MPLAB-C18 Workshop

第二天課程

中斷程式的處理

MPLIB-C18 函數庫

用C來完成一個應用程式

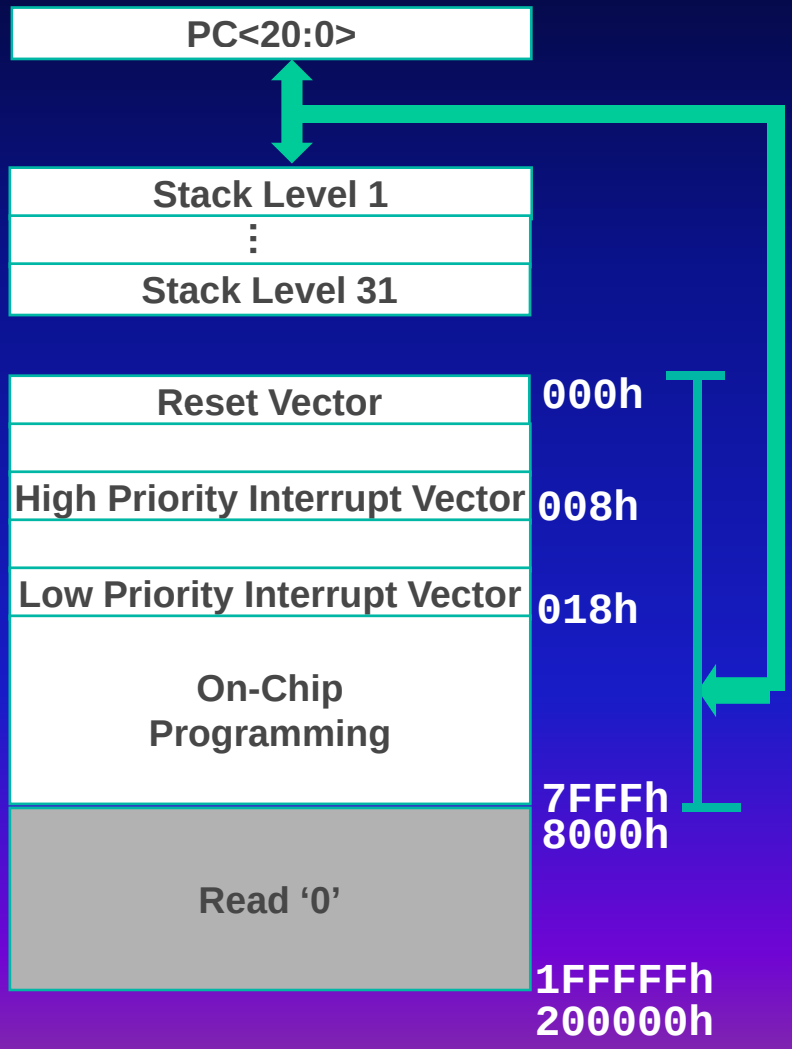
第五章

中斷程式的處理

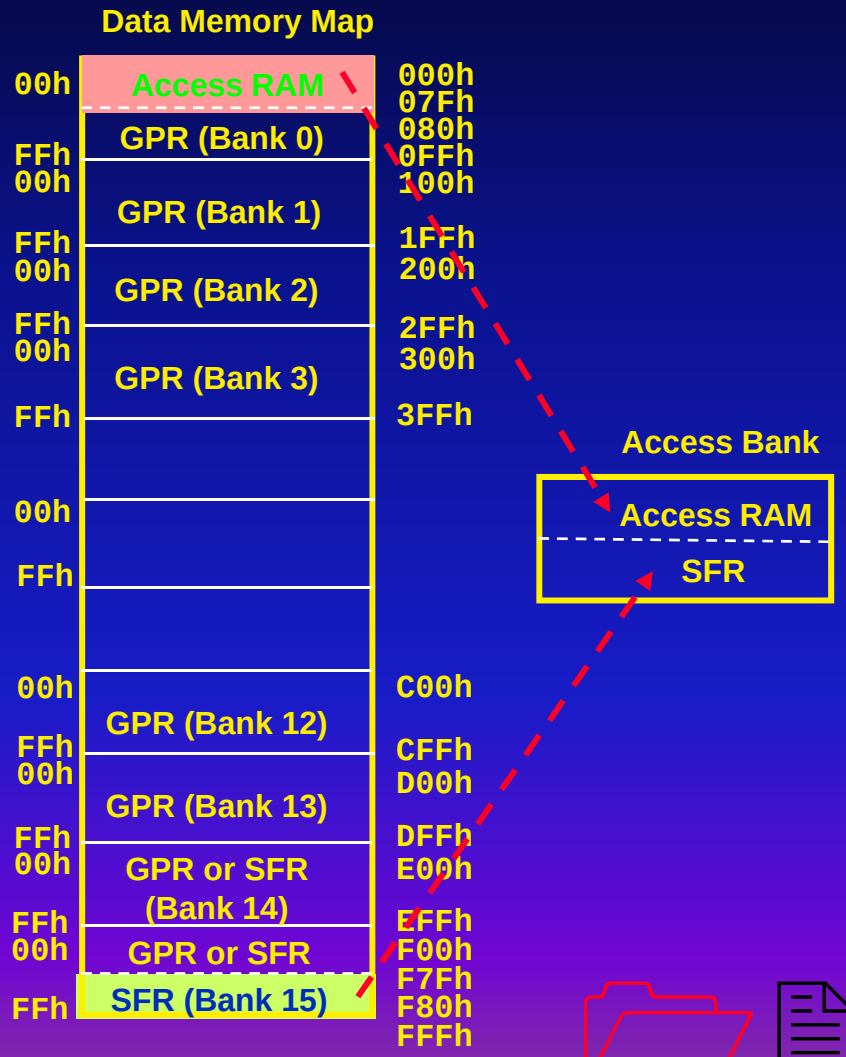
1. 安排變數資料
2. 安排常數資料
3. 安排程式位置
4. 處理中斷程式
5. 串列通訊應用

18C452記憶體的配置

程式記憶區



資料記憶區



安排變數的位置 (RAM Location)

- 在Access Bank內的變數執行速度較快
- 利用前置處理指令 “#pragma {udata/idata}” 來指定變數在RAM的特定位置

```
#pragma udata [data-qualifier] [section-name [=address]]
#pragma idata [data-qualifier] [section-name [=address]]
```

- 利用前置處理指令 “#pragma udata/idata”來結束指定節區位置的作業

```
#pragma udata/idata
```

#pragma udata

- **#pragma udata [data-qualifier] [section-name [= addr]]**
  - **#pragma udata [xxx]**會將以下所宣告的變數作特定的位置安排，直到遇到指令 “#pragma udata”才進行常態安排
  - **udata** :設定無初始值的變數(idata有初始值的變數)
  - *Option* **[data-qualifier]** : 變數要擺在那一區域
    - ✓ “access” ==> 安排在 ACCESS Bank 的 RAM (0x00-0x7F)中
    - ✓ “ 空白 ” ==> 安排在非 ACCESS Bank (GPR)
  - *Option* **[section-name [= addr]]** :變數放置的位址
    - ✓ 指定section-name: 與 Linker的連結描述檔內的section-name相同，則會依連結描述檔內的指定進行安排
    - ✓ 不指定section-name: 即獨立的名字，並不與 Linker的連結描述檔內的section-name相同，此時變數會放在unprotected區
    - ✓ = addr : 在不指定section-name時，可以強制設定變數位址

#pragma udata 宣告（範例）

```
#pragma udata access AccessSection
near unsigned char Temp_Code[4];
near unsigned char Rec_Data;
near unsigned char PWM_Duty;
near unsigned char On_Flag;

#pragma udata abc=0x100
unsigned char j;
unsigned char i;
unsigned char e;
unsigned char f;

#pragma udata test
unsigned char EE_Write_Data;
unsigned char EE_Addr;
unsigned char Send_UR;
unsigned char Err;

#pragma udata
```

宣告以下之變數放在Access Bank中，由Linker自行安排位址

宣告以下之變數放在GPR中位址爲0x100的地方

宣告以下之變數放在GPR中，由Linker自行安排位址，又 section name 有特別指定故會被安排在 Bank 2 的位址

SECTION NAME=test RAM=gpr2

變數實際位址（範例）

Name	Address	Location	Storage File
Temp_Code	0x000000	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
Rec_Data	0x000004	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
PWM_Duty	0x000005	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
On_Flag	0x000006	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
USART_Status	0x000093	data	extern ..\pmc\USART\18Cxx\USARTD.C
j	0x000100	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
i	0x000101	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
e	0x000102	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
f	0x000103	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
EE_Write_Data	0x000200	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
EE_Addr	0x000201	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
Send_UR	0x000202	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
Err	0x000203	data	extern D:\WORKSH~1\402\TEST\TEST1.C
PORTAbits	0x000f80	data	extern C:\MCC18\SRC\PROC\p18c452.asm

安排常數資料的位置 (rom-data Location)

- 利用前置處理指令 “#pragma romdata”來指定常數資料在ROM的位置

```
#pragma romdata [section-name [=address]]
```

  - 一般常用的固定不變資料，例：查表資料、顯示的字串資料、陣列常數...等

- 利用前置處理指令 “#pragma romdata”來結束此一指定位置作業

```
#pragma romdata
```

#pragma romdata（範例）

```
#pragma romdata RomDataSpace=0x400    // 設定 romdata 起始位址在 0x400
rom unsigned char Array1[20]= {0x0F,0x0E,0x0D,0x0C,0x0B,0x0A,0x09,0x08,
                               0x07,0x06,0x05,0x04,0x03,0x02,0x01,0x00};
#pragma romdata                       // 恢復爲一般 romdata section

unsigned char Count;
unsigned char Array2[20];             // 宣告陣列變數

void main(void)
{
   Count = 0x00;
   while(Array1[Count++])             //  檢查字元 =0x00 ?
      {
      Array2[Count] = Array1[Count]; // 將 ROM 陣列資料存入 RAM 陣列中
      }
}
```

#pragma romdata（範例–實際位址）

Section Info

Section	Type	Address	Location	Size(Bytes)
.cinit	romdata	0x00002a	program	0x000002
.code_PRAGMA.o	code	0x000038	program	0x00006e
.romdata_PRAGMA.o	romdata	0x0000a6	program	0x000002
.idata_PRAGMA.o_i	romdata	0x0000a8	program	0x000000
RomDataSpace	romdata	0x000400	program	0x000010
.tmpdata	udata	0x000000	data	0x000002
.udata_PRAGMA.o	udata	0x000080	data	0x000000
.idata_PRAGMA.o	idata	0x000080	data	0x000000
.stack	udata	0x000500	data	0x000100
SFR_UNBANKED0	udata	0x000f80	data	0x000023
SFR_UNBANKED1	udata	0x000fab	data	0x000055

安排程式的位置 (code Location)

- 利用前置處理指令 “#pragma code”來指定程式在ROM的位置

```
#pragma code [section-name [=address]]
```

  - section-name可以在連結描述檔中加以指定該段程式編譯後的執行位址 (18c452.lkr)
  - 也可以直接指定該段程式的執行位址
    - ✓ `#pragma code My_Code_On = 0x1000`

