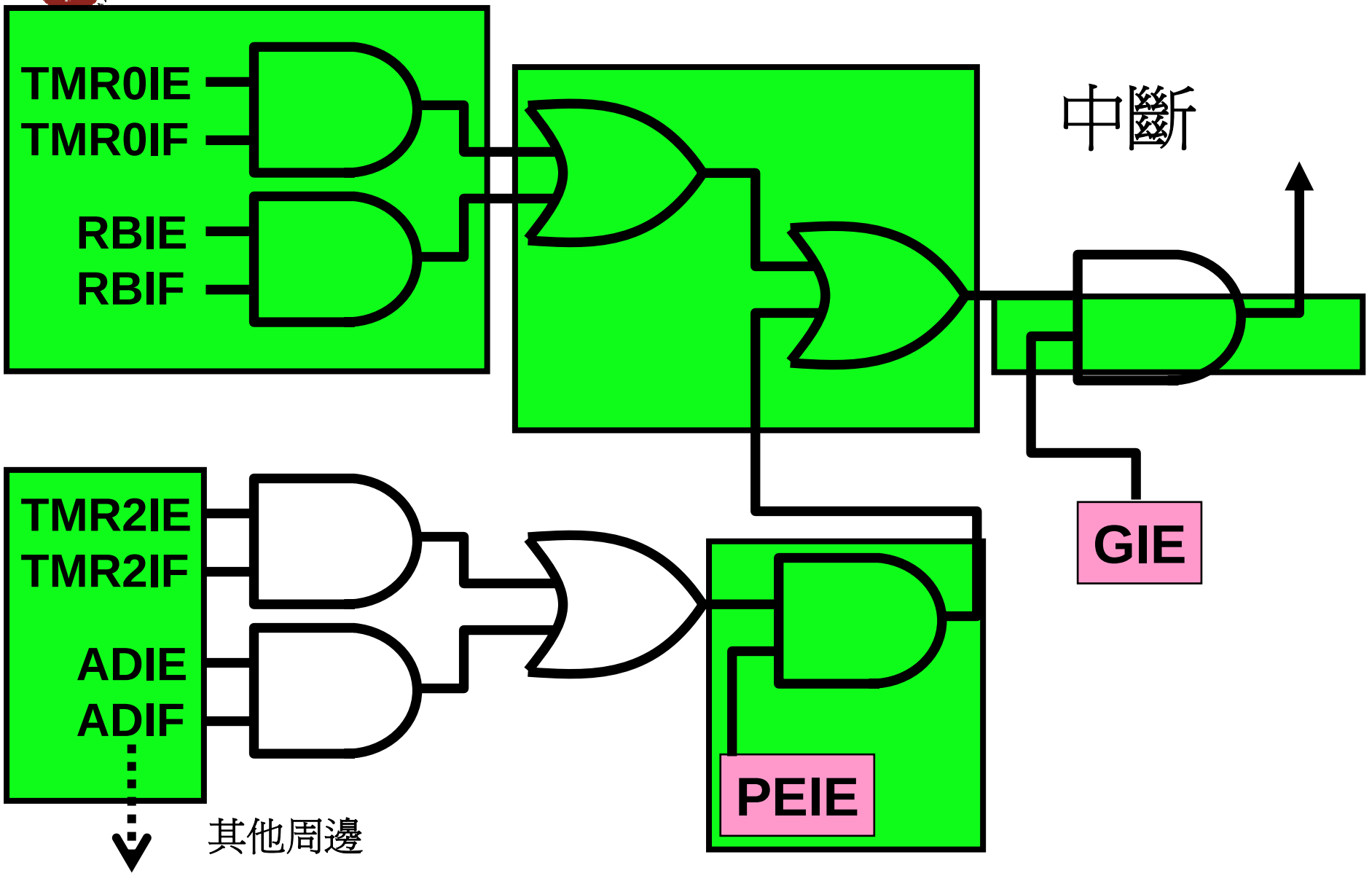
致能位元	旗標位元	條件
OSCFIE	OSCFIF	系統振盪器發生故障
C2IE	C2IF	比較器 2 輸出發生變化
C1IE	C1IF	比較器 1 輸出發生變化
EEIE	EEIF	EEDATA 寫入操作已完成
BCLIE	BCLIF	在 MSSP I²C™ 模式下發生了總線衝突
ULPWUIE	ULPWUIF	出現了喚醒條件
CCP2IE	CCP2IF	發生了timer1 脈波量測器或比較匹配

*請查看資料手冊

致能周邊中斷



中斷邏輯



中斷響應時間

- 中斷響應時間：
  - 從中斷事件發生到指令開始執行位址 **0004h** 時所需的時間
  - 同步的中斷（通常爲內部中斷，與 **Fosc** 同步）
    - 響應延遲時間爲 **3Tcy**
  - 非同步的中斷（通常爲外部中斷）
    - 響應延遲時間爲 **3** 到 **3.75Tcy**

背景儲存(Context Saving)

- 在中斷期間：
  - 僅保存**PC** 值（推入堆疊）
  - 在 **ISR** 中修改的暫存器值將被永久地被改變
- 需要保存的關鍵暫存器爲：
  - 工作暫存器 **(W Reg.)**
  - **Status** 暫存器
  - **PCLATH** 暫存器
  - 使用著定義的暫存器

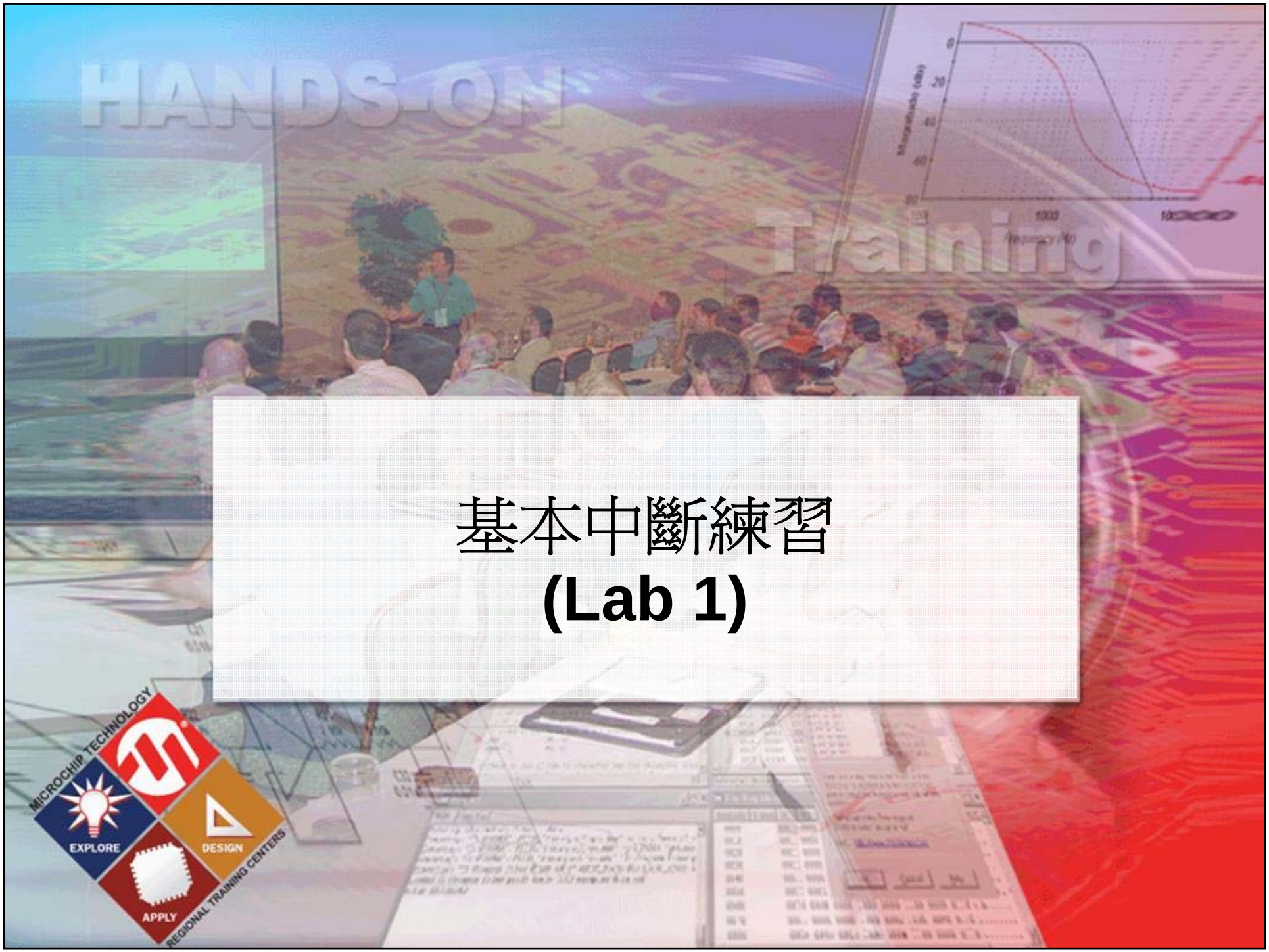
中斷優先等級

- 中階 **PIC®** 微控器的所有的中斷都具有相同的優先等級

- 使用著必須執行以下操作：
  - 確定中斷來源
  - 決定中斷的處理的順序

中斷優先等級範例

```
INT_VECTOR CODE          0x004       ; interrupt vector location
;
            movwf        temp_w          ; save WREG
            movf         STATUS,w
            movwf        temp_status     ; save STATUS register

            btfsc        INTCON,RBIF     ;  PORTB change?
            call         PORTB_ISR
            btfsc        PIR1,TMR2IF     ; Timer 2 interrupt ?
            call         Timer2_ISR
            btfsc        PIR2,TMR1IF     ; Timer 1 interrupt ?
            call         Timer2 ISR
Restore_context:
            movf         temp_status,w
            movwf        STATUS          ; restore STATUS reg.
            movf         temp_w,w        ; restore WREG
            retfie                       ; return from interrupt
```


HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

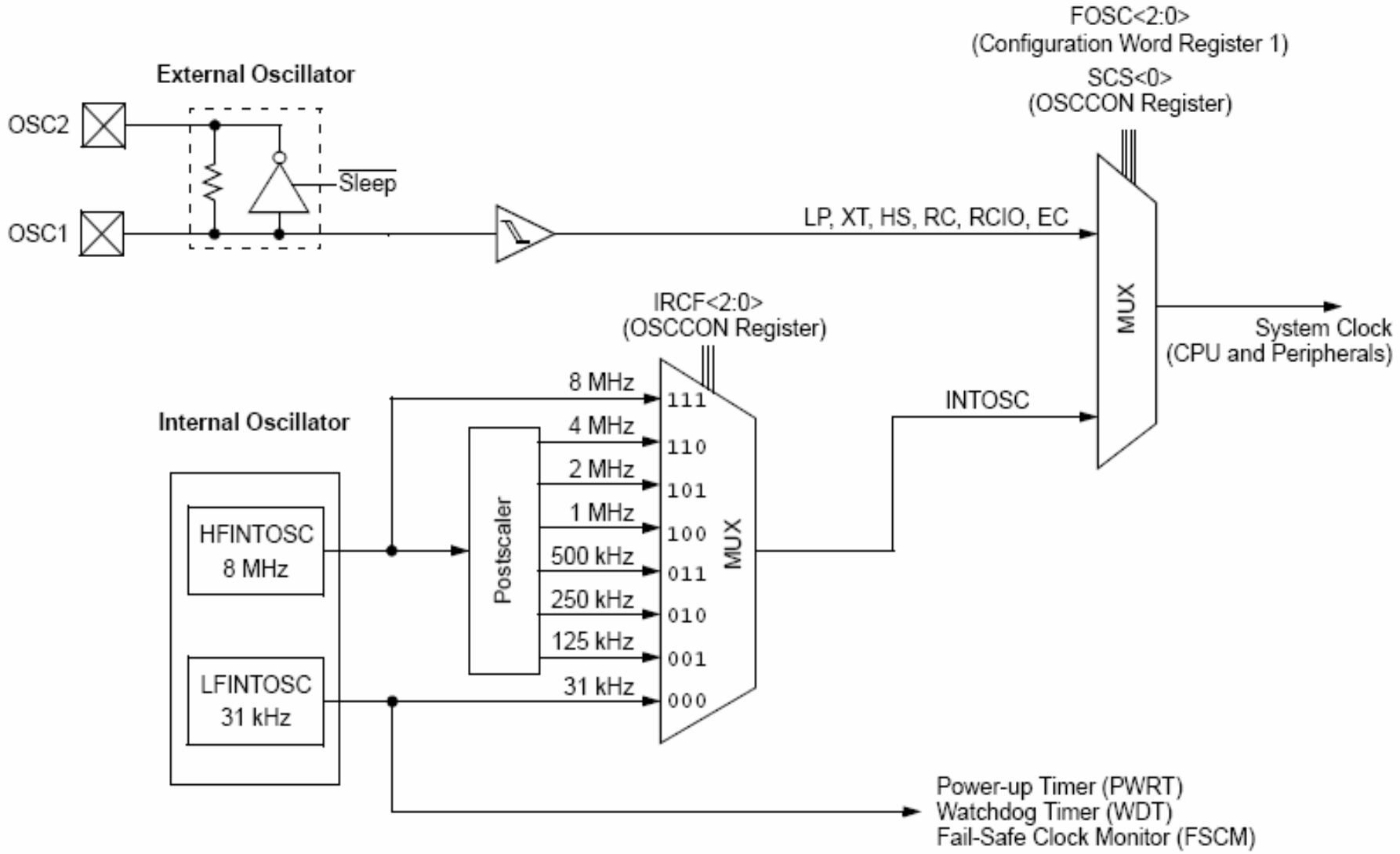
基本中斷練習
(Lab 1)

基本中斷練習

- 本練習的目標是：
  - 學習如何設定和致能中階PIC®系列微控器的內部中斷
  - 更加熟悉 MPLAB IDE、APP001實驗板 和 ICD2
    - 組譯程式項目
    - 使用 ICD 2 設定中斷點

PIC16F887 震盪器方塊圖

本課程所使用得震盪方式採 Internal RC @ 4MHz



練習一的 Configuration 選項

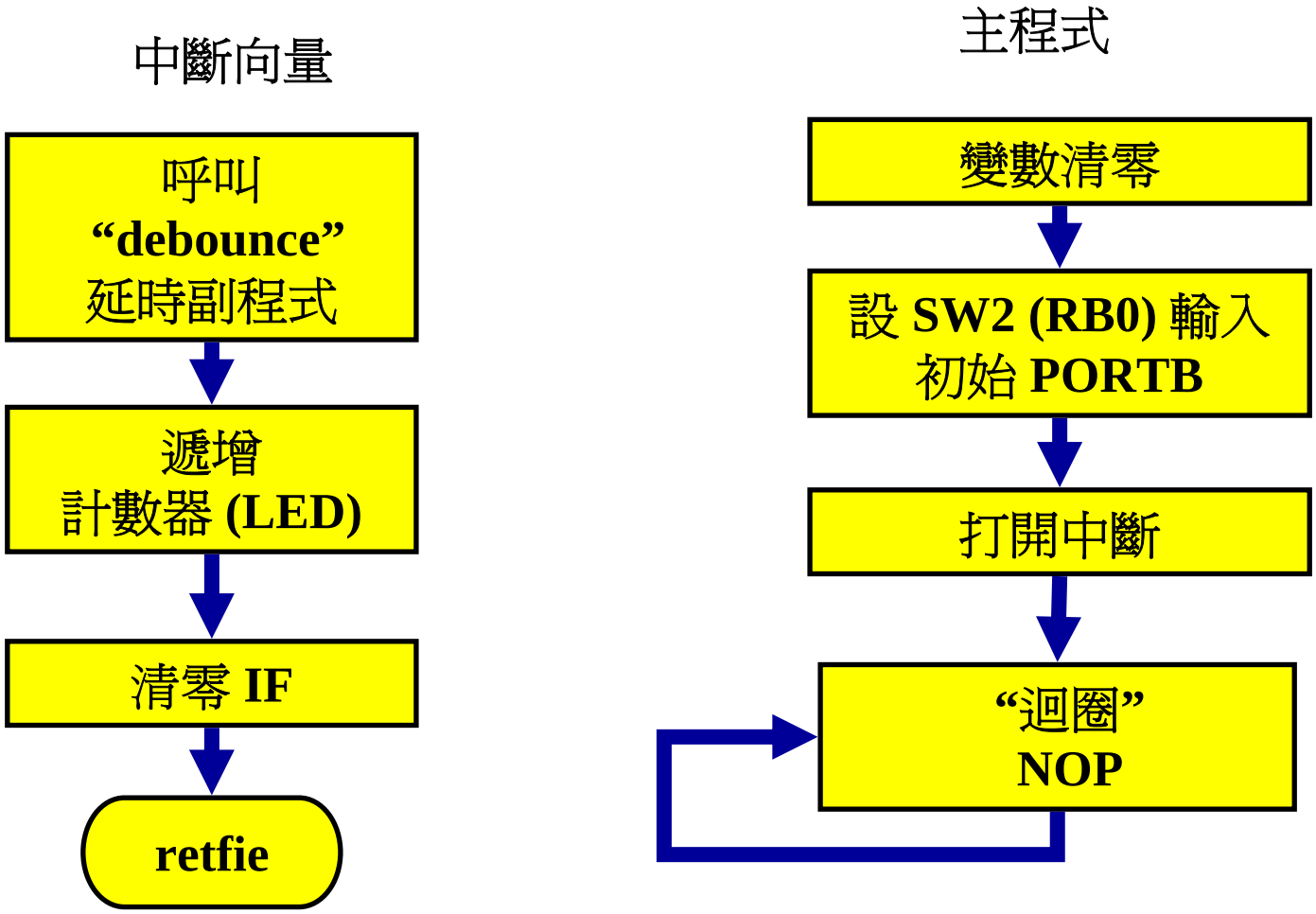
- __CONFIG _CONFIG1, _INTRC_OSC_NOCLKOUT & _WDT_OFF & _PWRTE_OFF & _MCLRE_ON & _CP_OFF & _CPD_OFF & _BOR_ON & _IESO_OFF & _FCMEN_OFF & _LVP_OFF & _DEBUG_ON ;
- __CONFIG _CONFIG2, _WRT_OFF & _BOR40V;

__CONFIG 設定 Configuration Words 的 Macro 指令

_CONFIG1 : 位址 0x2007 的 Configuration Word
_CONFIG2 : 位址 0x2008 的 Configuration Word

其餘的參數選項須參考 p16f887.inc 裡的定義與 Data Sheet 的說明。

練習 1 - 基本中斷概述



練習 1 細節（續）

- 程式位於 C:\RTC\201_ASP\Lab1-INT
- SW2 連接在”RB0/INT” PORTB接腳
- 使用MPLAB IDE 修改程式並完成組譯動作，利用 ICD 2 將程式碼燒錄 PIC16F887 後，執行程式當按下SW2 後觀察 LEDs 的輸出變化。

需要了解的內容

- INTCON暫存器各個位元的功能
- 一個名爲 “**debounce**”的副程式，該副程式延遲處理並防止SW2機械抖動，進而產生多個中斷（稍後的練習中將詳細介紹）
- 如何在MPLAB中設置斷點和使用 “*Watch Window*”

練習一解答

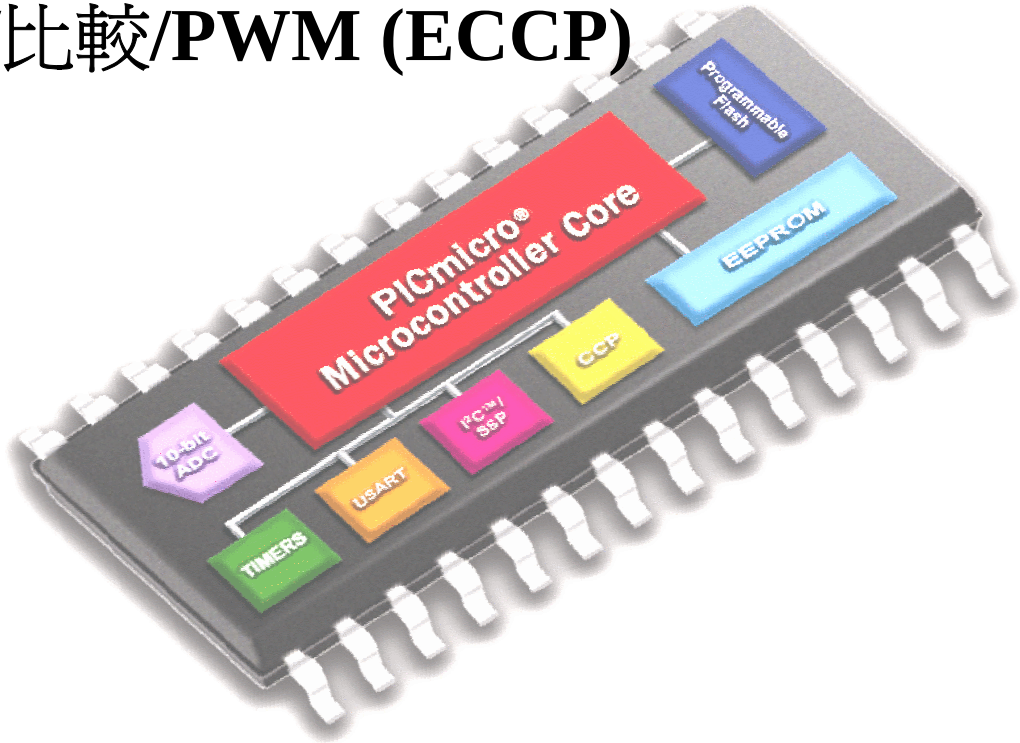
```
    bcf    INTCON,INTF
    bsf    INTCON,INTE      ; ### Enable INT0 Interrupt
    bsf    INTCON,GIE       ; ### Enable Global Interrupt
;
Loop
    nop
    goto   Loop
:
:
Int_Service_Routine
call   Debounce          ; Delay until switch stops bouncing
incf   PORTD,F           ; increments number of time button
                         ; has been pushed
bcf    INTCON,INTF       ; ### clears the INT0 Interrupt Flag
retfie
```


HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

周邊

中階系列周邊

- 一般輸出、入 **I/O** 接腳
- 計時器（**0**、**1** 、 **2**）
- 增强型脈波量測器/比較/**PWM (ECCP)**
- 類比電壓比較器
- 類比轉換器
- **EUSART**
- **I²C**和**SPI** 通訊面



輸出、入 I/O 概述

- 最多 **35** 個雙向 **I/O**
  - 其中一些接腳與周邊功能共用
- 高驅動能力
  - **25 mA**
- 直接，單指令周期的位元操作
- 多數 **I/O** 具有 **ESD** 保護二極體
- 啓動時，如該 **I/O** 接腳與類比輸入共用，則內定爲類比輸入功能（高阻態）

PORTx 和 TRISx 暫存器

- 每個 **PORT**（**A**、**B**、**C**、**D** 或 **E**）都具有相對應的資料方向暫存器 **TRISx**

PORTB暫存器

RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0

PORTB三態控制暫存器TRISB

TRISB7	TRISB6	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0

1 = 相應的 **PORTB** 接腳爲輸入
0 = 相應的 **PORTB** 接腳爲輸出

ANSEL 和 ANSELH 暫存器

- 兩個用來將 **I/O** 設定爲數位功能的暫存器
  - 啓動時與類比周邊共用的**I/O** ，內定爲類比輸入

類比輸入選擇暫存器（**ANSEL**）

ANS7	ANS6	ANS5	ANS4	ANS3	ANS2	ANS1	ANS0

類比輸入選擇暫存器的高位元組（**ANSELH**）

		ANS13	ANS12	ANS11	ANS10	ANS9	ANS8

1 = 接腳被設置爲類比輸入
0 = 數位 **I/O**

初始設定數位 I/O 腳

- 範例：
  - 初始設定 **PORTB**，設置**RB<7:4>**爲輸入，**RB<3:0>** 爲輸出

```
;------------configure PORTB for digital ------------------------------------
banksel     PORTB                   ;Go to bank containing PORTB
                                    ;register
clrf        PORTB                   ;Clear PORTB
banksel     ANSELH                  ;Go to bank containing ANSELH
                                    ;register
clrf        ANSELH                  ;Set as all digital
clrf        ANSEL
;-----------Set up direction of each PORTB pin-----------------------------
banksel     TRISB                   ;Go to bank containing TRISB
                                    ;register
movlw       b'11110000'             ;Value to set TRISB<7:4> high
                                    ;and TRISB<3:0> low move into
                                    ;W register
movwf       TRISB                   ;Move value in W into TRISB
```

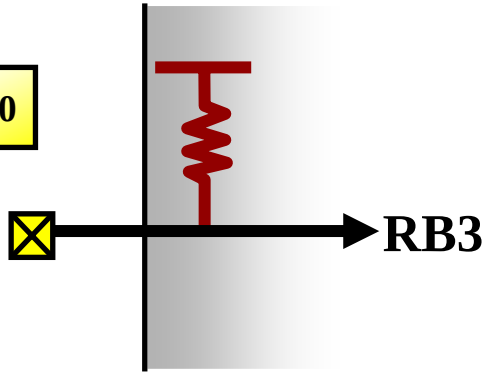
PORTB 位準改變的中斷

- 在**PIC16F887**中所有**PORTB**接腳都具有位準改變中斷和弱提升電阻的選項

弱提升電阻**PORTB** 暫存器（**WPUB**）

WPUB7	WPUB6	WPUB5	WPUB4	1	WPUB2	WPUB1	WPUB0

1 = 開啓提升電阻
0 = 關閉提升電阻



中斷控制暫存器（**INTCON**）

GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

*必須先讀/寫 **PORTB** 一次 ，然後才能用軟体清除 **RBIF**

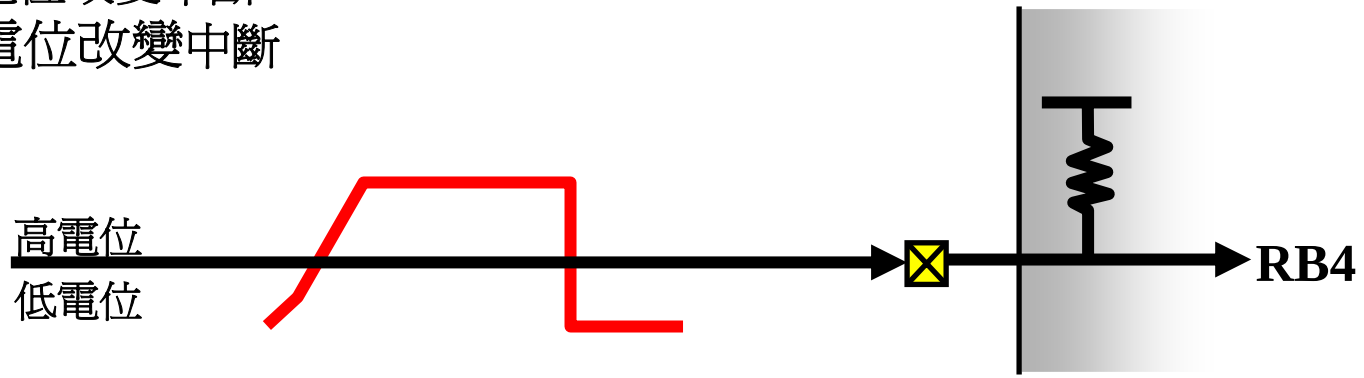
PORTB 位準改變的中斷

- 在**PIC16F887**中所有**PORTB**接腳都具有位準改變中斷和弱提升電阻的選項

電位改變中斷**PORTB** 暫存器（**IOCB)**

IOCB7	IOCB6	IOCB5	1	ICOB3	IOCB2	IOCB1	IOCB0

1 = 致能電位改變中斷
0 = 禁止電位改變中斷



中斷控制暫存器（**INTCON**）

GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

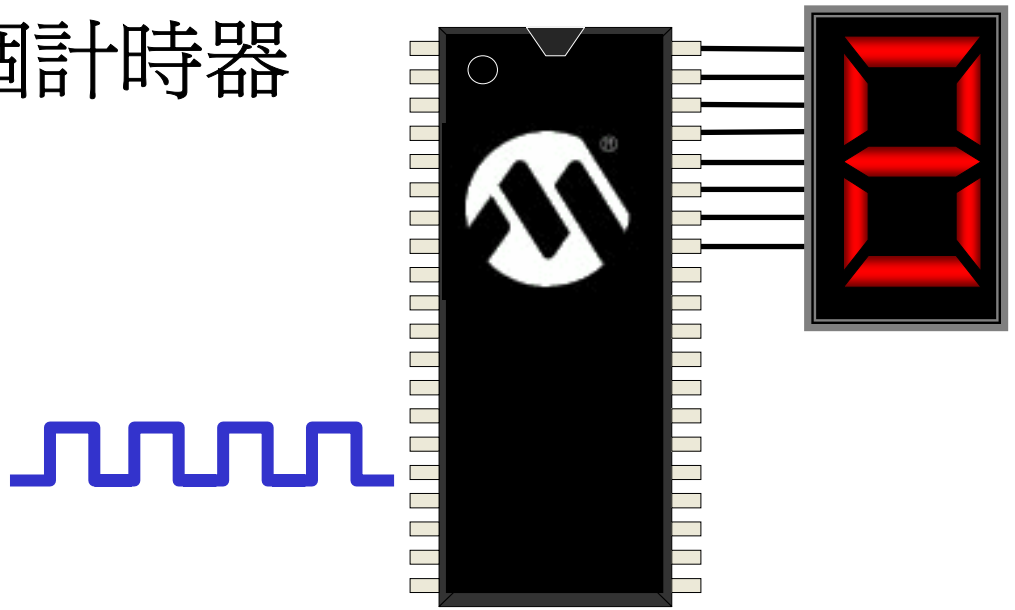
*必須先讀/寫 **PORTB** 一次 ，然後才能用軟体清除 **RBIF**


HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

計時器

計時器

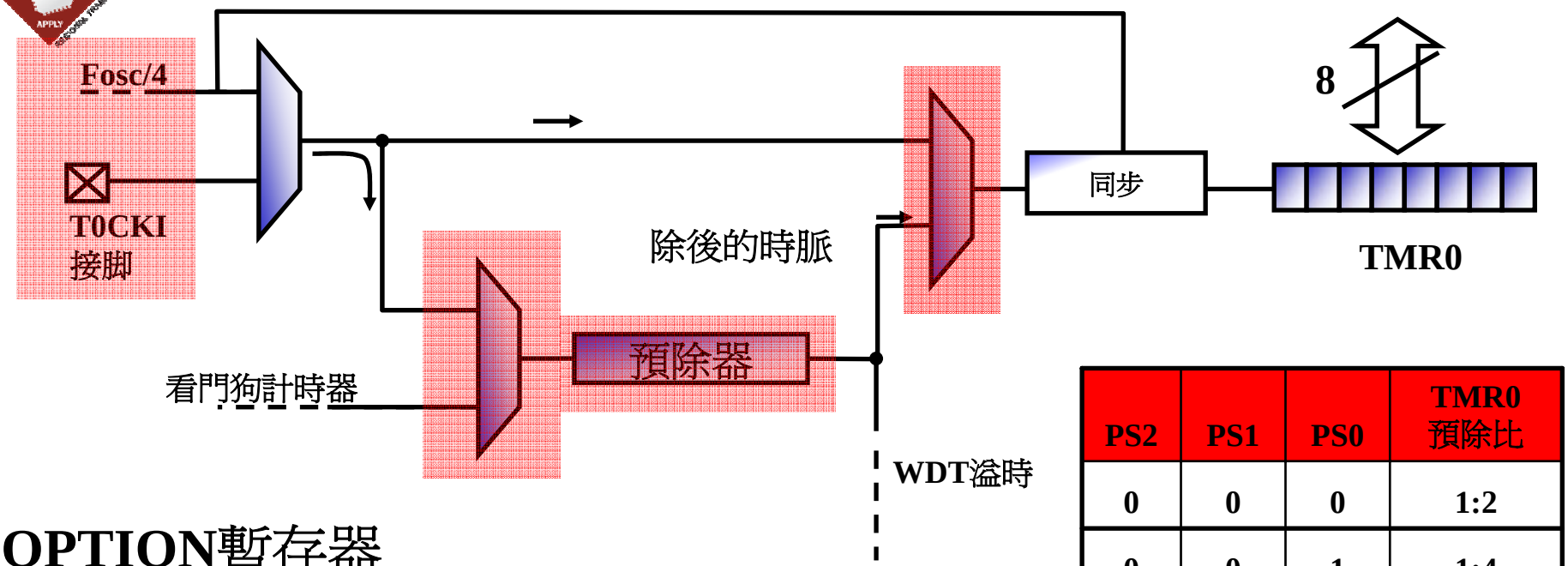
- 計時器可用於多種功能：
  - 時序參考以產生事件中斷
  - 計算事件數
  - 波形產生等
- **PIC16F887有 3 個計時器**
  - **Timer0**
  - **Timer1**
  - **Timer2**



