MICROCHIP

Regional Training Centers

MCC RTC

MPLAB® X IDE Code Configurator (MCC)

動手做實驗課程

PIC18F45K22

MPLAB® X IDE Code Configurator (MCC) 的特色

- 使用圖形化界面(GUI) 來規劃周邊的設定及使用方式後，透過程式碼產生器來產生周邊的定義檔 (.h) 及函數庫原始程式 (.c)
  - 取代 C 編譯器所提供的函式庫
  - 快速規劃周邊所需設定及所需操作函式庫
  - 圖形化的規劃設定，簡單迅速上手
  - 有錯隨時修正，重生產生原始程式
  - 產生的 .h 檔及 .c 檔可依所需加以更改

安裝 MCC 外掛程式 (Plugin)

MPLAB® X IDE Code Configurator (MCC)

外掛程式需事先安裝完成才可以做本教育訓練的的練習

關於 MCC 版本

- 注意: 本投影片內容是使用 **MCC v3.36** 版本
  - 請確定是安裝此版本來做教材中實作練習
  - 搭配MPLAB X: v4.05
- **MCC** 的下載來源：
  - **www.microchip.com** 網站可以做依版本選擇的下載
  - 台灣網站下的教育訓練光碟連結
    - **http://www.microchip.com.tw/Data_CD/**
  - **MPLAB® X IDE** 中 **Tools** 功能表的 **Plug-in** 選項裡
- **Microchip** 隨時會更新 **MCC** 的版本，使用較新版本 **MCC** 開啟就專案時可能會出現周邊設定的 **GUI** 畫面的差異，**MPLAB X IDE** 所開啟的專案在 不同版本**MCC** 間可能須要重新設定。
  - 在 www.microchip.com 網頁，搜尋 “MCC”

兩種安裝 MCC 外掛模組

- 離線安裝方式
  - 需事先下載 **MCC安裝模組於硬碟裡**
  - 可以自選要安裝的版本
  - **MCC v3.36**
    - **Windows : com-microchip-mcc-3.36.nbm**

- 線上安裝方式
  - 直接於 **MPLAB XIDE** 中的 **Tools** 功能表選擇 **“Plugins”** 項目
  - 在 **Available Plugins** 的選項卡裡可以找到 **MPLAB Code Configurator** 來安裝
  - **Available Plugins** 永遠指向最新版本！

離線安裝方式

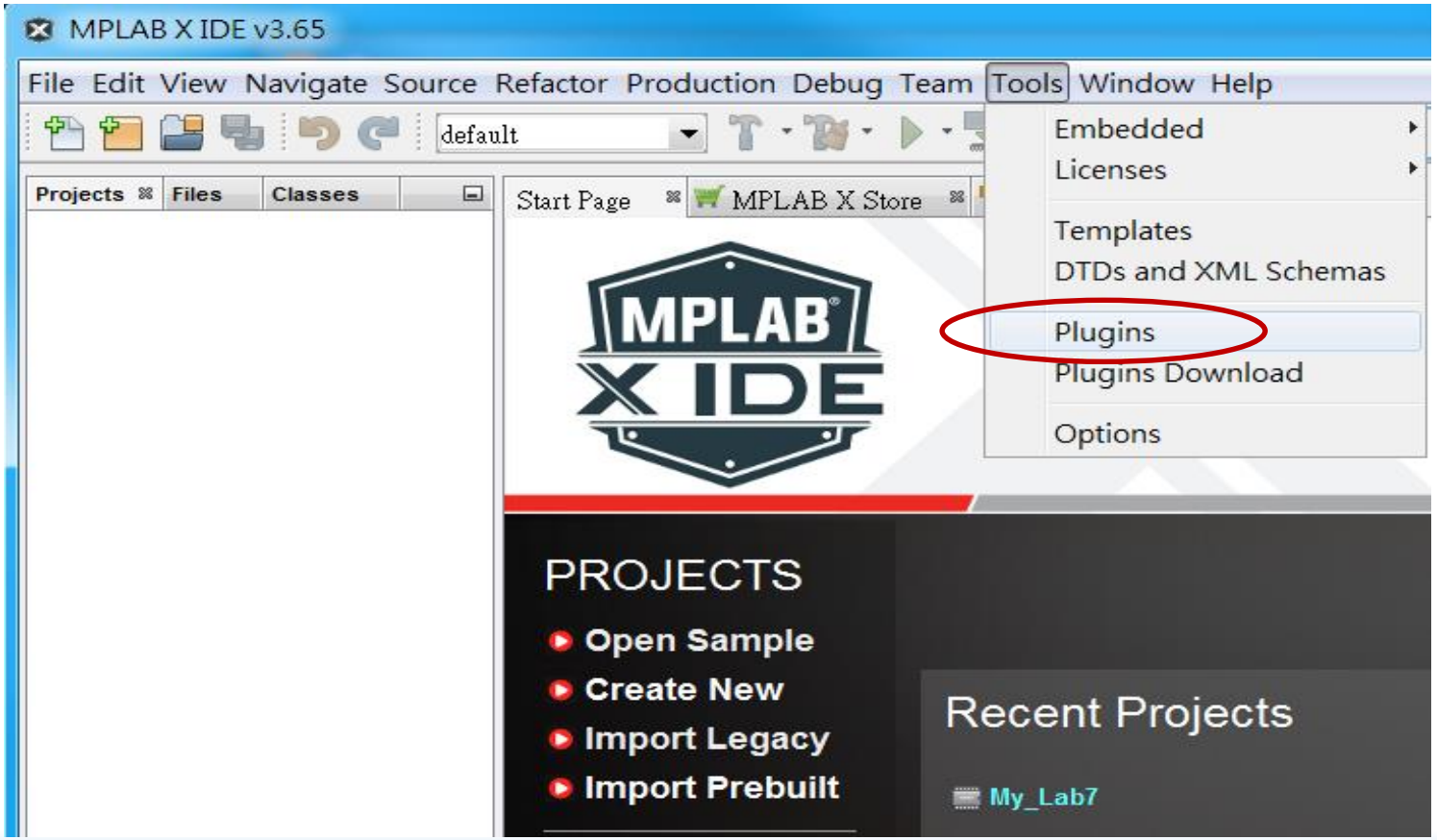
- 於台灣網站下載 **MCC** 外掛模組:
  - http://www.microchip.com.tw/Data_CD/
- 至美國 **Microchip** 網站搜尋” **MCC**” 後，選擇 **“MPLAB® Code Configurator”**
  - 選擇要下載的版本 (本課程使用 V3.36)
  - 在 MCC 的首頁選擇 “Current Download” 的選卡項裡下載 “MCC MPLAB® X Plugin”到硬碟裡 (檔案名稱: com-microchip-mcc-3.36.zip)
  - 如果 3.36 已經非最新版本，請至 “Archive Download” 選項卡下載
    - 下載完成後起解壓縮以便安裝時使用

儲存 MCC 外掛程式

- 將 **com-microchip-mcc-3.36.zip** 解壓縮到硬碟裡，請記住檔案路徑
- 解壓縮後的檔名為：
  - com-microchip-mcc-3.36.nbm
- 啟動 **MPLAB® X IDE**

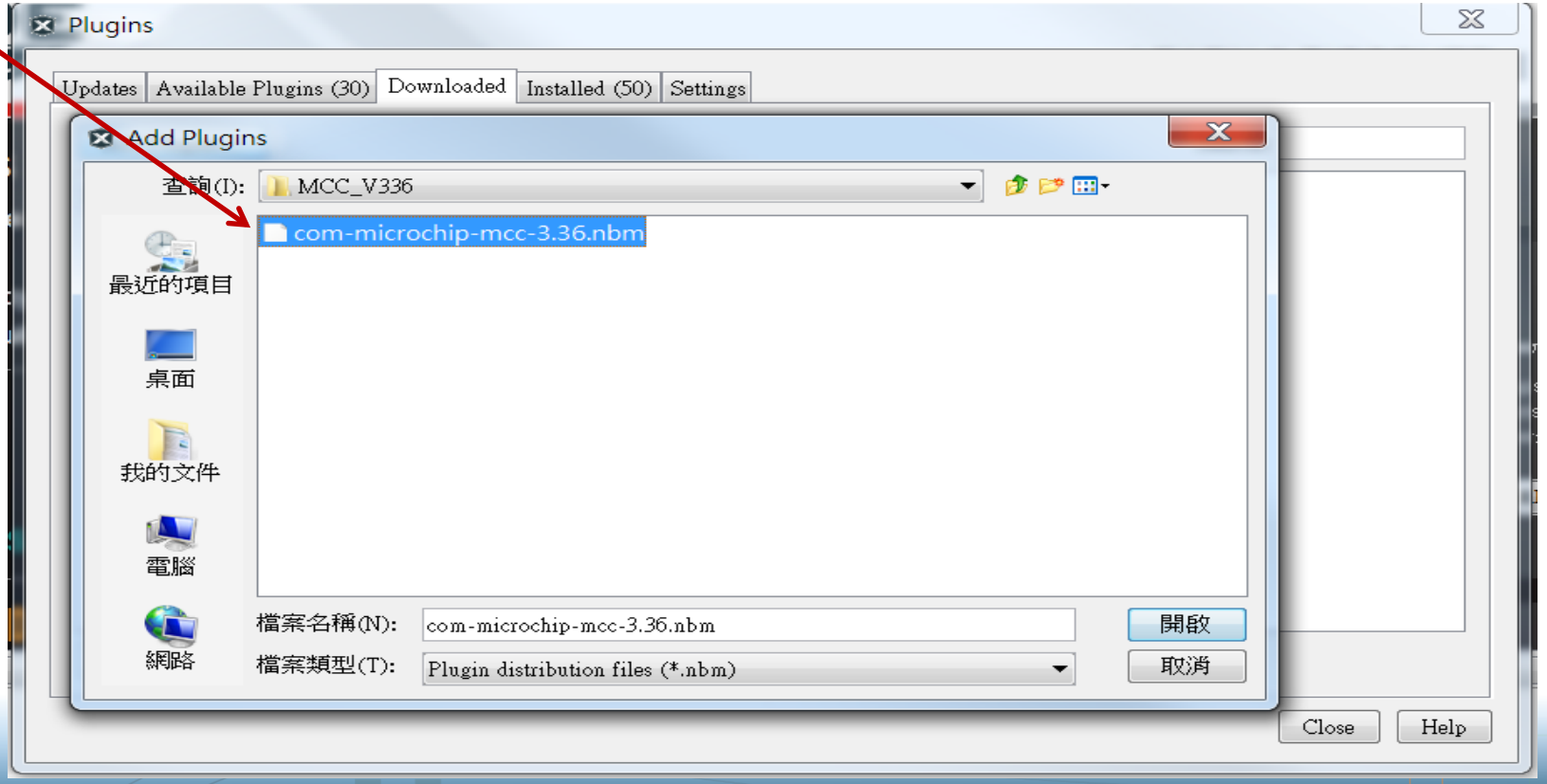
離線加掛 MCC 模組

- 點選 Tools 下的 “Plugins”



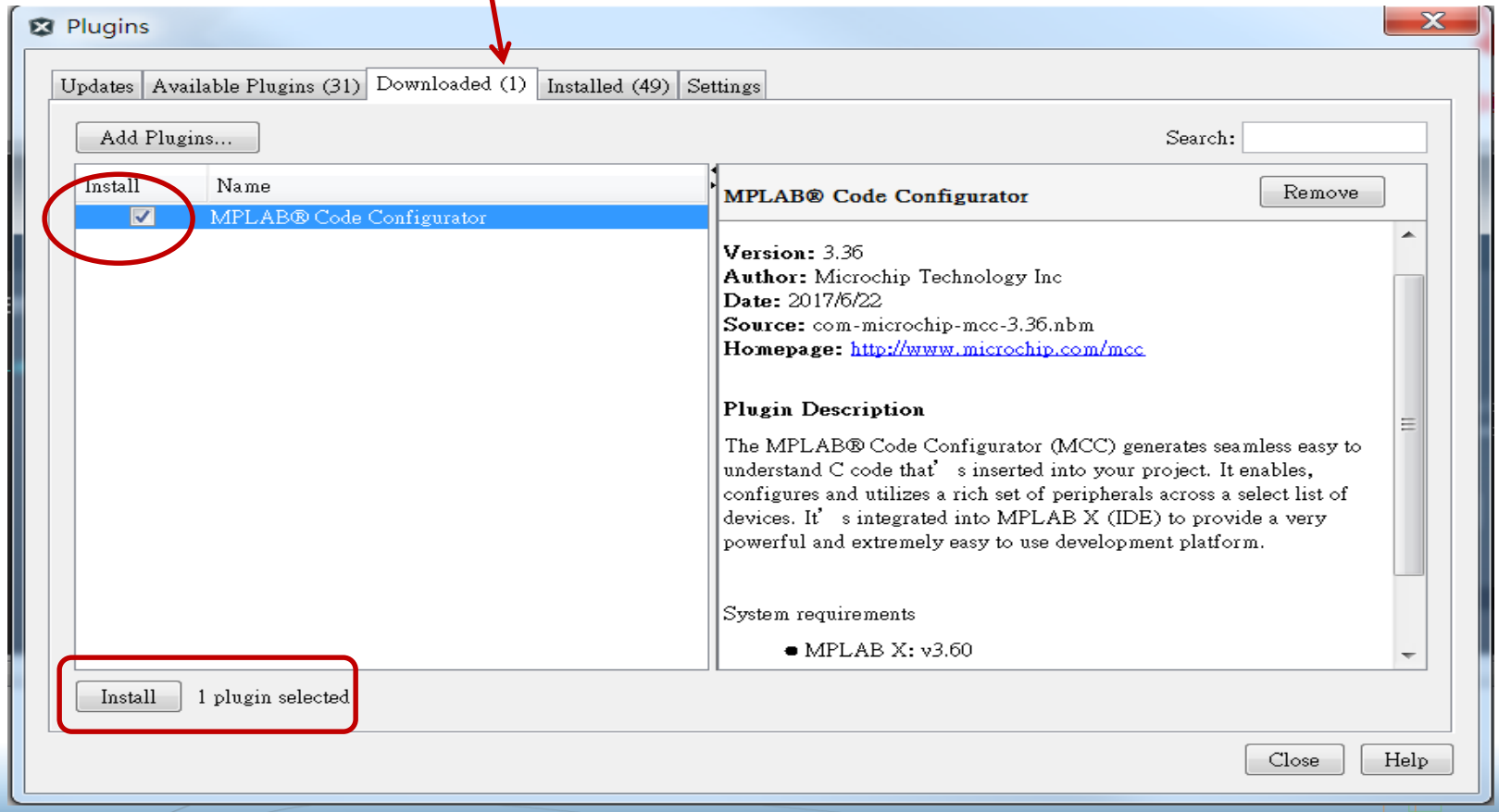
離線加掛 MCC 模組

- 到 **Downloaded** 選卡裡，點選 **“Add Plugings”** 後，找出剛解壓縮的路徑的 **MCC Module** 檔案 **(.nbm)**，點選該檔案後按開啟



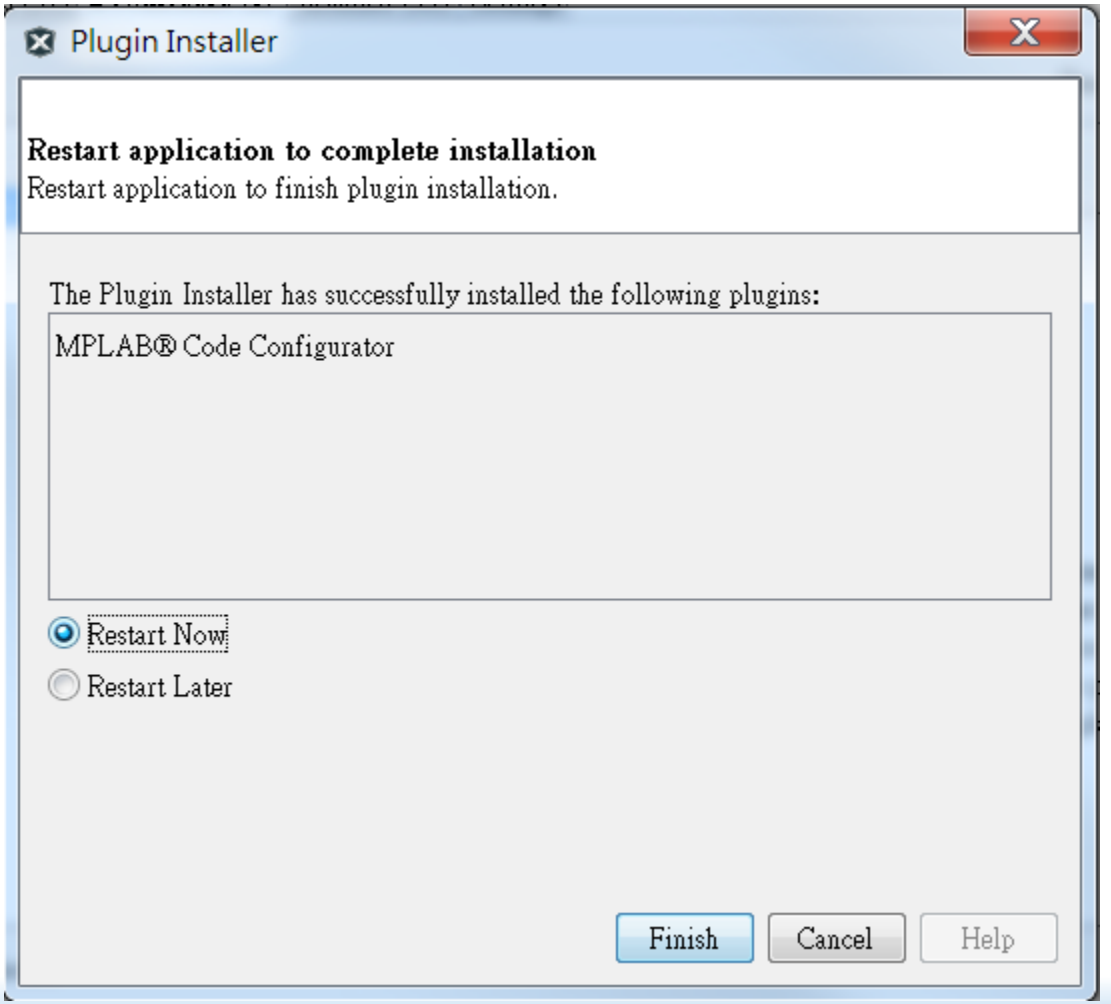
離線安裝 MCC 模組

- 這時 “Downloaded” 選卡會顯示有一個模組，勾選 MPLAB® Code Configurator 後，按下底下的 “Install” 來安裝



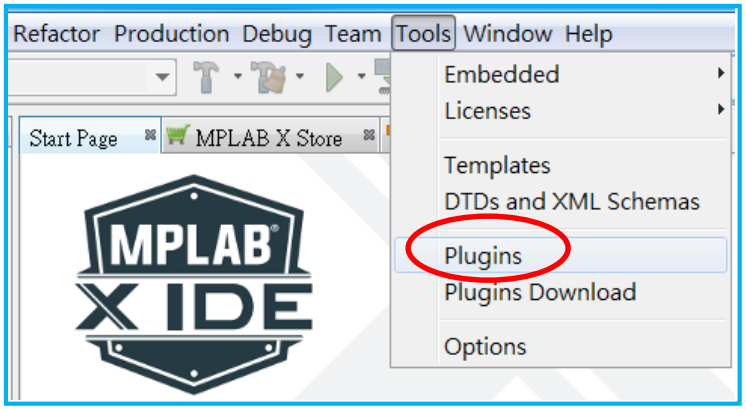
離線安裝 MCC 模組完成

- 安裝完成選擇 **“Restart Now”**
- 重新啟動 **MPLAB® X IDE** 以便使 **MCC** 安裝後時所做的改變生效

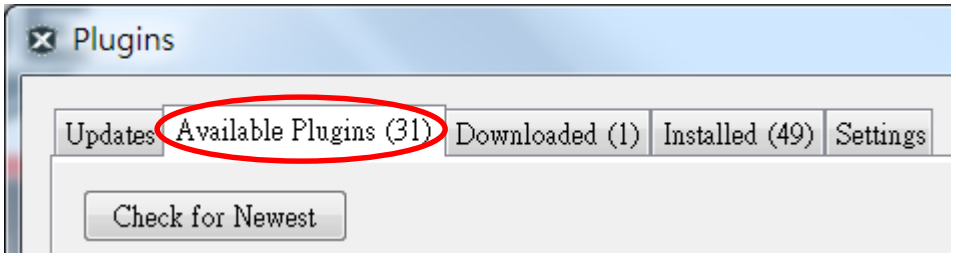


線上安裝 MCC 步驟

1. 到 “Tools” 功能表點選 “Plugins” 的選項

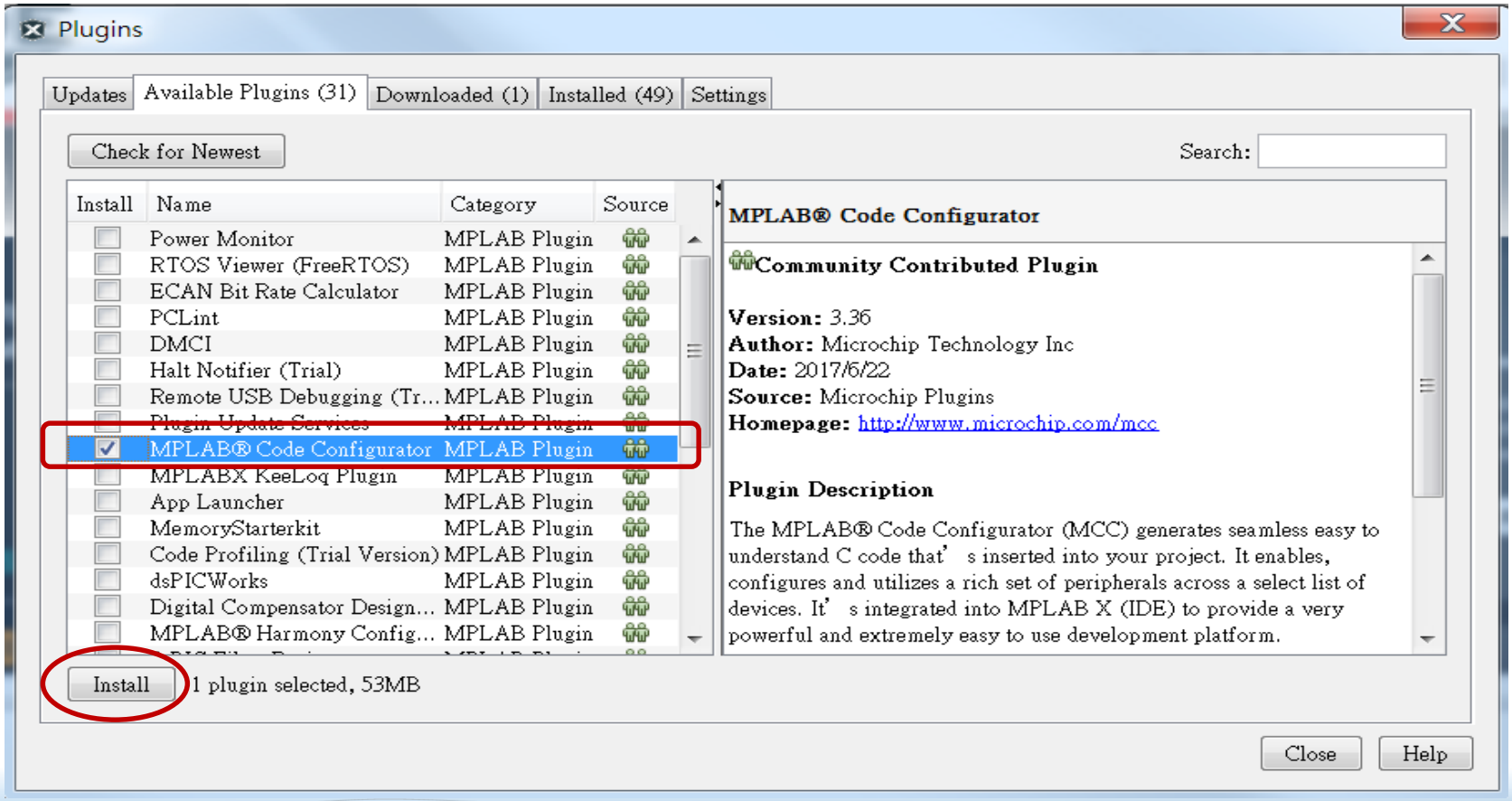


2. 選取 “Available Plugins “選項卡下來找尋可用的外掛模組



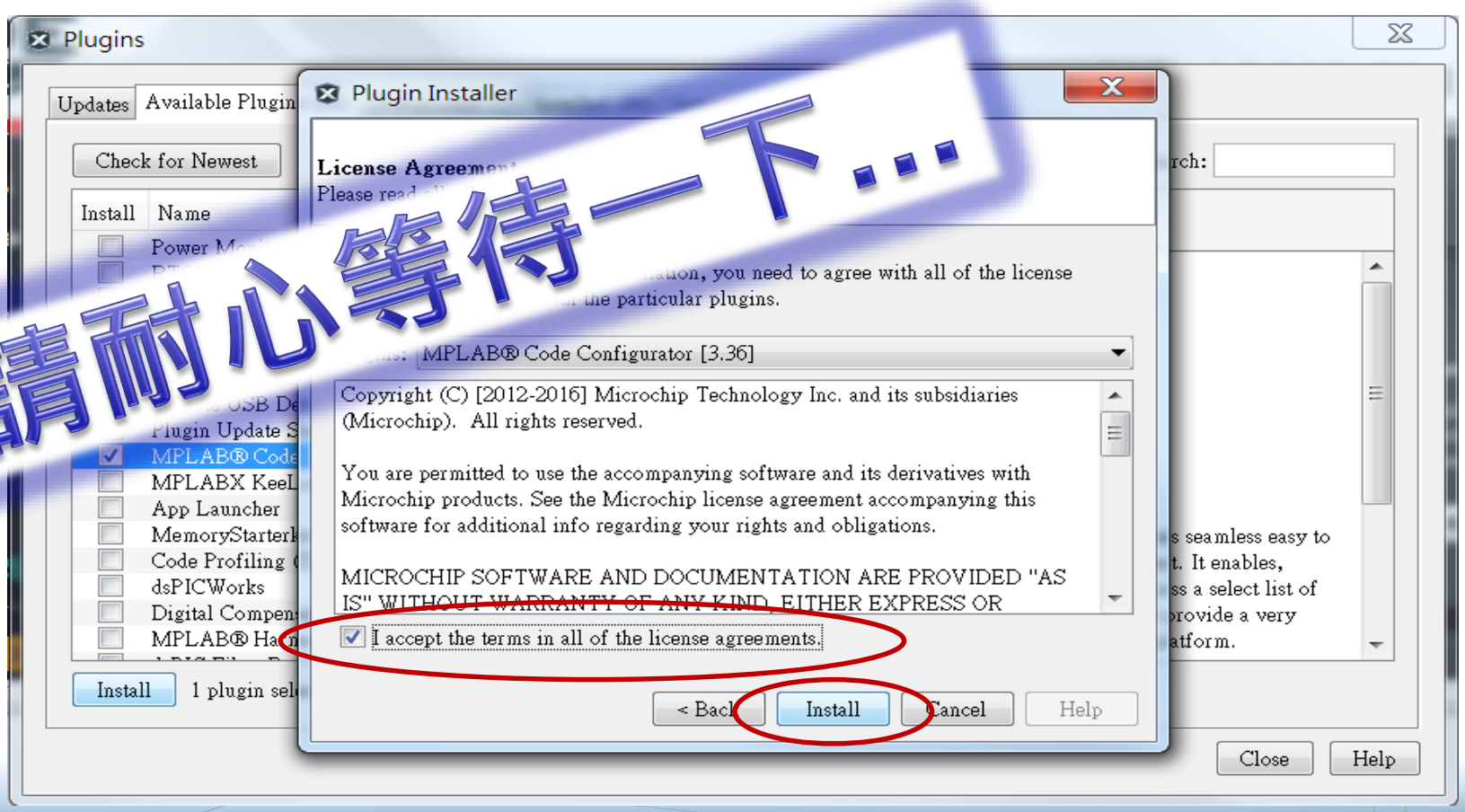
線上安裝 MCC 步驟 (Continue)

3. 在眾多的 Plugins 找到 “MPLAB® Code Configurator”，勾選後再按 ”Install”



線上安裝 MCC 步驟 (Continue)

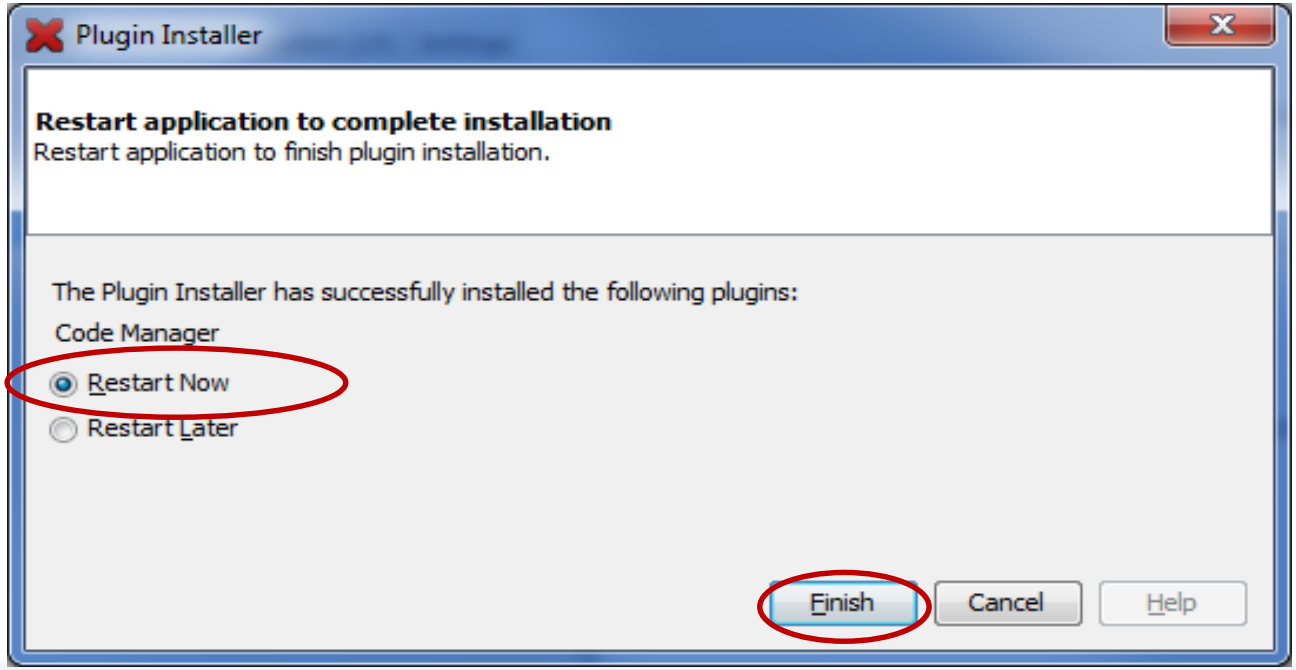
4. 勾選同意此授權協議後點選 ”Install” 選項後開使上網下載 MCC 模組並安裝 MCC



線上安裝 MCC 步驟 (Continue)

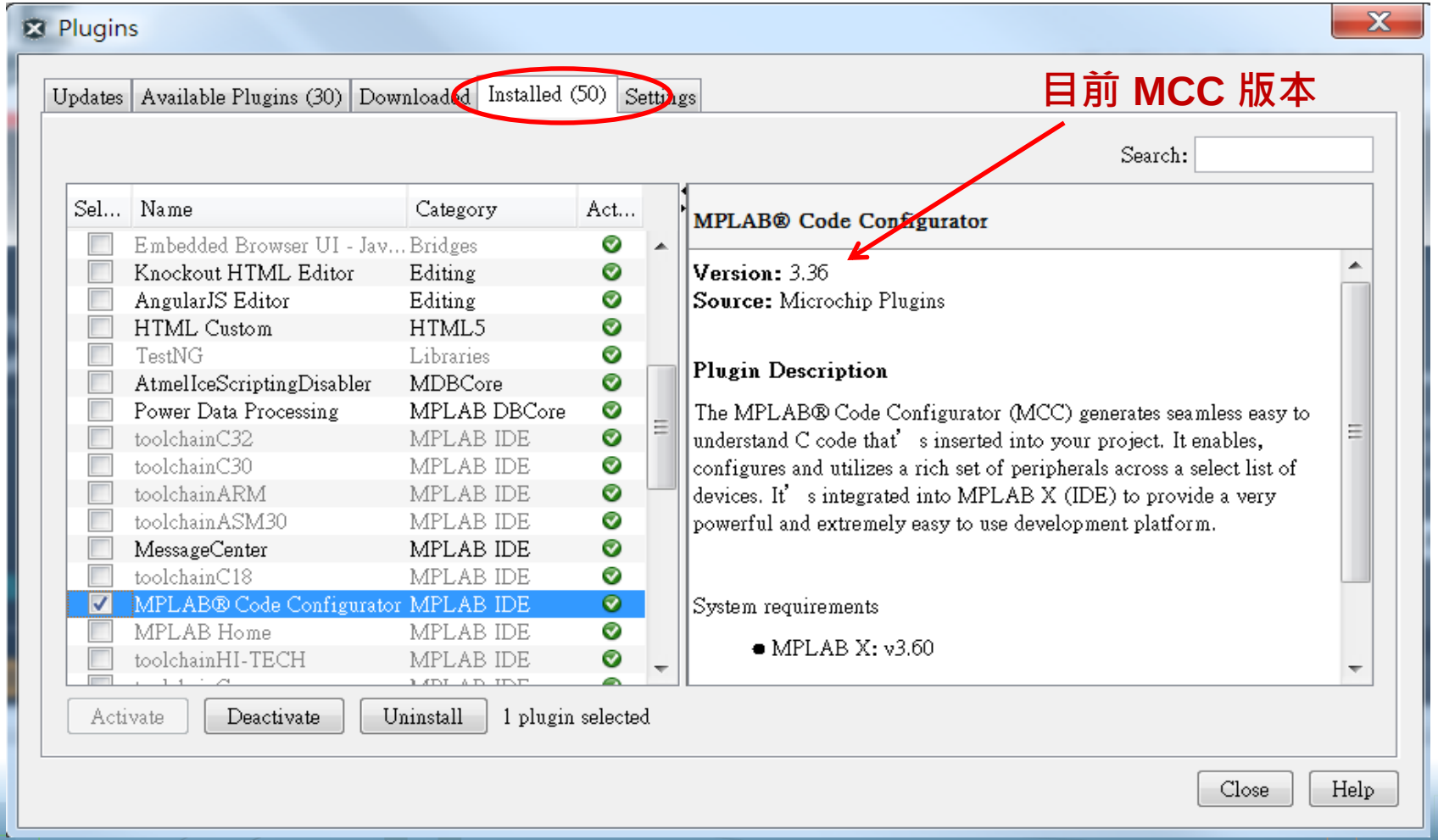
5. 安裝完成後需重新啟動 MPLAB® X IDE
請選選擇 “Restart Now” 的選項

選擇重新啟動按 ”Finish”



檢查 MCC 是否安裝完成

- 不管是線上或離線安裝，重新啟動後，請檢查外掛程式 (Plugins) 選項卡裡檢視 MCC 是否安裝就緒 (如藍色所示)



開發工具與實驗版

使用的開發工具
PICkit™ 3

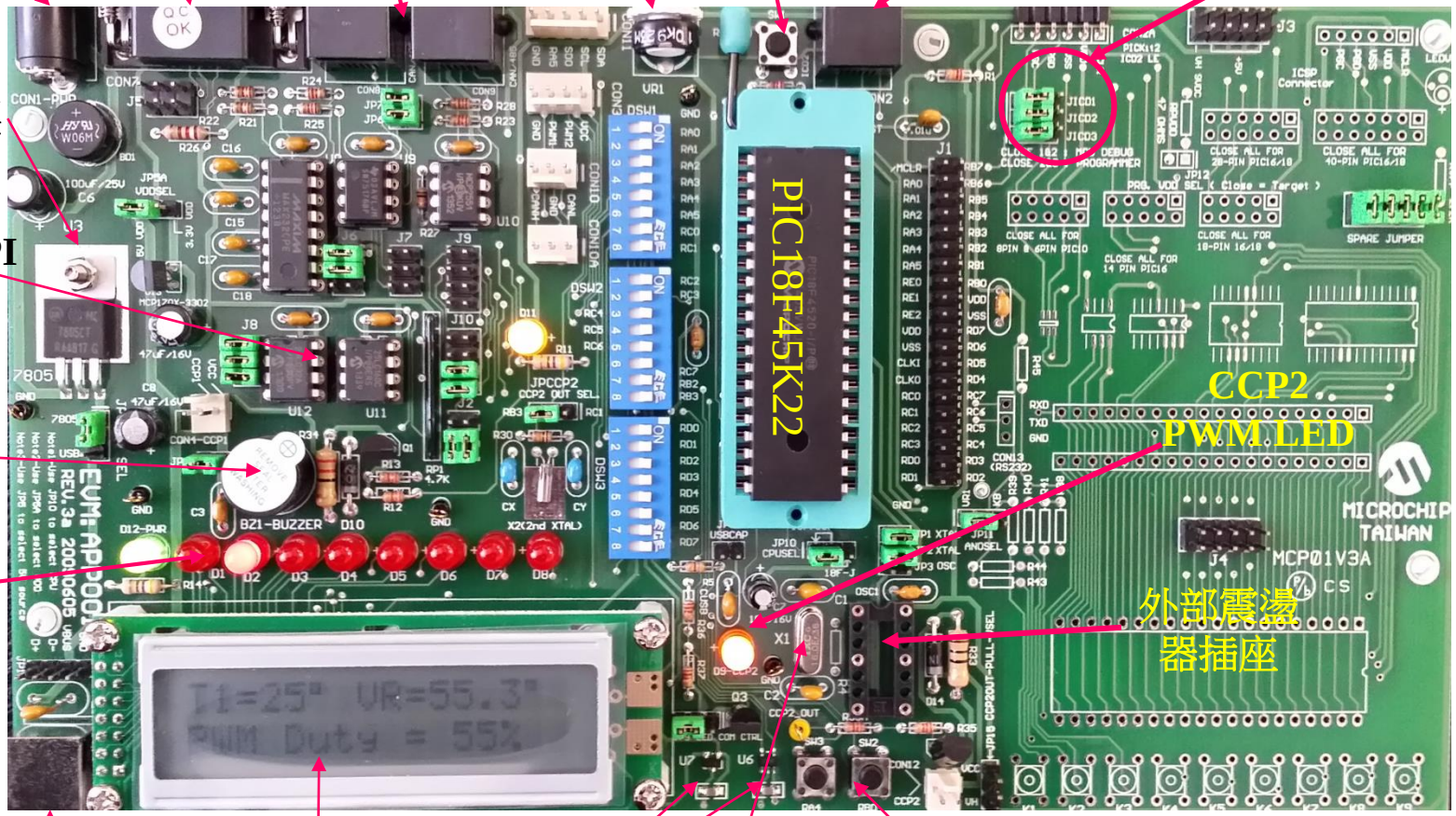
- USB 2.0 Full Speed (12MHz)，提供及時除錯/模擬功能，有全速執行、暫停、單步執行、斷點功能
- 透過 MPLAB® X IDE 可檢查版本韌體自動升級
- 可直接開啟對外供電功能
  最高到 30mA
- V_{DD} range 3 - 5.5V
- V_{PP} range 3 - 13V
- CE and RoHS-compliant

使用的開發工具
MPLAB® ICD 3

- 全系列 PIC® 產品的支援
- 多項增加的功能
  - 可供應外部電源 (100mA)
  - 更快速 – USB HS, HW 加速, SRAM
  - 軟體斷點設定(1000)
  - 及時除錯監視功能 (Real-Time Watch)
- 只需由 USB 供電
- 無須外加電源供應器
- 高壓保護電路 ICSP 除錯/燒錄腳位
- 過電流保護
- 自我測試模組
  - 檢測介面及連線是否正確
  - 協助判斷是工具的錯誤還是目標板的故障
  - 測試模組內建 8-pin PIC® 偕同測試

DV164035

認識 APP001 實驗板



9V
電源輸入

RS-232

CAN
RS-485

AD 輸入
VR1

Reset
按鍵

ICD3
接頭

PICkit3
接頭

Debug & Prog.
選擇 Jumper

5V
電源穩壓

I²C™ & SPI
EEPROM

CCP1
蜂鳴器

PORTD
LED x8

USB
接頭

2 x 16 LCD

溫度
感測器

16MHz
Crystal

按鍵開關
SW3 & SW2

有關實驗用零件申請

- **APP001** 板子
  - 原安裝 PIC18F4520
    須換成 PIC18F45K22
  - 確認已換裝24LC02B 於 U12 才能做課程中的Lab 4-1的練習

MCC v3.36目前支援的元件

- **MCC 支援 8/16/32 位元的 MCU, 詳細的元件列表請看各個系列的 Device Libraries 之 Release Notes**

Features | Current Download | Archive Download | Documentation

Current Version

Title	Version	Date Published	Release Notes	D/L
Plug In				
MPLAB® Code Configurator	v3.36	7/11/2017		
Device Libraries				
PIC10/PIC12/PIC16/PIC18	v1.45	7/11/2017		
PIC24/dsPIC33/PIC32MM	v1.35.1	7/11/2017		
PIC32MX	v1.35	4/6/2017		

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 1:

使用 Timer1 做一秒計時讓 LED 轉態一次 (Toggle)

PIC18 Lab 1 目標

- 啟動 **MPLAB® X IDE** 的 **MCC** 功能
- 設定組態工作模式**(Config. Reg)** 及震盪器的各項設定
- 設定基本輸出、輸入腳 **(I/O)** 功能
- **Timer1** 一秒的計時設定
- 利用程式產生器來產生所設定的周邊程式
- 配合周邊的程式來撰寫主程式

PIC18 Lab 1 概述

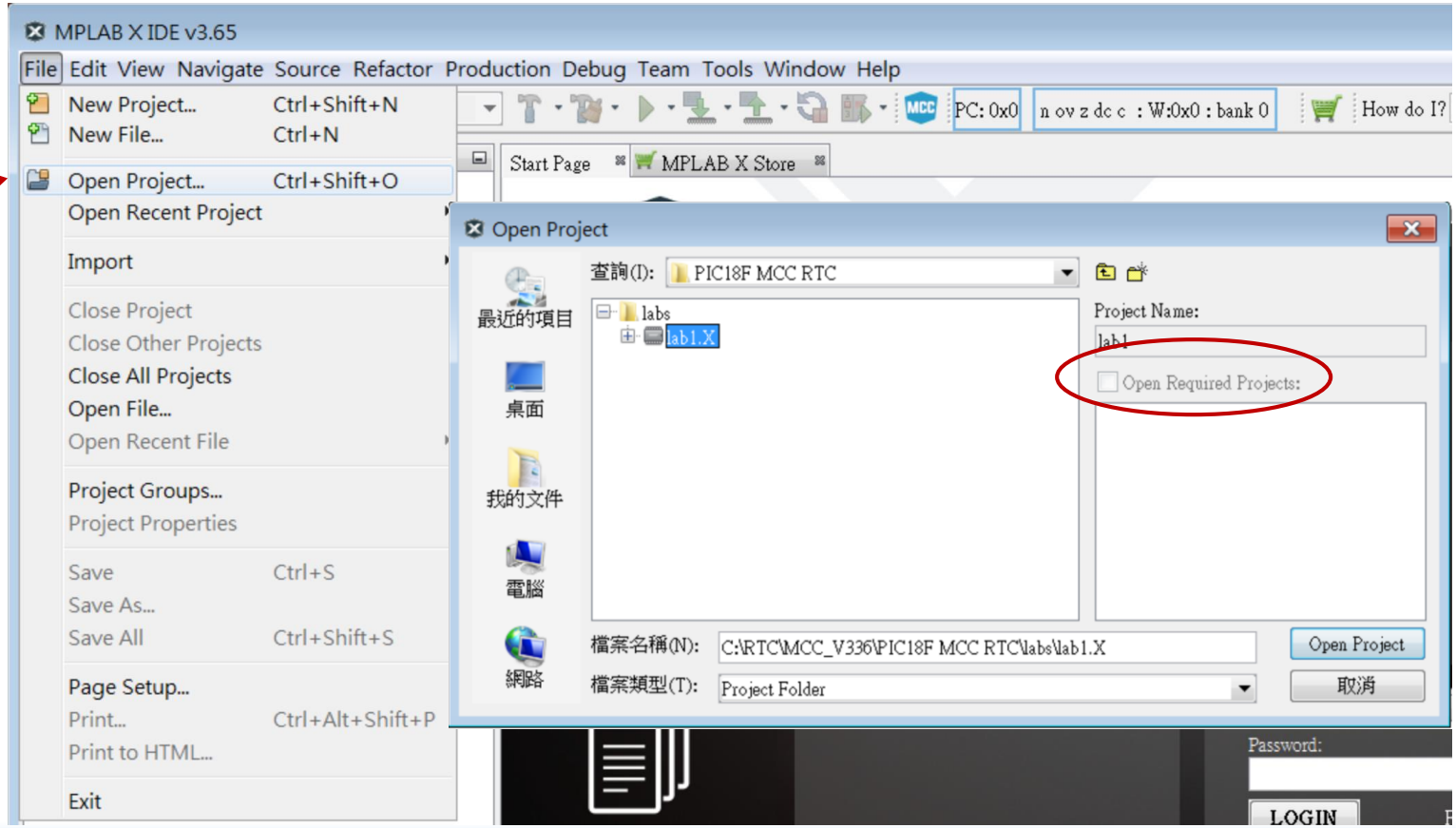
1. APP001 硬體上電並接上 PICKit3
2. 開啟 MPLAB® X IDE
3. 開啟專案，目錄及專案檔案名稱:
   - ..\PIC18F MCC RTC\labs\lab1.X
4. 開啟 MCC (MPLAB® Code Configurator)
5. PIC® 的配置設定 (Config. Bits)
6. I/O 的設定
7. Timer 的設定

動手跟這做實驗

PIC18 Lab1

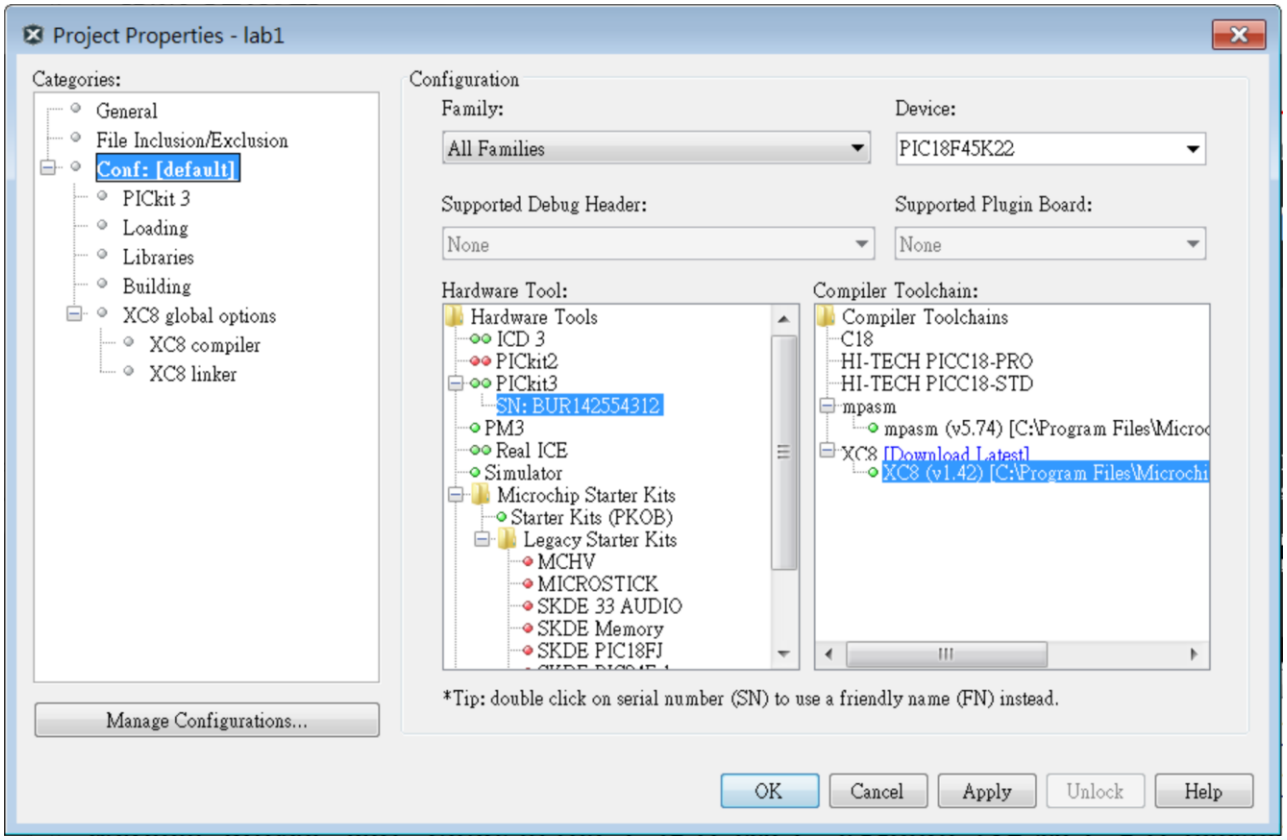
PIC18 Lab 1
開啟 LAB1 的專案

- 在 MPLAB® X IDE 下，點選 ” **Open Project**” 再選擇專案 “ **lab1.X**”



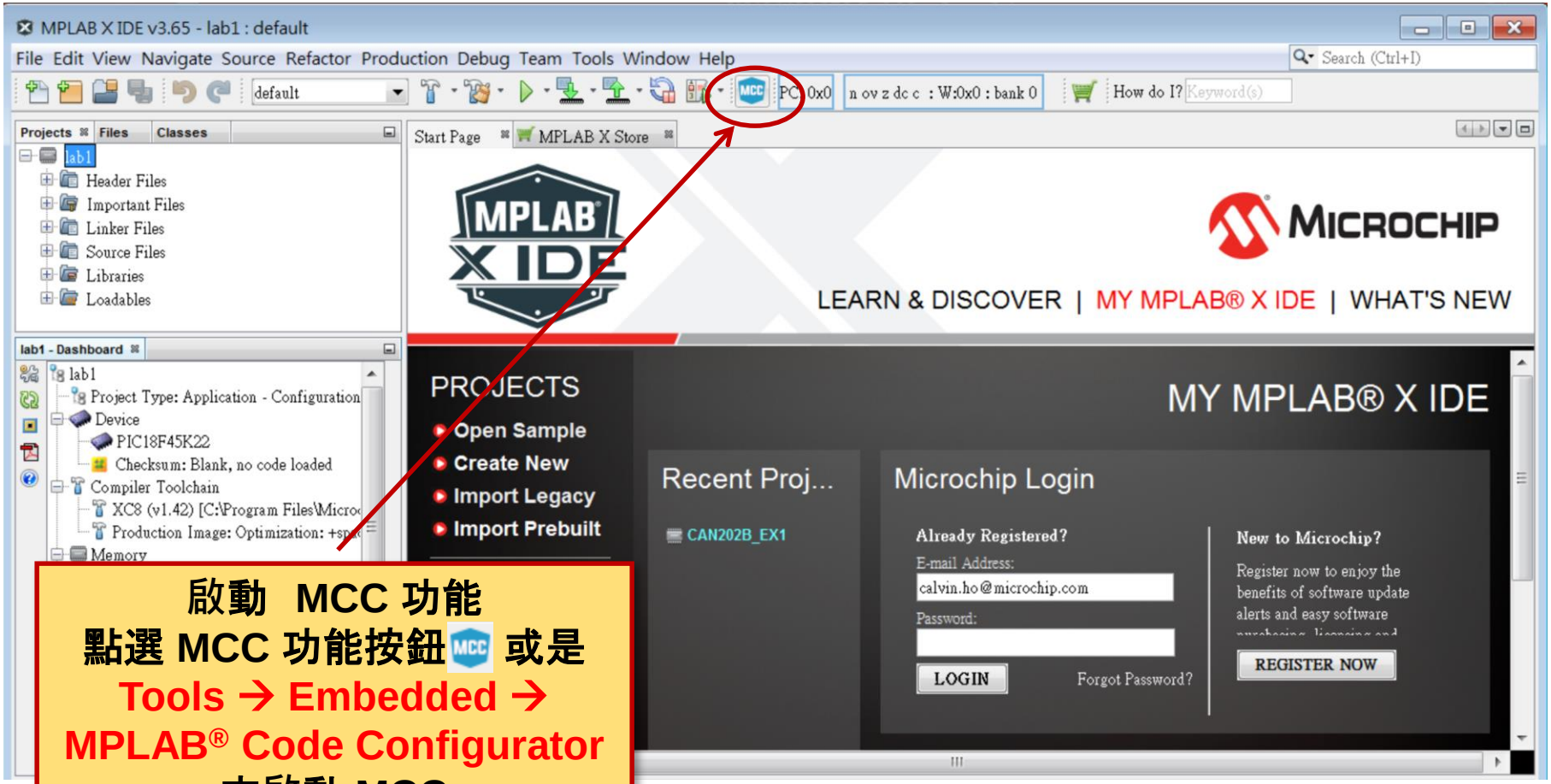
確定選用元件及開發工具

- 在專案視窗下用老鼠右鍵點選“ **Lab1**”後，在點選“內容”選項 **(Properties)**
  - **PIC18F45K22**
  - **PICkit3**
    - 點選序號
  - **XC8 (V1.4x)**



PIC18 Lab 1

- 啟動 MPLAB® Code Configurator



啟動 MCC 功能
點選 MCC 功能按鈕 或是
Tools → Embedded →
MPLAB® Code Configurator
來啟動 MCC

MPLAB® Code Configurator

Pure Engineering Nirvana

- **Generates seamless, easy to understand Drivers and Initializers that can be inserted into your project**
  - Enables, configures and utilizes a rich set of peripherals across many of Microchip's most popular PIC® microcontrollers
  - Generated C code can be easily modified and debugged
- **Leverage drivers and GUI interface to reduce time to market**
- **Reliable, Small Footprint and Efficient**
  - Generated C code is reliable and designed for efficient use MCU resources
- **Powerful, easy to use plug-in development tool for MPLAB® X IDE**
  - **Download this powerful development tool for FREE at:**

www.microchip.com/MCC

MICROCHIP
Regional Training Centers

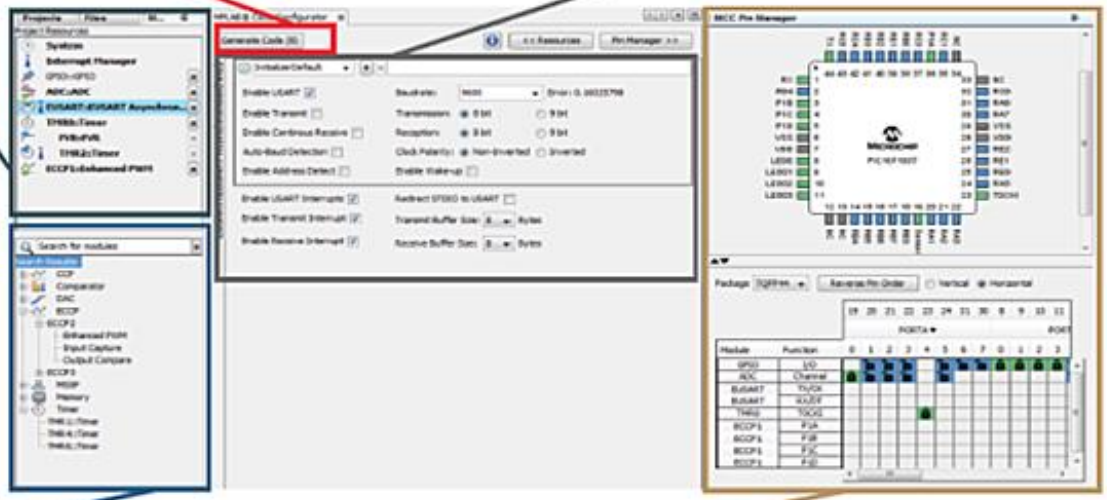
MPLAB® Code Configurator

Pure Engineering Nirvana

Project Resources Section
- Includes all of the peripherals or functions you want to use in your project
- Each peripheral has a simple user interface to set up the basic configuration and related pins

Click the "Generate Code" button and view the source file for your project

Module Composer Window
- This window changes depending on the peripheral selected in the project resources section so there is a customized GUI to setup each different peripheral
- Easily set up your GPIOs as inputs or outputs and with the snap of a button—configure them to start high or low and show which pin you want them to be active on
- Easy graphical setup of logic gates for the Configurable Logic Cells (CLC)
- Allows saving custom names for easy code readability

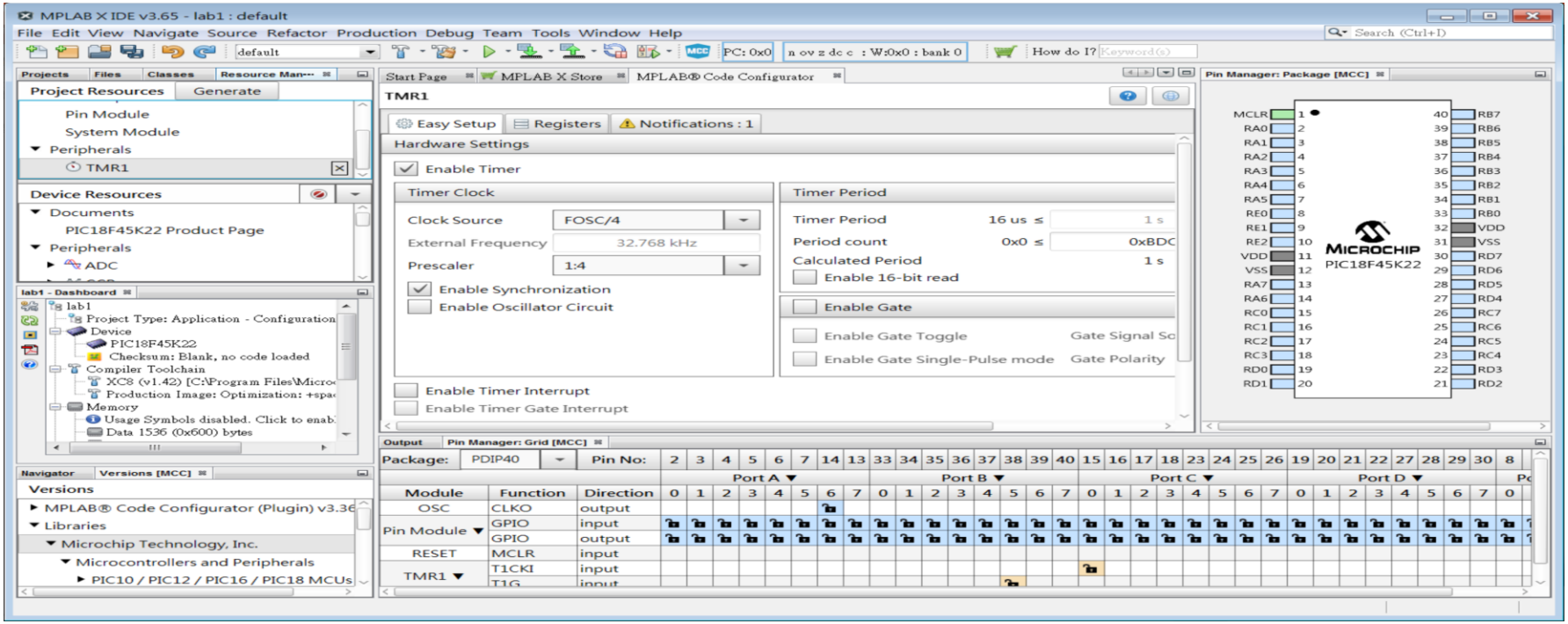


Device Resources Section
- Once you've chosen your MCU, this section populates with the peripherals and functions available on that product
- You pick which ones you want in your project, easy as a double click
- Then they show up in the Project Resources Section
- Choose from peripherals and functions such as UART, Timer, CLC, Comparator, ADC, DAC, interrupts, GPIO and much more

Pin Manager Window
- Helps you plan your pin layout and lock the functions to specific package pins
- View in both graphical and tabular formats
- Easy setup for products with Peripheral Pin Select (PPS) with many remappable pins
- Smart pin management: automatically selects the pins needed to go with the peripheral configurations chosen in the Module Compose Window