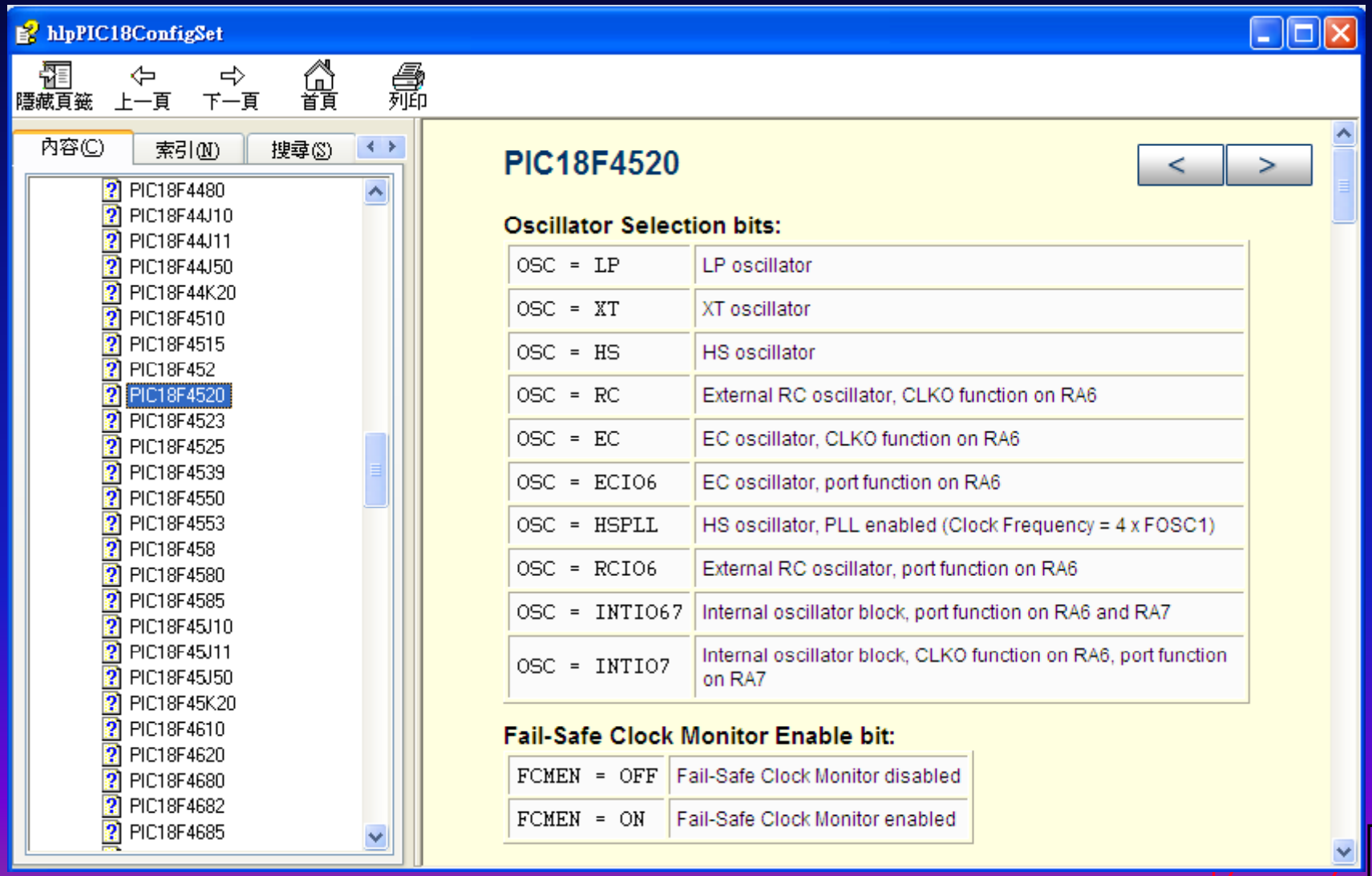
- 利用前置處理指令 “#pragma code”來結束此一指定位置作業

```
#pragma code
```

Configuration Words 的設定

- Config. 的位址定義在 PIC18F4520.lkr
  - CODEPAGE NAME=config START=0x300000 END=0x30000D PROTECTED
  - SECTION NAME=CONFIG ROM=config
- 利用#pragma config 在程式中可直接指定要安排的 configuration bits 的選項
- 詳細可用選項可參考 MPLAB IDE 中的 Help
  - Help -> Topics -> Language Tools -> PIC18 Config Setting
- 每個不同的 MCU 選項是不同的！

選擇特定 MCU 後可看到可用選項



練習 5-1

- 開啟

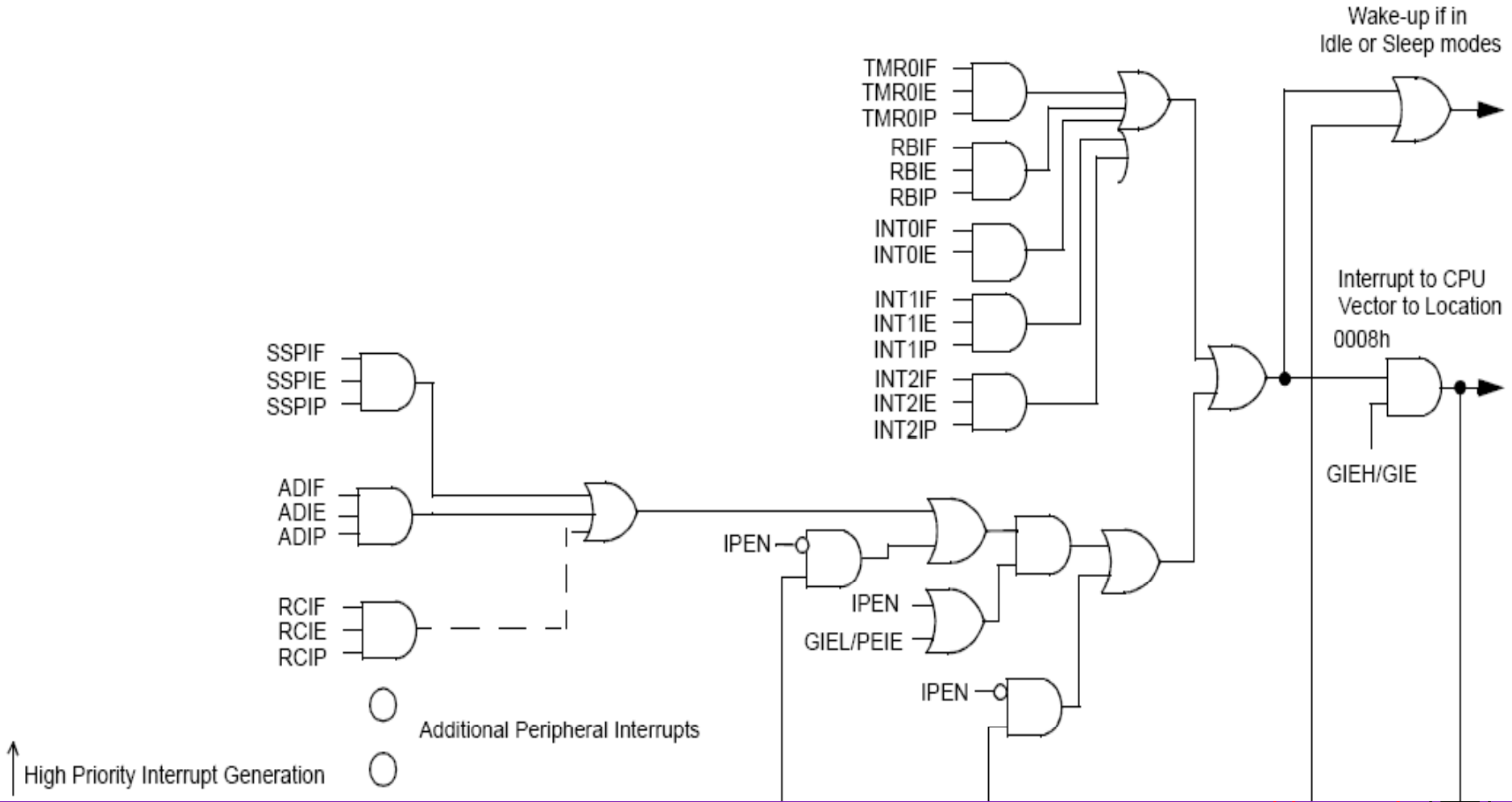
  ”c:\RTC\C18_V2\Answer_APP001V3\Ex5-1\ex5-1.mcp”

- 利用 “#pragma”指令將變數及程式編譯到特定的位址：
  - LCD_MSG1 放在ROM中，位址為0x1000
  - LCD_MSG2 字串變數放在RAM中，位址為0x100
  - 其餘變數 AD_Temp、LCD_Temp、AD_Result 則放在Access Bank中
  - 程式中的函數從位址0x2000開始編譯
- 檢查編譯結果，並測試執行結果是否正常
  - Ex5-1.map & Ex5-1.lst
  - 找不到map檔如何處置?

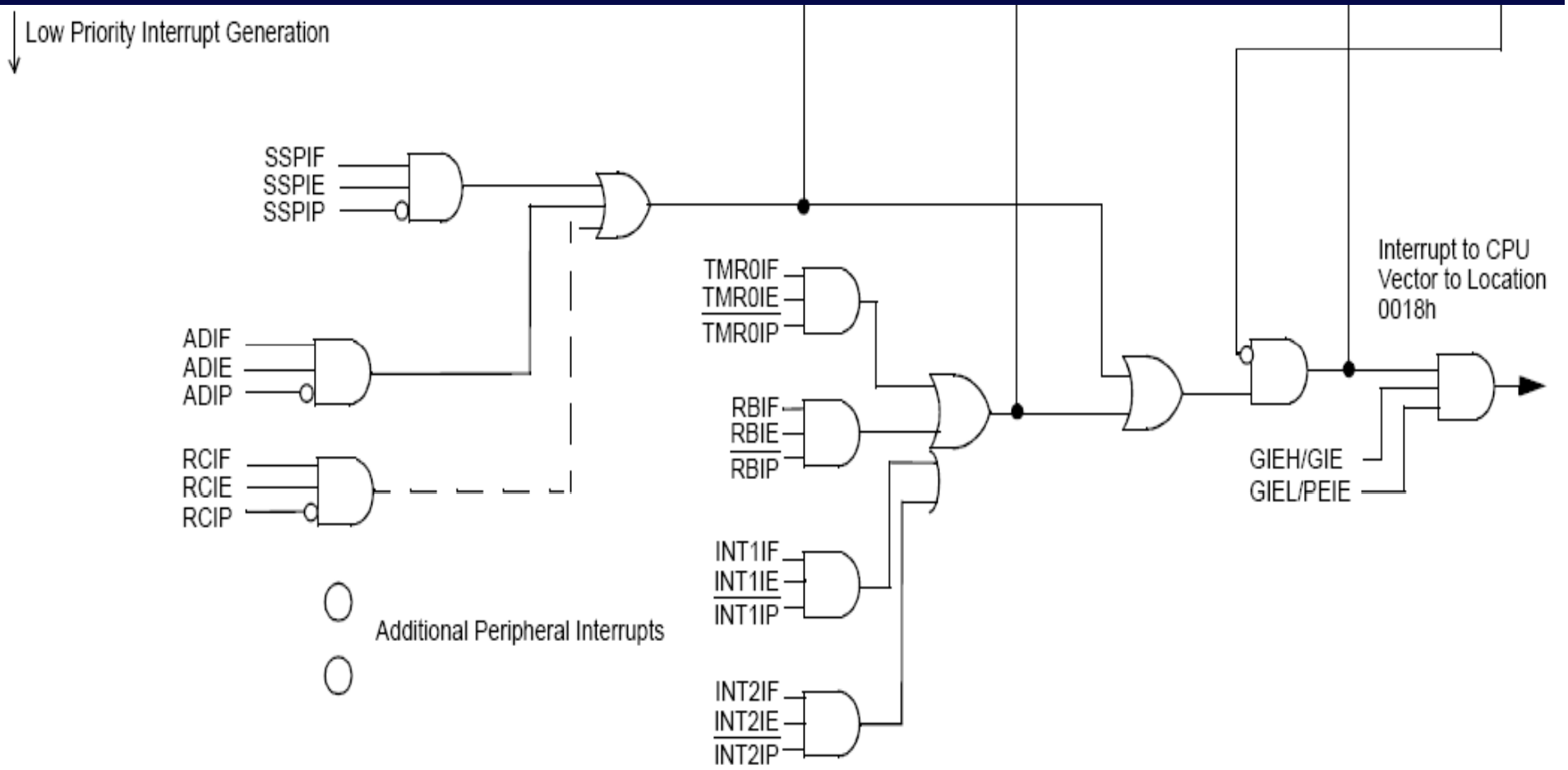
18F4520 中斷處理

- 18F系列 MCU 有兩個中斷向量點
  - 高優先權==>中斷向量位址0x0008
  - 低優先權==>中斷向量位址0x0018
  - 每個中斷源均可選擇其中斷優先權（二選一）
  - 每個中斷源均有獨立的中斷旗標(Flag)
  - 中斷旗標的清除==>自行用軟體清除
  - 每個中斷源均可Enable或Disable
- 當然PIC18系列也可設定與PIC16Fxxx系列的中斷相容（關掉優先權的設定），如此一來中斷發生一律前往 0x0008 執行

PIC18F4520中斷邏輯架構
(High Priority Level)



PIC18F4520中斷邏輯架構
(Low Priority Level)