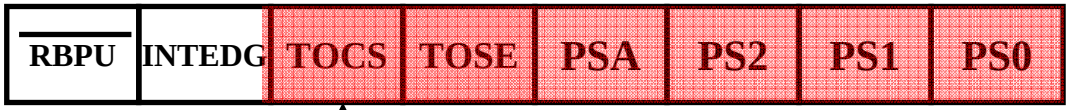
PIC16F887 計時器比較

	TIMER0	TIMER1	TIMER2
暫存器大小	8位（TMR0）	16位（TMR1H:TMR1L）	8位（TMR2）
時脈源（內部）	Fosc/4	Fosc/4	Fosc/4
時脈源（外部）	T0CKI 接腳	T1CKI接腳或Timer 1振盪器（T1OSC）	無
可用的時脈除頻（解析度）	8位預除器（1:2→1:256）	3位預除器（÷1、÷2、÷4或÷8）	預除器（1:1、1:4或1:8）後除器（1:1→1:16）
發生中斷事件中斷旗標位置	溢出時 FFh→00h（T0IF在INTCON）	溢出時 FFFFh→0000h（TMR1F在PIR1）	TMR2與PR2匹配（TMR2F在PIR2）
將PIC微控器從休眠中喚醒	否	是 (需使用外部震盪輸入)	否

Timer 0 方塊圖



OPTION暫存器

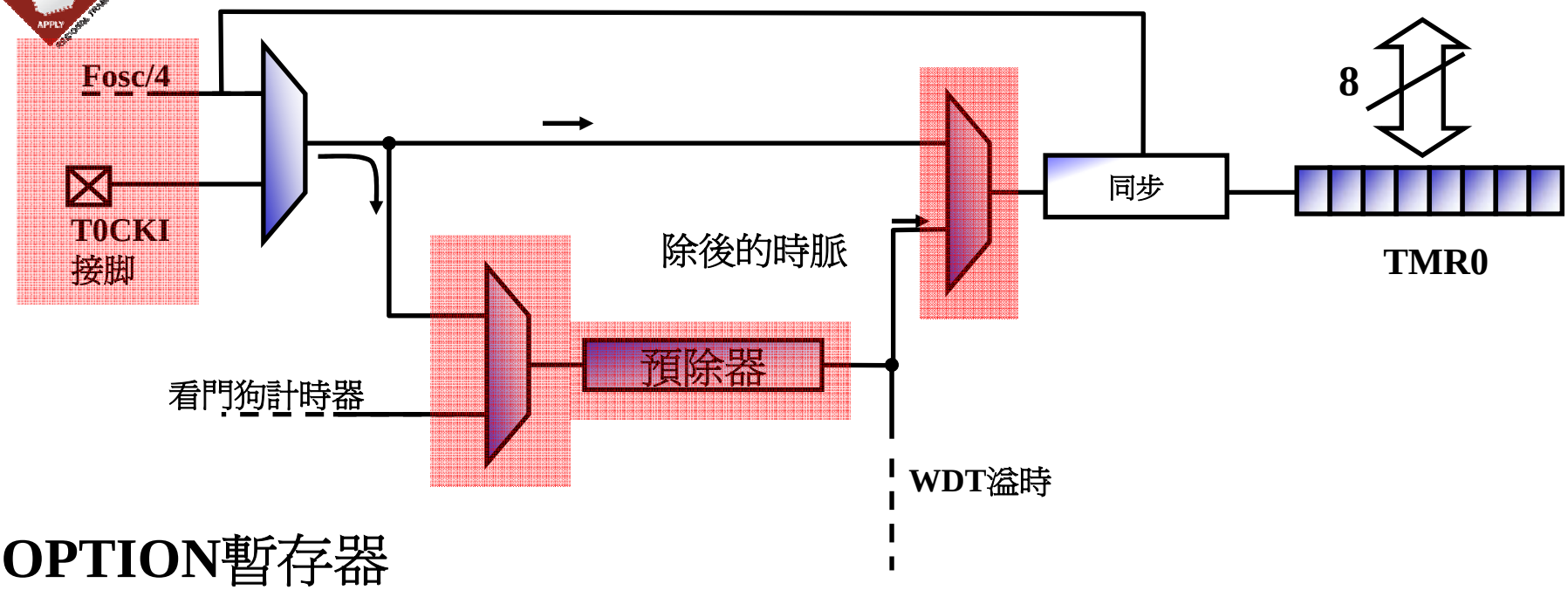


預除比選擇位元

TMR0時脈來源選擇位元
1 = TOCK1，0 = Fosc/4

PS2	PS1	PS0	TMR0 預除比
0	0	0	1:2
0	0	1	1:4
0	1	0	1:8
0	1	1	1:16
1	0	0	1:32
1	0	1	1:64
1	1	0	1:128
1	1	1	1:256

Timer 0 方塊圖



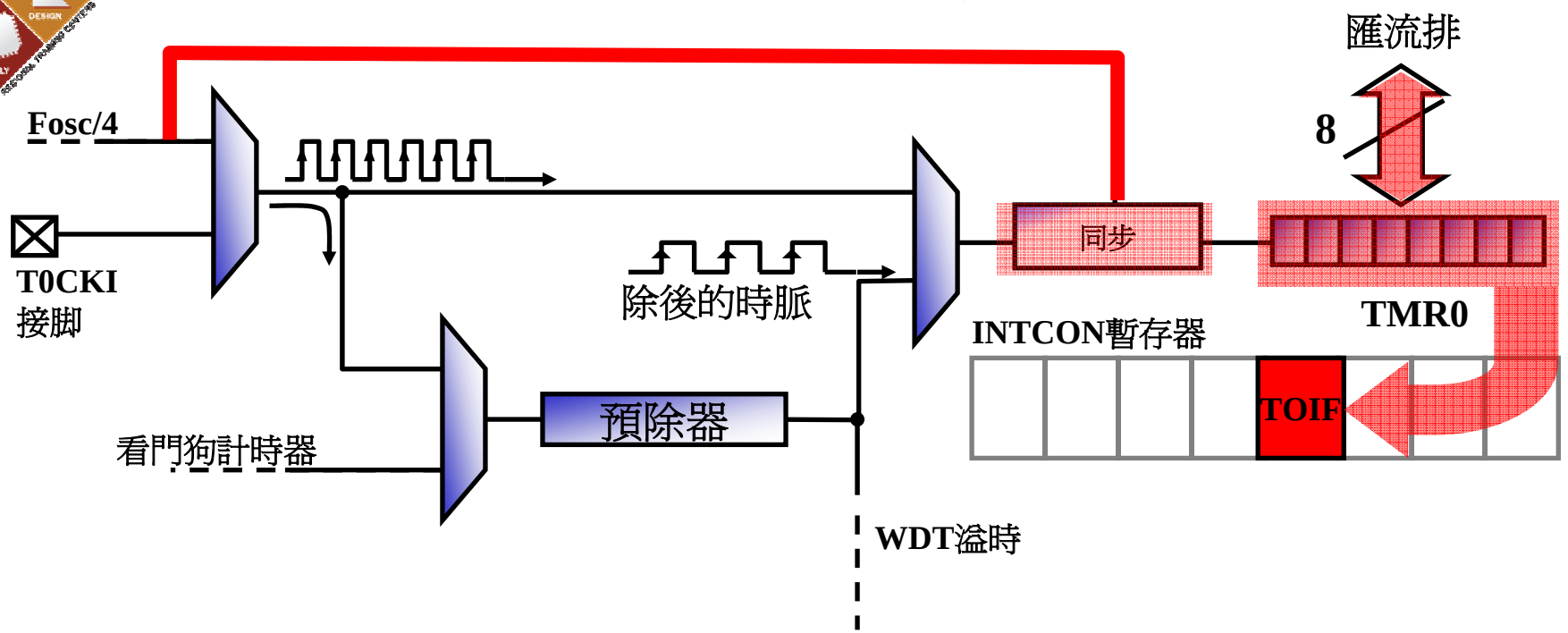
OPTION暫存器

RBPU	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0

預除器分配位元
1= 預除器分配給WDT
0= 預除器分配給Timer 0

觸發緣選擇位元
1 =在上升緣遞增TMR0
0 =在下降緣遞增TMR0

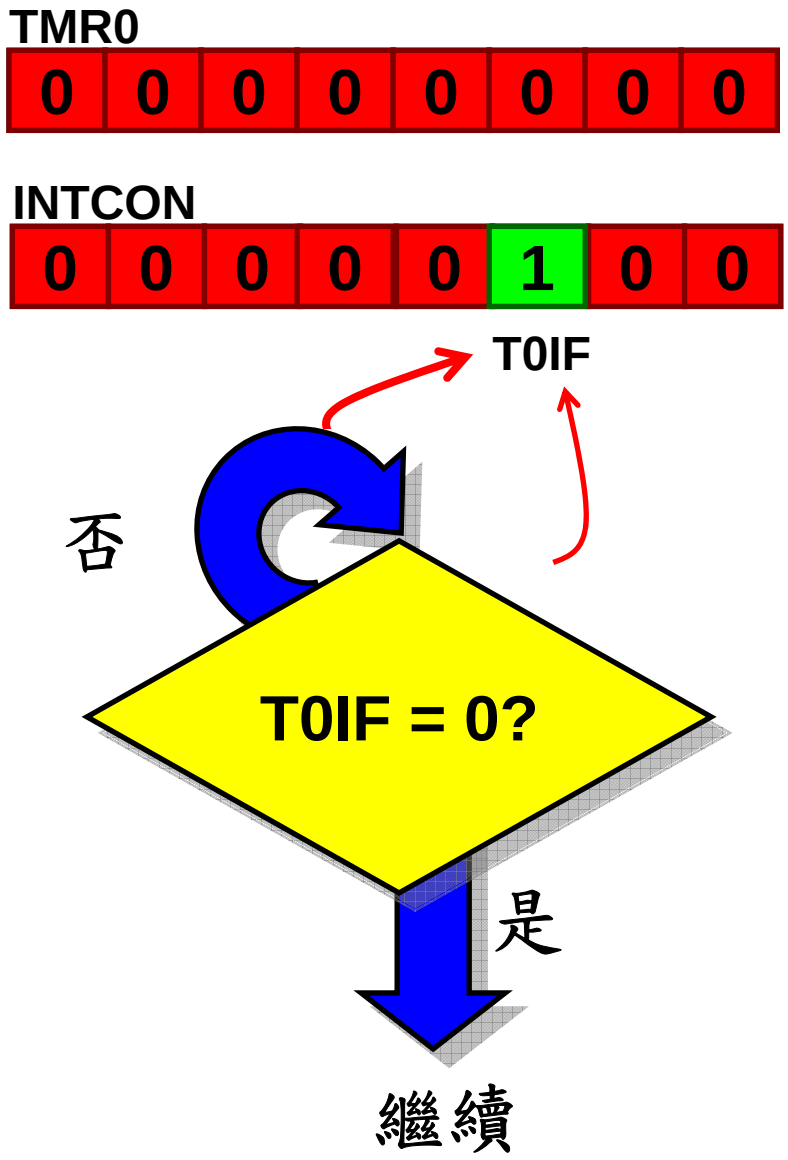
Timer 0 方塊圖



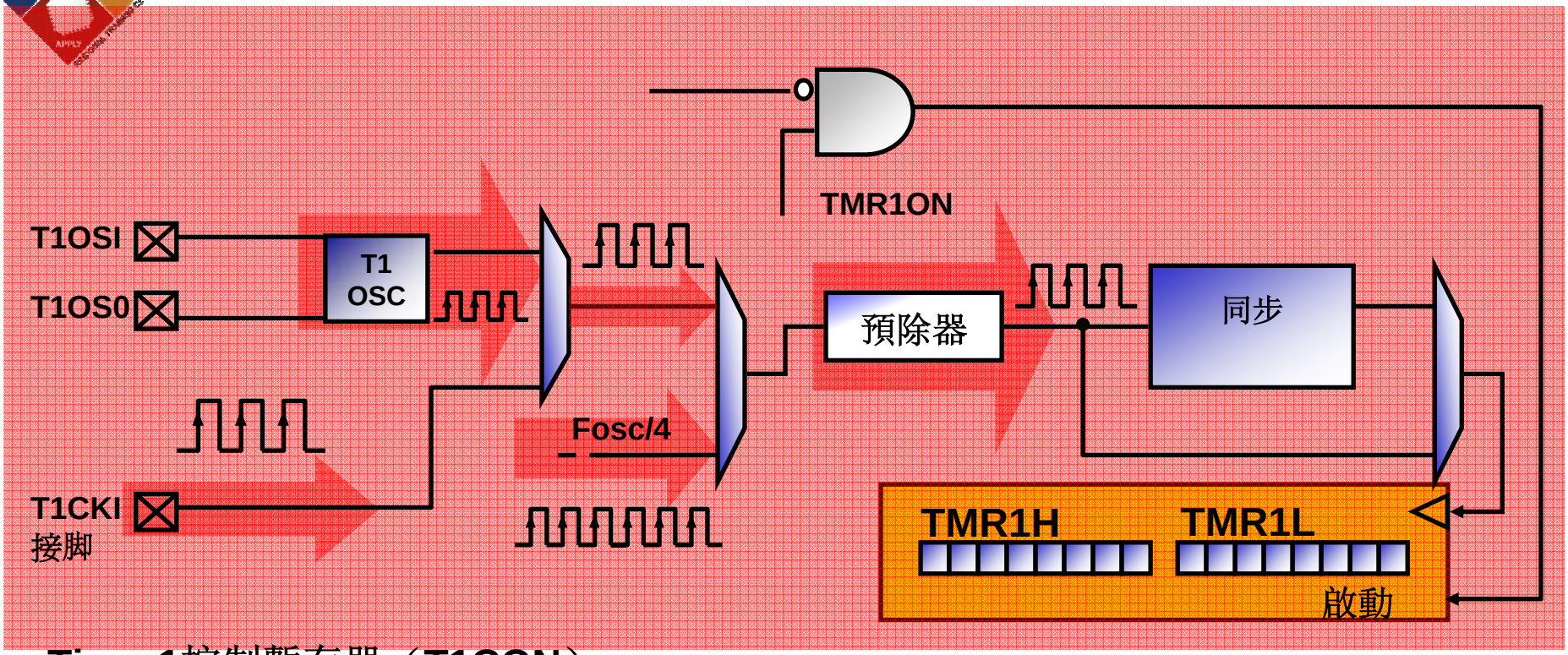
- 若 **TOCK1** 用作時脈源，可以先送給預除器除頻，然後再與內部時脈同步
- 可通過匯流排直接讀寫 **Timer 0**
  - 寫入操作將禁止計時器遞增（時間爲2個T_{CY}）
- **INTCON<T0IF>** 由**Timer 0** 歸零時會設爲 **“1”**
  - **FFh → 00h**

Timer0 初始化（內部時脈來源）

```
;Make sure the TMR0 register is clear
banksel         TMR0
clrf            TMR0

; Clear T0IF
bcf             INTCON,T0IF

;Setup the following in the OPTION_REG
;Timer0 increment from internal clock
;with a prescaler of 1:16
banksel         OPTION_REG
movlw           b'00000011'
movwf           OPTION_REG

;The TMR0 interrupt is disabled, do polling
;on the T0IF overflow bit

btfss           INTCON, T0IF
goto            $-1

<continue>
```



Timer1 方塊圖



Timer1控制暫存器（T1CON）

T1GINV	TMR1GE	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON

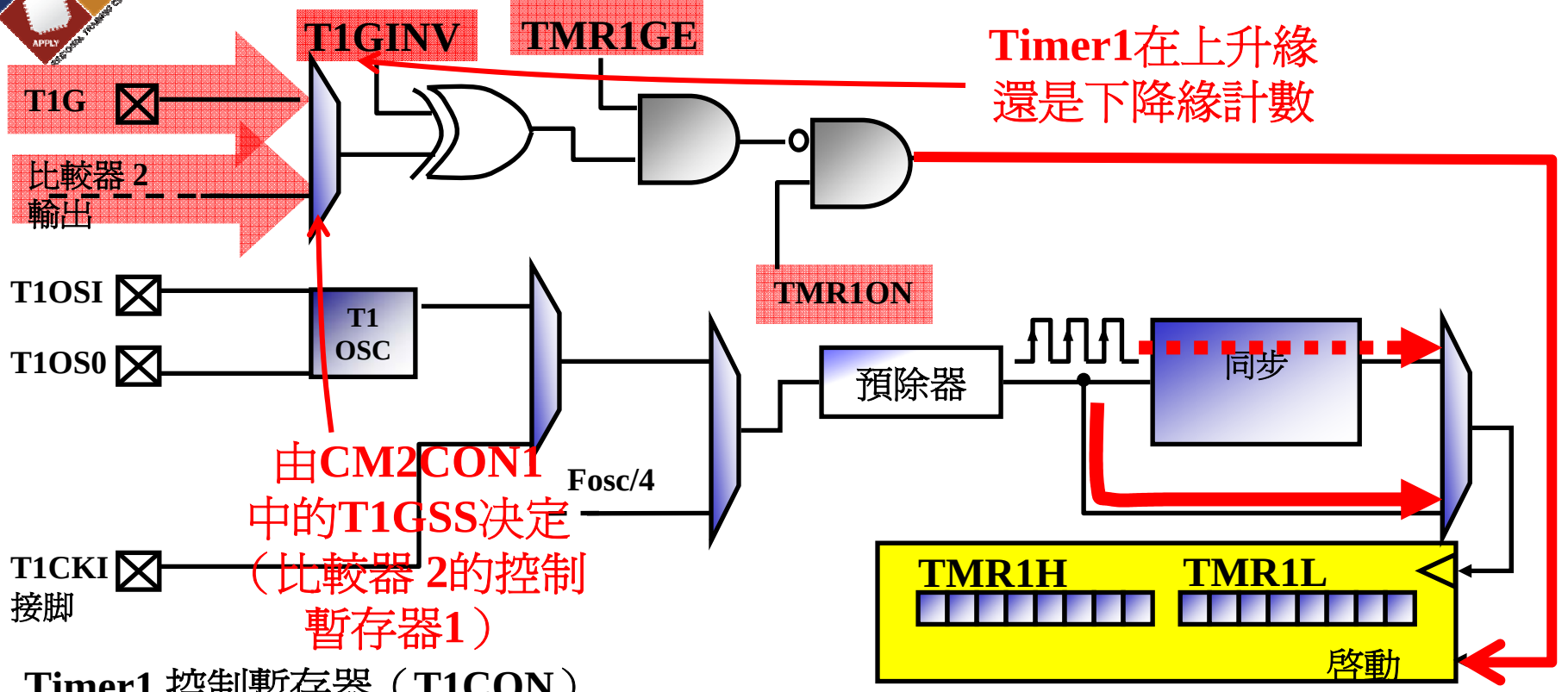
Timer1啟動位元
1 = 啟動Timer1

T1CKPS1	T1CKPS0	除頻比率
1	1	1:8
1	0	1:4
0	1	1:2
0	0	1:1

外部低頻震盪設定位元
1 = 啓動外部震盪器
0 = 關閉外部震盪器

時脈來源選擇位元
1 = 外部（T1CKI的上升沿緣)
0 = 內部$F_{OSC}/4$

Timer1 方塊圖



Timer1 控制暫存器（T1CON）

T1GINV	TMR1GE	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON

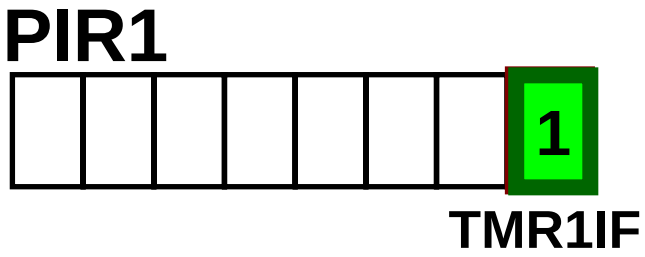
Timer1閘控電位選擇
1 =閘 Timer1閘控啓動位元
0 = 閘 1 = 若閘控信號無效，則啓動Timer1
0 = 啓動Timer1

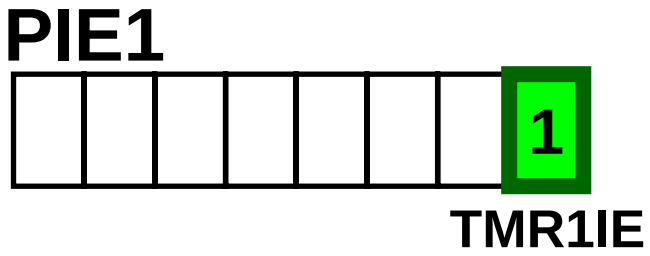
Timer1外部時脈同步控制
1 = 外部時脈輸入採非同步
0 = 外部時賣輸入採同步方式

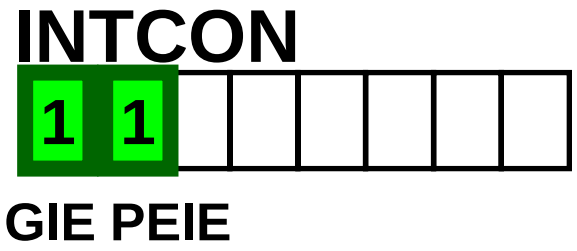
若TMR1ON爲0，
則忽略TMR1GE

Timer1 中斷

```
Main    Code
Start
;Start by clearing the Timer1 interrupt flag
        banksel PIR1
        bcf     PIR1, TMR1IF

;Enable Timer1 interrupt
        banksel PIE1
        bsf     PIE1, TMR1IE


;Enable Global and Peripheral Interrupts
        bsf     INTCON, GIE
        bsf     INTCON, PEIE
;
```

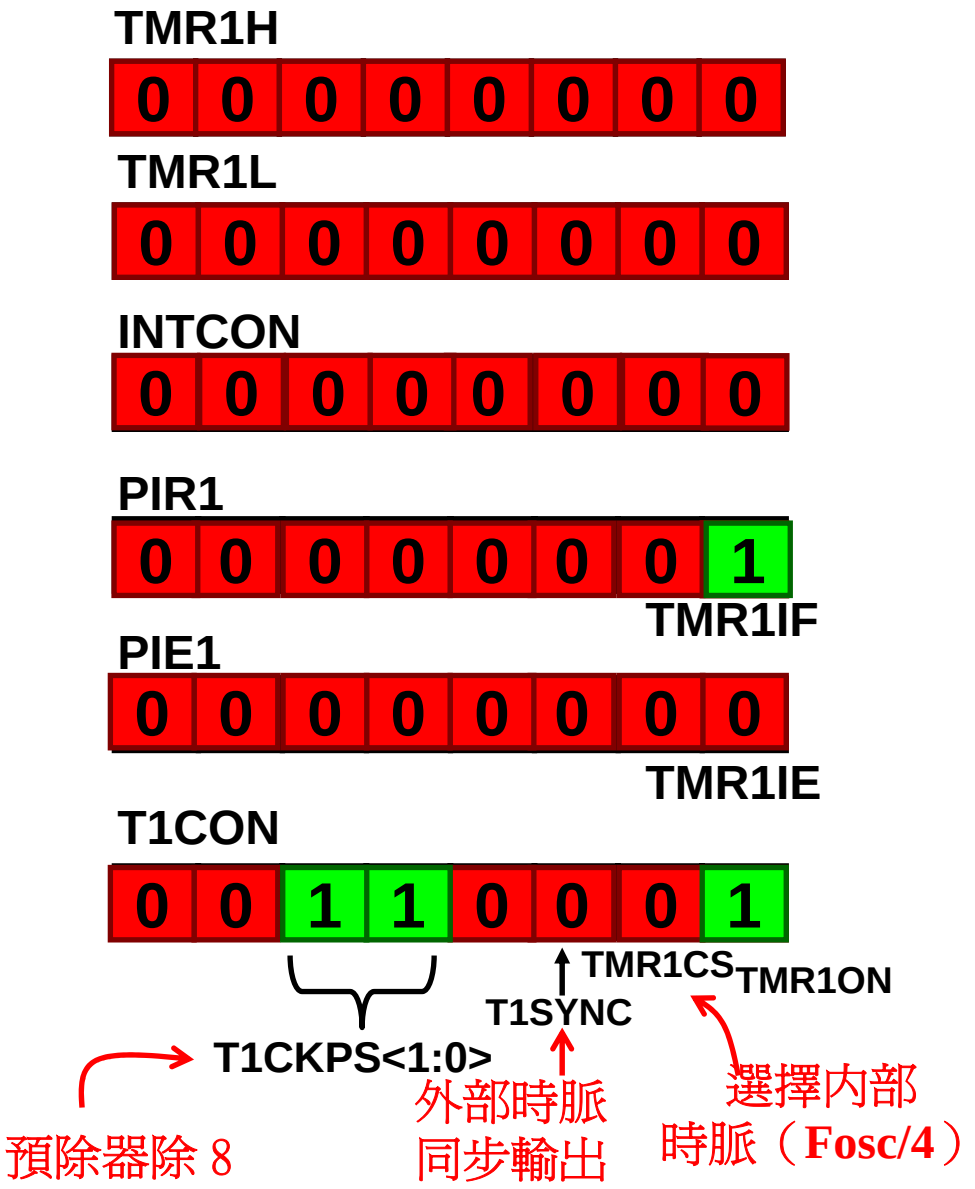


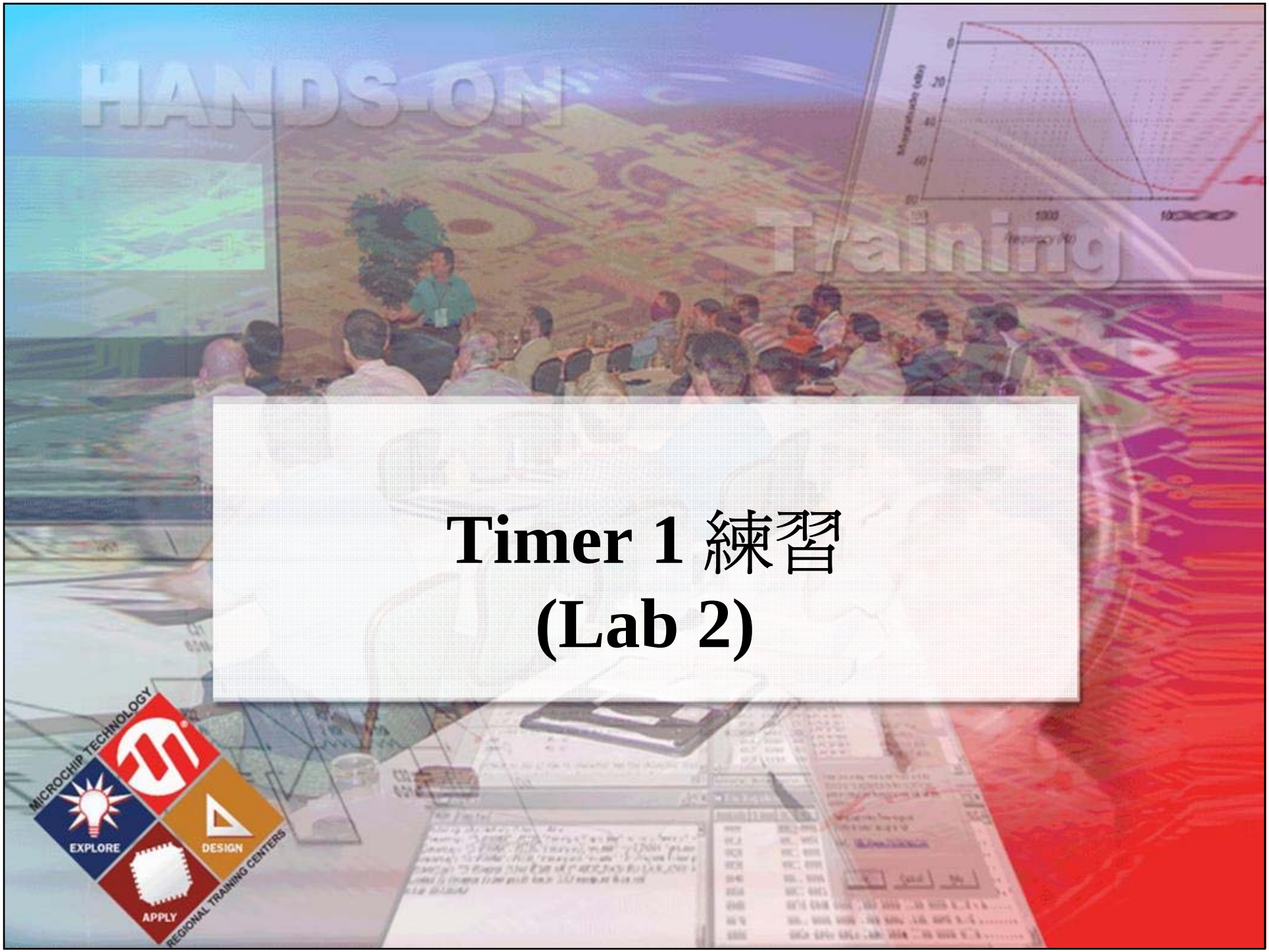




Timer1 初始化（內部時脈源）

```
;Make sure the TMR1 registers are clear
banksel         TMR1H
clrf            TMR1H
clrf            TMR1L

;Make sure the TMR1IF flag in PIR1
; is cleared
banksel         PIR1
bcf             PIR1,TMRIF


;Setup T1CON register for internal clock with
;1:8 prescaler, Timer1 is stopped and T1 osc
;is disabled
movlw           b'00110000'
movwf           T1CON

;Start Timer1 incrementing
bsf             T1CON, TMR1ON

;The TMR1 interrupt is disabled, do polling
;on the TMR1IF overflow bit
btfss           PIR1, TMR1IF
goto            $-1
```





Timer 1 練習
(Lab 2)