MPLAB® Code Configurator

Pure Engineering Nirvana



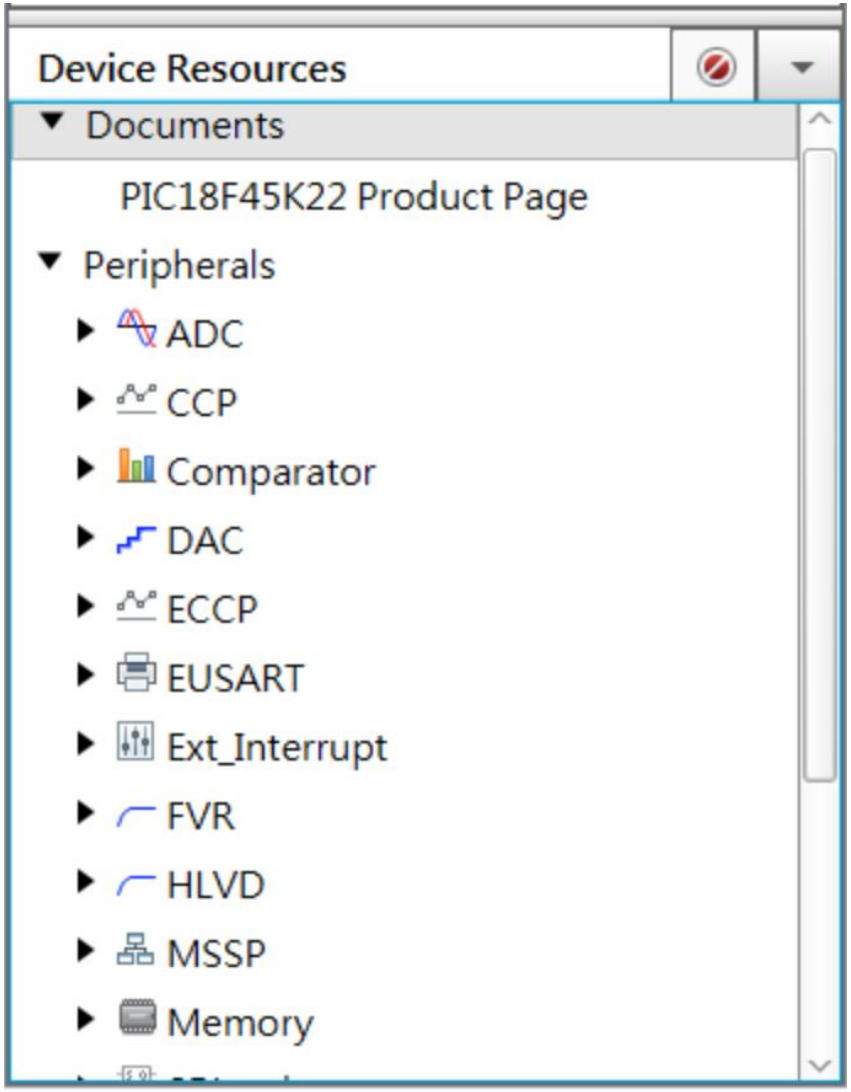
- **Device support**
  - **Support 200+ devices**
  - **40+ PIC24 microcontrollers tool**
  - **PIC32 MCU supported too**

Device Resource (PIC18)

此PIC內部硬體及相關文件

MICROCHIP
Regional Training Centers

Device Resource視窗



MICROCHIP
Regional Training Centers

Device Resource

- ADC
- CCP
- Comparator
- DAC(Digital-to-Analog Converter)
- ECCP
- EUSART
- FVR

Device Resource

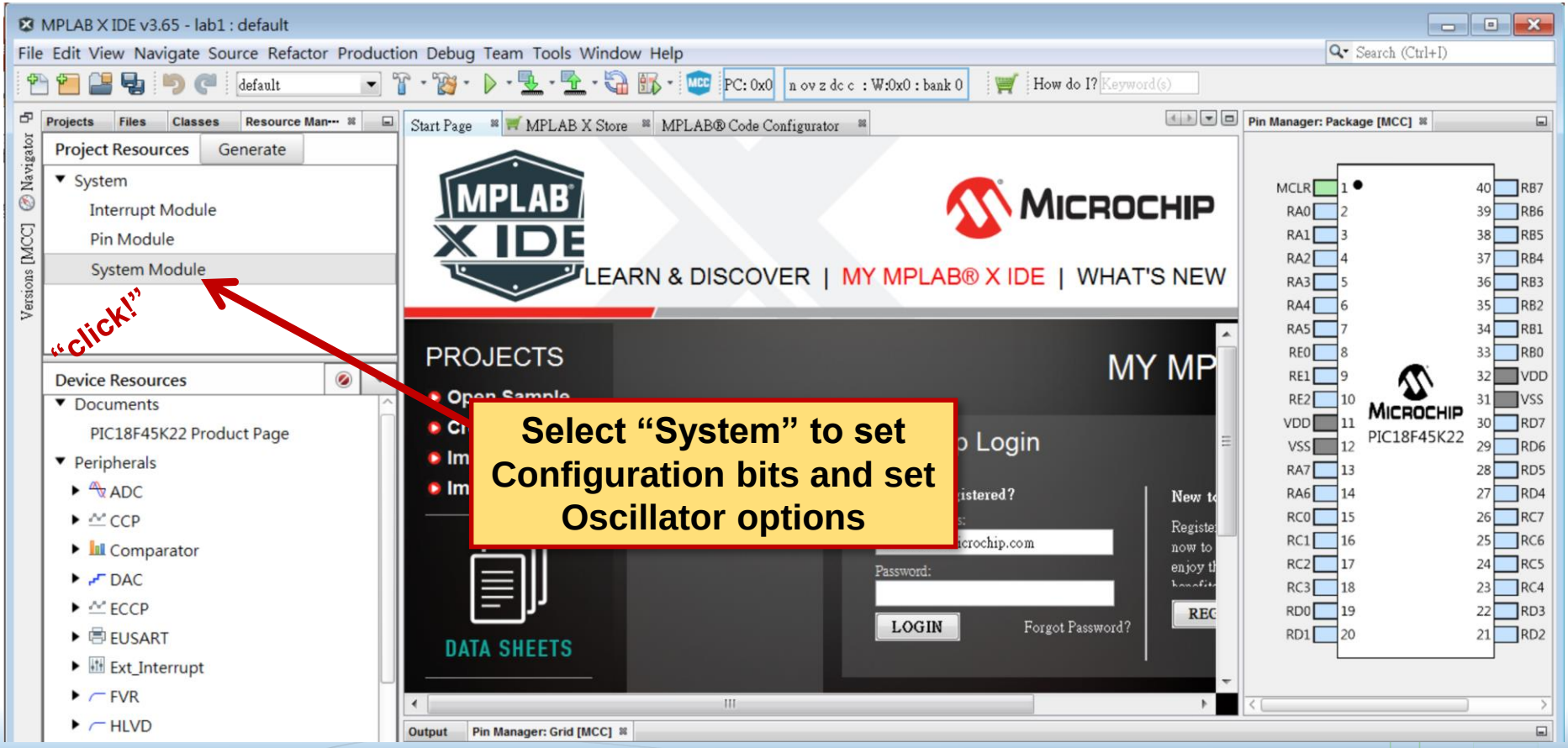
- **GPIO**
- **HLVD**
  - High/Low-voltage Detection
  - Programmable 16-Level
  - Interrupt on High/Low-Voltage Detection
- **MSSP**
- **Memory**
  - DataEE (Up to 1024 Bytes Data EEPROM)
- **SRLatch**
- **Timer**

Configuration Bits

的設定

Config. Bits 的設定

- 點選 “ System” 開始設定 Configuration bits 及 Oscillator

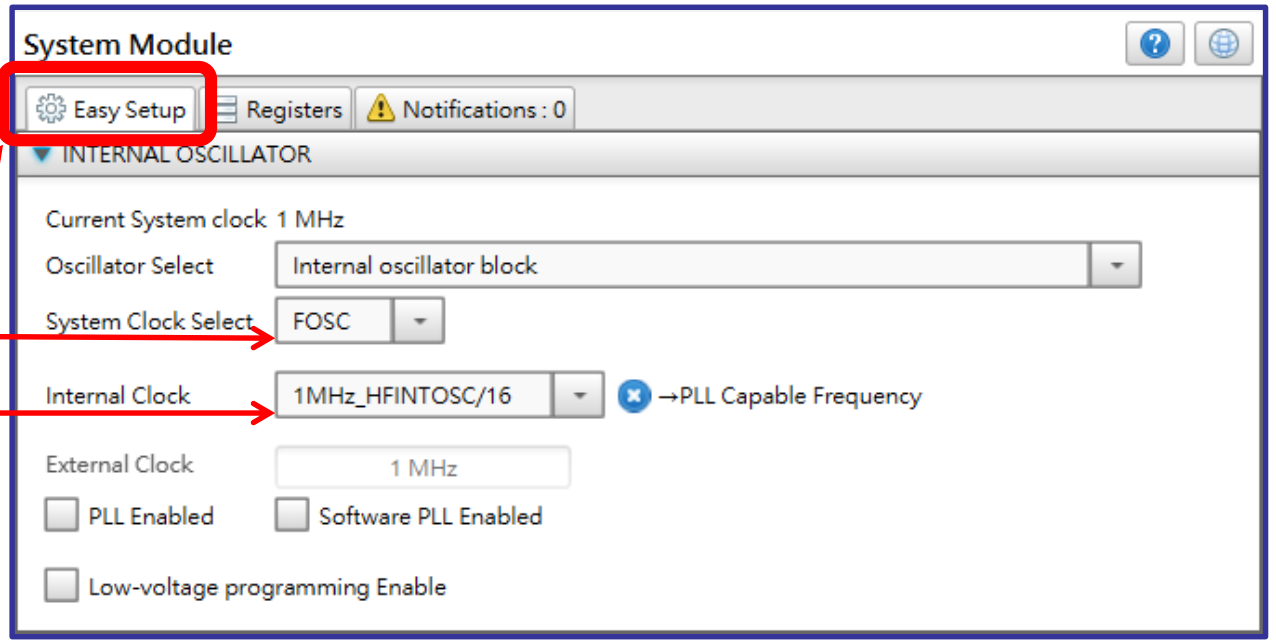


PIC18 Lab 1

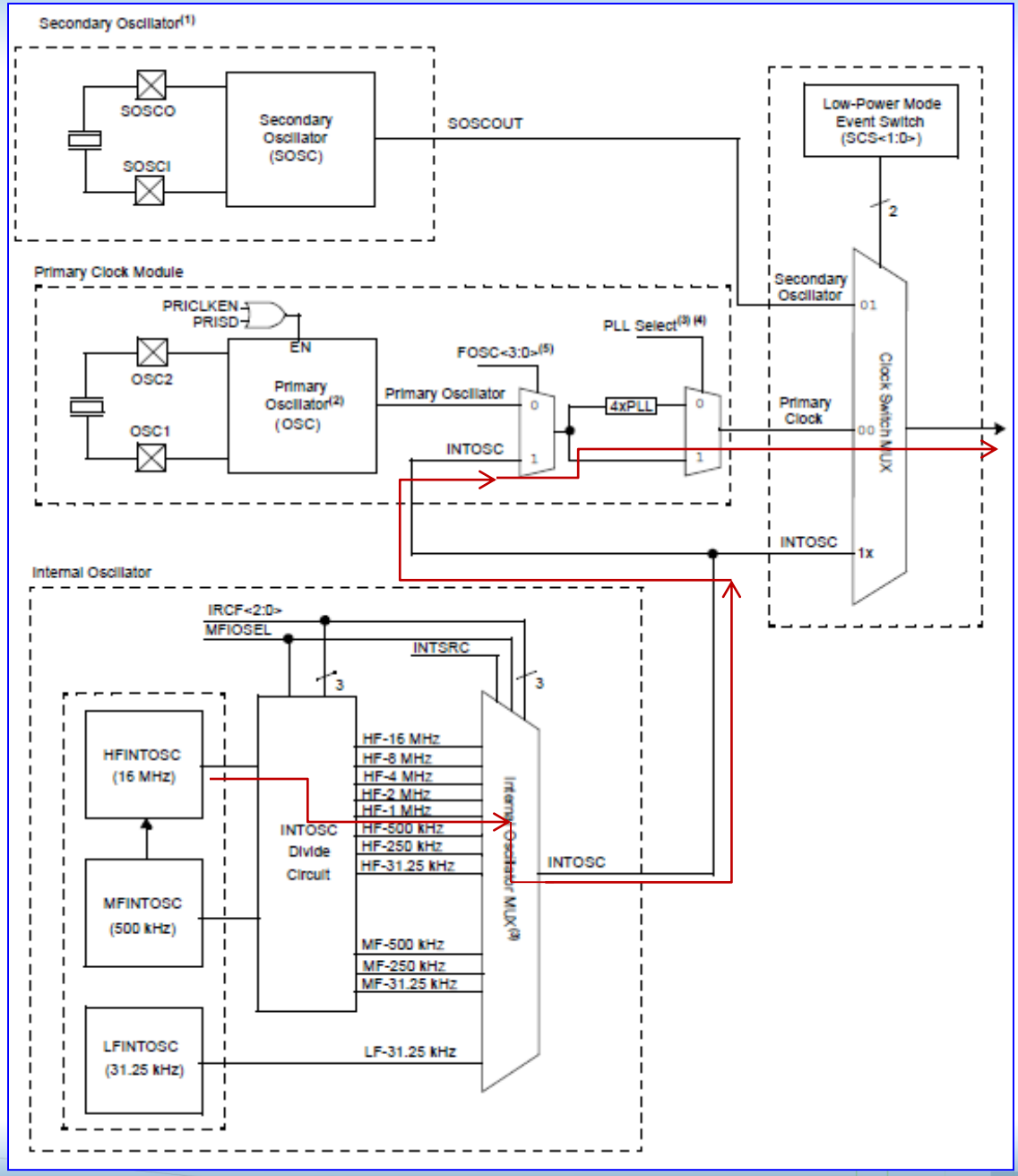
- **System Clock 選擇 Internal Oscillator**
  - INTOSC(內部振盪器)
- **Internal Clock 選擇內定的**
  - 1MHz_HF

在Easy Setup頁面裡

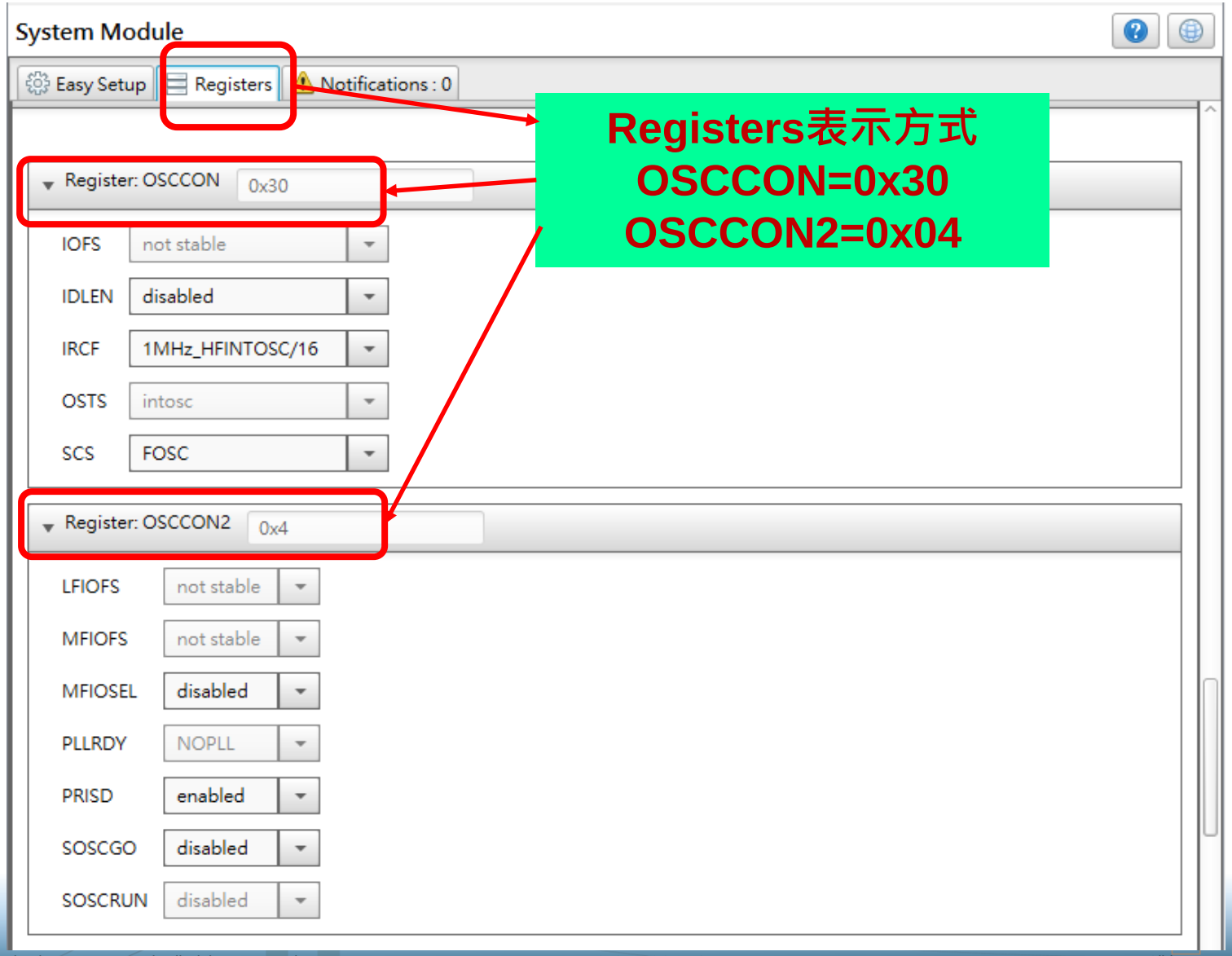
確定工作頻率 (Fosc)為1 MHz



- **PIC18F45K22 震盪器方塊圖**
  - **FOSC**
  - **HF- 1MHz**



震盪器的設定 (OSCCON 及 OSCCON2)



2.3 Register Definitions: Oscillator Control

REGISTER 2-1: OSCCON: OSCILLATOR CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R-q	R-0	R/W-0	R/W-0
IDLEN	IRCF<2:0>			OSTS(1)	HFIOFS	SCS<1:0>	
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	q = depends on condition
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7 **IDLEN:** Idle Enable bit
1 = Device enters Idle mode on SLEEP instruction
0 = Device enters Sleep mode on SLEEP instruction

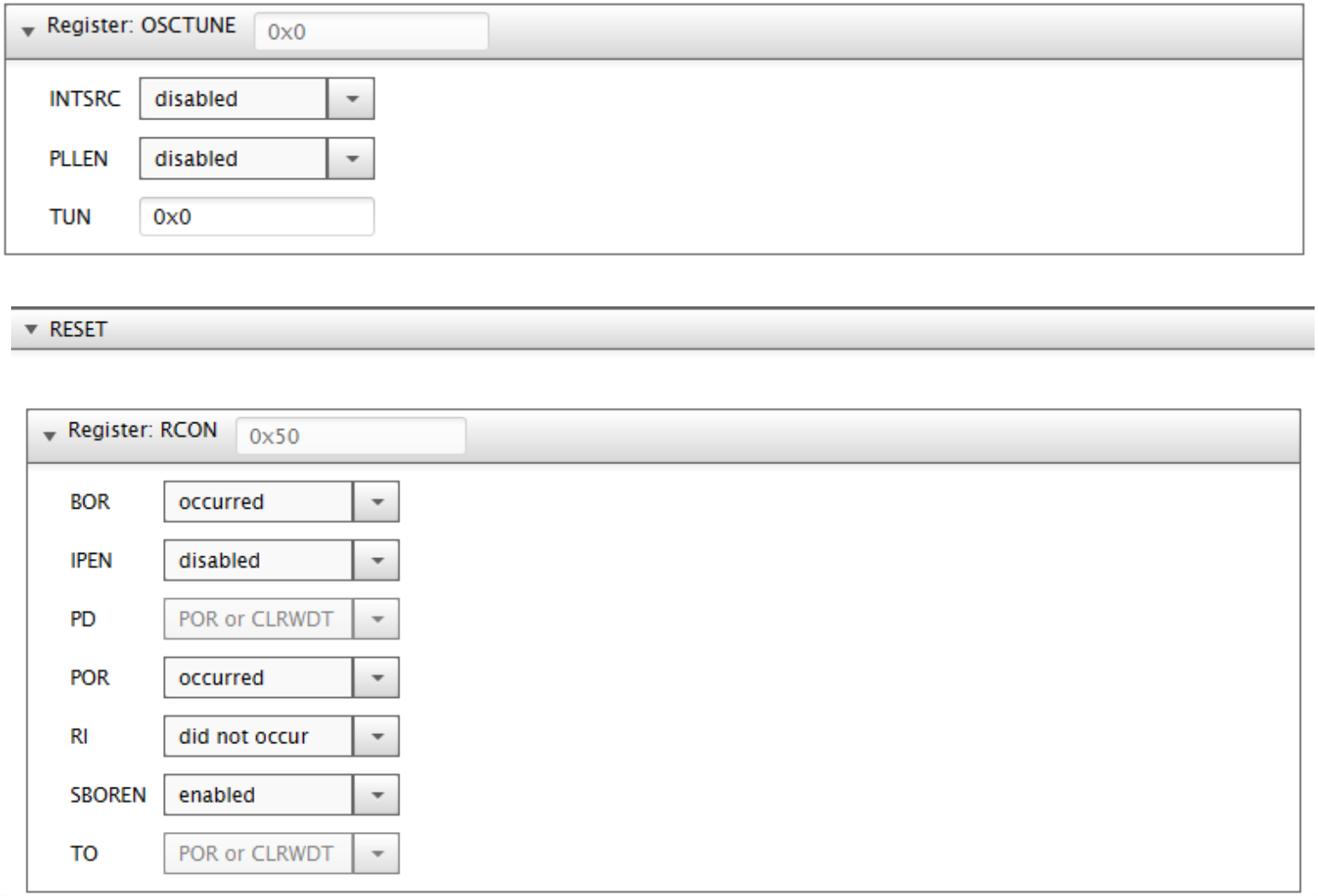
bit 6-4 **IRCF<2:0>:** Internal RC Oscillator Frequency Select bit
111 = HFINTOSC – (16 MHz)
110 = HFINTOSC/2 – (8 MHz)
101 = HFINTOSC/4 – (4 MHz)
100 = HFINTOSC/8 – (2 MHz)
011 = HFINTOSC/16 – (1 MHz)(3)

If INTSRC = 0 and MFIOSEL = 0:
010 = HFINTOSC/32 – (500 kHz)
001 = HFINTOSC/64 – (250 kHz)
000 = LFINTOSC – (31.25 kHz)

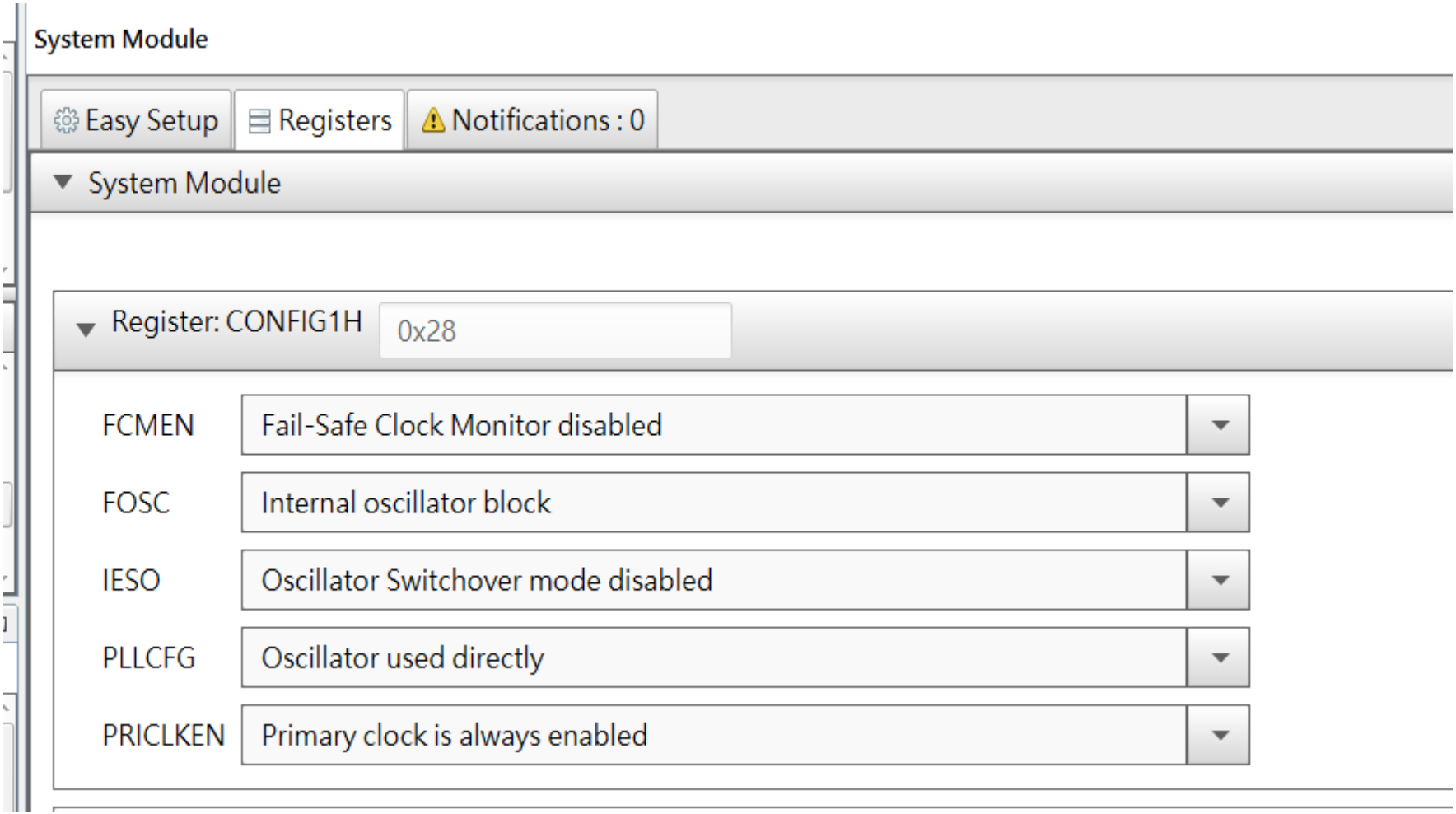
If INTSRC = 1 and MFIOSEL = 0:
010 = HFINTOSC/32 – (500 kHz)
001 = HFINTOSC/64 – (250 kHz)
000 = HFINTOSC/512 – (31.25 kHz)

If INTSRC = 0 and MFIOSEL = 1:
010 = MFINTOSC – (500 kHz)
001 = MFINTOSC/2 – (250 kHz)
000 = LFINTOSC – (31.25 kHz)

震盪器及Reset的設定 (OSCTUNE及RCON)



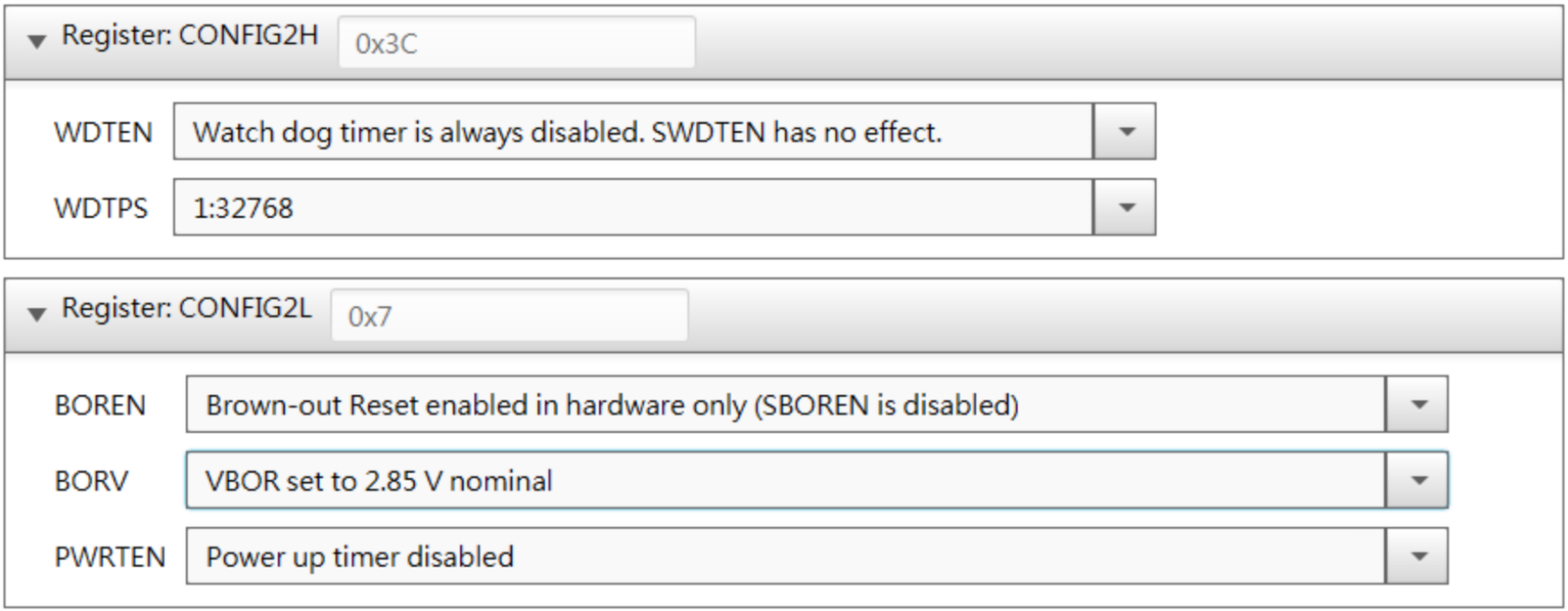
震盪器的設定 (COFIG1H)



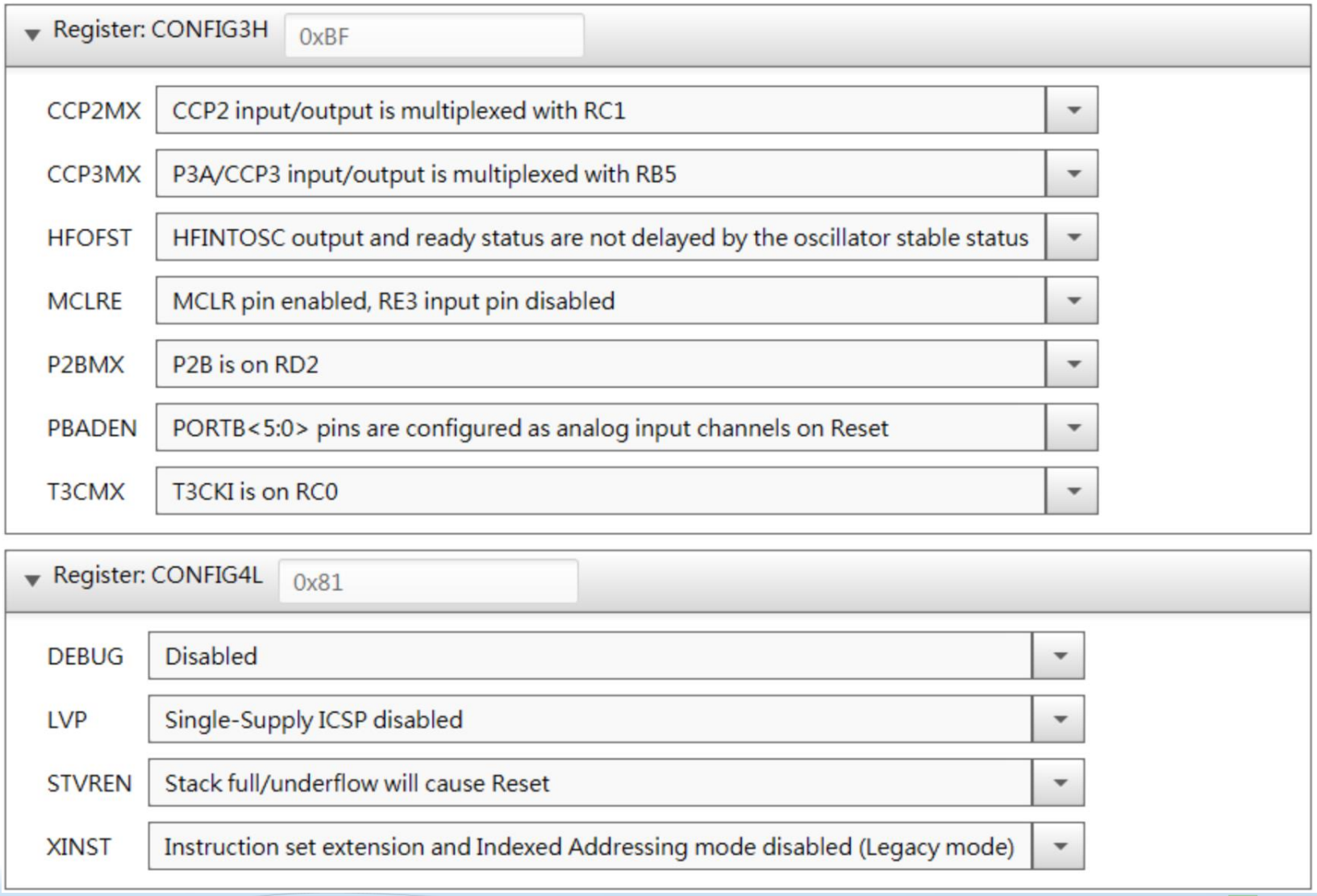
其它 Config. Bits 的設定（一）

- **CONFIG2L**
  - BOREN SBORDIS, BORV 285, PWRTEN ON
- **CONFIG2H**
  - WDTEN OFF **(**除錯時的必要選項）
- **CONFIG3H**
  - CCP2MX PORTC1, PBADEN OFF, MCLRE EXTMCLR **(**除錯模式下需使用 **MCLR** 腳**)**
- **CONFIG4L**
  - LVP OFF, STVREN ON, XINTST OFF
    - 如使用 **Lite** 版的 **XC8** 要將 **XINTST** 設成 **OFF**

其它 Config. Bits 的設定 (一)



其它 Config. Bits 的設定 (二)

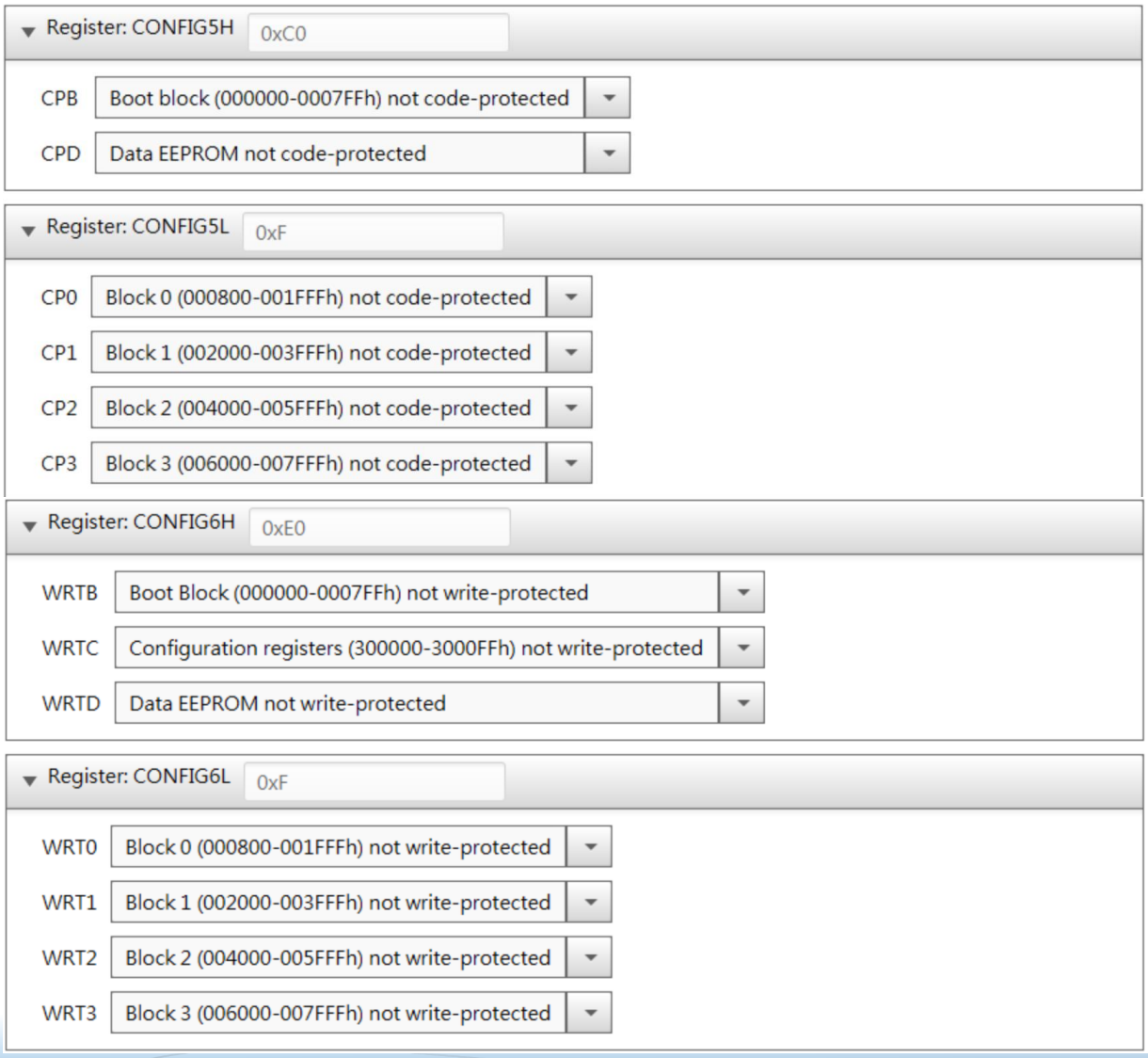


其它 Config. Bits 的設定 (三)

- **CONFIG5L (設成OFF)**
  - 區塊程式碼保護設定，除錯階段關閉所有的保護設定
- **CONFIG5H (設成OFF)**
  - Boot 區塊保護，EEROM 資料保護
- **CONFIG6L (設成OFF)**
  - 程式區塊禁止程式執行的寫入
- **CONFIG6H (設成OFF)**
  - Config. Reg, EEPROM, Boot 區塊寫入的保護

除錯階段請關閉所有的保護設定

其它 Config. Bits 的設定 (四)



其它 Config. Bits 的設定 (五)

- **CONFIG7L (設成OFF)**
  - 程式碼區塊禁止 Table Read 指令讀取的保護
- **CONFIG7H (設成OFF)**
  - Boot 區塊禁止 Table Read 指令讀取的保護

除錯階段如請關閉所有的保護設定

其它 Config. Bits 的設定 (六)

Register: CONFIG7H 0x40

EBTRB: Boot Block (000000-0007FFh) not protected from table reads executed in other blocks

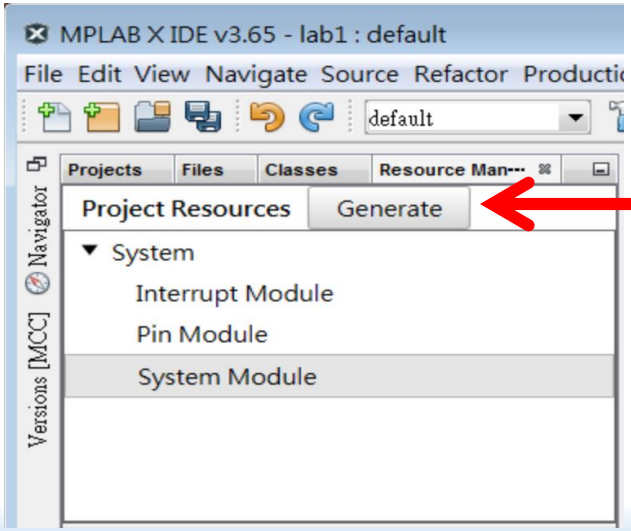
Register: CONFIG7L 0xF

EBTR0: Block 0 (000800-001FFFh) not protected from table reads executed in other blocks

EBTR1: Block 1 (002000-003FFFh) not protected from table reads executed in other blocks

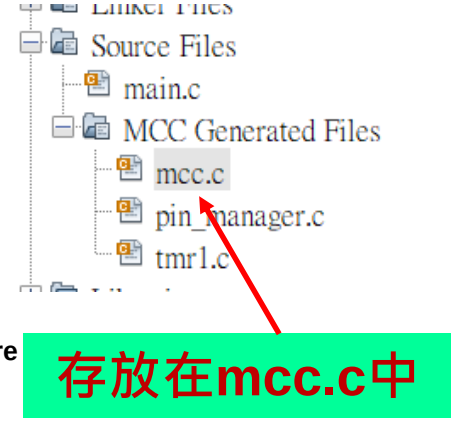
EBTR2: Block 2 (004000-005FFFh) not protected from table reads executed in other blocks

EBTR3: Block 3 (006000-007FFFh) not protected from table reads executed in other blocks



Press Generate Button

MCC 產生的 Config 設定




```
// CONFIG1H
#pragma config FOSC = INTIO67    // Oscillator Selection bits->Internal oscillator block
#pragma config PLLCFG = OFF    // 4X PLL Enable->Oscillator used directly
#pragma config PRICLKEN = ON    // Primary clock enable bit->Primary clock is always enabled
#pragma config FCMEN = OFF    // Fail-Safe Clock Monitor Enable bit->Fail-Safe Clock Monitor disabled
#pragma config IESO = OFF    // Internal/External Oscillator Switchover bit->Oscillator Switchover mode dis

// CONFIG2L
#pragma config PWRTEN = OFF    // Power-up Timer Enable bit->Power up timer disabled
#pragma config BOREN = SBORDIS    // Brown-out Reset Enable bits->Brown-out Reset enabled in hardware
#pragma config BORV = 285    // Brown Out Reset Voltage bits->VBOR set to 2.85 V nominal

// CONFIG2H
#pragma config WDTEN = OFF    // Watchdog Timer Enable bits->Watch dog timer is always disabled. SWDTEN has no effect.
#pragma config WDTPS = 32768    // Watchdog Timer Postscale Select bits->1:32768

// CONFIG3H
#pragma config CCP2MX = PORTC1    // CCP2 MUX bit->CCP2 input/output is multiplexed with RC1
#pragma config PBADEN = ON    // PORTB A/D Enable bit->PORTB<5:0> pins are configured as analog input channels on Reset
#pragma config CCP3MX = PORTB5    // P3A/CCP3 Mux bit->P3A/CCP3 input/output is multiplexed with RB5
#pragma config HFOFST = ON    // HFINTOSC Fast Start-up->HFINTOSC output and ready status are not delayed by the oscillator stable status
#pragma config T3CMX = PORTC0    // Timer3 Clock input mux bit->T3CKI is on RC0
#pragma config P2BMX = PORTD2    // ECCP2 B output mux bit->P2B is on RD2
#pragma config MCLRE = EXTMCLR    // MCLR Pin Enable bit->MCLR pin enabled, RE3 input pin disabled

// CONFIG4L
#pragma config STVREN = ON    // Stack Full/Underflow Reset Enable bit->Stack full/underflow will cause Reset
#pragma config LVP = OFF    // Single-Supply ICSP Enable bit->Single-Supply ICSP disabled
#pragma config XINST = OFF    // Extended Instruction Set Enable bit->Instruction set extension and Indexed Addressing mode disabled (Legacy r
#pragma config DEBUG = OFF    // Background Debug->Disabled
```

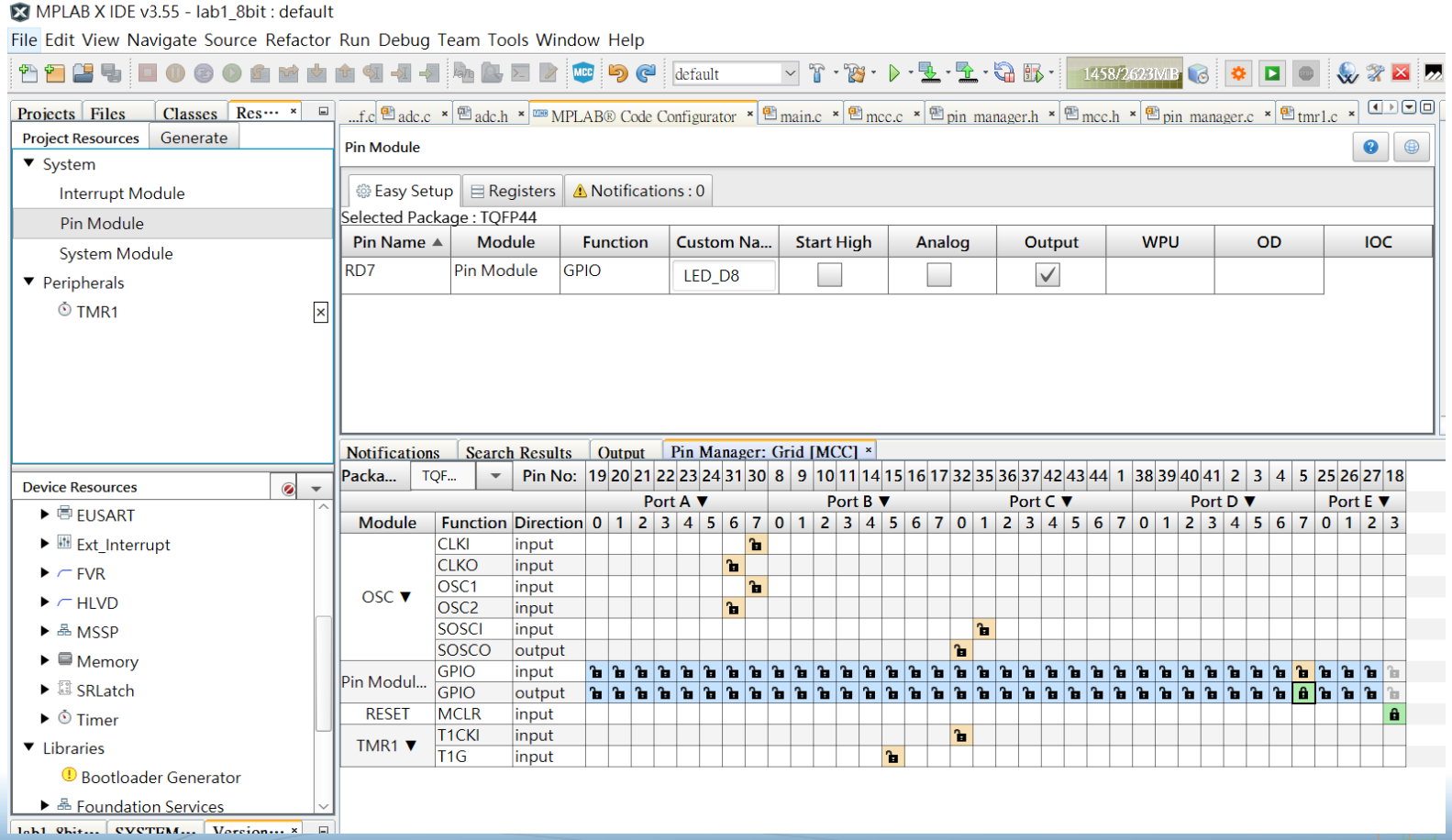
MCC 產生的 Config 設定

```
// CONFIG5L
#pragma config CP0 = OFF    // Code Protection Block 0->Block 0 (000800-001FFFh) not code-protected
#pragma config CP1 = OFF    // Code Protection Block 1->Block 1 (002000-003FFFh) not code-protected
#pragma config CP2 = OFF    // Code Protection Block 2->Block 2 (004000-005FFFh) not code-protected
#pragma config CP3 = OFF    // Code Protection Block 3->Block 3 (006000-007FFFh) not code-protected

// CONFIG5H
#pragma config CPB = OFF    // Boot Block Code Protection bit->Boot block (000000-0007FFh) not code-protected
#pragma config CPD = OFF    // Data EEPROM Code Protection bit->Data EEPROM not code-protected

// CONFIG6L
#pragma config WRT0 = OFF    // Write Protection Block 0->Block 0 (000800-001FFFh) not write-protected
#pragma config WRT1 = OFF    // Write Protection Block 1->Block 1 (002000-003FFFh) not write-protected
#pragma config WRT2 = OFF    // Write Protection Block 2->Block 2 (004000-005FFFh) not write-protected
#pragma config WRT3 = OFF    // Write Protection Block 3->Block 3 (006000-007FFFh) not write-protected

// CONFIG6H
#pragma config WRTC = OFF    // Configuration Register Write Protection bit->Configuration registers (300000-3000FFh) not write-protected
#pragma config WRTB = OFF    // Boot Block Write Protection bit->Boot Block (000000-0007FFh) not write-protected
#pragma config WRTD = OFF    // Data EEPROM Write Protection bit->Data EEPROM not write-protected

// CONFIG7L
#pragma config EBTR0 = OFF    // Table Read Protection Block 0->Block 0 (000800-001FFFh) not protected from table reads executed in other bloc
#pragma config EBTR1 = OFF    // Table Read Protection Block 1->Block 1 (002000-003FFFh) not protected from table reads executed in other bloc
#pragma config EBTR2 = OFF    // Table Read Protection Block 2->Block 2 (004000-005FFFh) not protected from table reads executed in other bloc
#pragma config EBTR3 = OFF    // Table Read Protection Block 3->Block 3 (006000-007FFFh) not protected from table reads executed in other bloc

// CONFIG7H
#pragma config EBTRB = OFF    // Boot Block Table Read Protection bit->Boot Block (000000-0007FFh) not protected from table reads executed in
```

GPIO 腳位的設定

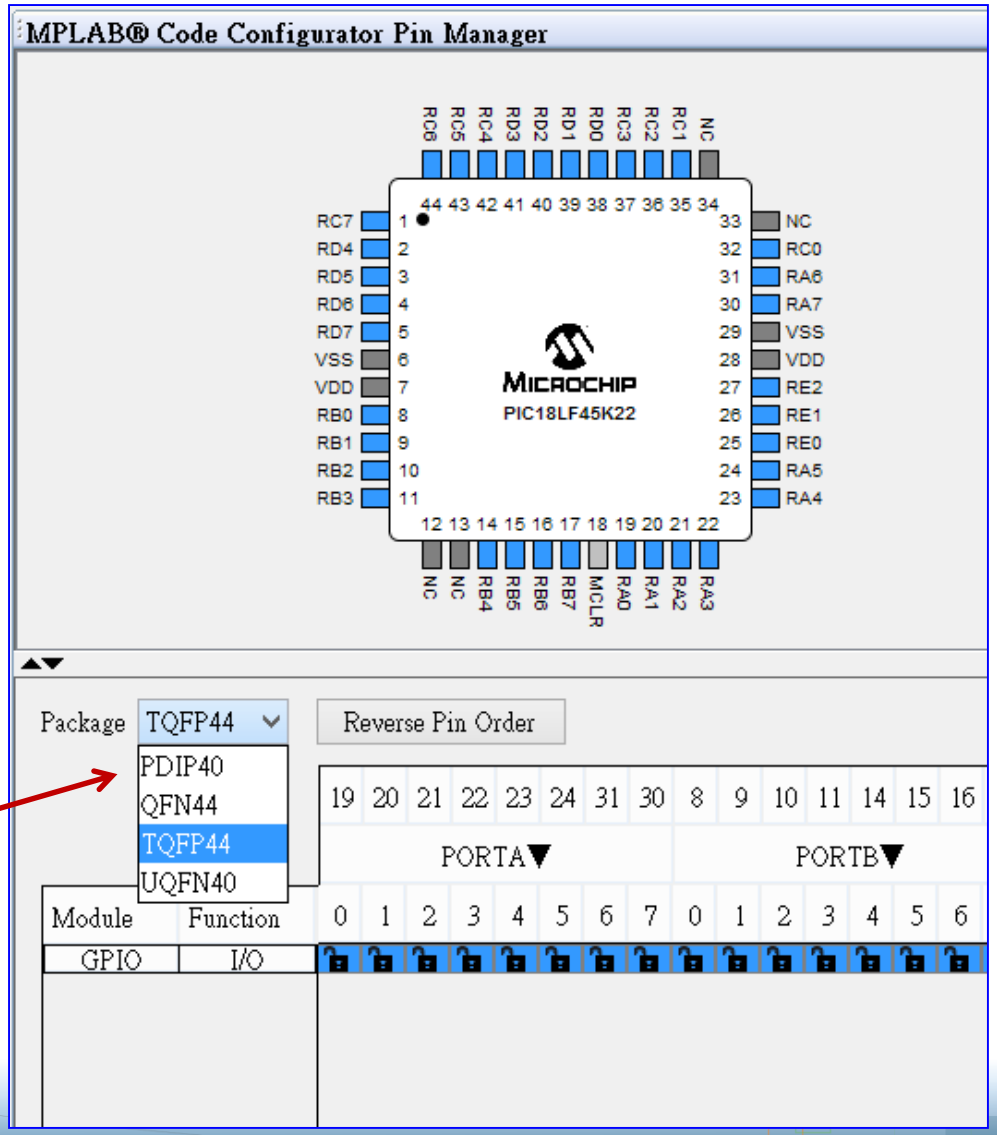
GPIO 腳位設定

- 在 **Project Resources** 視窗下
  - 點選 “Pin Module”



GPIO 腳位設定

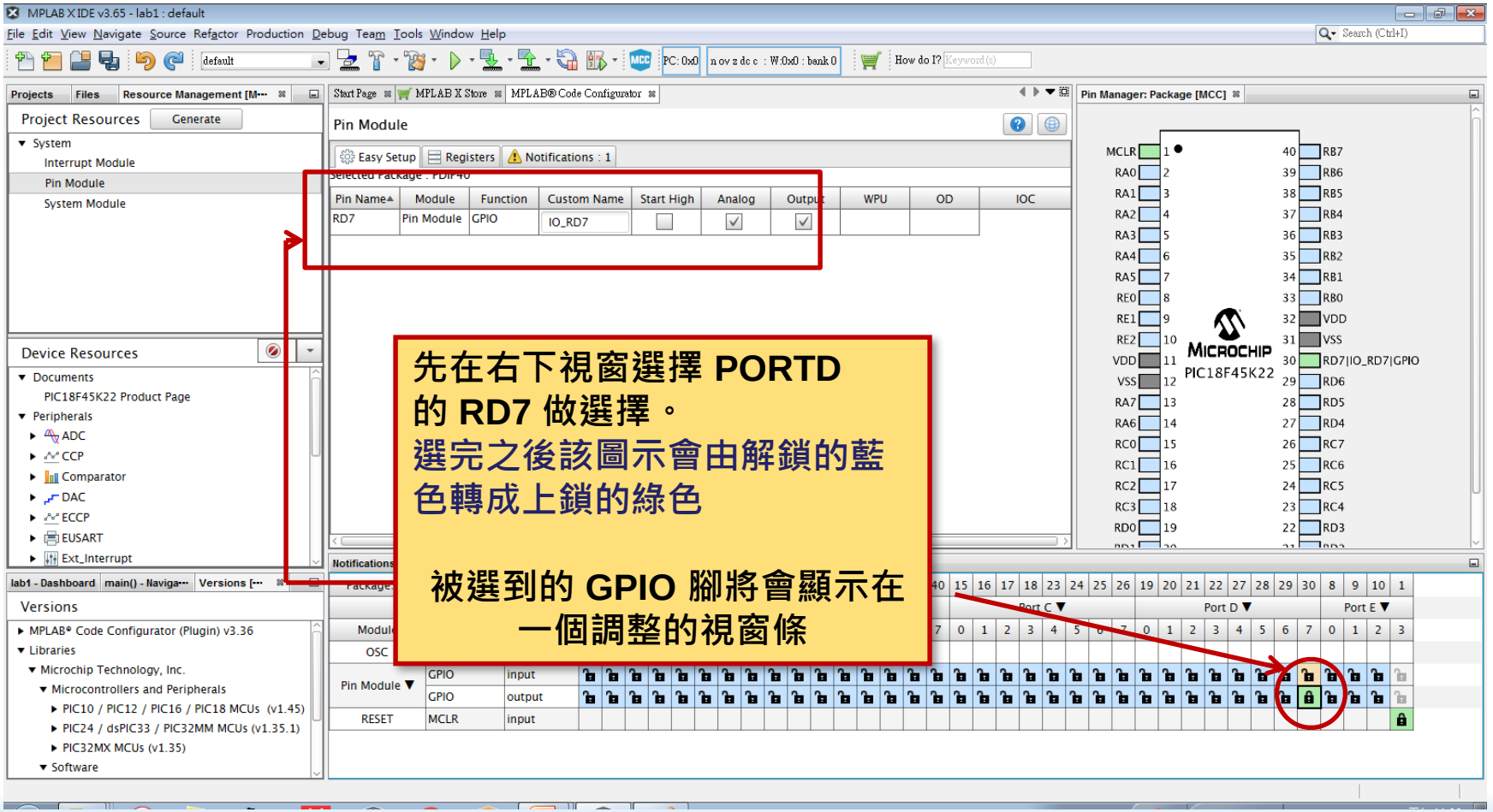
- 元件包裝的變更
  - PDIP40
  - QFN44
  - TQFP44
  - UQFN40