Shadow 暫存器

- 18F 系列 MCU有 “Shadow Register”的設計，能提高中斷程式對事件的反應速度
- 高優先權中斷
  - W，BSR，STATUS 的存入/取出使用Shadow Register
  - 程式的返回：retfie FAST
- 低優先權中斷
  - W，BSR，STATUS 的存入/取出則必需透過軟體堆疊
  - 程式的返回：retfie 0
- 以上處理，在C18編譯器均打點完畢，程式設計者無需傷神考慮
- 結論: C 的中斷處理比組合語言更簡單方便

設定高優先權中斷服務程式

- 利用前置處理指令 “#pragma code”來設定高優先權中斷向量位址=0x0008，並將控制權轉移給中斷服物程式
- 利用前置處理指令 “#pragma interrupt”來設定該函式為高優先權中斷服務程式(可在程式任何位址)，處理完畢會自行用 retfie FAST 返回

```
#pragma interrupt func-name save=symbol list
```

  - **func-name** :高優先權中斷服務程式名稱
  - **save= symbol list** : 在中斷服務程式中，須被保存的變數(例: save= FSR0, PRODL)

高優先中斷設定

```
#pragma code hi_vector=0x0008    // 設定中斷進入點
void isr_high_code(void)
{
    _asm
    goto       isr_high
    _endasm
}
#pragma code
//*************************************************
//* Function: isr_high(void)                      *
//*    - Received a serial data from RS-232       *
//*    - Save the received data to Rec_Data       *
//*************************************************
#pragma interrupt isr_high
void isr_high(void)
{
    Rec_Data=ReadUSART();
    PORTD=Rec_Data;
}
#pragma code
```

使用內建組合語言功能，轉移控制權到中斷服務程式(isr_high)

中斷服務程式(isr_high)

中斷的前置設定

- 由上一頁來看中斷服務的設定是很簡單
- 但別忘了還有一些暫存器須設定後，中斷才會真正的動作(以USART的接收為例)

1. 開啟中斷優先權的設定: RCONbits.IPEN=1;
2. 設定USART的接收為高優先權: IPR1bits.RCIP=1;
3. enable USART的接收中斷: PIE1bits.RCIE=1;
4. 啟動高優先權中斷: INTCONbits.GIEH=1;

➢ 完成中斷的基本設定

設定低優先權中斷服務程式

- 利用 “#pragma code”來設定低優先權中斷向量位址=0x0018，並將控制權轉移給低優先權中斷服務程式
- 利用 “#pragma interruptlow”來設定該函數為低優先權中斷服務程式，返回方式是 retfie

#pragma interruptlow func-name save=*symbol list*

- **func-name** ： 低優先權中斷服務程式名稱
- **save= symbol list** ： 在中斷服務程式中，須被保存的變數(例: save= FSR0, PRODL)

練習 5-2

- 開啟

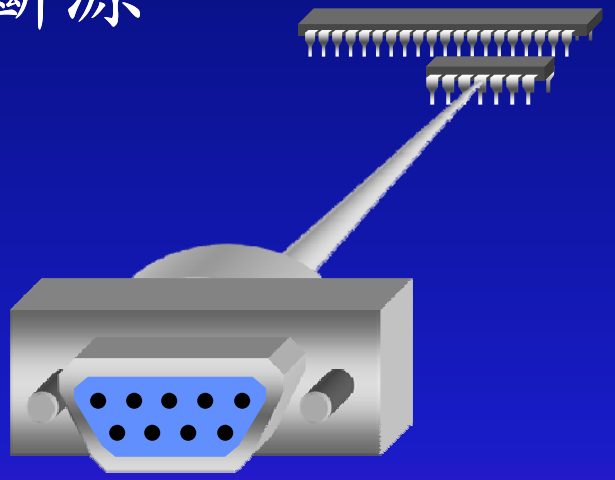
  “c:\RTC\C18_V2\Answer_APP001V3\Ex5-1\ex5-2.mcp”

- 將Timer2設定為中斷模式
  - 每8mS 中斷一次
- LED間隔96mS向左移7bit後再向右移7bit
- LED重複左、右移動(跑馬燈)

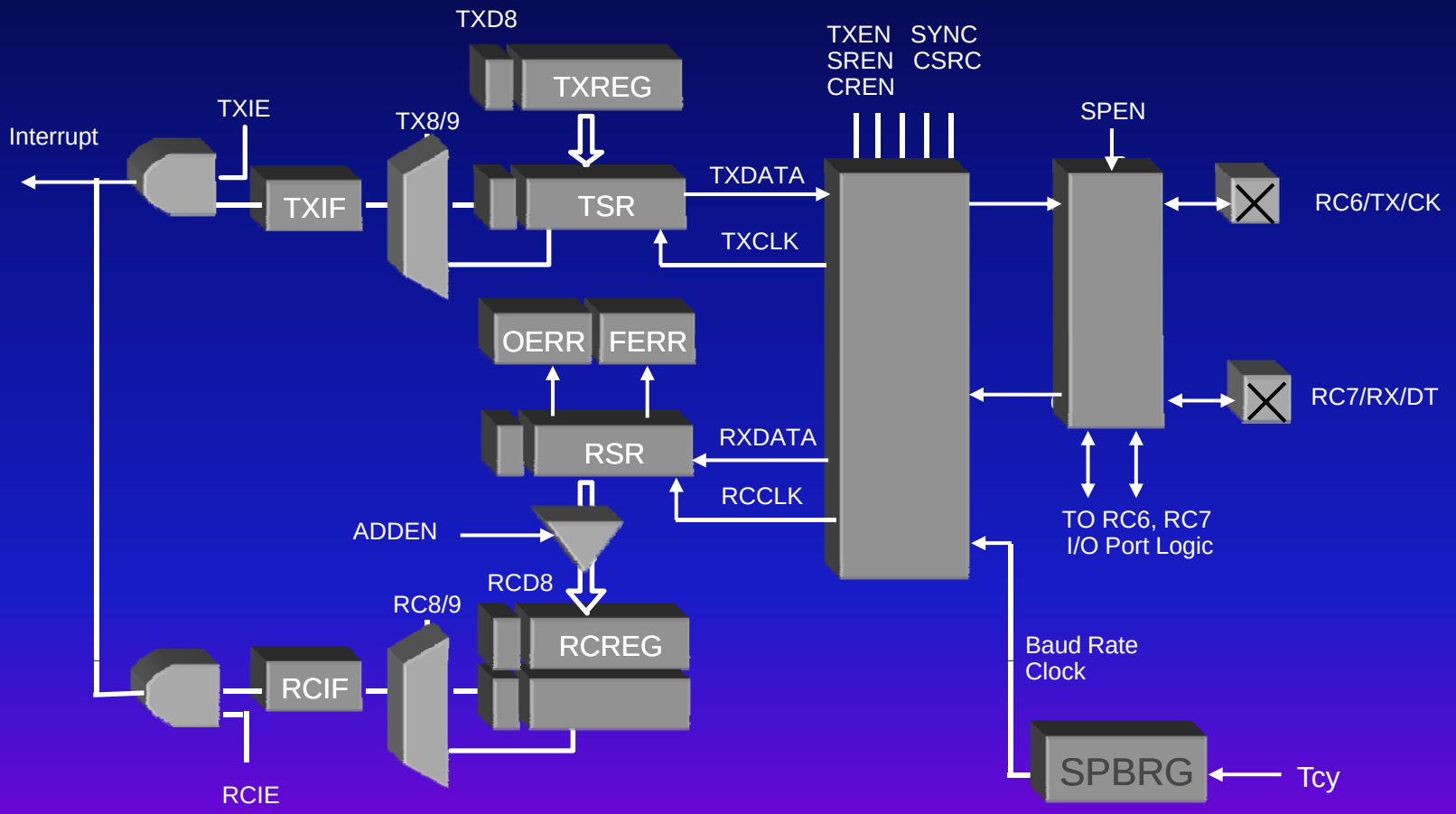
注意! 變數設定後並沒有在 main( )函數內使用，程式經 optimize 後變數會不見，要如何處理?

串列通訊功能

- 全雙工非同步串列或半雙工同步串列傳輸
- 串列接收與發送採用雙資料緩衝器的設計
- 串列接收與發送採獨立得中斷源
- 8-bit or 9-bit 資料格式
- 獨立的鮑率產生器
- 最高速率 @ 40MHz
  - 同步傳送: 10M baud
  - 非同步傳送: 低速模式625K baud或高速模式2.5M baud
- 支援 9-bit 位址或資料的判斷模式

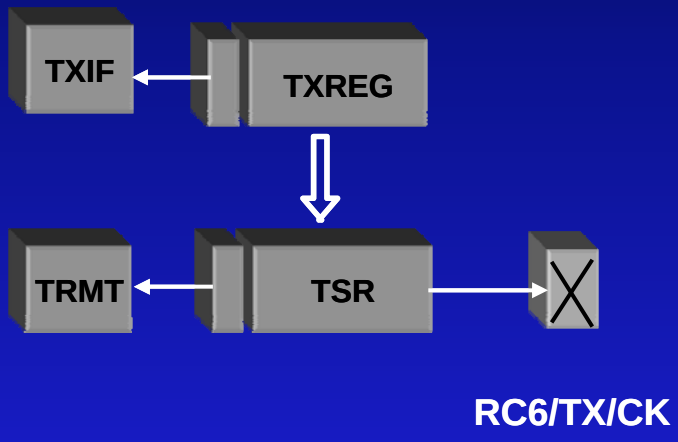


串列通訊方塊圖



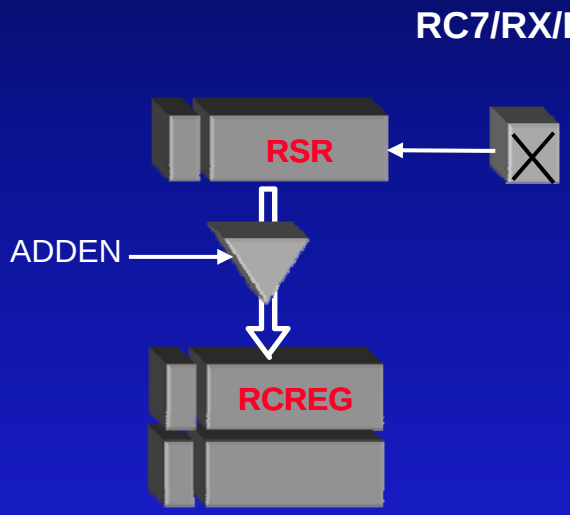
TXIF & TRMT 的動作

- 假如TXREG的資料被載到TSR，TXREG會空出;則TXIF = 1
- 假如TSR的資料串列傳送完畢;則TRMT = 1
- 假設TXREG剛載入資料時TRMT為空的(TRMT=1)， 則這筆資料會立即被送到TSR，串列傳送會動作，同時TXIF = 1
- TXIF是可單獨使用，即使USART的TX中斷是關閉的(TXIE=0)
- 由以上動作可知偵測發送狀態TXIF會比TRMT來的快



RCIF的動作

- RSR 為一個移位器，接收8-bits的串列資料及 start & stop bit.
- 接收到的串列資料會被載入到 RCREG FIFO 並將設定 RCIF
- 假設上一筆資料在FIFO中未被拿走此時又有一筆串列資料接收近來，則這筆新的資料會被存在第二級的FIFO中
- 若兩級FIFO均有資料，接收中斷產生將第一級資料提走，中斷處理完畢後，第二級FIFO的資料會立即產生中斷



2 deep FIFO

常用的 USART 函數庫

- USART的原始程式放在:
  - c:\mcc18\src\pmc_common\usart
- OpenUSART : 開啟並設定USART的工作模式
- BusyUSART : 測試發送是否忙線中?
- putsUSART : 從RAM中提取字串並發送出去
- putrsUSART : 從ROM中提取字串並發送出去
- ReadUSART : 讀取接收的資料(Byte)
- WriteUSART : 傳送一個資料 (Byte)

使用 USART 的函數庫(一)

- OpenUSART ： 開啟並設定USART的工作模式

  void OpenUSART (unsigned char config , char SPBRG)