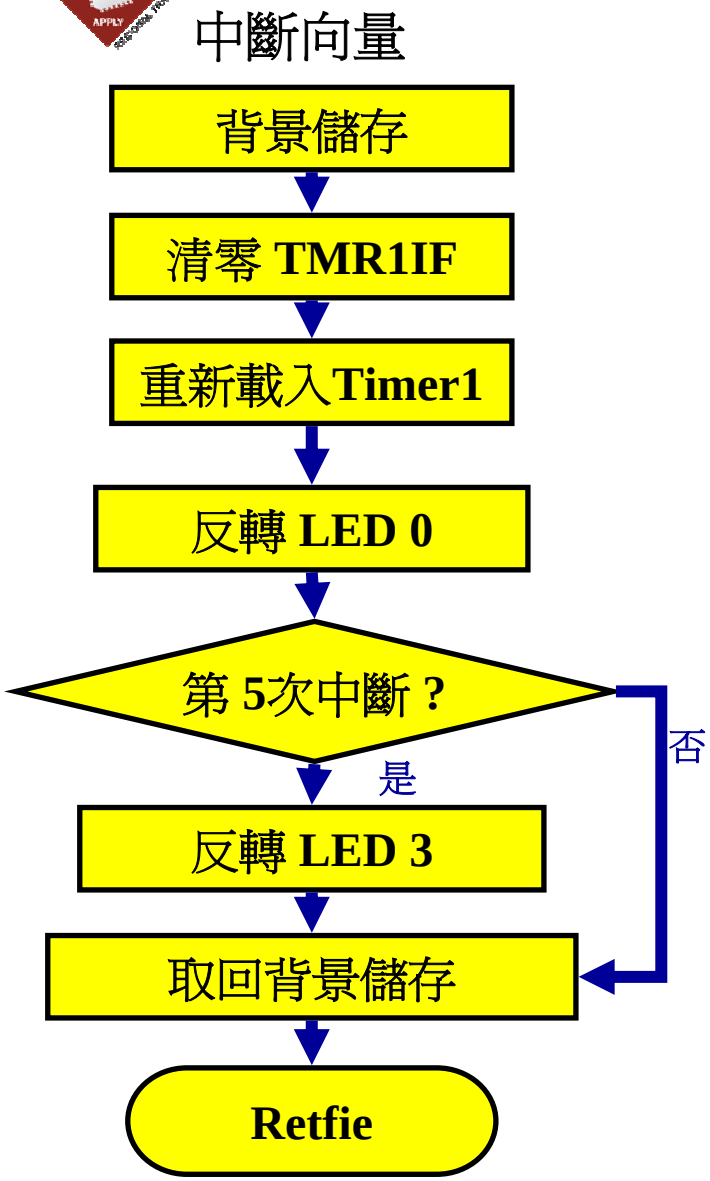
Timer 1 練習

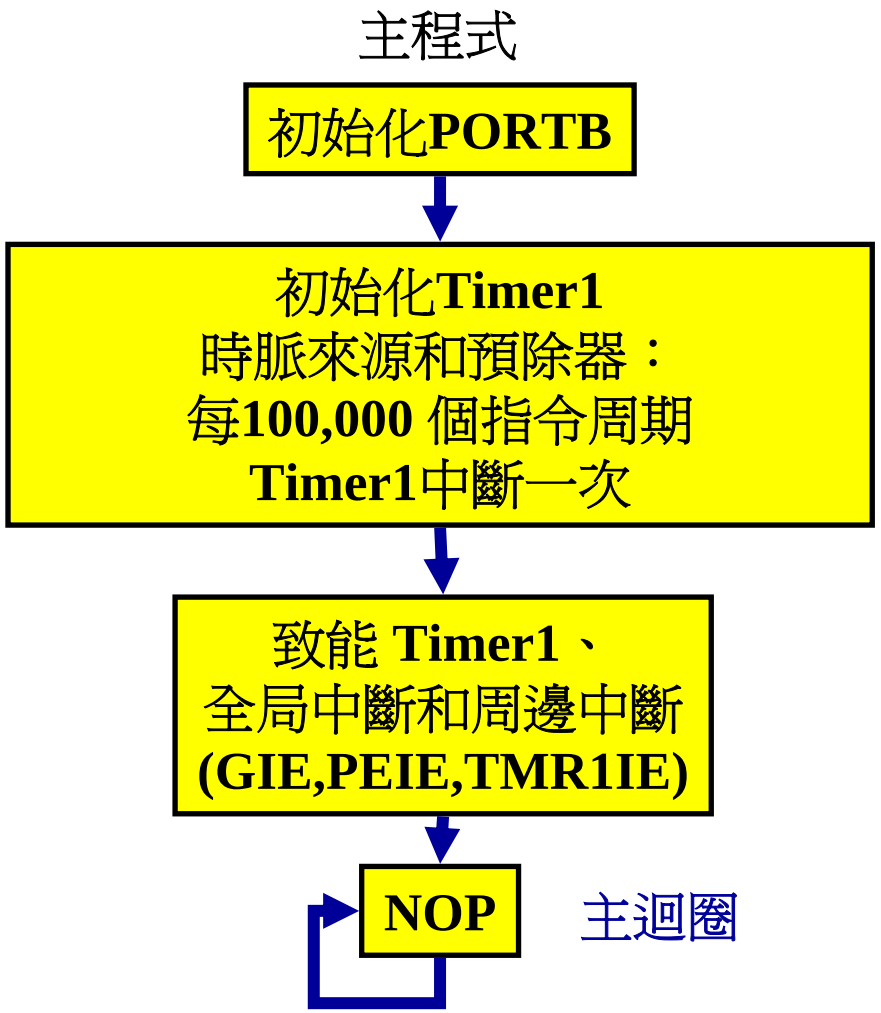
- 本練習目標是熟悉 Timer1 的工作原理

以及

- 獲得周邊中斷致能的經驗

練習二流程





練習二細節

- 本練習的程式位於

  C:\RTC\201_ASP\Lab2-TMR1

- 在 lab2.asm 中完成以下任務
  - 將 Timer 1 時脈來源設置爲 Fosc/4 (Fcy)
  - 將 Timer 1 預除比率設爲 2
  - Timer 1 載入 0x3CB0 （**65,356 – 50,000**）
  - 啓動 Timer 1
  - 致能 Timer 1 中斷 (GIE、PFIE & TMR1IE)

需要了解的內容

- INTCON、T1CON、TMR1H、TMR1L 和 PIE1 暫存器的操作
- 設定值 0x3CB0 和預除比爲 2，Timer1 將每 100,000 個指令周期溢位一次
- 提供了反轉 LED 的中斷向量程式

練習二 解答

```
;
;  ********************************************************************************
;   Set code to Select clock source, Set pre-scaler to 2, load hex 3CB0 into Timer1
;   and turn on Timer1
;  ********************************************************************************
;
        movlw           (.65536-.50000) / .256      ; initialize TMR1L and TMR1H
        movwf           TMR1H
        movlw           (.65536-.50000) % .256
        movwf           TMR1L
        bsf             T1CON,T1CKPS0               ; set pre-scaler to 2
        bcf             T1CON,TMR1CS                ; set Clock source to Fosc/4
        bsf             T1CON,TMR1ON                ; turn Timer1 on
;
;*******************************************************************************
; Enable Timer1 interrupts, Peripheral Interrupts and Global Interrupts
;*******************************************************************************
;
;
        bsf             STATUS,RP0                  ; go to bank1
        bsf             PIE1,TMR1IE
        bsf             INTCON,GIE
        bsf             INTCON,PEIE
        bcf             STATUS,RP0                  ; return to bank0
```

練習二問與答

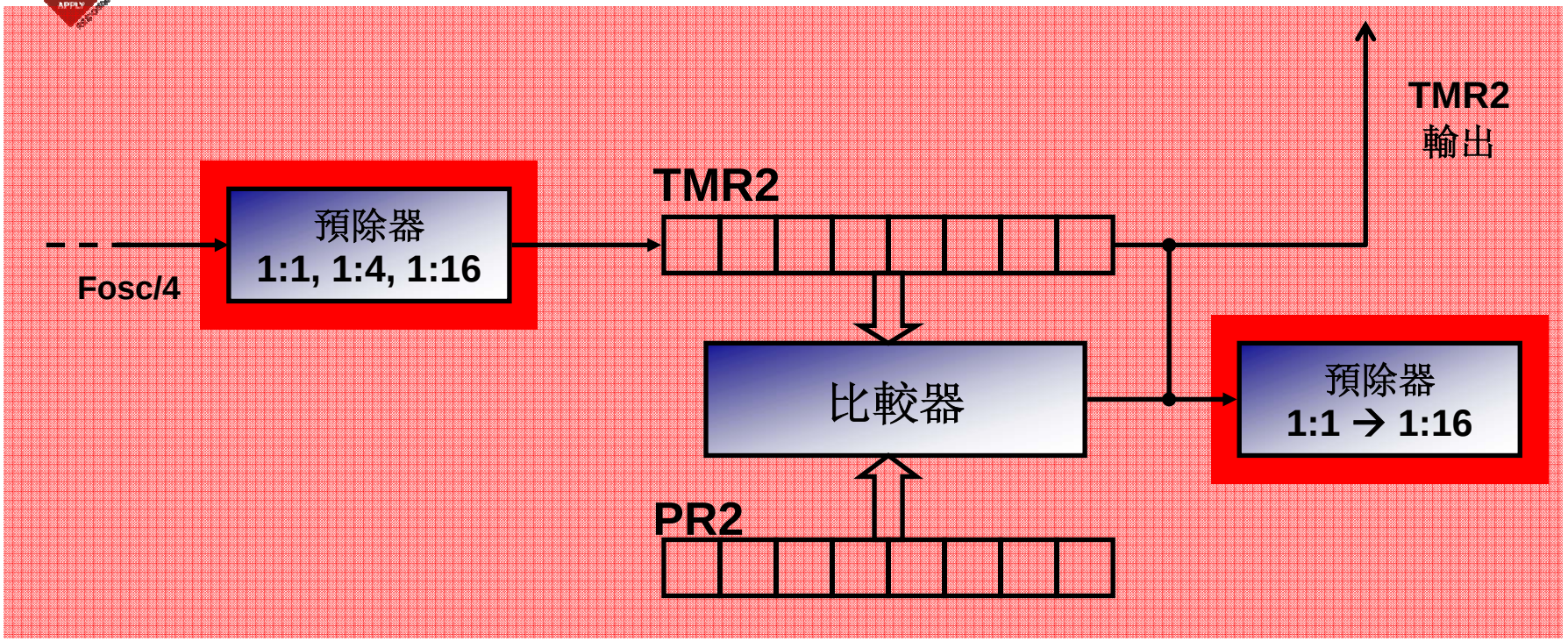
問： Timer 1 在進入中斷這段時間內是否繼續工作 ？

答： 是

問： 這將對要被重新裝載到TMR1L和TMR1H的值產生什麼影響？

答：影響很大 – 要實現高精度，應當考慮重新載入 Timer1 的中斷響應的延遲時間

Timer2 方塊圖

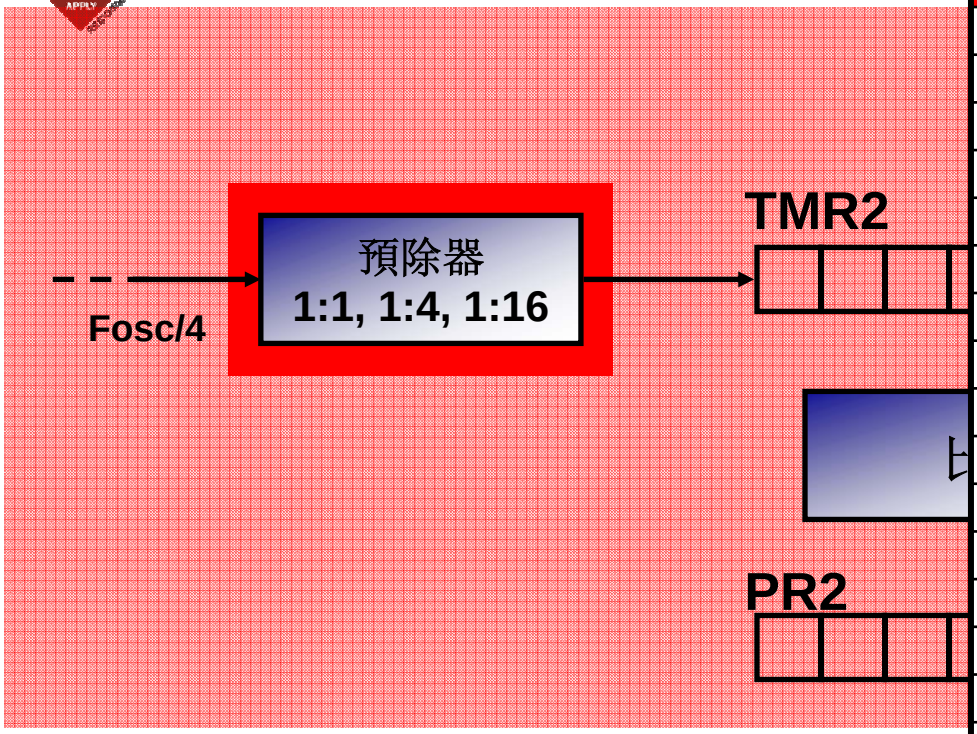


Timer2 控制暫存器（T2CON

T2CKPS1	T2CKPS2	預除比
0	0	1:1
0	1	1:4
1	X	1:16

Timer2啓動位元
1 = 啓動Timer2

Timer2 方塊圖



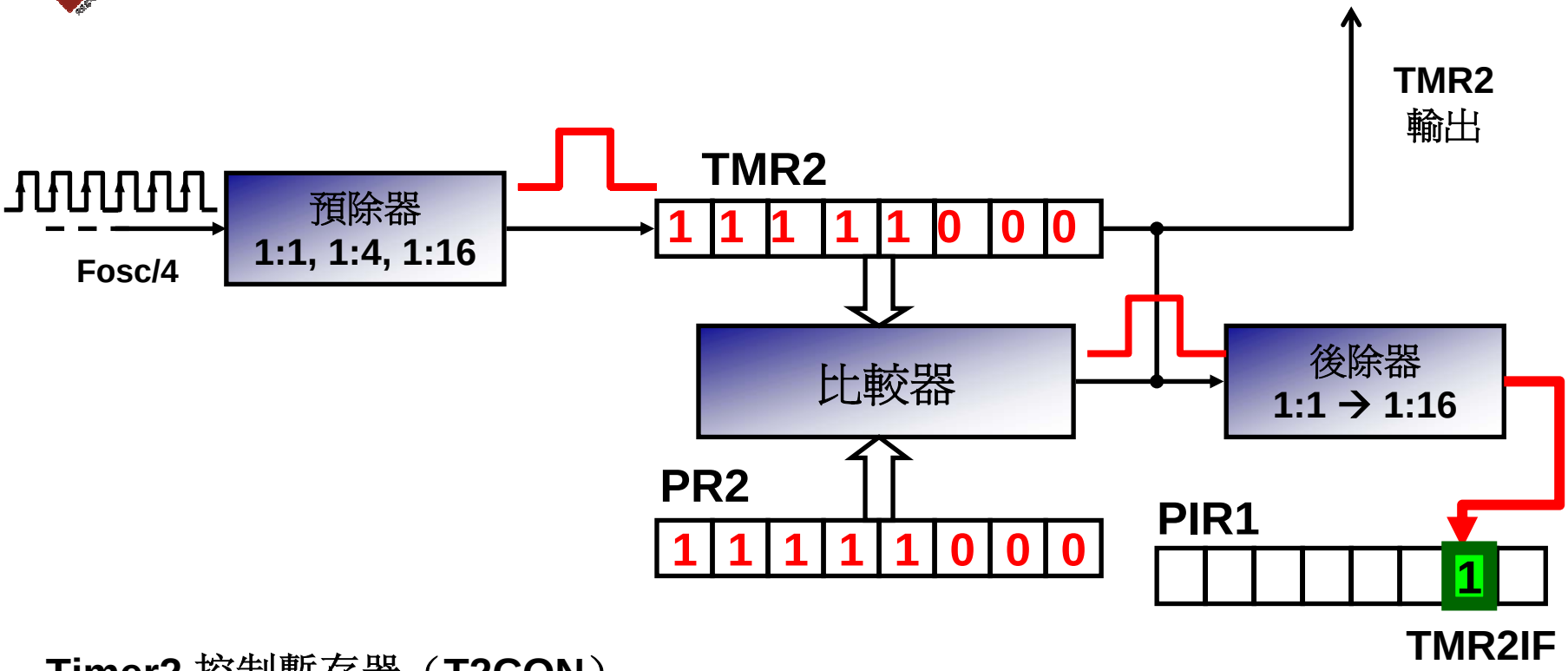
TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	SCALE
0	0	0	0	1:1
0	0	0	1	1:2
0	0	1	0	1:3
0	0	1	1	1:4
0	1	0	0	1:5
0	1	0	1	1:6
0	1	1	0	1:7
0	1	1	1	1:8
1	0	0	0	1:9
1	0	0	1	1:10
1	0	1	0	1:11
1	0	1	1	1:12
1	1	0	0	1:13
1	1	0	1	1:14
1	1	1	0	1:15
1	1	1	1	1:16

Timer2 控制暫存器（T2CON

T2CKPS1	T2CKPS2	預除比
0	0	1:1
0	1	1:4
1	X	1:16

Timer2啓動位元
1 = 啓動Timer2

Timer2 方塊圖

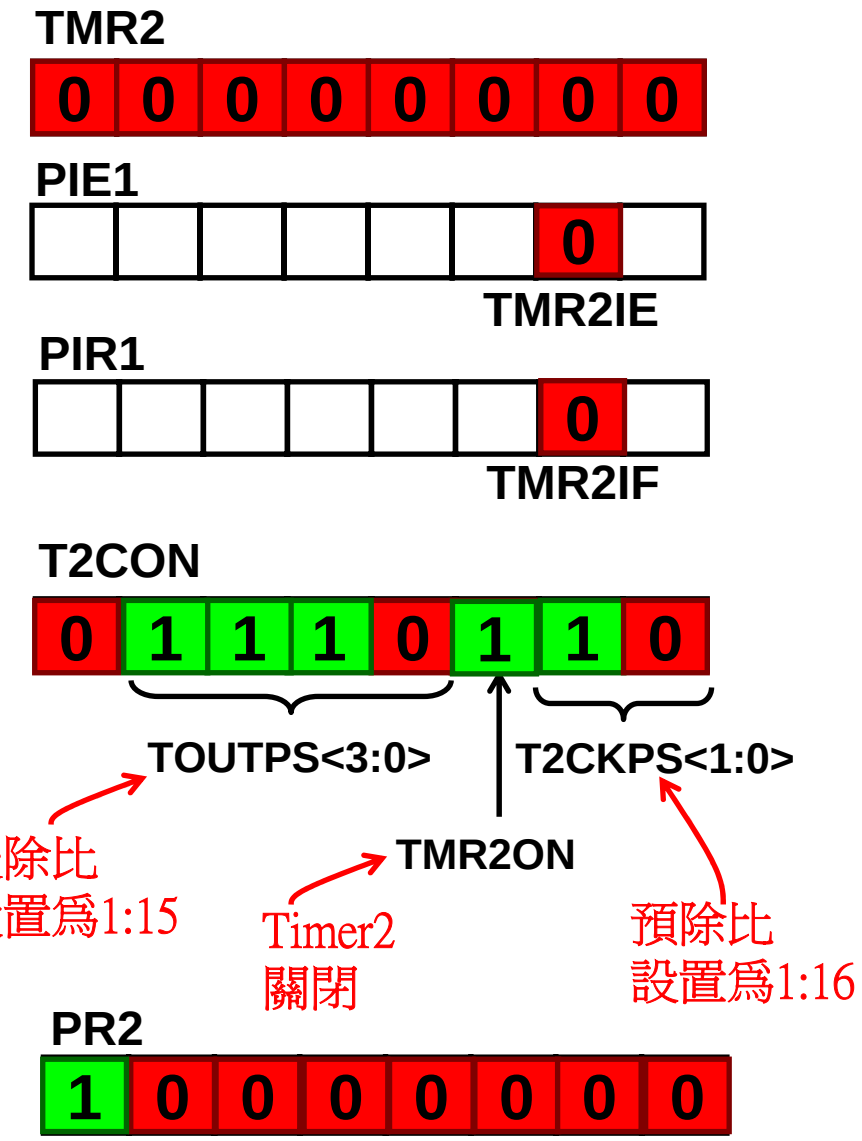


Timer2 控制暫存器（T2CON）

	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0

Timer2 初始化

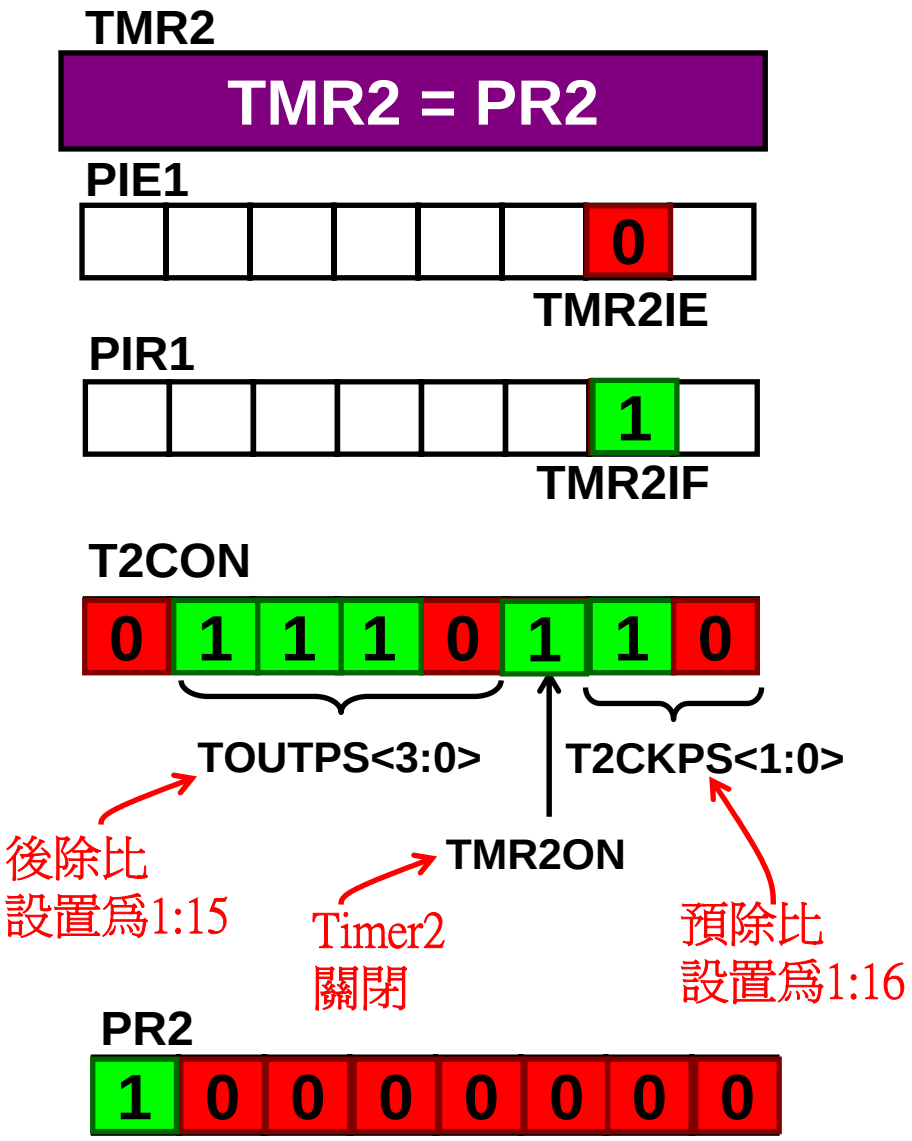
```
;Disable TMR1 interrupts in the PIE1
;register that holds the TMR2IE bit.
;Make sure the TMR2IF flag in PIR1 is cleared
banksel     PIE1
bcf         PIE1, TMR2IE
banksel     PIR1
bcf         PIR1, TMR2IF
;Setup T2CON register for:
; Postscaler =  1:15
; Prescaler = 1:16
;Timer2 is off
movlw       b'01110010'
movwf       T2CON
;Make sure the TMR2 register is clear
banksel     TMR2
clrf        TMR2
;Load the PR2 register with a predetermined
;value
banksel     PR2
movlw       b'10000000'
movwf       PR2
;Start Timer2 incrementing
banksel     T2CON
bsf         T2CON, TMR2ON
;The TMR2 interrupt is disabled, do polling
;on the TMR2IF flag
btfss       PIR1, TMR2IF
goto        $-1
```

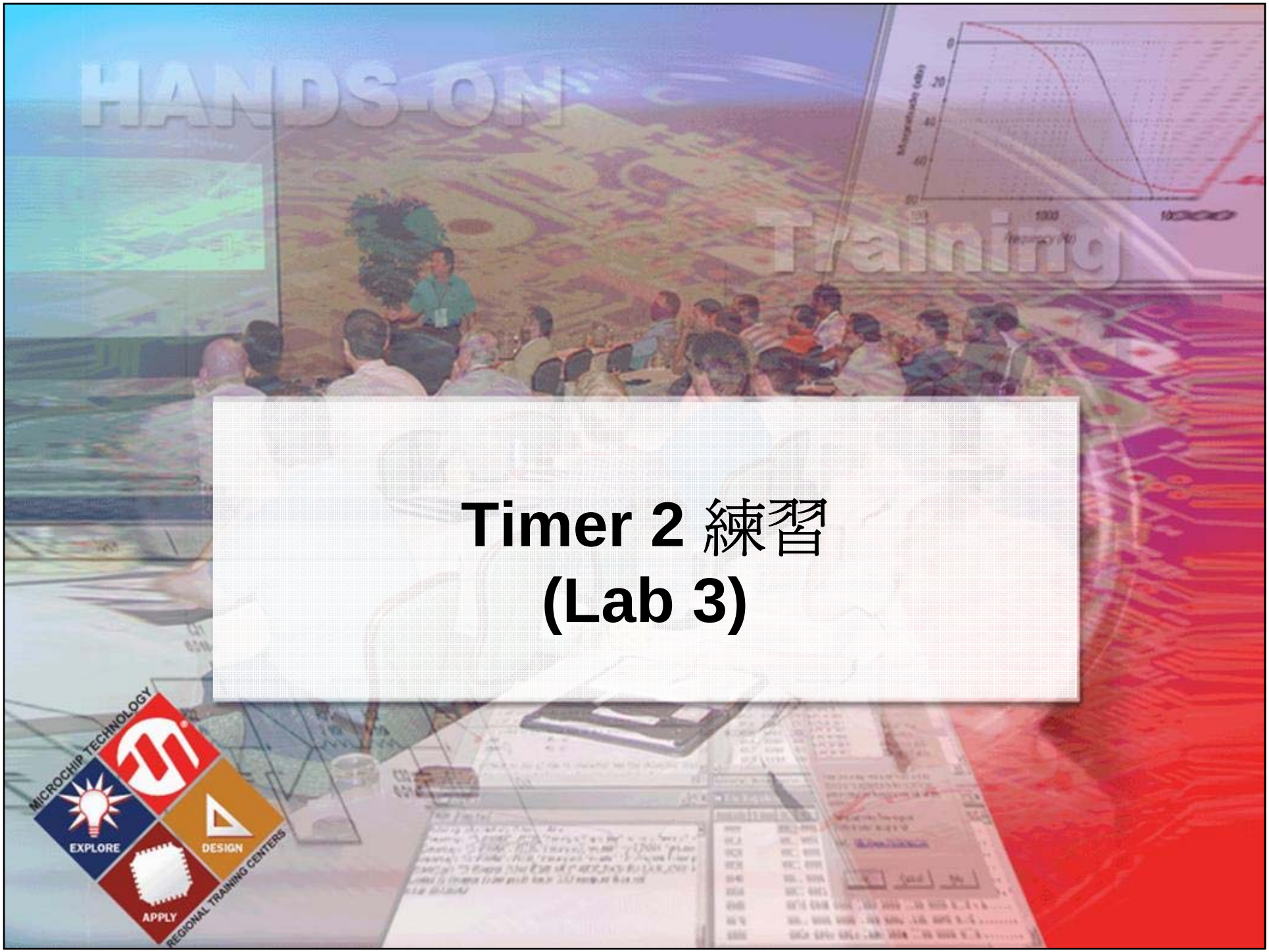


Timer2 初始化

TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	除比
0	0	0	0	1:1
0	0	0	1	1:2
0	0	1	0	1:3
0	0	1	1	1:4
0	1	0	0	1:5
0	1	0	1	1:6
0	1	1	0	1:7
0	1	1	1	1:8
1	0	0	0	1:9
1	0	0	1	1:10
1	0	1	0	1:11
1	0	1	1	1:12
1	1	0	0	1:13
1	1	0	1	1:14
1	1	1	0	1:15
1	1	1	1	1:16

T2CKPS1	T2CKPS2	後除比
0	0	1:1
0	1	1:4
1	X	1:16





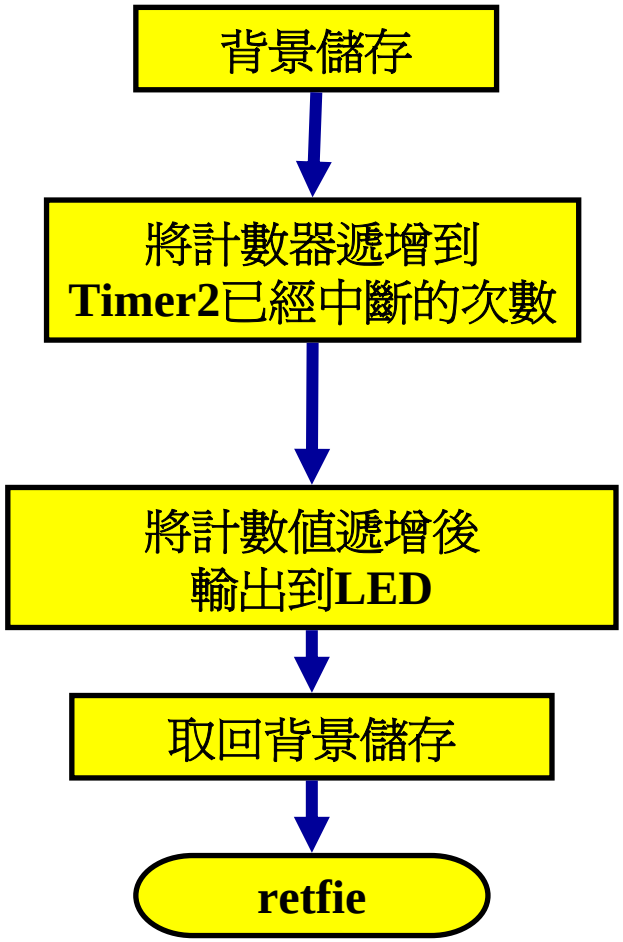
Timer 2 練習
(Lab 3)

Timer 2 練習

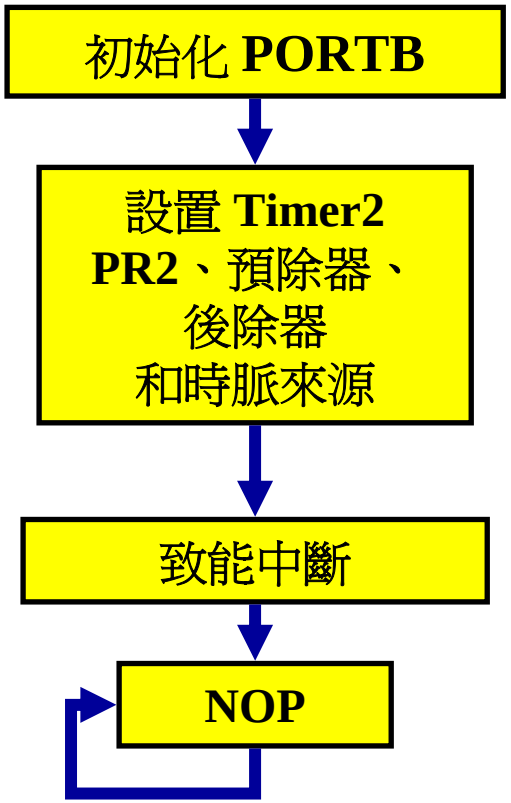
- 練習 3 的目標是熟悉以下設定：
  - Timer2 時脈來源
  - 預除值
  - 後除值
  - 啓動 Timer2
  - 讓 Timer2 產生中斷所需要設定的中斷控制位元

練習三流程

中斷向量



主程式



練習三細節

- 本練習程式位於
  C:\RTC\201_ASP\Lab3-TMR2

- 完成程式的以下部分
  - 將 Timer 2 預除比設置爲 4
  - 將 Timer 2 後除比設置爲 10
  - 啓動 Timer 2
  - 設定 GIE、PEIE 和 Timer 2 中斷致能位元

需要了解的內容

- 本練習需要的特殊功能暫存器（SFR） 爲：INTCON、PIE1、PR2 和 T2CON

- 將 PR2 設置爲 250、預除比設置爲 4，並將後除比設置爲 10，使用 4Mhz 振盪器時（ Fosc/4 = 1 Mhz ），Timer 2 每10 ms中斷一次

Timer 2 練習的解答

```
;
;*****************************************************************************
;    configure Timer2   Prescaler of 4, PR2 of 250 and a postscaler of 13
;              and turn timer2 on.
;*****************************************************************************
;
        banksel         0                       ; set bank to 0
        movlw           0x68                    ; set 13 as postscaler
        movwf           T2CON
        bsf             T2CON,T2CKPS0           ; set prescaler to 4
        bsf             T2CON,TMR2ON            ; turn on Timer2


;*****************************************************************************
; Enable Timer2 interrupts, Peripheral Interrupts and Global Interrupts
;*****************************************************************************
;
        bsf             STATUS,RP0              ; go to bank1
        bsf             PIE1,TMR2IE
        bsf             INTCON,GIE
        bsf             INTCON,PEIE
        bcf             STATUS,RP0              ; return to bank0
```