選擇所需的包裝

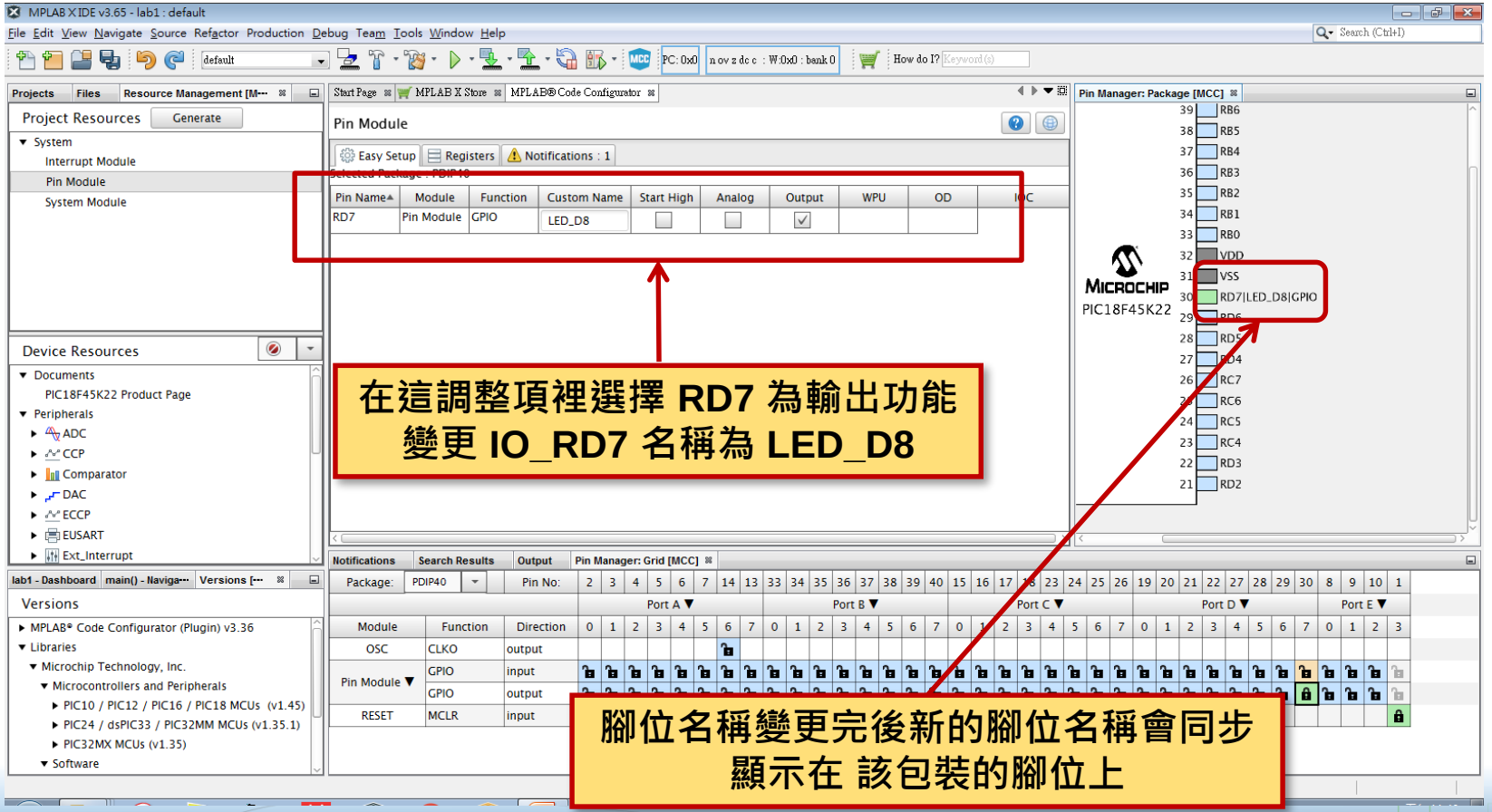
GPIO 腳位設定

- 在 MCC Pin Manager 視窗下選擇 **RD7**



GPIO 腳位設定

- 設定 **RD7** 為輸出腳功能，並更改名稱為 **LED_D8 (程式使用)**



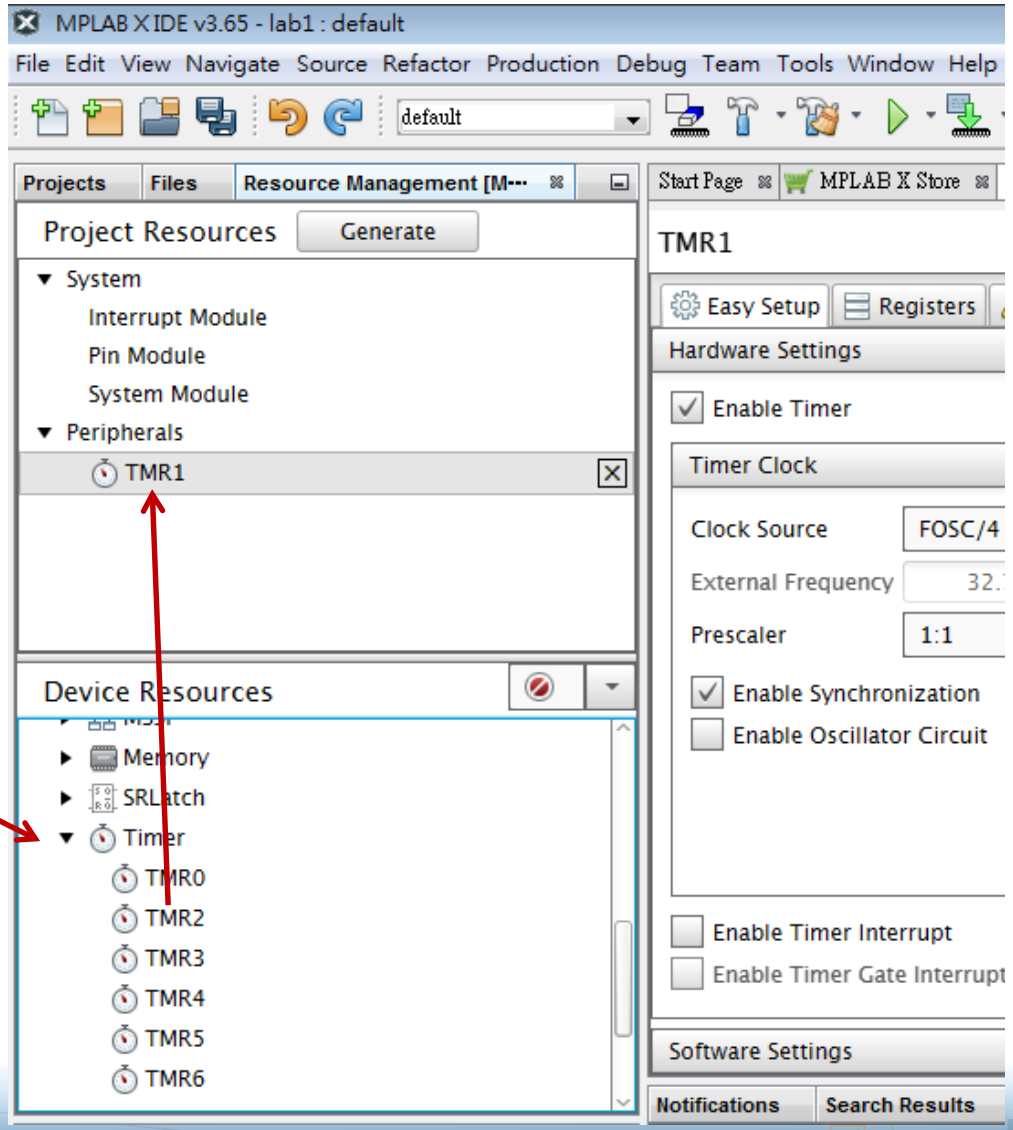
Timer
的設定

Timer1 設定

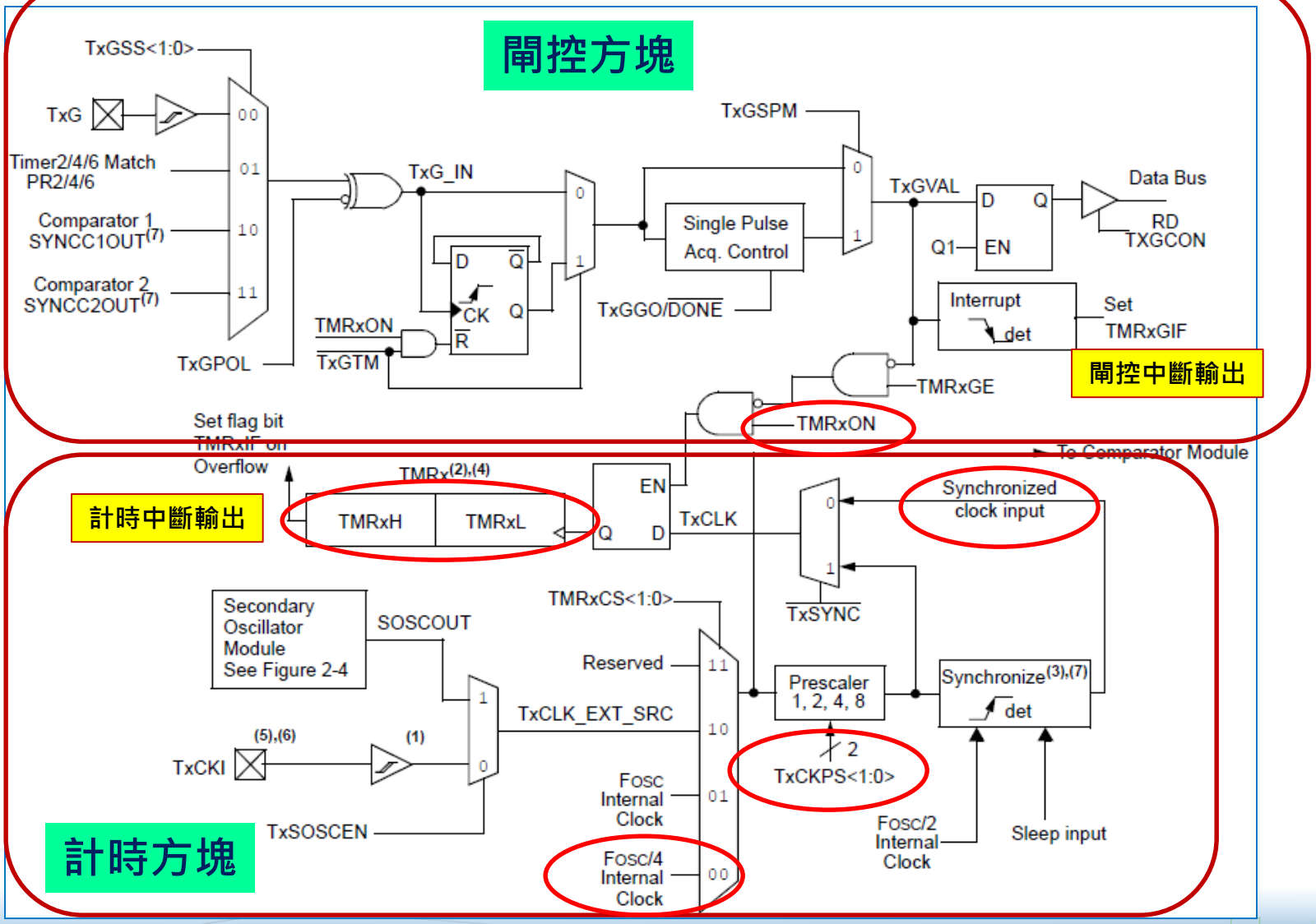
- 選擇 TMR1

雙點選 “Timer” 後顯示所有的 Timer 模組

點選 TMR1::TMR 的模組後將會移到 ” Project Resources” 的視窗

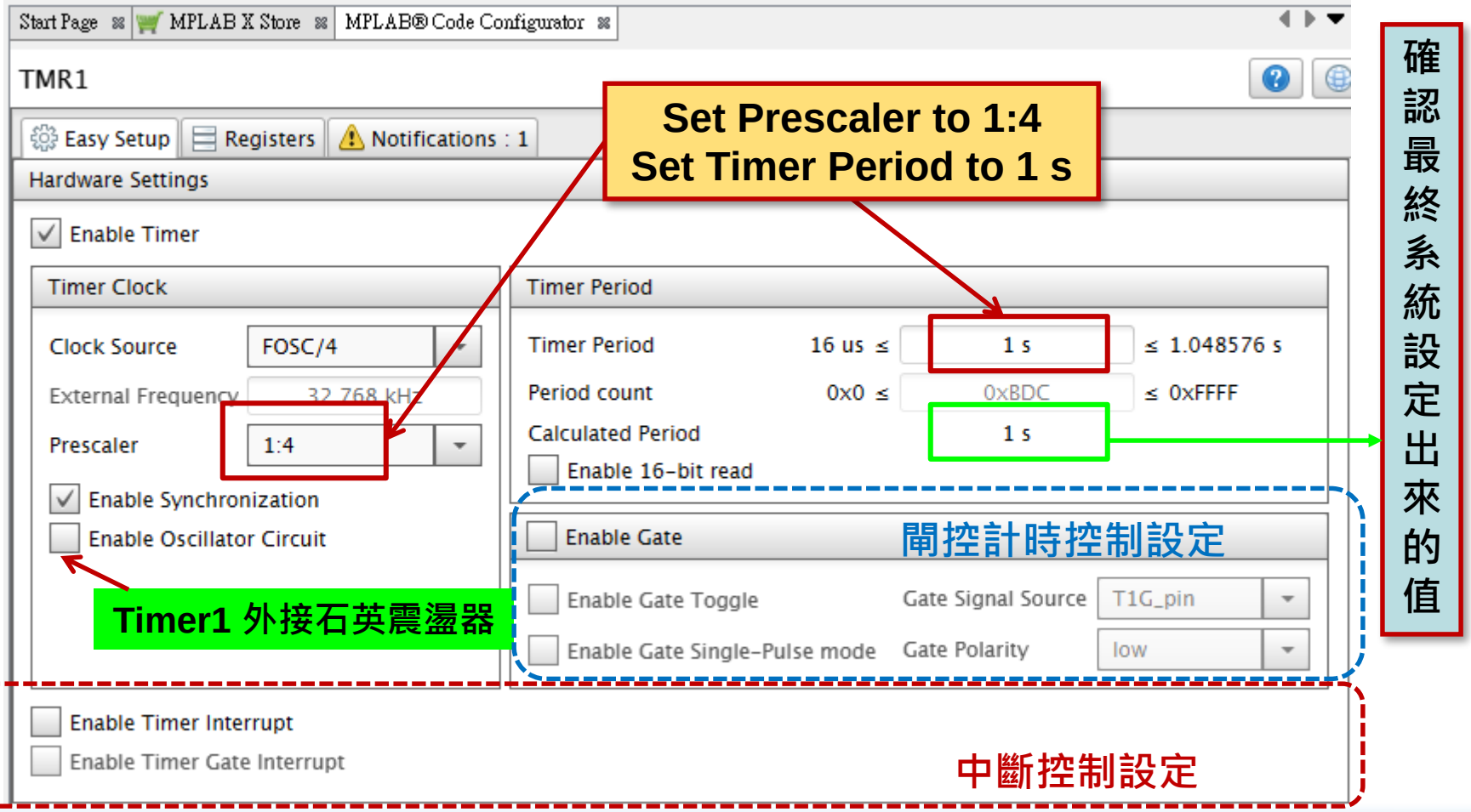


Timer1/3/5 方塊圖



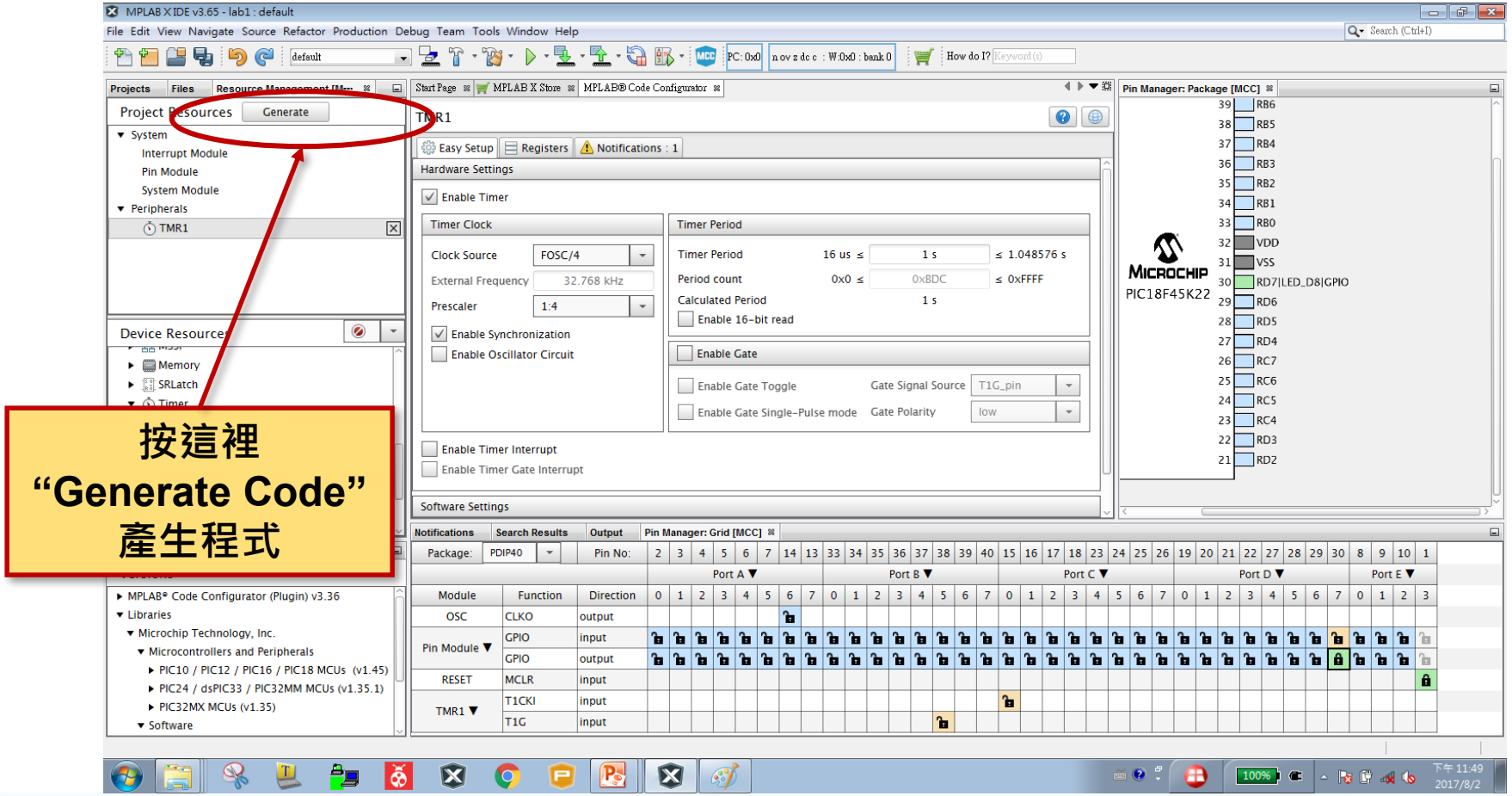
Timer1 設定

- Timer1 設定說明



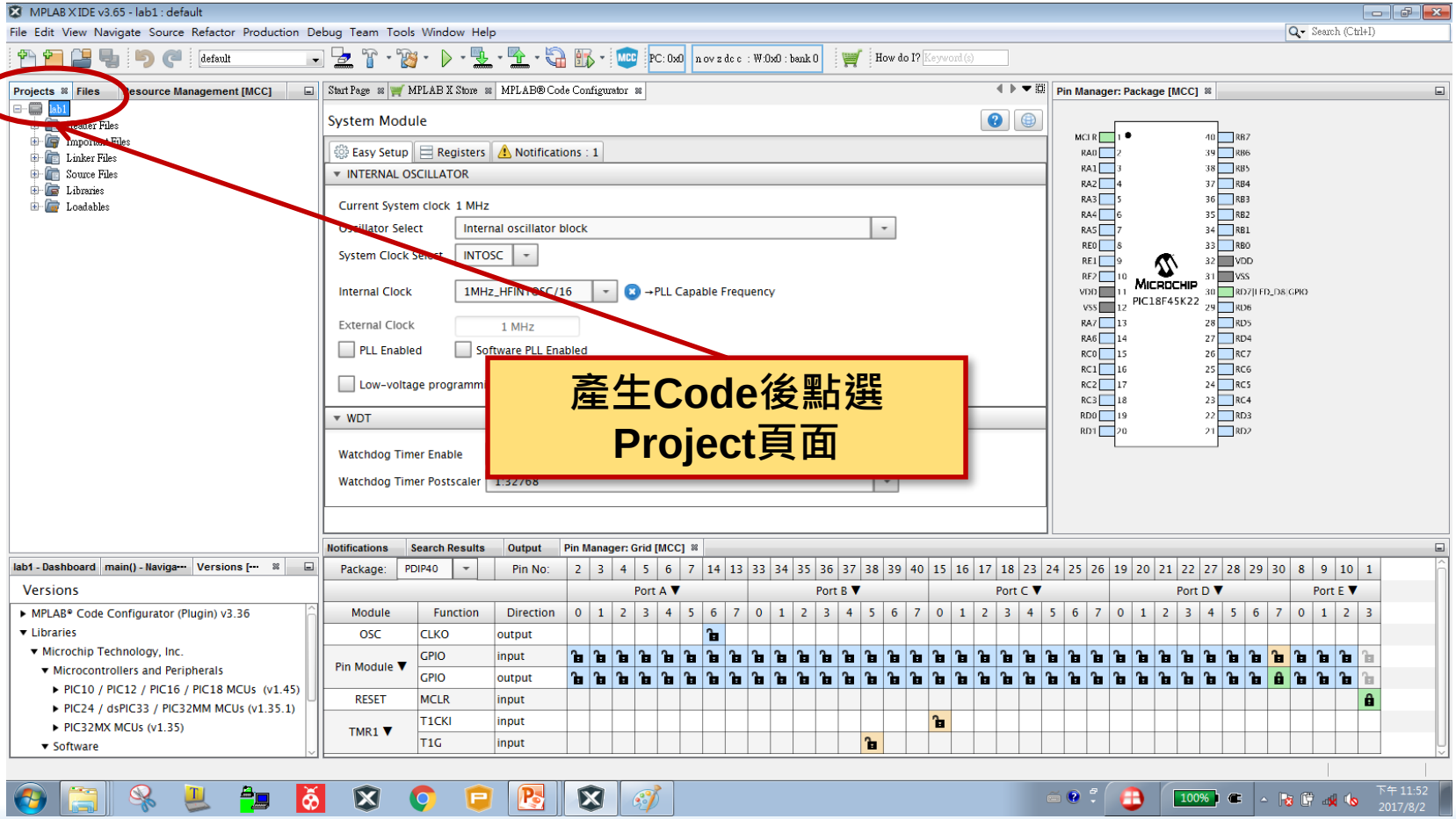
程式產生器

- 開始產生 C 程式並加到專案裡

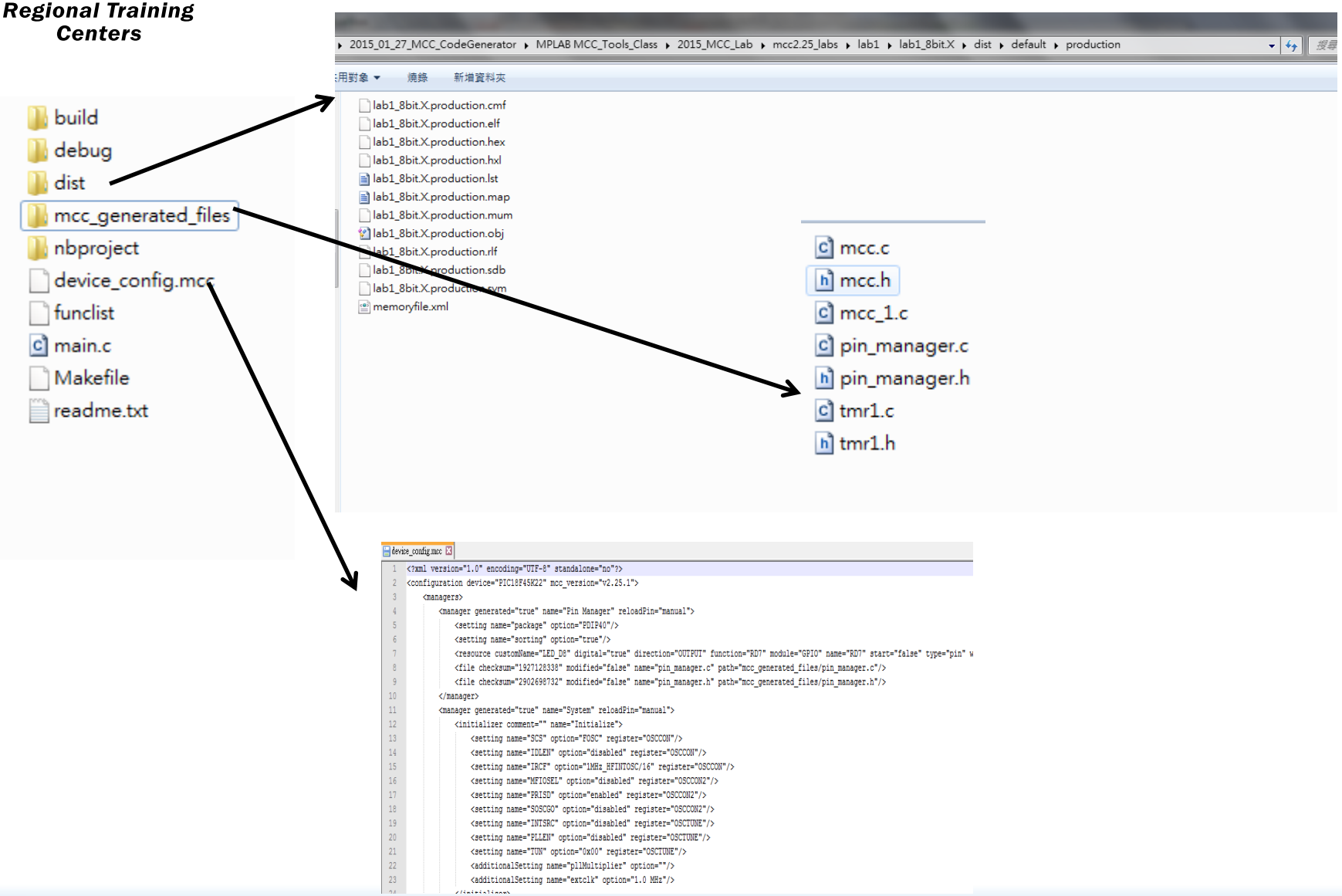


PIC18 Lab 1

- 產生Code後點選Project頁面

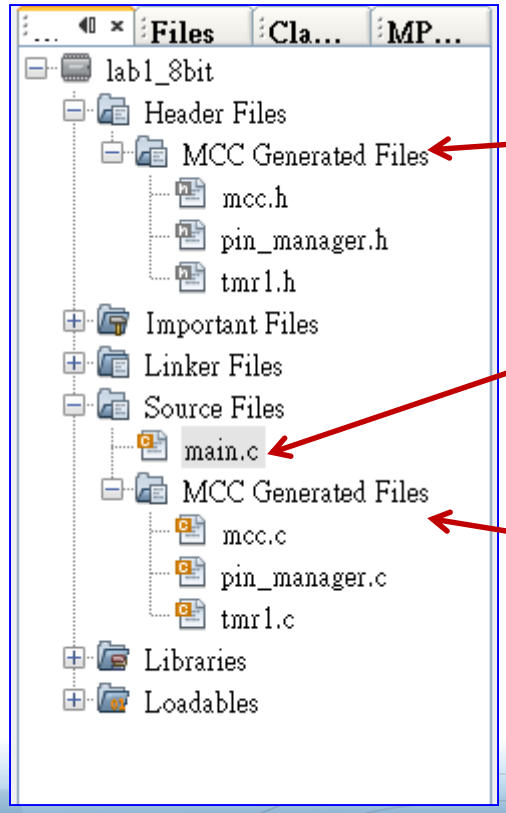


專案目錄下檔案的分析



PIC18 Lab 1

- 專案視窗下程式產生器所產生的檔案
  - 程式產生器所產生的檔案在 **MCC Generated Files** 的目錄下



展開標頭檔的檔案
mcc.h
pin_manager.h
tmr1.h

你的原始程式區
main.c

展開原始程式 (C code)檔案裡的周邊程式設定檔
mcc.c
pin_manager.c
tmr1.c

如何使用 MCC 所產生的標頭檔 mcc.h

- **mcc.h –** 為所有周邊標頭檔的總管，將其加在 **main.c** 其它 **MCC** 所產生的 **h** 檔將一併函入

```
#ifndef         MCC_H
#define         MCC_H
#include        <xc.h>                  // 加入 XC8 的主標頭檔
#include        "pin_manager.h"         // 加入腳位設定的標頭檔
#include        "tmr1.h"                // 加入 Timer1 的設定標頭檔

#define  _XTAL_FREQ  1000000            // 定義工作頻率 Fosc
void SYSTEM_Initialize(void);           // 函數原型宣告
void OSCILLATOR_Initialize(void);
```

標頭檔的說明 pin_manager.h

- **pin_manager.h – 為所有的 I/O 腳位定義動作的巨集，I/O 函數原型宣告**

```
void PIN_MANAGER_Initialize (void);  // 原型宣告
//get/set LED_D8 aliases
#define LED_D8_TRIS              TRISD7
#define LED_D8_LAT               LATD7
#define LED_D8_PORT              PORTDbits.RD7
#define LED_D8_ANS               ANSD7
#define LED_D8_SetHigh()         do { LATD7 = 1; } while(0)
#define LED_D8_SetLow()          do { LATD7 = 0; } while(0)
#define LED_D8_Toggle()          do { LATD7 = ~LATD7; } while(0)
#define LED_D8_GetValue()        PORTDbits.RD7
#define LED_D8_SetDigitalInput()        do { TRISD7 = 1; } while(0)
#define LED_D8_SetDigitalOutput()       do { TRISD7 = 0; } while(0)
#define LED_D8_SetAnalogMode()          do { ANSD7 = 1; } while(0)
#define LED_D8_SetDigitalMode()         do { ANSD7 = 0; } while(0)
```

標頭檔的說明 tmr1.h

- **tmr1.h – 為 Timer1 函數原型宣告**

```
#include <stdbool.h>
#include <stdint.h>

void TMR1_Initialize(void);
void TMR1_StartTimer(void);
void TMR1_StopTimer(void);
uint16_t TMR1_ReadTimer(void);
void TMR1_WriteTimer(uint16_t timerVal);
void TMR1_Reload(void);
void TMR1_StartSinglePulseAcquisition(void);
uint8_t TMR1_CheckGateValueStatus(void);
bool TMR1_HasOverflowOccured(void);
```

Timer1 使用基本範例

```
TMR1_Initialize();
TMR1_WriteTimer(0x055);
TMR1_StartTimer();
```

MCC 主程式說明
mcc.c

- **mcc.c – 為 MCC 主要的程式**

```
#pragma config IESO = OFF
#pragma config PLLCFG = OFF
#pragma config PRICLKEN = OFF
#pragma config FOSC = INTIO67
#pragma config FCMEN = OFF
:
#include "mcc.h"

void SYSTEM_Initialize(void)
{
    OSCILLATOR_Initialize();
    PIN_MANAGER_Initialize();
    TMR1_Initialize();
}
```

上方為產生的 Config. Bits 的設定

MCC 所產生的各式周邊函數，使用時只要在 main.c 呼叫函數 SYSTEM_Initialize( ) 即可完成周邊設定

MICROCHIP
Regional Training Centers

pin_manager.c & tmr1.c

- **pin_Manager.c - I/O 腳的設定函數**

  PIN_MANAGER_Initialize( )

- **tmr1.c – Tmer1 的函數**

  void TMR1_Initialize(void)

  void TMR1_StartTimer(void)

  void TMR1_StopTimer(void)

  uint16_t TMR1_ReadTimer(void)

  void TMR1_WriteTimer(uint16_t timerVal)

  void TMR1_Reload(void)

  void TMR1_StartSinglePulseAcquisition(void)

  uint8_t TMR1_CheckGateValueStatus(void)

  bool TMR1_HasOverflowOccured(void)

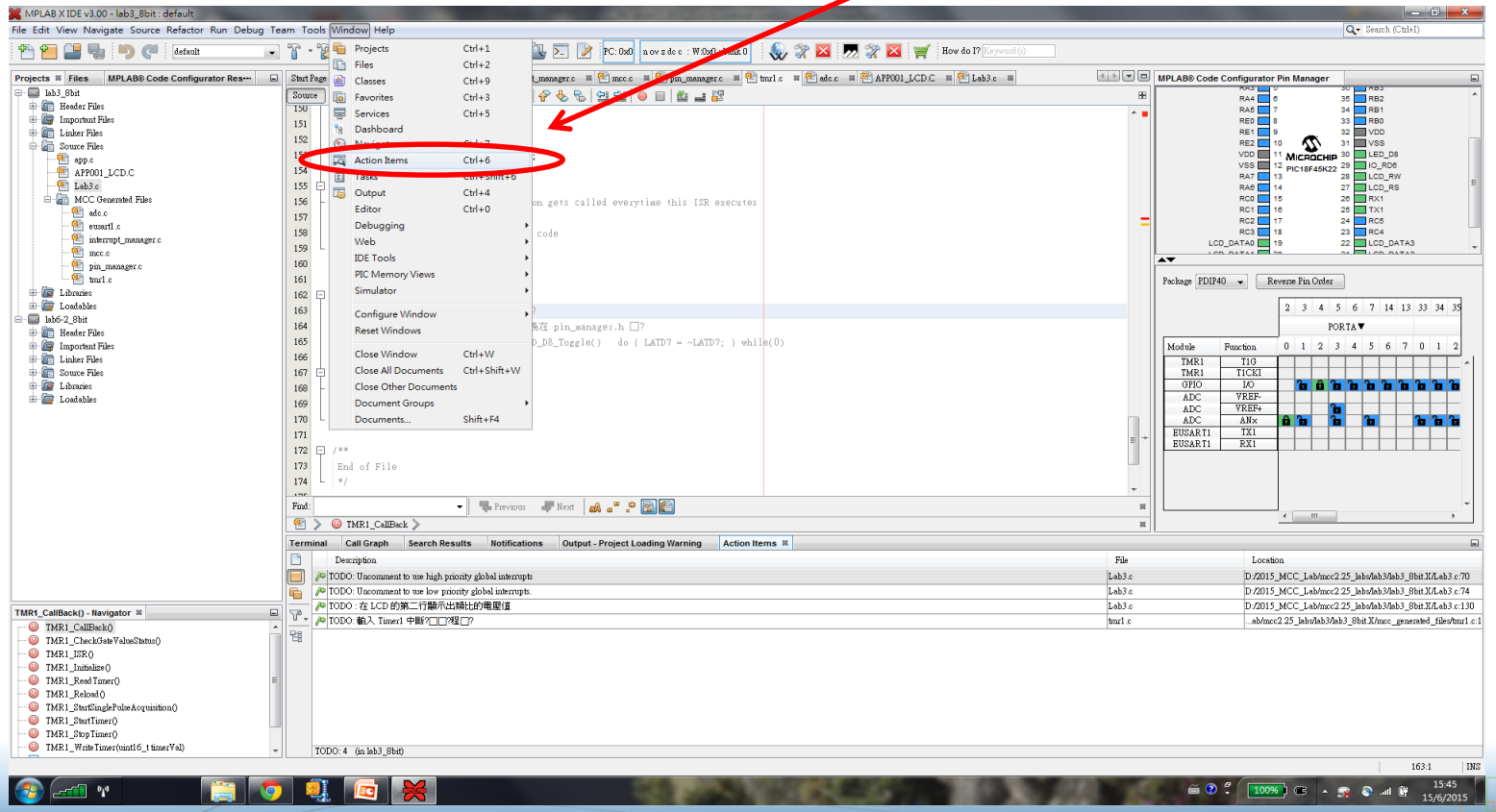
加入 MCC 到 main.c

- 從前面幾張投影片的檔案說明
  - 標頭檔只要加入： **mcc.h**
  - 程式裡呼叫 **SYSTEM_Initialize( )** 即可

```
#include "mcc_generated_files/mcc.h"

//      Main application

void main(void)
{
    // Initialize the device
    SYSTEM_Initialize( );
:
:
```

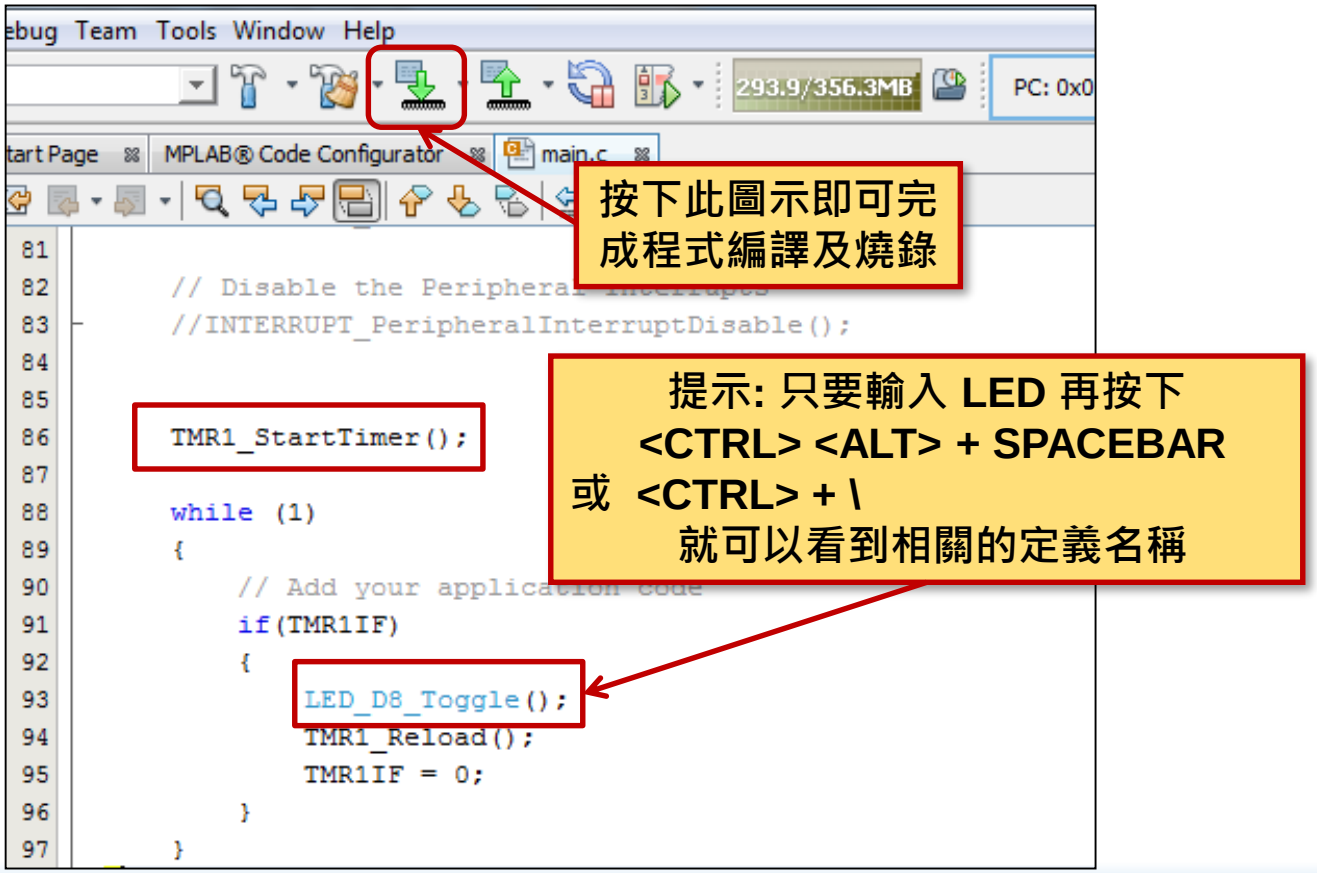
PIC18 Lab 1 動手寫程式

- 開啟 **MPLAB® X Tasks** 視窗，有兩個 **TODO** 事項需要完成



PIC18 Lab 1

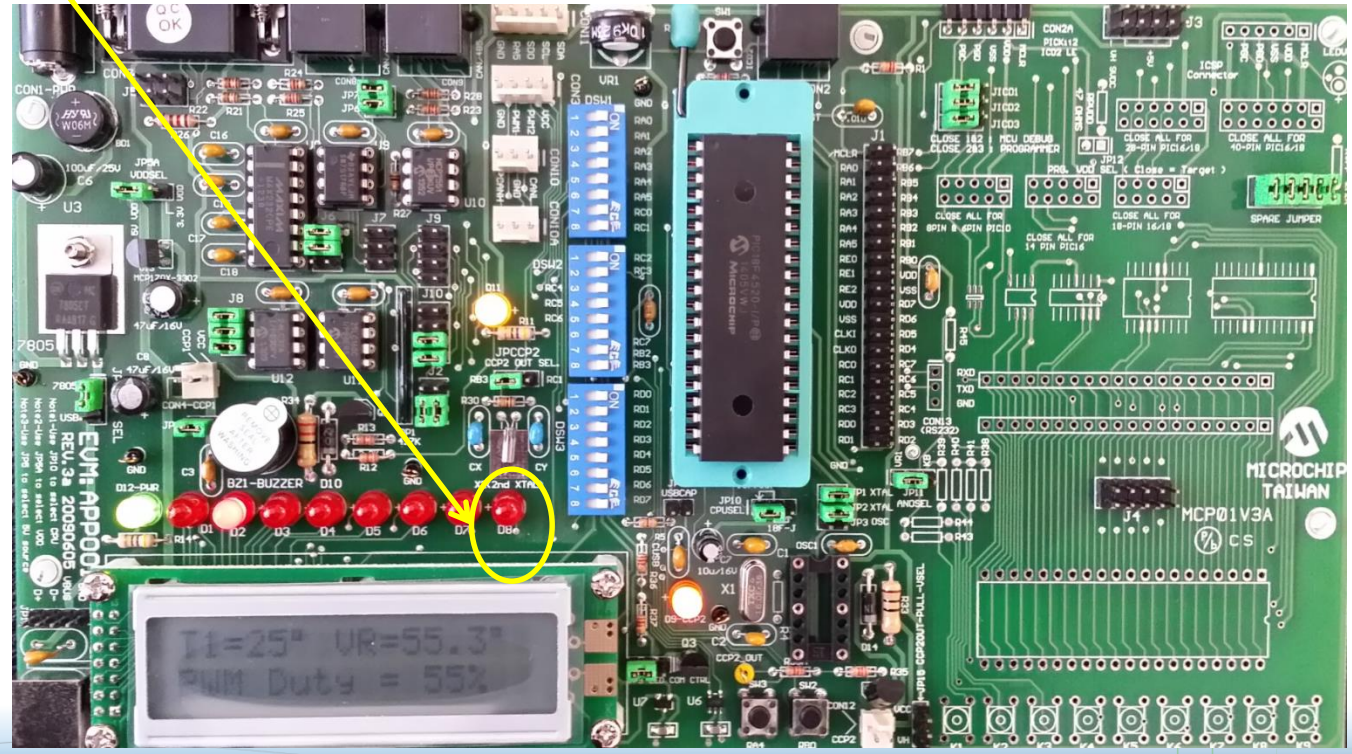
- 加入您的程式，按下燒錄圖示即可做程式編譯及燒錄。完成後應可以看到 **LED_D8** 間隔 **1** 秒閃爍。



PIC18 Lab 1

- 檢視 LED D8 的位置是否有每秒閃爍一次。

注意 LED D8 閃爍
(程式中取名為 LED_D8)



PIC18 Lab 1 結論

- 快速的設定 **GPIO** 來控制一個 **LED**
- 快速的設定 **Timer1** 做為 **1** 秒的計時器
- 快速地建立一個每秒閃爍的 **LED** 程式
- 以上是初體驗 **MCC**，再來就要更深入的來討論 **MCC** 的使用

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 2:

使用 Timer1 做一秒計時基準

LED 轉態一次 、讀取可變變阻電壓值、將電壓值經 UART 傳送至終端機上顯示

PIC18 Lab 2 目標

- 設定 **ADC** 模組的工作模式，並讀取可變電阻上的電壓值

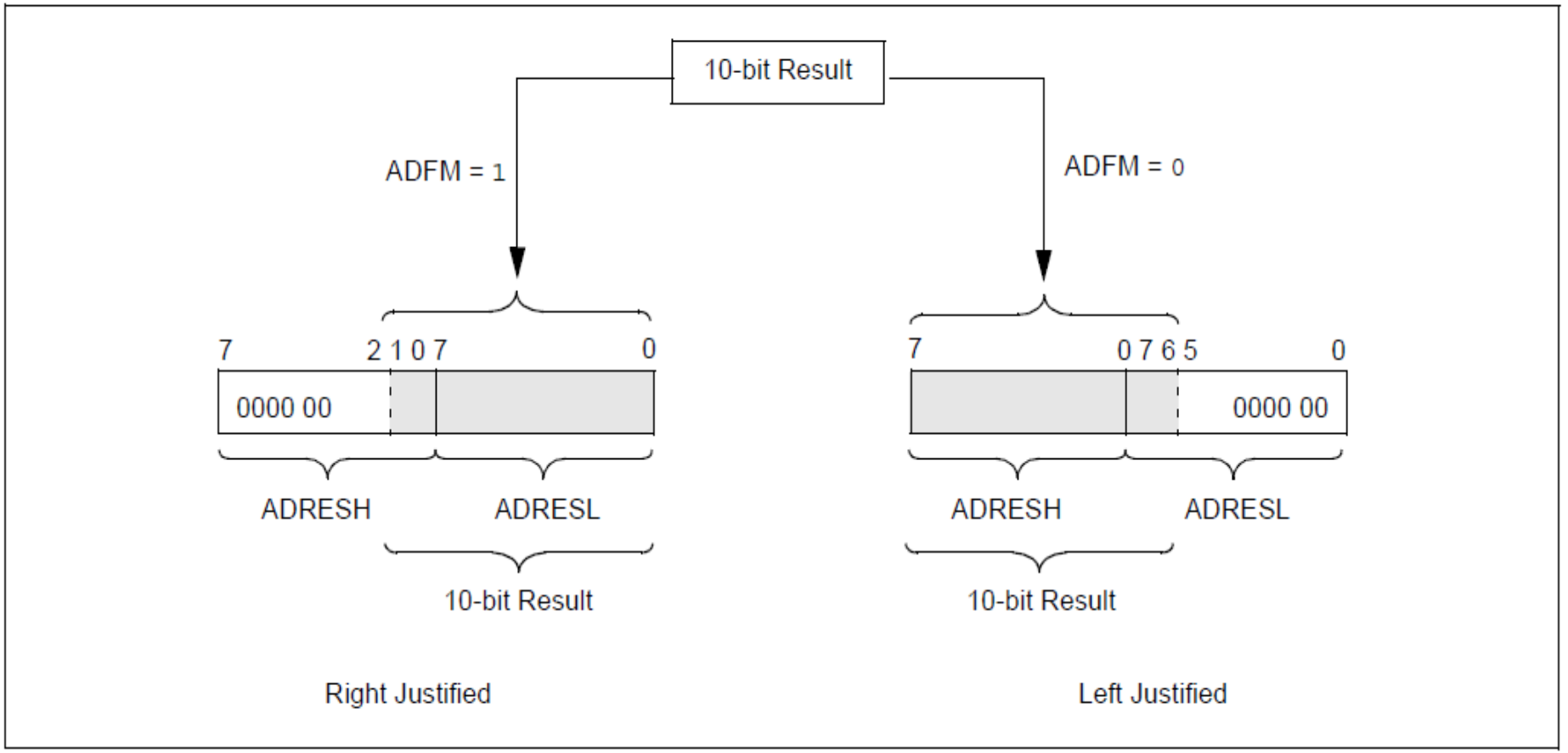
- 設定 **UART** 模組的工作模式，使用 **Timer1** 做一秒計時基準 **LED** 轉態一次 、讀取可變變阻電壓值、將電壓值經 **UART** 傳送至終端機上顯示

PIC18 Lab 2 操作概述

- 確定關閉編輯器所開啟的檔案及關閉 **MPLAB® X IDE** 下的所有專案
- 開啟 **lab2_8bit.X**
- 設定 **ADC1** 模組，輸入腳為 **AN0**
  - 設定輸出格式為向右靠齊 (right aligned)
  - 將 AN0 名稱變更為 POT_CHANNEL
- 設定 **EUSART1** 的通訊格式
  - 9600 Baud, Parity None and 1 Stop Bit
  - 將 STDIO 輸出轉向到 USART1

PIC18 Lab 2-ADC

FIGURE 11-4: A/D RESULT JUSTIFICATION



向右靠齊 (right aligned)

PIC18 Lab 2-UART BAUD RATE

EXAMPLE 16-1: CALCULATING BAUD RATE ERROR

For a device with FOSC of 16 MHz, desired baud rate of 9600, Asynchronous mode, 8-bit BRG:

$$Desired\ Baud\ Rate = \frac{FOSC}{64([SPBRGHx:SPBRGx] + 1)}$$

Solving for SPBRGHx:SPBRGx:

$$X = \frac{\frac{FOSC}{Desired\ Baud\ Rate}}{64} - 1$$

$$= \frac{\frac{16000000}{9600}}{64} - 1$$

$$= [25.042] = 25$$

$$Calculated\ Baud\ Rate = \frac{16000000}{64(25 + 1)}$$

$$= 9615$$

$$Error = \frac{Calc.\ Baud\ Rate - Desired\ Baud\ Rate}{Desired\ Baud\ Rate}$$

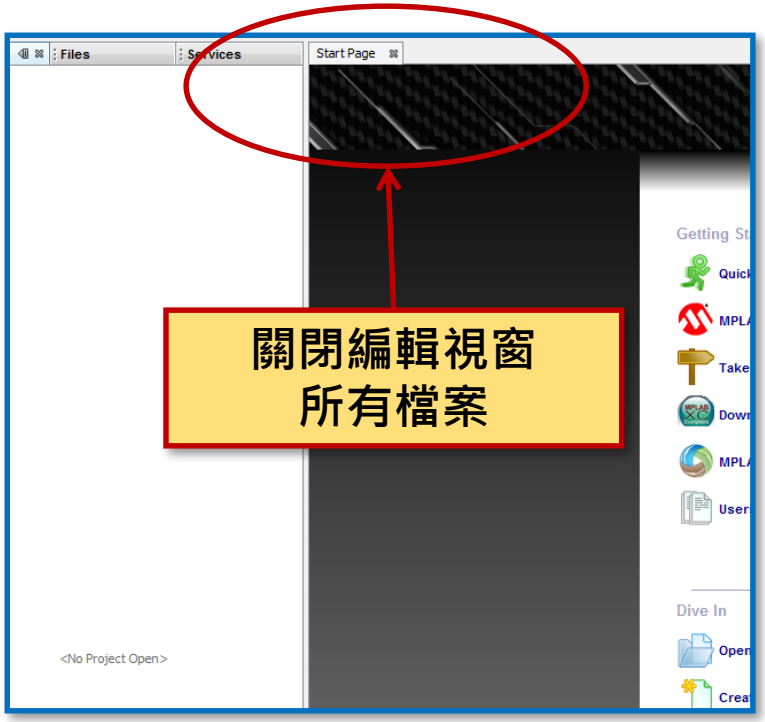
$$= \frac{(9615 - 9600)}{9600} = 0.16\%$$