  - config中的定義字在usart.h檔案中定義
    - ✓ `USART_TX_INT_OFF ==> PIE1bits.TXIE=0;`
    - ✓ `USART_RX_INT_ON ==> PIE1bits.RCIE=1;`
    - ✓ `USART_ASYNCH_MODE ==> TXASTAbits.SYNC=0;`
    - ✓ `USART_EIGHT_BIT ==> TXSTAbits.TX9=0;`
      `RCSTAbits.RX9=0;`
    - ✓ `USART_CONT_RX ==> RCSTAbits.CREN=1;`
    - ✓ `USART_BRGH_HIGH ==> TXSTAbits.BRGH=1;`
  - 以下兩個位元也會被設定以啟動USART
    - ✓ `RCSTAbits.SPEN=1;` `TXSTAbits.TXEN=1;`
  - 中斷優先權控制:
    - ✓ `RCONbits.IPEN=1;` `IPR1bits.RCIP=1;`
  - SPBRG = 103 : 速率產生器設為9600 bps
    - ✓ **fosc / [(SPBRG+1)*16]= 16MHz / [(103+1)*16] = 9615bps (+0.16%)**

使用 USART 的函數庫(二)

- char ReadUSART (void): 讀取接收的資料(Byte)
  - ReadUSART 會自RCREG暫存器中讀取接收資料

    例: Rec_Buff = ReadUSART( );
- void WriteUSART (char data): 傳送一個資料 (Byte)
  - 將data寫入到TXREG暫存器，並開始傳送資料

    例: WriteUSART('A') ==> 發送 A 字元

    WriteUSART('\n') ==> 發送 0x0A (換行字元)
- char BusyUSART(void) : 測試發送是否忙線中?

```
例:     while (BusyUSART( ));    // TXREG busy?
        WriteUSART('A')          // 發送 A 字元
```

使用 USART 的函數庫(三)

- putsUSART : 從RAM中提取字串並發送出去

  void putsUSART (char *dptr)

  - 傳入該函數的參數必須是一個指向RAM的指標 (Pointer)，即字串或陣列的起始位址
  - 傳送字串直到 0x00 (null character)

- putrsUSART : 從ROM中提取字串並發送出去

  void putrsUSART (const rom char *dptr)

  - 傳入該函數的參數必須是一個ROM的指標 (Pointer)

例: const rom char Msg0[ ]="Hello Word!";

putrsUSART(Msg0);

練習 5-3

- 開啟”c:\RTC\C18_V2\Answer_APP001V3\Ex5-3\ex5-3.mcp”
- 設定 DIP SW(S3)的SW3和SW5在ON的位置
- 設定USART
  - ✓ 9600，N，8，1
  - ✓ 中斷設定: Disable TxD，Enable High Priority for RxD
- 送一字串 “MPLAB-C18 Workshop”到終端機顯示
- A/D轉換結果仍控制馬達速度
- 終端機按 “p”馬達停止，並在終端機顯示字串 “Motor is Stopped !”
- 終端機按 “s”馬達轉動，並在終端機顯示字串 “Motor is Running !”
- 終端機按 “r”讀取馬達轉速控制值，並轉成十進制的ASCII在終端機顯示 “Current Motor Speed are : 1023”

第六章

MPLAB-C18 函數庫

1. MPLAB-C18函數庫
2. MSSP模組與I^2C的函數庫
3. 讀寫I^2C EEPROM

了解 C18 函數庫

- 別忘了加入定義檔 (#include <xxxx.h>)
- 有了函數庫的支援，複雜的運算或資料處理較容易撰寫，可提高程式的功能及產品的附加價值
- C18支援的函數庫已超過170個
- 參考 “MPLAB C18 Reference guide”
- LIB 檔案在 C:\MCC18\LIB
- LIB 原始檔案在 C:\MCC18\SRC\pmc_common

C18 函數庫的分類

- 硬體週邊函數庫- Hardware Peripheral Lib.
- 軟體週邊函數庫- Software Peripheral Lib.
- 標準函數庫 - General Software Library
- 數學函數庫 - Math Library

- 自己的函數庫 - Your Library

硬體週邊函數庫
Hardware Peripheral Library

- A/D Converter Functions
- Input Capture Functions
- I²C™ Functions
- I/O Port Functions
- Microwire™ Functions
- Pulse Wide Modulation (PWM) Functions
- Reset Functions
- SPI™ Functions
- Timer Functions
- USART Functions


軟體週邊函數庫
Software Peripheral Library

- External LCD Functions
- Software I²C Functions (I/O Emulation)
- Software SPI Functions (I/O Emulation)
- Software UART Functions (I/O Emulation)

注意! 使用軟體模擬的函數庫時，需注意I/O腳位的設定，並在程式中加以修正

例: I²C腳位之定義是在”sw_i2c.h”中定義的

標準函數庫
General Software Library

- 字元分類功能

  Character Classification Functions
- 數字與文字的轉換功能

  Number and Text Conversion Functions
- 延遲功能

  Delay Functions
- 記憶體和字串的操作

  Memory and String Manipulation Functions

標準函數庫
字元分類功能(一)

- isalnum( ): unsigned char **isalnum** (unsigned char Data)
  - 檢查輸入字元是否為字母或數字(A..Z，a..z， 0..9)
- isalpha( )
  - 檢查輸入字元是否為字母(A..Z or a..z)
- iscntrl( )
  - 檢查輸入字元是否為控制字元(0x00..0x1F or 0x7F)
- isdigit( )
  - 檢查輸入字元是否為數字(0..9)
- isxdigit( )
  - 檢查輸入字元是否為十六進制格式(0..9 ,A..F ,a..f)

標準函數庫
字元分類功能(二)

- isprint( )
  - 檢查輸入字元是否為可列印之字元(0x20..0x7E)
- isspace( )
  - 檢查輸入字元是否為空白字元
    - ✓ “ “ 空格， “\t” TAB，”\r” CR，”\n” 換行， “\f” form feed，”\v” vertical tab ...
- tolower( )
  - 將一大寫字母轉換成小寫字母
- toupper( )
  - 將一小寫字母轉換成大寫字母
- isgraph( ), islower( ), ispunct( ), isupper( )

標準函數庫
數字與文字的轉換功能(一)

- atob( ) :
  - 將指標指到的數字字串轉換成8位元的有號整數
  - 例: “100” --> 0x64，”255”-->0xFF
  - ”-128”-->0x80，”-2”-->0xFE
- atoi( )
  - 將指標指到的數字字串轉換成16位元的有號整數
  - 例: “1000” --> 0x03E8=1000，”-1000”-->0xFC18=-1000
- atol( )
  - 將指標指到的數字字串轉換成32位元的有號整數
  - 例: “1234567890” --> 0x0499602D2
  - “-1234567890” --> 0xB669FD2E

標準函數庫
數字與文字的轉換功能(二)

- btoa( )
  - 將8位元有號整數轉換成數字字串後存到指標指到的位址
  - 例: 0x80 -->"-128"，100-->"100"，199-->"-57"
- itoa( )
  - 將16位元有號整數轉換成數字字串後存到指標指到的位址
  - 例: 0x1000-->"4096"，1000-->"1000"
- ltoa( )
  - 將32位元有號整數轉換成數字字串後存到指標指到的位址

```
#include <p18c452.h>
#include <stdlib.h>

char string[12];
int code=-1000;

void main(void)
{
    itoa(code,string);
    while(1);
}
```

標準函數庫
數字與文字的轉換功能(三)

- rand( ) :產生 0-32767 的亂數
- srand( ) :產生虛擬的亂數
- atof( ) :指標指到的數字字串轉換成浮點值
- tolower( ) :將一字元轉換成大寫的字母
- toupper( ) :將一字元轉換成小寫的字母
- ultoa( ) :將32位元無號數轉換成數字字串後存到指標指到的位址

標準函數庫
延遲功能

- Delay1TCY( ) ：延遲一個 Tcy
- Delay10TCY( )：延遲一個 10 Tcy
- Delay10TCYx( )：延遲 10 Tcy 的倍數
- Delay100TCYx( )：延遲 100 Tcy 的倍數
- Delay1KTCYx( )：延遲 1KTcy 的倍數
- Delay10KTCYx( )：延遲 10K Tcy 的倍數

Tcy是指MCU指令執行的週期，以4MHz的速度來說Tcy=4MHz/4=1uS

標準函數庫
記憶體和字串的操作(一)

- 比較兩個指標所指到的字串的內容
  - RAM 和 RAM 比較
    - ✓ memcmp (const void *buf1,const void buf2, mem_size)
  - ROM 和 ROM 比較
    - ✓ memcmppgm (const rom void *buf1,const rom void buf2, mem_size)
  - ROM 和 RAM 比較
    - ✓ memcmppgm2ram (const rom void *buf1,const void buf2, mem_size)
  - RAM 和 ROM 比較
    - ✓ memcmpram2pgm (const void *buf1,const rom void buf2, mem_size)

buf1: 要比較的陣列位址1，buf2: 被比較的陣列位址2
mem_size: 陣列中有幾個byte要比較

回傳值: <0 (buf1<buf2) , ==0 (buf1=buf2) , >0 (buf1>buf2)

標準函數庫
記憶體和字串的操作(二)

- strcpy( ) : 複製字串(指標型態操作)
- strcmp( ) : 比較兩字串(指標型態操作)
- strcat( ) : 將一字串附加到另一字串
- strchr( ) : 尋找字串中的指定字元
- strlen( ) : 回傳字串長度
- strlwr( ) : 將字串中的大寫改為小寫
- strupr( ) : 將字串中的小寫改為大寫

更多的函數庫資料請參閱 "C18 參考手冊" 中第九章 "General Software Library"

特殊的巨集指令

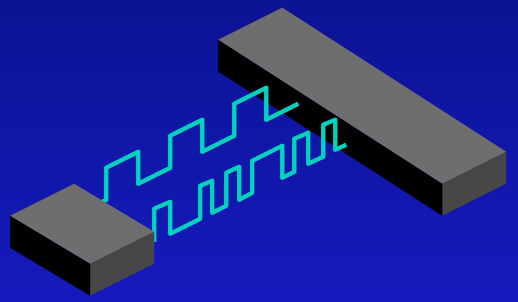
這些PICmicro的巨集指令可直接在C18裡直接執行

巨集指令	動作說明
Nop( )	執行一個 NOP 指令
ClrWdt( )	清除Watch-Dog Timer
Sleep( )	執行SLEEP指令，進入睡眠模式
Reset( )	執行 RESET指令，將MCU重置
Rlcf(Var)	將Var與進位旗號一起向左旋轉 (C<--B7<--B6…….B0<--C)
Rlncf(Var)	將Var向左旋轉(不含進位旗號) (B7<--B6…….B0<--0)
Rrcf(Var)	將Var與進位旗號一起向右旋轉 (C-->B7-->B6……B1-->B0-->C)
Rrncf(Var)	將Var向右旋轉(不含進位旗號) (0-->B7-->B6……B1-->B0)
Swapf(Var)	將Var高、低4位元互換
說明: Var必須是一個8位元的標準變數，且不可被存放在堆疊中	

同步串列通訊(一)
Master Synchronous Serial Port (MSSP)

可工作於SPI或 I^2C 兩種模式之一

- SPI (Serial Peripheral Interface) 模式
  - 可程式化速率設定
  - 最高速率 (@ 40 MHz) :
    - ✓ Master 10.0 Mbps
    - ✓ Slave 4.29 Mbps
  - 可程式化設定接收、發送的時脈(clock)動作極性
  - 支援兩種傳輸模式 Microwire™ 和 Motorola SPI