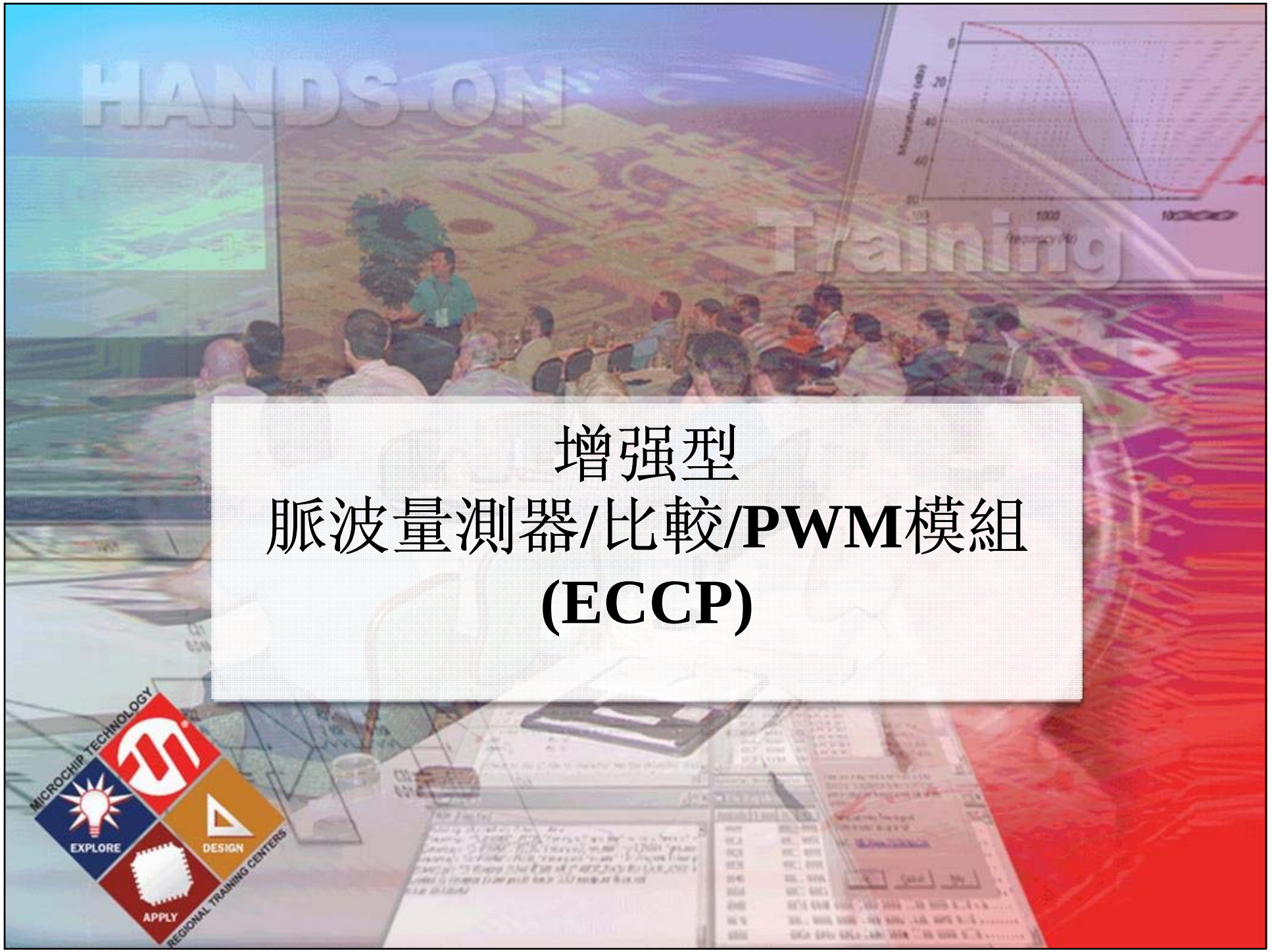
練習三問與答

問： Timer2 是否與 Timer1 一樣在中斷響應延時期間繼續運行？

答： 是的！

問：要確保精確的中斷周期，是否需必須考慮自由運行的 Timer2 ？

答： 不用，因爲中斷是在匹配而非溢位時產生的



增强型
脈波量測器/比較/PWM模組
(ECCP)

ECCP 概述

- 脈波量測器功能
  - 計算事件持續時間
- 比較
  - 經過了確定的時間後，觸發特殊事件
- 脈衝寬調變器（ PWM）
  - 以定義的頻率建立可設定脈衝寬度穩定的方波輸出
  - 爲各種橋式連接提供增强型功能

* 模組會使用 Timer 1 或 Timer 2

ECCP 概述

- 脈波量測器功能
  - 計算事件持續時間
- 比較
  - 經過一預定的時間後，觸發特殊事件
-

ECCP模式	計時器資源
脈波量測器	Timer 1
比較	Timer 1
PWM	Timer 2

* 模組會使用 Timer 1 或 Timer 2

ECCP 控制暫存器

增強型CCP1控制暫存器（CCP1CON）

P1M1	P1M0	DC1B1	DC1B0	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0

位元	功能
CCP1M<3:0>	ECCP 模式選擇位元 (i) 將模組配置爲各種模式，包括觸發特殊事件和邊緣檢測
P1M<1:0>	輸出設定位元(ii) 脈波量測器/比較模式 = 未使用“00” 增強型PWM = 提供半橋式或全橋式輸出的極性控制
DC1B<1:0>	PWM 脈衝寬度的 2 個LSB （ 8 個MSB 位於CCPR1L中） *不使用在脈波量測器或比較模式中

除了以下兩點不同外，CCP2CON與CCP1CON類似：

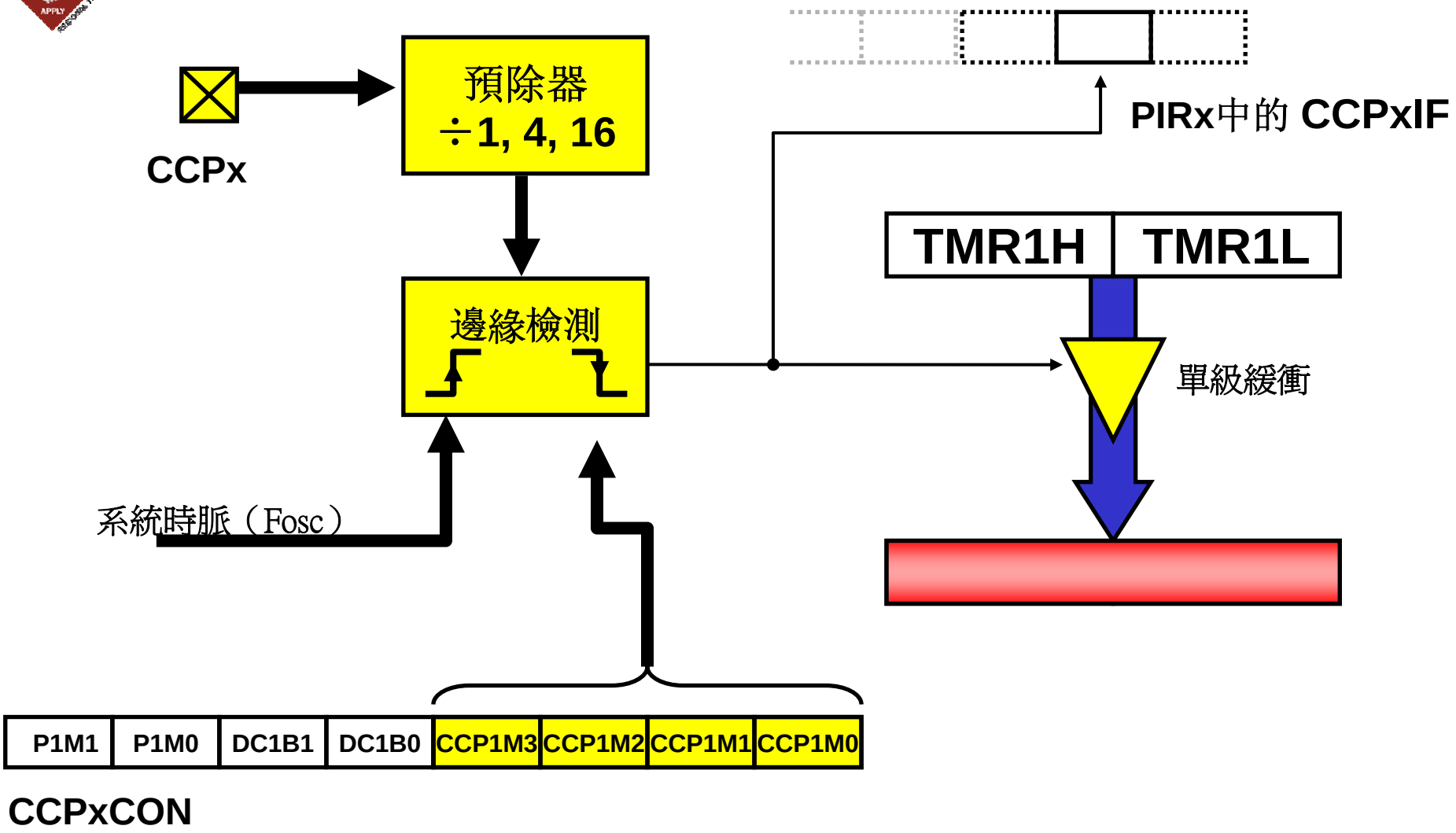
i. 在模式選擇位中，比較模式將“反轉”輸出接腳準位

ii. 增強型PWM 設定功能（輸出設定位元）

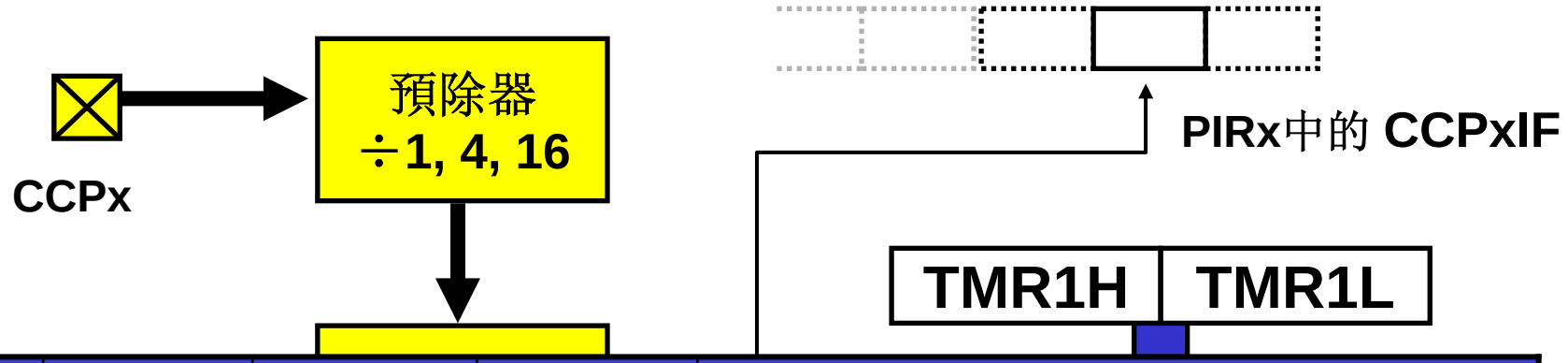
ECCP 控制暫存器

CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0	選擇EECP模式
0	0	0	0	脈波量測器/比較/PWM 關閉（重置ECCP模組）
0	0	0	1	未用（保留）
0	0	1	0	比較模式，匹配時反轉輸出
0	0	1	1	未用（保留）
0	1	0	0	脈波量測器模式，每個下降緣脈波量測器一次
0	1	0	1	脈波量測器模式，每個上升緣脈波量測器一次
0	1	1	0	脈波量測器模式，每4個上升緣脈波量測器一次
0	1	1	1	脈波量測器模式，每16個上升緣脈波量測器一次
1	0	0	0	比較模式，匹配時置 1 輸出
1	0	0	1	比較模式，匹配時清零輸出
1	0	1	0	比較模式，匹配時產生中斷
1	0	1	1	比較模式，觸發特殊事件
1	1	0	0	PWM模式；P1A和P1C高電位有效；P1B和P1D 高電位有效
1	1	0	1	PWM模式；P1A和P1C高電位有效；P1B和P1D低電位有效
1	1	1	0	PWM模式；P1A和P1C低電位有效；P1B和P1D高電位有效
1	1	1	1	PWM模式；P1A和P1C低電位有效； P1B和P1D低電位有效

脈波量測器模式



脈波量測器模式

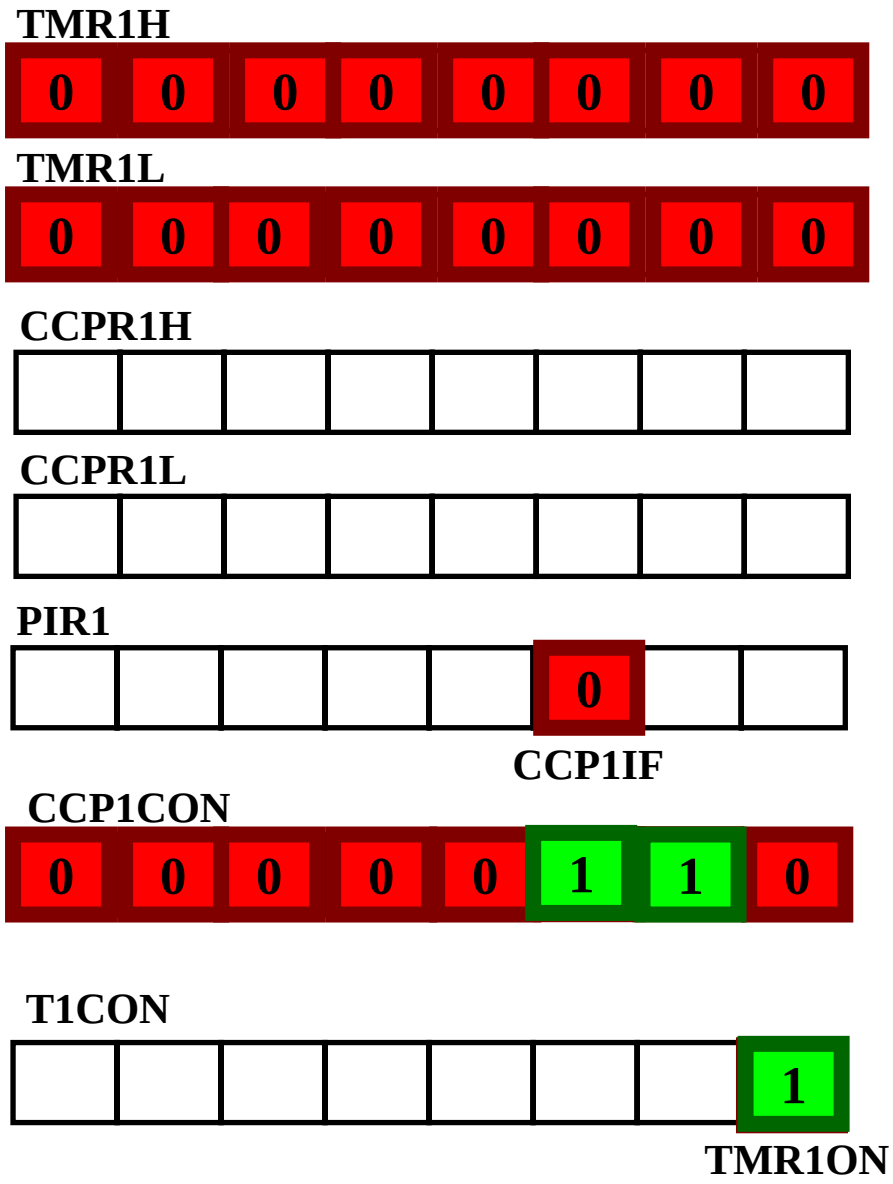


CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0	模式
0	1	0	0	每個下降緣脈波量測器一次
0	1	0	1	每個上升緣脈波量測器一次
0	1	1	0	每4個上升緣脈波量測器一次
0	1	1	1	每16個上升緣脈波量測器一次

CCPxCON

脈波量測器模式的初始化

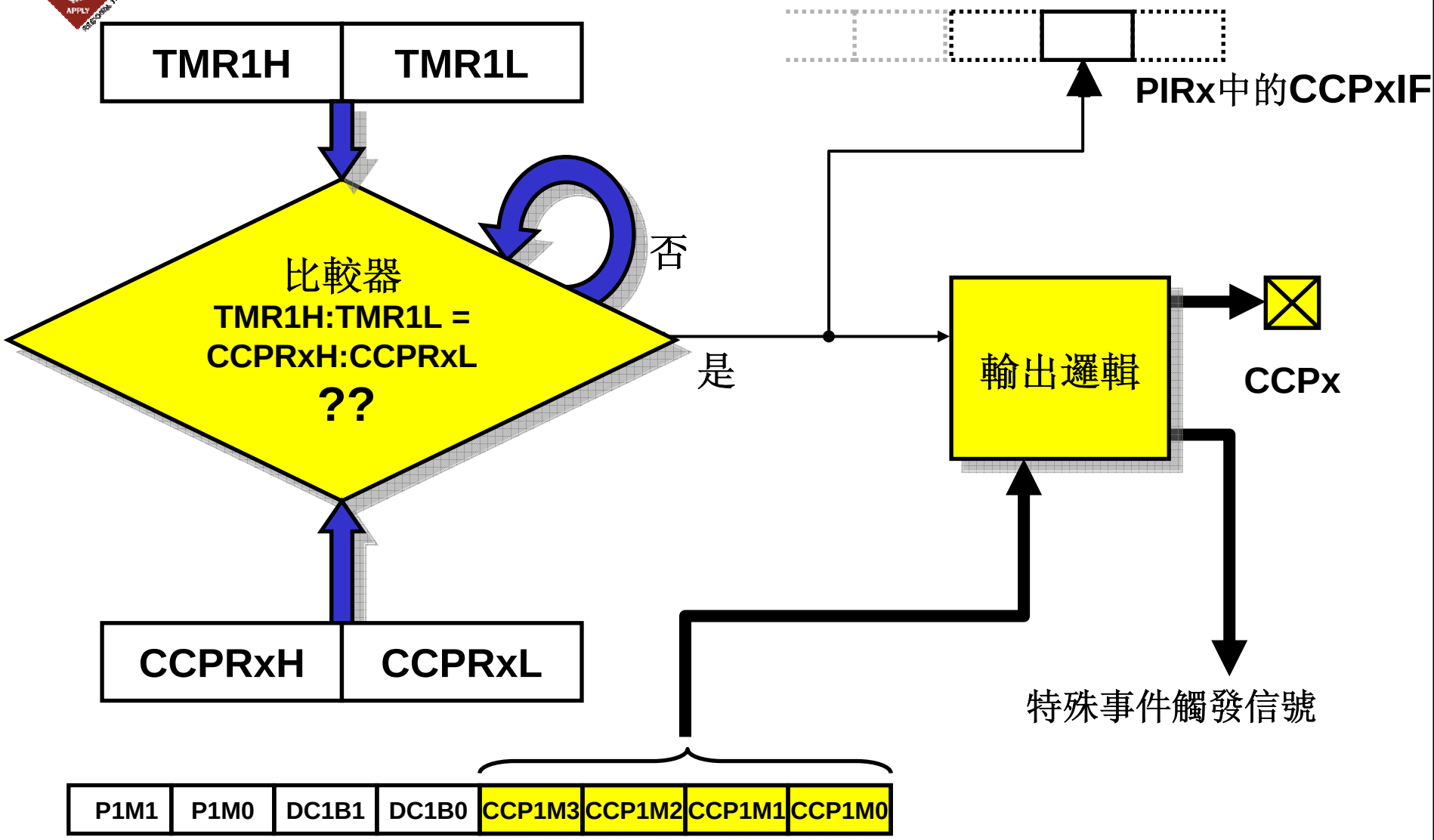
```
;Turn off CCP module
banksel         CCP1CON
clrf            CCP1CON
;Make sure Timer1 is off
bcf             T1CON, TMR1ON
;Clear Timer1 result registers
clrf            TMR1H
clrf            TMR1L
;Disable all interrupts for CCP
bcf             PIR1, CCP1IF
banksel         PIE1
bcf             PIE1, CCP1IE
;Set CCP1 pin for input
bsf             TRISC, 2
;Initialize Capture for every 4th rising edge
banksel         CCP1CON
movlw           b'00000110'
movwf           CCP1CON
;Start Timer1 incrementing
bsf             T1CON, TMR1ON
;Test the CCP1IF flag for capture
btfss           PIR1, CCP1IF
goto            $-1
```



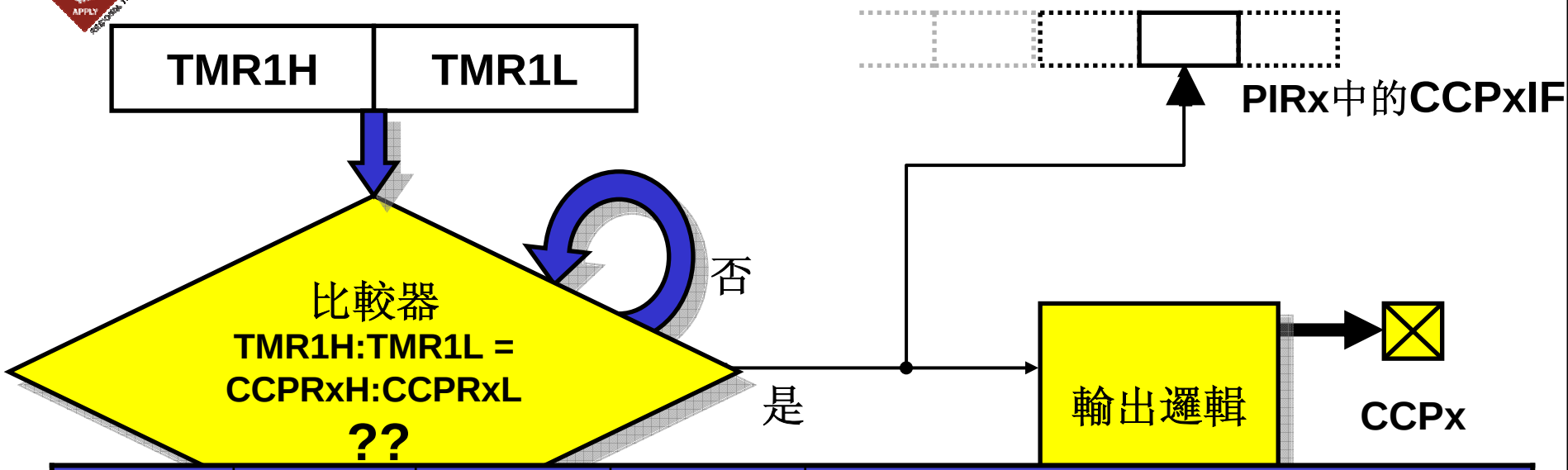
脈波量測器模式的初始化

```
;Turn off CCP module
banksel         CCP1CON
clrf            CCP1CON
;Make sure Timer1 is off
bcf             T1CON, TMR1ON
;Clear Timer1 result registers
clrf            TMR1H
clrf            TMR1L
;Disable all interrupts for CCP
bcf             PIR1, CCP1IF
banksel         PIE1
bcf             PIE1, CCP1IE
;Set CCP1 pin for input
bsf             TRISC, 2
;Initialize Capture for every 4th rising edge
banksel         CCP1CON
movlw           b'00000110'
movwf           CCP1CON
;Start Timer1 incrementing
bsf             T1CON, TMR1ON
;Test the CCP1IF flag for capture
btfss           PIR1, CCP1IF
goto            $-1
```

比較模式



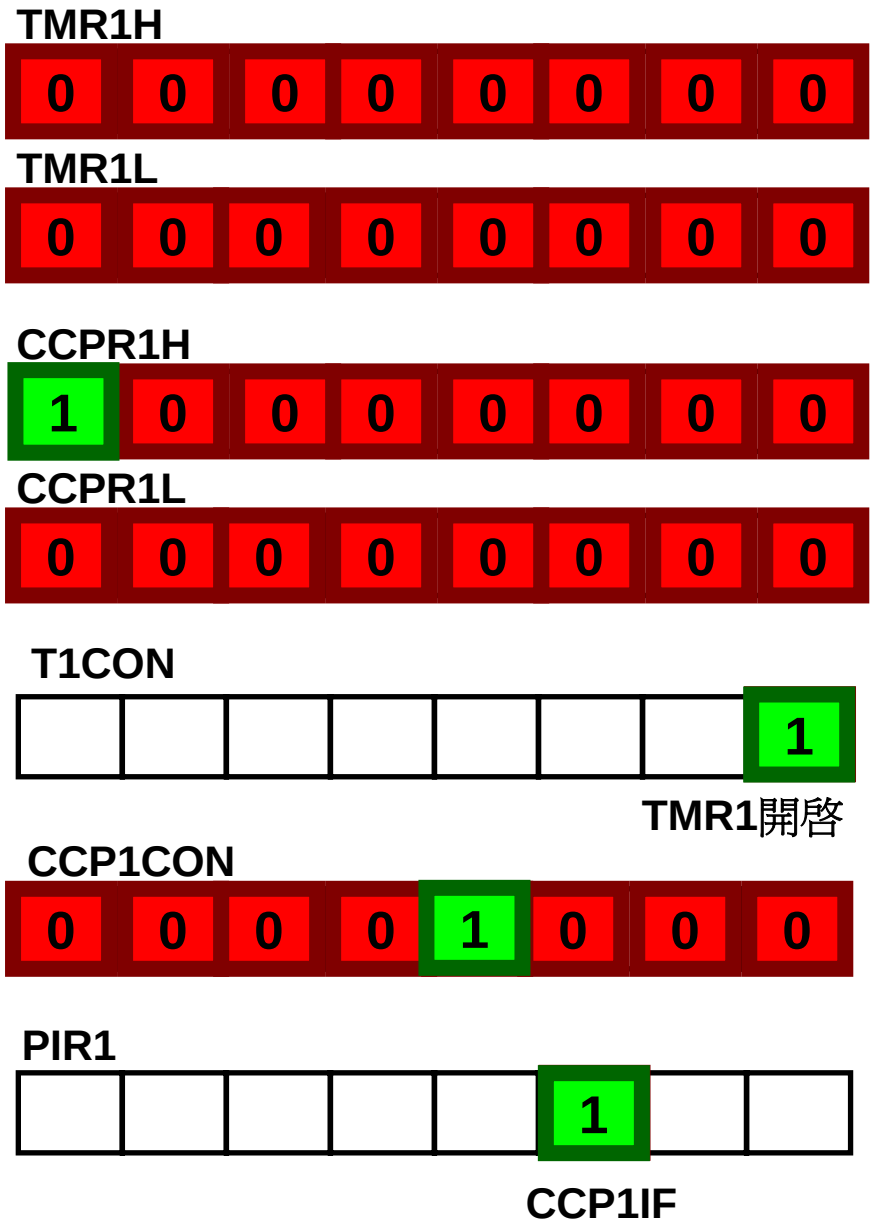
比較模式



CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0	模式
1	0	0	0	匹配時置1輸出（CCPxIF置1）
1	0	0	1	匹配時清零輸出（CCPxIF置1）
1	0	1	0	匹配時產生軟件中斷（CCPxIF置1，CCP1 引脚不受影响）
1	0	1	1	觸發特殊事件（CCPxIF置1，CCP1重置TMR1或TMR2，如果啟動ADC還將啟動A/D 轉換）

比較模式初始化

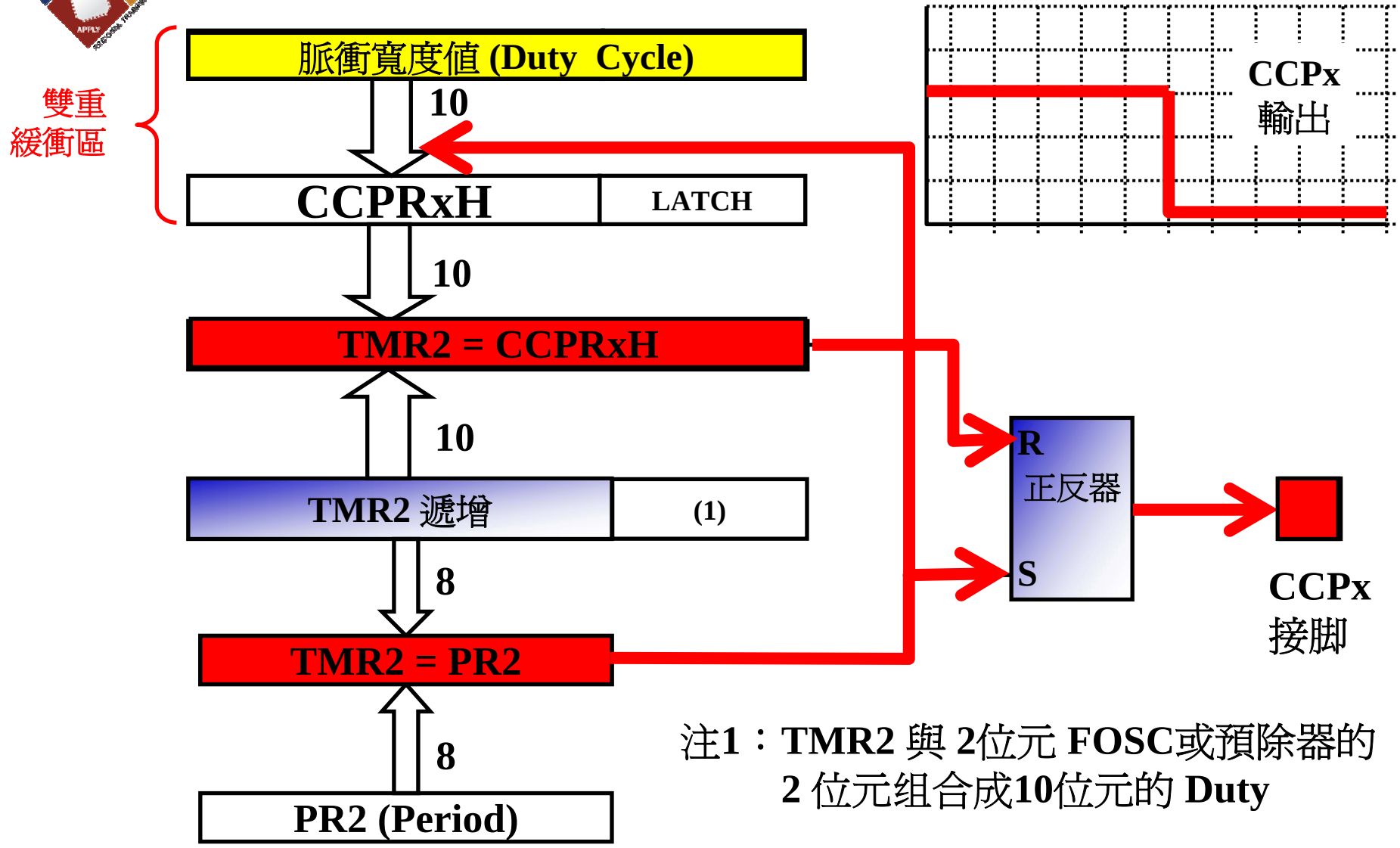
```
;Turn off the CCP module
banksel         CCP1CON
clrf            CCP1CON
;Turn off Timer1
bcf             T1CON, TMR1ON
;Clear Timer1 result registers
clrf            TMR1H
clrf            TMR1L
;Disable CCP1 interrupt and make sure
;its flag is clear
banksel         PIE1
bcf             PIE1, CCP1IE
banksel         PIR1
bcf             PIR1, CCP1IF
;Make CCP1 pin output
banksel         TRISC
bcf             TRISC, 2
;Initialize Compare to set output on match
banksel         CCP1CON
movlw           b'00001000'
movwf           CCP1CON
;Load half of Timer1 full scale value into
;CCPR1H:CCPR1L
banksel         CCPR1H
movlw           b'10000000'
movwf           CCPR1H
clrf            CCPR1L
;Start Timer1 incrementing
bsf             T1CON, TMR1ON
;Test CCP1IF for Timer1 match with CCPRx
btfss           PIR1, CCP1IF
goto            $-1
```



PWM模式

- 在**CCPx** 接腳上產生脈衝寬調變器（ **PWM** ）輸出
- 由以下暫存器設定脈衝寬度、周期和分辨率
  - **PR2**
  - **T2CON**
  - **CCPRxL**
  - **CCPxCON**