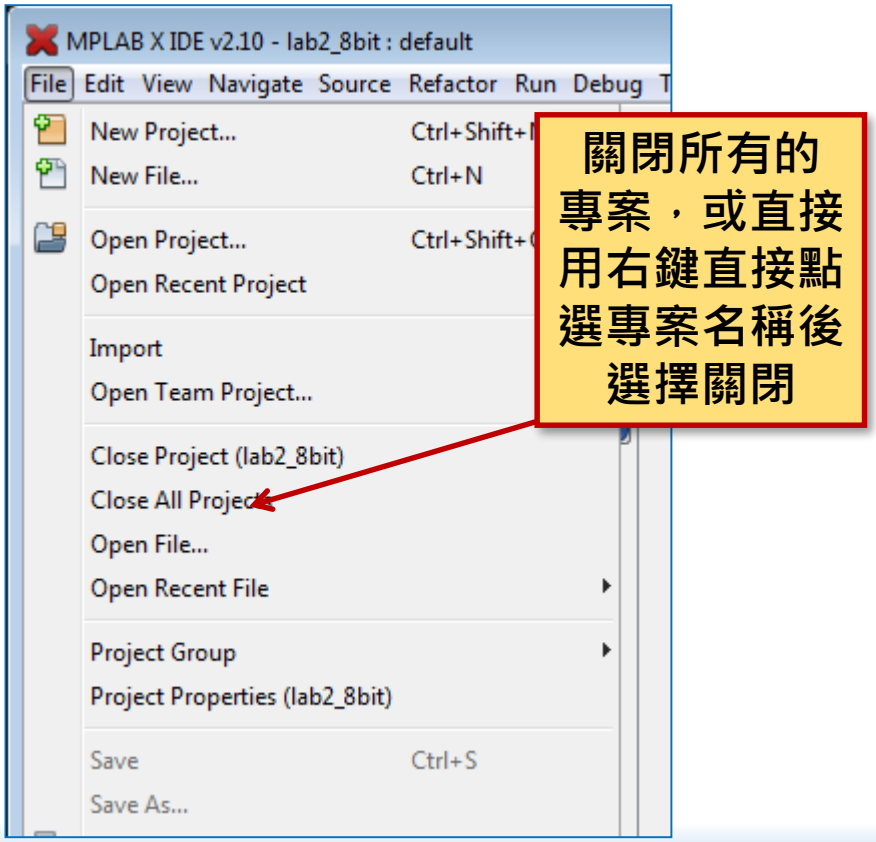
動手做實驗

PIC18 Lab2

PIC18 Lab 2

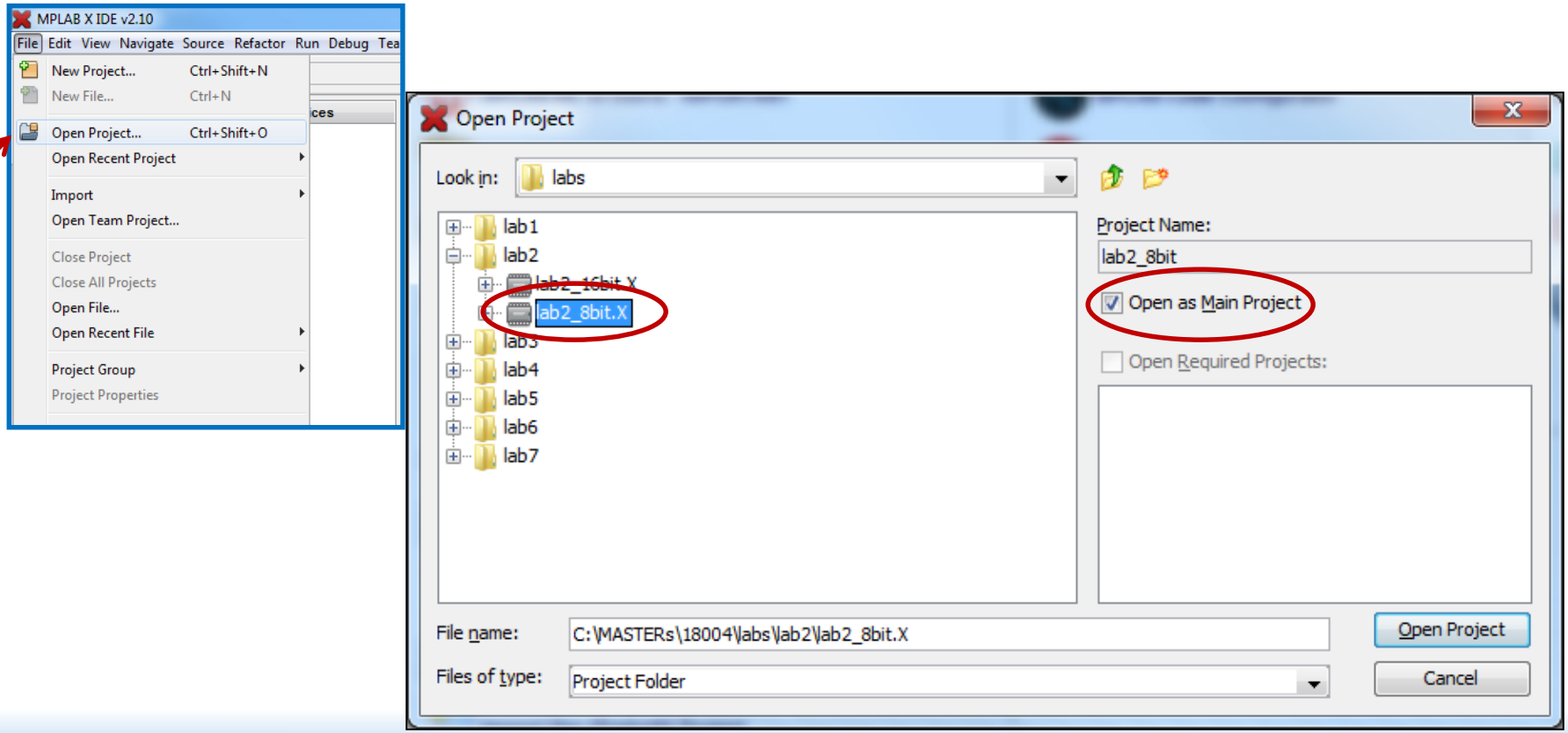
- 關閉編輯器所開啟的檔案及關閉 MPLAB® X IDE 下的所有專案





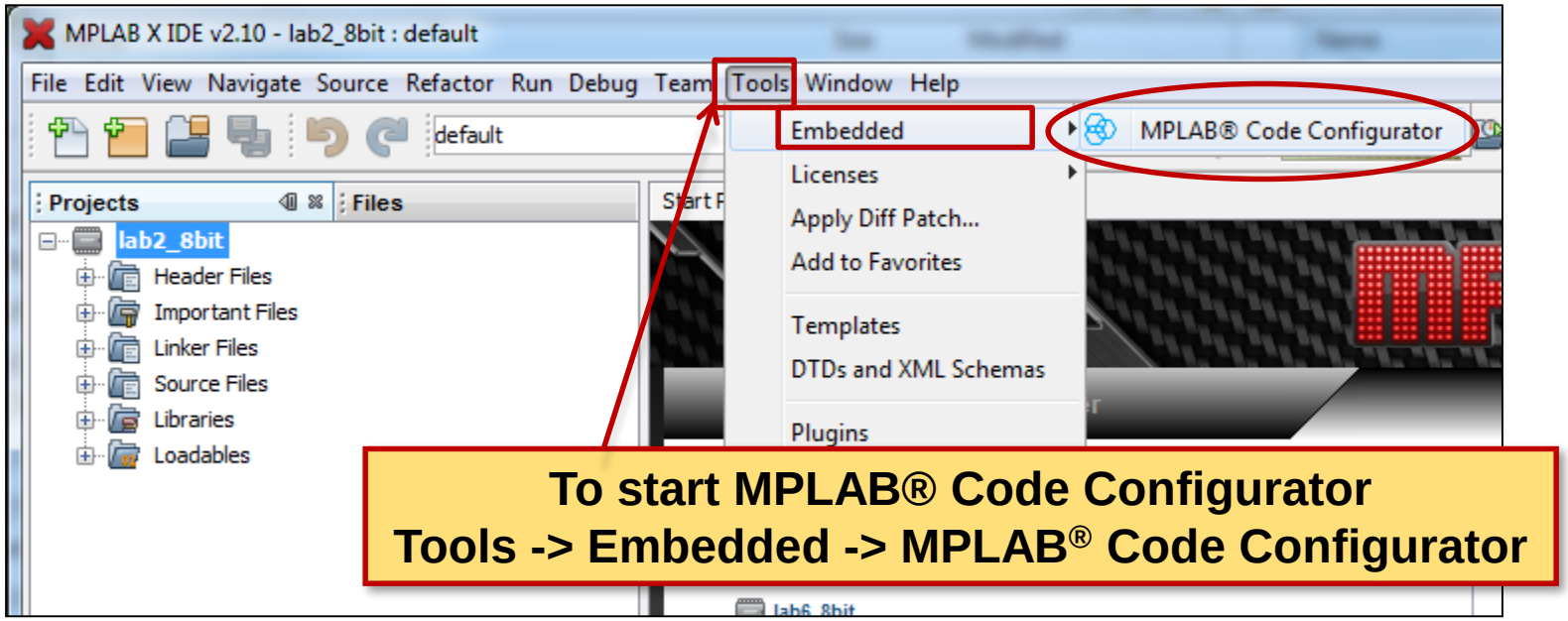
PIC18 Lab 2

- 開啟 **lab2_8bit.X**



PIC18 Lab 2

- 啟動 MPLAB® Code Configurator

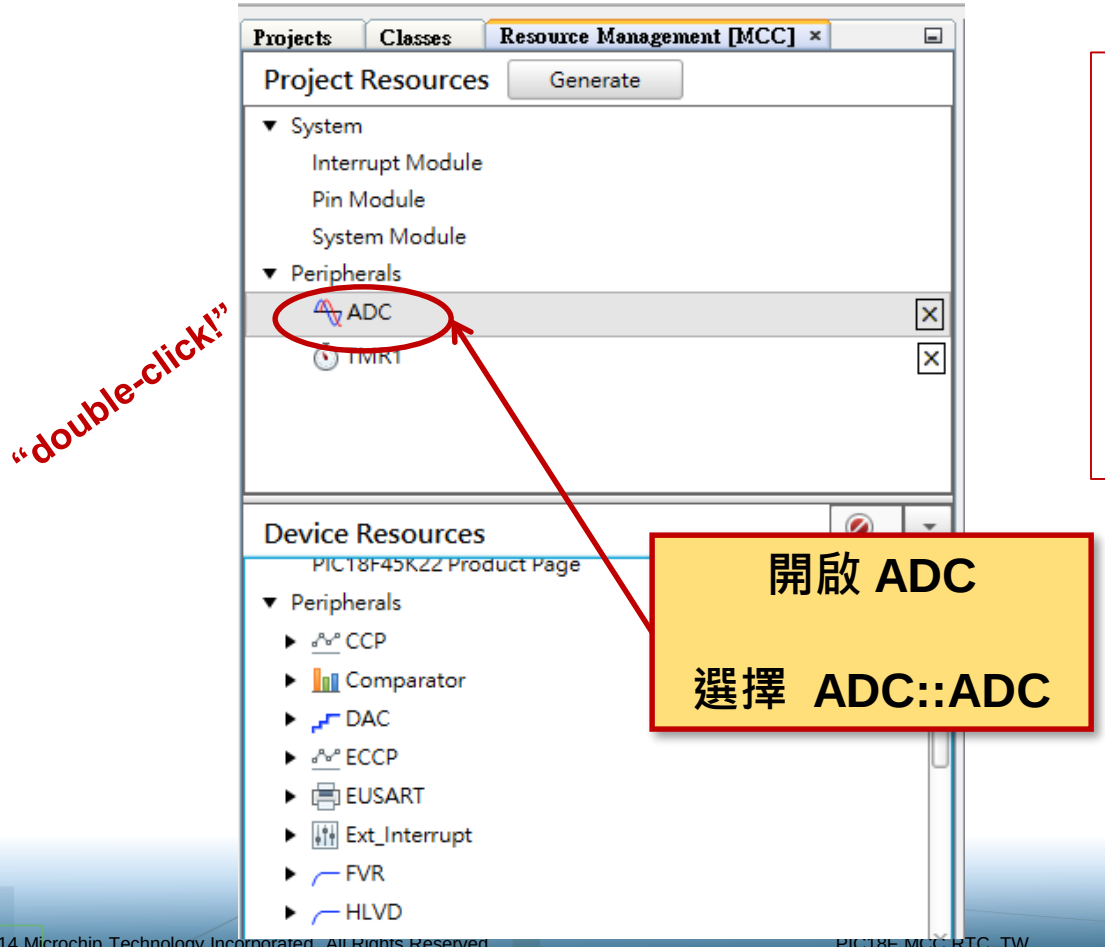


10-bit ADC

的設定

PIC18 Lab 2
ADC

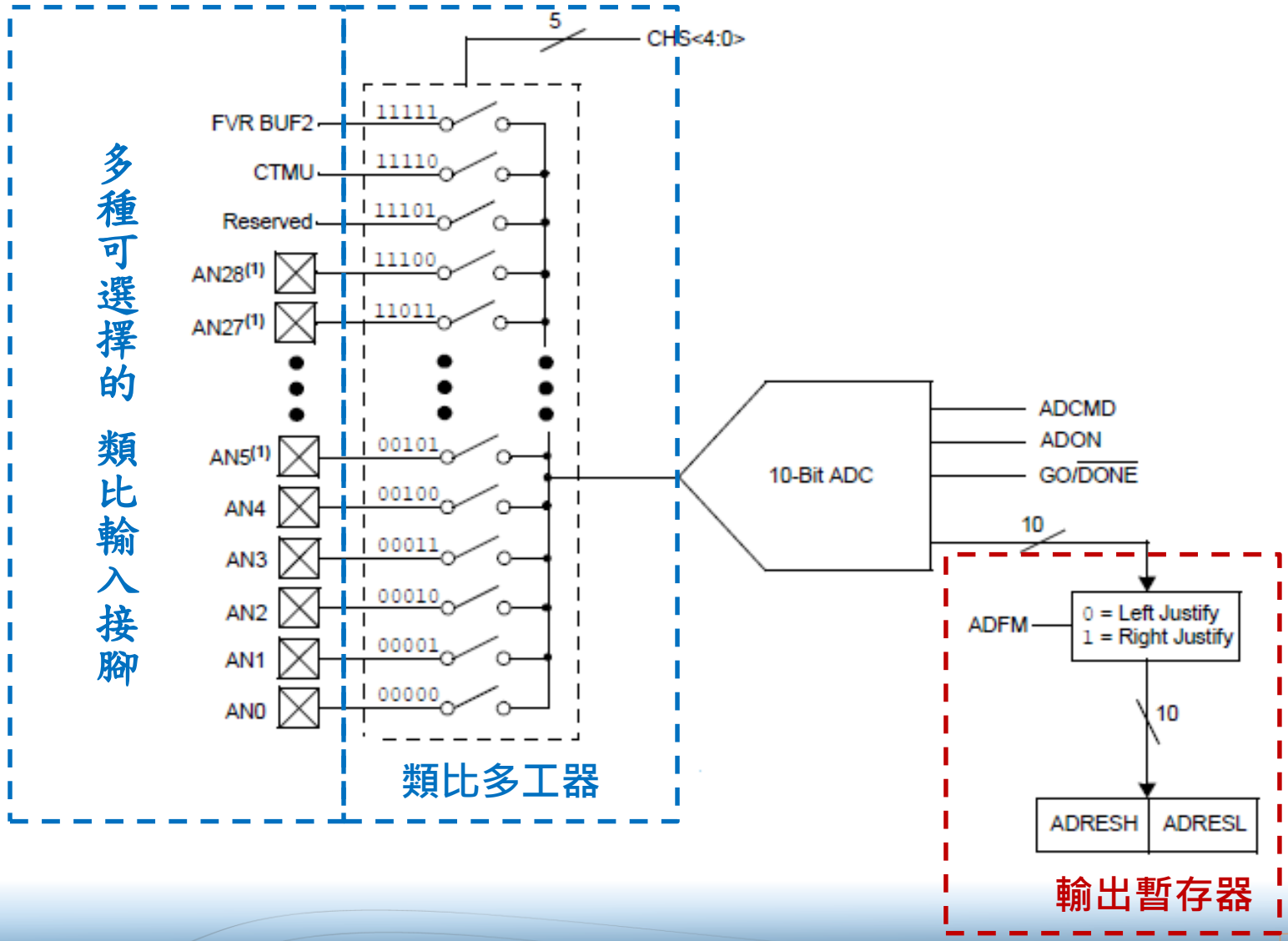
- 點選 ADC::ADC 選項，開啟 ADC 模組的設定



Lab 1 所設定的：
System
GPIO
Timer1

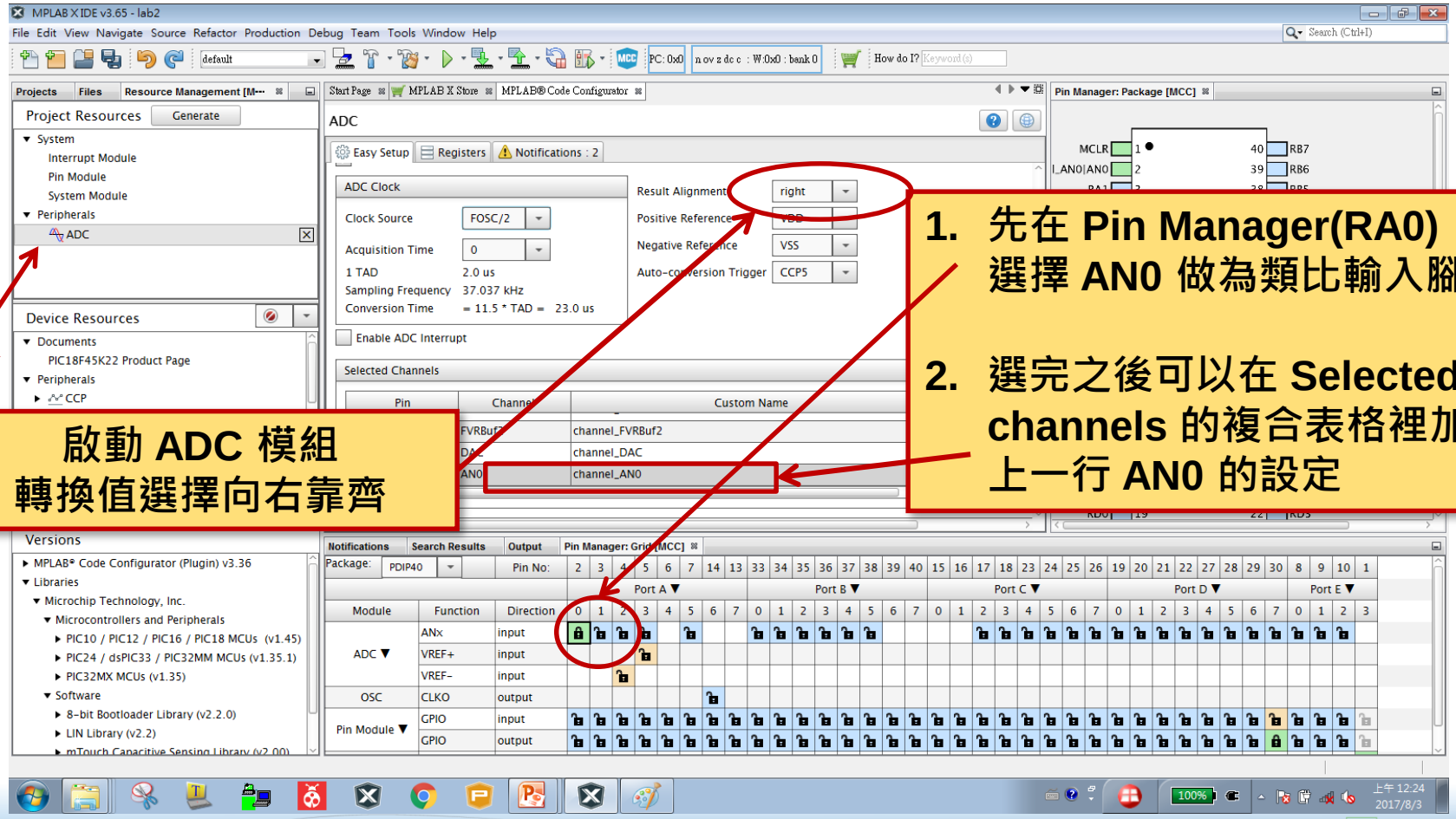
Lab2是MCC設定是Lab1的解答

10-bit ADC 方塊圖



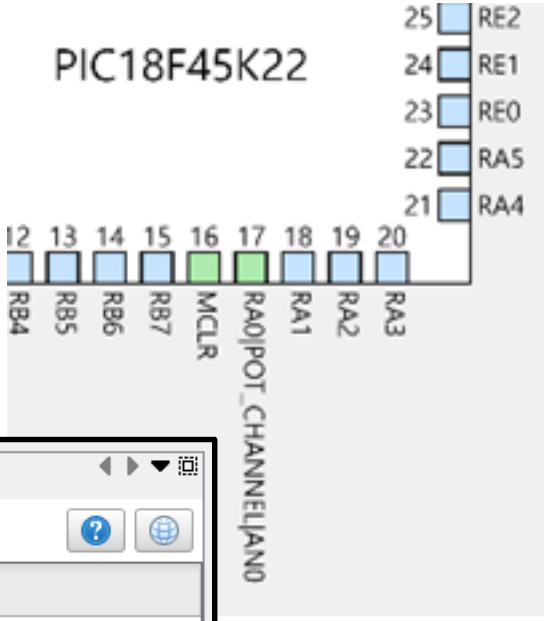
PIC18 Lab 2
ADC

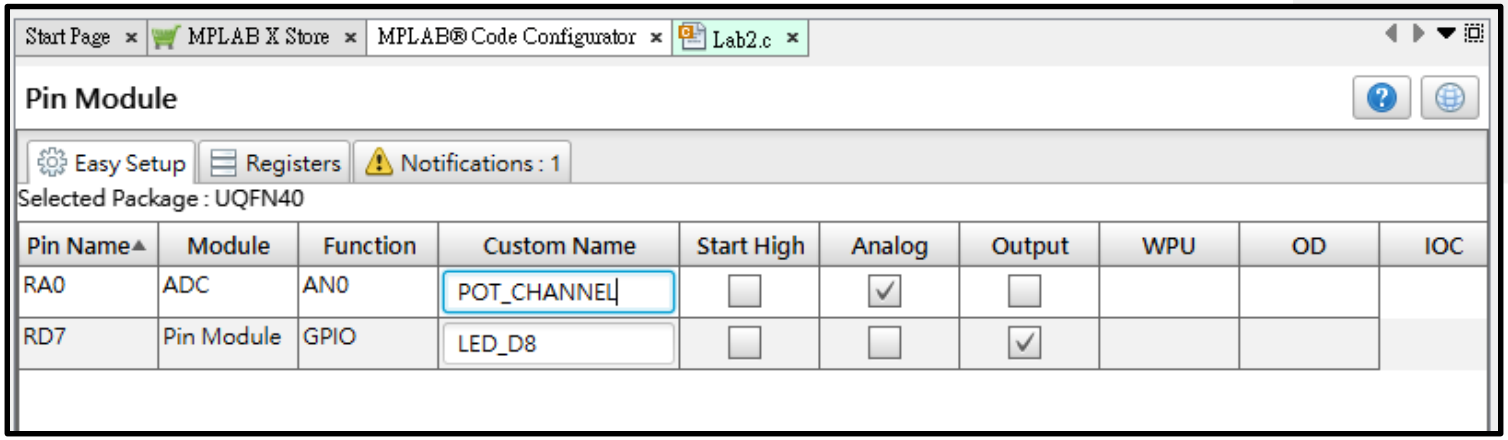
- 選擇 ADC::ADC 就會秀出 ADC 設定視窗



PIC18 Lab 2
ADC

- 到**Pin Module**，更改 **AN0** 的名稱為 **POT_CHANNEL**



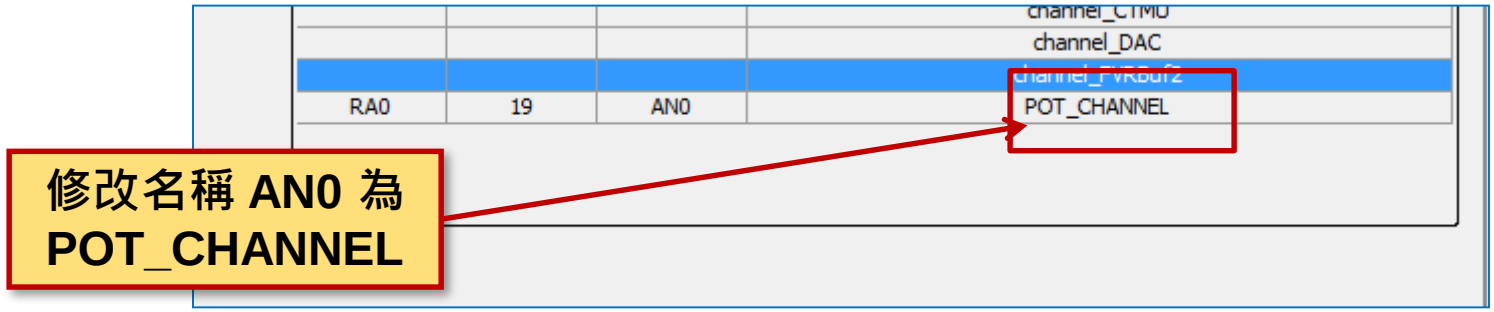


PIC18 Lab 2
ADC

- 更改 AN0 的名稱為 POT_CHANNEL

```
typedef enum
{
    channel_CTMU =  0x1D,
    channel_DAC =  0x1E,
    channel_FVRBuf2 =  0x1F,
    POT_CHANNEL =  0x00
} adc_channel_t;
```

adc.h :
在列舉型別裡將
POT_CHANNEL
設成 0x00 連結
到 AN0 的輸入腳



有關類比的 I/O 腳

- **PIC18F45K22 有 30 ADC 輸入通道**
  - ADC輸入腳散佈在 PORTA, PORTB, PORTC,PORTD & PORTE
- 沒有被設定的腳為依舊維持在類比輸入功能
- **Lab1 RD7 已經被設成 I/O 的輸出腳**
- **Lab2 已將 RA0 (AN0) 設為 ADC 輸入**
- 注意: 目前 **RD7 & RA0** 有設定，其餘腳位的設定均維持開機時的設定

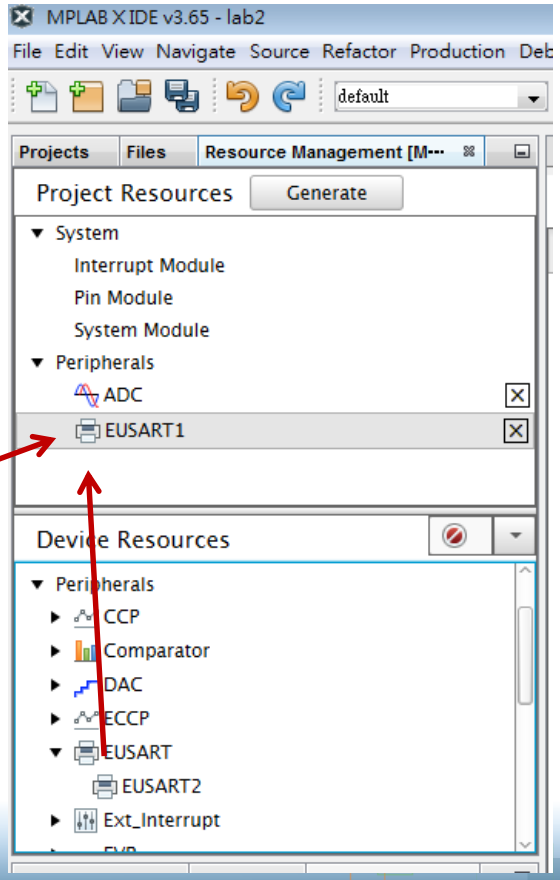
EUSART1

的設定

PIC18 Lab 2
UART

- 開啟 **EUSART1** 並選擇 **EUSART UART** 通訊格式
  - 9600,N,8,1

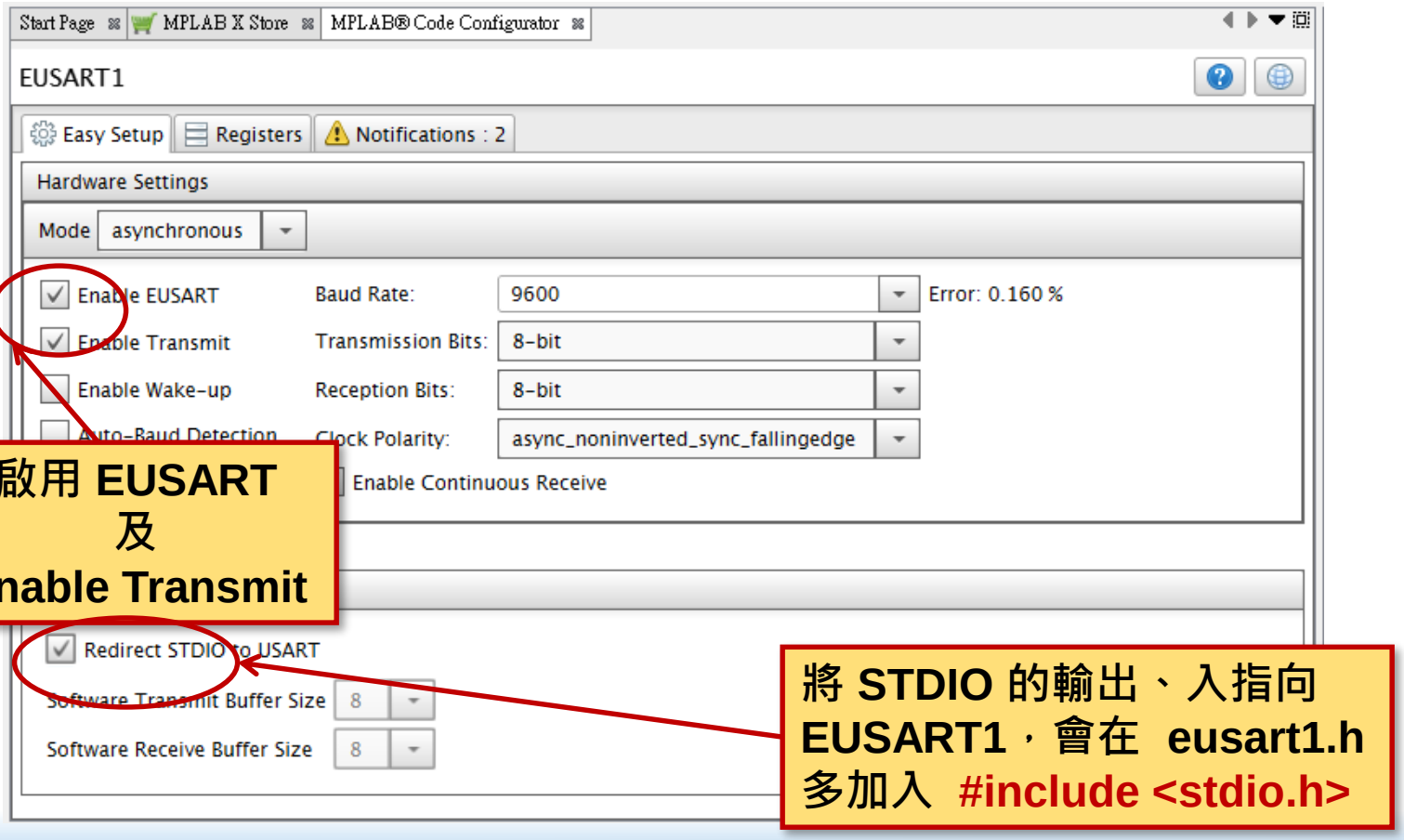
開啟 **EUSART** 功能並選擇 **EUSART1** 模組



"double-click!"

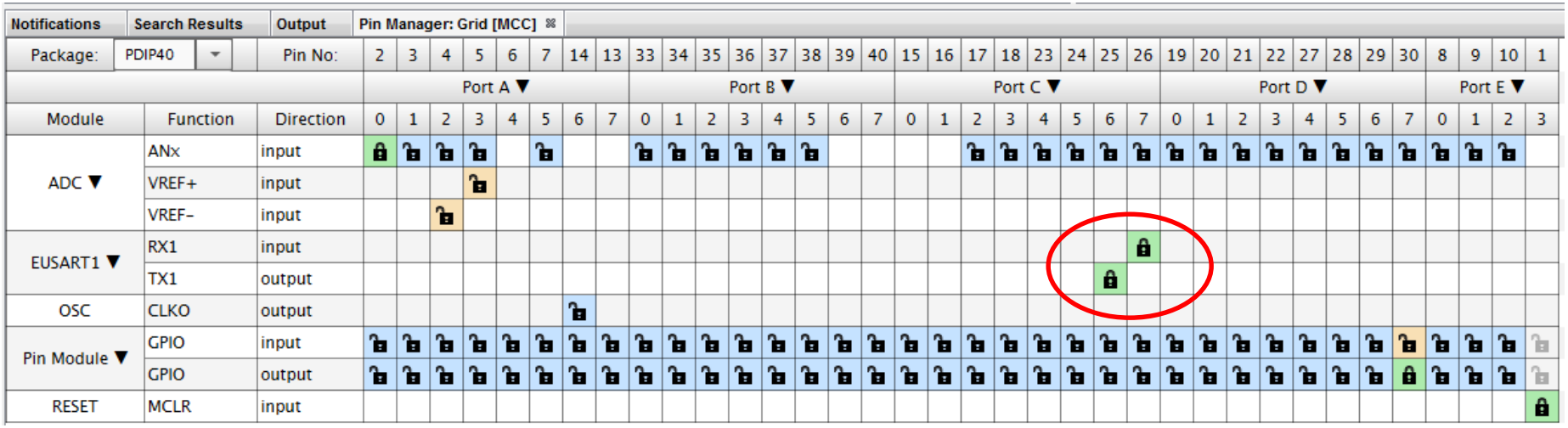
PIC18 Lab 2
UART

- 依據底下的圖示選擇設定 **EUSART** 的工作模式



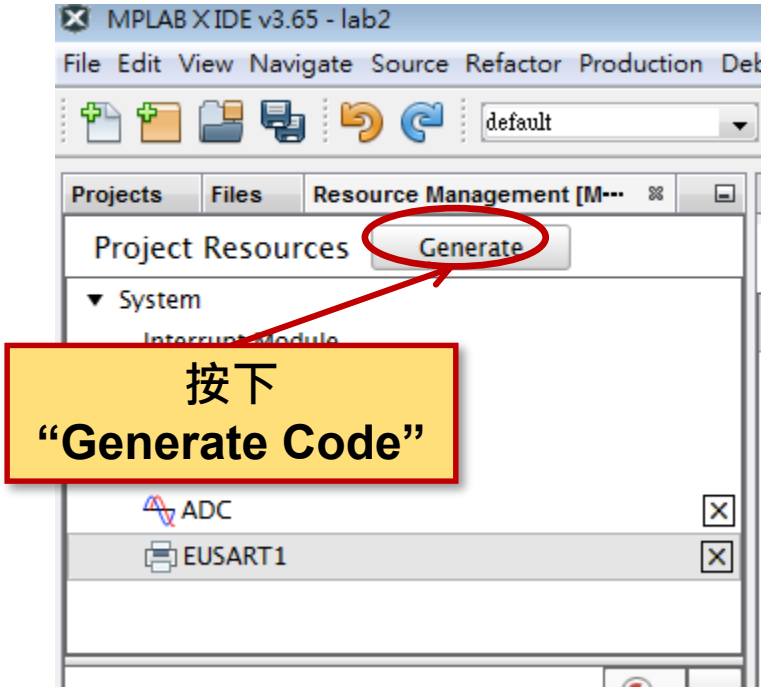
PIC18 Lab 2
UART

- 傳輸與接收腳位將會被啟用(綠色上鎖的圖示)



PIC18 Lab 2

- 最後按下 **“Generate Code”** 產生 **Project Resources** 項目裡的程式共五項周邊

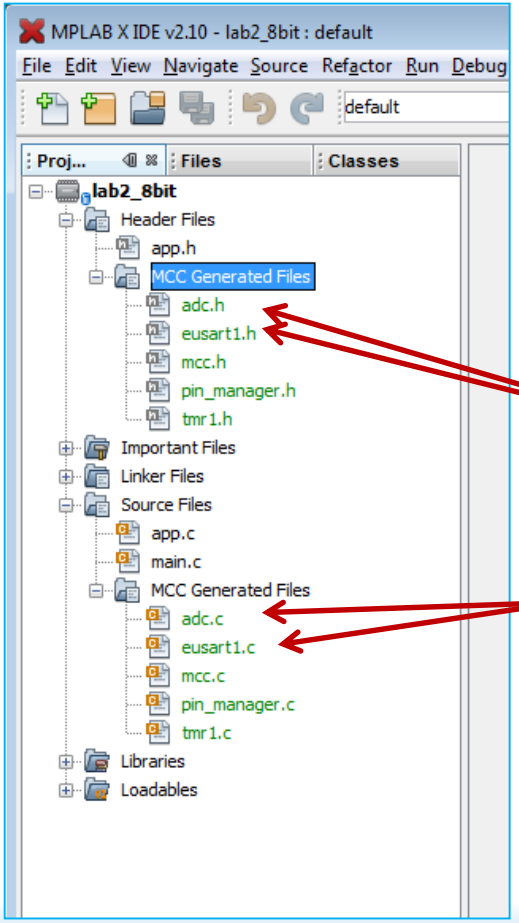


PIC18 Lab 2
相關程式說明

- 加入了兩個 **h** 檔及兩個 **c** 檔
  - adc.h
  - adc.c
  - eusart1.h
  - eusart1.c

mcc.h 檔案裡將會加入:

```
#include <xc.h>
#include "pin_manager.h"
#include "tmr1.h"
#include "adc.h"
#include "eusart1.h"
```



MPLAB® Code Configurator driver files for ADC and EUSART1 added

eusart1.c

- **void EUSART1_Initialize(void)**
  - 初始設定 UART1 函數
  - 使用 UART1 功能之便須先呼叫此函數
- **uint8_t EUSART1_Read(void)**
  - 自接收模組讀取一個 Byte 的資料
  - Polling RC1IF 位元模式方式
- **void EUSART1_Write(uint8_t txData)**
  - 傳送一個 Byte 出去

自己加入的應用程式
app.c & Lab2.c

- **app.c**
  - ConvertADCVoltage( )
    - 將 **ADC** 的值乘上單位電壓後轉換成電壓值
    - 將電壓值轉成十進制的值
  - putrs1USART( )
    - 從 **UART1** 傳送 **const** 字串出去
- **Lab2.c**

```
printf ("\r\nMCC: It's Easy!\r\nPIC18 Lab 2\r\n”);
putrs1USART("\r\nMCC: It's Easy!\r\nPIC18 Lab 2\r\n");
```

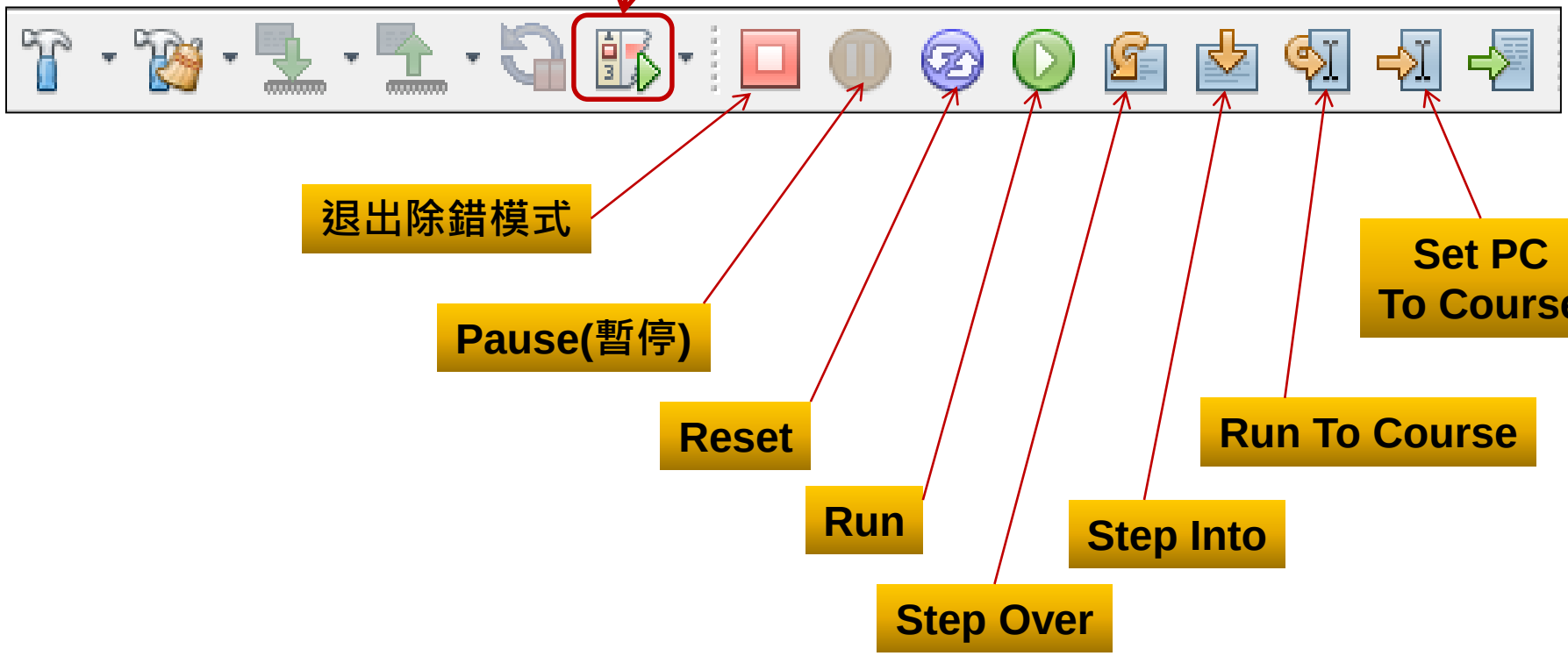
  - 以上兩行敘述，功能一樣，但實際上有何不同?

PIC18 Lab 2
相關程式說明

- 開啟 **Lab2.c** 搜尋 **TODO** 加入正確的程式

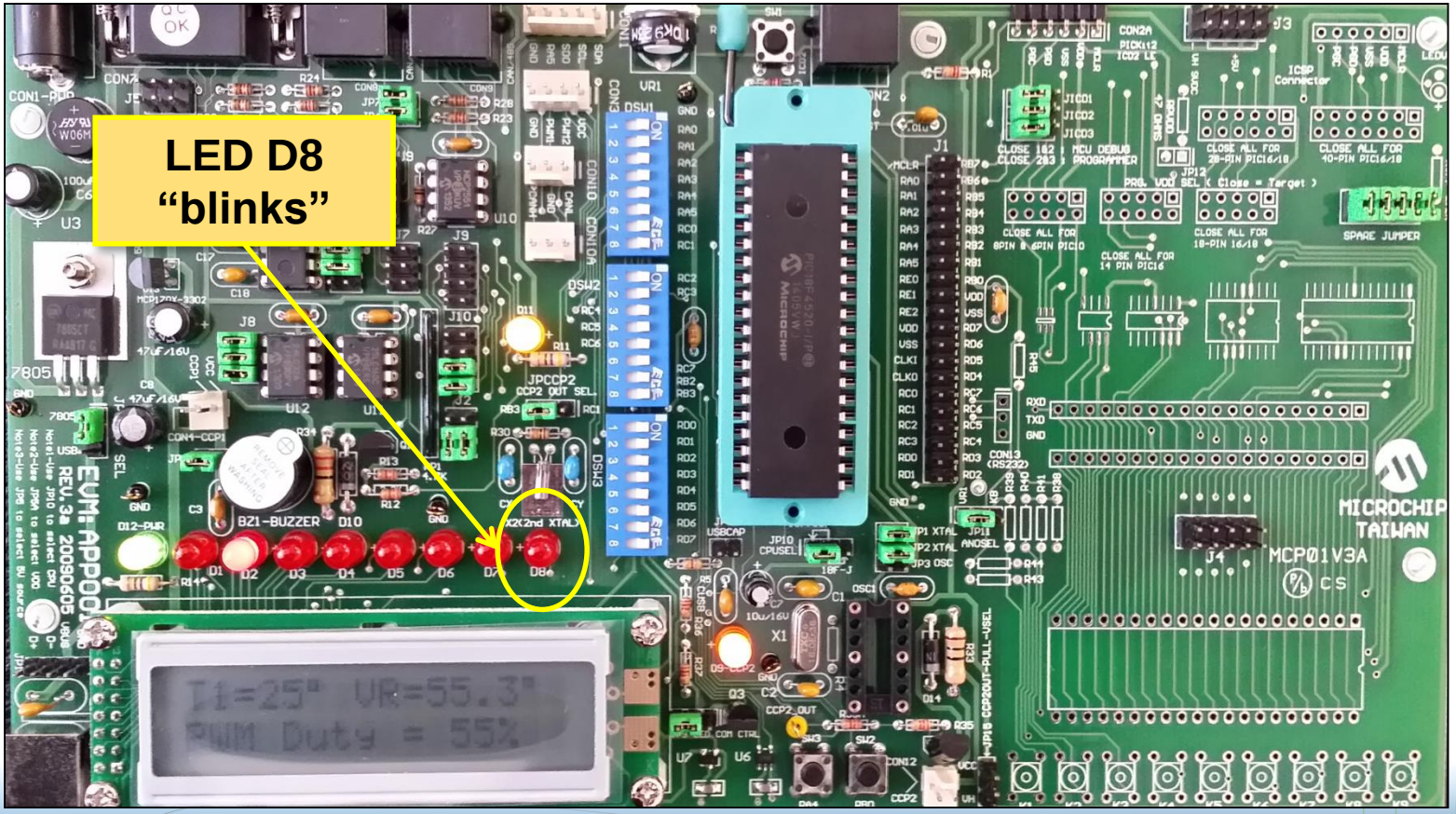
PIC18 Lab 2

- 按下 “Debug Main Project”
  - 程式會先編譯、燒錄後進入除錯模式



PIC18 Lab 2

- 按下 “Run” 的圖示，LED_D8 會每秒閃爍一次，那 UART 呢?



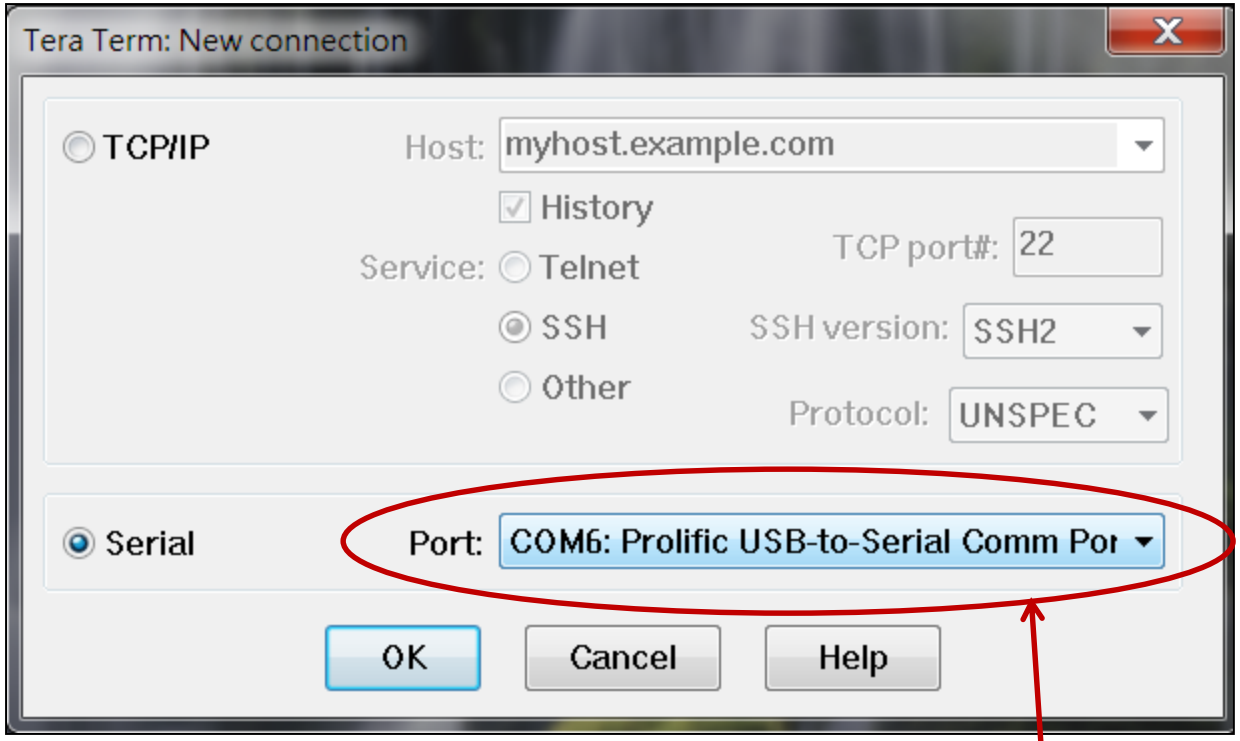
PIC18 Lab 2

終端機顯示

- 使用 **Tera Term** 終端機模擬程式
- 因現存電腦 **RS-232** 介面幾乎消失了
  - 使用 RS-232 轉 USB 纜線做連接
  - 確定驅動程式已安裝
- **開啟裝置管理員**
  - 右圖是模擬出一個 COM6

PIC18 Lab 2

終端機開啟時的顯示



選擇裝置管理員
所模擬的 COMx

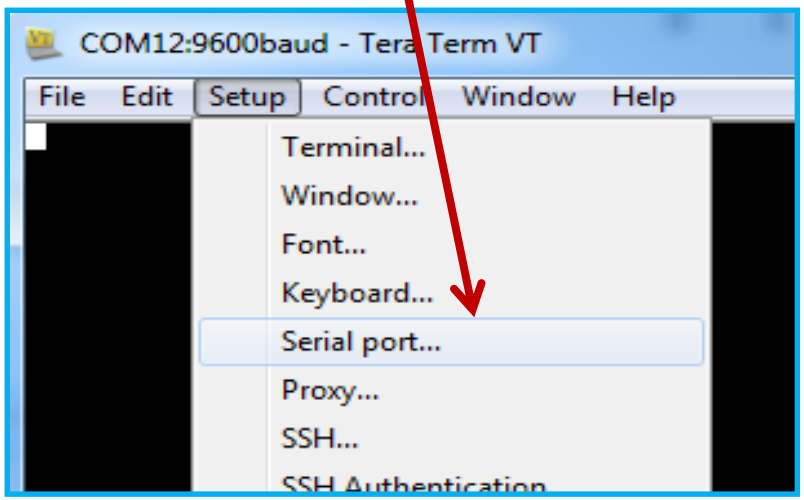
注意: 所模擬出的通訊口會不一樣

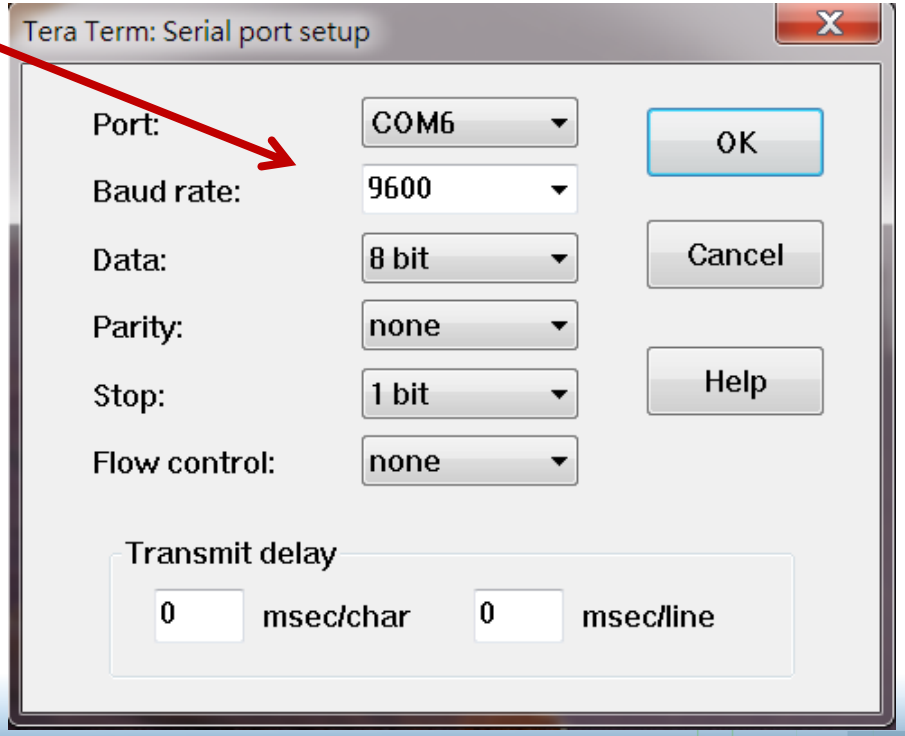
PIC18 Lab 2

終端機通訊協定設定

- 設定串列通訊協定

Choose Serial Port under “Setup” and configure the following settings

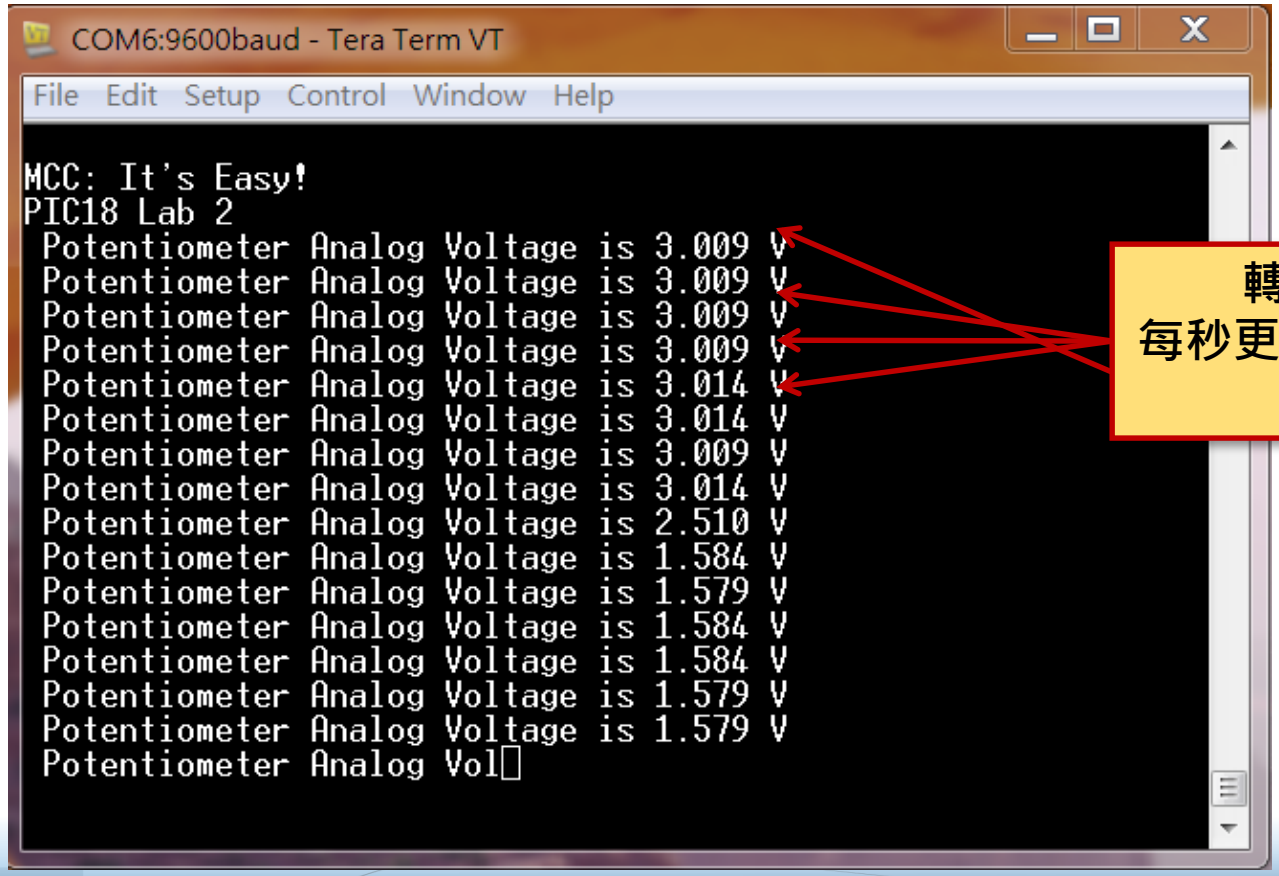




PIC18 Lab 2

終端機顯示

- **Tera Term 會每秒顯示 UART 所傳送過來的可變電阻的電壓值**



轉動可變動阻(VR1)
每秒更新一次，AN0當下偵測到的電壓

PIC18 Lab 2 結論

- 簡易的設定 **ADC** 讀取可變電阻的數值並將其換算成電壓值

- 設定 **EUSART1** 的傳輸模式，將可變電阻的電壓透過 **UART** 傳給終端機 **(Tera Term)** 來顯示

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 2-1

加入 LCD 模組的顯示

APP001_LCD.c

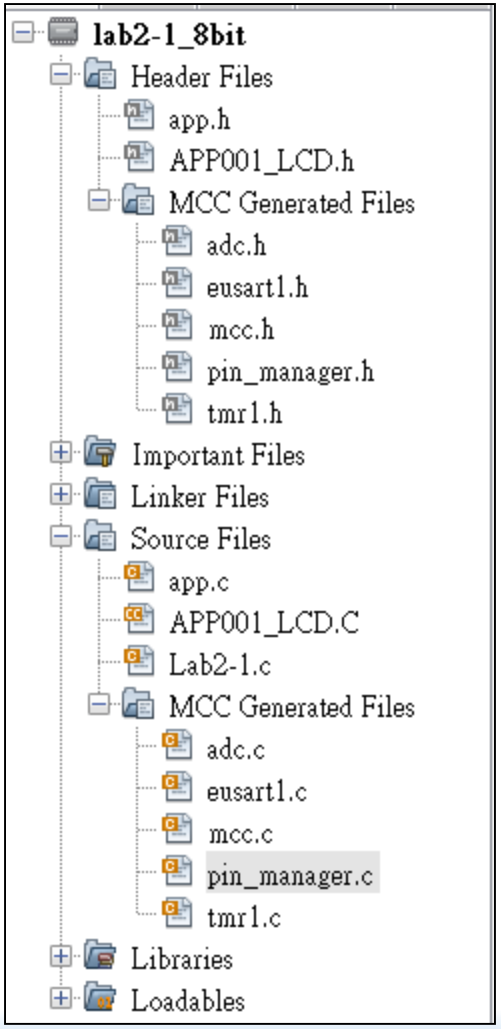
- 利用現成的 **W402T** 教育訓練的 **LCD** 函數加以修改
- 使用 **MCC** 來加入**GPIO** 的腳位設定
  - **RD4** 設為 **LCD_RS**
  - **RD5** 設為 **LCD_RW**
  - **RA2** 設為 **LCD_E**
  - **RD<3:0>** 設為 **LCD_DATA<3:0>**

動手做實驗

PIC18 Lab 2-1

開啟 Lab2-1_8bit.x 專案

- 右側為 **Lab2-1_8bit.x** 專案下的相關檔案
  - 自己的應用程式:
    - **App.c**
    - **APP001_LCD.c**
    - **Lab2-1.c**
  - **MCC** 產生的程式
    - **Mcc.c (System 的項目)**
    - **Adc.c**
    - **Eusart1.c**
    - **Pin_manager.c**
    - **Tmr1.c**

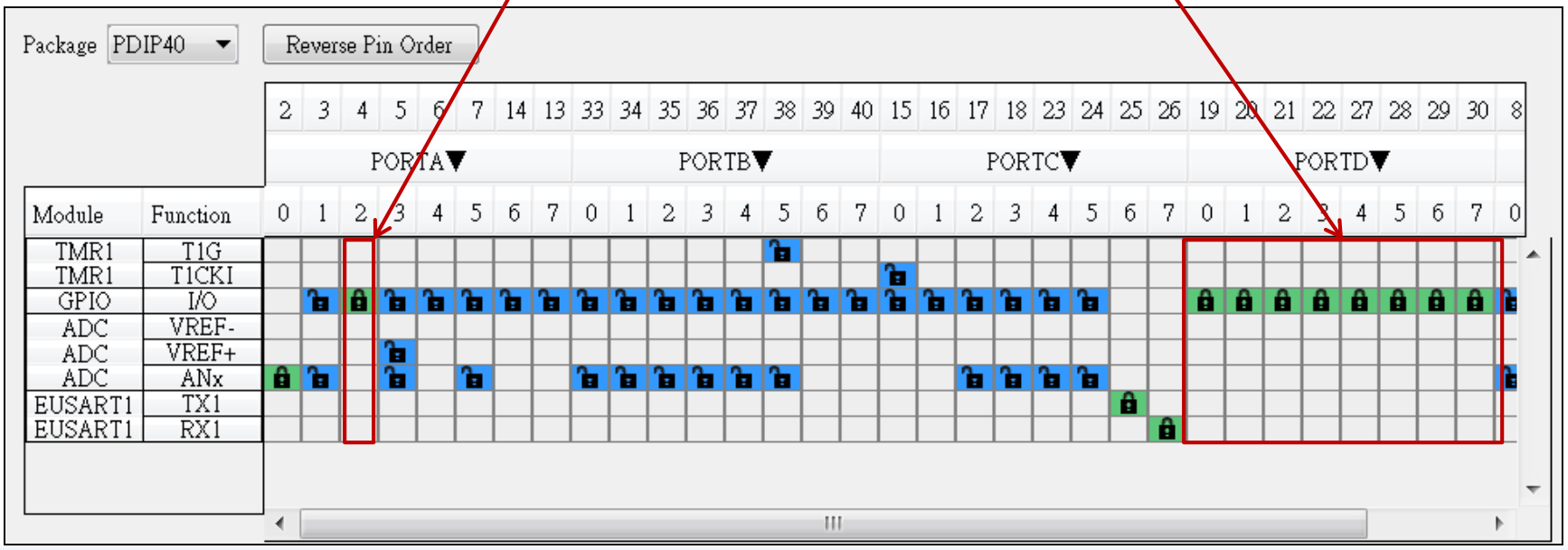


APP001_LCD.c 所提供的函數

```
void    OpenLCD (void) ;
void    WriteCmdLCD ( unsigned char ) ;
void    WriteDataLCD( unsigned char ) ;
void    putsLCD( char * ) ;
void    putrsLCD( const far char * ) ;
void    putcLCD( unsigned char ) ;
void    puthexLCD( unsigned char ) ;
void    LCD_Set_Cursor( unsigned char , unsigned char ) ;
void    LCD_CMD_W_Timing( void ) ;
void    LCD_DAT_W_Timing ( void ) ;
void    LCD_L_Delay( void ) ;
void    LCD_S_Delay( void ) ;
```

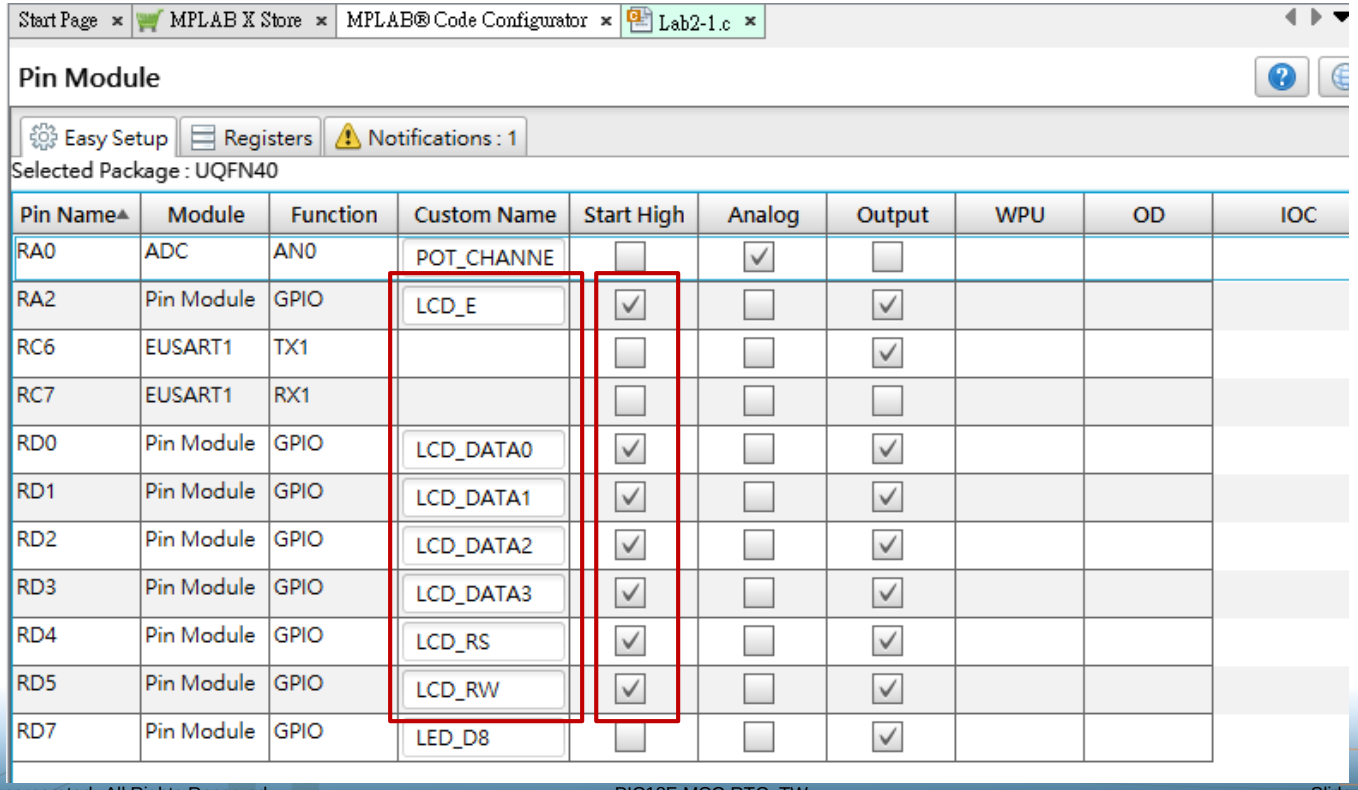
設定 GPIO::GPIO

- 設定 **RA2 為 Digital I/O**
- 設定 **PORTD 為 Digital I/O**



GPIO 腳位定義

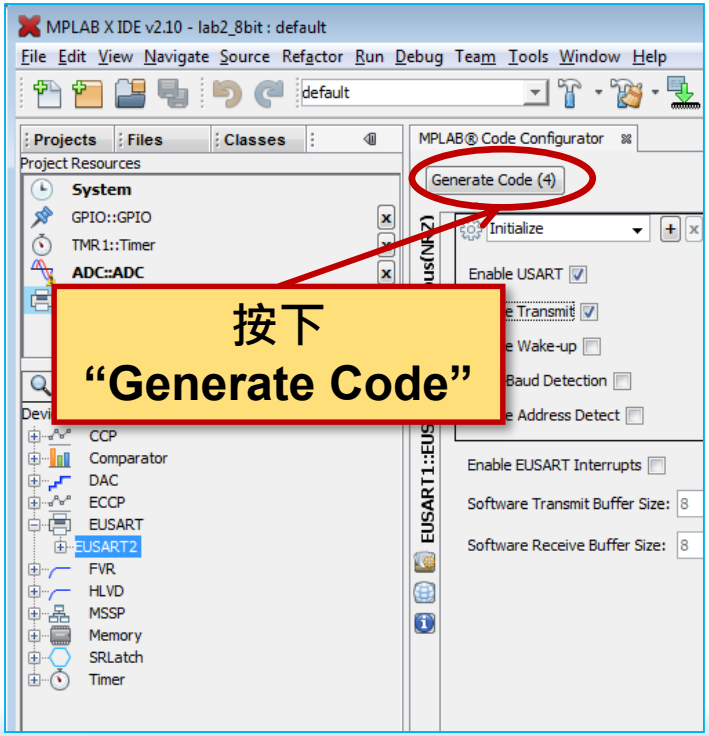
- 將目前所選擇到的 I/O 腳都設成輸出模式，初始輸出設為 Hi
- 賦予每個 I/O 腳新的名稱



Pin Name	Module	Function	Custom Name	Start High	Analog	Output	WPU	OD	IOC
RA0	ADC	AN0	POT_CHANNE	☐	☑	☐			
RA2	Pin Module	GPIO	LCD_E	☑	☐	☑			
RC6	EUSART1	TX1		☐	☐	☑			
RC7	EUSART1	RX1		☐	☐	☐			
RD0	Pin Module	GPIO	LCD_DATA0	☑	☐	☑			
RD1	Pin Module	GPIO	LCD_DATA1	☑	☐	☑			
RD2	Pin Module	GPIO	LCD_DATA2	☑	☐	☑			
RD3	Pin Module	GPIO	LCD_DATA3	☑	☐	☑			
RD4	Pin Module	GPIO	LCD_RS	☑	☐	☑			
RD5	Pin Module	GPIO	LCD_RW	☑	☐	☑			
RD7	Pin Module	GPIO	LED_D8	☐	☐	☑			

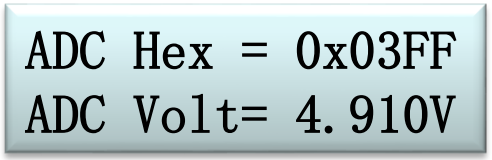
PIC18 Lab 2-1

- 跟之前的動作一樣完成 **MCC** 設定後，按下 **“Generate Code”** 產生 **Project Resources** 項目裡的程式共五項周邊



Lab2-1 程式說明

- **Pin_manager.c & pin_manager.h**
  - 會加入 RA2 & PORTD 的設定
- 所以只需針對 **Lab2-1.c** 的主程式進行修改
- 找出 **Lab2-1.c** 裡的 **TODO**，依照提示修改，讓 **LCD** 第二行可以顯示類比電壓值



LCD 顯示幕

Lab2-1 TODO

- 依照提示，輸入底下程式

```
// 在 LCD 第二行顯示 "ADC Volt= 4.910V"
LCD_Set_Cursor(1,0);
putrsLCD((const far char*)"ADC Volt=      V");
LCD_Set_Cursor(1,10);
// TODO : 在 LCD 的第二行顯示出類比的電壓值
// 提示 : 使用 putcLCD( ) 函數來顯示一個字元，
//        目前經十進制轉換後的值為 BCD 型態，需再轉成 ASCII 後才可以在 LCD 上顯示
putcLCD(A1000_mV + '0');          // 印出個位數的電壓值
putcLCD('.');                     // 印出小數點
putcLCD(A100_mV + '0');           // 印出十分位的電壓值
putcLCD(A10_mV + '0');            // 印出百分位的電壓值
putcLCD(mV + '0');                // 印出千分位的電壓值 (mV)
```

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 3:

使用 Timer1 中斷

PIC18 Lab 3 目標

- 將 **Lab 2** 的詢問模式轉換成中斷模式
- 在 **Timer1** 一秒的中斷函數裡做 **LED** 轉態，設定中斷處理旗號後，由主程式判斷將可變電阻的電壓值經 **UART** 傳送至終端機上顯示
- **UART** 採中斷接收模式，接收終端機輸入的 **“0 ~ 9” ASCII** 字元並顯示在 **LCD**

PIC18 Lab 3 操作概述

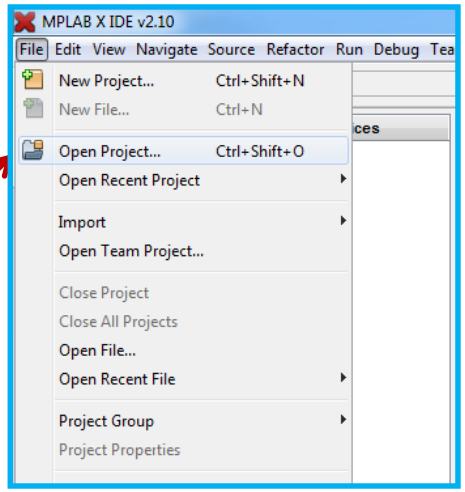
- 關閉 **MPLAB® X IDE** 所有已開啟的專案
- 開啟 **lab3_8bit.X** 的專案
- 啟動 **TMR1** 的中斷設定
  - 設定中斷裡還要再呼叫一個函數 (Callback Function)
- 開啟 **EUSART1** 的接收中斷
- 配置中斷管理方式
  - 啟用 高、低中斷優先權方式
  - TMR1 設成高優先權中斷
  - EUSART 接收 (RxD)設成低優先權中斷