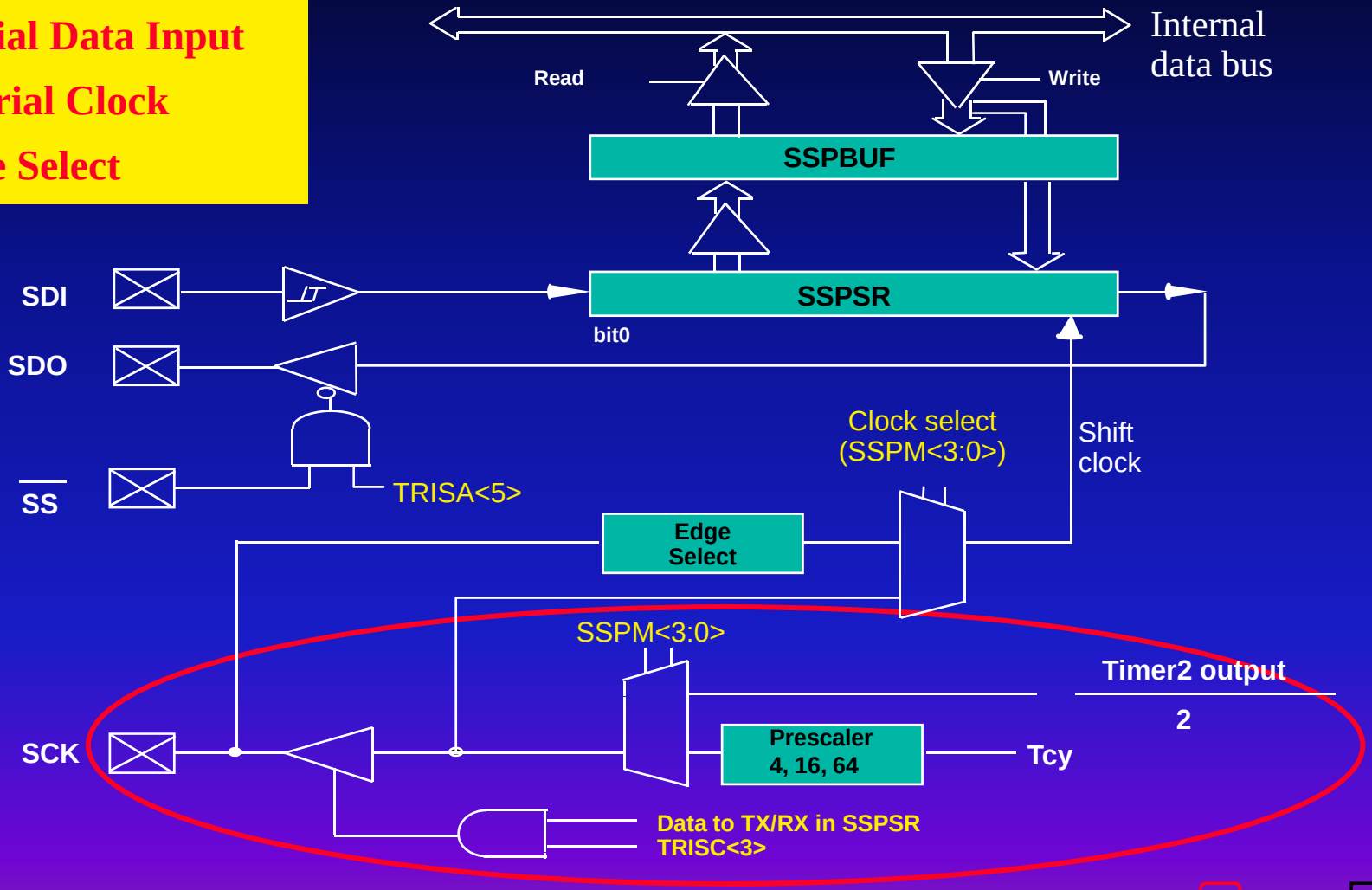
SPI 方塊圖

SDO: Serial Data Output

SDI: Serial Data Input

SCK: Serial Clock

$\overline{SS}$: Slave Select



SPI功能函數庫

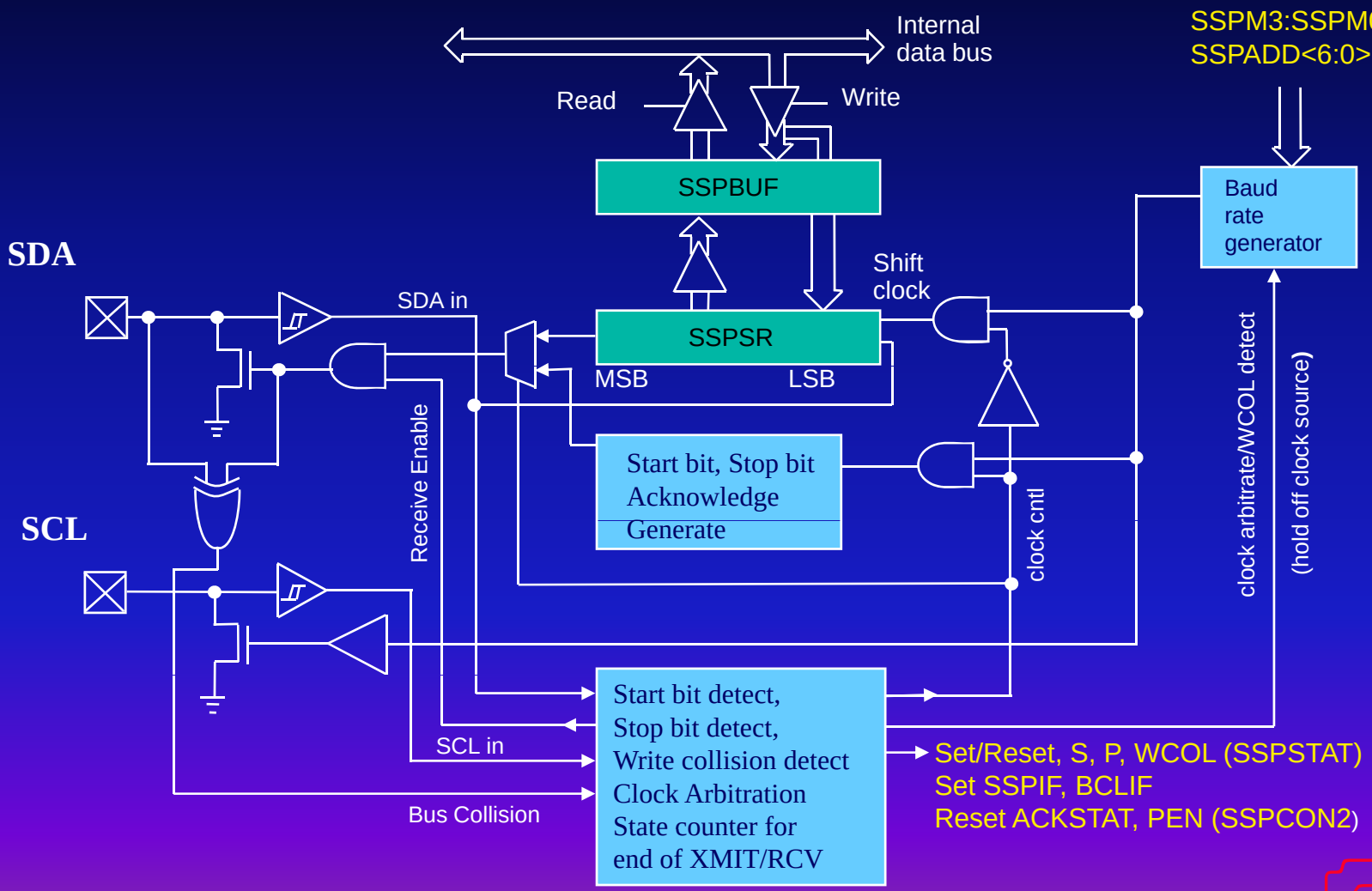
- OpenSPI( ) 設定 SPI工作模式
- DataRdySPI( ) 是否有接收的資料在SSPBUF暫存器?
- getsSPI( ) 從SPI讀取一字串
- putsSPI( ) 寫一字串到SPI
- ReadSPI( ) 從SPI讀取一字元
- WriteSPI( ) 寫一字元到SPI
- CloseSPI( ) 關閉 SPI 介面

詳細 SPI 的函數操作功能及使用方式，請參閱
“C18 參考手冊” 第七章的 “7.10.2 Example Use”

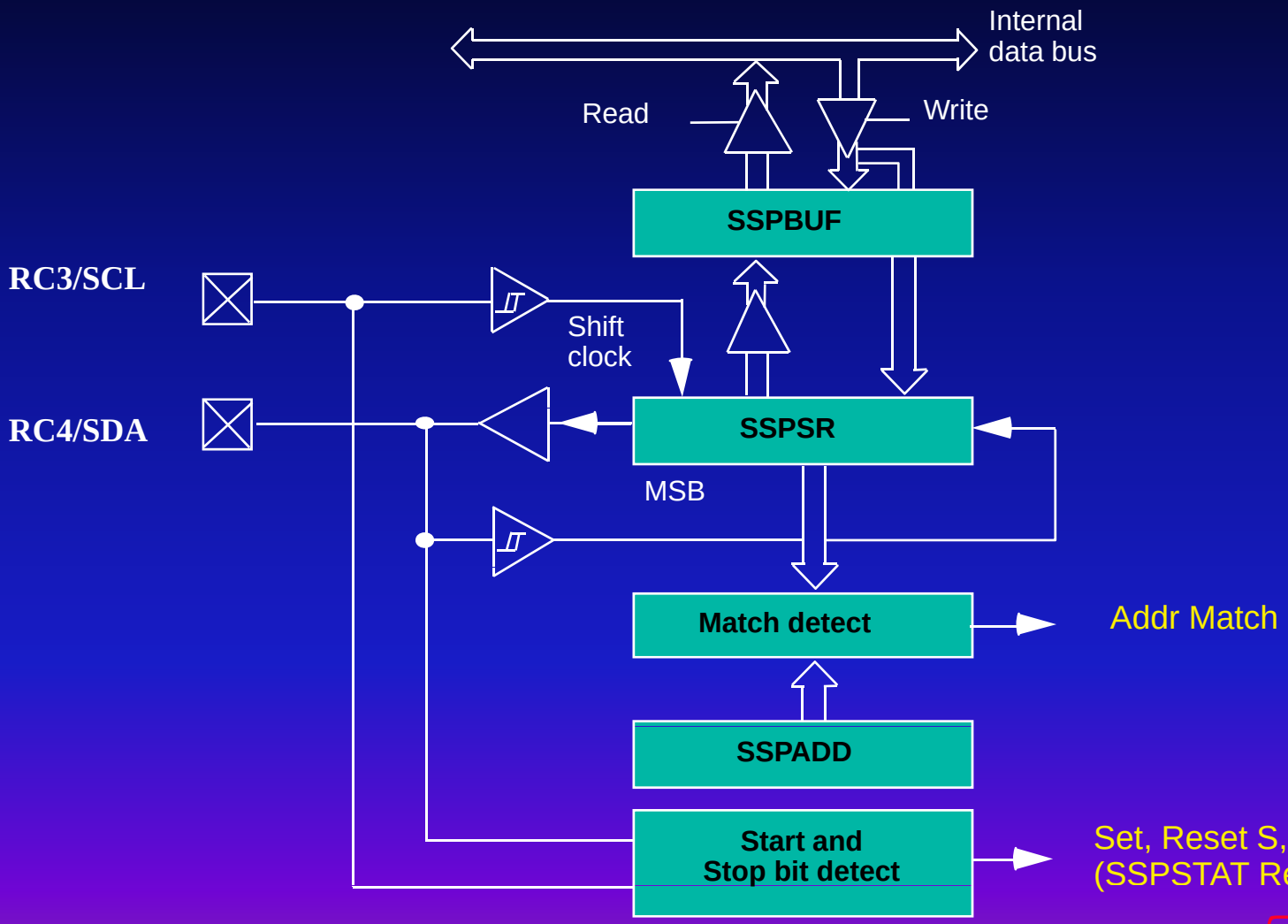
同步串列通訊(二)
Master Synchronous Serial Port (MSSP)

- I^2C (Inter-Integrated Circuit) 模式
  - 全硬體化設計，支援下列三種I^2C的操作模式
    - ✓ Master Mode
    - ✓ Multi-master Mode
    - ✓ Slave Mode
  - 支援 7-bit 或 10-bit 位址模式
  - 傳送及接收速度:100kHz， 400kHz ，1 MHz
  - 支援通用位址 (General call)模式 “address=0x00”