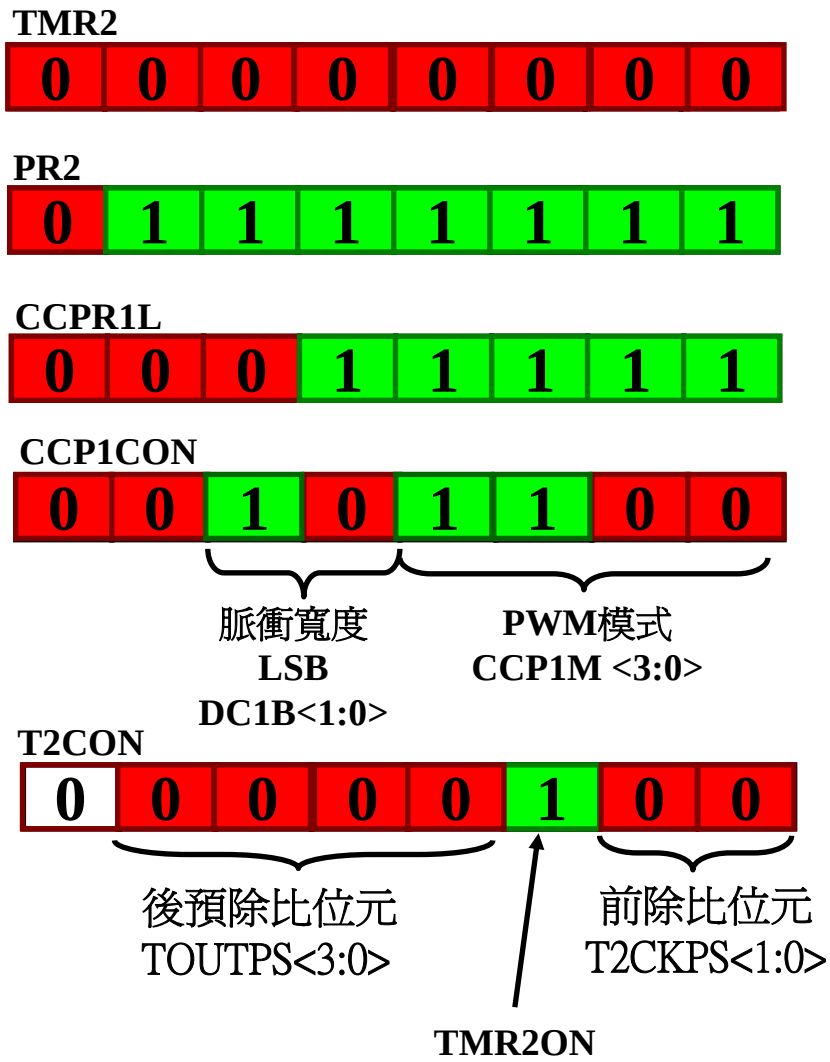
PWM 方塊圖

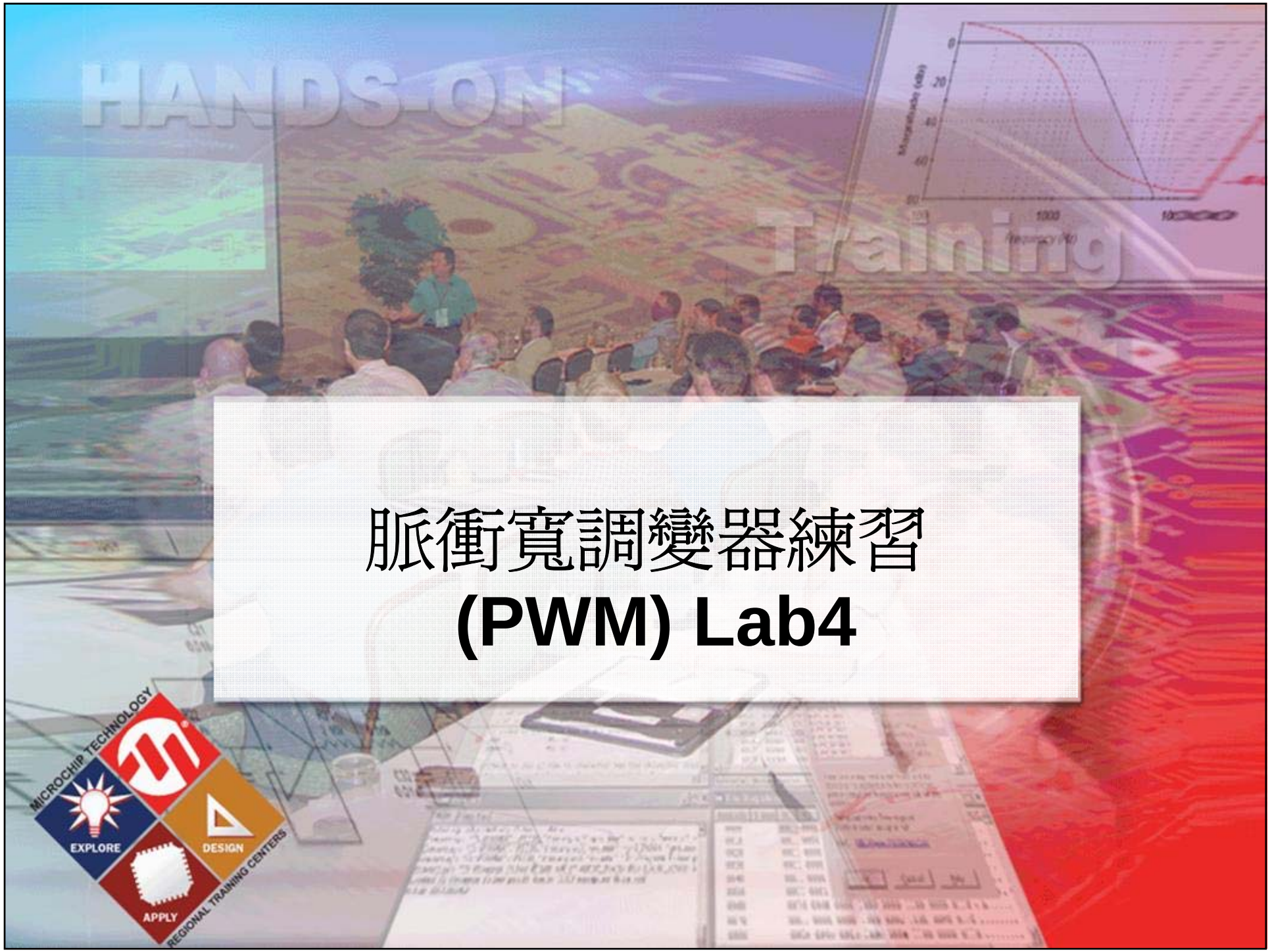


注1：TMR2 與 2位元 FOSC或預除器的
2 位元组合成10位元的 Duty

PWM 操作的設定

```
;Turn off CCPx pin by setting TRISC bit HIGH
banksel     TRISC
bsf         TRISC, 2

;Clear Timer2
banksel     TMR2
clrf        TMR2

;Set up Period and Duty Cycle using an 8MHz oscillator
movlw       b'01111111'         ;
movwf       PR2                 ;Load a 64uS Period Value
movlw       b'00011111'         ;
movwf       CCPR1L              ;Load Duty Cycle Value
                                ; (25%) of PWM period

;Configure ECCP module for single PWM
; with P1A active HIGH and
;LSB's of Duty Cycle are '10'
movlw       b'00101100'         ;
movwf       CCP1CON             ;ECCP module is configured
                                ;for PWM and Duty Cycle
                                ;LSB's loaded
;Turn CCPx pin back on
banksel     TRISC
bcf         TRISC, 2            ;Make CCP1 output

;Timer2 starts when TMR2ON is set beginning PWM
movlw       b'00000100'         ;incrementing
movwf       T2CON               ;Prescaler and Postscaler
                                ;are both 1:1
```





脈衝寬調變器練習
(PWM) Lab4

PWM 練習四

- 本練習的目標是熟悉 ECCP 模組的設定和 PWM 模式下的操作

以及

- 了解有關 Timer2 設定的更多信息

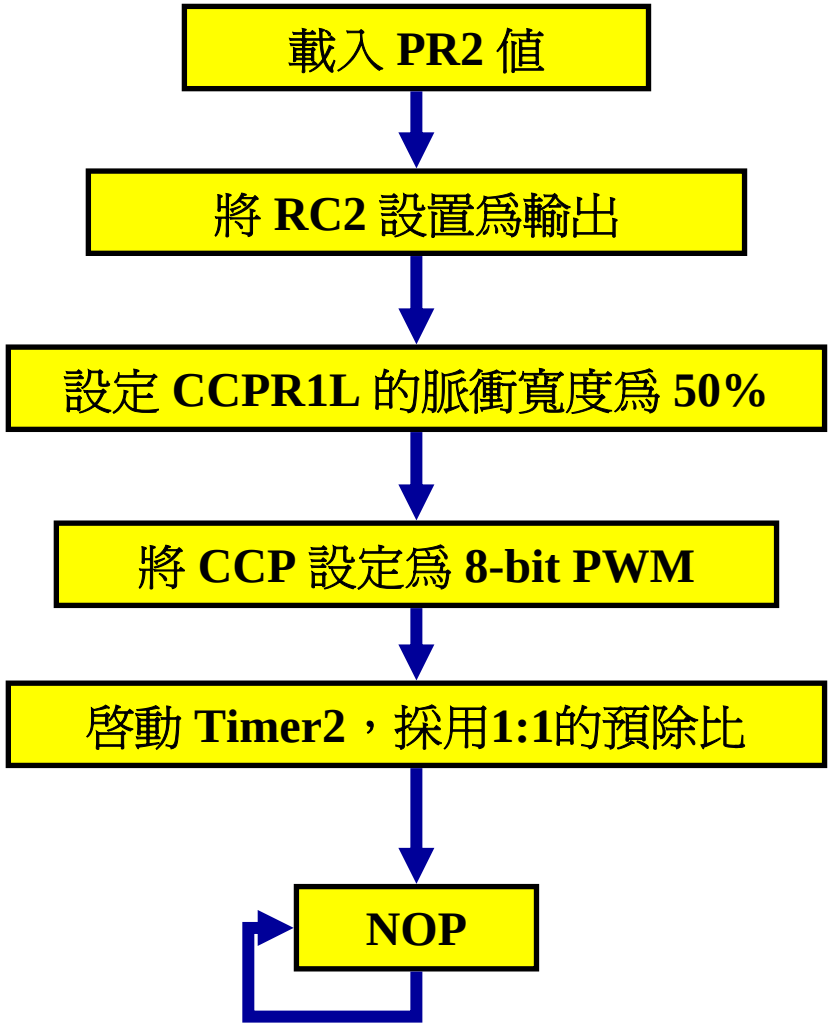
PWM 練習四概述

- PWM 波形從 CCP1 接腳（RC2）輸出， 使得 APP001 板上的蜂鳴器發出一個聲音。

- 完成練習後，周期爲 256/(Fosc/4)、脈衝寬度爲 50% 的信號將驅動此蜂鳴器(3.8KHz)

PWM 練習四流程

主程式



練習四細節

- 本練習程式位於 C:\RTC\201_ASP\Lab4-PWM

- 完成以下部分
  - 將 PORTC 的RC2（CCP1）設爲輸出
  - 設置 CCP工作在 PWM 模式
  - 清零 DCB1和 DCB0（8-bit PWM）
  - 將 Timer2 的前預除比值設置爲 1:1

需要了解的內容

- 提供週期 PR2 （Timer2）和設置50%脈衝寬度的程式。可在程式中找到這些值
- 在PIC16F887中，CCP1接脚爲RC2
- 完成本練習所需的暫存器爲：TRISC、T2CON 和 CCP1CON

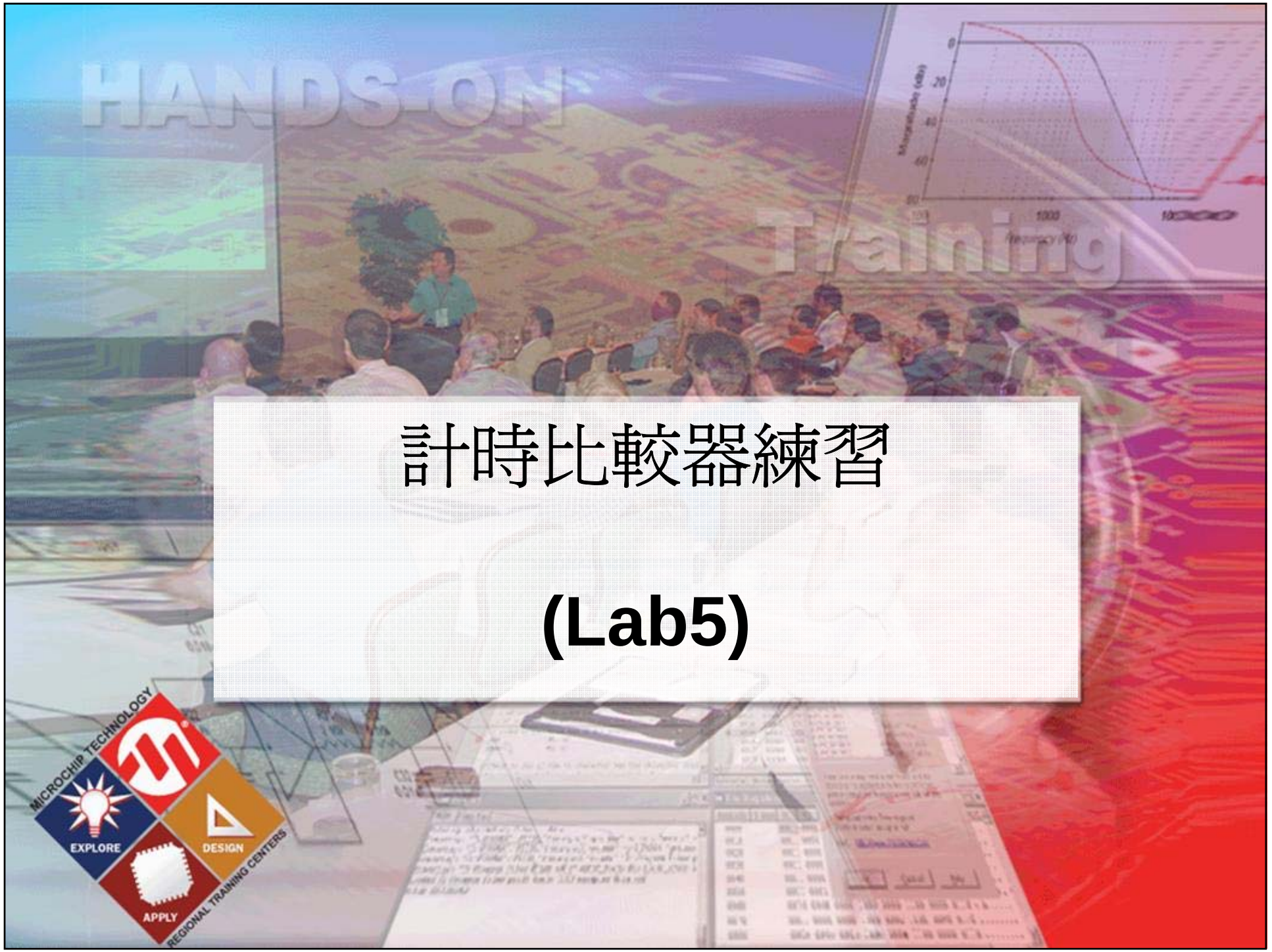
練習四解答

```
;*****************************************************************
;       Set CCPx  as an output
;*****************************************************************
        bcf             TRISC,2         ; set CCP1 pin as output pin
;
;       set duty cycle for 50%
;
        bcf             STATUS,RP0      ; go to bank 0
        movlw           0x80
        movwf           CCPR1L          ; set duty cycle
;*****************************************************************
;               Put CCP1 module in PWM mode.
;               Configure CCP to clear DCB1 and DCB0 ( 8-bit PWM)
;*****************************************************************
        movlw           0x0C
        movwf           CCP1CON

;*****************************************************************
;   Configure Timer2   Pre and post scale of 1:1
;   and turn Timer2 on
;*****************************************************************
        bsf             T2CON,TMR2ON    ; turn on Timer2
```

練習四問與答

問： 爲什麼我們不使用PWM的中斷呢？

答：PWM可與PIC MCU同時運行，而不會降低處理器的速度



計時比較器練習

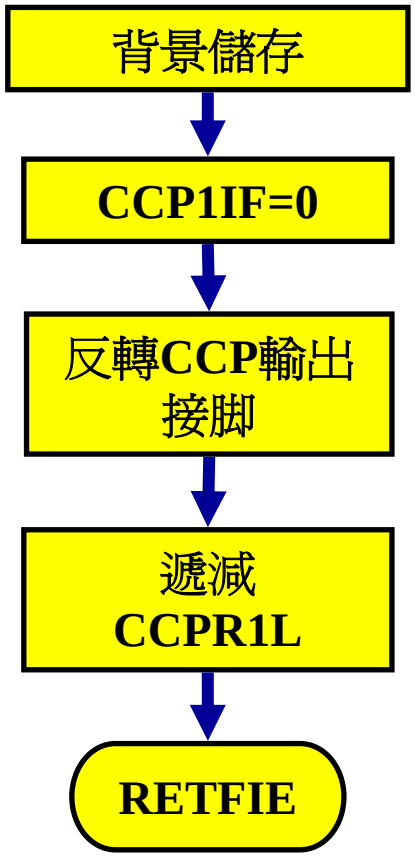
(Lab5)

計時比較器練習

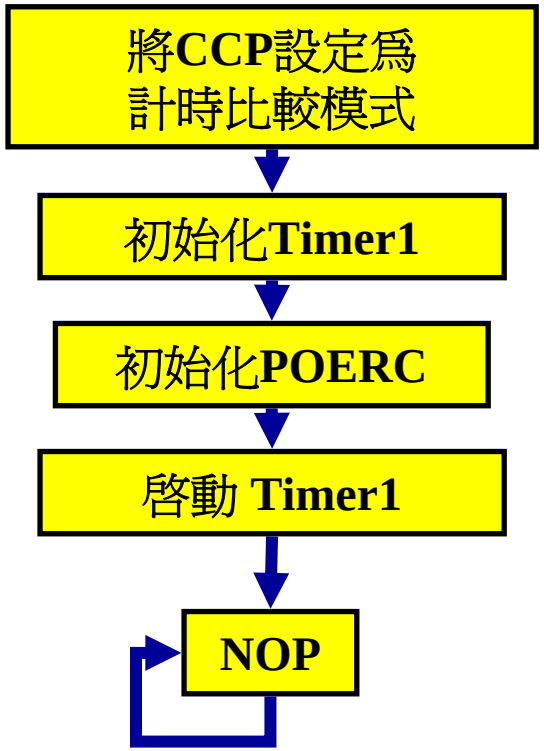
- 本練習的目標是獲取以下經驗 ：
  - 設定 ECCP 工作於計時比較模式
  - 設定特殊事件旗標以重置 Timer1
  - 設定 ECCP 以在 Timer1 溢出時產生中斷
  - 使用中斷向量來修改中斷間的時間間隔

練習五流程

中斷向量



主程式



CCP 練習五細節

- 本練習程式位於

  C:\RTC\201_ASP\Lab5-CCP

- 完成以下部分：
  - 將CCP設定爲計時比較模式，比較匹配時將設定特殊事件旗標和 CCP1IF
  - 設定 Timer1，將其時脈來源設置爲 Fosc/4 ，預除比爲 1:8
  - 設定 CCP 中斷相關的中斷設定

需要了解的內容

- 完成本練習需要的暫存器爲：INTCON、T1CON和CCP1CON
- 提供了中斷向量
- 値 CCPR1L 將從 0 計數到 0xFF 後繼續遞減

CCP 練習五解答

```
;
;       Set CCP1COM to Output Compare mode with Special Event Trigger
;       to clear the Timer 1 register pair on a match
;*********************************************************************
        movlw                   0x0B
        movwf                   CCP1CON             ; set value in CCP1CON
;
;       Configure Timer 1 for Fosc/4 operation.  8:1 Pre-scaler
;
;*********************************************************************
        movlw                   0x30
        movwf                   T1CON
;




;
; Enable Timer 1 interrupts, Peripheral Interrupts and Global Interrupts
;
;*********************************************************************
        bsf                     PIE1,CCP1IE
        bsf                     INTCON,GIE
        bsf                     INTCON,PEIE
```

練習五問與答

問：PWM工作不需要中斷。那麼在計時比較模式下是否需要中斷？

答： 不必

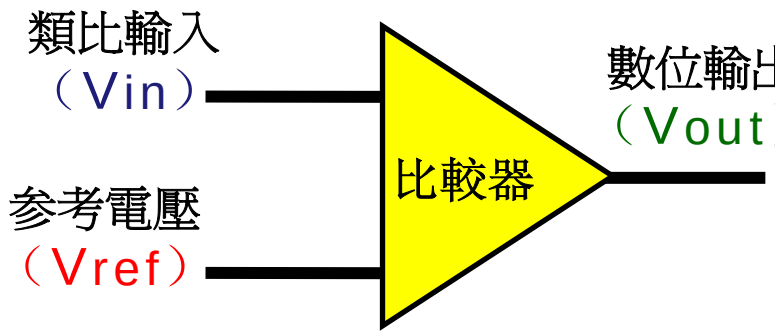
- 我們在本練習中確實使用了中斷，那是因爲我們在計時比較模式下的任務不在該問題所討論的範圍內

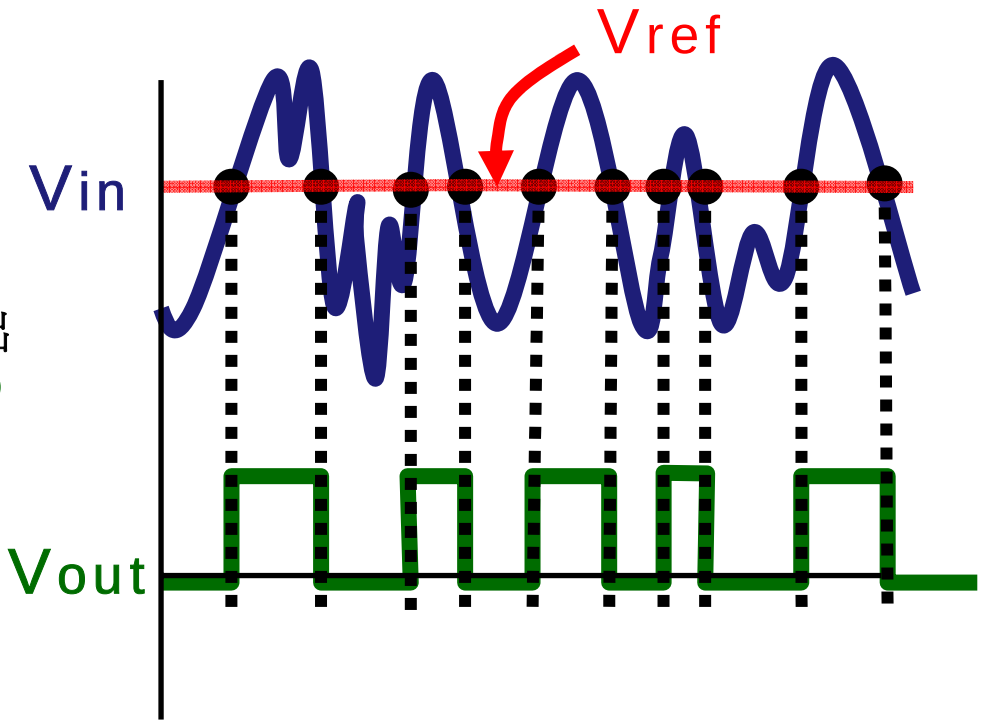

HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

電壓比較器

電壓比較器概述

- 比較器模組：
  - 將類比輸入電壓與參考電壓做比較，並輸出數位電位結果
  - **PIC16F887有2個比較器（C1和C2）**

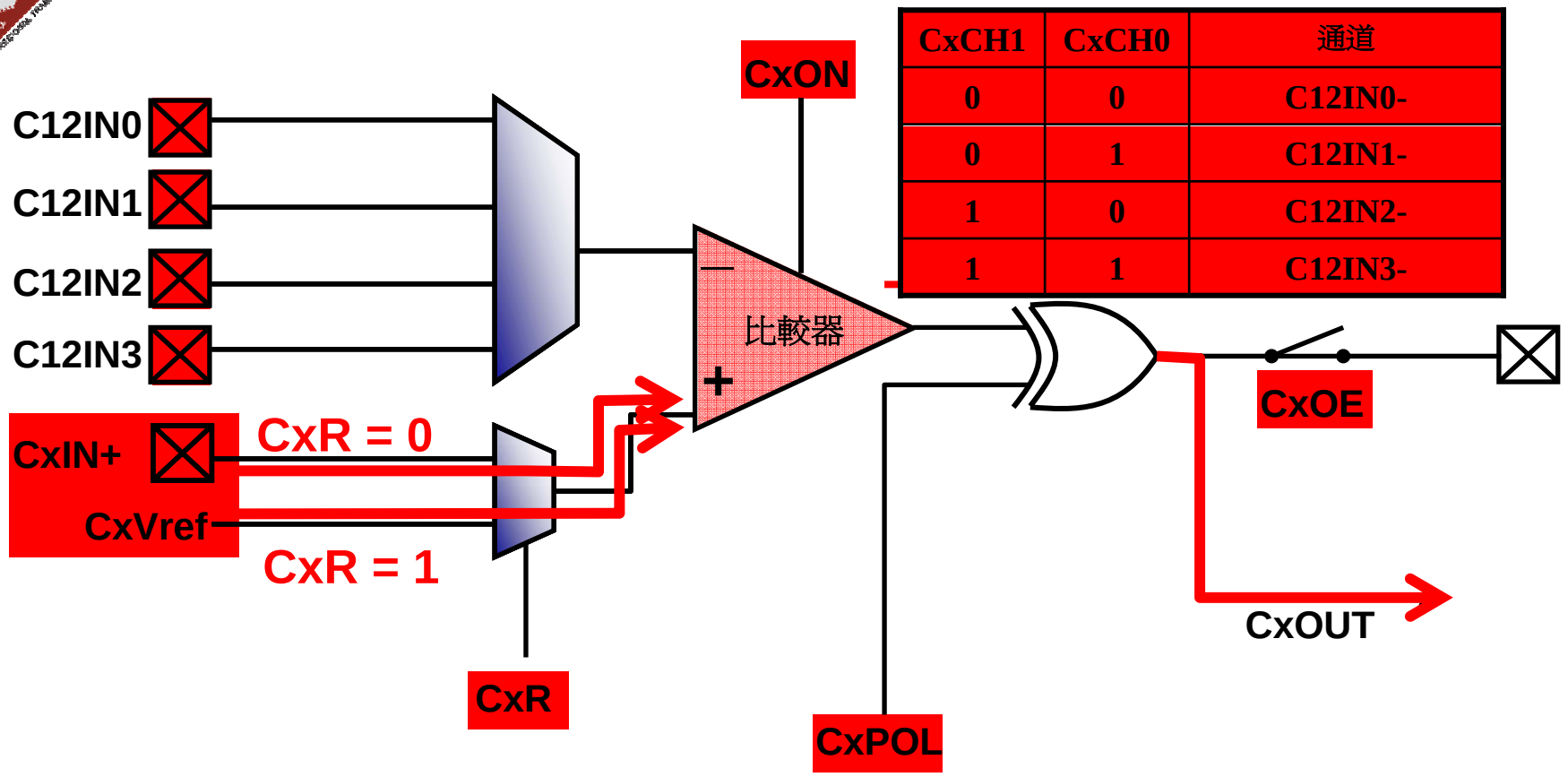




比較器模組暫存器

- 每個比較器（**C1**和**C2**）都有自己的控制暫存器
  - **CM1CON0** 和 **CM2CON0**
  - 比較器 **2** 還有一個 **CM2CON1**，用於與 **Timer1** 的連接
  - **CMxCON0** 暫存器控制以下操作
    - 啓動
    - 輸入選擇
    - 參考電壓選擇
    - 輸出選擇
    - 輸出極性

比較器簡化後方塊圖



CxCH1	CxCH0	通道
0	0	C12IN0-
0	1	C12IN1-
1	0	C12IN2-
1	1	C12IN3-

CxON	CxOUT	CxOE	CxPOL	---	CxR	CxCH1	CxCH2

比較器模組暫存器 CM2CON1

MC1OUT	MC2OUT	C1RSEL	C2RSEL	---	---	T1GSS	C2SYNC

位元	功能
MC1OUT	C1OUT位元的鏡像拷貝
MC2OUT	C2OUT位元的鏡像拷貝
C1RSEL	1 = CVREF 連接到比較器C1的 C1VREF 輸入端 0 = 0.6V絕對參考電壓連接到 C1VREF
C2RSEL	1 = CVREF連接到比較器C2的 C2VREF 輸入端 0 = 0.6V絕對參考電壓連接到 C2VREF
T1GSS	0 = 在比較器輸出時，Timer1 遞增； 1 = 計時器閘控信號隨着外部接脚上的輸入頻率遞增
C2SYNC	1 = 比較器 2 輸出與 Timer1 時脈的下降緣同步 0 = 比較器輸出採非同步方式

同時讀兩個比較器

比較器中斷

- 比較器中斷旗標 **PIR2** 暫存器中的 **(C1IF / C2IF**）
  - 相關比較器的輸出產生任何變化時設爲 **1**
  - **PIE2**中的**C1IE/C2IE**以及**INTCON**中的**PEIE** 和 **GIE** 必須設爲 **1**
  - 中斷旗標必須用軟體方式清零，以致能後面的比較器中斷
    - 在清除**C1IF**或**C2IF**旗標之前必須先讀取比較器以清除旗標。

比較器和休眠模式

- 如果在執行**SLEEP**指令之前啓動了比較器，比較器將在休眠模式下繼續工作
- 比較器輸出電位的變化將喚醒 **PIC** 微控器
- **C1IE/C2IE（PIE2）和 PEIE（INTCON）必須設 1**
  - 喚醒時執行**SLEEP**指令後的下一條指令或 **ISR**（如果有致能中斷）
  - 致能 **GIE （INTCON）轉而執行 ISR**

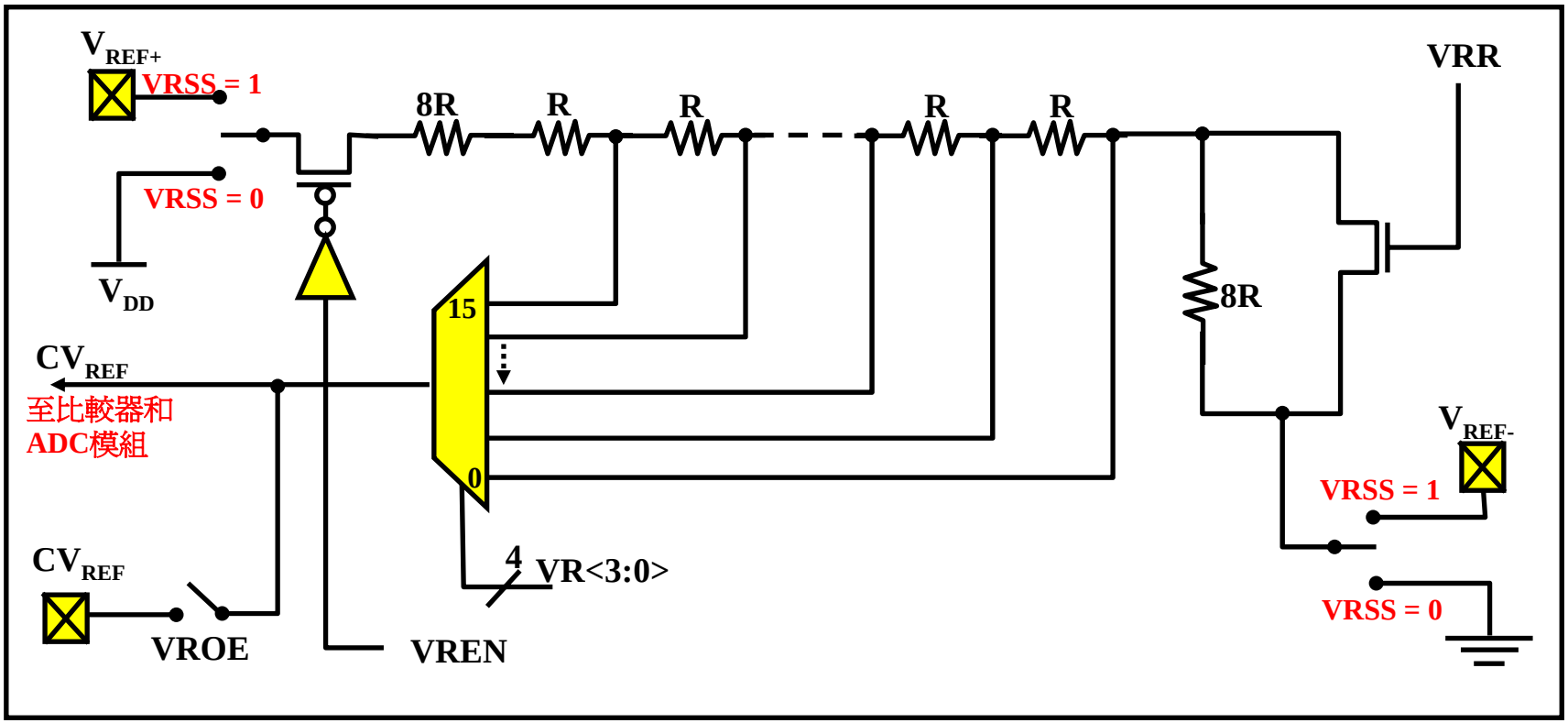
- 任何重置將關閉比較器，使得所有暫存器回到內定的初始狀態

比較器參考電壓

- 參考電壓模組：
  - 獨立於比較器操作
  - 提供兩個具有**16** 種電壓選擇的電壓範圍
  - 輸出電壓被限制到 **Vss**
  - 提供與**Vdd** 成比例的電壓
  - 固定參考電壓輸出（**0.6V**）