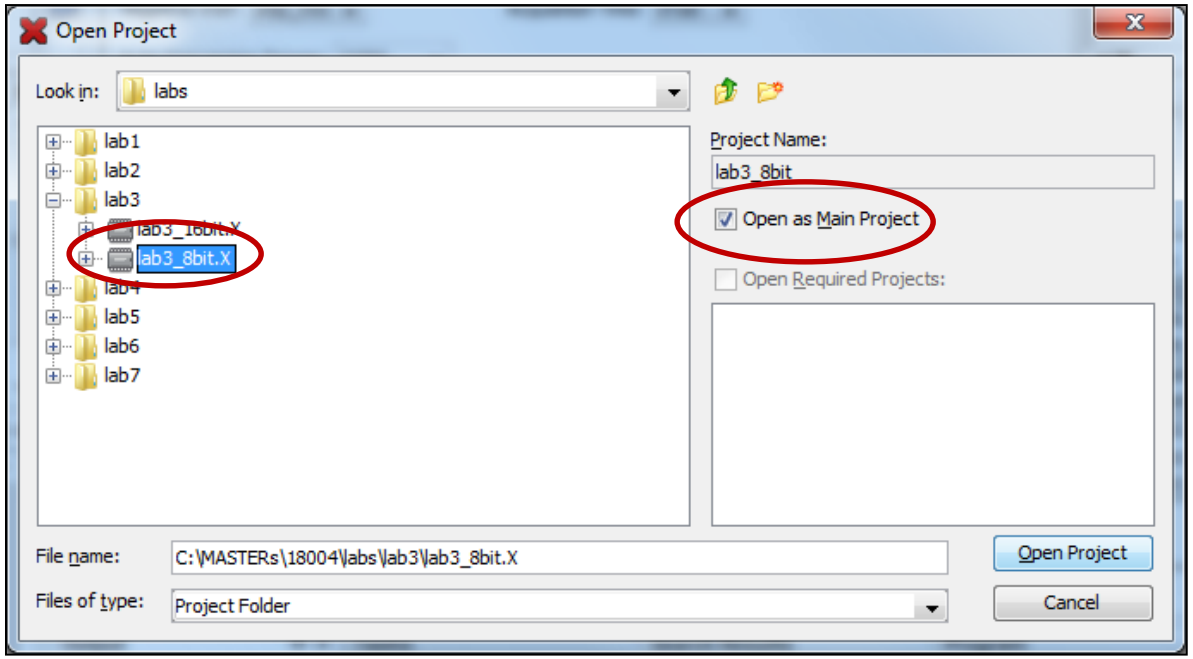
動手做實驗

PIC18 Lab 3

PIC18 Lab 3

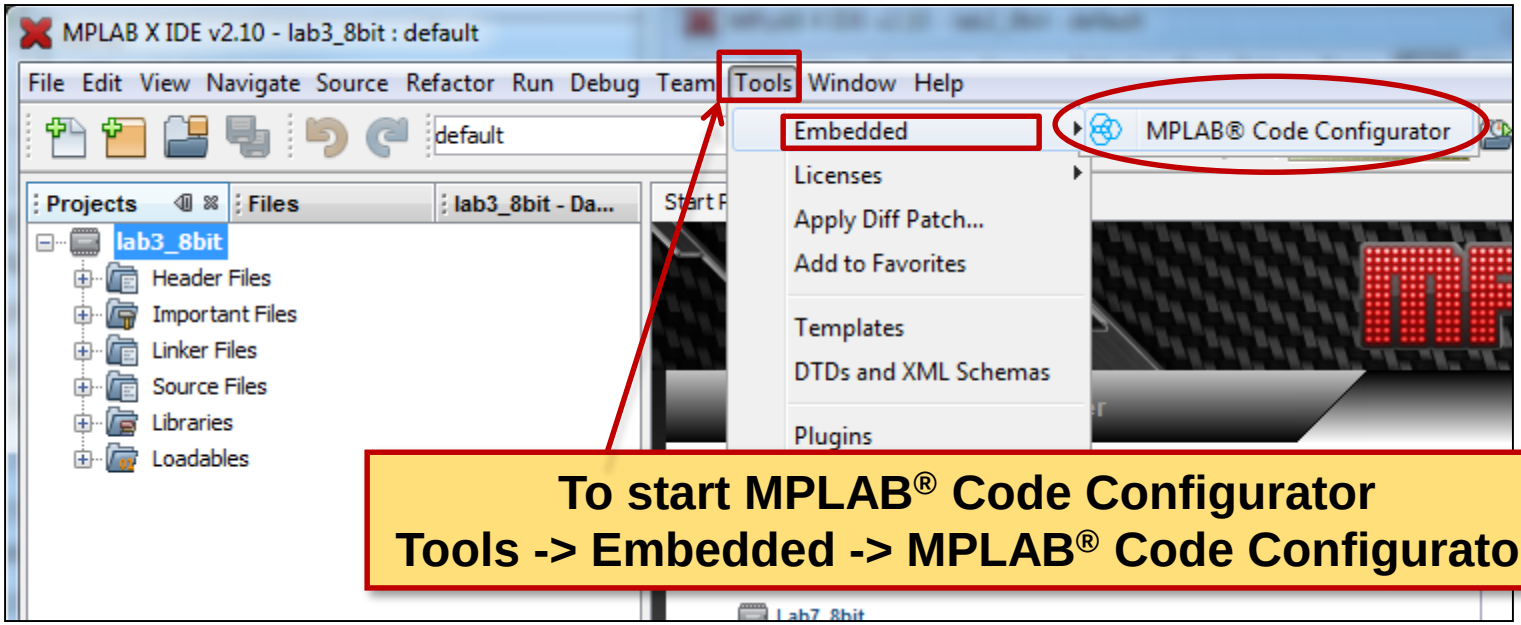
- 先關閉舊的專案
- 開啟 **lab3_8bit.X**





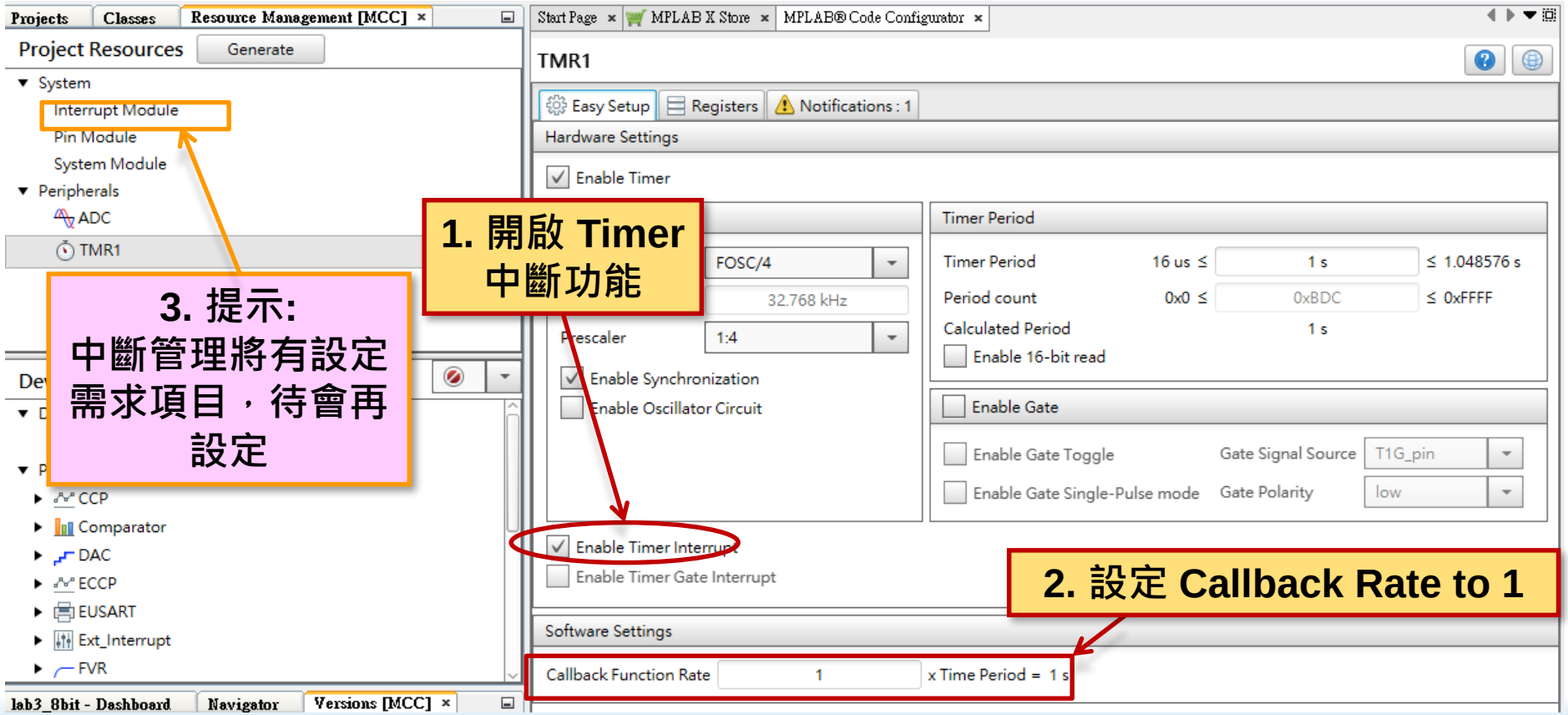
PIC18 Lab 3

- 啟動 MPLAB® Code Configurator



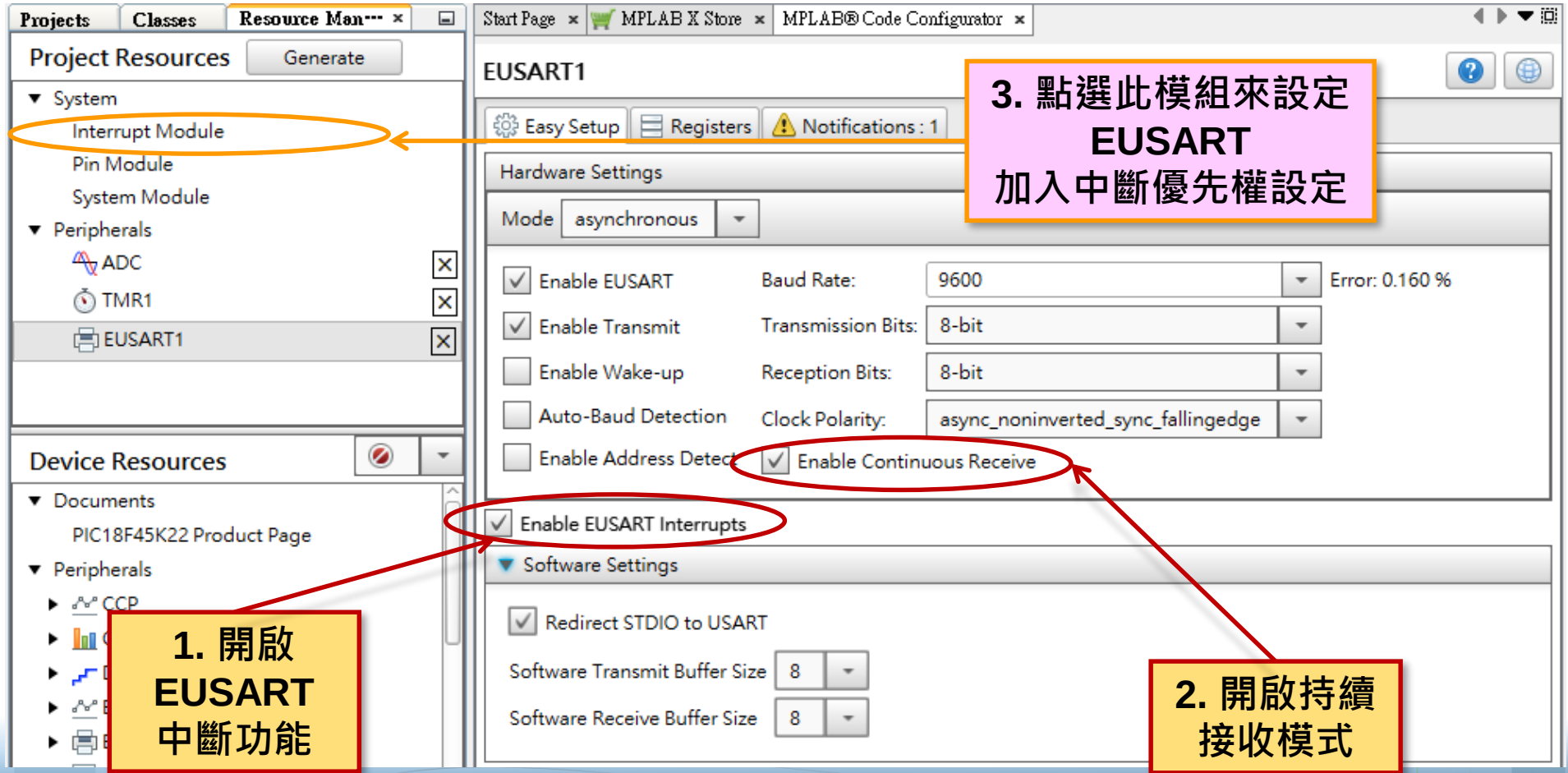
PIC18 Lab 3

- 設定 **TMR1** 的周邊需求
  - 開啟中斷功能, 設定 Callback 為 1



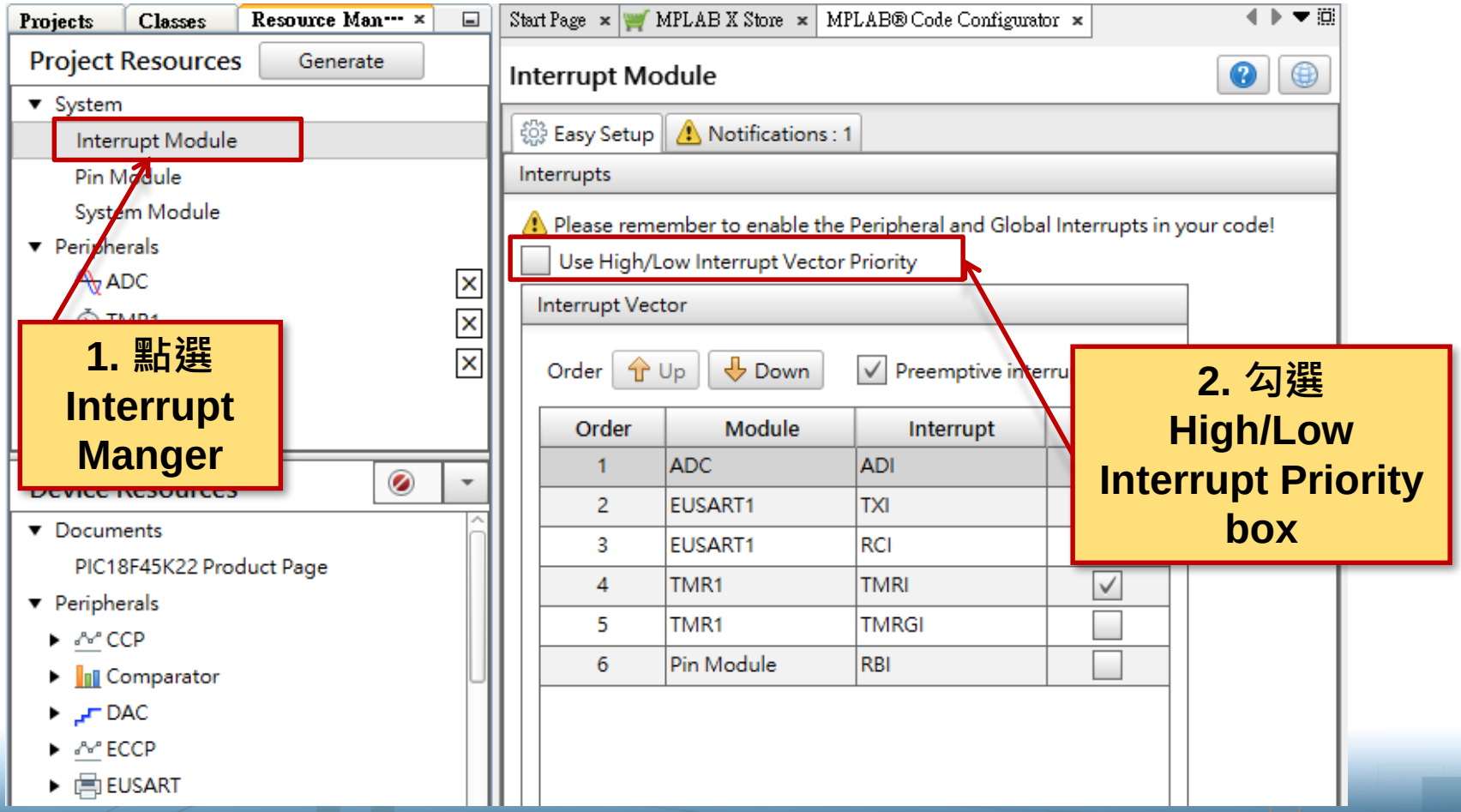
PIC18 Lab 3

- 選擇 **EUSART1** 並開啟 **EUSART1** 的接收中斷，勾選 **Continous Receive**



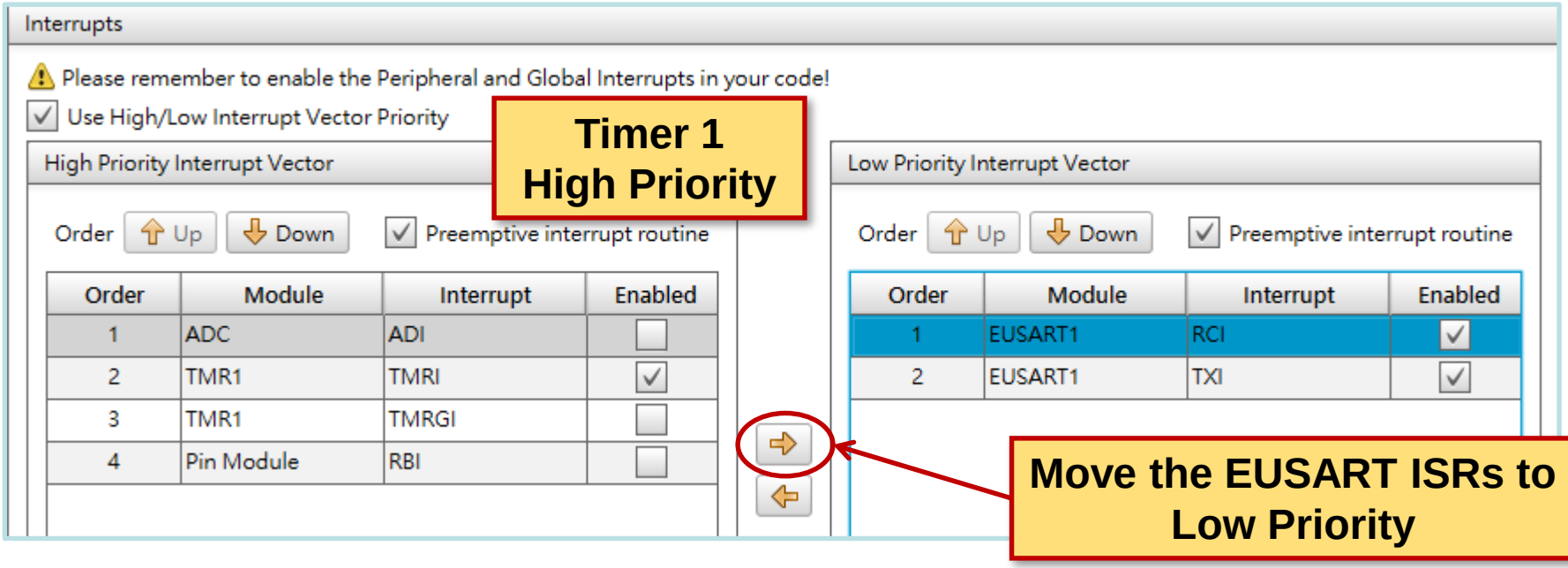
PIC18 Lab 3

- 點選 “Interrupt Manager” 開啟中斷對話視窗
- 開啟 高、低中斷優先權向量



PIC18 Lab 3

- 設定 **Timer1** 為高優先權中斷
- 移動 **EUSART ISRs** 為低優先權中斷



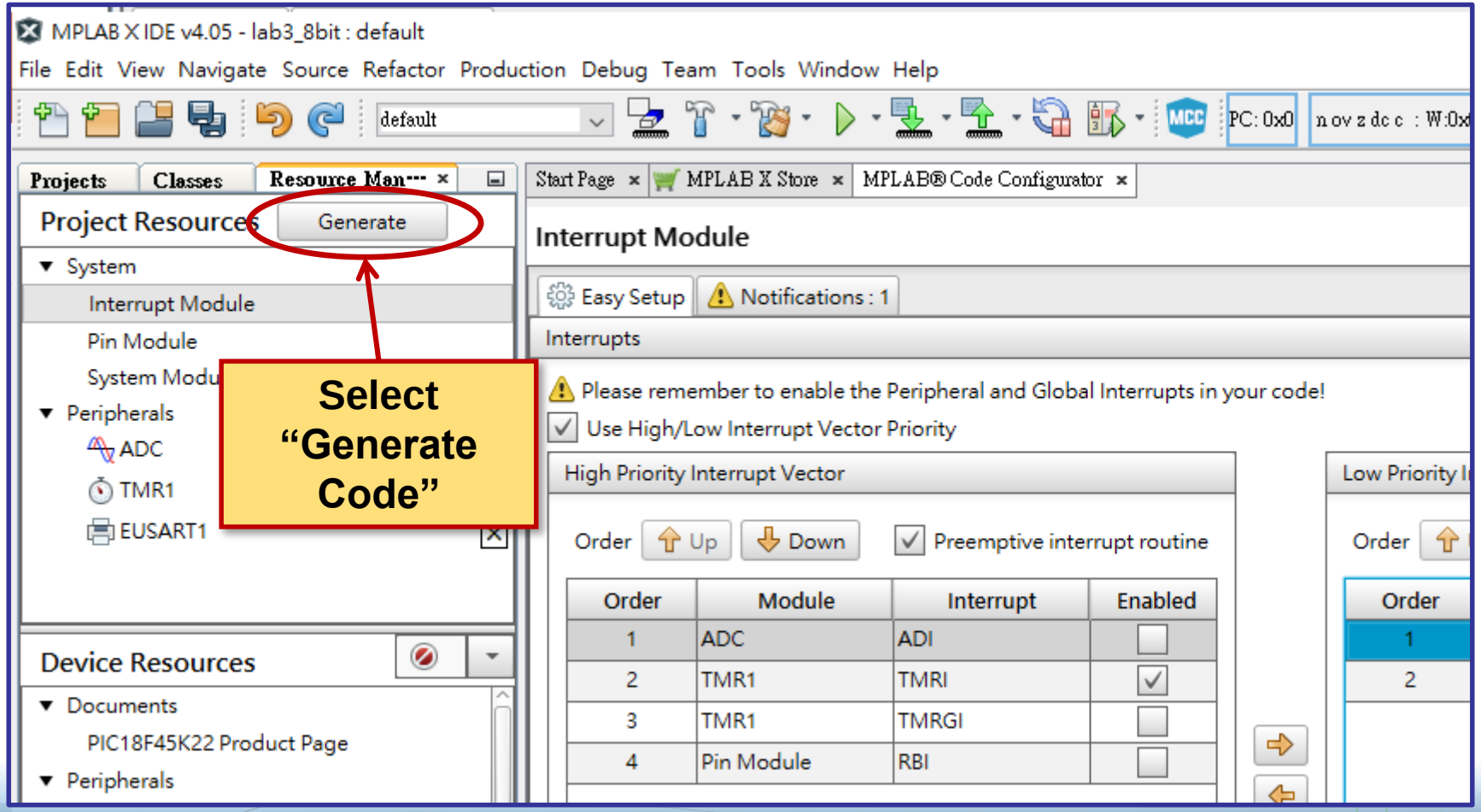
此時 **Output** 視窗會有提示:

Interrupt Manager: Please remember to enable the Peripheral and Global Interrupts in your code!

請別忘了，程式裡要開啟相關的周邊中斷致能 (xxIE)位元及主中斷 (GIEH & GIEL) 位元

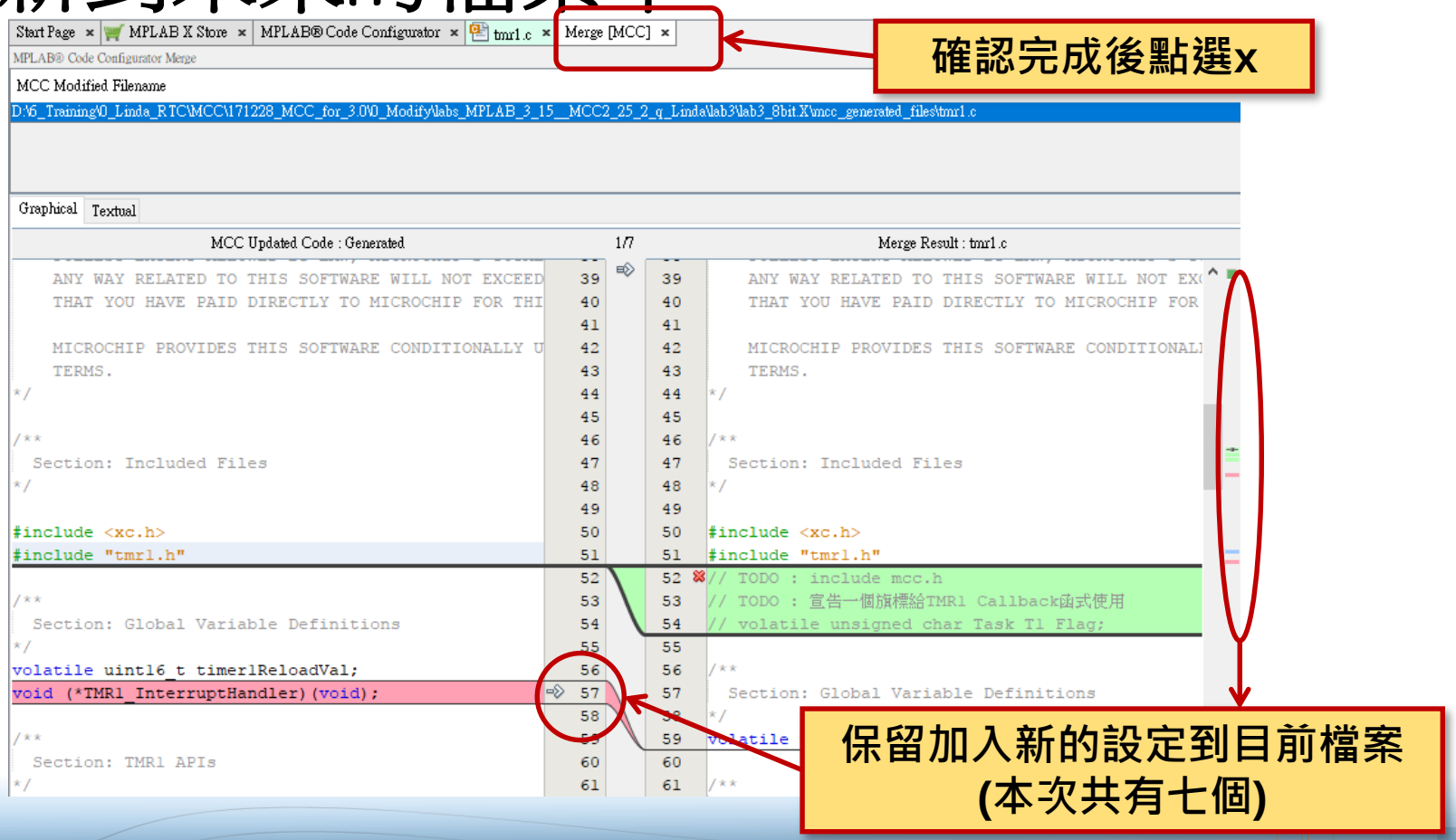
PIC18 Lab 3

- 最後按下 “Generate code” 的選項



PIC18 Lab 3

- 左畫面為新產生的設定，移到右畫使其更新到未來的檔案中



中斷這樣就設定好了嗎?

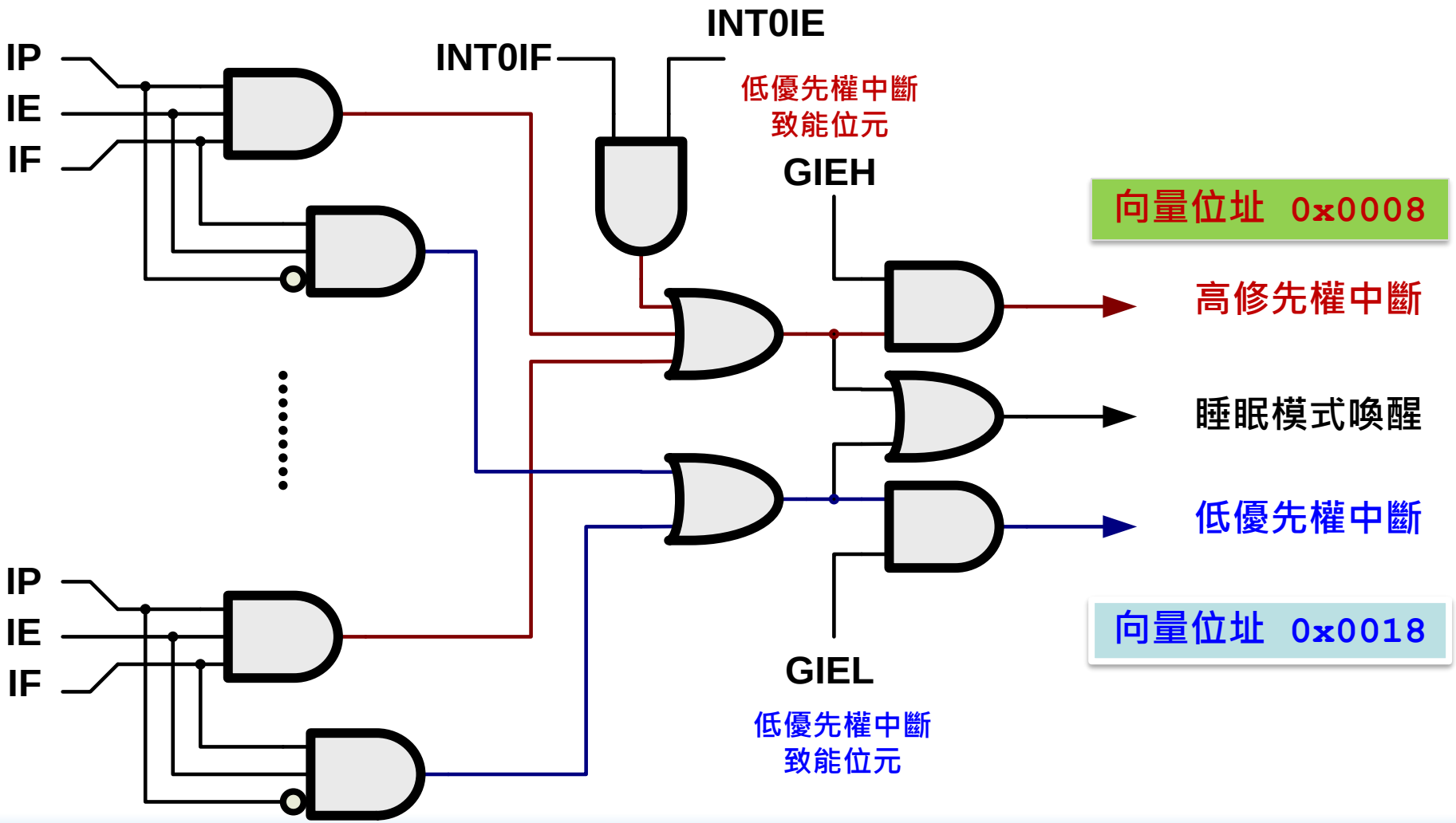
- 這樣好像太簡單了，那 FAE 不就要失業了…
- 還早呢! 還有一些中斷的事項要在設定
  - 主程式裡的中斷開啟
  - 中斷函數裡要執行的中斷即時事件處理

XC8 的中斷介紹

- 再複習一下有關 **PIC18F** 的中斷
- **XC8** 對 **PIC18** 的高、低優先權中斷的宣告
- 有關中斷控制的相關位元

PIC18Fxxxx 中斷邏輯電路

高、低優先權模式



PIC18F 中斷處理

- **PIC18Fxxxx 有兩個中斷進入點**
  - 高優先權==>中斷位址0x0008
  - 低優先權==>中斷位址0x0018
  - 每個中斷源均可選擇其中斷優先權 (xxIP)
  - 每個中斷源均有獨立的中斷旗標 (xxIF)
  - 每個中斷源均可單獨 Enable 或 Disable (xxIE)
  - 中斷旗標的清除 ==> 需自行用軟體方式清除
    - **USART 產生的 TXIF 及 RCIF 旗標， 無法直接用軟體清除 Flag**
    - **清除 TXIF → 寫入 TXREG**
    - **清除 RCIF → 讀取 RCREG**

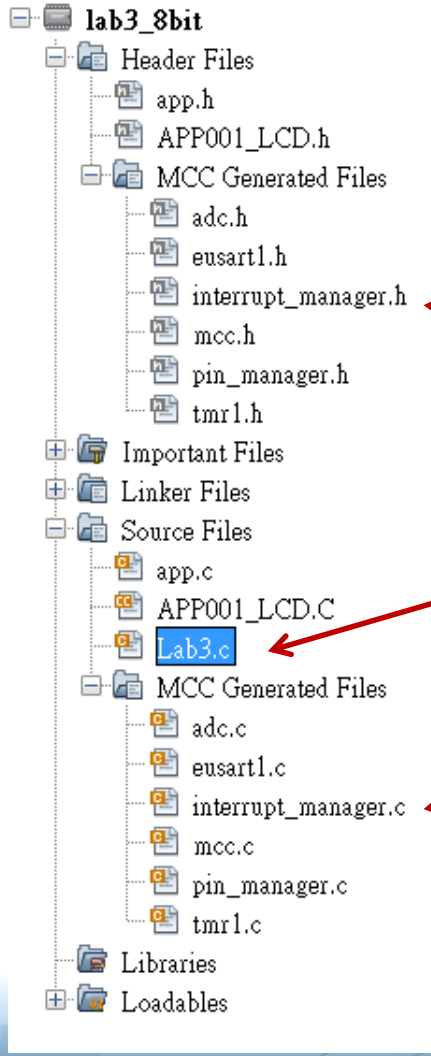
XC8 的中斷函數宣告

- 高優先權中斷函數
  - void interrupt HighISR(void)
  - 無法傳入及回傳參數
- 低優先權中斷函數
  - void interrupt low_priority LowISR(void)

注意: 除了中斷函數的設定，其他相關的
中斷啟用位元 **(xxIE)** 及
優先權控制位元**(xxIP)**也要設定到

PIC18 Lab 3

- **Lab3 專案下的檔案**
  - 加入了中斷管理程式



開啟 Lab3.c 的編輯視窗

專案下: interrupt_manager.h 及 interrupt_manager.c 檔案已加入專案項裡

LAB3 裡 Timer1 中斷位元

- 要啟用 **Timer1** 高優先權中斷還要做那些設定

底下是以位元架構下的寫法:

```
PIE1bits.TMR1IE = 1;          //  啟用 Timer1 中斷
RCONbits.IPEN = 1;            //  啟用高、低優先權控制機制
IPR1bits.TMR1IP = 1;          // 設定 Timer1 為高優先權中斷
INTCONbits.GIEH = 1;          //  開啟高優先權中斷總控制位元
```

- **MCC** 裡，這些位元在哪裡被設定了

MCC 中斷位元的設定在哪?

```
PIE1bits.TMR1IE = 1;      //  TMR1_Initialize( ) @ tmr1.c
RCONbits.IPEN = 1;        //  INTERRUPT_Initialize ( ) @ interrupt_manager.c
IPR1bits.TMR1IP = 1;      //  INTERRUPT_Initialize ( ) @ interrupt_manager.c
INTCONbits.GIEH = 1;      //  main( ) @ Lab3.c
```

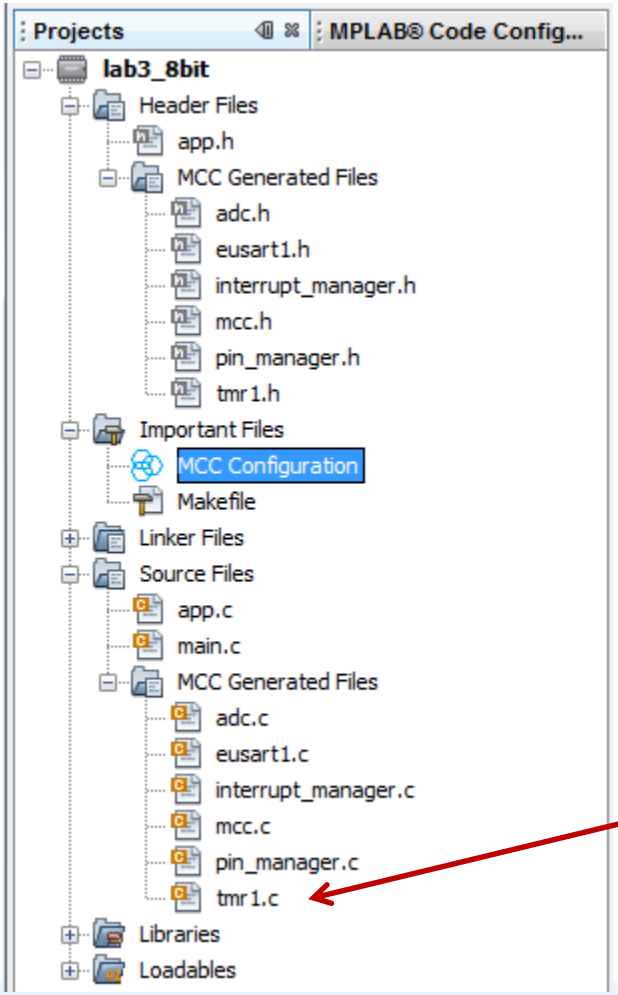
PIC18 Lab 3

- 檢視上頁的 **Timer1** 中斷相關位元，除 **GIEH** 外其餘位元 **MCC** 都已設定完畢

```
59  void main(void)
60  {
61      int adcResult;
62
63      // Initialize the device
64      SYSTEM_Initialize();
65
66      // If using interrupts in PIC18 High
67      // If using interrupts in PIC Mid-R
68      // Use the following macros to:
69
70      // TODO: 刪除註解(//)符號，啟動高優先權中斷
71      // Enable high priority global interrupts
72      INTERRUPT_GlobalInterruptHighEnable();
73
74      // TODO: 刪除註解(//)符號，啟動低優先權中斷
75      // Enable low priority global interrupts.
76      INTERRUPT_GlobalInterruptLowEnable();
77
78      // Disable high priority global interrupts
79      //INTERRUPT_GlobalInterruptHighDisable();
```

依照TODO的說明，將註解移除，啟用函數：High/Low Priority Interrupts( );

PIC18 Lab 3



Open tmr1.c

“雙點擊” tmr1.c
開啟 tmr1.c 於編輯視窗中

檢視 interrupt_manager.c

- 提供 INTERRUPT_Initialize( )
  - 提供系統高、低優先權的設定
- 高優先權中斷函式的宣告

```
void interrupt INTERRUPT_InterruptManagerHigh (void)
{
  // interrupt handler
        if (PIE1bits.TMR1IE == 1 && PIR1bits.TMR1IF == 1)
        {
                TMR1_ISR( );  //  加入 Timer1 的即時處理中斷函式
        }
        else
        {
                //Unhandled Interrupt
        }
}
```

檢視 TMR1_ISR( )

tmr1.c

→ MCC產生的tmr1.c檔案中開頭部分

```
#include <xc.h>
#include "tmr1.h“

// TODO：為了呼叫點亮LED函式，加入pin管理標頭檔
#include "pin_manager.h"

/**
  Section: Global Variable Definitions
*/
volatile uint16_t timer1ReloadVal;

// TODO：宣告一個旗標給TMR1 Callback函式使用
volatile unsigned char Task_T1_Flag;
```

檢視 TMR1_ISR( )

tmr1.c

```
void TMR1_ISR(void)
{
        PIR1bits.TMR1IF = 0;          // 清除Timer1 的中斷旗號
        TMR1 += timer1ReloadVal;      // 載入 Timer1 一秒的計時值
        TMR1_CallBack( );             // 使用者加入 Timer1 的中斷服務程式
}
void TMR1_CallBack(void)
{
   // Add your custom callback code here
   if(TMR1_InterruptHandler)
   {
      TMR1_InterruptHandler();
   }
}
void TMR1_SetInterruptHandler(void* InterruptHandler){
   TMR1_InterruptHandler = InterruptHandler;
}
```

檢視 TMR1_ISR( )

tmr1.c

MCC產生的tmr1.c檔案中，中斷函數

```
void TMR1_DefaultInterruptHandler(void)
{
        // add your TMR1 interrupt custom code
        // or set custom function using TMR1_SetInterruptHandler()

        //TODO: 輸入Timer1 中斷處理程式
        LED_D8_Toggle( );           // 此巨集定義在 pin_manager.h 裡
        Task_T1_Flag = 1;
}
```

TMR1_ISR( )

- 使用者加入的中斷即時處理程式
- 在這裡要做:
  - **LED_D8** 的反轉動作
  - 設定 **T1_Task_Flag** ，再交由主程式處理
    - 因為 **LCD** 顯示需較長時間處理
    - 中斷裡只處理簡短的動作
  - 注意: **Task_T1_Flag** 是在中斷裡所使用的變數一定要加入**volatile** 的宣告

所以說 MCC Timer1 的中斷

- 中斷發生先跳到
  - interrupt_manager.c 裡的中斷函數:
    interrupt INTERRUPT_InterruptManagerHigh (void)
- 再來跳到 **tmr.c**
  - TMR1_ISR(void) 執行清除旗號及載入Timer 值
  - 執行 TMR1_CallBack(void) 內的使用者所加入的中斷程式
- 對於新手就照著做吧!
- 對老手而言，這太複雜了! 直接就在 **interrupt INTERRUPT_InterruptManagerHigh (void)** 的中斷函數裡就處理完畢了?? 減少中斷響應時間。

好了，開始改 Lab3 程式

- 首先在 **tmr1.c** 的 **TMR1_CallBack ( )**
  - 加入 #include “pin_manager.h”
    - 加入I/O 腳位的宣告 (pin_manager.h) 這是 GPIO::GPIO 的設定，例如: LED_D8_Toggle ( )
  - 加入 volatile unsigned char Task_T1_Flag;
    - 因為是中斷裡所使用的變數 (volatile)
  - 加入 LED_D8 轉態控制
    - LED_D8_Toggle( )
  - 設定 Task_T1_Flag = 1

TMR1_CallBack ( )

- **TMR1_CallBack 函數是 Timer1 中斷裡的函數，所要處理的動作有兩項**
  - 立即處理的動作：
    - LED_D8 轉態控制
  - 無立即性的執行需求，但需要處理的動作:
    - 如設定 Task_T1_Flag = 1
    - 交由主程式檢查旗號來決定是否執行

在 Lab3.c 的修改

- 加入 **Task_T1_Flag** 的宣告
  - extern volatile unsigned char Task_T1_Flag;
    - 為何要使用 **extern** 因為主宣告是在 **tmr1.c** 裡完成的

```
51  #include "app.h"
52  #include "APP001_LCD.h"
53
54  extern volatile unsigned char Task_T1_Flag;
```

```
105     while (1)
106     {
107         // Add your application code
108
109         if(Task_T1_Flag)
110         {
111             Task_T1_Flag=0;
112
113             adcResult = ADC_GetConversion(POT_CHANNEL);     // ADC 轉換，再讀取 ADC 的 16 進制值
114
115             // 在 LCD 第一行顯示 "ADC Hex = 0x03FF"
116             LCD_Set_Cursor(0,0);
117             putrsLCD((const far char*)"ADC Hex = 0x    ");
```

透過Task_T1_Flag在主程式中，對LCD做定時更新

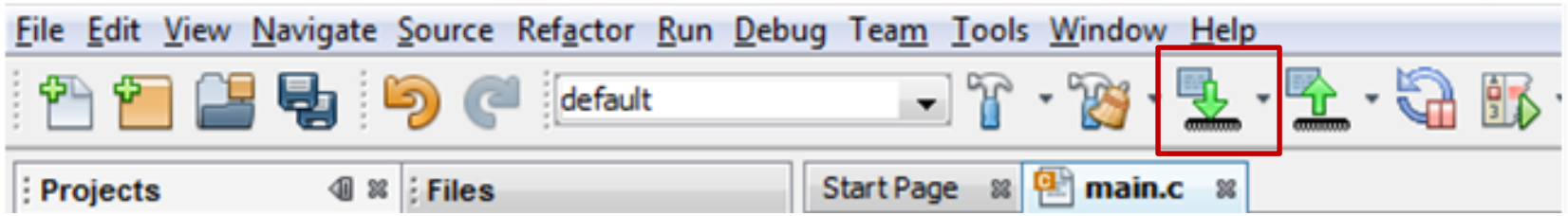
在 Lab3.c 的修改

```
59  void main(void)
60  {
61      int adcResult;
62
63      // Initialize the device
64      SYSTEM_Initialize();
65
66      // If using interrupts in PIC18 High/Low Priority Mode you need to enable the
67      // If using interrupts in PIC Mid-Range Compatibility Mode you need to enable
68      // Use the following macros to:
69
70      // TODO: 刪除註解(//)符號，啟動高優先權中斷
71      // Enable high priority global interrupts
72      INTERRUPT_GlobalInterruptHighEnable();
73
74      // TODO: 刪除註解(//)符號，啟動低優先權中斷
75      // Enable low priority global interrupts.
76      INTERRUPT_GlobalInterruptLowEnable();
77
78      // Disable high priority global interrupts
79      //INTERRUPT_GlobalInterruptHighDisable();
```

依照TODO的說明，將註解移除，啟用函數：High/Low Priority Interrupts( );

編譯及燒錄 Lab3_8bit 專案

- 啟動 **Tera Term** 終端機模擬程式
  - File → Disconnect → New connection
  - 啟用 Serial Port 的設定
  - Setup → Serial port 裡設定 (9600,N,8,1)
- 按下 **“Make and Program”** 的圖示開始編譯及燒錄



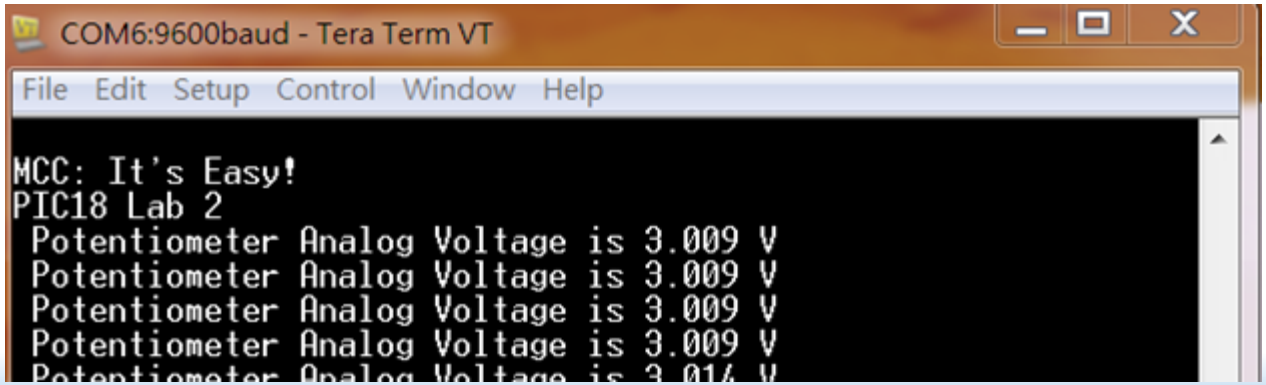
Lab3_8bit 專案 的執行

- LED _D8 每一秒閃爍一次
- LCD 會顯示

```
ADC Hex = 0x03FF
ADC Volt= 4.910V
```

LCD 顯示幕

- Tera Term 終端機每隔一秒顯示一次電壓值



PIC18 Lab 3 結論

- 我們配置了 **Timer1** 並使用高優先權的中斷模式
- 我們配置了 **EUSART1**並使其為低優先權的中斷模式
- 我們在 **tmr1.c** 的 **callback ( )** 函數裡加入 **Timer1** 發生中斷後須執行的程式

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 3-1:

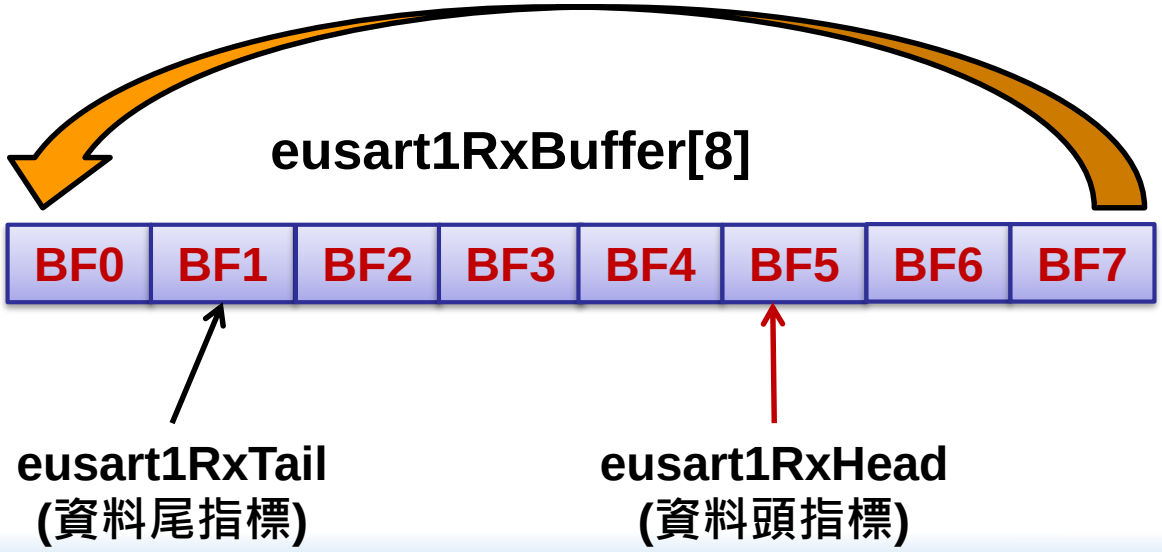
EUSART 中斷接收模式

EUASRT 接收相關的程式

- **eusart1.h**
  - #define EUSART1_DataReady (eusart1RxCount)
  - EUSART1 的函數原型宣告
- **eusart1.c**
  - 接收的 Ring Buffer 宣告與設定
    - **EUSART1_Initialize(viod)**
    - **EUSART1_Read(void)**
    - **EUSART1_Receiver_ISR(void)**
- **Lab3-1**
  - 主程式，將接收到的資料顯示在 LCD的第二行

接收的 Buffer 架構

- 使用 **8 Bytes** 陣列，用 **Ring Buffer** 的架構
  - static uint8_t eusart1RxHead = 0; // 資料頭的索引
  - static uint8_t eusart1RxTail = 0; // 資料尾的索引
  - static uint8_t eusart1RxBuffer[8];
  - volatile uint8_t **eusart1RxCount; (主程式檢查此 Byte)**
    // 目前 Buffer 裡有幾個 Bytes 的資料還沒被拿走



eusart1.c 接收程式解說

中斷接收端

```
void EUSART1_Receive_ISR(void)
{
    if (1 == RC1STAbits.OERR)           // 檢查是否有 Over run 的發生
    {
        // EUSART1 error - restart
        RC1STAbits.CREN = 0;            // Overrun 發生只能重設  CREN 位元來清除
        RC1STAbits.CREN = 1;
    }
    // buffer overruns are ignored      // 注意此接收程式不檢查資料是否會被覆蓋
    eusart1RxBuffer[eusart1RxHead++] = RC1REG;

     // 接收資料存到 Ring Buffer 裡，資料頭索引值加一，指向下一個 Buffer 位置
    if (sizeof(eusart1RxBuffer) <= eusart1RxHead)  // 資料頭索引值 等於 Buffer 的大小
    {
        eusart1RxHead = 0;              // 資料頭索引值 = 8，資料頭索引值歸零
    }
    eusart1RxCount++;                   // 接收計數器加一 (收到一筆資料)
}
```

eusart1.c 接收程式解說

主程式呼叫的接收函數

```
uint8_t EUSART1_Read(void)
{
    uint8_t readValue  = 0;

    while (0 == eusart1RxCount)   // 主程式呼叫，檢查是否有新資料在 Ring Buffer 裡
    {
            //沒有新資料所要處理的程式寫在這裡
    }

    PIE1bits.RC1IE = 0;                 // 暫時關閉接收中斷以避免資料被中斷打亂 (很重要)
    readValue = eusart1RxBuffer[eusart1RxTail++]; // 自 Ring Buffer 的資料尾索引位置拿取資料
    if(sizeof(eusart1RxBuffer) <= eusart1RxTail)     // 資料尾索引值 等於 Buffer 的大小(到底了嗎?)
    {
       eusart1RxTail = 0;               // 資料尾索引值 到底了要歸零(從頭開始)
    }
    eusart1RxCount--;                   // 接收計數器減一 (拿走一筆資料)
    PIE1bits.RC1IE = 1;                 // 重先開啟接收中斷
    return readValue;                   // 回傳一個接收資料
}
```

Lab3-1.c 的 EUSART 接收程式

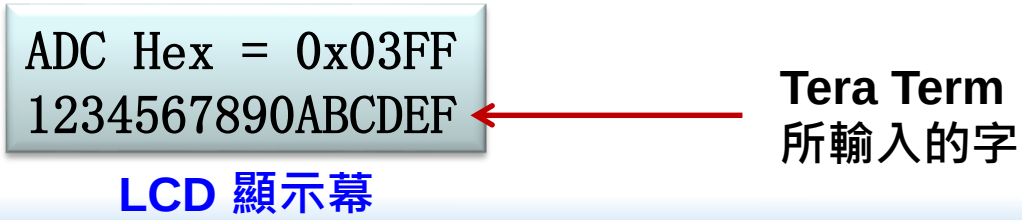
- 所以主程式只要檢查 **ESUART1_DayaReady** 不等於零時，代表有資料在接收的 **Ring Buffer** 裡

Lab3-1.c Main Function

```
while (EUSART1_DataReady)
 // 此定義在 eusart1.h 裡: #define EUSART1_DataReady  (eusart1RxCount)
 // 不為零，代表有資料在 UART1 接收的 Buffer 裡
{
        LCD_Set_Cursor(1,LCD_Count);          // 設定顯示位置
        putcLCD(EUSART1_Read());
                // 讀取 RxD 的 Ring Buffer 的值後顯示在 LCD 上。
        if (LCD_Count++ ==15) LCD_Count=0;
                // 控制 LCD 顯示的位置，位置 = 15 時 Cursor 歸零。
 }
```

Lab3-1_8bit 專案 的執行

- LED _D8 一樣每一秒閃爍一次
- Tera Term 終端機一樣會每隔一秒顯示一次電壓值
- 用老鼠切換到 Tera Term 後，輸入鍵盤上的字就可以看到 LCD 會在第二行顯示所輸入的字元



好像發送端還沒有講

- **EUSART1_Write(uint8_t txData) 為傳送函數**
  - 不使用中斷傳輸模式 (一般使用)
    - **確定 TX1IE = 0**
    - **呼叫 EUSART1_Write( ) 傳輸資料直接寫入 TX1REG 直接傳送出去**
  - 中斷方式傳輸，用 Tx Ring Buffer 來做傳輸
    - **設定 TX1IE = 1**
    - **呼叫 EUASRT1_Write( )，傳入資料將被送到 Ring Buffer 後再啟動 TX1IE**
    - **傳輸中斷立即發生，經 EUSART1_Transmit_ISR ( ) 做中斷傳送**

euasrt1.c 傳送程式解說

```
void EUSART1_Write(uint8_t txData)
{
   while(0 == eusart1TxBufferRemaining)  // 檢查 Tx Ring Buffer 是否還有暫存資料
   { // 沒有，在這裡輸入您的程式
   }
   if (0 == PIE1bits.TX1IE)          // 中斷傳輸模式是否開啟?
   {
      TX1REG = txData;               // 沒有使用中斷模式傳輸，送出傳輸資料，
   }                                 // 這裡沒有做TX Busy 的檢查，所以呼叫者要做
   else
   {                                 // 使用中斷傳輸模式
      PIE1bits.TX1IE = 0;
      eusart1TxBuffer[eusart1TxHead++] = txData;      // 資料寫到 Tx Ring Buffer 裡
      if (sizeof(eusart1TxBuffer) <= eusart1TxHead)   // 檢查索引值是否到頂了
      {
         eusart1TxHead = 0;                           // 索引值到頂，歸零
      }
      eusart1TxBufferRemaining--;
   }
   PIE1bits.TX1IE = 1;               // 啟動傳輸中斷
}
```

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 4:

I^2C^{TM} 串列通訊

用 Master 模式存取 24LC32A

PIC18 Lab 4 目標

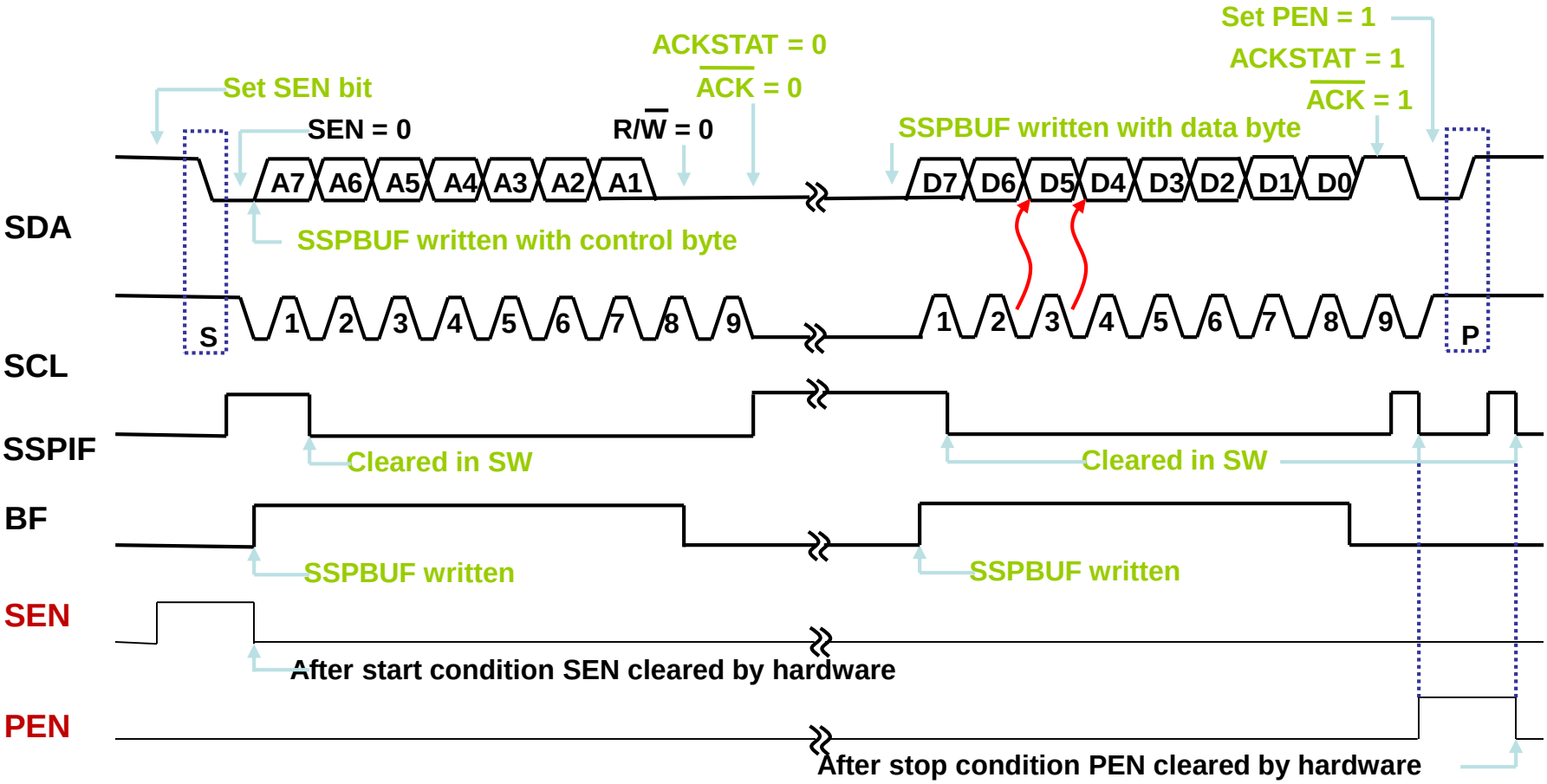
- 使用 I²C™ 同步型串列通訊
- 設置 I²C™ Master 模式做寫入和讀取一個 I²C™ Slave 元件 24LC32A EEPROM
- 重設 EUSART 利用終端機來顯示各項訊息