I²C Master 模式方塊圖



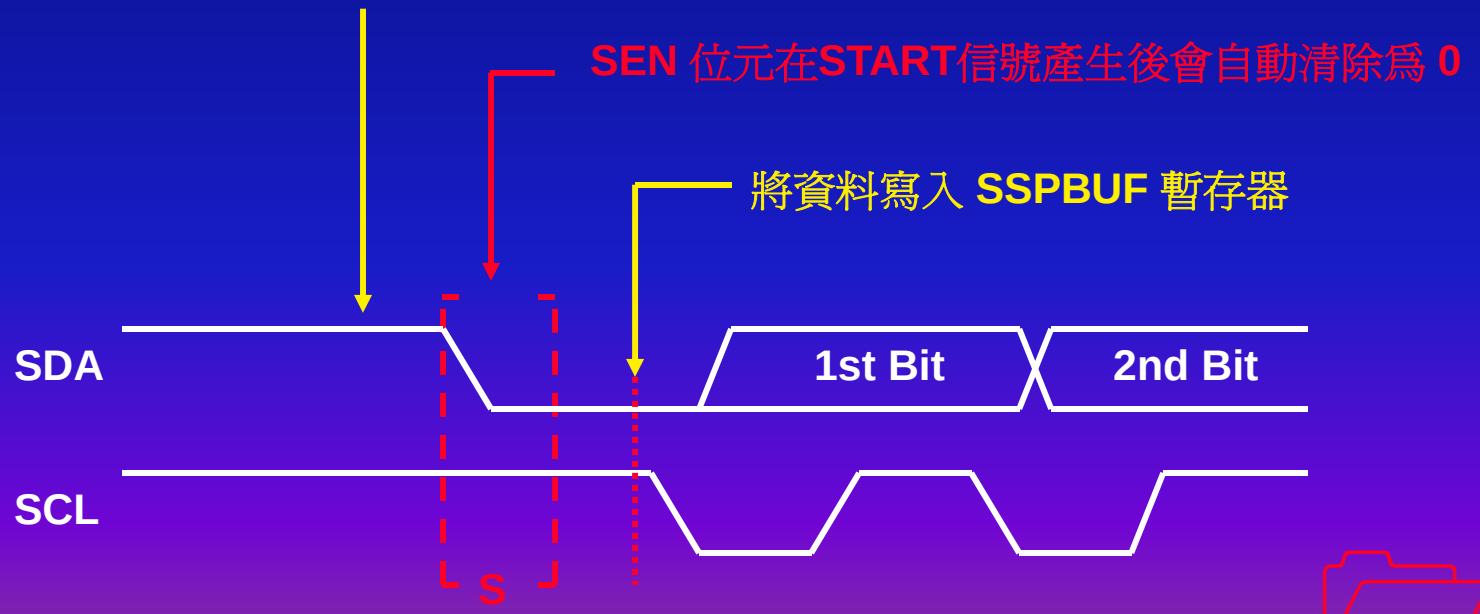
I²C Slave 模式方塊圖



I²C Start Condition 時序

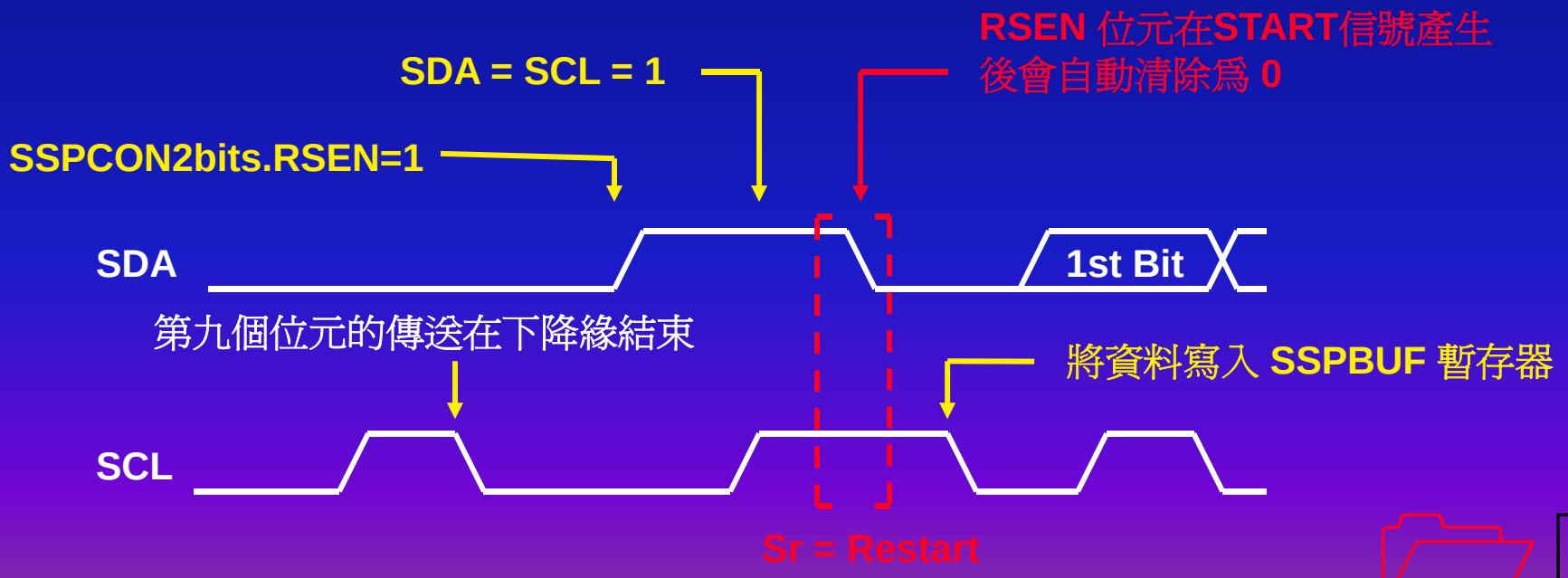
- Bus Ready : SDA和SCL長時間都在Hi時
- 一般而言，在SCL為Hi時SDA是不能有位準上的改變
  - (除了Start & Stop 條件外)
- Start : 在SCL為Hi，SDA由Hi變Low時

SSPCON2bits.SEN=1 (要求產生START信號)



I²C Restart Condition 時序

- Restart：在第九個位元(ACK)傳送結束後，無須送出STOP訊號直接將SCL和SDA拉成Hi電位後再產生START訊號



I²C ACK 回應訊號說明

每一位元的傳送都在SCL下緣時結束

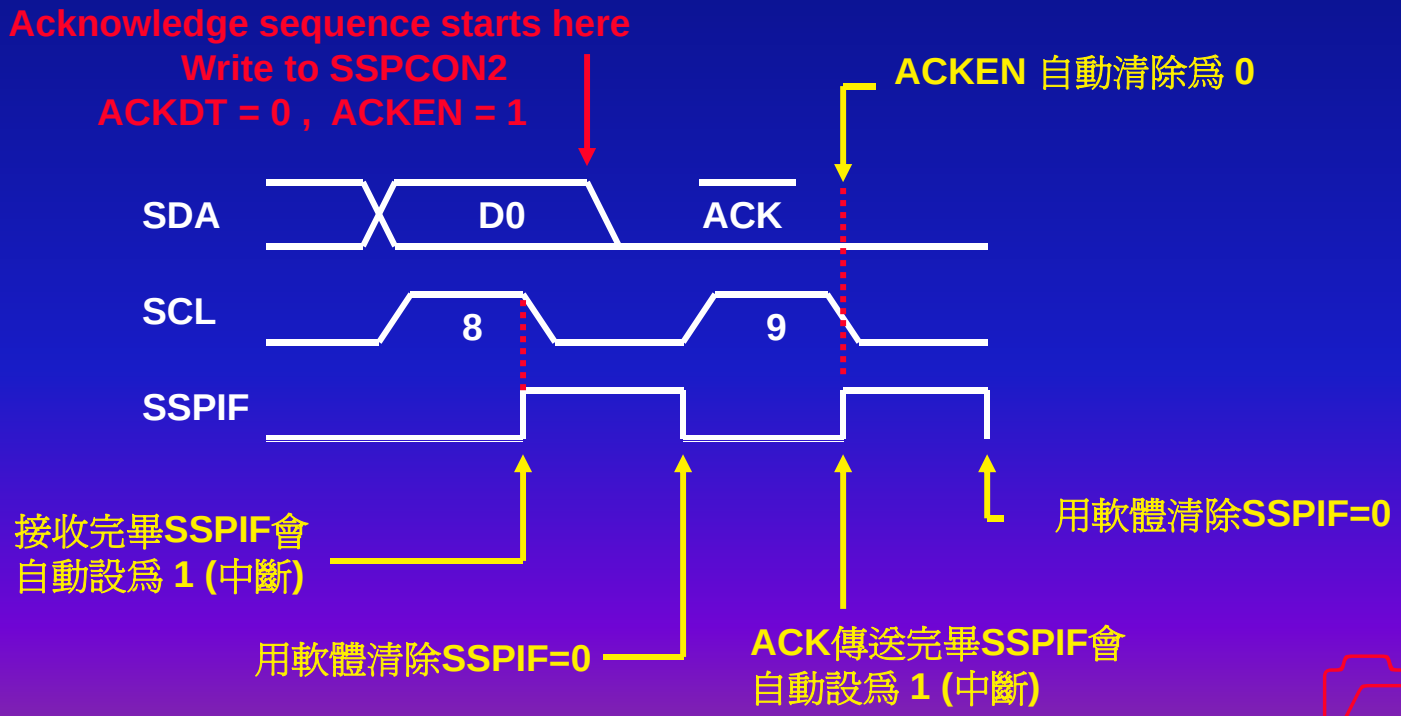
- Slave回應Master以確定已接收到位址或資料
  - 位址比對正確時
  - 收到正確資料
  - Slave回應ACK位元，0表示接收正確，1為錯誤
- Master可以檢查 **SSPCON2bits.ACKSTAT**以了解Slave回覆的ACK狀態

- Master回應Slave以要求Slave繼續傳送資料
  - Master回應ACK位元，0表示繼續傳送，1為結束傳送
- Master可以設定**SSPCON2bits.ACKDT**再啟動**SSPCON2bits.ACKEN** 位元來知會Slave

I²C ACK回應訊號時序

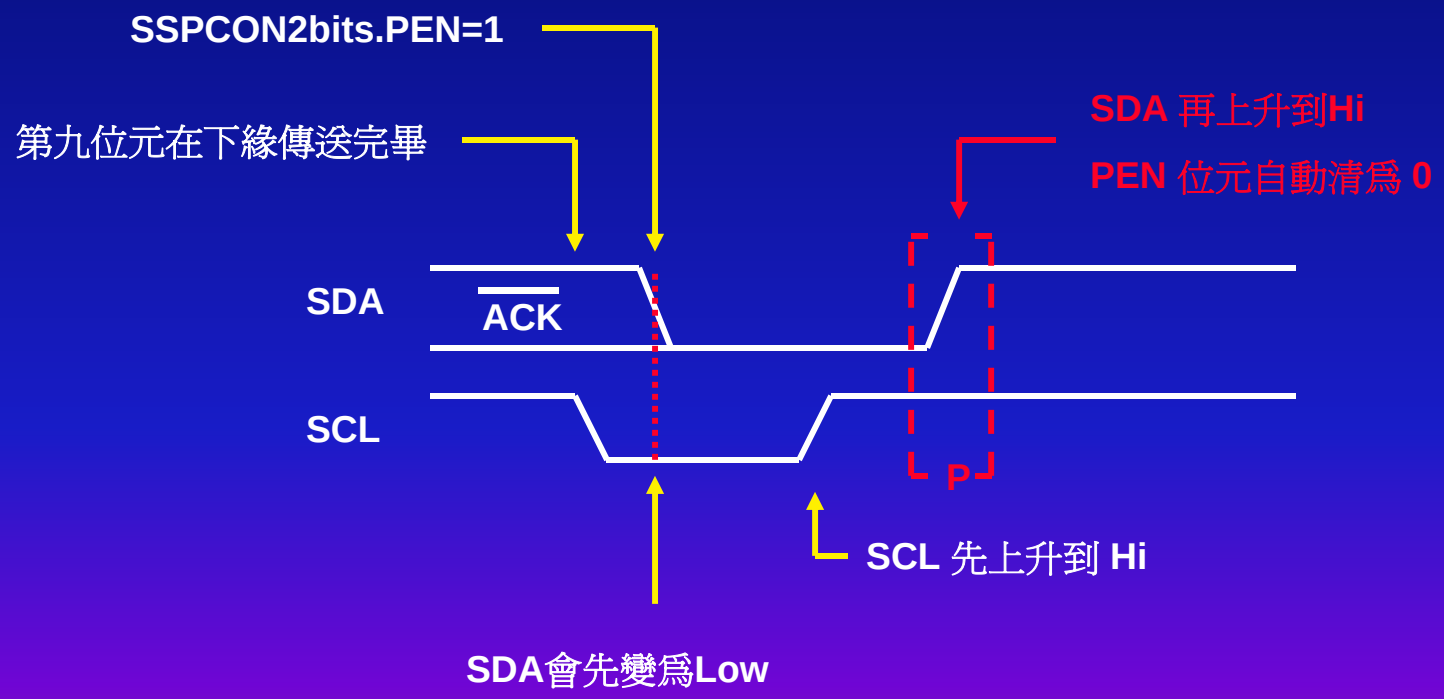
以Master回應Slave為例說明

- 設定 SSPCON2bits.ACKDT
  - = 0 Acknowledge , =1 Not Acknowledge
- 在設定 SSPCON2bits. ACKEN =1 以啟動ACK的傳送