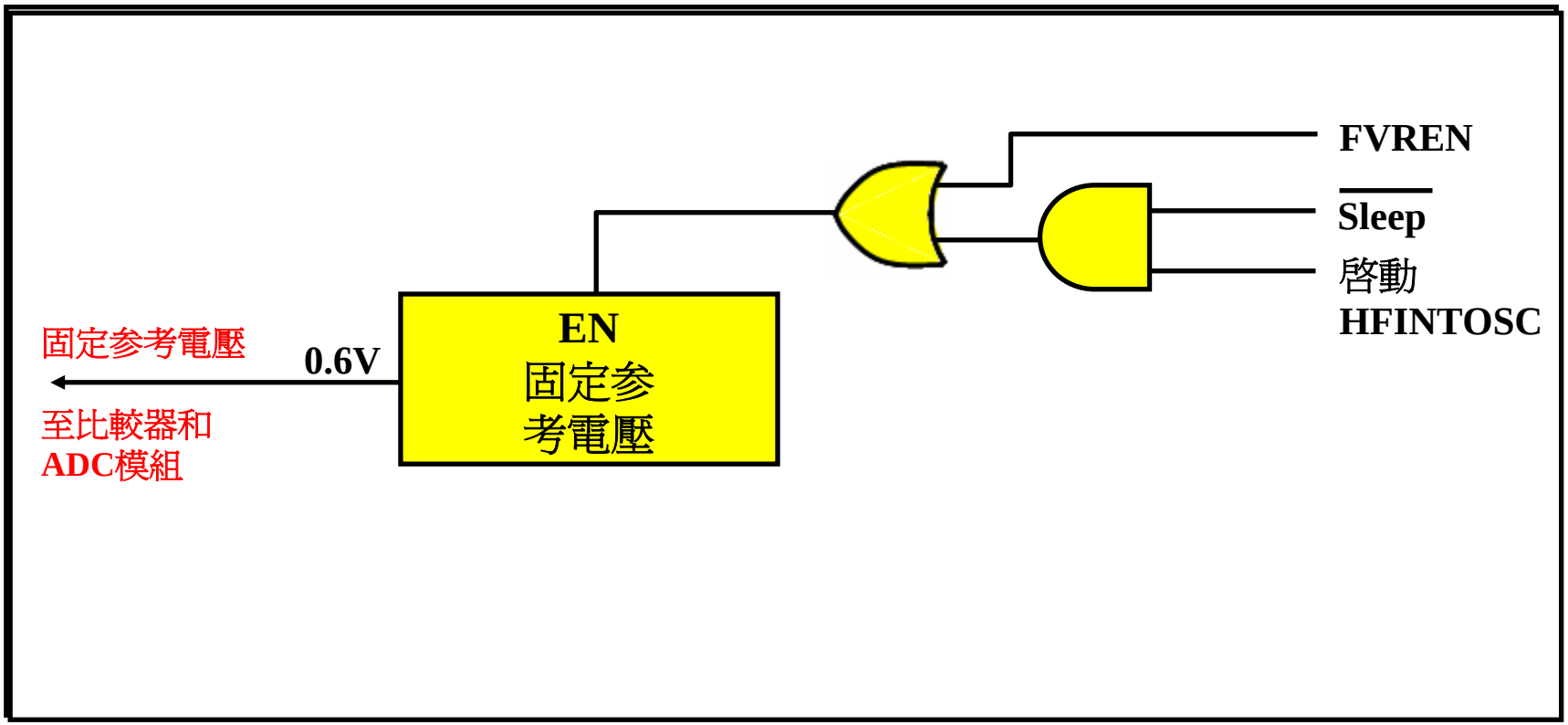
比較器參考電壓

- 參考電壓模組：



比較器參考電壓

- 參考電壓模組：



參考電壓控制暫存器（VRCON）

VREN	VROE	VRR	VRSS	VR3	VR2	VR1	VR0

位元	功能
VREN	比較器1 參考電壓啓動位， 1 = 啓動
VROE	比較器 2 參考電壓啓動位元 1 = CVref 電壓也是 RA2/AN2/V_{REF}/C2IN+ 接腳的輸出 0 = CVref 電壓與 RA2/AN2/V_{REF}/C2IN+ 接腳斷開
VRR	CVref範圍選擇位元 1 = 低電壓範圍 0 = 高電壓範圍
VRSS	範圍選擇位元 1 = 比較器參考電壓源，CVrsrc = (Vref+) – (Vref-) 0 = 比較器參考電壓源， CVrsrc = Vdd - Vss
VR<3:0>	CVref 值選擇位元

參考電壓控制暫存器（VRCON）

VREN	VROE	VRR	VRSS	VR3	VR2	VR1	VR0

若**VRR = 1**或選擇了低電壓範圍：

CVref = (VR<3:0>/24) x Vdd

或

若**VRR = 0** 或選擇了高電壓範圍：

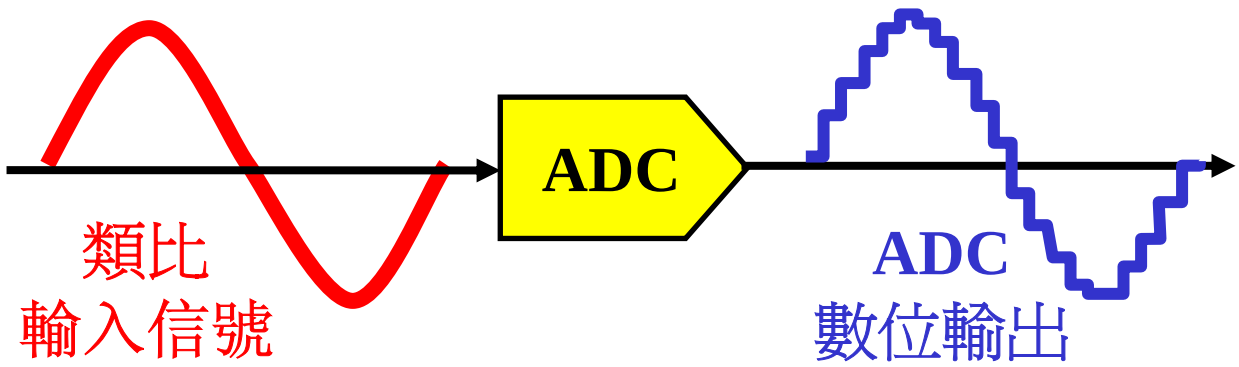
CVref = Vdd/4 + (VR<3:0>/32) x Vdd


HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

類比轉換器
（ADC）

ADC 概述

- 類比轉換器模組
  - 將類比輸入信號轉換爲8或10位二進制值
  - 可選的內部或外部參考電壓
  - 轉換完成後可以產生中斷
  - 中斷可用於將**PIC**微控器從休眠模式喚醒



ADC 暫存器

- ADC實現兩個控制暫存器
  - ADCON0和ADCON1

ADCON0

ADCS1	ADCS2	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{\text{DONE}}$	ADON

位元	功能
ADCSx位	A/D 轉換時脈選擇位元 00 = Fosc/2，01 = Fosc/8，10 = Fosc/32， 11 = FRC （內部 RC 振盪器）
CHSx位	類比通道選擇位元
GO/$\overline{\text{DONE}}$	1 = A/D 轉換正在進行 0 = A/D 轉換完成
ADON	啓動 ADC 模組

ADC暫存器

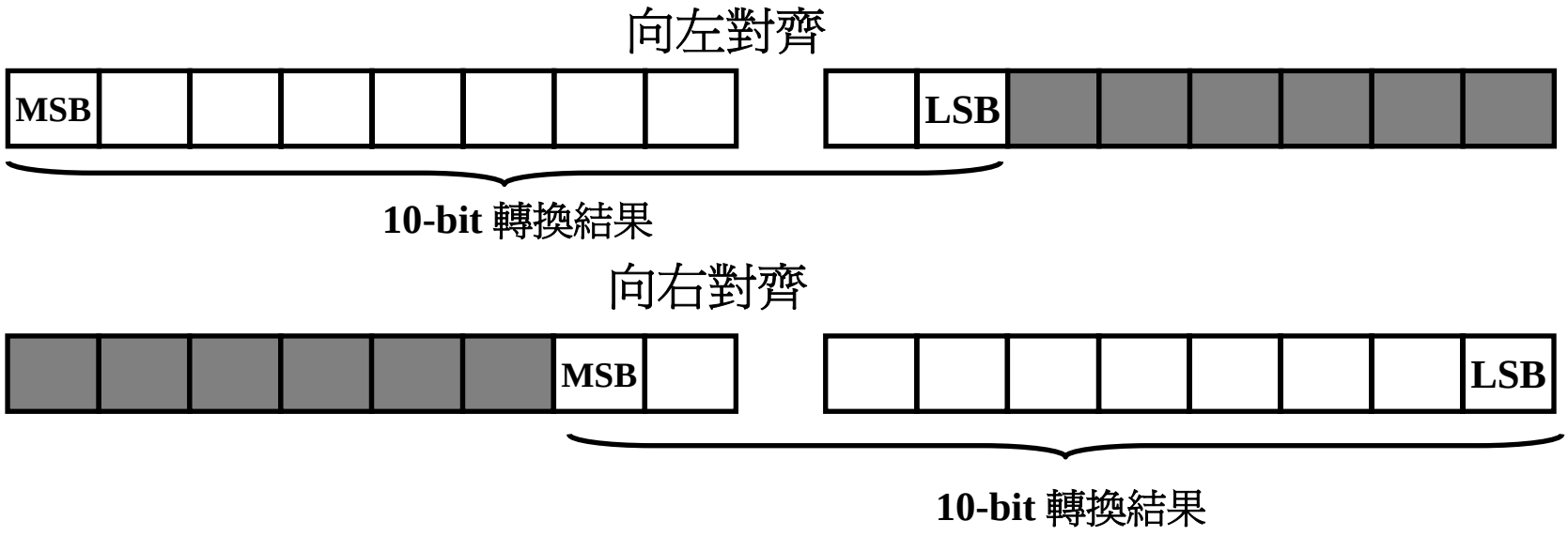
ADCON1

ADFM	---	VCFG1	VCFG0	---	---	---	---

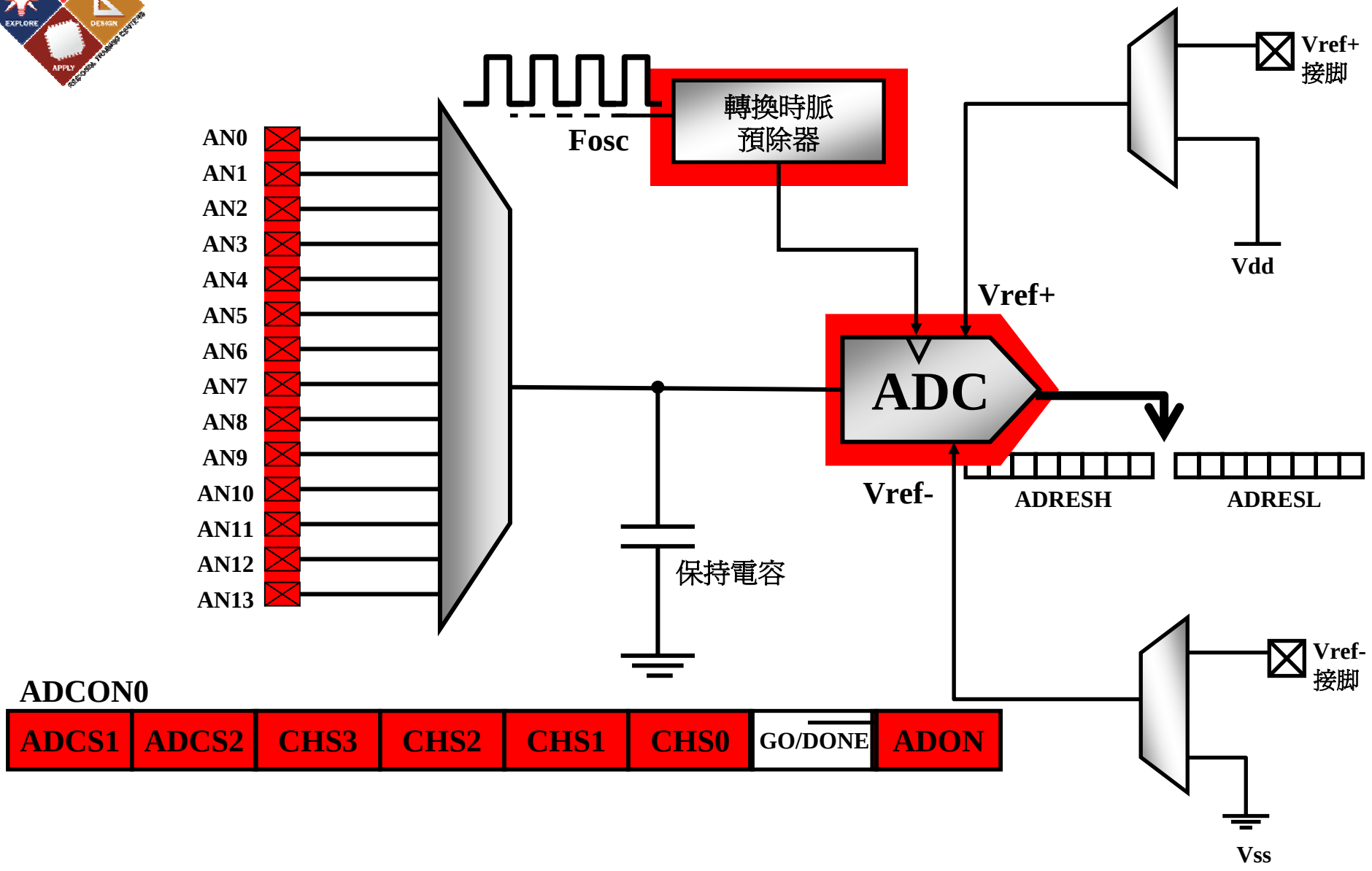
位元	功能
ADFM	轉換結果暫存器對齊方式位 **1** = 向右對齊， **0** = 向左對齊
VCFG1	負參考電壓 **1** = 來自**Vref-**接腳的外部電壓源， **0** = **Vss**
VCFG0	正參考電壓 **1** = 來自**Vref+**接腳的外部電壓源， **0** = **Vdd**

ADC 暫存器

- 轉換完成後，**ADC** 轉換結果被放到個結果暫存器 **ADRESH** 和 **ADRESL**中
- **10-bit ADC** 轉換結果可以向左對齊也可向右對齊

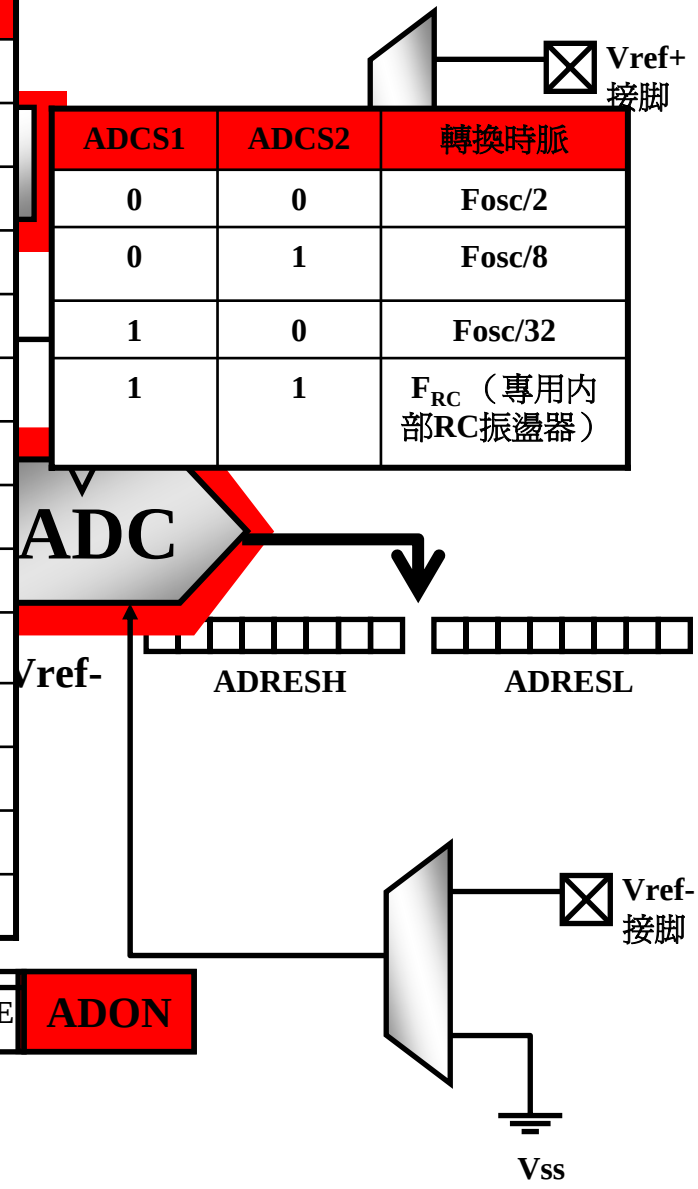


A/D模組方塊圖



A/D模組方塊圖

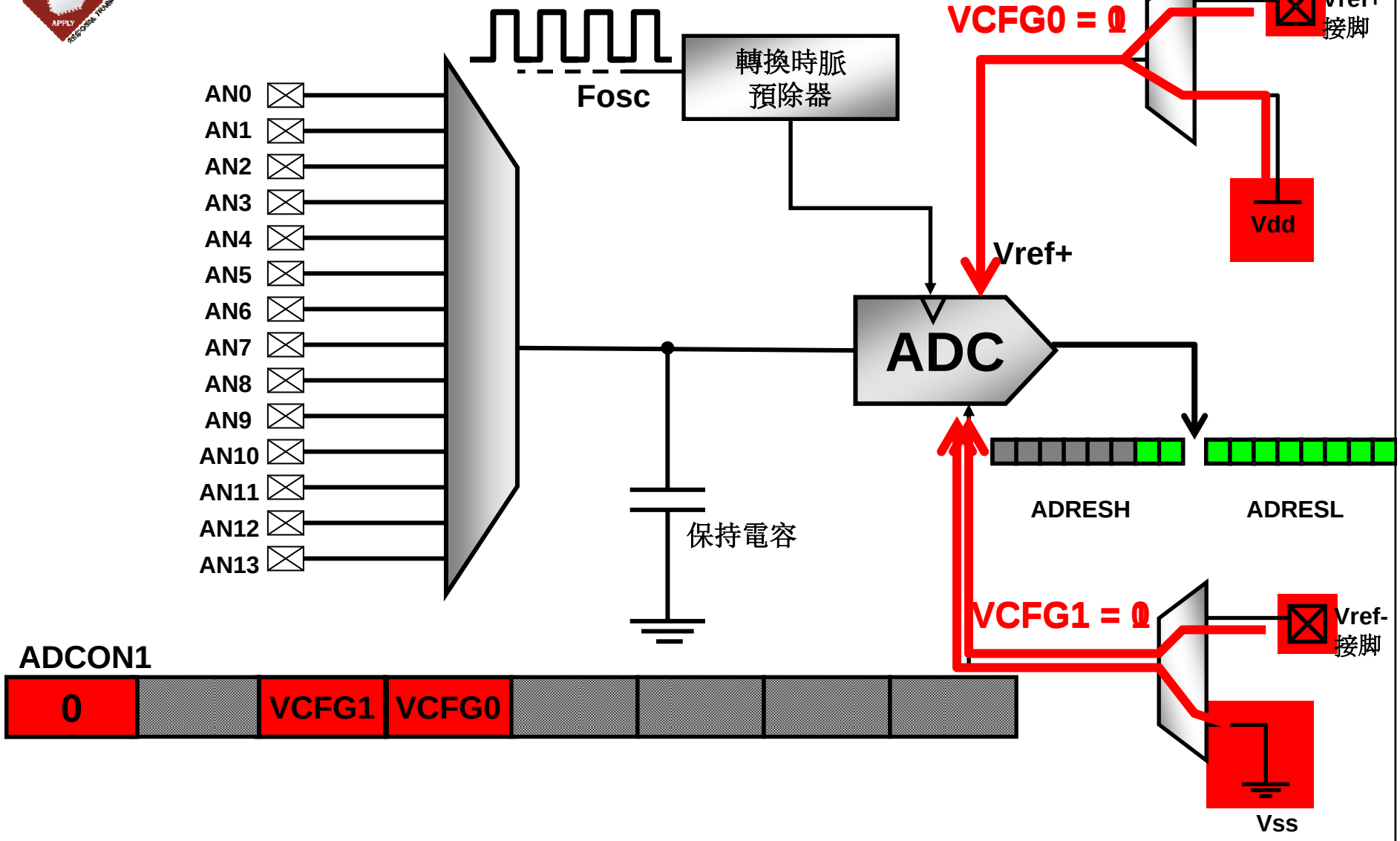
CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	通道
0	0	0	0	AN0
0	0	0	1	AN1
0	0	1	0	AN2
0	0	1	1	AN3
0	1	0	0	AN4
0	1	0	1	AN5
0	1	1	0	AN6
0	1	1	1	AN7
1	0	0	0	AN8
1	0	0	1	AN9
1	0	1	0	AN10
1	0	1	1	AN11
1	1	0	0	AN12
1	1	0	1	AN13



ADCON0

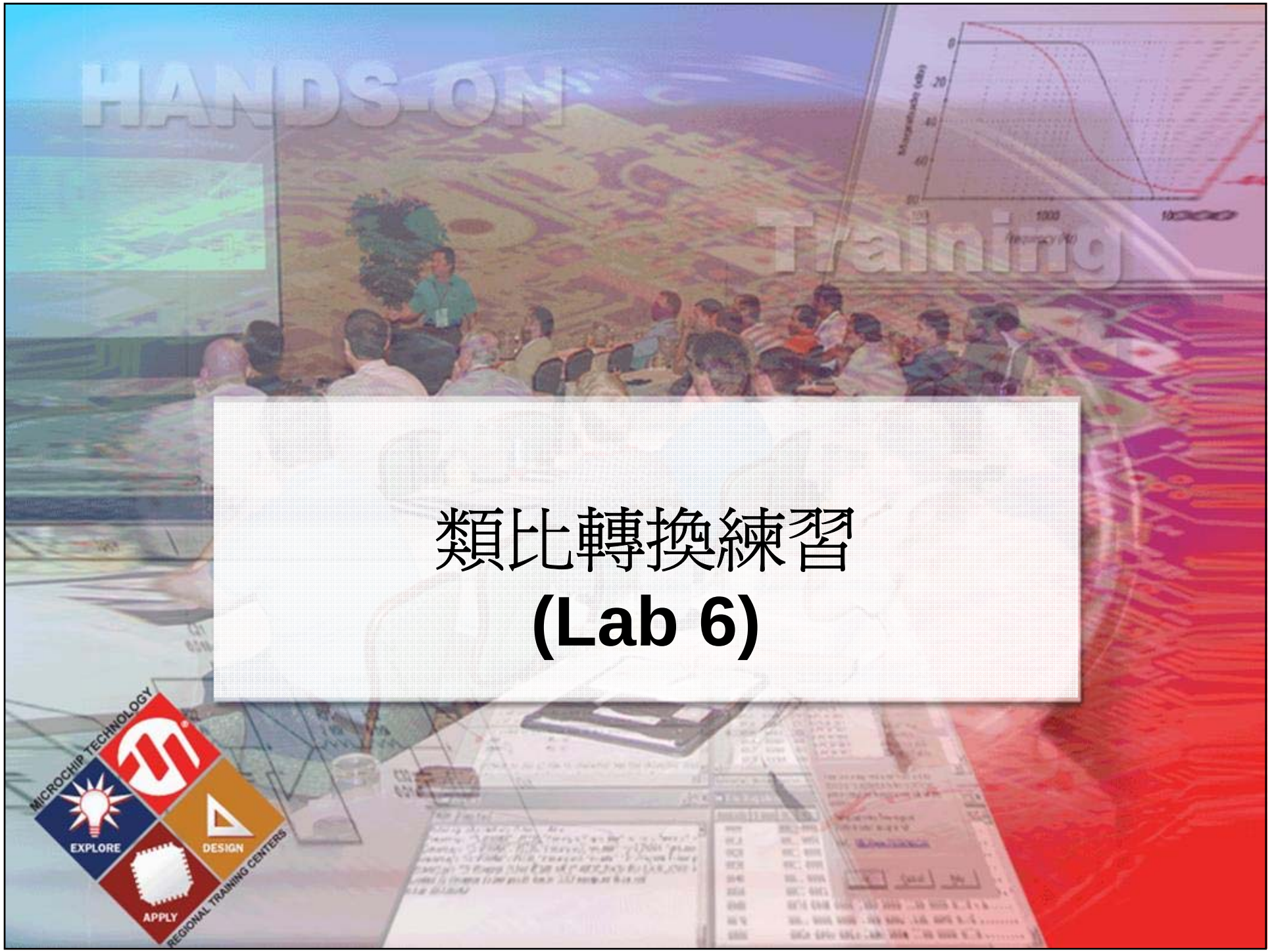
ADCS1	ADCS2	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON

A/D模組方塊圖



ADC 時序注意事項

- 選擇了一個類比轉換通道時，必須花費一定的時間使保持電容充電
- 所有 **10-bit** 轉換的完成需要 **11** 個周期
- 用户必須根據系統的頻率選擇適當的 **ADC** 的工作時脈 **(Tad)**


HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

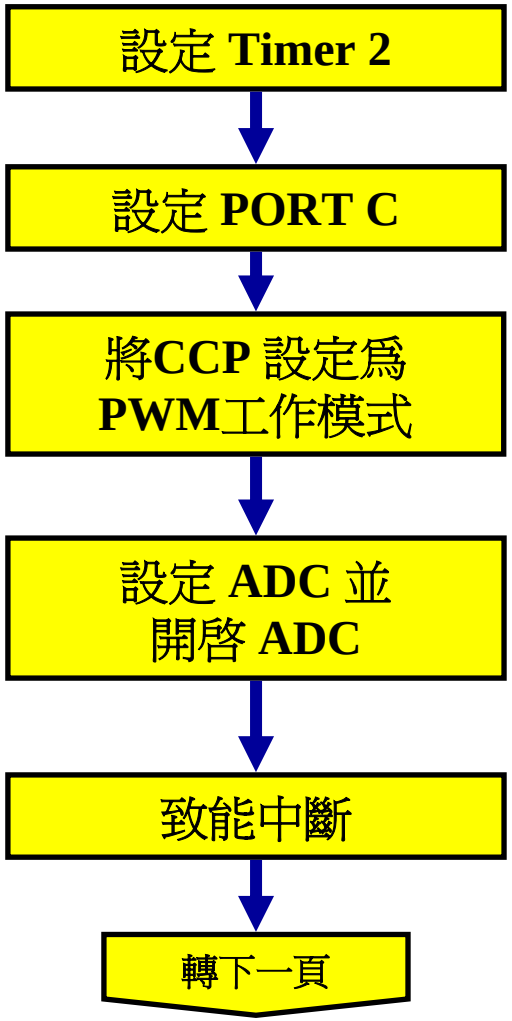
類比轉換練習
(Lab 6)

類比轉換器練習

- 本練習將使您熟悉以下操作：
  - 設定ADC模組
  - 從“主”程式而非中斷向量對周邊進行操作
  - 使用從一個周邊（ ADC ）讀到的值來驅動另一個周邊（ PWM 模式下的 ECCP ）

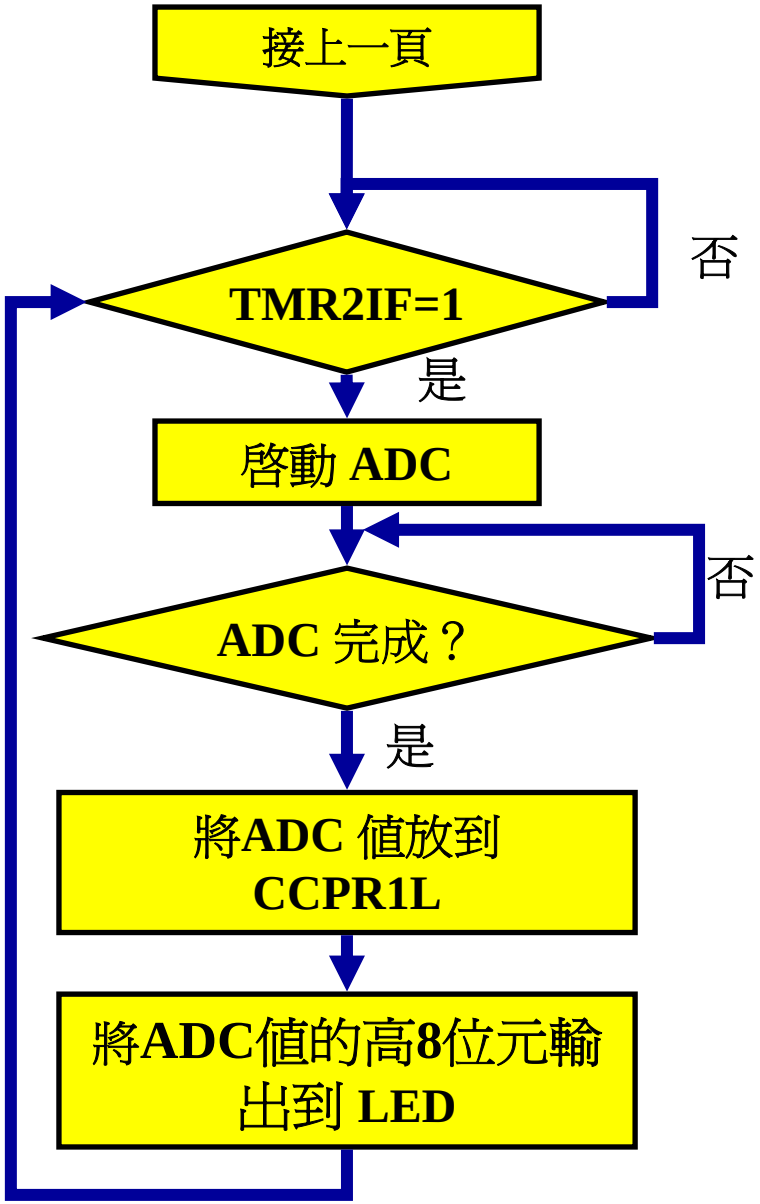
ADC 練習六概述

主程式



ADC 練習六概述 （續）

主迴圈



練習六細節

- 完成項目C:\RTC\201_ASP\Lab6-ADC 中程式的以下部分
  - 設定ADC以向左對齊的值返回到 ADRESH
  - 將 Tad 設置爲 Tosc*8
  - 開啓 ADC 模組
  - 完成此程式以啓動 ADC，並在主控制循環中等待轉換結束