PIC18 Lab 4 概述

- 先關閉 MPLAB® X IDE 下所有的專案及檔案
- 開啟 ..\Labs\Lab4\lab4_8bit.X 的專案

- 設定 Timer1, ESUART
- 設定 I²C™ Module

I²C™ Master 模式下
發送資料的時序

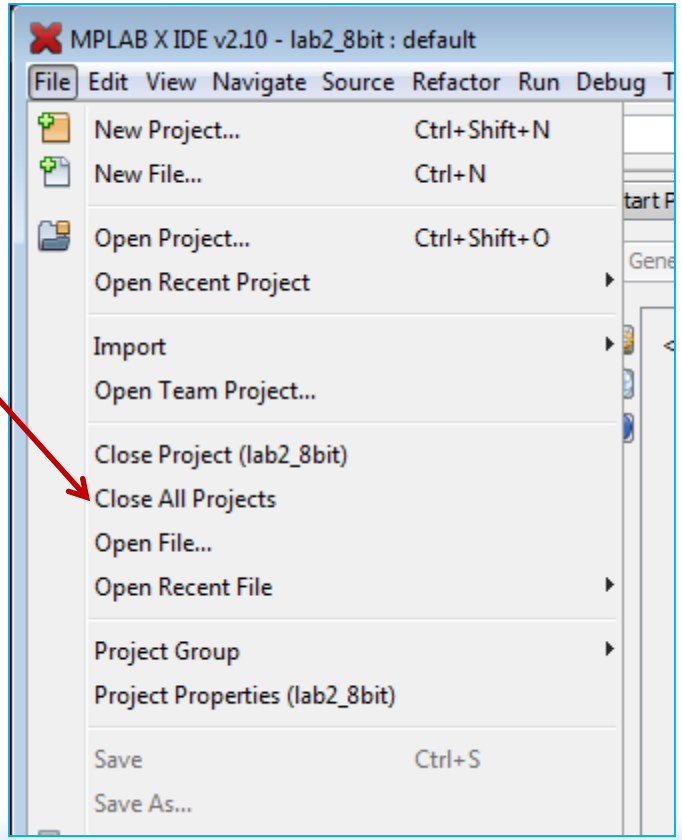


動手做實驗

PIC18 Lab 4

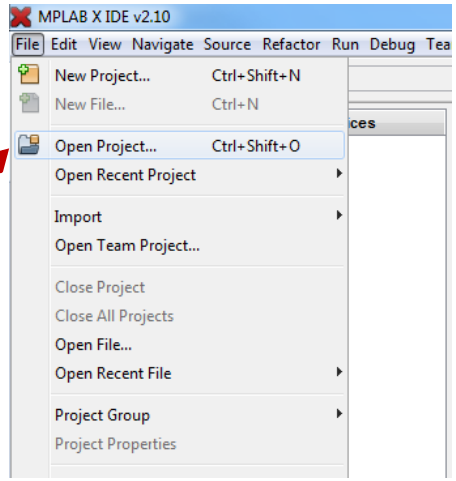
PIC18 Lab 4

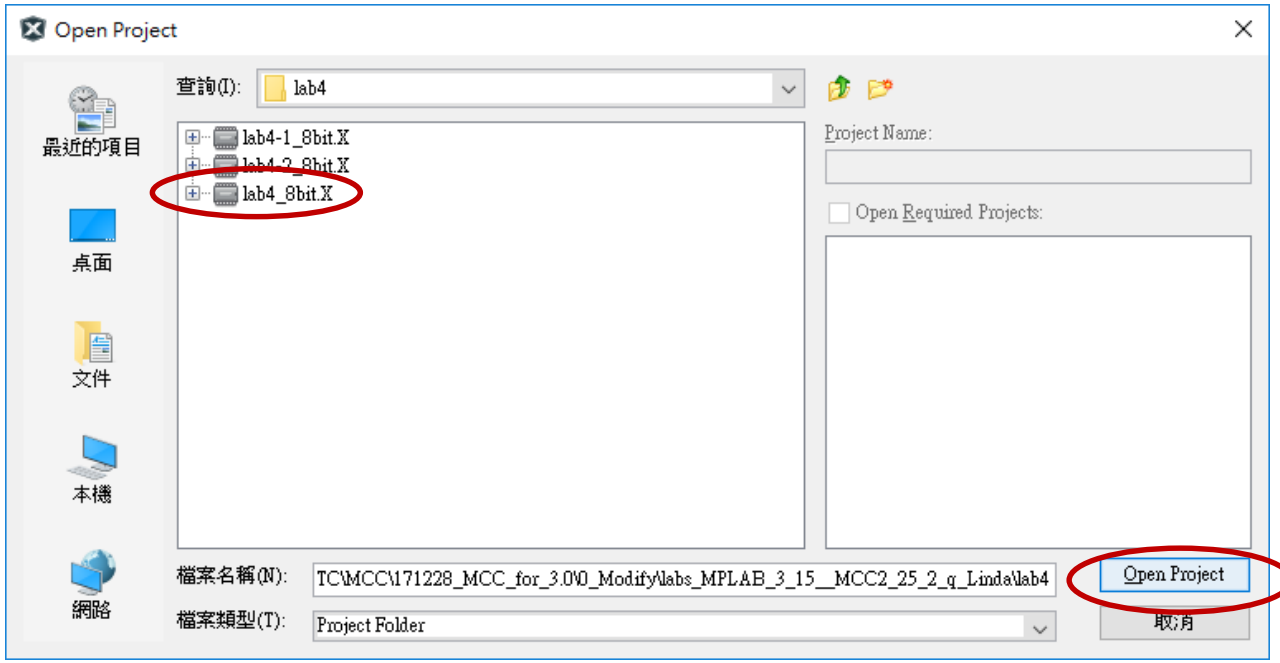
- 為避免混淆，請確定關閉所有的專案及編輯視窗裡的檔案



PIC18 Lab 4

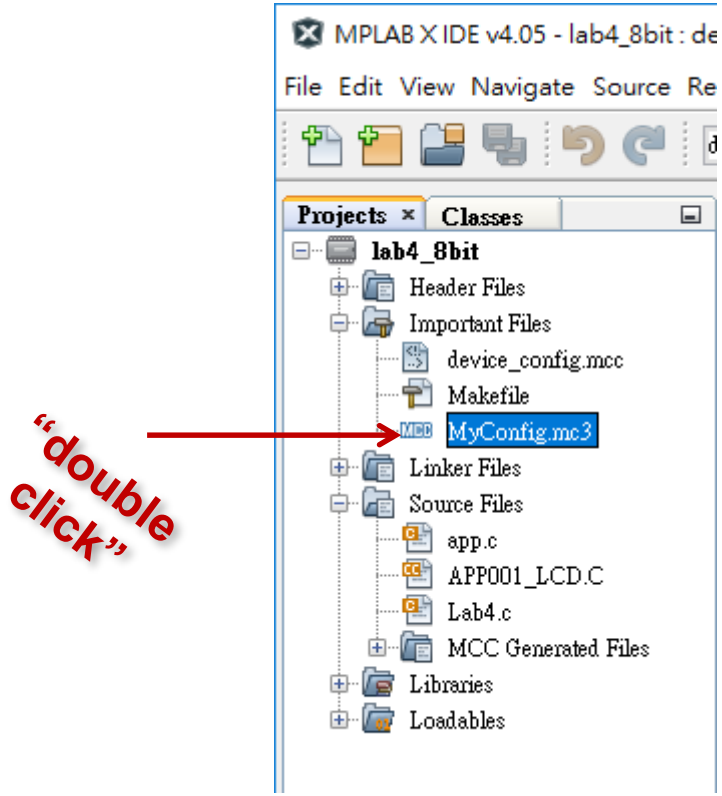
- 開啟 ..\Labs\Lab4\lab4_8bit.X





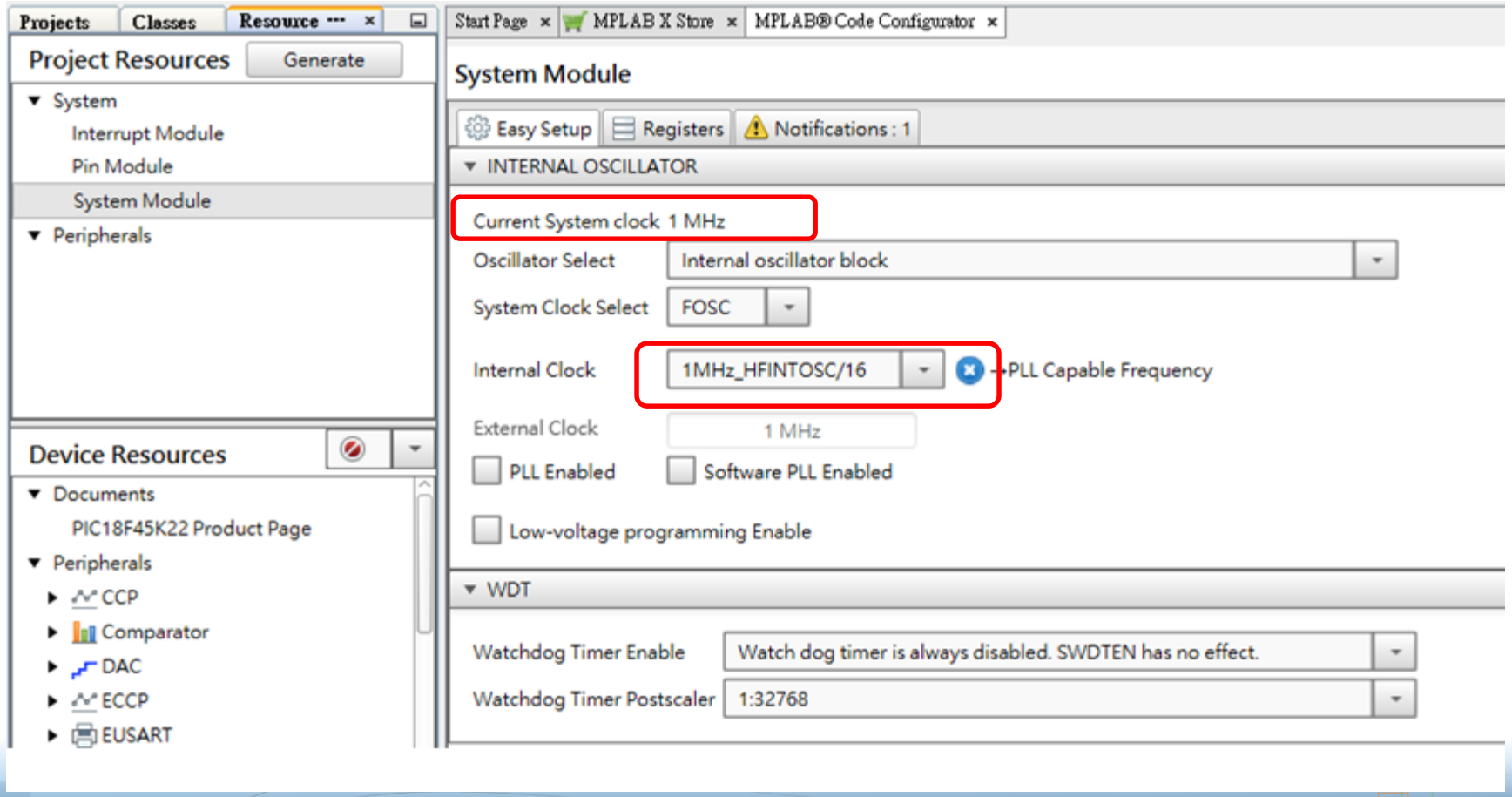
PIC18 Lab 4

- 啟用 **MPLAB® Code Configurator**



檢視MCC 的設定
System

- 使用內建 **1MHz** 的 **RC** 振盪器



檢視MCC 的設定 GPIO

- 與 Lab3 (新增RB0=SW2,RA4=SW3)

Pin Module

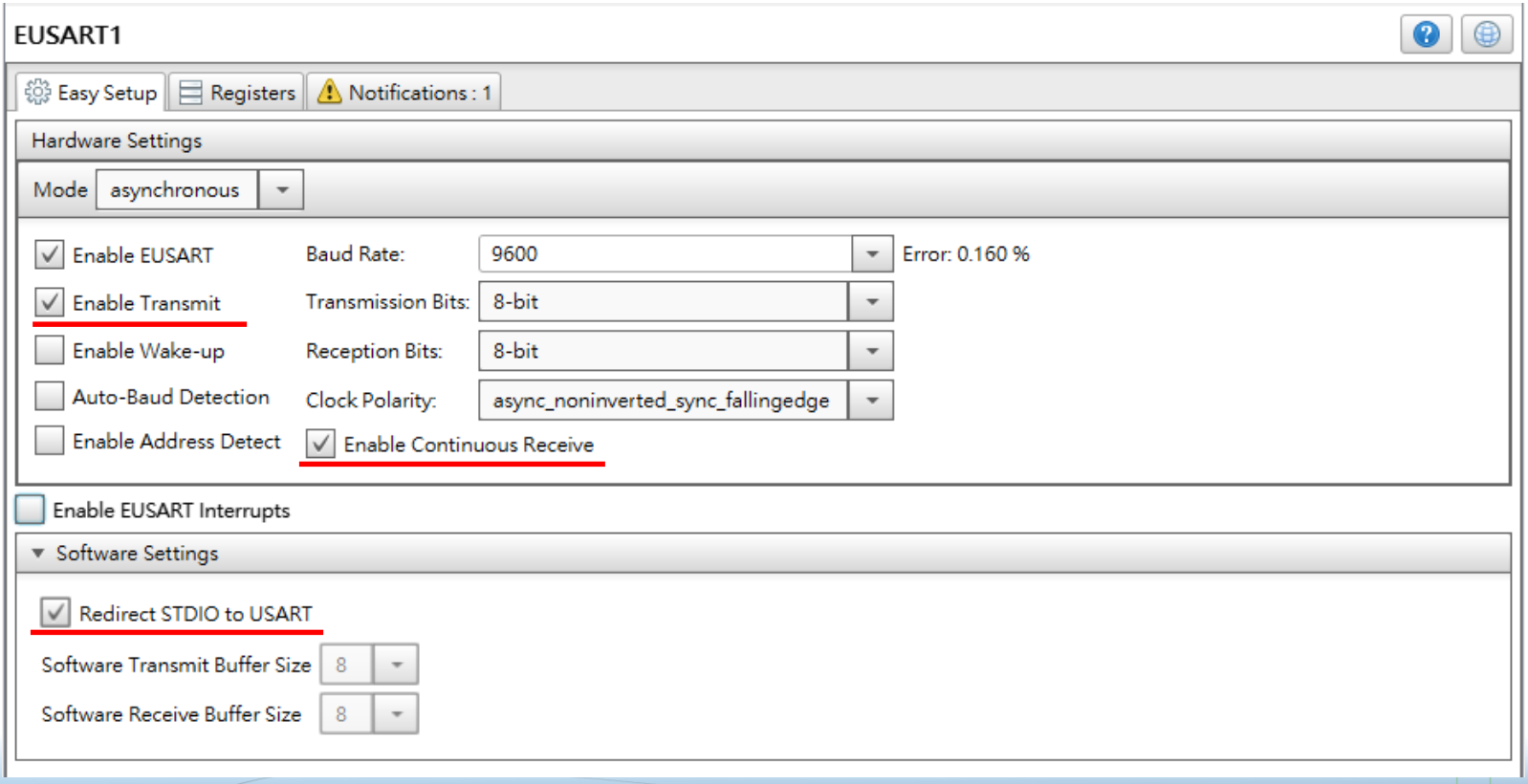
Easy Setup | Registers | Notifications : 0

Selected Package : PDIP40

Pin Name	Module	Function	Custom Name	Start High	Analog	Output	WPU	OD	IOC
RA2	Pin Module	GPIO	LCD_E	☑	☐	☑			
RA4	Pin Module	GPIO	SW3	☐		☐			
RB0	Pin Module	GPIO	SW2	☐	☐	☐	☐		
RC3	MSSP1	SCL1		☐	☐	☐			
RC4	MSSP1	SDA1		☐	☐	☐			
RC6	EUSART1	TX1		☐	☐	☑			
RC7	EUSART1	RX1		☐	☐	☐			
RD0	Pin Module	GPIO	LCD_DATA0	☑	☐	☑			
RD1	Pin Module	GPIO	LCD_DATA1	☑	☐	☑			
RD2	Pin Module	GPIO	LCD_DATA2	☑	☐	☑			
RD3	Pin Module	GPIO	LCD_DATA3	☑	☐	☑			
RD4	Pin Module	GPIO	LCD_RS	☑	☐	☑			
RD5	Pin Module	GPIO	LCD_RW	☑	☐	☑			

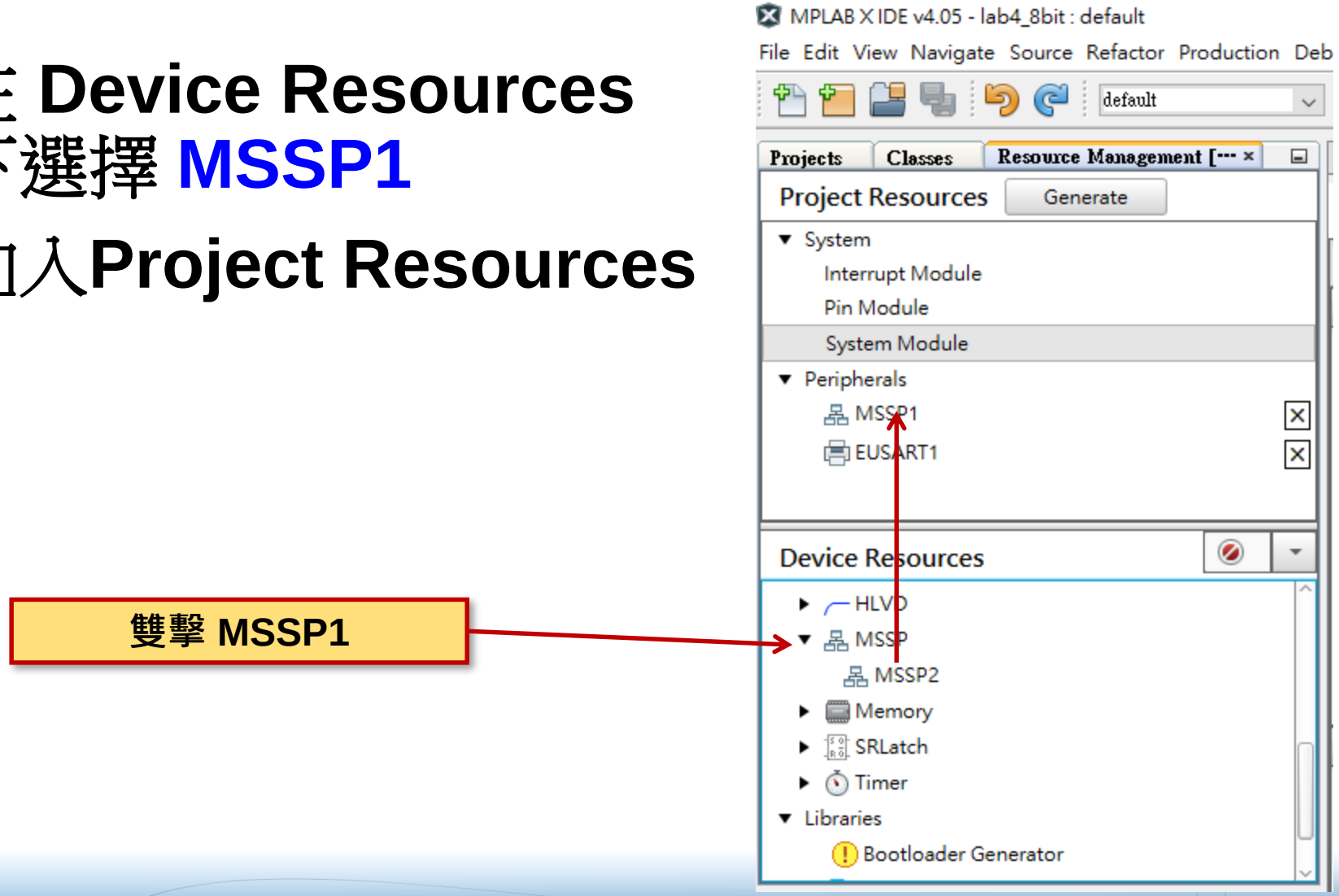
檢視MCC 的設定 EUSART1

- 設定EUSART1
  - 關閉中斷，開啟傳送模組，STDIO 轉向
  - 9600, N, 8, 1



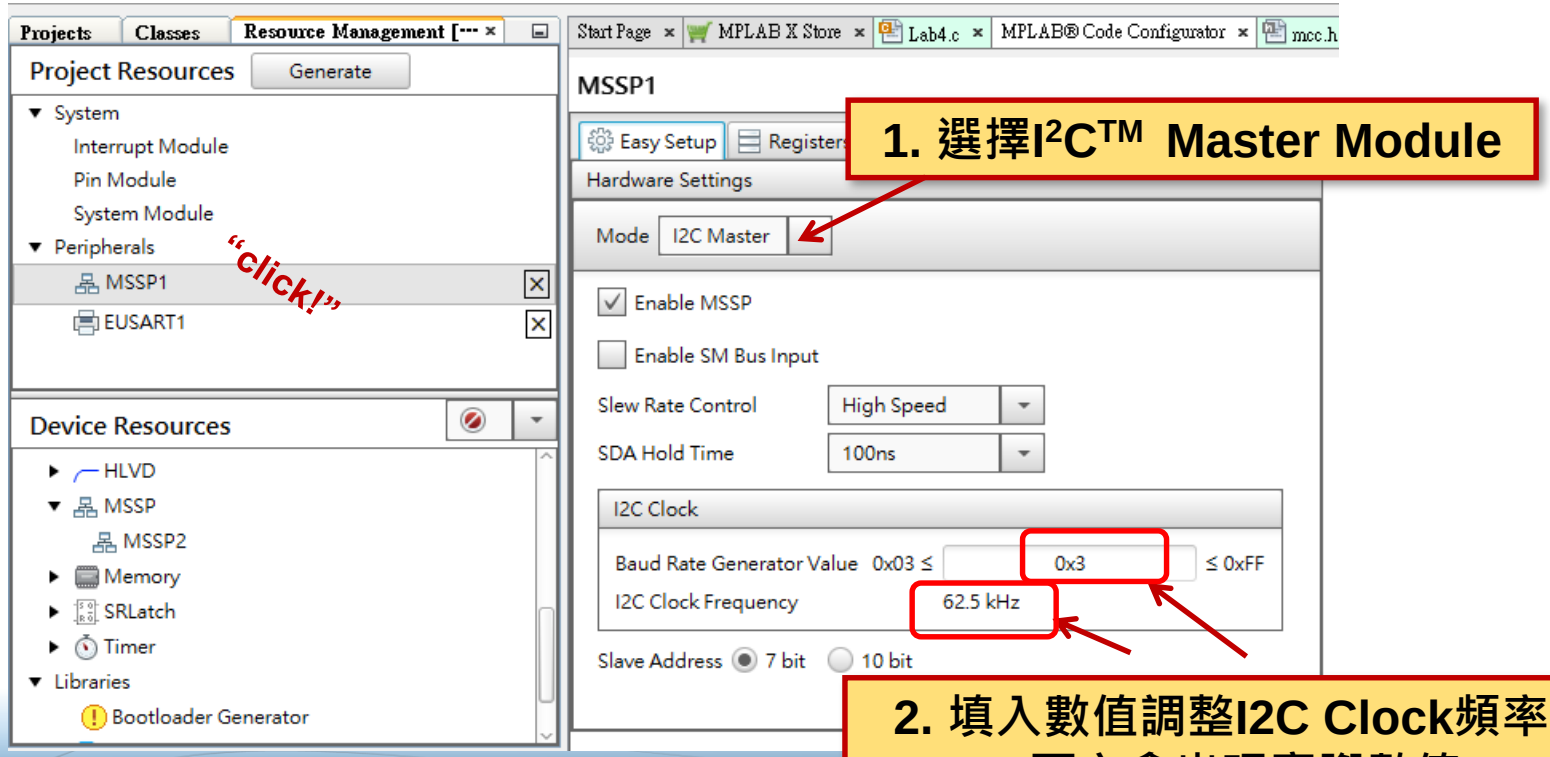
檢視MCC 的設定
加入I²C™ 1 模組

- 在 Device Resources 下選擇 MSSP1
- 加入Project Resources



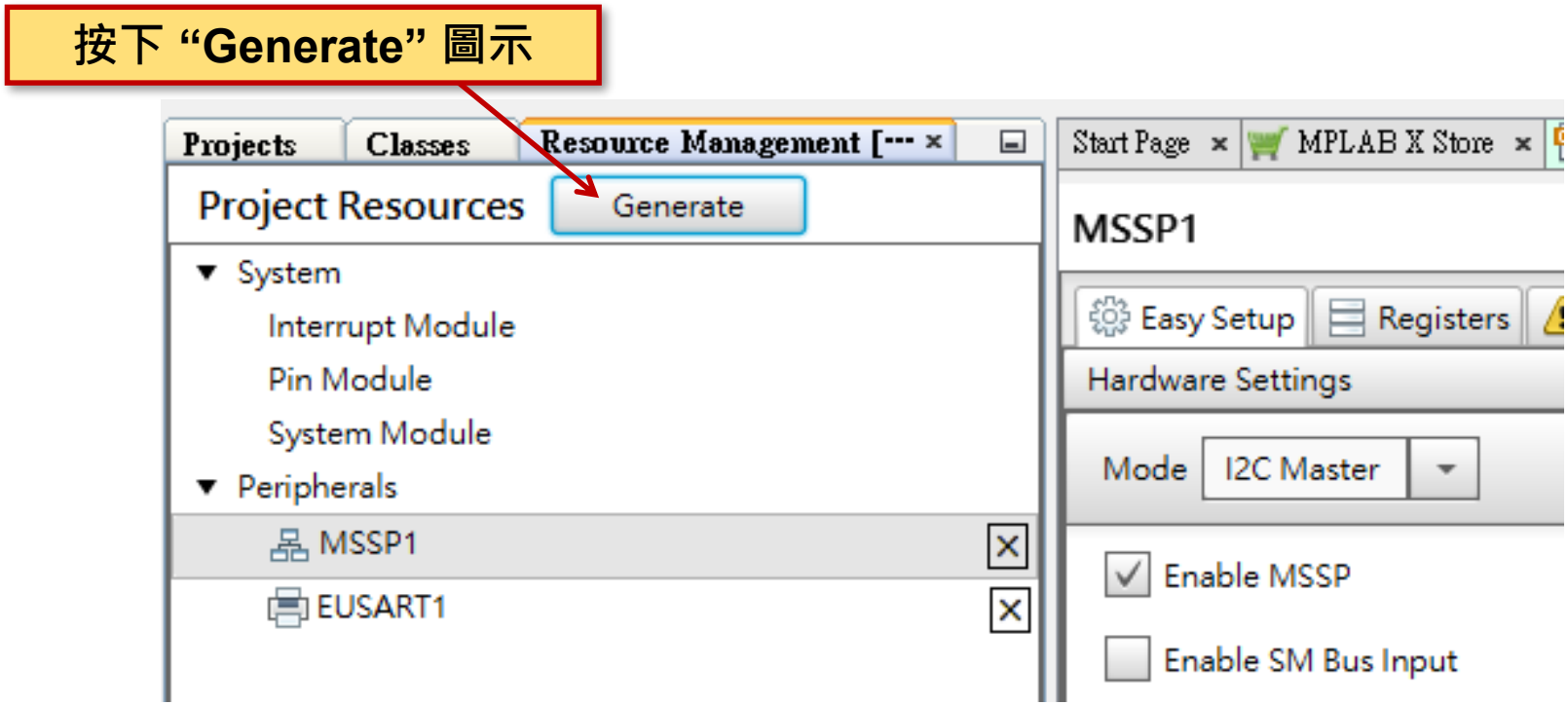
檢視MCC 的設定 I²C™ 1

- 設定 I²C™ 1 模組
  - 這是中斷傳輸的模式
  - 使用相容於 PIC16F 的中斷模式



完成 Lab 4 的 MCC 設定

- 按下 “Generate Code” 並關閉 MPLAB® Code Configurator

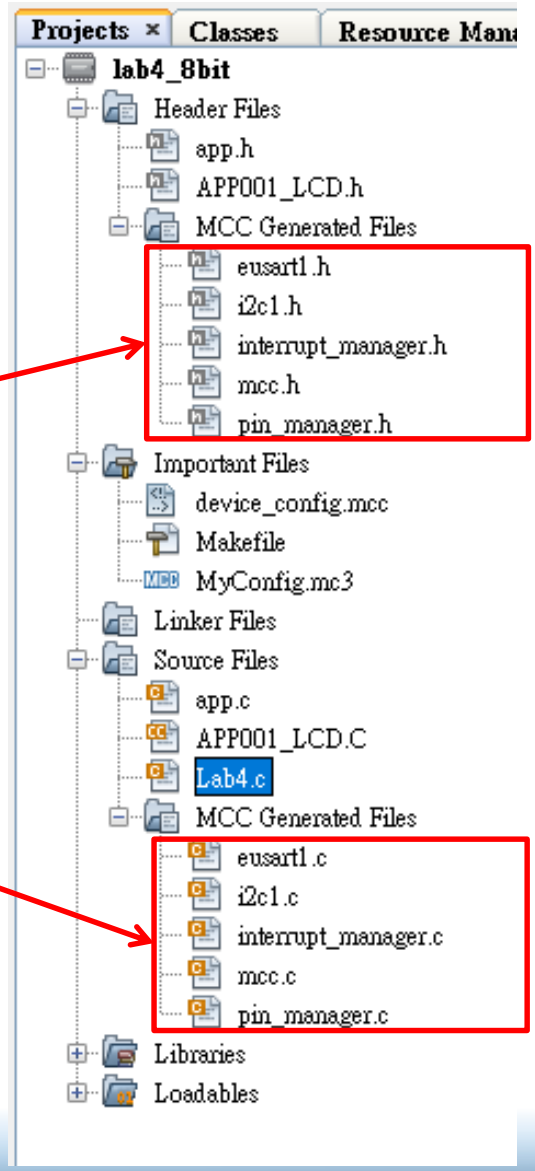


PIC18 Lab 4

- 開啟 **Lab4.c**

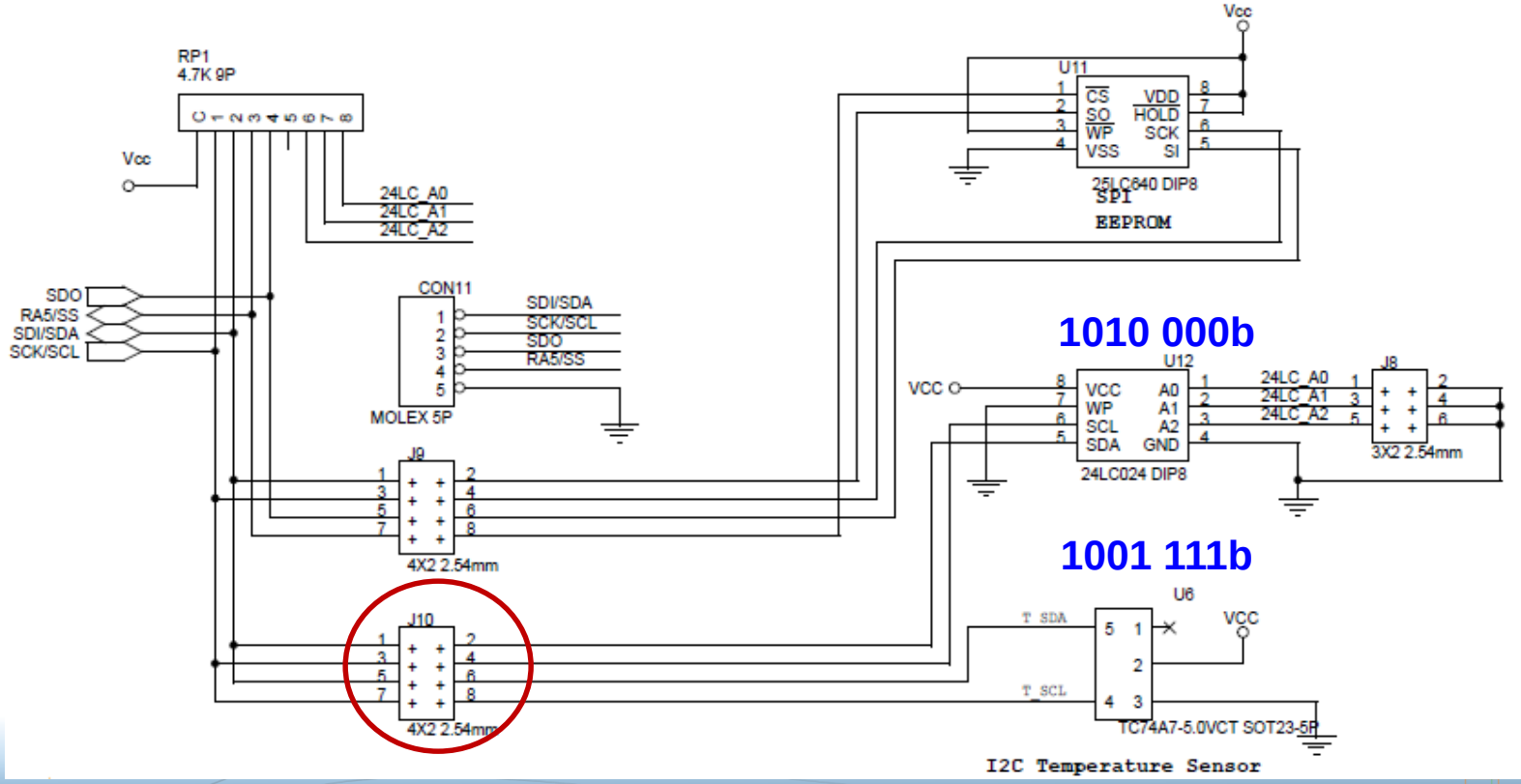
MCC 所產生的周邊含入檔

MCC 所產生的周邊函數

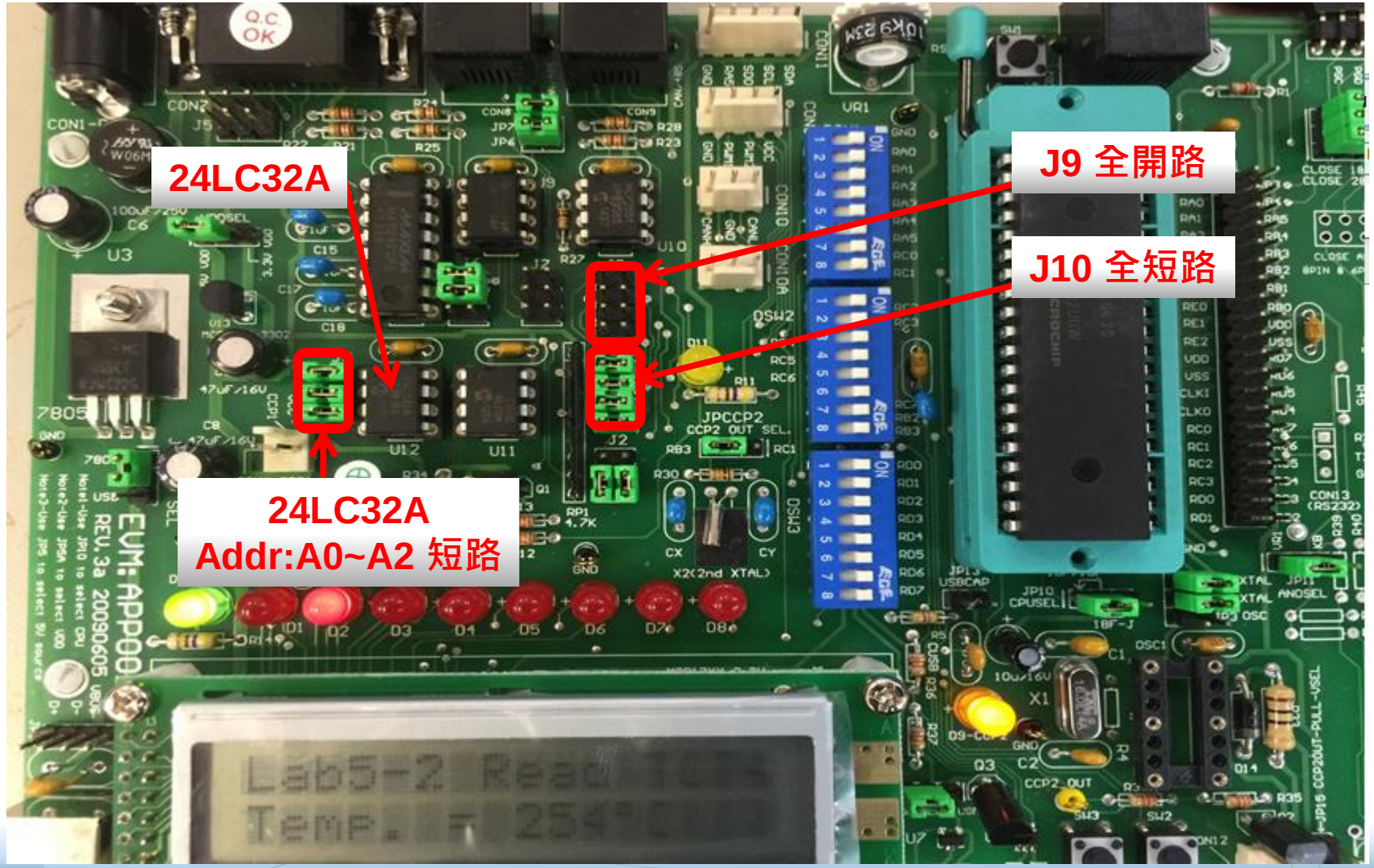


APP001 J10 的設定

- J10 用來設定 I²C™ 的元件選擇
  - 確定 J10 的 1 & 2，3 & 4 是短路的
  - J10 全部短路也可以，因為 TC74 位址不同



APP001 Jump 的設定



Lab4 的功能說明

- 利用 **MCC** 所產生的 **I²C™** 函數，存取 **EEPROM 24LC32A** 的用法
- 按下 **SW2** 時，將預設的資料寫到 **24LC32A 0x0000** 的位址裡
  - 預設資料：GOOD DAY !
- 按下 **SW3** 時，讀取 **24LC32A 0x0000** 位址的連續資料並做比較
- 顯示比較的結果

Lab4 程式說明

- **Lab4.c – User's 自己寫的主程式**
  - 主程式，呼叫 MCC 所產生的 I²C™ 函數做 24LC32A 的儲存，讀取，比對
- **App.c – User's 自己寫的應用程式**
  - 按鍵彈跳處理，回傳按鍵值給 main( )
- **I2C1.c – MCC 所產生的函數**
  - I2C1_Initialize( ) : I²C™ 初始設定 (中斷模式)
  - I2C1_ISR( ) : I²C™ 中斷傳送函數
  - I2C1_Master_Write( ) : I²C™ 寫入函數
  - I2C1_Master_Read( ) : I²C™ 讀取函數

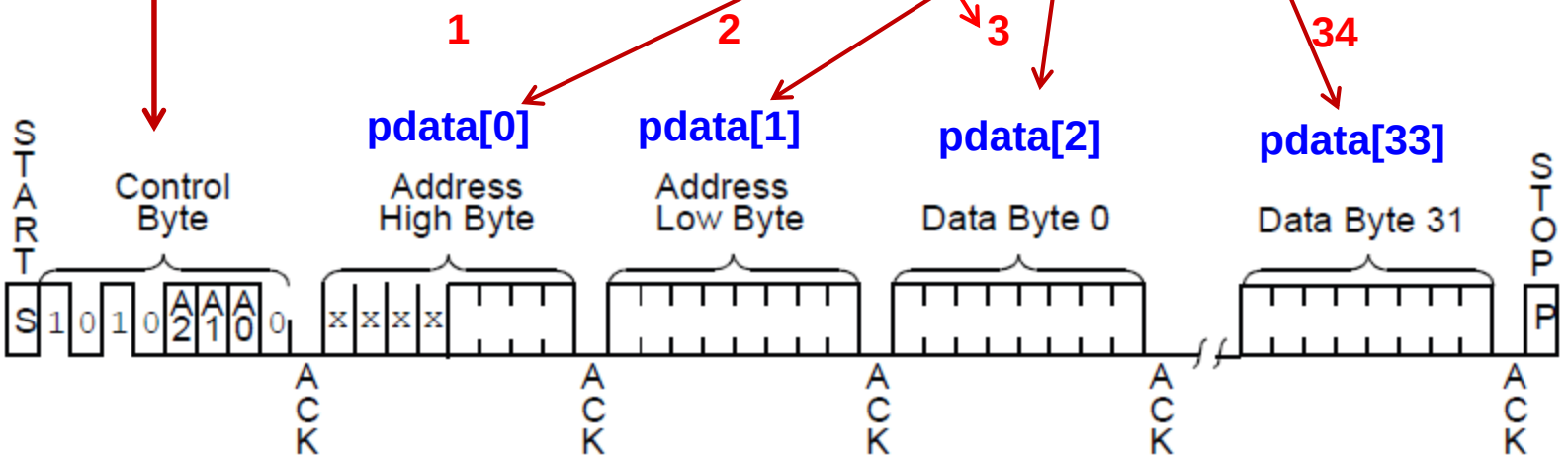
Lab4 對 24LC32A 的宣告

- **#define I2C_SLAVE_ADDRESS 0x50**
  - 定義 24LC32A 的 Slave Address,
  - 實際位址 : 0b1010 000 (7-Address bits) + R/W (1 bit)
  - 程式會向左移一個位元再補上R/W 位元
  - 存取有 Block 的元件，0x51 會存取 Block1 (24LC04)
- **#define EEPROM_ADDRESS_HIGH 0x00**
- **#define EEPROM_ADDRESS_LOW 0x00**
  - 定義要存取的 24LC32A 的資料位址
  - 24LC32A 以上的 EEEPRM 有 16 bits 位址
- **#define NUM_ADDRESS_BYTES 0x02**
  - 定義為 24LC32A 以上的元件位址
  - 如存取 24LC16 以下的元件則設成 0x01

I2C1_Master_Write( )

I²C™ 寫入函數的參數說明

```
void I2C1_MasterWrite(
        uint8_t *pdata,  // 寫入資料的陣列 (含位址)
        uint8_t length,  // 寫入資料的長度 (含位址)
        uint16_t address,  // Slave Device Address
        I2C1_MESSAGE_STATUS *pstatus);
```



24LC32A Page Write

Lab4.c

使用 I2C1_MasterWriet ( ) 的範例

- #define I2C_SLAVE_ADDRESS 0x50
- uint8_t eepromWriteBuffer[ ] = {EEPROM_ADDRESS_HIGH, EEPROM_ADDRESS_LOW, 'G', 'O', 'O', 'D', ' ', 'D', 'A', 'Y', ' ', '!'}; // 共 12 Bytes 資料

- I2C1_MasterWrite(

  eepromWriteBuffer, // 欲寫入的資料的指標

  sizeof(eepromWriteBuffer), // { } 內資料總共 12 個

  I2C_SLAVE_ADDRESS, // 0xA0 , 0x50 << 1

  &i2cStatus); // 函數工作結束的狀態

關於寫入函數的狀態 i2cStatus

```
I2C1_MESSAGE_STATUS i2cStatus;     // Lab4.c


typedef enum  {                          //  宣告在 i2C1.h 裡
    I2C1_MESSAGE_COMPLETE,
    I2C1_MESSAGE_FAIL,
    I2C1_MESSAGE_PENDING,
    I2C1_STUCK_START,
    I2C1_MESSAGE_ADDRESS_NO_ACK,
    I2C1_DATA_NO_ACK,
    I2C1_LOST_STATE
} I2C1_MESSAGE_STATUS;
                                  // I2C 狀態的列舉宣告
```

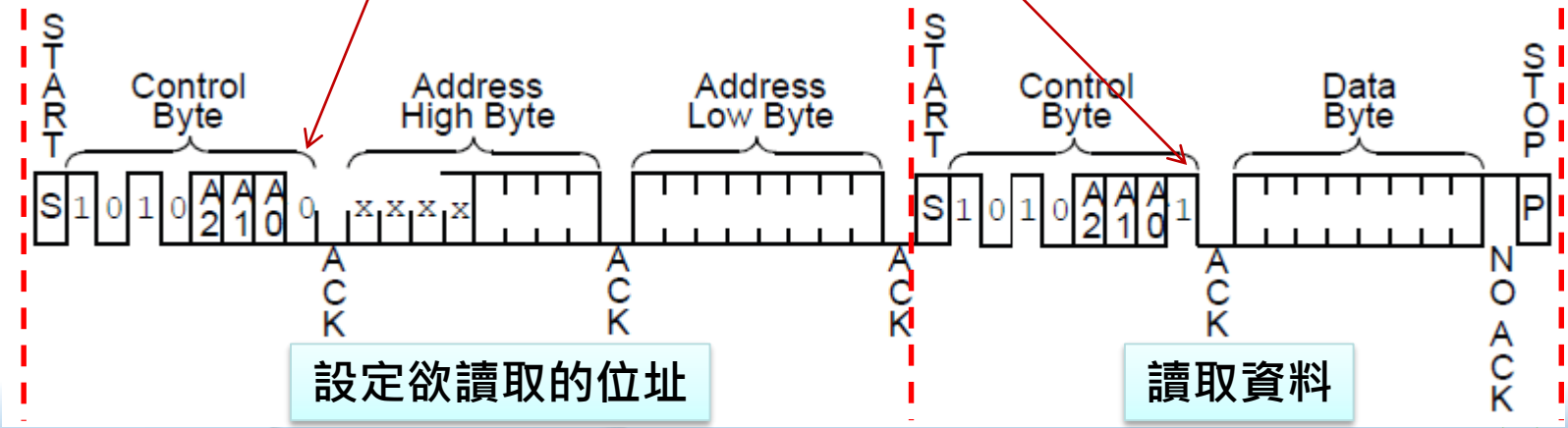
i2cStatus 的使用範例

寫入一個 Byte

```
timeOut = 0;
        while(status != I2C1_MESSAGE_FAIL)
        {
            I2C1_MasterWrite(  writeBuffer,  3,  slaveDeviceAddress,   &i2cstatus);

            while(i2cstatus == I2C1_MESSAGE_PENDING);     // 等待寫入的狀態改變
            if (i2cstatus == I2C1_MESSAGE_COMPLETE)   break;   // 寫入動作完成，跳離此迴圈

          // 假如回傳的狀態為   I2C1_MESSAGE_ADDRESS_NO_ACK   或   I2C1_DATA_NO_ACK,
          // 表示元件還在忙，需要再做寫入直到 設定的  Time-Out 次數

            if (timeOut == SLAVE_I2C_GENERIC_RETRY_MAX)   break;  // Time-Out 發生，跳離迴圈
            else
                    timeOut++;      // Slave 沒有回應，Time-Out 計數值加一
        }
        if (i2cstatus == I2C1_MESSAGE_FAIL)
        {
           break;                        // 寫入錯誤，離開迴圈
        }
```

24LC32A Random Read

- 先用 **Write Command** 設定 **EEPROM** 要讀取的位址
  - 如要用Sequential Read 則要注意邊界位址
- 再用 **Read Command** 讀取資料
  - 可以只讀取一個 Byte
  - 也可以讀取小於一個 Page 的資料 (32 Bytes)



Lab4.c 的定義
讀取 24LC32A

```
#define I2C_SLAVE_ADDRESS 0x50          // 24LC32A 的 Slave 位址

#define EEPROM_ADDRESS_HIGH 0x00        // 24LC32A 要讀取資料
#define EEPROM_ADDRESS_LOW 0x00         // 的內部位址設定

#define NUM_ADDRESS_BYTES 0x02          // 兩個 Byte 的位址 (容量)

uint8_t eepromReadBuffer [ sizeof(eepromWriteBuffer) -
                                    NUM_ADDRESS_BYTES ] = {0x00};
// 定義 eepromReadBuffer 陣列的大小，此處為  12 – 2 = 10 個
// 陣列初始值設為 0x00
```

Lab4 的 24LC32A 資料讀取

- 寫入位址的設定:

```
I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer,NUM_ADDRESS_BYTES,I2C_SLAVE_ADDRESS,&i2cStatus);
```

NUM_ADDRESS_BYTES = 2, 只設定 16-bit 的位址

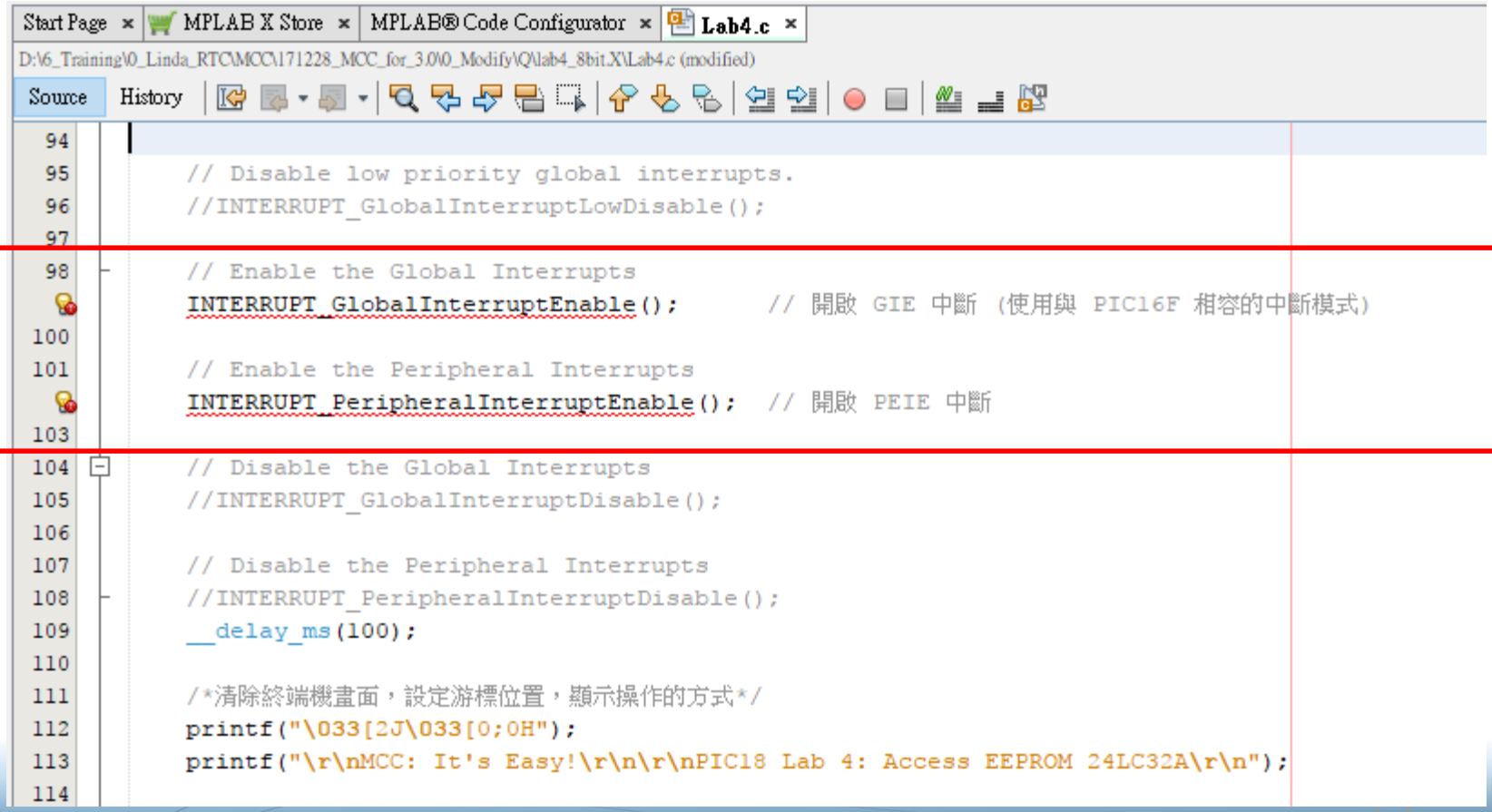
- 讀取24LC32A 的資料

```
I2C1_MasterRead(eepromReadBuffer,sizeof(eepromReadBuffer),I2C_SLAVE_ADDRESS,&i2cStatus);
```

sizeof(eepromReadBuffer = 10,
連續讀取 10 Bytes 資料到 eepromReadBuffer[ ]

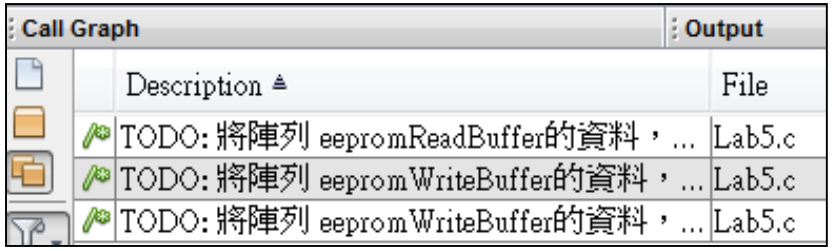
PIC18 Lab 4

- 編輯 Lab4.c
  - 此處MCC產生的I2C的函式是由中斷方式撰寫，所以必須要確認已開啟中斷



PIC18 Lab 4

- 編輯 **Lab4.c**
- 一樣在 **Window** 下的 **Tasks** 有三個 **TODOs**



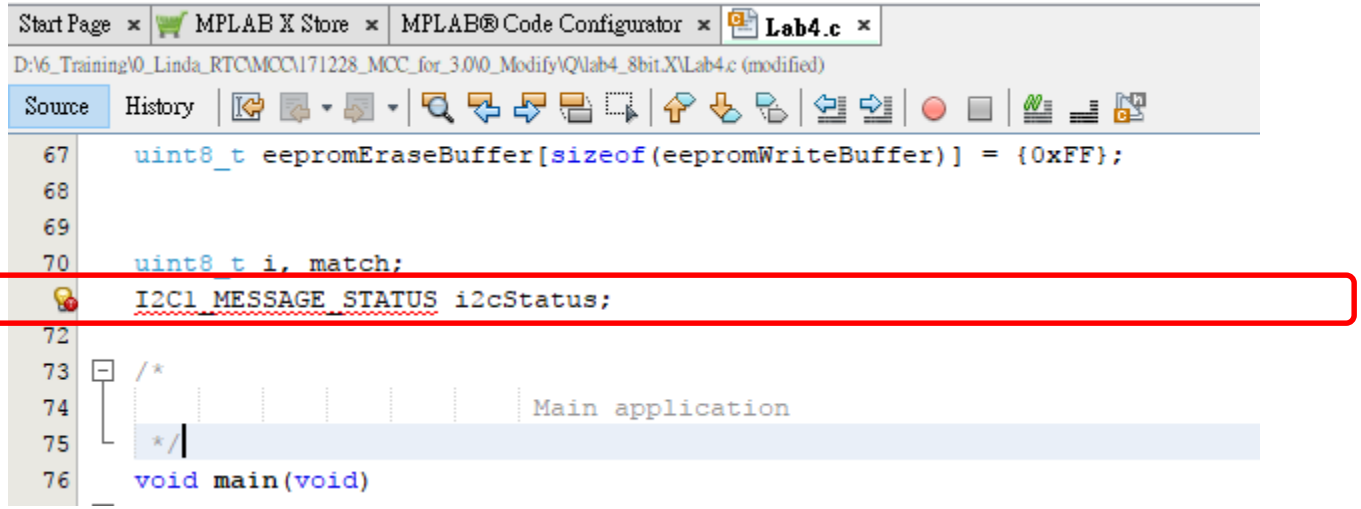

```
131         //將資料寫到 24LC32A EEPROM
132         //TODO: 將陣列 eepromWriteBuffer的資料，寫入資料的長度，24LC32A Slave Address 及狀態回傳變數 (共四項)
133         //      使用 I2C1_MasterWrite( ) 函數來實現資料讀寫入
134         I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer,sizeof(eepromWriteBuffer),I2C_SLAVE_ADDRESS,&i2cStatus);
```

```
151         //將欲讀取資料的位址寫到 24LC32A EEPROM
152         //TODO: 將陣列 eepromWriteBuffer的資料，幾個位址長度 (2)，24LC32A Slave Address 及狀態回傳變數 (共四項)
153         //      使用 I2C1_MasterWrite( ) 函數來實現位址的設定
154         I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer,NUM_ADDRESS_BYTES,I2C_SLAVE_ADDRESS,&i2cStatus);
```

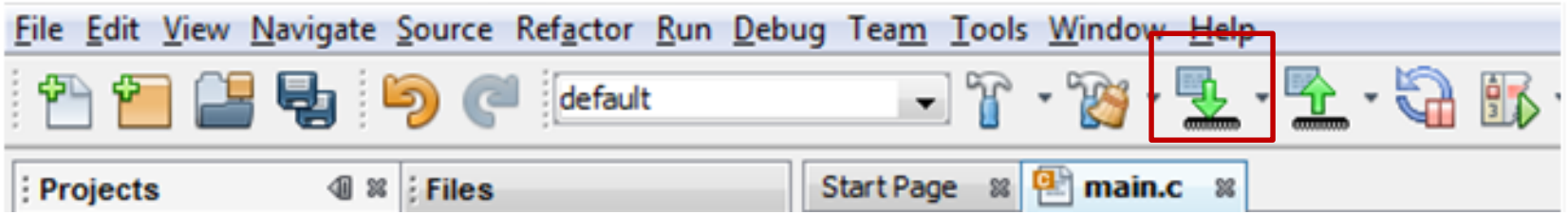
```
162         //依據所輸入的讀取長度來讀取 EEPROM 的資料
163         //TODO: 將陣列 eepromReadBuffer的資料，讀取資料個數，24LC32A Slave Address 及狀態回傳變數 (共四項)
164         //      使用 I2C1_MasterRead( ) 函數來實現資料的讀取
165         I2C1_MasterRead(eepromReadBuffer,sizeof(eepromReadBuffer),I2C_SLAVE_ADDRESS, &i2cStatus);
```

PIC18 Lab 4

- 確認宣告I2Cx_MESSAGE_STATUS承接I2C函數產生的狀態

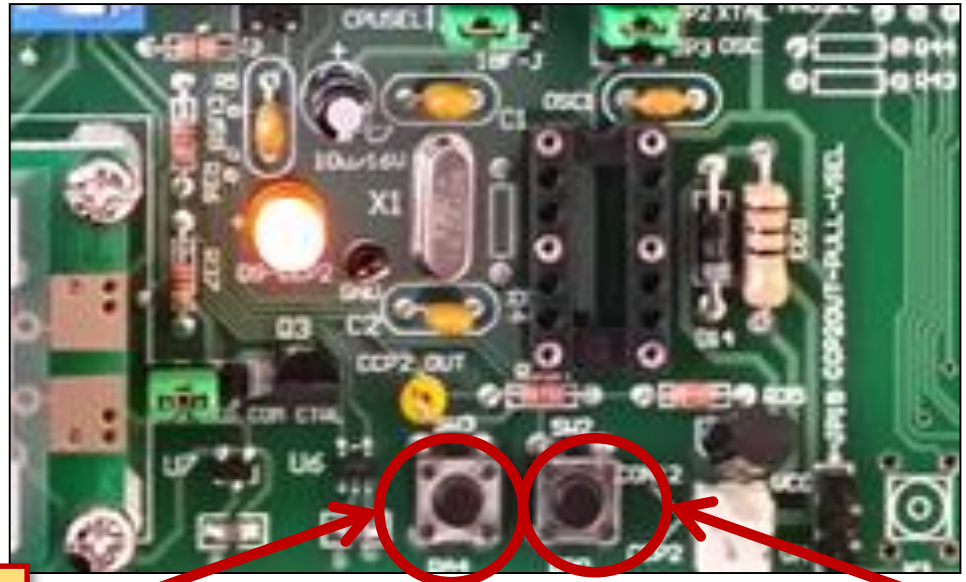


- “編譯及燒錄”程式



Lab 4 程式執行

- 按下 **SW2** 執行 **EEPROM** 寫入動作
- 按下 **SW3** 執行 **EEPROM** 讀取及比對

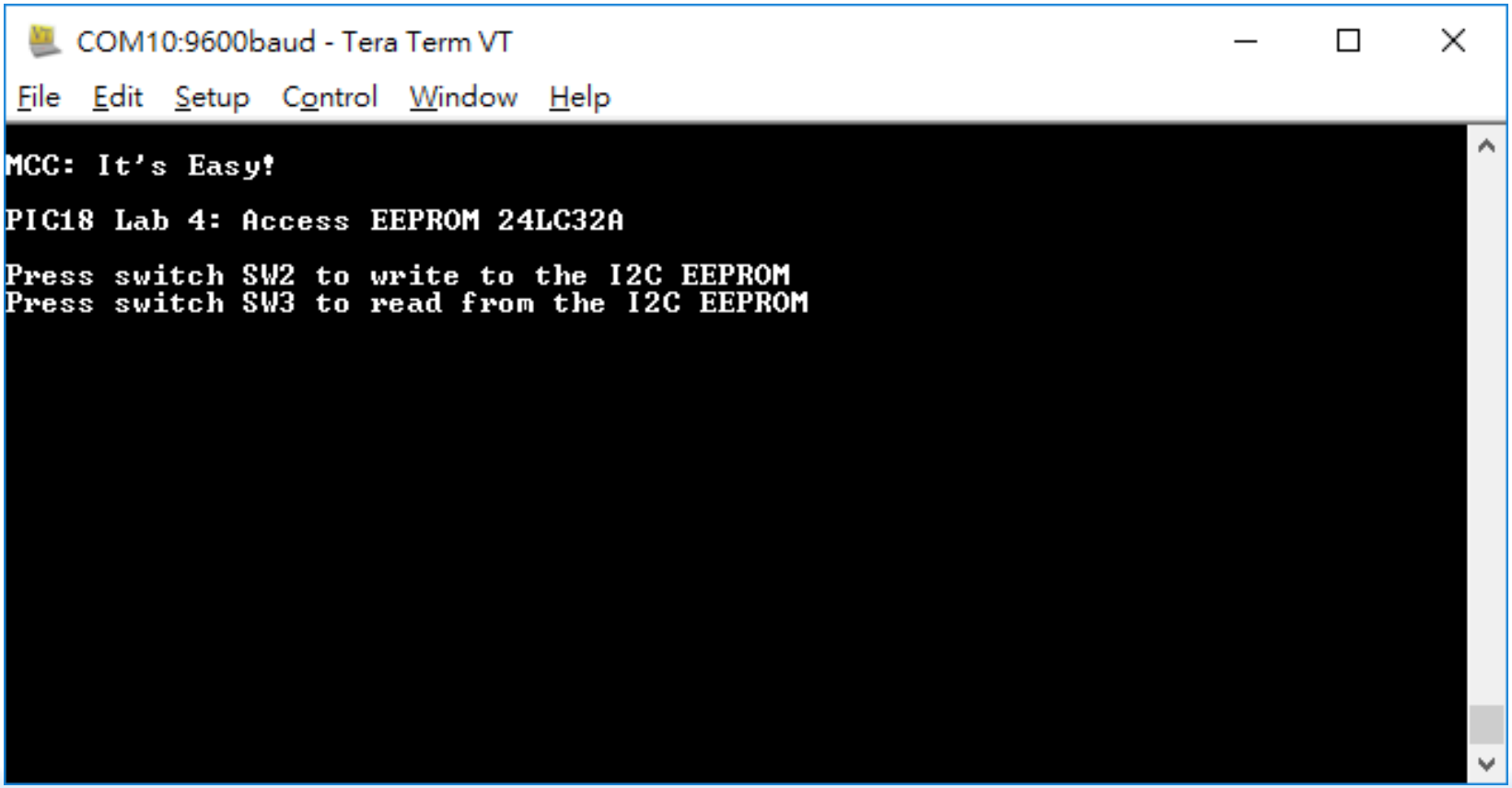


EEPROM 讀取

EEPROM 寫入

Lab 4 程式執行

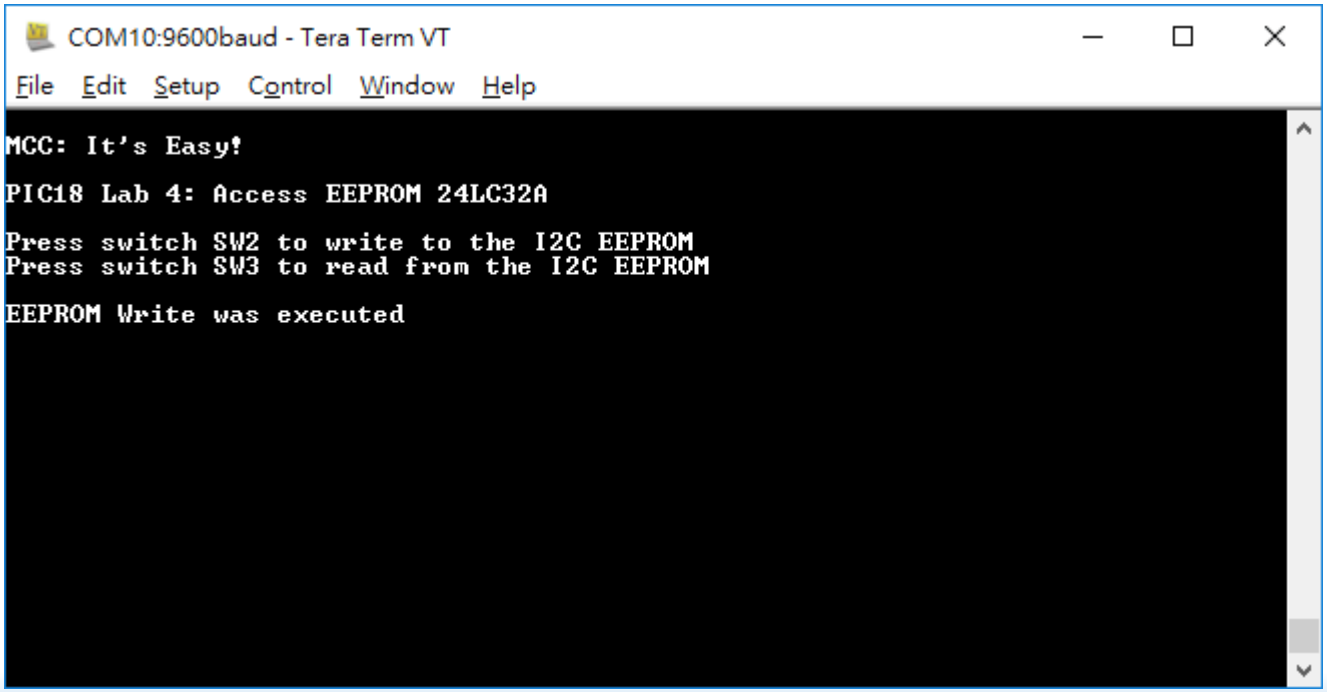
- Tera Term 顯示 Lab 4 歡迎訊息



PIC18 Lab 4

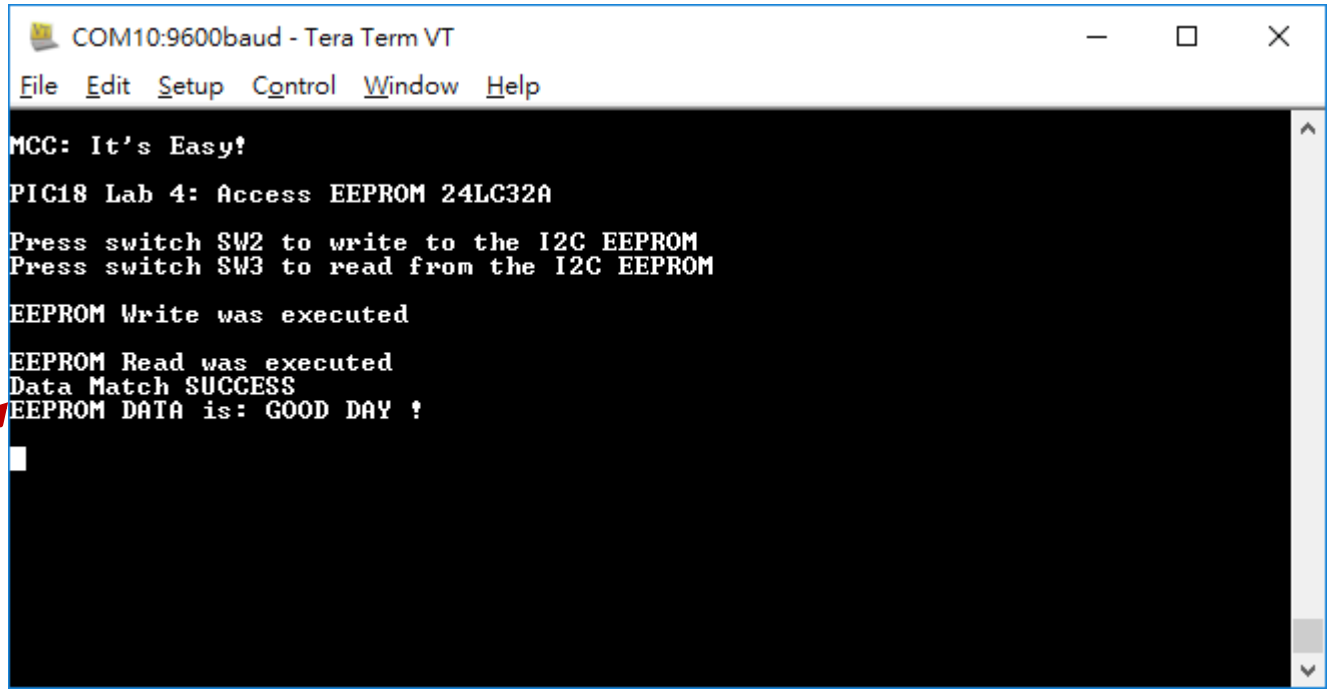
- 按下 **SW2** 將陣列資料寫到 **EEPROM**
  - 寫入資料為 **“GOOD Day !”**