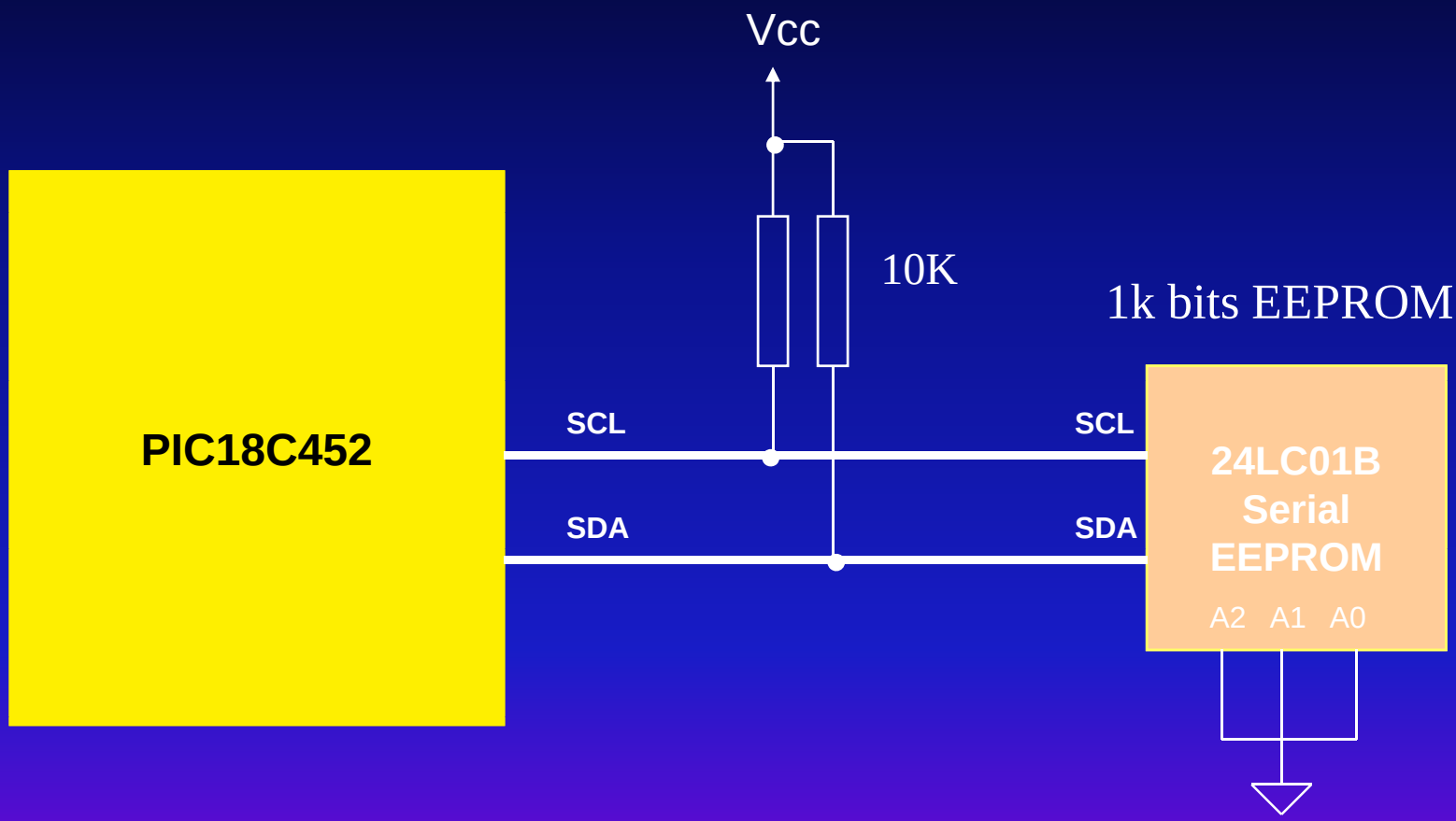


I²C Stop Condition 時序

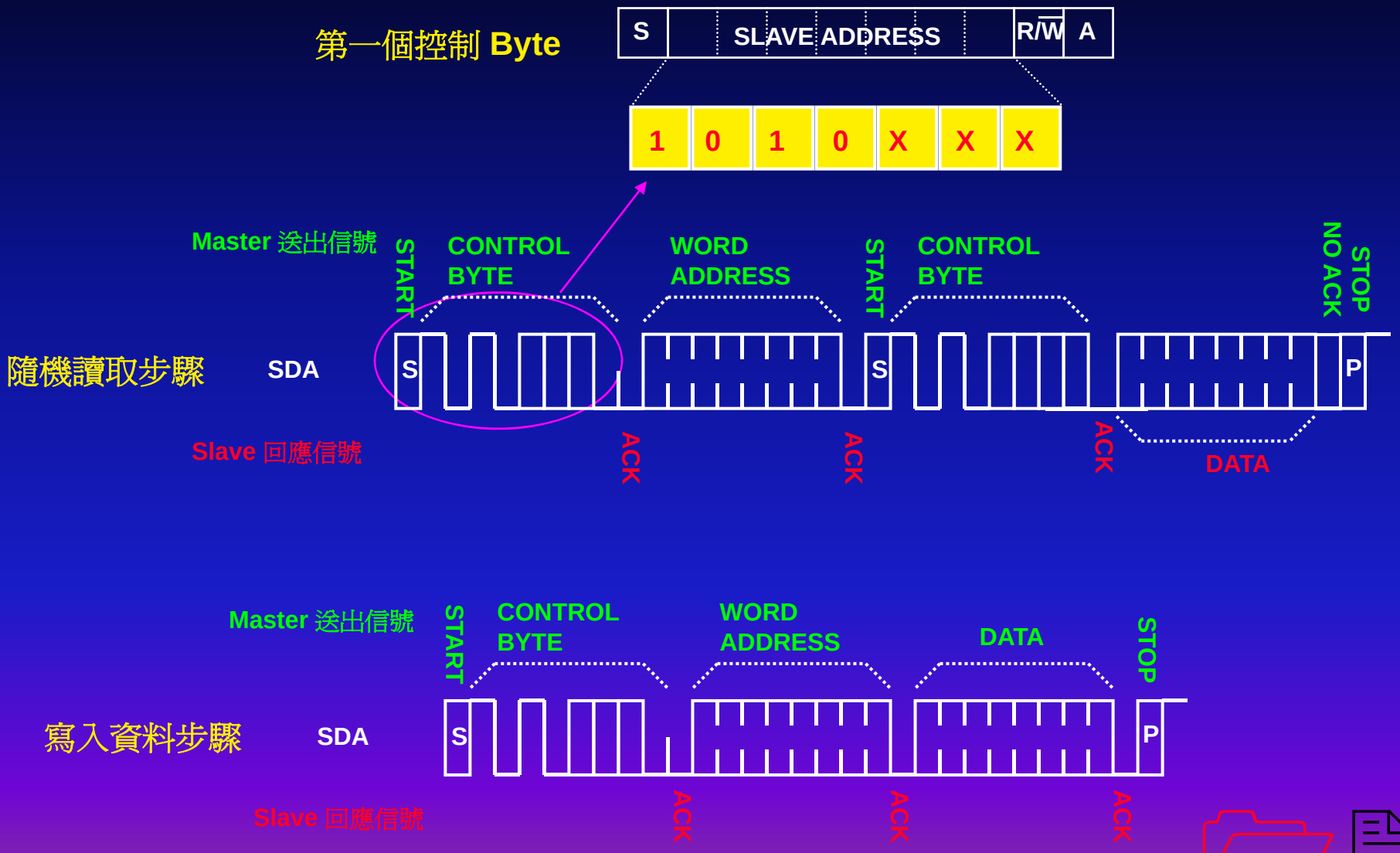
- 產生方式：SSPCON2bits.PEN=1
- Master用來宣告本次的I²C的傳送結束



I²C EEPROM 基本接線圖



24LC01B 基本時序圖



I²C Serial EEPROM 函數庫

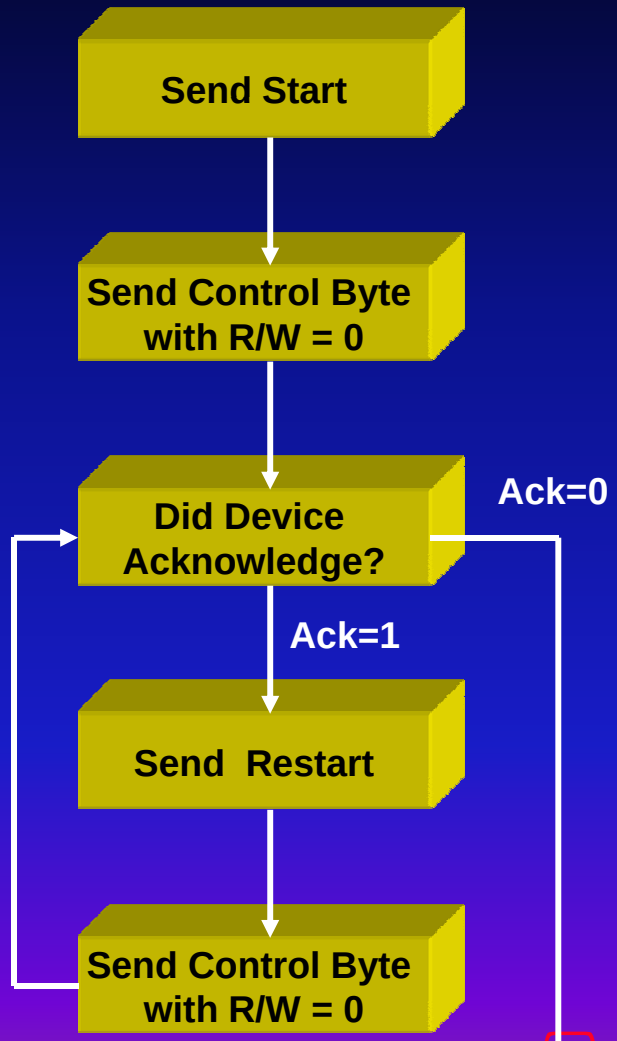
- EEByteWrite (控制碼，位址，寫入的資料)
  - 將一Byte的資料寫到指定的位址上
- EECurrentAddRead (控制碼)
  - 讀取目前位址上的資料
- EEPageWrite (控制碼，位址，寫入資料的指標)
  - 將一字串寫到指定的位址上，直到字串結束(null)
- EEAckPolling (控制碼)
  - 檢查 EEPROM 工作完畢?
- EERandomRead (控制碼，位址)
  - 讀取指定的位址上的資料
- EESequentialRead (控制碼，位址，資料存放的指標，長度)
  - 將讀取一字串並存入到指定的RAM位址