需要了解的內容

- 本練習不使用中斷方式執行ADC轉換，而是使用查詢方法。
- 將ADC轉換的結果值寫入CCPR1L 將更改蜂鳴器的脈衝寬度
- 使用ADCON1和ADCON0 特殊功能暫存器完成本練習

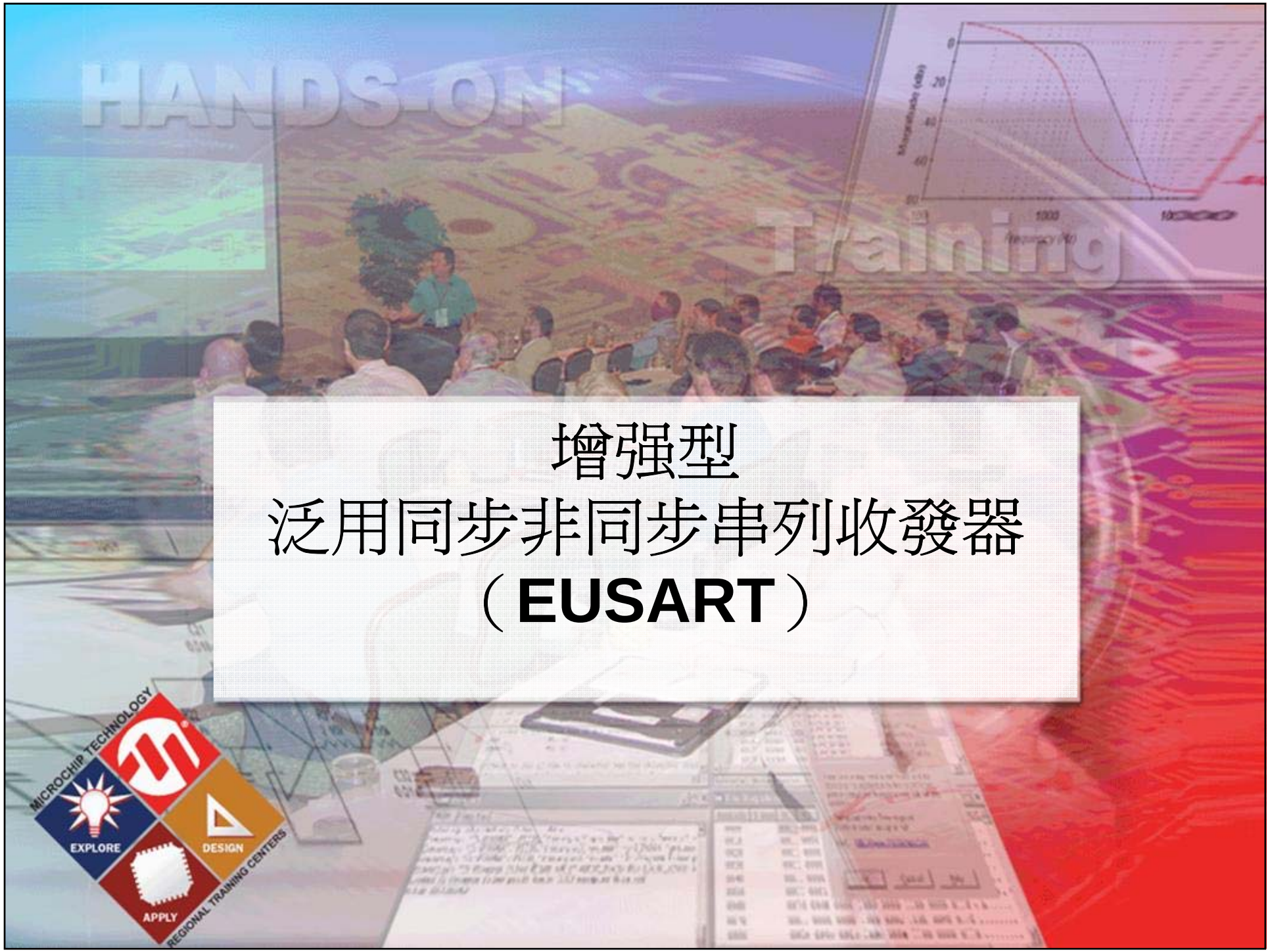
ADC 練習六解答

```
;*******************************************************************************
;
;       Configure ADC ,  Channel 0, left justified, Tad=8 * Tosc, turn on ADC
;*******************************************************************************
;
        clrf    ADCON0          ; esnure default Channel is set to channel 0
        bsf     ADCON0,ADCS1    ; set Tad = 8 Tosc
        bsf     ADCON0,ADON     ; turn on ADC unit
        bsf     STATUS,RP0      ; go to bank1
        movlw   0x0E            ; Left Justify and set configuration
        movwf   ADCON1
;
; Enable Timer 2 interrupts, Peripheral Interrupts and Global Interrupts
;
        bsf     PIE1,TMR2IE
        bsf     INTCON,GIE
        bsf     INTCON,PEIE
        bcf     STATUS,RP0      ; return to bank 0
loop
;
;*******************************************************************************
; add three lines of code to start the ADC conversion and wait for the conversion
; to complete
;*******************************************************************************
        bsf     ADCON0,GO       ; start A-to-D conversion on channel 0
        btfsc   ADCON0,GO         ; Is the conversion done?
        goto    $-1             ;   No: Check again
```

ADC 練習六問與答

問： 不在主程式中等待 TMR2IF 被設爲 1，能否從中斷副程式中啓動 ADC 轉換？

答：可以



增强型
泛用同步非同步串列收發器
（EUSART）

EUSART 概述

- 串列式 **I/O** 通信周邊
  - 有時也稱爲 **“串列通信介面”** 或 **SCI**
- 主要功能：
  - 同步或非同步模式
  - 可以接收或發送
    - 全雙工非同步發送和接收 **(UART)**
    - 半雙工同步主模式和從模式
- 最常使用
  - **RS-232** 與 **PC** 串列端通信
    - 需要用 **RS-232** 電位轉換的驅動器 **(Max232)**
- 增加 **LIN Bus** 介面
- 非同步接收自動速率偵測功能

EUSART 暫存器

- **EUSART** 所使用的暫存器：
  - 速率產生暫存器：
    - **SPBRG** 和 **SPBRGH**
  - 發送狀態和控制暫存器（**TXSTA**）
  - 接收狀態和控制暫存器（**RCSTA**）
  - 接收和發送資料暫存器
    - 發送資料暫存器（**TXREG**）
    - 接收資料暫存器（**RCREG**）

TXSTA暫存器

CSRC	TX9	TXEN	SYNC	SENB	BRGH	TRMT	TX9D

位元	功能
CSRC	時鐘源選擇位 1 = 主模式（由內部 BRG產生時鐘信號） 0 = 從模式（由外部時鐘源產生時鐘信號）
TX9	第9位發送啟動位
TXEN	1 = 發送啟動
SYNC	EUSART模式， 1 = 同步模式， 0 = 非同模式
SENB	1 = 發送同步間隔字符位 0 = 同步間隔字符發送完成
BRGH	速率選擇位，1 = 高速， 0 = 低速
TRMT	1 = 發送移位暫存器（TSR）為空， 0 = TSR滿 指示最後一位何時移出
TX9D	發送資料的第9位元

RCSTA 暫存器

SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D

位元	功能
SPEN	串列訊界面啓動位元 **1 = 啓動串列介面（將RX/DT和TX/CK接腳設定爲串列介面接腳）** **0 = 關閉串列介面（保持在重置狀態）**
RX9	**1 = 啓動 9-bit 資料接收， 0 = 8-bit 資料**
SREN	同步模式 – 主模式， **1 = 啓動， 0 = 禁止單位元組接收**
CREN	連續接收啓動位元
ADDEN	**1 = 啓動 9-bit Address 檢測 (致能中斷並在RSR<9> =1 時裝載入接收緩衝器）**
FERR	**1 = 發生Frame 錯誤（未檢測到 Stop Bit）**
OERR	**1 = 發生溢位錯誤 (接收資料發生重疊的現象)**
RX9D	接收資料的第 **9-bit**

速率控制暫存器（BAUDCTL）

ABDOVF	RCIDL	----	SCKP	BRG16	----	WUE	ABDEN

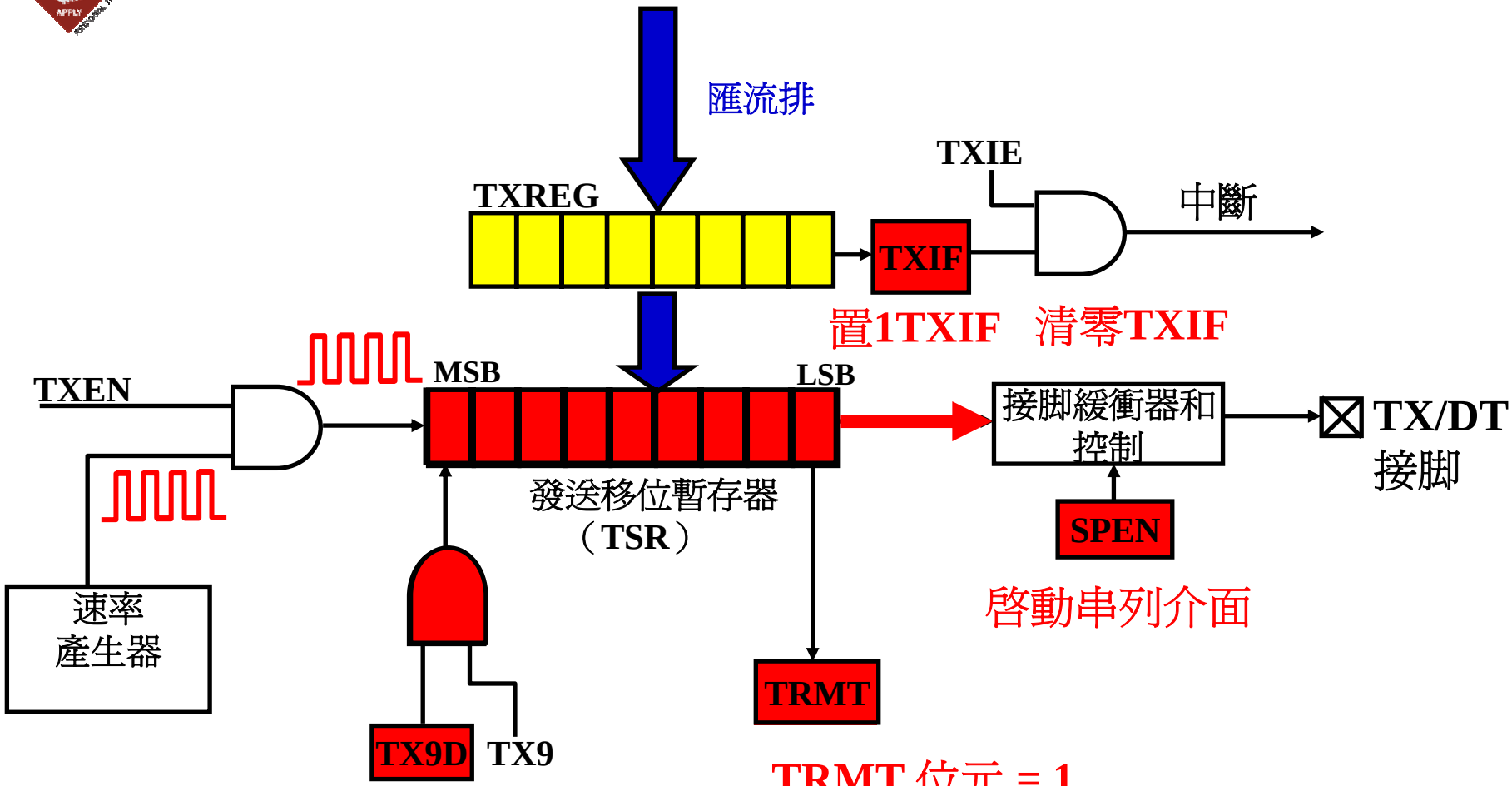
位元	功能
ABDOVF	自動速率檢測溢位（僅用於非同步模式） **1** = 自動速率計時器發生溢位
RCIDL	接收器空閒旗標，**1** = 接收器空閒中， **0** = 接收到了起始位，接收器正在接收
SCKP	同步時序極性位元 非同步模式： **1** = 將取**1's** 補數後的資料發送到**RB7/TX/CK**接腳 同步模式：**1** = 在時脈的上升緣傳輸資料 **0** = 在時脈的下降緣傳輸資料
BRG16	**16-bit** 速率發生器 **1** = 選擇**16-bit BRG**，**0** = 選擇 **8-bit BRG**
WUE	喚醒啓動位元（僅用於非同步模式）
ABDEN	自動速率檢測啓動位元，**1** = 啓動 在休眠模式下，當第 **9** 位元被設爲 **1** 時，進行檢測

速率公式

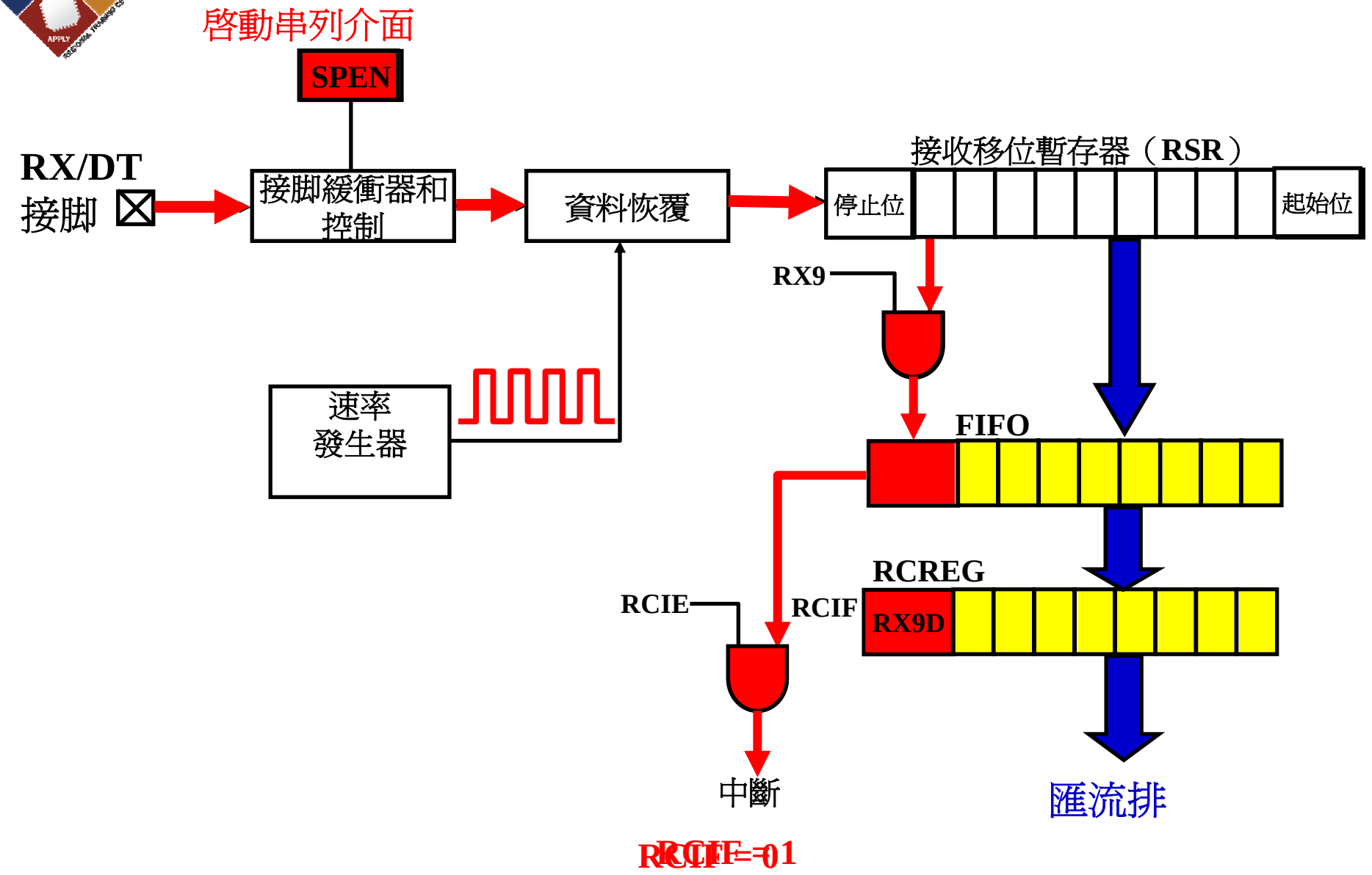
設定位元			BRG/ EUSART 模式	速率公式
SYNC（TXSTA）	BRG16（BAUDCTL）	BRGH（TXSTA）		
0	0	0	8-bit /非同	Fosc/[64 (n+1)]
0	0	1	8-bit /非同	Fosc/[16 (n+1)]
0	1	0	16-bit /非同	
0	1	1	16-bit /同步	Fosc/[4 (n+1)]
1	0	X	8-bit /同步	
1	1	X	16-bit /同步	

***n = SPBRGH:SPBRG 暫存器對的值**

發送端方塊圖



接收端方塊圖



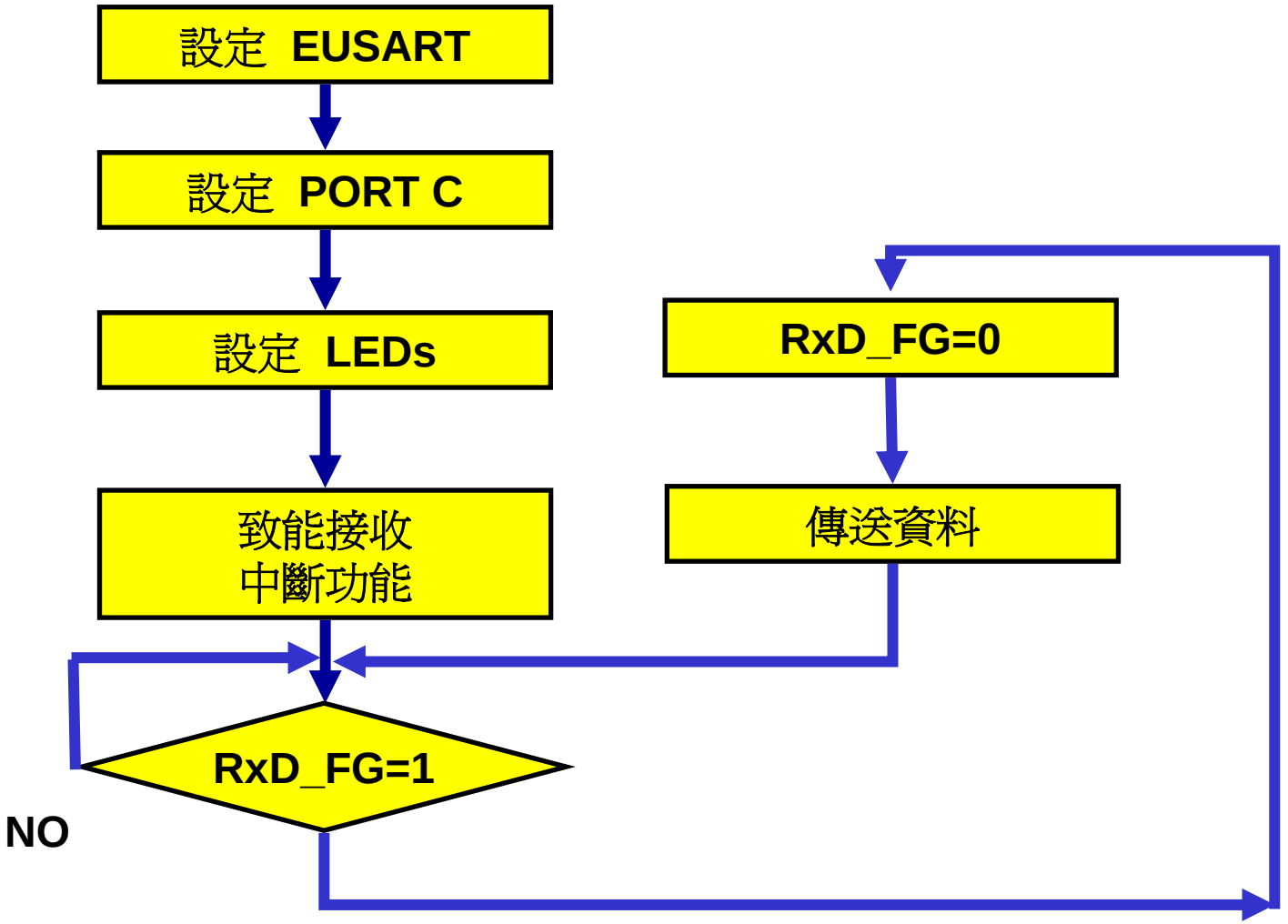

HANDS-ON
Training
EUSART 接收與發送
(Lab7)
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

EUSART 實驗七

- 本實驗可以讓你了解：
  - 設定 EUSART 模組工作於 9600,N,8,1
  - 利用接收中斷服務副程式的方式，接收終端機透過 RS-232 所傳送的資料
  - 主程式在主迴圈等待 ”接收旗號” 被設置後傳送資料到 EUSART

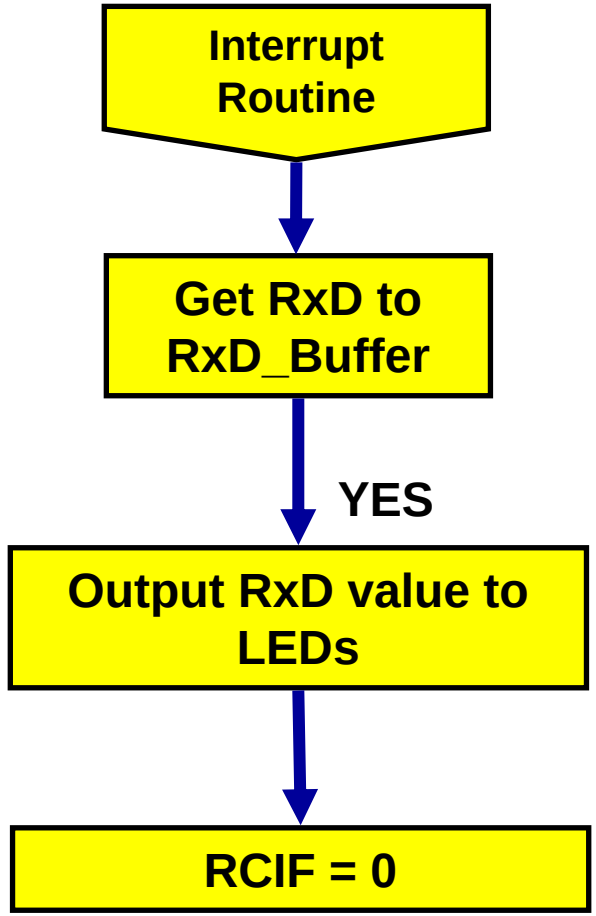
USART 實驗七 主程式流程

主程式



USART 實驗七 中斷程式流程

接收中斷副程式



Lab7 說明

- 本實驗的程式方在以下的目錄：
  C:\RTC\201_ASP\Lab7-EUSART
  - 設定 USART 在非同步模式
    - 9600 bps, None Parity Check, 8-bit Data, 1 Stop bit
    - 4MHz/16/(25+1) =9615 bps ，SPBRG = 25
  - Set PORTC for TxD & RxD
  - Set PORTD for LEDs output
  - Turn on USART module
  - RS-232 資料接收採中斷方式，接收後再交由主程式傳送到 RS-232

必須了解的是

- 接收採用中斷方式來達成即時接收，以取代 polling 的方法
- 中斷裡使用設定 real-time flag 的方式通知主程式處理事件
- 設定標準的 RS-232 通訊協定
- 使用 PC 標準的串列通訊介面 COMx 配合超級終端機 (Hyper-Terminal) 的軟體來驗證

USART 實驗七解答

```
;*********************************************************************
;****                Initial USART as 9600,N,8,1
;*********************************************************************
Init_USART
    banksel     BAUDCTL             ; Bank 3
    movlw       b'00000000'         ; disable Auto-Baud Detect, TxD is RC6, BRG = 8-bit
    movwf       BAUDCTL

    banksel     TXSTA               ; ### Bank 1
    movlw       b'00100100'         ; ### 8-bit data mode , ASYNC
    movwf       TXSTA               ; ### High Speed mode, Enable TxD
;
    movlw       .25                 ; ### Set baud rate at 9600 with High Speed mode
    movwf       SPBRG               ; ### System Clock are 4MHz using internal RC

    bcf         PIE1,TXIE           ; ### Disable TxD interrupt
    bsf         PIE1,RCIE           ; ### Enable RxD interrupt

    bsf         TRISC,7             ; ### set input for RC7, RxD receiving pin
    bcf         TRISC,6             ; ### set output for RC6, TxD pin

    banksel     0
    movlw       b'10010000'         ; ### Enable Serial Port, 8-bit receive
    movwf       RCSTA               ; ### Continuous Receive, Disable Address Detection
;
    bcf         PIR1,TXIF           ; Clear TxD interrupt flag;
    bcf         PIR1,RCIF           ; Clear RxD interrupt flag

;
    bsf         INTCON,PEIE
    bsf         INTCON,GIE
```

USART 實驗七問與答

問：在本實驗中傳送資料在主程式下完成，可否利用中斷副程式發送資料呢?

答：可以

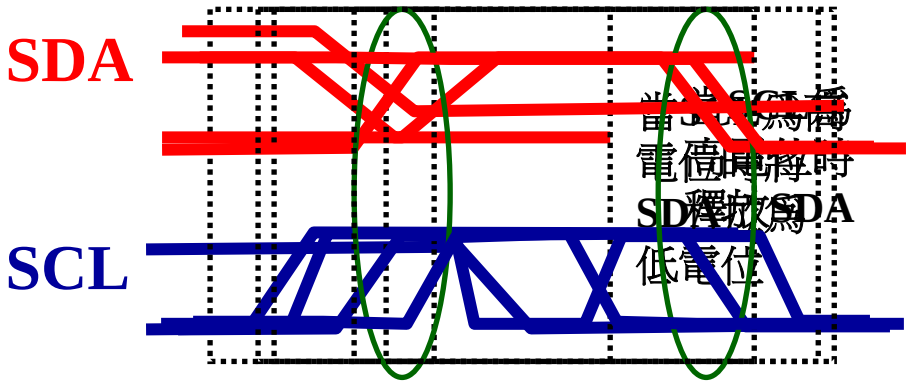
主同步串列介面（**MSSP**）模組

概述

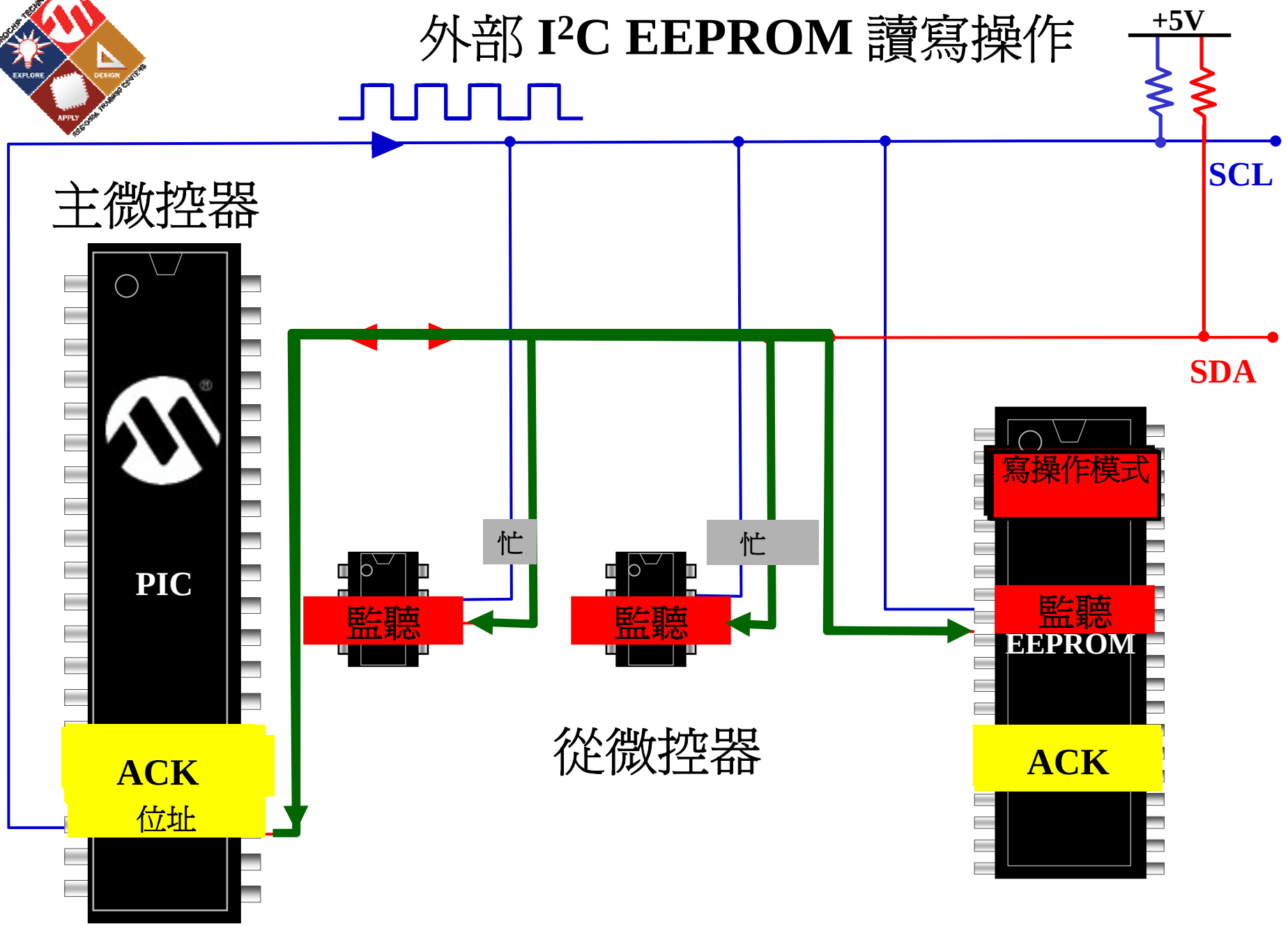
- MSSP 模組有以下兩種工作模式：
  - 串列周邊介面（SPI）
  - I^2C^{TM}
    - 完全主(Master)模式
    - 從(Slave)模式（帶有廣播地址呼叫）
- I^2C 介面通過硬體可以支援以下模式：
  - 主模式 (Master Mode)
  - 多主機模式 (Multi-Master Mode)
  - 從模式 (Slave Mode)

I²C 訊號條件

- 條件：
  - 啟動（S）
  - 停止（P）
  - 應答（A）
  - 重覆啟動（R）
  - 否定或無應答（N）



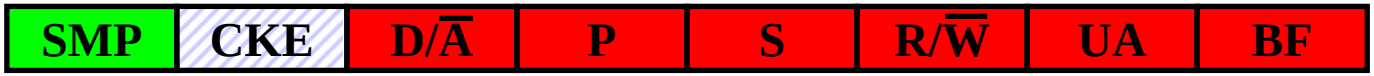
外部 I²C EEPROM 讀寫操作



MSSP 控制暫存器 (一)

- 有3 個相關的控制暫存器

1. MSSP 狀態暫存器（SSPSTAT）



控制位元　　檢測位元（旗標）

位元	功能
SMP	斜率控制位元
CKE	**I^2C 模式下不使用**
D/$\overline{A}$	**Rx/Tx的最後一個位元組是資料還是地址**
P	檢測到停止條件
S	檢測到啓動條件
R/$\overline{W}$	從微控器：讀/寫或主微控器 = 正在發送
UA	地址需要更新
BF	**SSPBUF暫存器滿**

MSSP 控制暫存器(二)