按下 SW2 的顯示



PIC18 Lab 4

- 按下 **SW3** 後，讀取 **EEPROM** 的內容值並做比對，正確後顯示訊息



按下 **SW3** 後的顯示訊息

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 4-1:

I²C™ 串列通訊

用 Master 模式存取 24LC02B

(附加練習，需要置換板上EEPROM)

我要如何改成其它 I²C™ 元件

- **Lab4.c 的範例是用來存取 24LC32A 等 16-bit 位址的元件**
- 如果我用的都只有 **8-bit Address** 元件或其他的 **I²C™** 元件呢
  - 例如:
    - **24LC02B**
    - **TC74 溫度感應器**

Lab4-1 的注意事項

- **Lab4-1 須將 APP001 的U12 (EEPROM)換成 24LC02B 或 24LC04B**
- **練習是將 Lab4 的 Page Write/Read 改成 Byte Write/Read 的方式**
- **MCC設定相同**

關於 24LC02B 的寫入

- **Page Write Buffer : 8 Bytes**
  - Page Write 有起始位址的邊界
    - **0bxxxxx000 也就是必須是 b2~b0 都為零**
    - **必須自起點算起才有 8 Bytes Buffer**
    - 如果從位址 0x33 做 Page Write 會只有 0x33 ~ 0x37 共 5 Bytes 資料寫入，其餘資料資料將會遺失。
- **Byte Write 可以隨意設定寫入的位址，也可以再繼續寫入下一筆資料直到邊界。**

關於 24LC02B 的讀取

- **Current Address Read**
  - 依目前 EEPROM 內部設定位址讀取一個 Byte 資料
  - 依目前 EEPROM 內部設定位址連續讀取資料，直到邊界
- **Random Address Read**
  - 先寫入欲讀取 EEPROM 的位址
  - 再送出 Current Address Read 命令

關於 24LC02B 的讀取

- **Sequential Read Buffer : 8 Bytes**
  - Sequ. Read 也有起始位址的邊界
    - **0bxxxxx000 也就是必須是 b2~b0 都為零**
    - **必須自起點算起才有 8 Bytes Buffer**
    - 位址自動加一直到邊界後會歸零，不會進位

例如: 從位址 **0x00 ~ 0x0F** 分別設定資料 **0x00 ~ 0x0F**，位址從 **0x05** 開始連續讀取 **10 Bytes**

所讀取到的資料如下:

0x05, 0x06, 0x07, 0x08, 0x00, 0x01, 0x02, 0x03, 0xFF, 0xFF

位址歸零　　無法讀取

如何存取 24LC02B Lab4-1.c

- **24LC32 以上的 EEPROM 需要有 16-bit Address 來存取所有的資料**
  - #define EEPROM_ADDRESS_HIGH 0x00
  - #define EEPROM_ADDRESS_LOW 0x00
  - #define NUM_ADDRESS_BYTES 0x02

- **24LC02 EEPROM 只需 8-bit Address 來存取資料**
  - // #define EEPROM_ADDRESS_HIGH 0x00
  - #define EEPROM_ADDRESS_LOW 0x00
  - #define NUM_ADDRESS_BYTES 0x01

24LC02B Byte Write Lab4-1.c

- **Byte Write 只要縮減/修改 eepromWriteBuffer[ ]**

```
uint8_t eepromWriteBuffer[ ] = { 0x30, 0x61, '2', '3',
'4','5','6','7','8'};
```

寫入 EEPROM 的位址

欲寫入 EEPROM 的資料

範例:

想在 **EEPROM 0x30** 位址存入 **0x61** 的資料

```
eepromWriteBuffer[0] = 0x30;      // 設定寫入位址
eepromWriteBuffer[1] = 0x61;      // 設定寫入資料
I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer,   // 陣列的指標
                 2,       // 第一為位址，第二個 Byte 為寫入資料
                 I2C_SLAVE_ADDRESS,      // 0x50 << 1 = 0xA0
                 &i2cStatus);            // 寫入狀態回報
```

24LC02B Byte Read

- 設定讀取位址，再寫入位址設

```
eepromWriteBuffer[0] = 0x30;   // 設定寫入位址
I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer, 1,
                 I2C_SLAVE_ADDRESS, &i2cStatus);
```

// 因為只有一個 EEPROM 位址須設定，所以要設為 1

- 再用 **Sequential Read**

```
I2C1_MasterRead(eepromReadBuffer, 1 ,
                I2C_SLAVE_ADDRESS, &i2cStatus);
```

- 這時 **EEPROM 位址 0x30** 的資料就會被讀到 **eepromReadBuffer[0]** 裡

動手做實驗

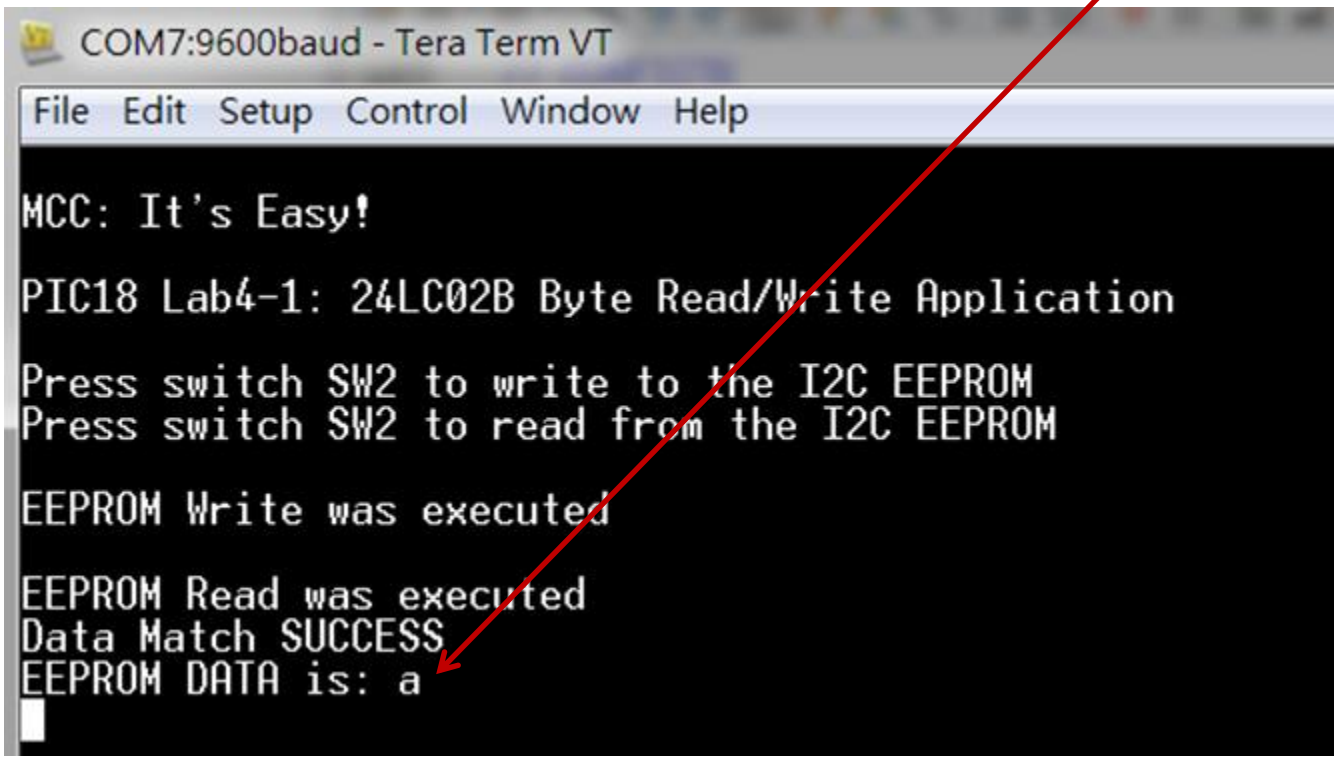
PIC18 Lab 4-1

執行 Lab 4-1

- 開啟 **LAB4-1** 專案
  - 該專案的範例: 一樣使用 **Lab4** 裡的 **MCC** 所產生的周邊函數
  - 改用 **Byte Write** 及 **Byte Read** 的方式來讀取 **24LC02B**
  - 確定 **APP001** 將 **24LC32A** 換成 **24LC02B**
  - 訊息顯示在 終端機及 **LCD** 上

Lab4-1 結果

- 終端機的顯示
  - 讀取 **EEPROM** 位址 **0x30** 的值為 **‘a’ (0x61)**



24LC02B Page Write (附加資料)

- 用 **Page Write** 寫入 **8 Bytes** 資料，起始位址為: **EEPROM_ADDRESS_LOW**

```
uint8_t eepromWriteBuffer[ ] = {
EEPROM_ADDRESS_LOW, '1', '2', '3', '4','5','6','7','8'};
```

寫入 EEPROM 的位址

寫入 EEPROM 的資料

```
I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer,     // 陣列的指標
                 sizeof(eepromWriteBuffer), // 多少資料要寫入
                 I2C_SLAVE_ADDRESS,     // 0x50 << 1 = 0xA0
                 &i2cStatus);           // 寫入狀態回報
```

24LC02B Page Read
(附加資料)

- **Page Read**
  - 使用 Write Address 方式設定 EEPROM 讀取的起始位址
  - 再用 Sequ. Read 讀取資料直到邊界 (最多 8 Bytes) 且要注意起始的位址 (b2 ~ b0 = 0)

EEPROM 讀取陣列的宣告

uint8_t eepromReadBuffer[sizeof(eepromWriteBuffer)-NUM_ADDRESS_BYTES] = {0x00}; // 寫入的空間大小減去位址空間，此處為 **8 Bytes**

24LC02B Page Read (附加資料)

- 先做 **Write Address**

I2C1_MasterWrite(eepromWriteBuffer, NUM_ADDRESS_BYTES, I2C_SLAVE_ADDRESS, &i2cStatus);

因為只有一個 **EEPROM** 位址須設定，所以:

NUM_ADDRESS_BYTES = 1

- 再用 **Sequential Read**

I2C1_MasterRead(eepromReadBuffer, sizeof(eepromReadBuffer) , I2C_SLAVE_ADDRESS, &i2cStatus);

sizeof(eepromReadBuffer) 計算為 **8** 個 **Bytes**，所以函數會讀取 **8 Bytes** 資料到 **eepromReadBuffer[ ]** 裡。

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 4-2:

I²C™ 串列通訊

用 Master 模式存取 溫度感應器 TC74

（附加練習）

Lab4-2 說明

- MCC設定相同
- 修改 Lab4-1 的 I²C™ Byte 的操作來讀取 I²C™ 溫度感應器 TC74
- 確定 APP001 的 JP10 全部要短路接通 I²C™ EEPROM 及 TC74

TC74 的應用

- CPU、硬碟溫度保護
- 電源供應器溫度保護
- PC週邊介面卡、筆記型電腦溫度保護
- 自動溫控系統
- 基板溫度量測、系統保護
- 一般室溫量測

TC74 的基本規格

- **SMBus™ / I²C™** 介面，傳送速率**100KHZ(Max.)**
- 量測溫度範圍
  - +25°C ~ +85°C (精確度 +- 2°C)
  - 0°C ~ +125°C (精確度 +- 3°C)
- 內建溫度二極體，**Delta-Sigma A/D** 轉換器
- 轉換速率：每秒 **8** 次
- 工作電壓：**2.7V ~ 5.5V**
- 消耗電流：**200uA**，靜態電流 **5uA**
- **SOT-23 5-pin** 包裝

讀取 TC74 Configuration Data

Command	Code	Function
RTR	00h	Read Temperature (TEMP)
RWCR	01h	Read/Write Configuration (CONFIG)

CONFIG 暫存器

Bit	POR	Function	Type	Operation
D[7]	0	STANDBY Switch	Read/ Write	1 = standby, 0 = normal
D[6]	0	Data Ready *	Read Only	1 = ready 0 = not ready
D[5]- D[0]	0	Reserved - Always returns zero when read	N/A	N/A

動作順序

先送出 0x01 讀取狀態

再送出 0x00 讀取溫度

讀取狀態資料後檢查 Config. 的 **Bit 6** 以了解溫度轉換是否完成

讀取溫度資料

- 溫度採 **8-bit** 輸出，負溫採 **2'S** 格式
- **1 LSB** 代表 **1ºC** 的溫度變化

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

TC74-Ax

- **TC74-Ax 的讀取方式**
  - **TC74 為使用 SMBus™ / I²C™ 通信協定的溫度偵測器**
  - **TC74 的基本位址為 1001xxx0**
    - **xxx 為位址位元，範圍由 0 .. 7，料號中的 Ax 表示其使用到的位址 (TC74-A0 .. TC74-A7)**
  - **TC74 的讀 / 寫格式與一般標準的 EEPROM 相同，只是位址不同而已**

TC74-A7 I²C™ 位址為 0b1001111x

定義 TC74-A7 的常數、變數

```
union
{
        int             Word ;
        char    Bytes[2] ;
        struct  {
                unsigned    : 6 ;
                unsigned  BitD6 : 1 ;
                };
} TC_74 ;

#define TC74_Addr     0b01001111        // Define the TC74-A7 address with write command
#define TC74_RWCR     0x01              // Define the Read/Write Configuration Command
#define TC74_RTR      0x00              // Define the read temperature command

#define NUM_ADDRESS_BYTES 0x01

// 定義寫入的 EEPROM 的陣列資料，(寫入位置 + 資料)
uint8_t TC74WriteBuffer[3] = {0x00};

uint8_t TC74ReadBuffer[2] = {0x00};
```

TC74 I²C™ Protocol

- TC74 I²C™ 讀取資料的格式

Read Byte Format

S	Address	WR	ACK	Command	ACK	S	Address	RD	ACK	Data	NACK	P
	7 Bits			8 Bits			7 Bits			8 Bits		

Slave Address

Command Byte: selects which register you are reading from.

Slave Address: repeated due to change in data-flow direction.

Data Byte: reads from the register set by the command byte.

寫入欲讀取暫存器
Command = 0 溫度
Command= 1 狀態

讀取的 Cofig. 狀態
或
讀取溫度資料

動手做實驗

PIC18 Lab 4-2

執行 Lab 4-2

- 開啟 **LAB4-2** 專案
  - 該專案的範例: 一樣使用 **Lab4** 裡的 **MCC** 所產生的周邊函數
  - 確認如何讀取 **TC74 (Lab4-2.c 176~204行)**
  - 訊息顯示在 終端機及 **LCD** 上

讀取 TC74-A7 的溫度資料

```
unsigned Read_TC74_Temperature(void)
{
    I2C1_MESSAGE_STATUS  i2cStatus;
    TC74WriteBuffer[0] = TC74_RWCR;
    I2C1_MasterWrite(TC74WriteBuffer,   1, TC74_Addr, &i2cStatus);        // 寫入 Config. 暫存器位址 (0x01)
    I2C1_MasterRead(TC74ReadBuffer,1,TC74_Addr, &i2cStatus);
    TC_74.Word = TC74ReadBuffer[0];

      if ( TC_74.BitD6 )                  // b6 =1 , Read temperature
      {
      // 用 Random Read 方式讀取 TC74 的 溫度值
            TC74WriteBuffer[0] = TC74_RTR;
             I2C1_MasterWrite(TC74WriteBuffer,   1, TC74_Addr, &i2cStatus);    // 寫入 Config. 暫存器位址 (0x00)
            I2C1_MasterRead(TC74ReadBuffer,1,TC74_Addr, &i2cStatus);
             TC_74.Word = TC74ReadBuffer[0];
            if ( TC_74.Word >= 0 ) return TC_74.Word +1;       // + 1 度 C
            else return -1;                                    // 負溫度, return (-1)
      }
      else return -2;                                          // b6=0, TC74 處於忙碌狀態中 return (-2)
}
```

讀取狀態資料

讀取溫度資料

溫度顯示在 LCD
Lab 4-2.c

- 溫度值為一 16 進制值需經數值轉換後才能顯示
  - 數值必須轉換為 **ASCII code** 的字元或字串後才能顯示於終端機或 **LCD**
  - XC8 提供此轉換函數 (itoa( ))

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

char * itoa (char * buf, int val, int base)
```

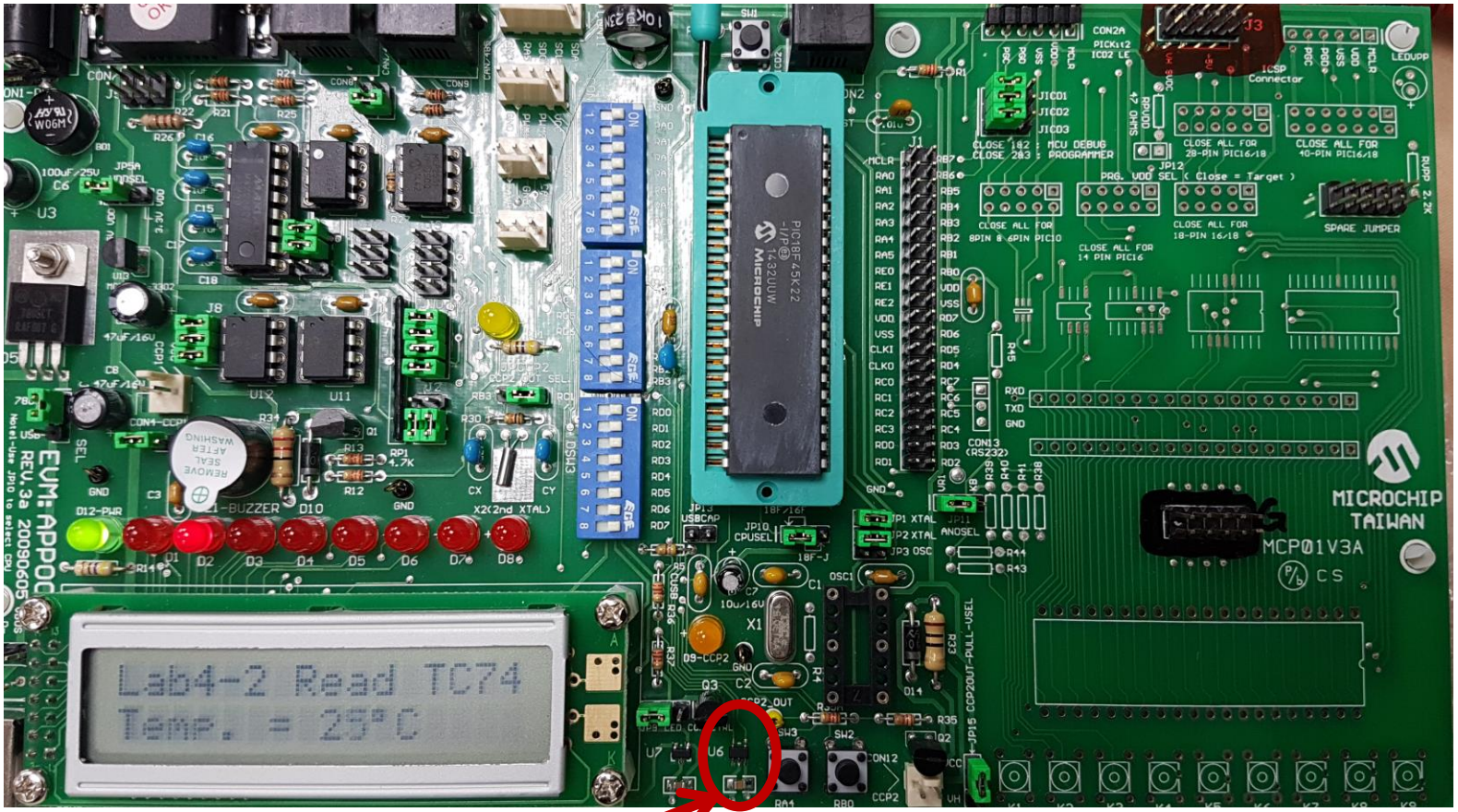
*buf : 轉換成字串格式後儲存指標

val : 要轉換的 16-bit 資料

base : 轉換值的基底 (十進制，16 進制)

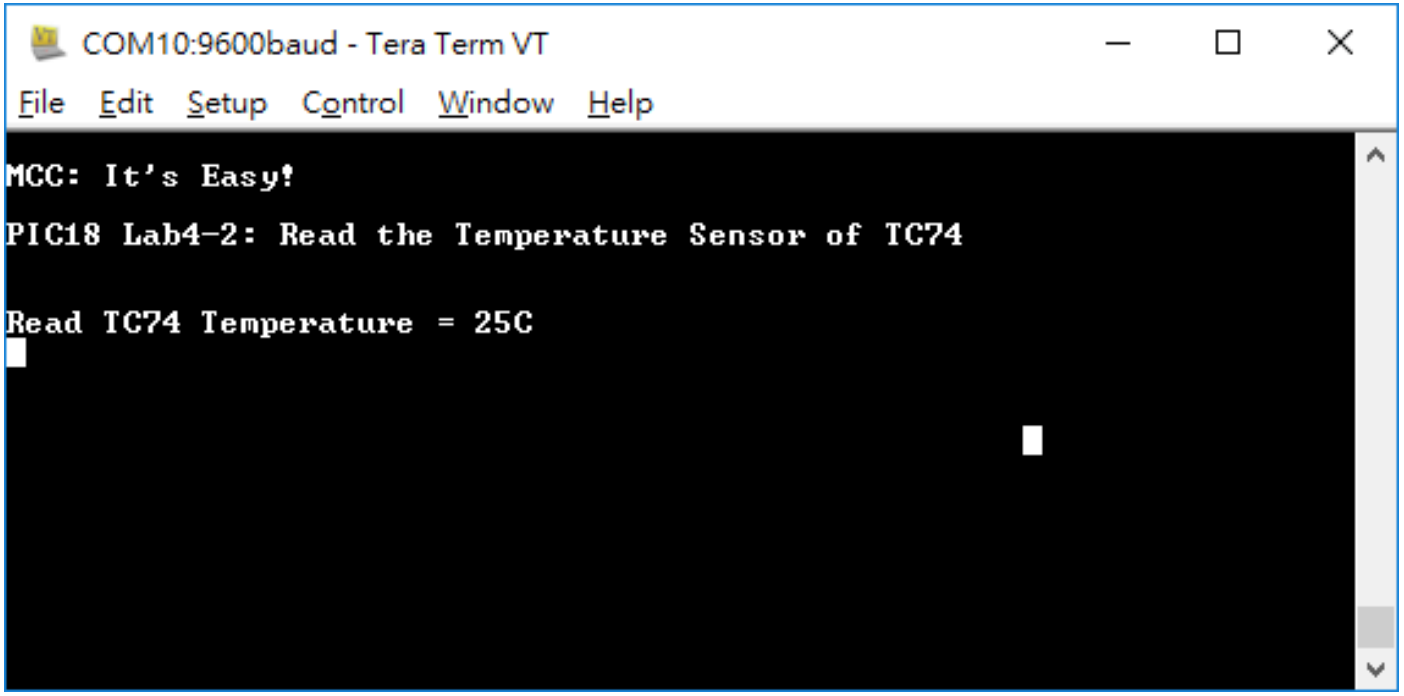
Lab 4-2 程式執行

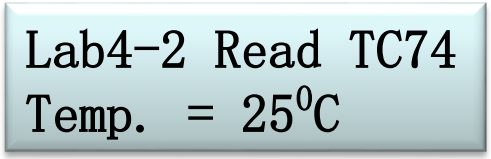
- 手按下**U6** 觀看溫度可以變化



Lab 4-2 執行顯示

- 本練習的終端機及 LCD 的顯示





LCD 顯示

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab 5:

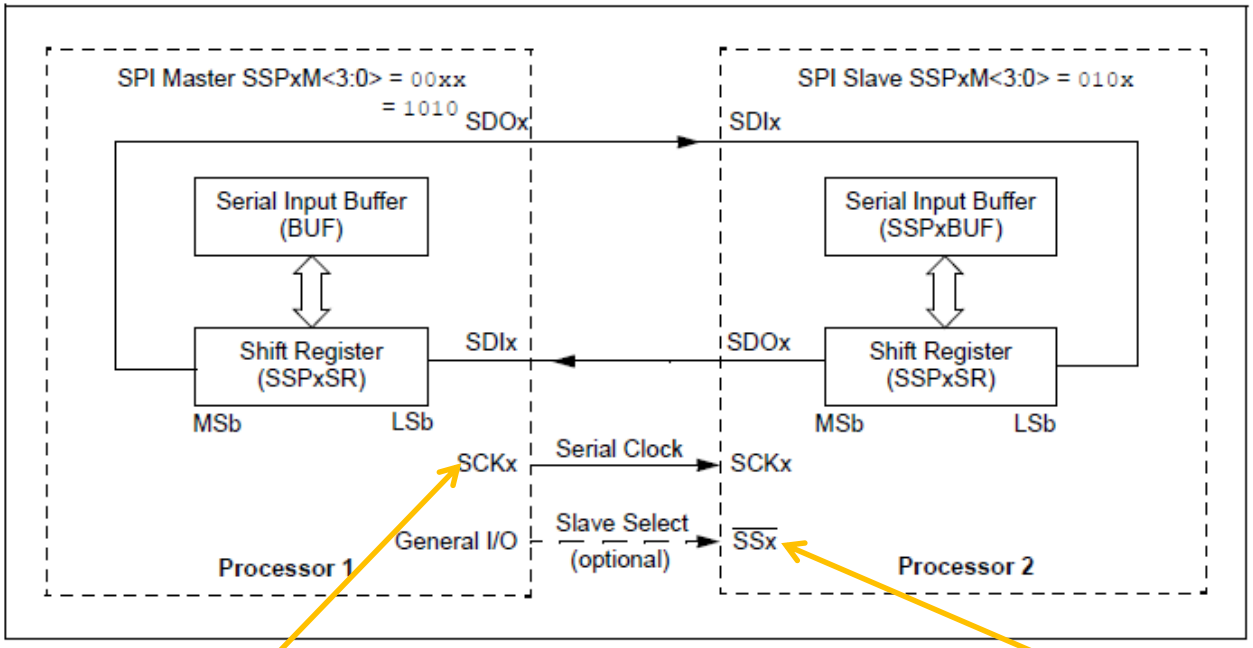
使用 SPI 介面讀取 25LC160A

PIC18 Lab 5 目標

- 使用 **MCC** 產生的 **SPI1** 函數存取 **25LC160C** 的資料
- **Byte Read/Write** 模式
- **Page Read/Write** 模式

了解 SPI 資料傳輸

- **Master 傳送一 Byte 給 Slave，同時也會自 Slave 接收一Byte 資料。**
  - **效率比 UART、I²C™ 更好**
  - **Dummy Write (Read a Byte)**



SCK 由誰送出 他就是 Master

用 I/O 腳 做 CS 的選擇

SPI 四種模式

- **CKP：決定 SCLK idle 的 state，即平時是在 low 還是 high**
- **CKE: 決定取樣點是在第一個 edge，還是第二個 edge**
  - **因此共有四種資料擷取的模式 (Strobe)，要用那一種依你的 SPI Device 而定**

Mode	極性 (POL)	取樣點(PHA)	Idle	Active	Latch
0,0 (0)	0	0	Hi	Low	Hi → Low
0,1 (1)	0	1	Hi	Low	Low → Hi
1,0 (2)	1	0	Low	Hi	Low → Hi
1,1 (3)	1	1	Low	Hi	Hi → Low

SPI 四種模式

- **PIC 暫存器設定** (ARM 及PIC 跟其他元件的CKE定義不同)

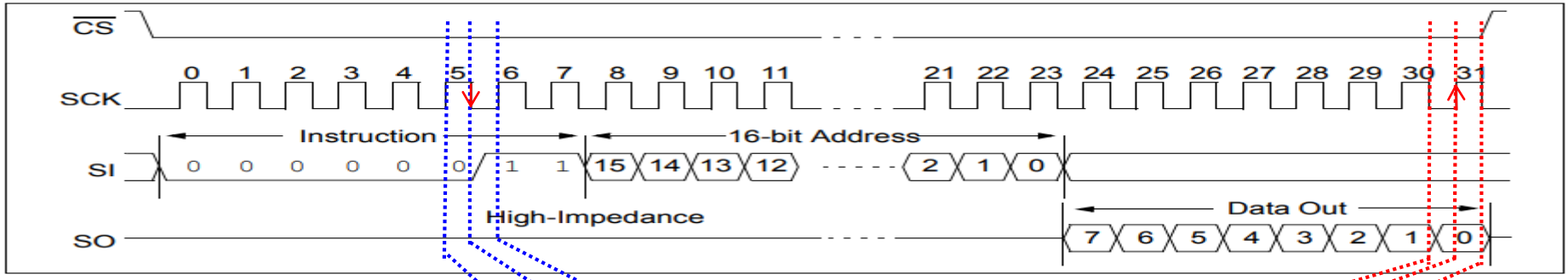
Mode	極性 (CKP)	取樣點(CKE)	Idle	Active	Latch
0,1 (0)	0	1	Low	Hi	Hi → Low
0,0 (1)	0	0	Low	Hi	Low → Hi
1,1 (2)	1	1	Hi	Low	Low → Hi
1,0 (3)	1	0	Hi	Low	Hi → Low

CKP = 1:
Idle state for clock is a high level
CKE = 1 :
Transmit occurs on transition from active to Idle clock state
SMP = 1:
Input data sampled at end of data output time

25LC160C 時序

25LC160C 時序圖

FIGURE 2-1: READ SEQUENCE



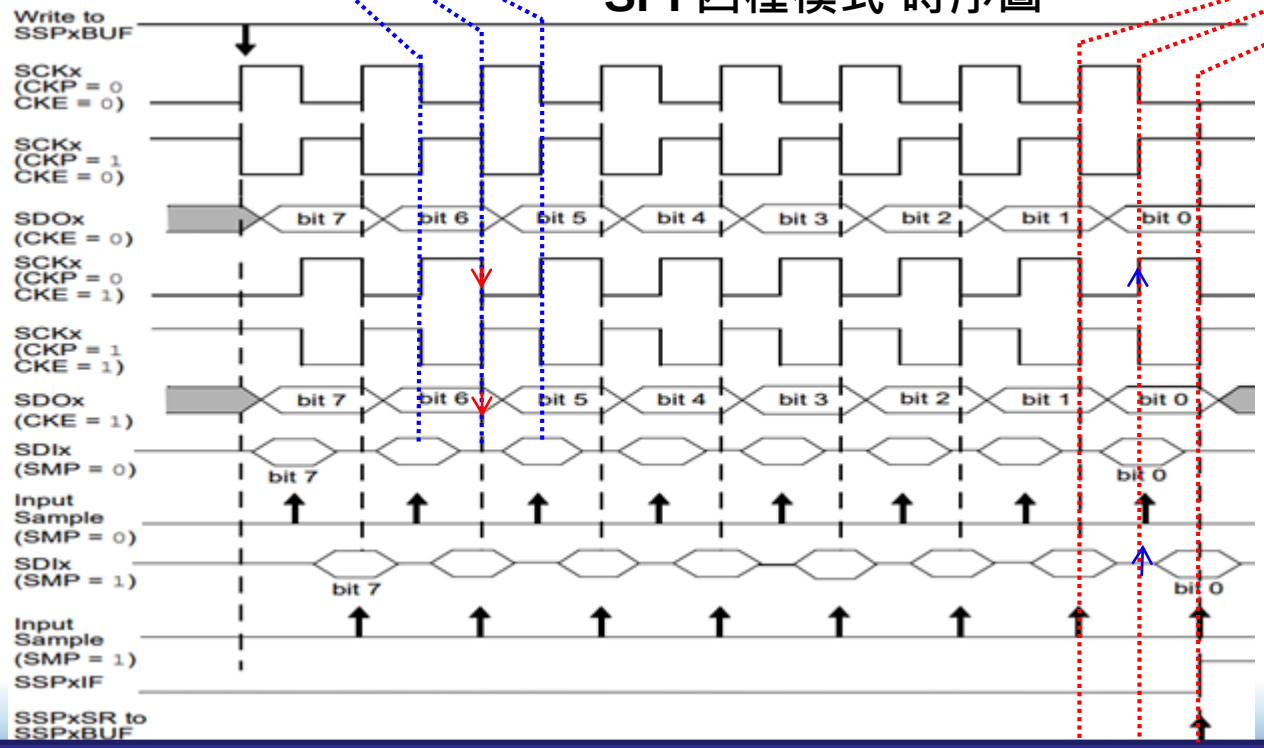
SPI 四種模式 時序圖

Mode 1

Mode 3

Mode 0

Mode 2



選 Mode 0
CKP=0
CKE=1

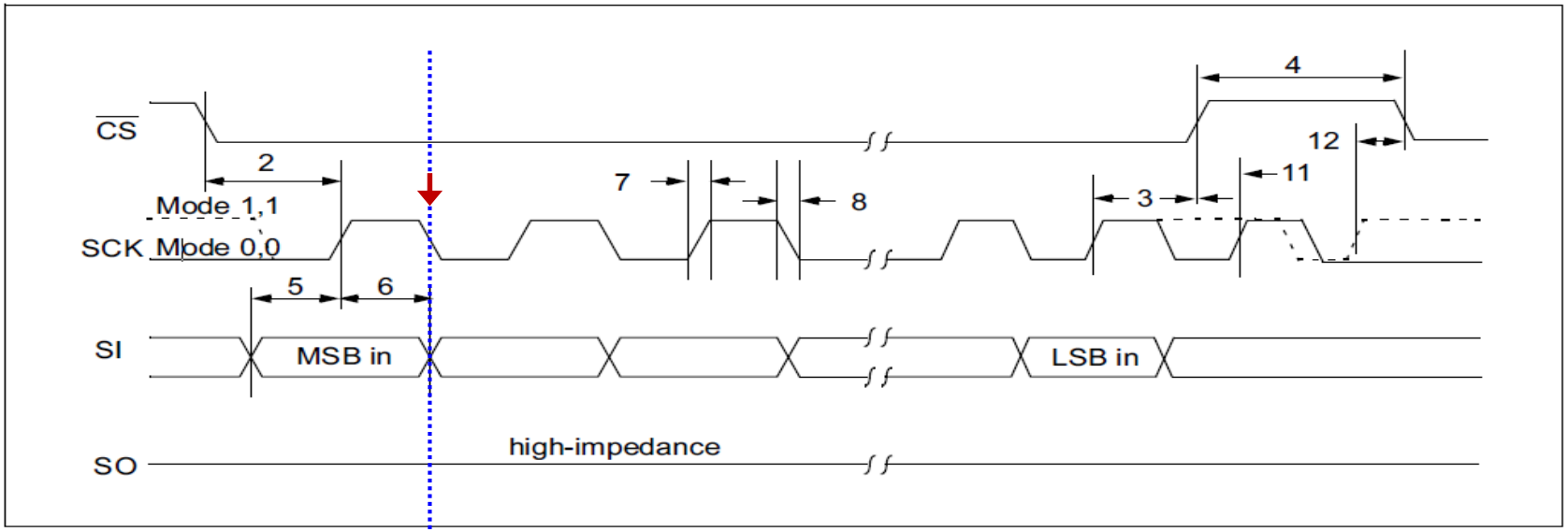
選 Middle
SMP=0

CKE = 1 : Transmit occurs on transition from active to Idle clock state

25LC160C 時序

25LC160C 時序圖

FIGURE 1-2: SERIAL INPUT TIMING



CKP

Idle=0

Idle=1

CKE

0: Idle -> Active
(第一次變化時傳資料)

Mode 1

Mode 3

1: Active -> Idle
(第二次變化時傳資料)

Mode 0

Mode 2

CKE = 1 : Transmit occurs on transition from active to Idle clock state

25LC160C 控制命令

- **25LC160C 的寫入時間為 5mS**
- 在 **WREN** 狀態下，資料才允許被寫入到 **EEPROM** 裡。
- 讀取動作隨時可執行，不受 **WREN** 控制

Instruction Name	Instruction Format	Description
READ	0000 0011	Read data from memory array beginning at selected address
WRITE	0000 0010	Write data to memory array beginning at selected address
WRDI	0000 0100	Reset the write enable latch (disable write operations)
WREN	0000 0110	Set the write enable latch (enable write operations)
RDSR	0000 0101	Read STATUS register
WRSR	0000 0001	Write STATUS register

Lab5 相關接腳

- **25LC160A SPI EEPROM**
  - CS : RA5
  - SCK1 : RC3
  - SDO1: RC5
  - SDI1: RC4
- **PWM1: RC2 (Buzzer)**
- 可變電阻: **RA0**

PIC18 Lab 5 概述

- 關閉 **MPLAB® X IDE** 下的所有專案
- 開啟 **lab5_8bit.X** 的專案
- 確定 **24LC160A** 已安裝在 **APP001** 板上 **U11** 位置
  - J9 全部短路，J10 全部開路
  - J13 USB Cap 開路，JP4 短路
- 設定 **SPI1** 模組
- 設定 **ECCP1::PWM** 來撥放音樂 **(Lab5-1)**

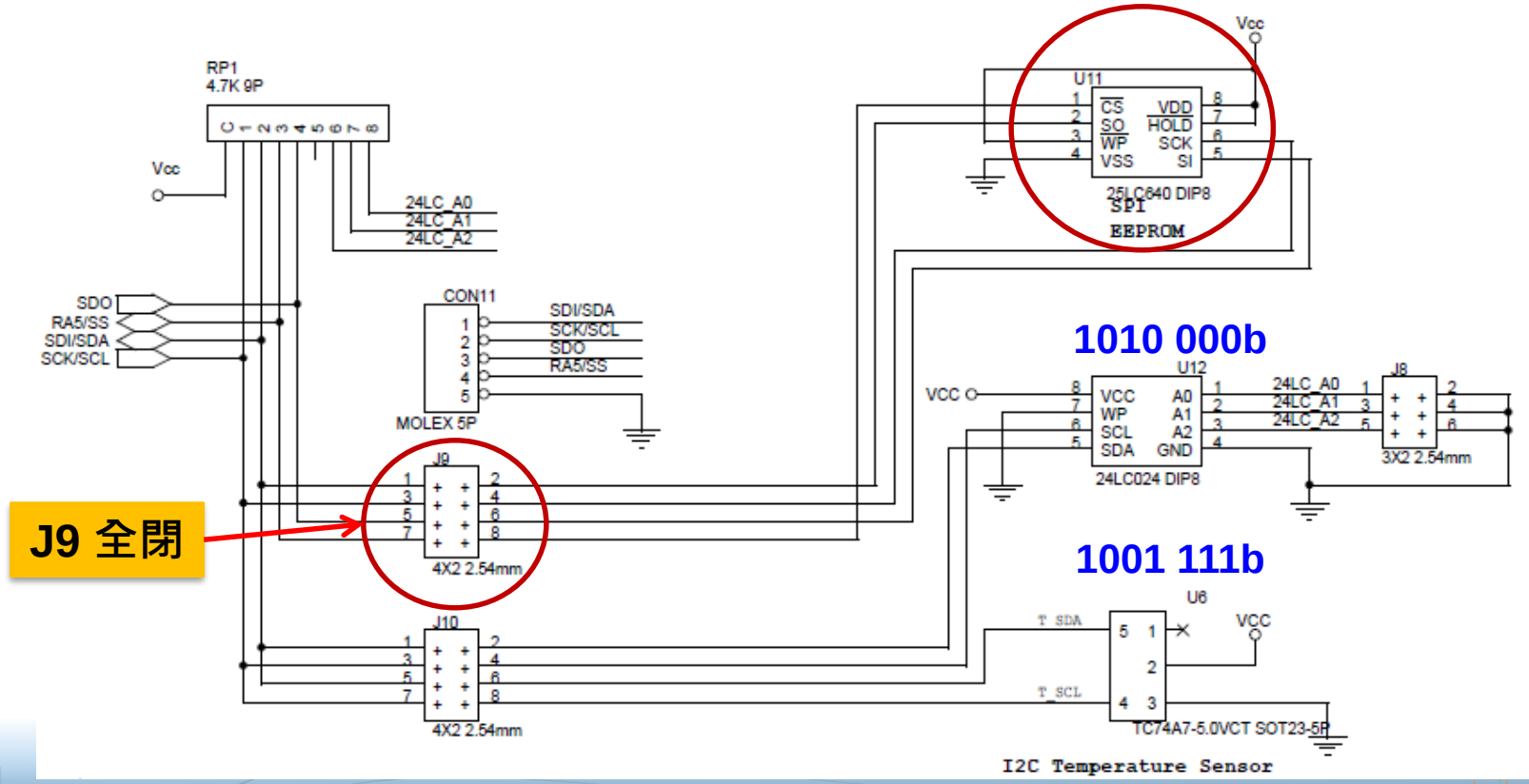
動手做實驗

Lab 5

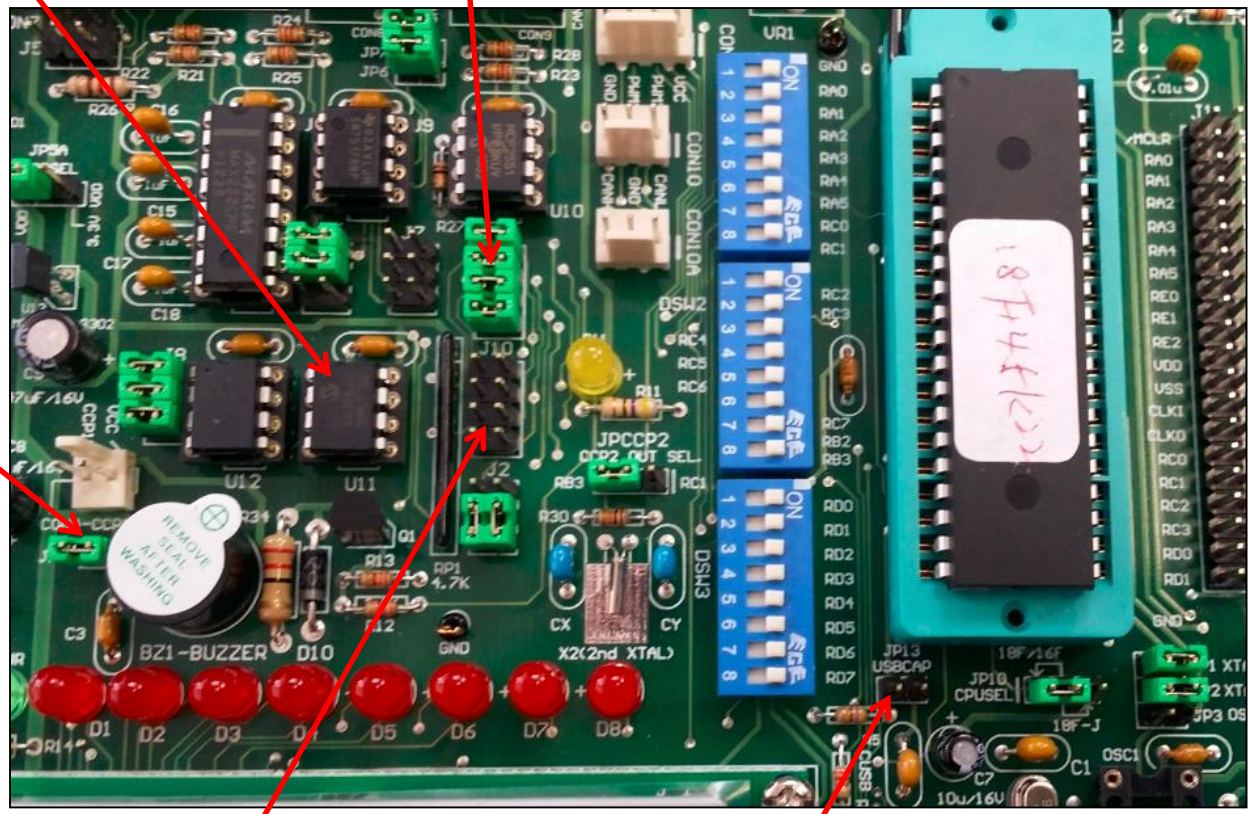
25LC160C Byte 操作

APP001 J10 的設定

- J10 用來設定 I²C™ 的元件選擇
  - 確定 J10 的 1 & 2，3 & 4 是短路的
  - J10 全部短路也可以，因為 TC74 位址不同

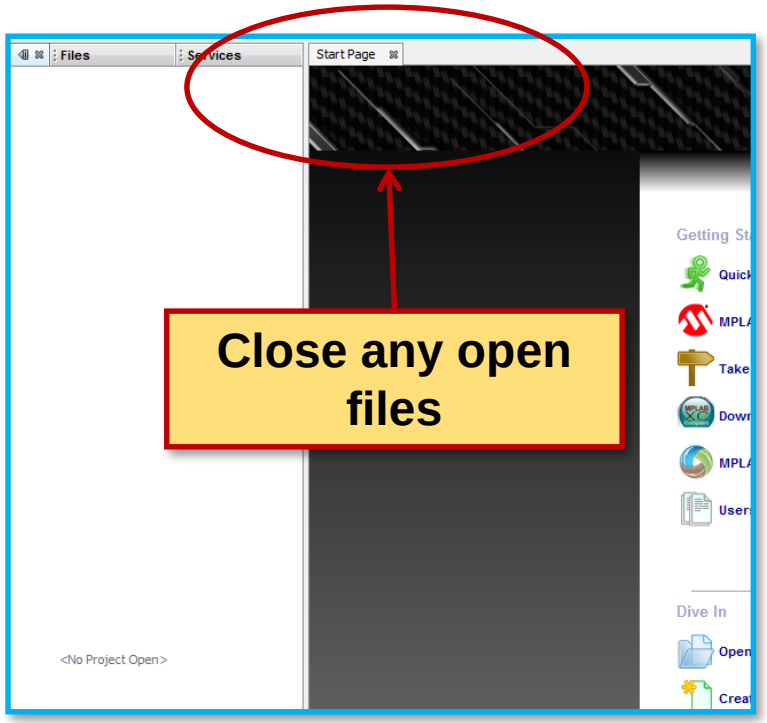


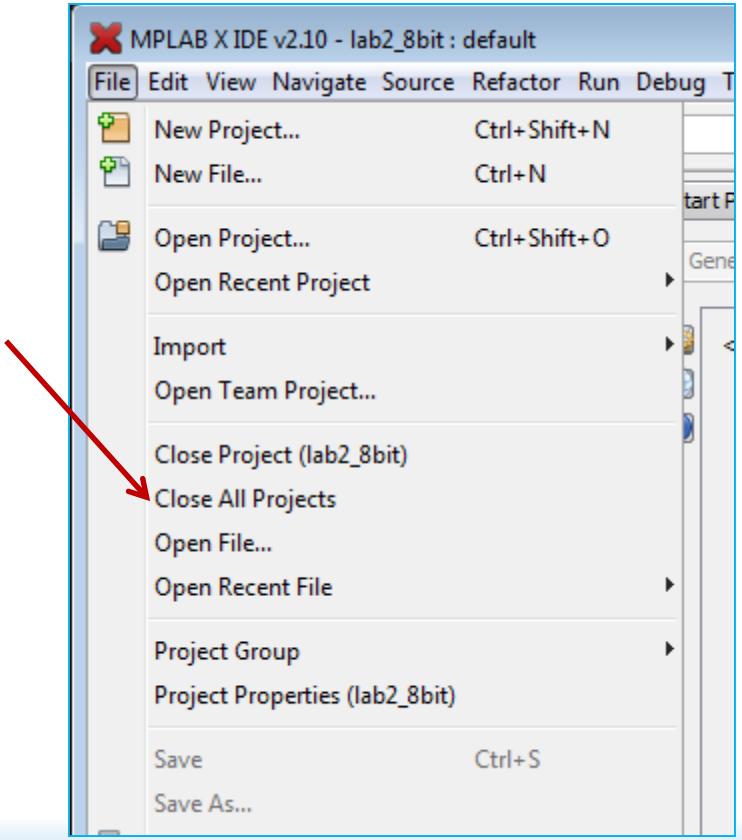
Lab5 板子設定



PIC18 Lab 5

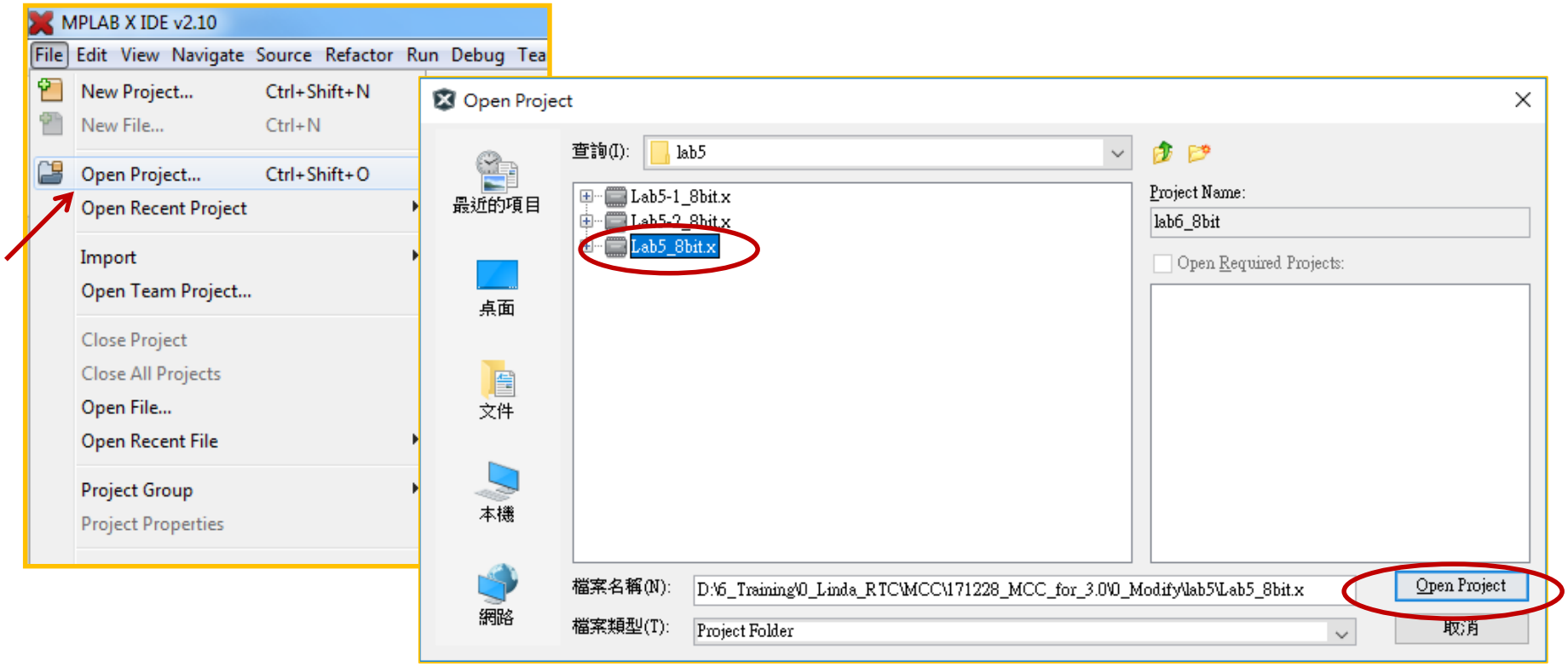
- 關閉編輯視窗內的所有檔案及專案





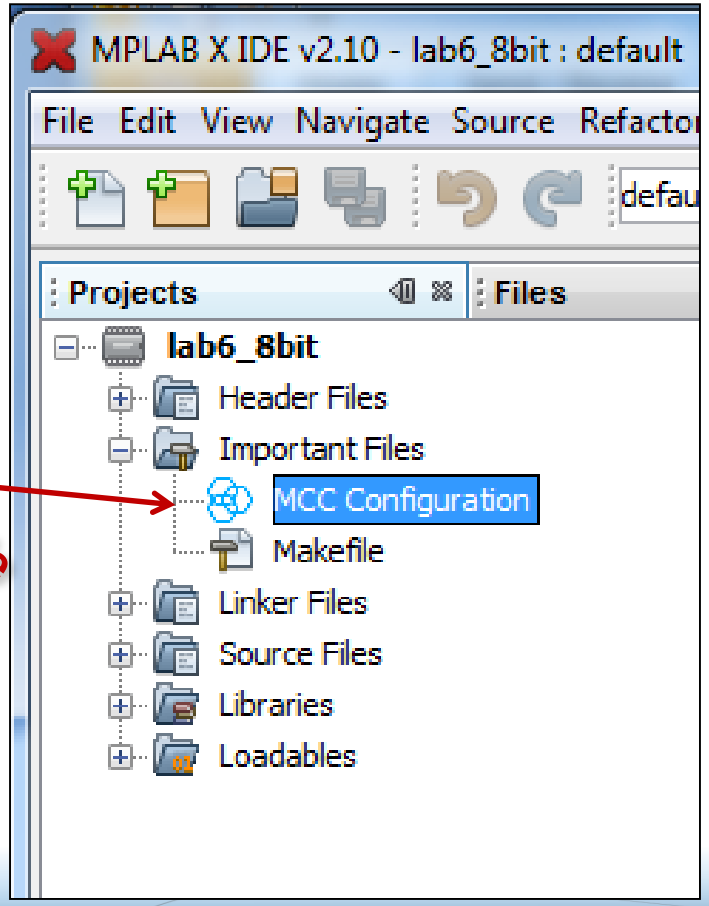
PIC18 Lab 5

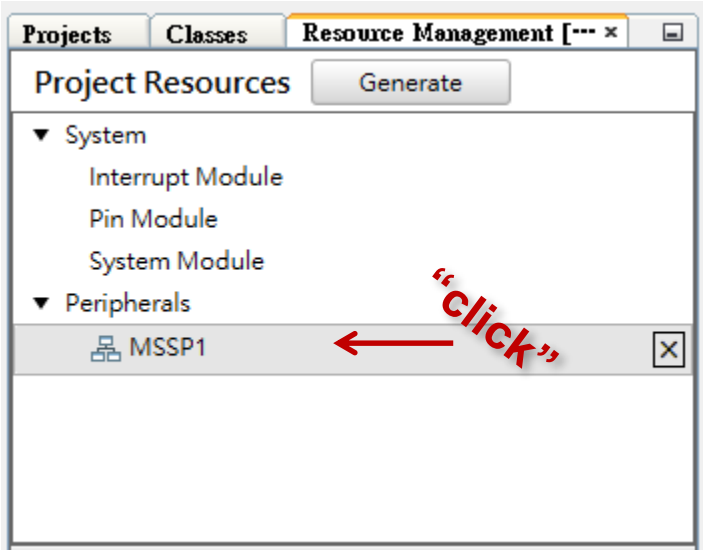
- 開啟 **lab5_8bit.X** 的專案



PIC18 Lab 5

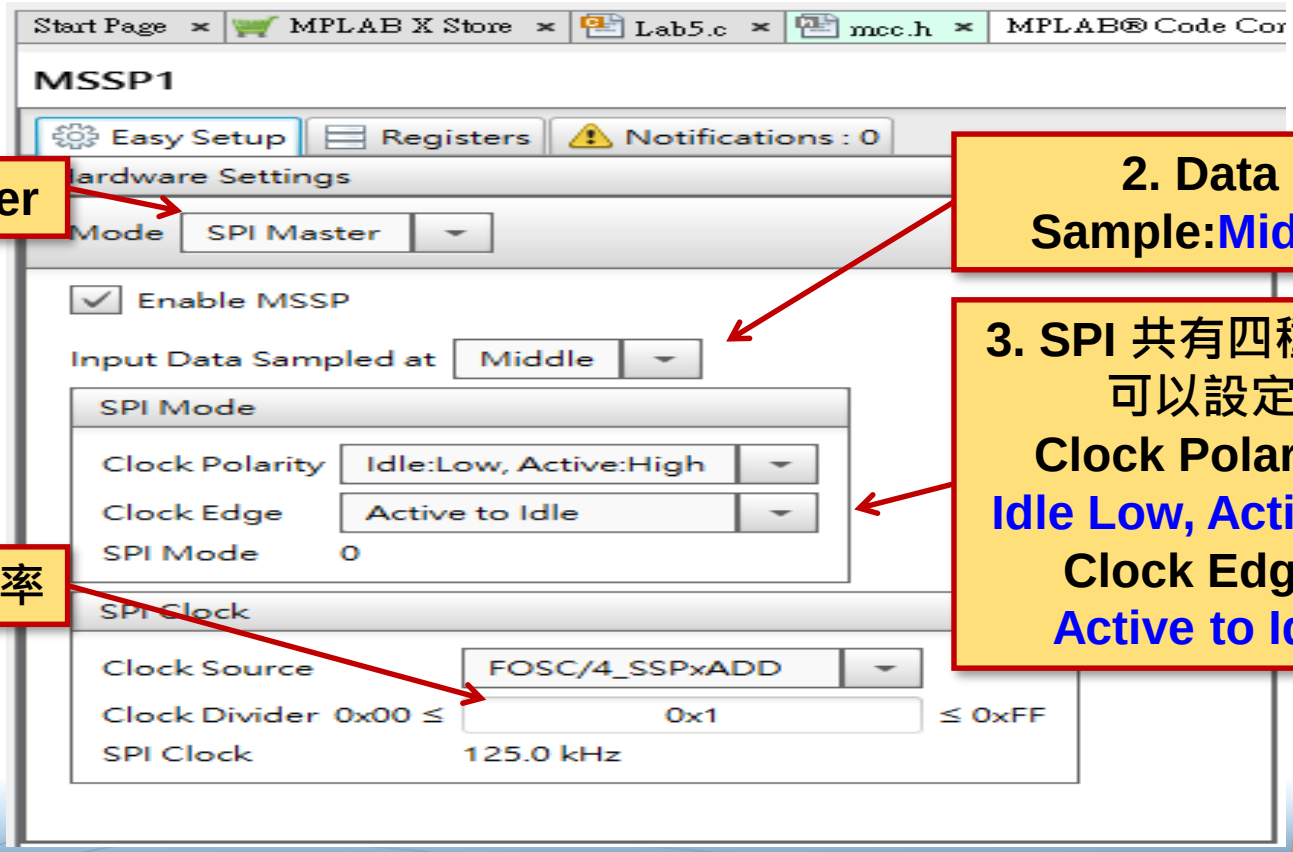
1. 啟動 **MPLAB® Code Configurator**
2. 選擇 **MSSP:MSSP1模式**





PIC18 Lab 5

- 選擇 MSSP:MSSP1::SPI Master 模式
- 設定 SPI1 為 Mode 0，Sample: Middle



1. 選 SPI Master

2. Data Sample:Middle

3. SPI 共有四種模式可以設定
Clock Polarity:
Idle Low, Active Hi
Clock Edge:
Active to Idle

4. SPI Clock頻率

PIC18 Lab 5

- 設定 **GPIO: 加入 RA5 為 24LC160A 的 CS 控制腳，名稱為EEPROM_CHIP_SELECT**

Pin Module

Easy Setup | Registers | Notifications : 0

Selected Package : UQFN40

Pin Name	Module	Function	Custom Name	Start High	Analog	Output
RA2	Pin Module	GPIO	LCD_E	☑	☐	☑
RA5	Pin Module	GPIO	EEPROM_CHIP_SELECT	☑	☐	☑
RC3	MSSP1	SCK1		☐	☐	☑
RC4	MSSP1	SDI1		☐	☐	☐
RC5	MSSP1	SDO1		☐	☐	☑
RD0	Pin Module	GPIO	LCD_DATA0	☑	☐	☑
RD1	Pin Module	GPIO	LCD_DATA1	☑	☐	☑
RD2	Pin Module	GPIO	LCD_DATA2	☑	☐	☑
RD3	Pin Module	GPIO	LCD_DATA3	☑	☐	☑
RD4	Pin Module	GPIO	LCD_RS	☑	☐	☑
RD5	Pin Module	GPIO	LCD_RW	☑	☐	☑

RA之為數位輸出腳，初始設定值為 Hi ，更改 RA5 名稱

啟用 RA5 為數位腳

Variables | Output | Search Results | Pin Manager: Grid [MCC]

Package: UQFN40 | Pin No: 17 18 19 20 21 22 29 28

Port A ▼

Module	Function	Direction	0	1	2	3	4	5	6	7
OSC	CLKO	output								
Pin Module ▼	GPIO	input								
	GPIO	output								
RESET	MCLR	input								

SPI1_Exchange8bit( )

- 透過 **SPI1** 傳送一個 **Byte** 資料

  readDummy = SPI1_Exchange8bit(Write date)

- 透過 **SPI1** 讀取一個 **Byte** 資料後回傳

  readData = SPI1_Exchange8bit(DUMMY_DATA)

  - 寫入 DUMMY_DATA 是假寫入，主要是送出 八個 clock 將資料自 Slave 傳回

- 使用 **MCC** 的 **SPI** 函數都要加入 **SPI1_Initialize( )** 做初始的設定

Lab5.c 寫入資料

- 寫入動作
  - 配合 CS 動作，送出 EEPROM 解鎖命令 (0x06)
  - CS = Low，先送出 EEPROM 寫入命令 (0x02)，寫入 Msb 位址，再寫入 Lsb 位址
  - 寫入儲存資料或連續寫入儲存資料
  - CS = Hi
  - Delay 5 ms 以上，等資料完成寫入動作

Lab5 EEPROM byte Write

寫入資料流程：