2. MSSP控制暫存器1（SSPCON）

WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0

控制位元　　錯誤檢測位元（FLAGS）

位元	功能
WCOL	檢測到寫入衝突
SSPOV	接收緩衝器 SSPBUF 發生資料覆蓋
SSPEN	啓動 MSSP 模組
CKP	在 Slave Mode： = 0, SCK 拉 Low ; = 1 時，致能SCK
SSPM3	工作模式選擇位元
SSPM2	
SSPM1	
SSPM0	

MSSP 控制暫存器(二)

SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	模式
0	0	0	0	SPI主模式，時鐘 = FOSC/4
0	0	0	1	SPI主模式，時鐘 = FOSC/16
0	0	1	0	SPI主模式，時鐘 = FOSC/64
0	0	1	1	SPI主模式，時鐘 = TMR2輸出/2
0	1	0	0	SPI從模式，時鐘 = SCK接腳，啓動SS接腳控制
0	1	0	1	SPI從模式，時鐘 = SCK接腳，禁止SS接腳控制，SS可用作 I/O 接腳
0	1	1	0	I2C從模式，7-bit Address Mode
0	1	1	1	I2C從模式， 10-bit Address Mode
1	0	0	0	I2C主模式，時鐘 = FOSC / (4 * (SSPADD+1))
1	0	0	1	保留
1	0	1	0	保留
1	0	1	1	I2C 固件控制的主模式（從微控器空閒）
1	1	0	0	保留
1	1	0	1	保留
1	1	1	0	I2C從模式，7-bit Address，並致能起始位元和停止位元中斷
1	1	1	1	I2C 從模式，10-bit Address，並致能起始位元和停止位元中斷

MSSP 控制暫存器 (三)

3. MSSP 控制暫存器 2 （SSPCON2）

GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN

控制位元　　檢測位元（旗標）

位元	功能
GCEN	接收到共用位址時(0x00)產生中斷（從模式）
ACKSTAT	**0 =** 接收到來自從微控器的應答信號（發送模式）
ACKDT	**0 = ACK , 1 = NACK** （接收模式）
ACKEN	發出 **ACK/NACK** 條件（發送**ACKDT**位）
RCEN	啓動接收模式
PEN	發出停止條件
RSEN	發出重複啓動條件
SEN	發出啓動條件

與 I²C 相關的暫存器

4. **MSSP 接收/發送緩衝器（SSPBUF）**
   - 保存要發送的資料或**MSSP**模組接收到的資料
   - 緩衝器滿時， **SSPSTAT**暫存器中的 **BF (**緩衝器已滿）位原會設爲 **1**
   - 在發送/接收資料期間，忽略任何寫 **SSPBUF** 暫存器的操作，並且 **SSPCON** 暫存器中的寫入衝突檢測位 **WCOL**設爲 **1**

與 I²C 相關的暫存器

4. I²C Slave Address（SSPADD）：

- **Slave Mode：**
  - 設定 PIC 微控器的 I²C Slave Address
  - 與接收到的位址值進行比較
- **Master Mode：**
  - 用於計算 I²C 系統的時鐘速率（速率）

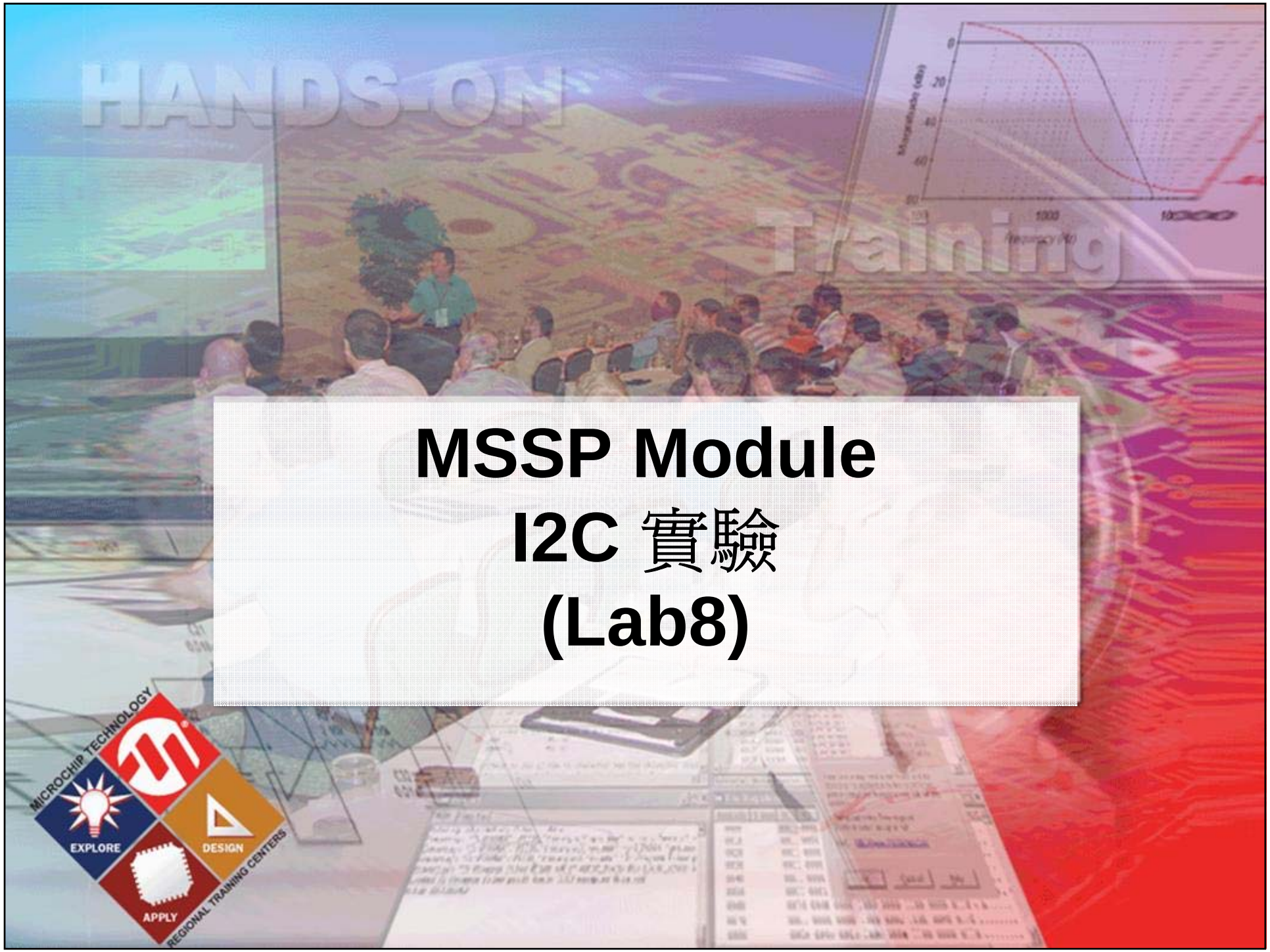
$$\text{速率} = \frac{Fosc}{4\times(SPADD+1)}$$

*注：Fosc 是振盪器頻率，而非指令週期 T_{CY}

MSSP 中斷

- 發生以下事件時，**PIR1**暫存器中的 **SSPIF** 中斷旗標會設 **1**
  - 啓動條件
  - 停止條件
  - 資料傳輸位元組已發送/已接收
  - 發送應答
  - 重覆啓動條件

當設定了 **PIE1<SSPIE>** 位元以及 **INTCON** 中的 **GIE** 和 **PEIE** 位元時，才會產生 **SSP** 的中斷。



MSSP Module
I2C 實驗
(Lab8)

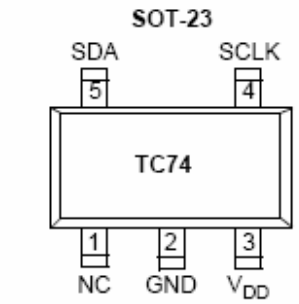
I²C 實驗八

- 本實驗可以讓你了解：
  - 設定 MSSP 模組工作於：
    - 7-bit I²C Master mode
    - 100KHz bus rate
  - 了解 **I²C** 的命令程序，一步接一步說明
  - 讀取 **I²C** 界面的溫度感應器 TC74 的溫度值後顯示在 LEDs

TC74 命令格式

Read Temperature I2C command from the TC74-A7

S	TC74 Addr	Wr	Ack	Read Temp. Command	Ack	R S	TC74 Addr	Rd	Ack	Temp. Data	NAck	P
	1001111	1	0	00000000	0		1001111	0	0	00010011	1	



TC74 Package

Actual Temperature	Registered Temperature	Binary Hex
+130.00°C	+127°C	0111 1111
+127.00°C	+127°C	0111 1111
+126.50°C	+126°C	0111 1110
+25.25°C	+25°C	0001 1001
+0.50°C	0°C	0000 0000
+0.25°C	0°C	0000 0000
0.00°C	0°C	0000 0000
-0.25°C	-1°C	1111 1111
-0.50°C	-1°C	1111 1111
-0.75°C	-1°C	1111 1111
-1.00°C	-1°C	1111 1111
-25.00°C	-25°C	1110 0111

實驗八說明

- 本實驗的程式方在以下的目錄：

  C:\RTC\201_ASP\Lab8-I2C

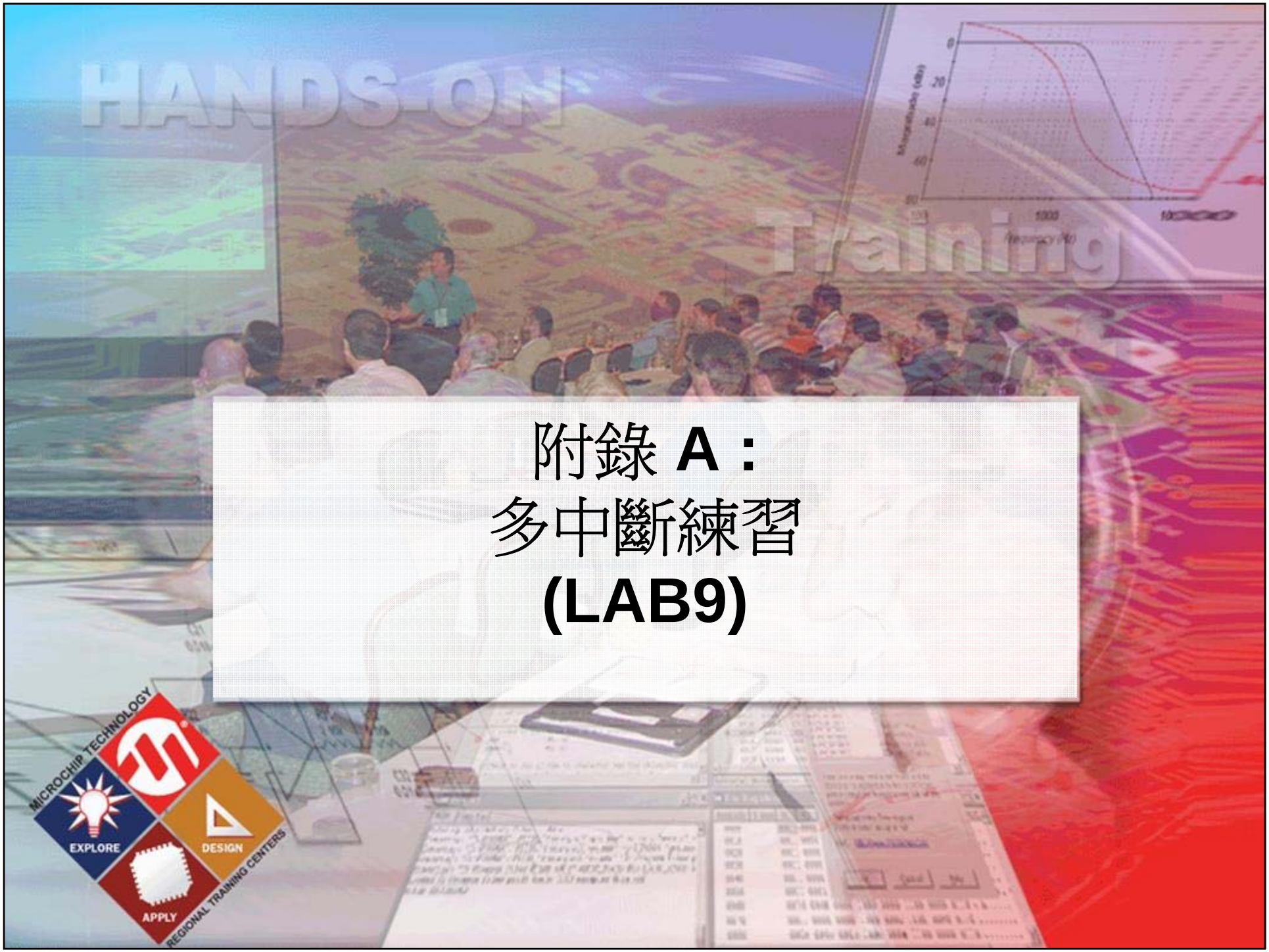
  - 設定 MSSP 模組工作於 7-bit I²C Master Mode
  - 設定 SCL & SDA 爲輸入腳位
  - 發送 I²C 讀取溫度的命令到 TC74-A7 以取的現在的溫度的值
  - 將溫度值顯示在 LEDs

需要了解的是

- 讀取溫度的命令類似於 I²C EEPROM (24LCxx) 的 Random Read Command
- 利用 SSPIF 來檢查每一動作的完成
- 是那一元件會送出 Ack/NAck 的訊息，誰該偵測此一訊號，如果沒有去偵測會怎樣?
- Bus Collision interrupt bit (BCLIF) 的處理

USART 實驗八解答

```
Init_I2C_Master
        BANKSEL  TRISC                  ; Initial PortC,bit 3 & 4 as Input
        bsf      SCL                    ; RC3 = SCL ,  RC4 = SDA
        nop
        bsf      SDA
;
       BANKSEL  0
        movlw    b'00101000' ; ### I2C Master Mode, Clock Rate: FOSC/(4*SSPADD+1)
        movwf    SSPCON                 ; ###
;
        banksel  SSPADD
       movlw     .9                     ; ### This gives 100KHz I2C clock @ 4MHz
        movwf    SSPADD                 ; ### (4MHz/4) / (9+1)= 100KHz
;
        movlw    b'10000000'            ; ### Disable slew rate control,
        movwf    SSPSTAT                ; ### and clear status bits
;
        movlw    b'00000000'            ; Set SCL,SDA into Ready status
        movwf    SSPCON2
;
        return
```



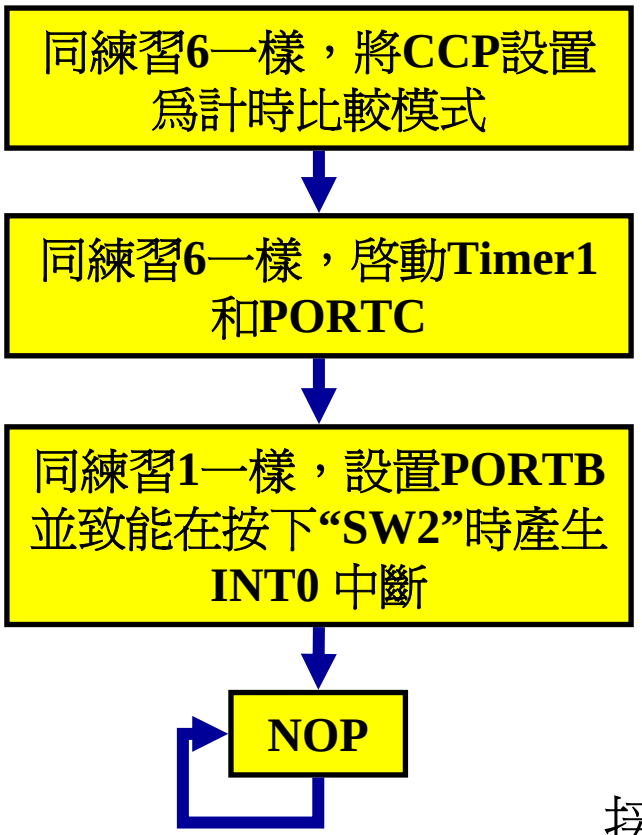
附錄 A：
多中斷練習
(LAB9)

多中斷練習

- 本練習包括：
  - 處理 2 個（或更多個）同時發生的中斷
  - 確定中斷源
  - 決定那一個中斷請求會先被執行

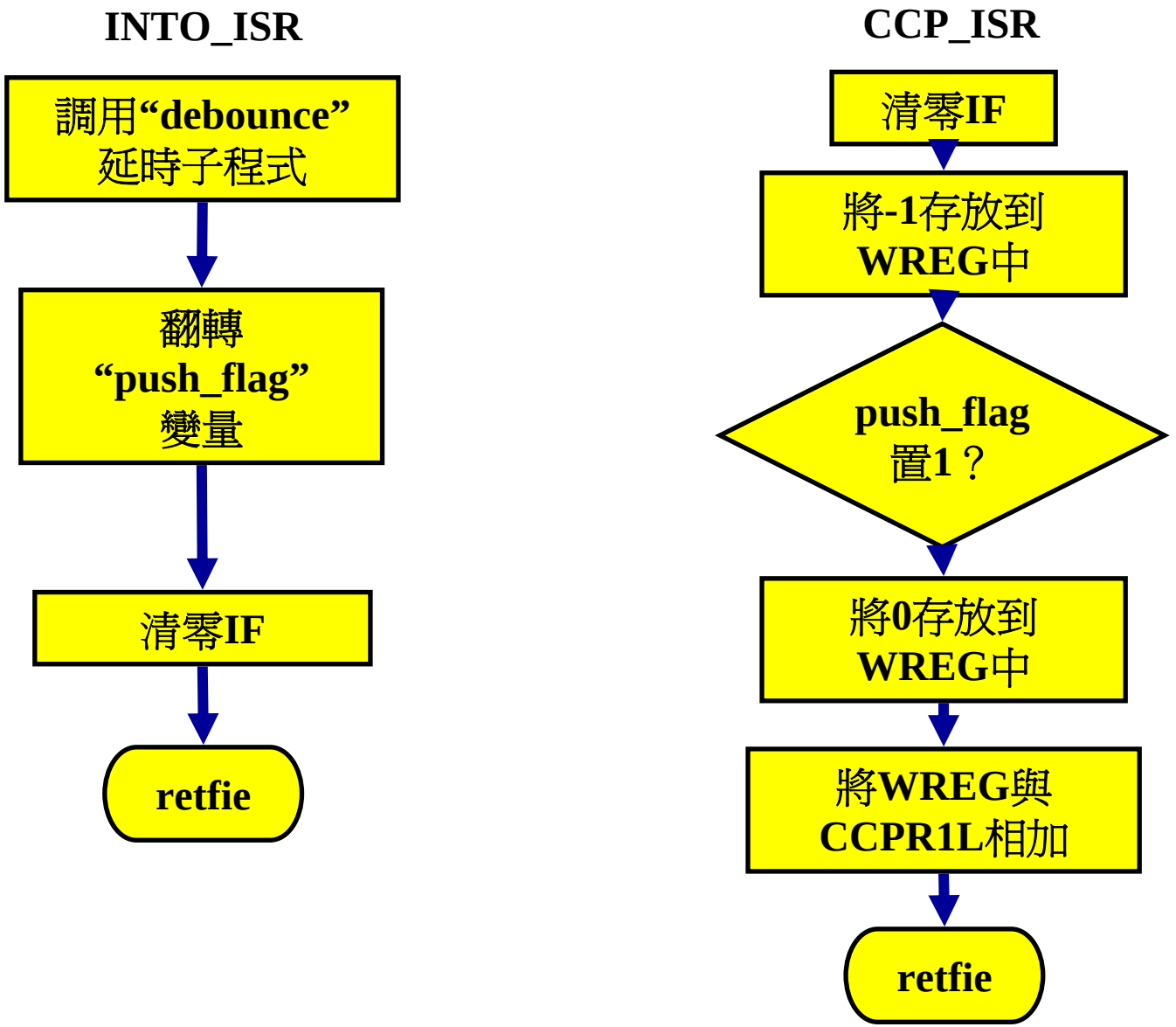
練習概述

主程式

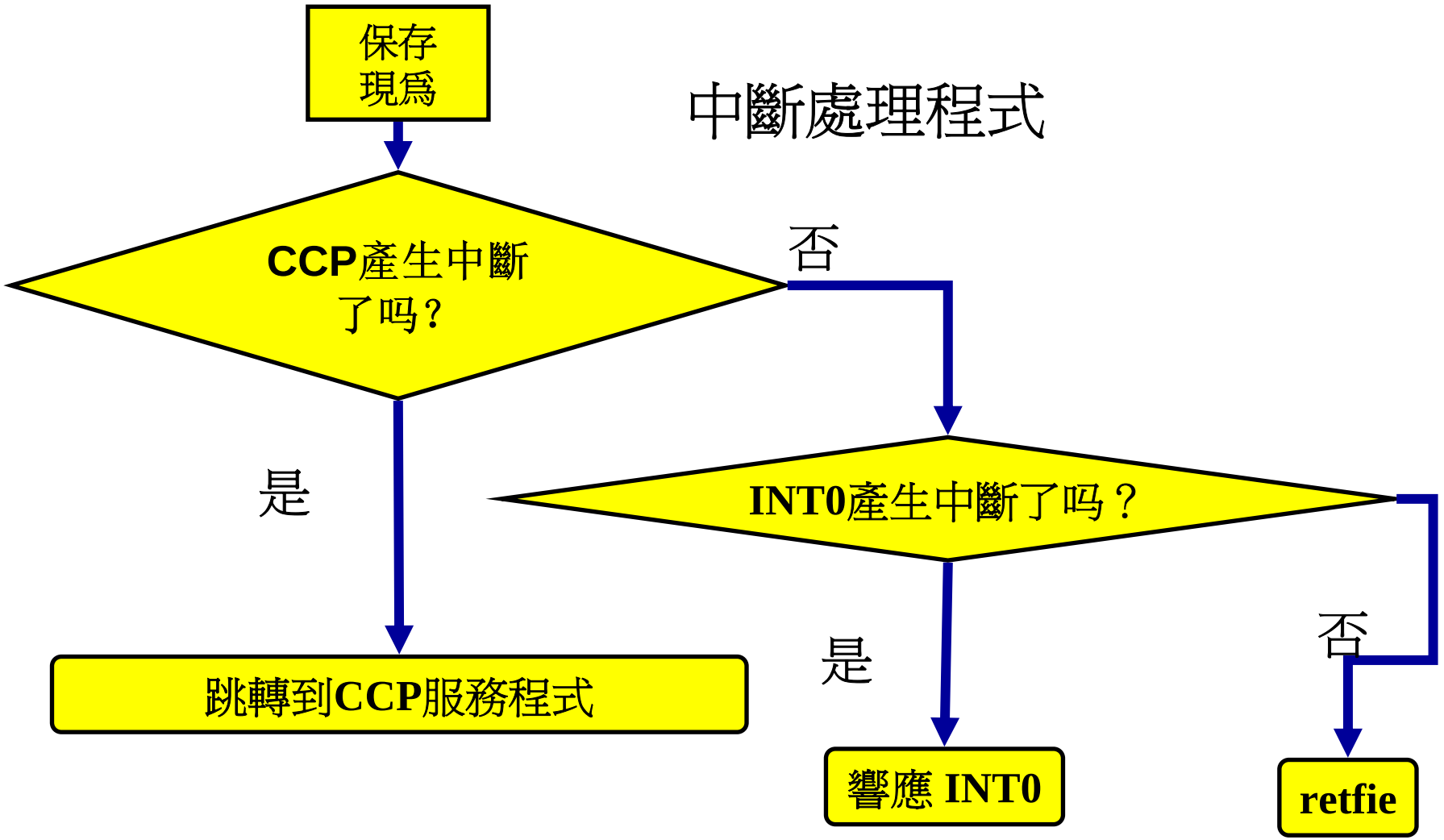


接下一張投影片

練習概述



練習概述（續）



練習細節

- 本練習位於：
  - C:\RTC\201_ASP\Lab8-MXINT

- 提供了兩個中斷服務程式（INT0_ISR 和 CCP_ISR）

- 完成程式的以下部分
  - 中斷發生時，確定中斷來源並將控制權轉到相對應的中斷服務程式 (ISR)
  - 設置 SFR 以致能產生 INT0 和 CCP1 中斷

本練習中需要了解的內容

- 本練習使用了 INTCON 和 PIR 特殊功能暫存器

練習九解決方案

中斷向量解析部分

```
NT_VECTOR  CODE     0x004       ; interrupt vector location
;
;       Save Wreg, STATUS, and PCLATH during Interrupt Service
;
        call        save_regs;

        btfsc       INTCON,INTF       ; test for INT0 interrupt
        goto        INT0_ISR
        btfsc       PIR1,CCP1IF       ; test for CCP Interrupt request
        goto        CCP_ISR
;
```

練習九問與答

問：爲什麼在按下 SW2 時會非常安靜？

答：因爲在中斷期間呼叫了“debounce”副程式，並清除了 GIE 位元，在這段時間內不致能產生反轉蜂鳴器的 CCP1 中斷。所以蜂鳴器没有發出聲音

練習九問與答（續）

問：如何取消靜音，並使蜂鳴器繼續運行？

答：

1. 在主程式中捕獲 SW2 按下事件，並在GIE 設爲 1 時呼叫”debounce”副程式
2. 使用計時器完成此延時
3. 在 INT0 中斷服務程式中重新致能中斷

練習九問與答（續）

問： 三個方法中那個最好？

答： 依具體情況而定 !!

- 每個方法都有各自的優點和缺點

附錄 B. 實驗十
存取內建的 EEPROM

- 程式放在 : ..\201_ASP\Lab10-EEPROM\Lab10-EEPROM.mcp
- 實驗十的內容
  - 直接定義 EEPROM 的資料在程式裡
  - 如何接資料寫入 EEPROM
  - 如何從 EEPROM 裡讀取資料
- 本實驗使用 MPLAB SIM 軟體模擬來完成
- 打開 EEPROM 及 RAM 的是窗觀察結果

附錄 C. 實驗十一
LCD Display Module

- 提供標準的 **HD44780** 的 **LCD** 驅動副程式給 **APP001** 實驗版的 **LCD** 模組使用。

- 使用 **global & extern** 虛指令宣告，可讓其它程式呼叫。


HANDS-ON
Training
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS

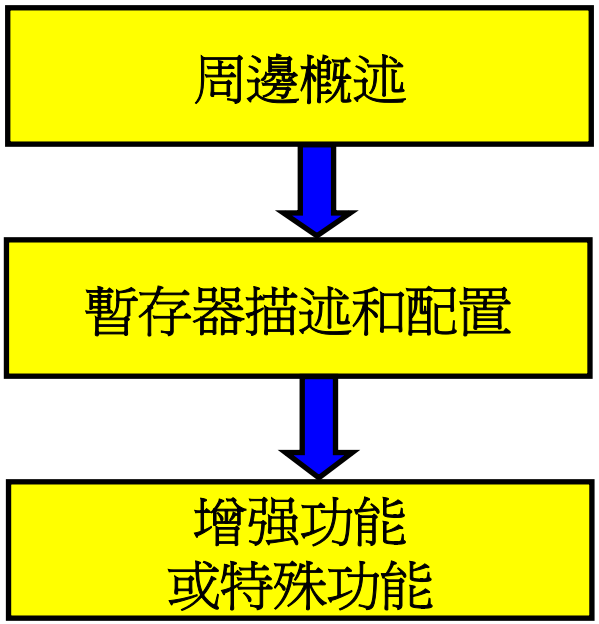
201ASP 課程總結

201ASP 課程總結

- 我們討論了中階系列的下列周邊
  - I/O 接面
  - 中斷架構和處理
  - 計時器（Timer0、Timer1 和 Timer2）
  - ECCP 模組（計時比較、輸入脈波量測器和PWM）
  - 比較器和類比轉換器
    - 參考電壓
  - EUSART – 串列通訊介面
  - 使用 MSSP 模組的 I^2C 和 SPI

結語

- 本次討論遵循標準 **MCHP** 資料手冊流程 ：



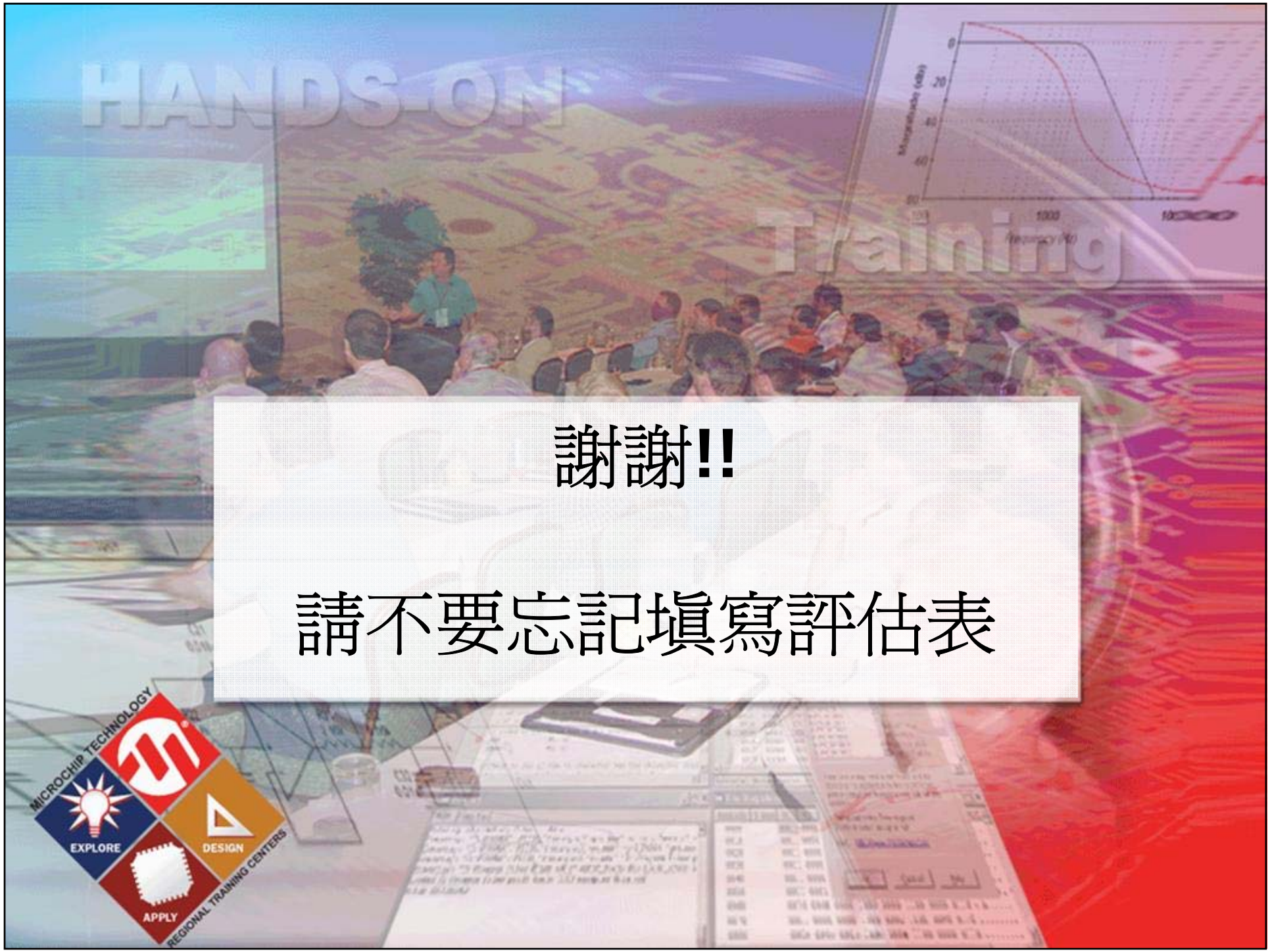
使用這部分內容：
- 開發邏輯流程圖或僞程式
（避免覆雜而混亂的燒錄!!）

其他提示：
- 詳细程式注解
- 爲用户定義的暫存器選擇描述性的名稱

*封裝和電氣規範在資料手冊的頁尾

資源

- 造訪 www.microchip.com 網站並點擊相對應的連結以了解以下訊息：
  - 每周 7 天 24 小時全天候技術支持
  - 應用筆記
  - 網上研討會
  - 程式範例
  - 資料手冊
  - 以及更多詳細訊息！


HANDS-ON
Training
謝謝!!
請不要忘記填寫評估表
MICROCHIP TECHNOLOGY
EXPLORE
DESIGN
APPLY
REGIONAL TRAINING CENTERS