```
EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow( );                    // EEPROM CS = Low
SPI1_Exchange8bit(EEPROM_EN_CMD);                // EEPROM 寫入解鎖
EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh( );                   // EEPROM CS = Hi
__delay_ms(1);

EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow( );                    // CS = Low, Enable
EEPROM
SPI1_Exchange8bit(EEPROM_WRITE_CMD);             // 寫入的命令
SPI1_Exchange8bit(0x00);                         // EEPROM Msb 位址
SPI1_Exchange8bit(0x00);                         // EEPROM Lsb 位址
SPI1_Exchange8bit(0x55);                         // 第一個寫入資料 (0x55)
SPI1_Exchange8bit(0xAA);                         // 第二個寫入資料 (0xAA)
EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh( );                   // CS = Hi, Disable EEPROM

__delay_ms(10);                                  // Delay 10mS for EEPROM Write
```

Lab6 EEPROM byte Read

讀取資料流程：

```
EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow( );       // CS =Low , Enable EEPROM
SPI1_Exchange8bit(EEPROM_READ_CMD);          // 讀取的命令
SPI1_Exchange8bit(0x00);                     // 設定 Msb Address
SPI1_Exchange8bit(0x00);                     // 設定 Lsb Address
EE_Read_Buffer[0] = SPI1_Exchange8bit(DUMMY_DATA); // Read 0x0000 資料
EE_Read_Buffer[1] = SPI1_Exchange8bit(DUMMY_DATA); // Read 0x0001 資料
EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh( );      // CS = Hi , Disable EEPROM
```

Lab5_8bit 專案執行

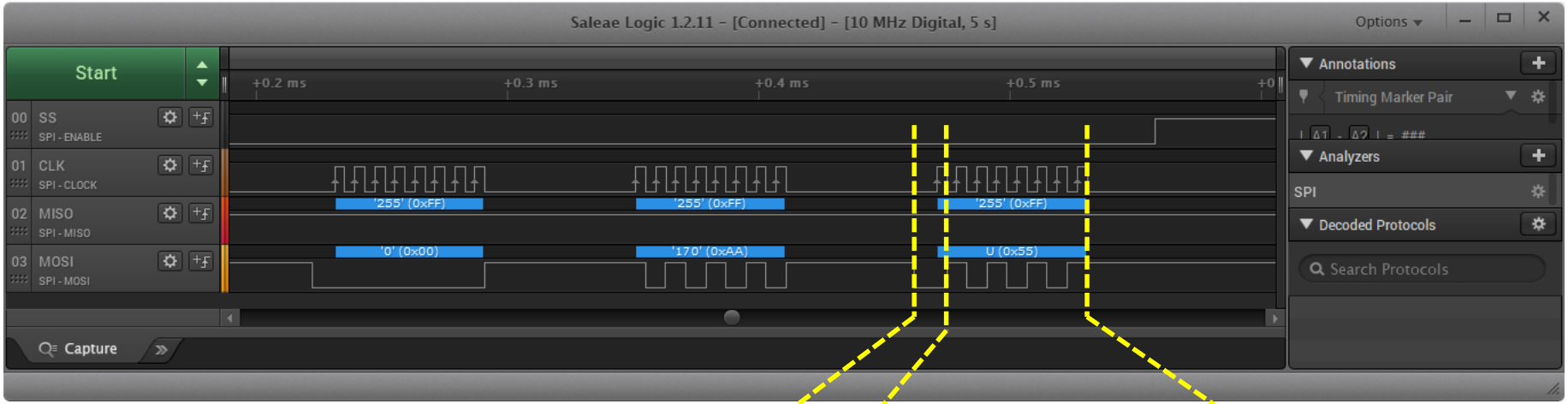
- 燒錄後，產生結果
  - 螢幕顯示根據程式Lab5.c中這兩行變化

```
80      EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow();
81      SPI1_Exchange8bit(EEPROM_WRITE_CMD);
82      SPI1_Exchange8bit(0x00);
83      SPI1_Exchange8bit(0x00);
84      SPI1_Exchange8bit(0xAA);
85      SPI1_Exchange8bit(0x55);
86      EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh();
```

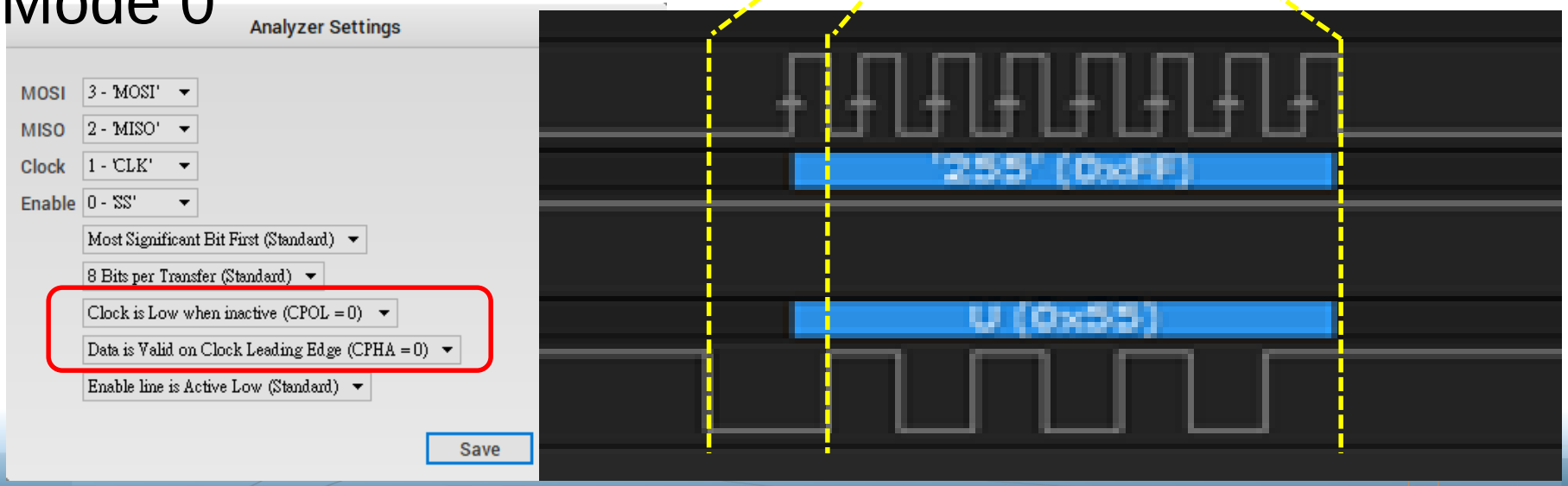
- LCD 會顯示

LCD 顯示幕

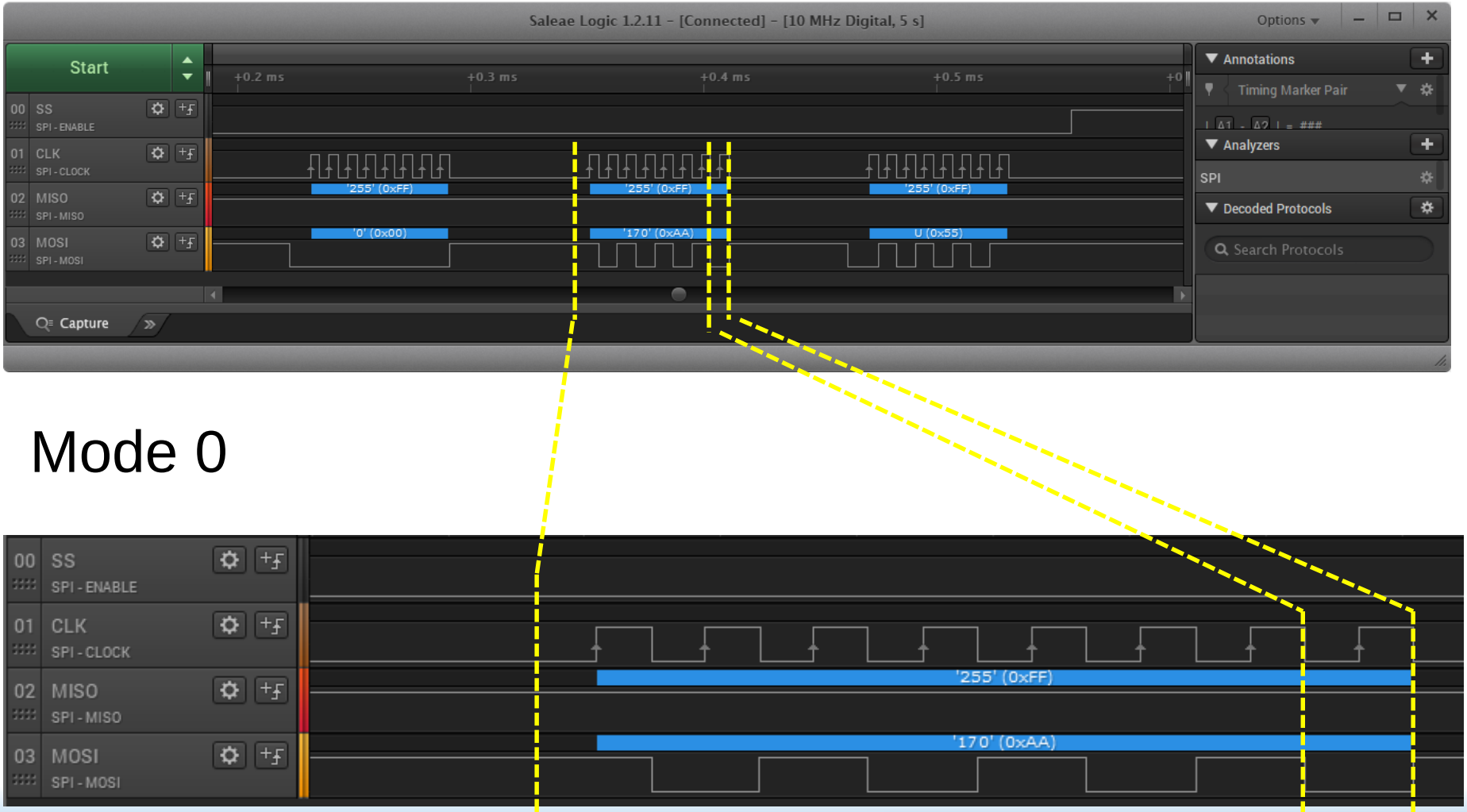
Lab5_8bit 專案執行_0x55



Mode 0



Lab5_8bit 專案執行_0xAA



Mode 0

動手做實驗

Lab 5-1

25LC160C Page 操作

Lab5-1
Page Mode

- 25LC160C 內建 16 Bytes 的 Page Buffer
- Page 大小會隨編號及容量而不同
- 了解如何使用 Page 模式來存取 EEPROM

Lab5-1
Page Write

- **Page 的寫入有邊界起始位址的限制**
  - 以 25LC160C 為例，Page 有 16 Bytes
    - 寫入邊界位址為 **0xnnn0**，可完整寫入
    - 設定: 寫入位址為 **0x0005**，資料會從 **0x0005** 開始寫入直到 **0x000F**，再來位址為指向同一 **Page** 的起始位址 **0x0000** 繼續寫入。

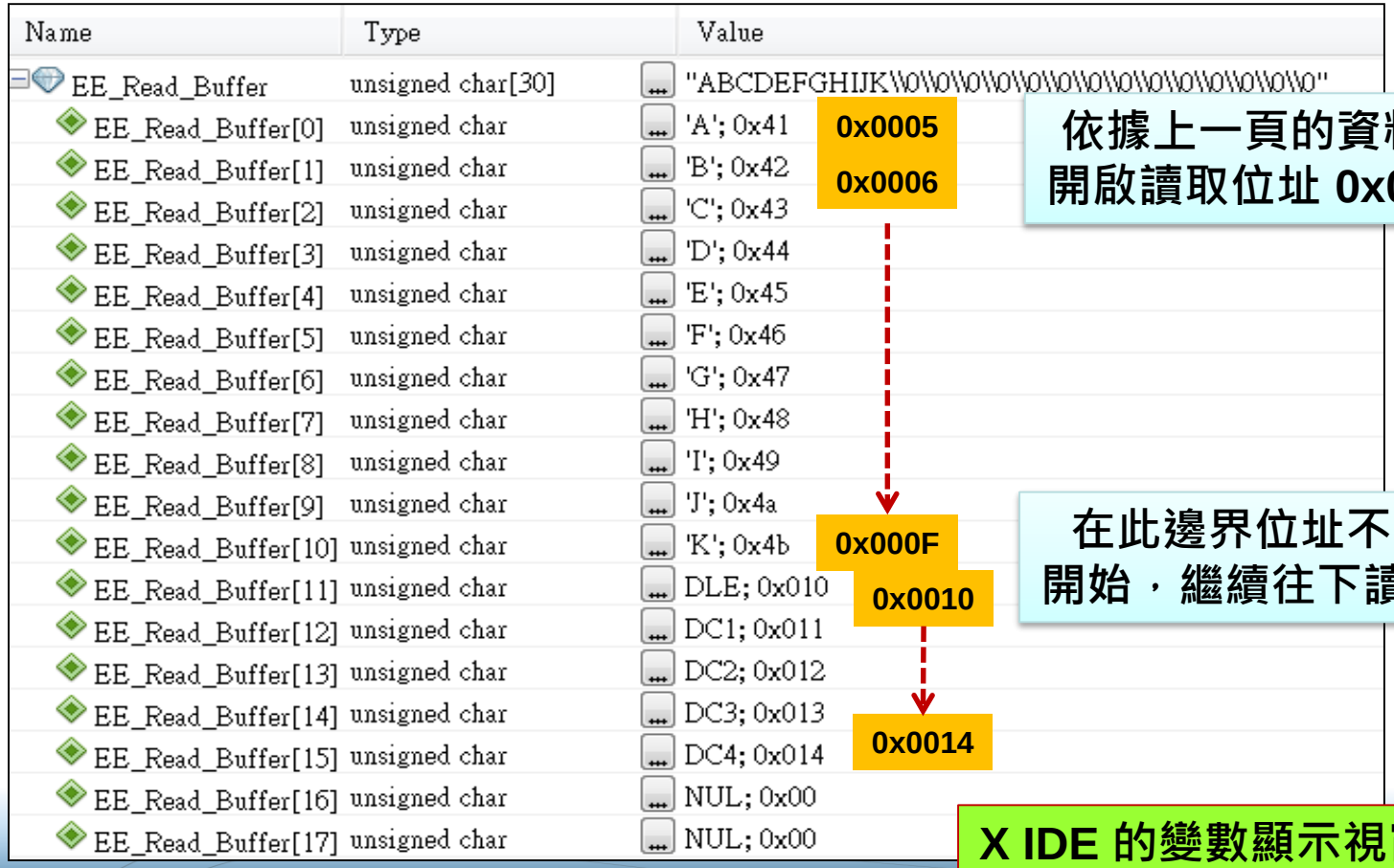
Addr...	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000	4C	4E	4F	50	51	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B
010	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
020	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F
030	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D	3E	3F
040	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

資料遭覆蓋了

本視窗是使用 Serial Memory Starter Kit (DV243003) 所截錄的 25LC160C 資料驗證畫面

Lab5-1
Page Read

- **Page Read 沒有邊界位址的限制，可以連續讀取 16 Bytes 資料**



Lab5-1
Page Write and Read

- 範例

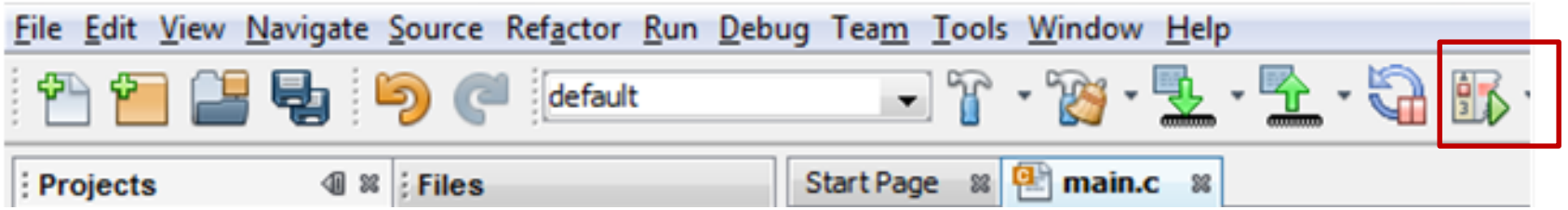
```
80  // 設定寫入命令及寫入的起始位址
81  EE_CMD_Buffer[0] = EEPROM_WRITE_CMD;     // 設定寫入命令及起始位址 0x0000
82  EE_CMD_Buffer[1] = 0x00;                 // MSB Address
83  EE_CMD_Buffer[2] = 0x00;                 // LSB Address
84
85  // 先寫入命令及起始位址後再連續寫入 16 Bytes 的資料
86  EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow();
87  SPI1_Exchange8bitBuffer(EE_CMD_Buffer,3,NULL);
88  SPI1_Exchange8bitBuffer(EE_Write_Buffer, 16, NULL);
89  EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh();
90
91  // delay 10mS 做寫入的延遲
92  __delay_ms(10);
93
94
95  // 設定讀取命令及起始位址
96  EE_CMD_Buffer[0] = EEPROM_READ_CMD;
97  EE_CMD_Buffer[1] = 0x00;
98  EE_CMD_Buffer[2] = 0x00;
99
100 // 送出讀取命令及起始位址，再連續讀取 16 Bytes 資料
101 EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow();
102 SPI1_Exchange8bitBuffer(EE_CMD_Buffer,3,NULL);
103 SPI1_Exchange8bitBuffer(NULL, 16, EE_Read_Buffer);
104 EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh();
```

Page寫入

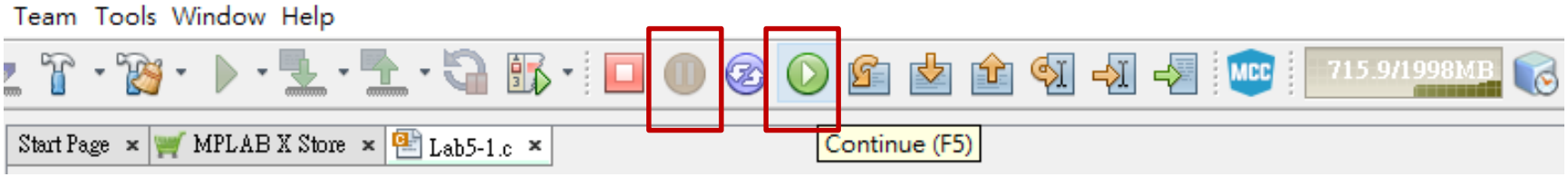
Page讀取

編譯及除錯 Lab5-1_8bit 專案

- 按下 “**Debug Main Project**” 的圖示開始編譯及燒錄並進入除錯模式

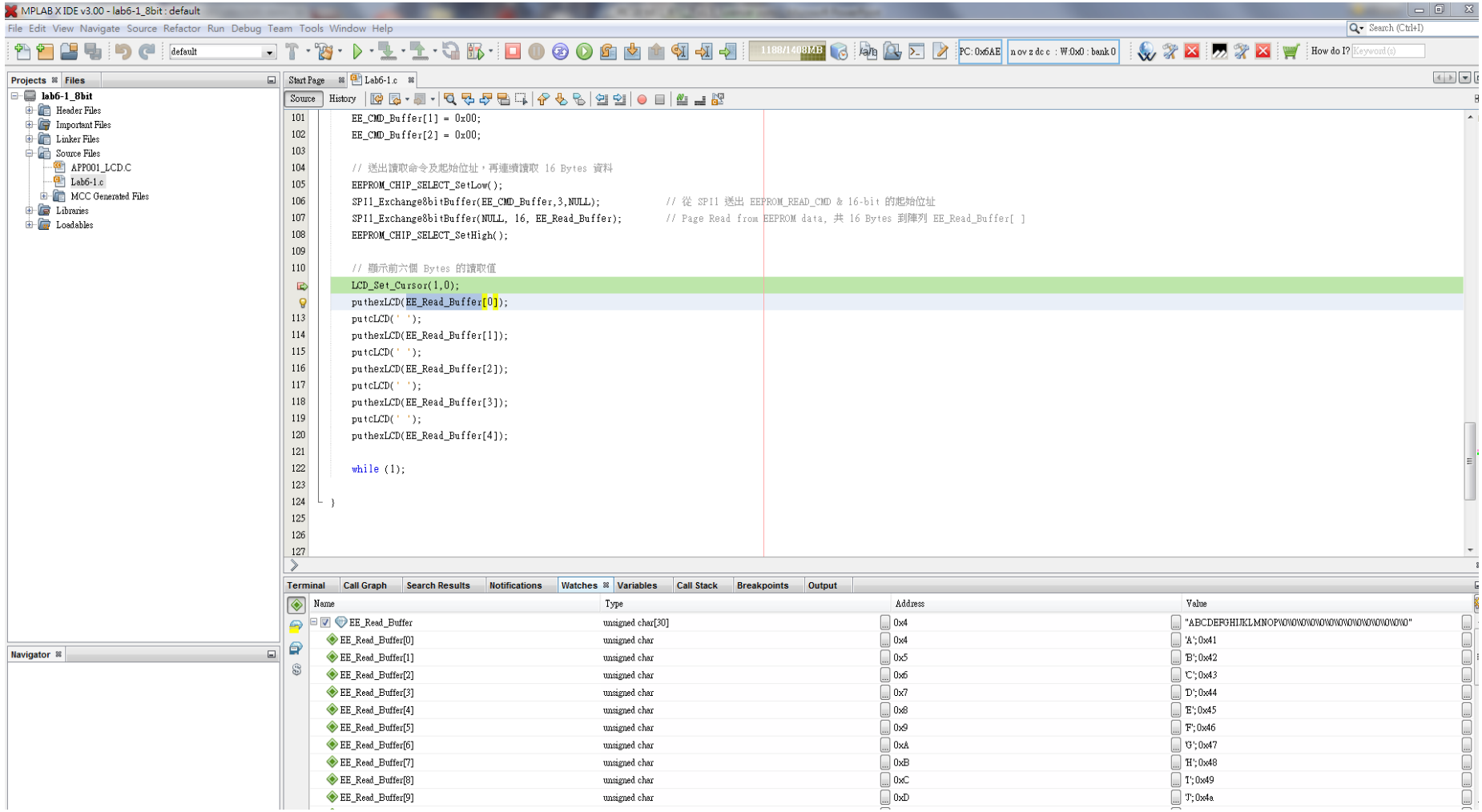


- 除錯模式執行、暫停



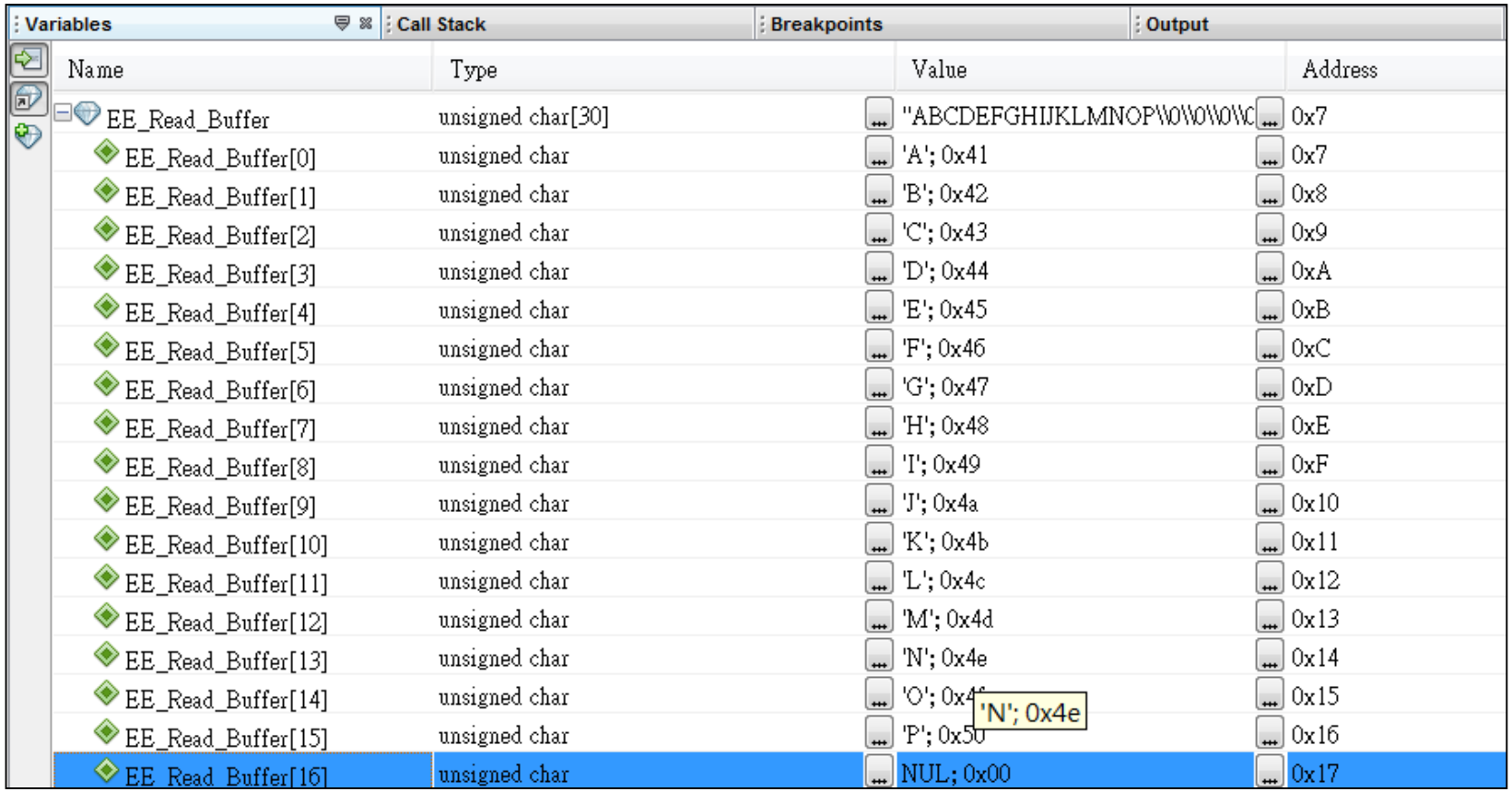
Lab5-1 執行結果

MPLAB® X IDE 變數顯示視窗



Lab5-1 執行結果

MPLAB® X IDE debug模式下，變數顯示視窗



LCD 顯示

Lab5-1 Page Mode
41 42 43 44 45

Lab5-1_8bit 專案執行

- 燒錄後，產生結果
  - 螢幕顯示根據程式Lab5-1.c中這兩行變化

```
59  unsigned char EE_Write_Buffer [ ] = { 0x41, 0x42, 0x43, 0x44, 0x45, 0x46, 0x47, 0x48, 0x49, 0x4a, 0x4b, 0x4c, 0x4d, 0x4e, 0x4f,
60                                        0x50, 0x51, 0x52, 0x53, 0x00 };
61  unsigned char Read_Dummy = 0x00;
```

```
85          // 先寫入命令及起始位址後再連續寫入 16 Bytes 的資料
86          EEPROM_CHIP_SELECT_SetLow();
87          SPI1_Exchange8bitBuffer(EE_CMD_Buffer,3,NULL);
88          SPI1_Exchange8bitBuffer(EE_Write_Buffer, 16, NULL);
89          EEPROM_CHIP_SELECT_SetHigh();
```

- LCD 會顯示

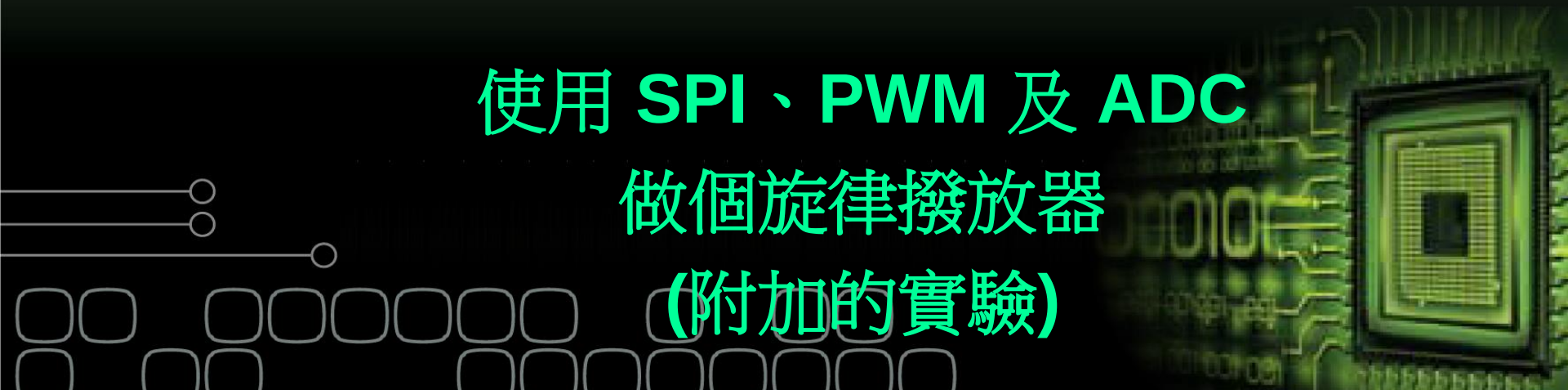
LCD 顯示幕

MICROCHIP

Regional Training Centers

PIC18 Lab5-2

使用 SPI、PWM 及 ADC 做個旋律撥放器 (附加的實驗)



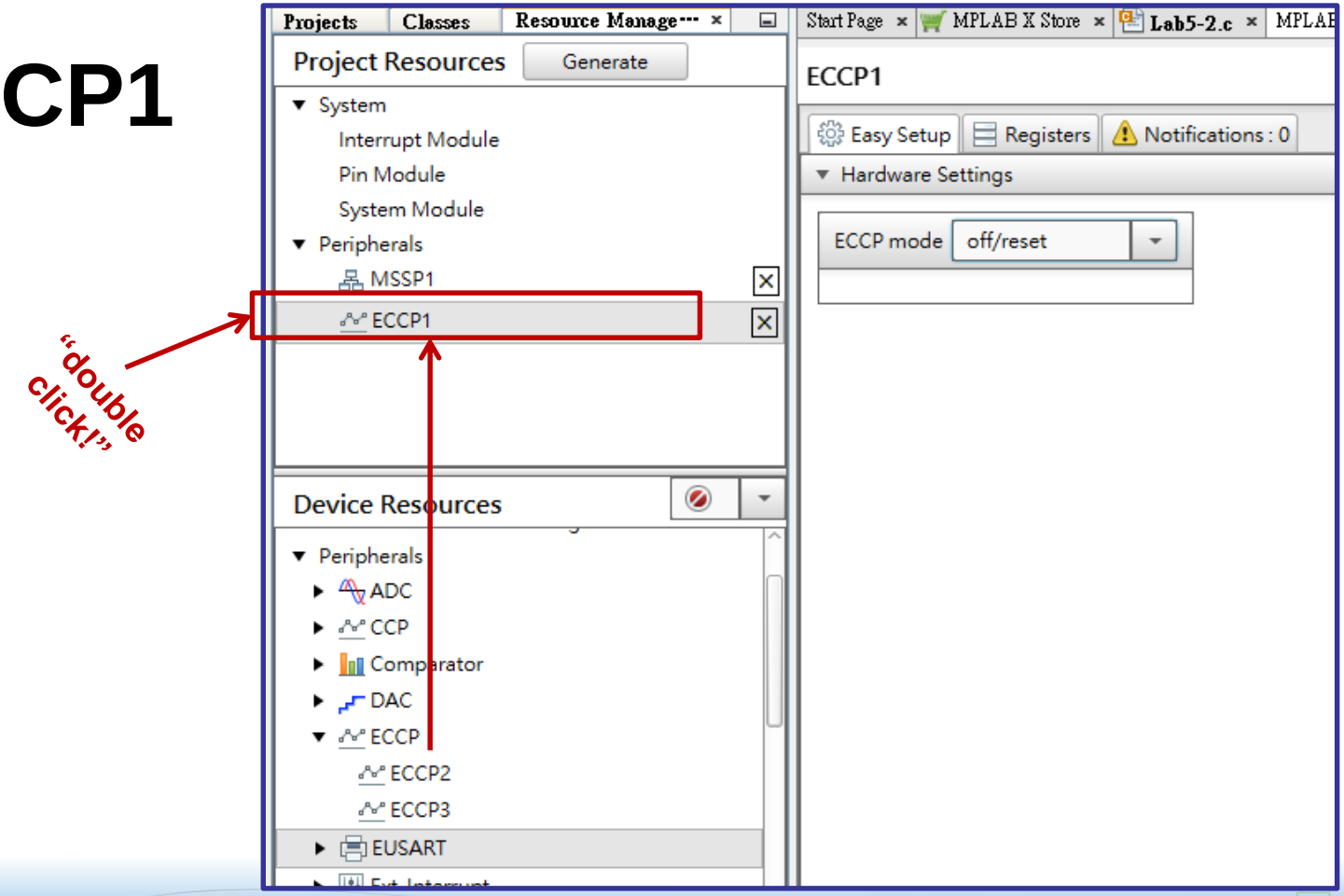
PIC18 Lab5-2 目標

- 設定 **SPI1** 介面來存取 **EEPROM** 的旋律資料
- 利用 **PWM1** 所接的蜂鳴器來撥放音樂
- 啟用 **ADC** 讀取變電阻 **(AN0)** 的電壓值做為撥放音樂節奏的快慢調整
- 整合 **MCC** 所產生的各個周邊函數完成音樂的撥放

PIC18 Lab5-2

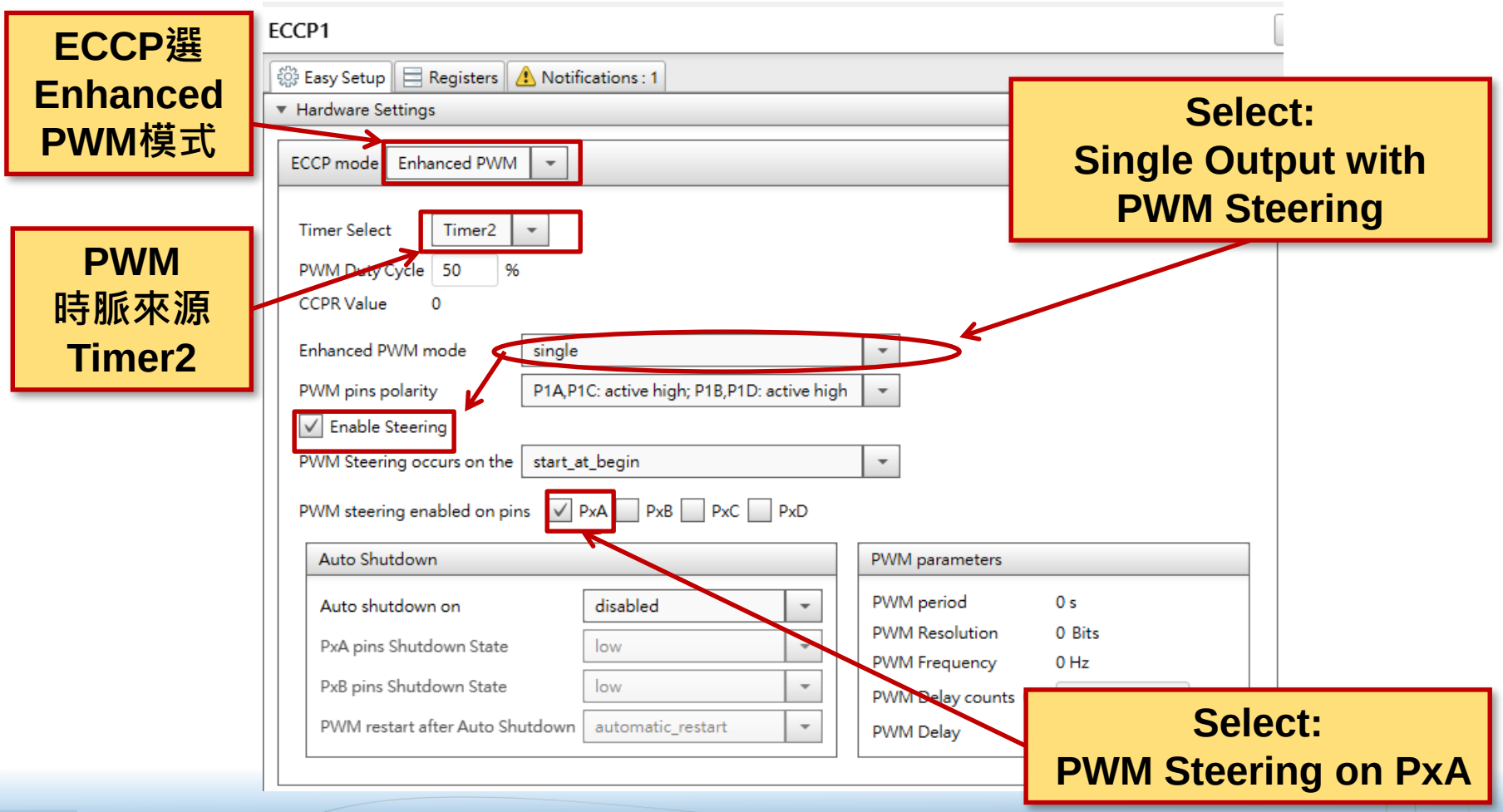
- 加入 **ECCP**

  ECCP1



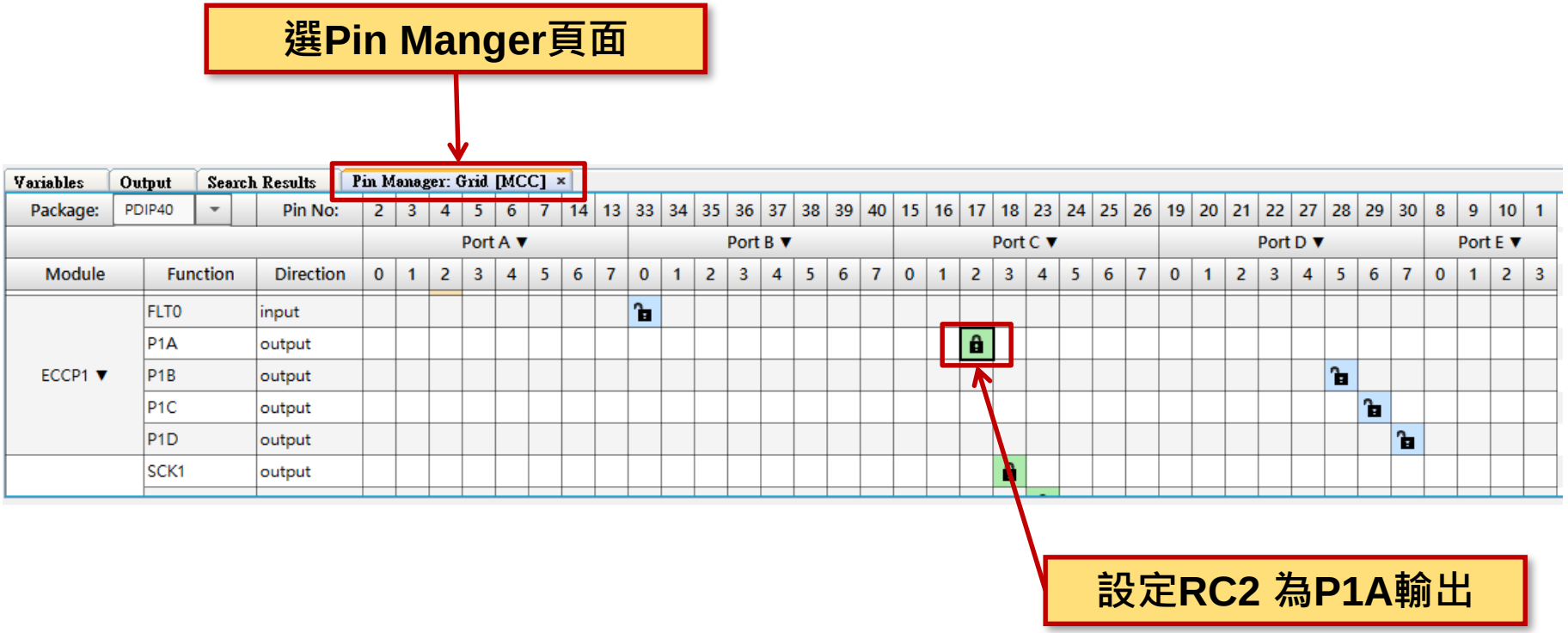
PIC18 Lab5-2

- 設定 ECCP:ECCP1: Enhanced PWM module



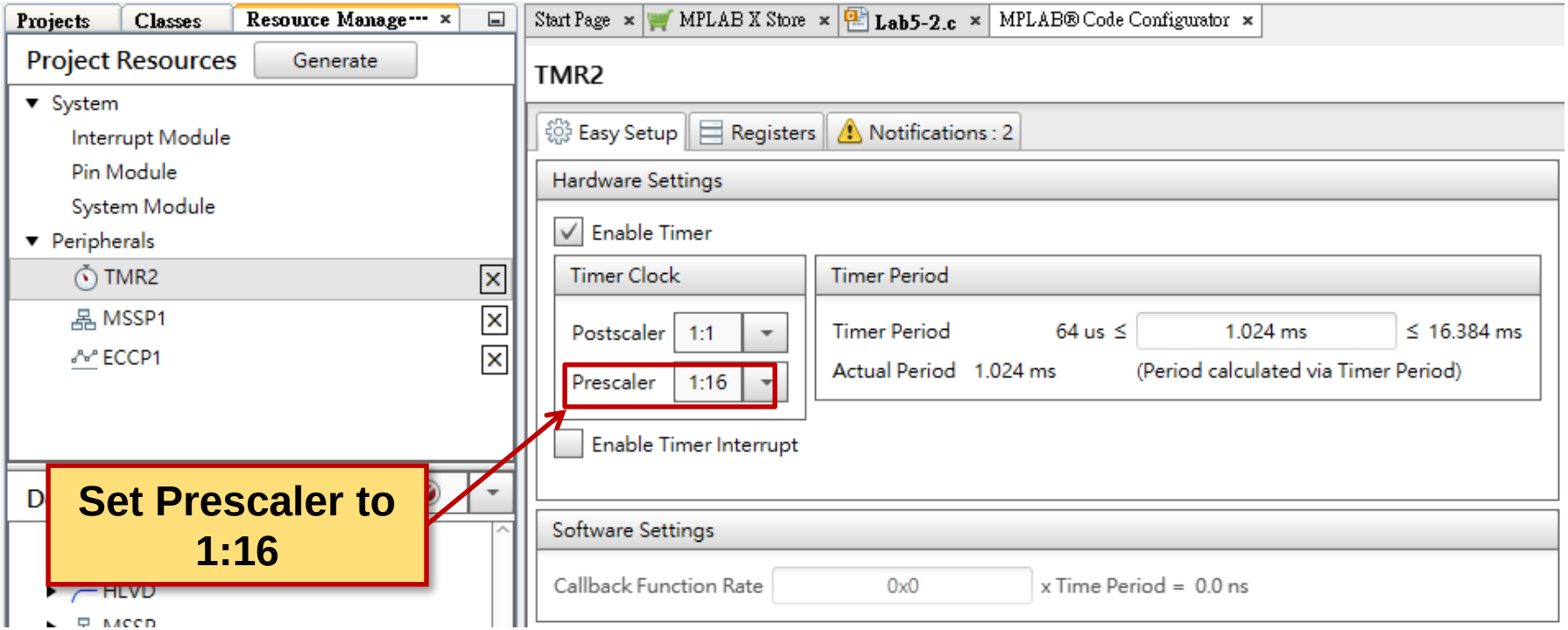
PIC18 Lab5-2

- 設定 ECCP:ECCP1: Enhanced PWM module



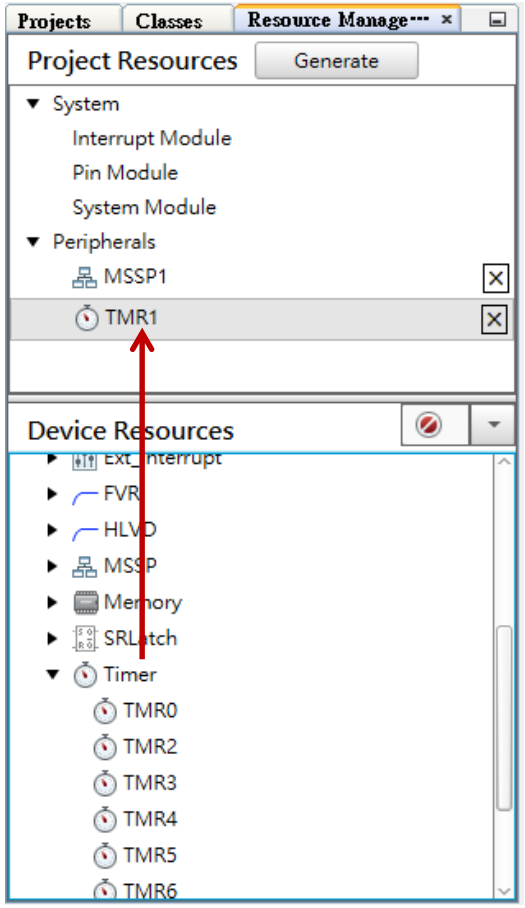
PIC18 Lab5-2

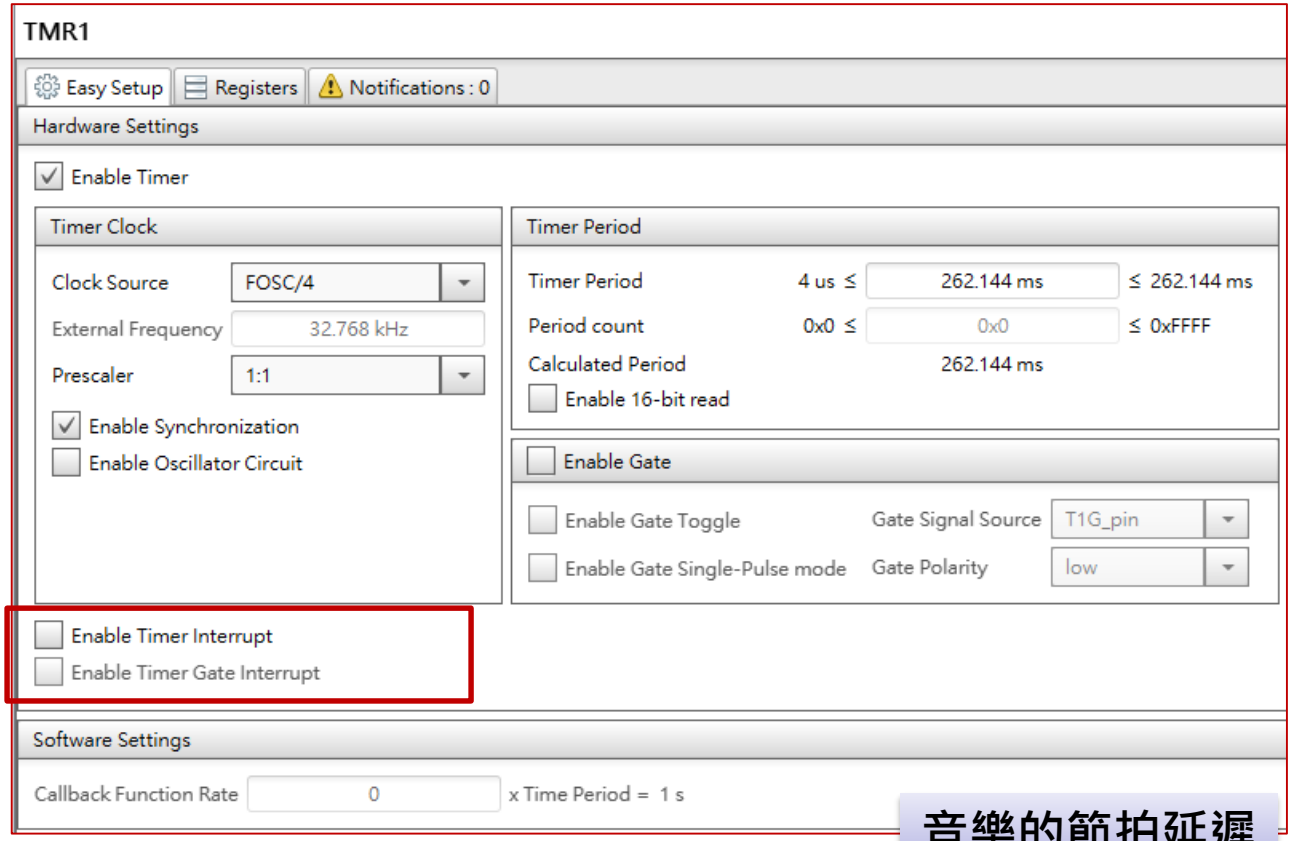
- 設定 **Timer 2 module** 為 **PWM** 時脈來源
  - Prescalar: 1:16



PIC18 Lab 5-2

- 設定 **Timer1 (MusicNoteDelay)**，確認關閉中斷功能

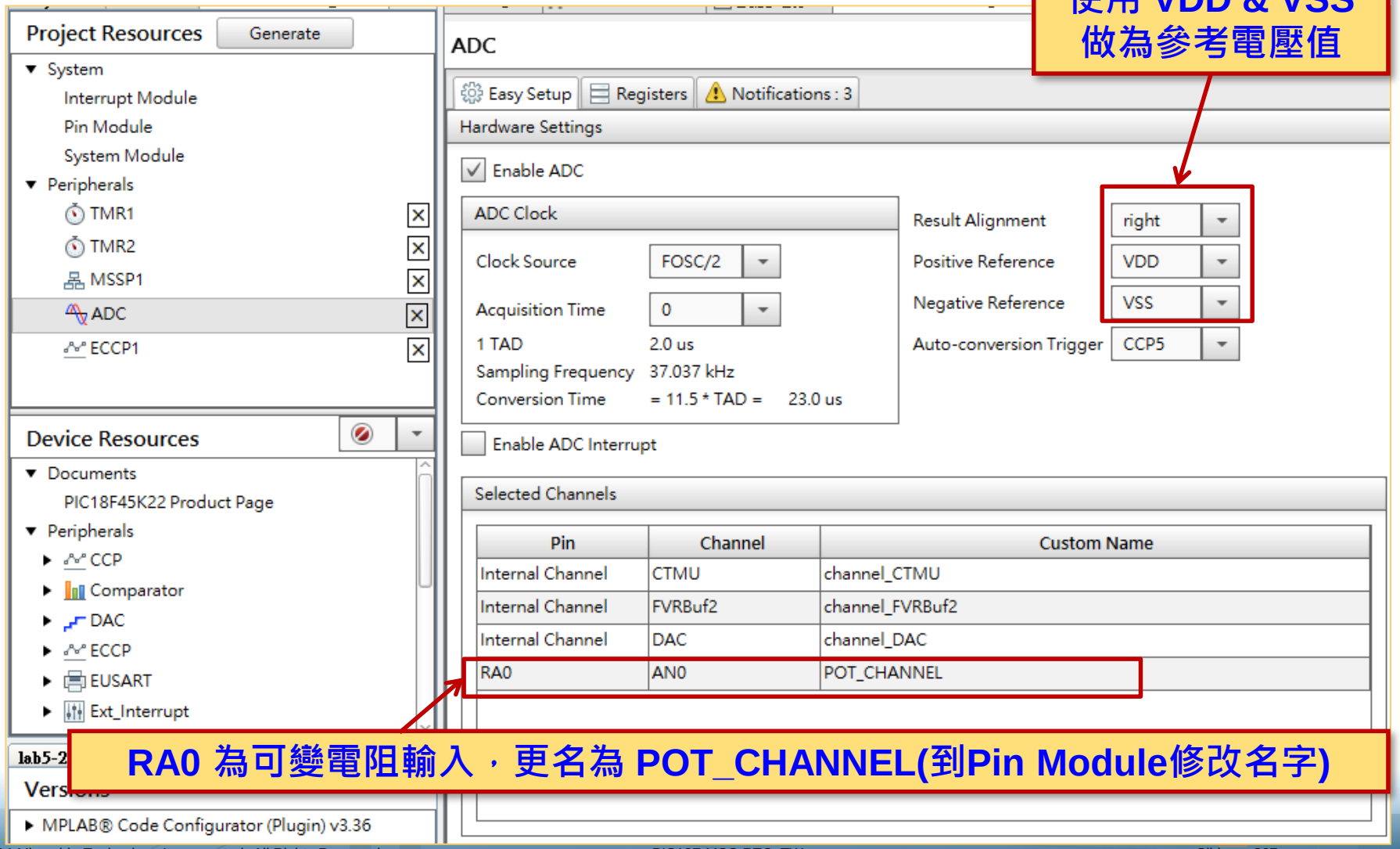




音樂的節拍延遲

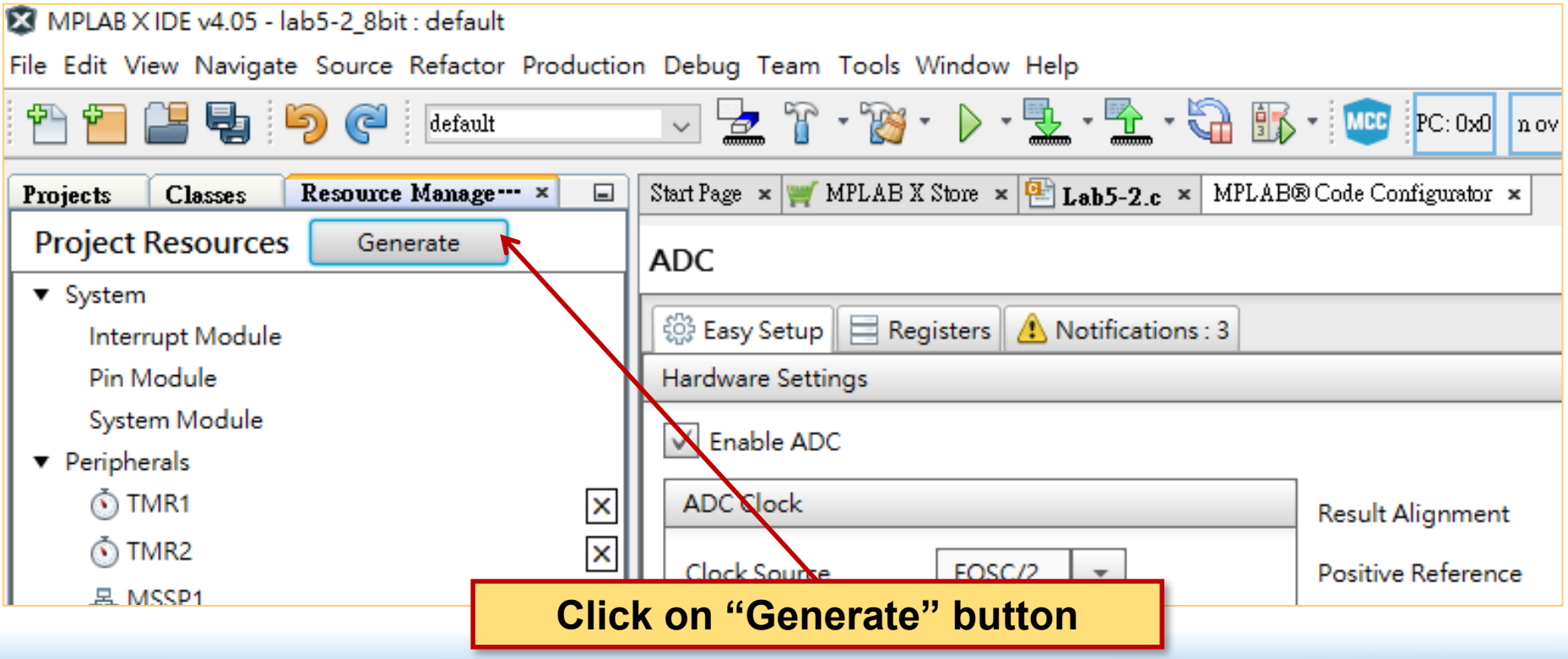
PIC18 Lab5-2

- ADC 的設定



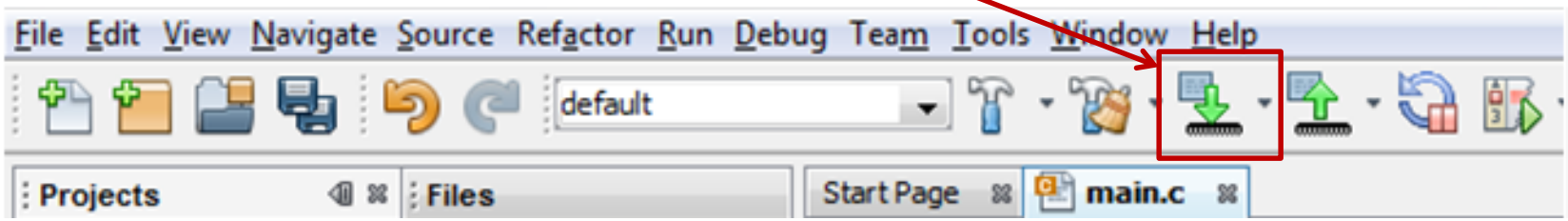
PIC18 Lab5-2

- 按下 **Generate** 來產生周邊設定的相關檔案



PIC18 Lab5-2

- 按下“編譯及燒錄”圖示來驗證結果



- 有沒有聽到蜂鳴器的音樂聲，調整 **VR1** 看看旋律是否改變?

PIC18 Lab5-2 結論

- 我們使用 **SPI** 介面來讀寫 **EEPROM** 的音樂資料
- 我們使用了 **EPWM** 模組來撥放音樂
- 我們利用 **ADC** 轉換可變電阻的電壓做為控制撥放音樂的速度控制

有問題嗎？

謝謝!

MICROCHIP
Regional Training Centers

Trademarks

- The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPIC, FlashFlex, flexPWR, JukeBlox, KEELOQ, KEELOQ logo, Kleer, LANCheck, MediaLB, MOST, MOST logo, MPLAB, OptoLyzer, PIC, PICSTART, PIC^{32} logo, RightTouch, SpyNIC, SST, SST Logo, SuperFlash and UNI/O are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.
- The Embedded Control Solutions Company is a registered trademark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.
- Analog-for-the-Digital Age, BodyCom, chipKIT, chipKIT logo, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECAN, In-Circuit Serial Programming, ICSP, Inter-Chip Connectivity, KleerNet, KleerNet logo, MiWi, MPASM, MPF, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, mTouch, MultiTRAK, NetDetach, Omniscient Code Generation, PICDEM, PICDEM.net, PICkit, PICtail, RightTouch logo, REAL ICE, SQI, Serial Quad I/O, Total Endurance, TSHARC, USBCheck, VariSense, ViewSpan, WiperLock, Wireless DNA, and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.
- SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.
- GestIC is a registered trademarks of Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG, a subsidiary of Microchip Technology Inc., in other countries.
- All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.
- © 2014, Microchip Technology Incorporated, All Rights Reserved.