練習 6-1

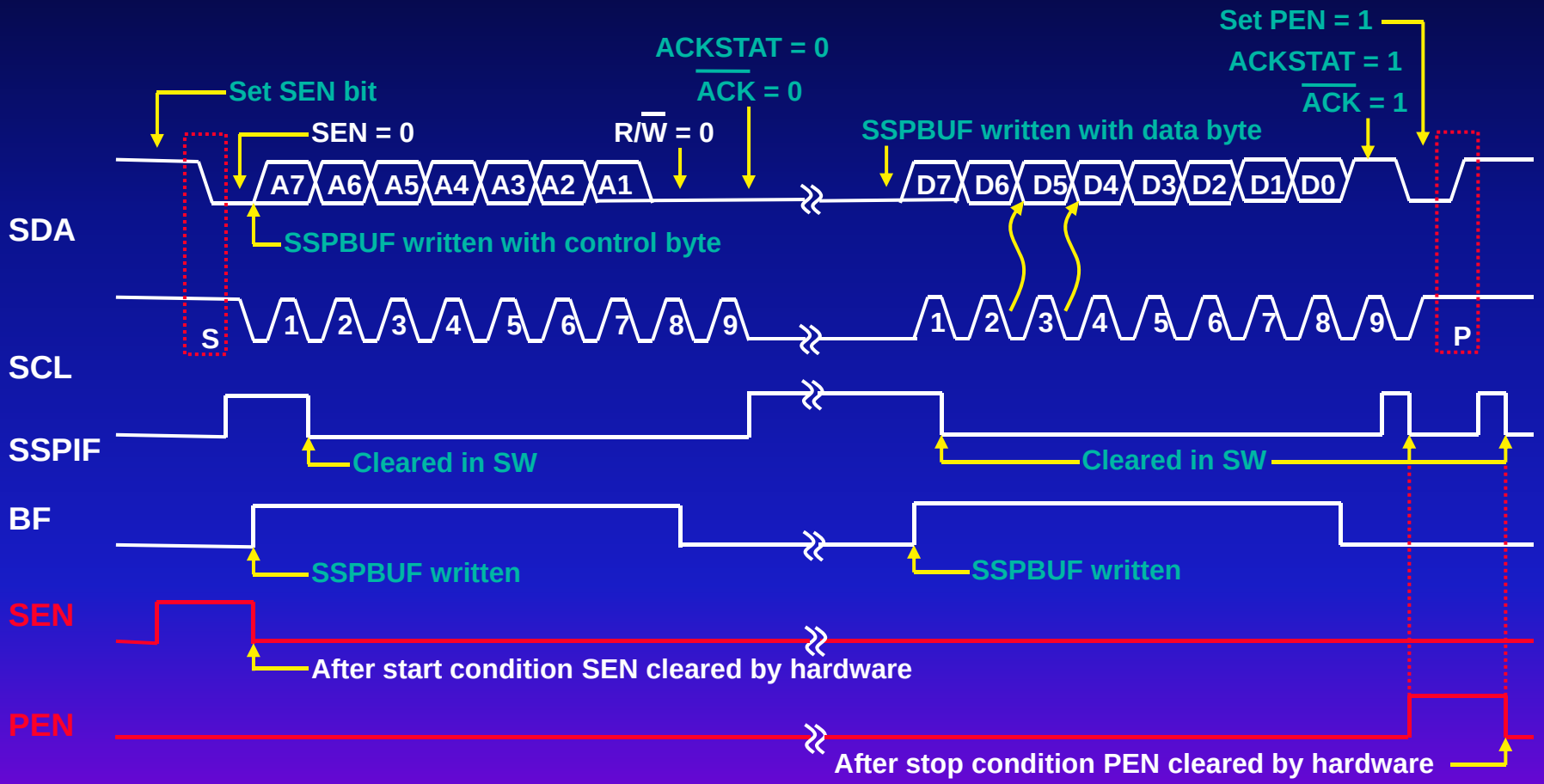
- 利用EEPROM的函數庫來操作24LC01B的讀寫
  - PIC18C4520工作在 Master模式
  - 速率= Fosc/4/(SSPADD+1)
    - ✓ 4MHz / 4 / (9 + 1) = 100KHz
- 利用終端機輸入至少4個數字並用 “Enter”鍵結束
  - 最多可輸入10個數字，超過時自動跳出輸入程序
  - 程式會檢查輸入的是否為數目字
  - 若輸入數字少於4個數字，按 “Enter”無效
  - 輸入的數字存入EEPROM中，並於下一個位址補存一個”null”以符合字串的格式，起始位址為0
- 數字輸入完成後，自EEPROM讀取剛存入的字串並顯示在LCD的螢幕上

24LC01B Ack 信號的偵測

- 24LC01B 在寫入時間不會回應ACK信號 (ACK=1)
- 偵測ACK信號的回應以得知是否進行下一次的讀、寫
- 如果你想要正確的偵測Ack以決定是否可對EEPROM做下一個動作時，右邊流程圖是必須的



I²C Master 模式下
發送資料的時序



I²C 函數庫

OpenI2C( )	設定 I²C 的工作模式
DataRdyI2C( )	是否有接收資料在SSPBUF ?
StartI2C( )	產生 Start 信號
StopI2C( )	產生 Stop信號
IdleI2C( )	產生等待信號直到 Bus 閒置
RestartI2C( )	產生 Restart信號
WriteI2C( )	寫入一Byte到 I²C Bus
ReadI2C( )	從 I²C Bus 讀取一Byte
getsI2C( )	從 I²C Bus 讀取一字串
putsI2C( )	寫入一字串到 I²C Bus
AckI2C( )	送出一個 ACK
NotAckI2C( )	送出一個 NACK
CloseI2C( )	關閉 I²C

練習 6-2

- 改寫練習6-1的程式，將程式中 EEBytewrite （）及 EEAckPolling() 函數庫改為I^2C的基本函數庫。
- WriteI2C( ) 函數在送出一筆資料後會檢查 SSPSTATbits.BF旗幟，以判斷發送是否完成
- ReadI2C( ) 函數在啟動接收暫存器後會檢查 SSPSTATbits.BF旗幟，以判斷接收是否完成

第七章

合併使用 C18 與 Assembly

1. 使用簡易組合語言
2. C18 與 MPASM 合用
3. 用組合語言完成標準C函數

使用簡易組合語言

In-Line Assembly

用C寫為何還需組合語言

- 最主要目的 – 提高執行速度，增加程式對事件處理的效率
- C 語言對位元操作不及組合語言方便
  - 其實使用C18兩者是差不多
- 精確時序控制
  - IR Transceiver, Remote Timing...
- 程式塞不下MCU 而需設法瘦身時 !!

C18的內建組合語言組譯器（一）

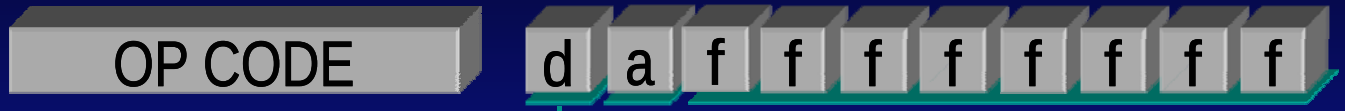
- 內建組合語言稱為
  - In-Line Assembly
- 語法像簡易的MPASM（限制）
  - 不支援虛指令(directive)
    - ORG, EQU, RES, BANKSEL, SET, #DEFINE .....
  - 簡單的語法，不支援標準定義
    - 無 xxx.inc 檔案中的定義：RCIF,ADIF,W,F,FAST
- _asm 來宣告使用內建組合語言
- _endasm 作為內建組合語言的結束
- 基本常數定義是採十進制
  - movlw 10 ==> movlw 0x0a

C18的內建組合語言組譯器（二）

- 還好它可支援
  - 它可以看到函數名稱
  - 它可以使用C的變數
  - 標記(Label)
    - ✓ 標記必需用冒號分辨（Tx_Loop:）
  - 暫存器定義的名稱
    - ✓ 與MPASM相同（RCREG, SSPBUF ..）
- 一些有關指標的暫存器最好不要動它
  - FSR0 , FSR1 , FSR2
  - PCLATU , PCLATH , TBLPTRx

PIC18CXXX® 簡易指令寫法

MOVF f,d,a (d 和 a 只能用 1 或 0 來表示)



d = Destination Bit
d = 0 for destination W
d = 1 for destination F

a = Access Bit
a = 0 for Access Bank
a = 1 for bank per BSR

f = 8-bit Register Address

一般在MPASM寫法：

```
movf    PORTD,W
andlw   b'11110000'
xorwf   Temp_Var1,W
btfss   STATUS,Z
goto    DiscFail
bsf     STATUS,C
return
```

In-Line Assembly寫法：

```
movf    PORTD,0,0
andlw   0xf0
xorwf   Temp_Var1,0,0
btfss   STATUS,2,0
goto    DiscFail
bsf     STATUS,0,0
return  0
```

C18內建組合語言範例

```
void isr_high(void)
{
//   Rec_Data=ReadUSART();                  // Get RS-232 data
//   PORTD=Rec_Data;                        // Display to LEDs
     _asm
                 movff    RCREG,Rec_Data    // clear USART interrupt flag (RCIF)
                                            // & move USART data to Rec_Data
                 movff    RCREG,PORTD       // Display USART data on LEDs
                 call     Send_USART,0
                 retfie   1                 // Return with SHADOW swap
Send_USART:
                 movlw    '='               // Load "=" to Wreg.
                 movwf    TXREG,0           // Send to RS-232
                 nop
Tx_Loop:         btfss    PIR1,4,0          // Check TXIF rising to Hi
                 goto     Tx_Loop           // Is Low, loop test
                 bcf      PIR1,4,0          // Clear TXIF
                 movff    RCREG,TXREG       // Send back the response to RS-232
                 return   0                 // Retrun with normal
     _endasm
}
```

練習 7-1

- 將練習6-1程式中的中斷服務程式改用C18的內建組合語言方式撰寫
  - 程式可參考前頁的範例
  - 接收到UART資料後，將其值顯示於LED上，並傳回“=”及接收資料給終端機

C18 與 MPASM 合用

Mixing C and Assembly

C18 呼叫組合語言
(變數的傳遞)

- 區域變數(Local)是在函數內部所宣告的變數，其視野僅在本函數內，其它的函數(包括組合語言)是無法使用的
- 公用變數(Global)是在函數以外的地方宣告，實際佔有記憶體的變數，每個函數(包括組合語言)都可以使用它
- 當組合語言程式被C語言呼叫時，當然是用公用變數做資料的傳遞
- 組合語言的寫法是可重新定址(Re- Locatable)的語法，由MPLINK安排變數與程式實際位址
- 正確的對變數宣告為 EXTERN 或 GLOBAL

C18 呼叫組合語言
(Global - Assembly Only)

- GLOBAL的變數
  - 語法: GLOBAL <變數名稱1>,<變數名稱2>,<...>
  - Global 是用來宣告此變數是公用型態，可被其它的程式使用
  - 適用範圍: 組合語言內宣告的變數給C18及其它的組合語言來使用
- GLOBAL的程式
  - 語法: GLOBAL <副程式名稱1>,<副程式名稱2>,<...>
  - Global 是用來宣告此副程式是公用程式，可被其它的程式呼叫使用
  - 適用範圍:宣告組合語言副程式給C18及其它的組合語言來呼叫使用

C18 呼叫組合語言
(Extern in Assembly)

- EXTERN的變數
  - 語法: EXTERN <變數名稱1>,<變數名稱2>,<...>
  - Extern 是用來告訴組譯器(MPASM)此變數是由別的程式所宣告的，連結器(MPLINK)會決定其位址
- EXTERN的程式
  - 語法: EXTERN <副程式名稱1>,<副程式名稱2>,<...>
  - Extern 是用來告訴組譯器(MPASM)此副程式名是在別的程式裡，由連結器(MPLINK)來安排其呼叫位址

C18 呼叫組合語言
(Extern in C18)

- EXTERN的變數
  - 語法: EXTERN <變數型別> 變數名稱;
    - ✓ extern unsigned char Var1;
    - ✓ extern near unsigned char Var1;
  - Extern 是用來告訴編譯器(Compiler)此變數是由別的程式所宣告的，連結器(MPLINK)會決定其位址
- EXTERN的函數(在C程式裡，僅需提供被呼叫函數的原型(prototype)宣告即可)

C18 呼叫組合語言
(可重新定址的語法)

- 程式
  - 不使用 “ORG”直接定位址，改由 “CODE”宣告為程式節區
- 變數
  - 用 “UDATA”或 “UDATA_ACS”宣告為變數節區
  - 不使用 “CBLOCK”定變數區,改由 “RES”
  - 變數最好安排在ACCESS BANK裡
  - 對不是ACCESS BANK內的變數，善用 “BANKSEL”來設定適當的 BSR 暫存器(誰曉得C18將變數擺在哪裡)
  - 對公用變數宣告，C與組合語言之中只能有一個宣告
    - ✓ 重複宣告將被視為兩個不同的變數，造成變數無法傳遞

範例 7-2（Ex7-2.c）

- Rec_Data 為C底下所宣告的公用變數，用來傳回中斷服務程式所接收的RS-232資料
  - unsigned char Rec_Data
- Var1為ISR.asm下所宣告的公用變數在Access Bank內，所以在Ex7-2.c 中宣告成extern，也可以用來傳遞資料
  - extern near unsigned char Var1
- ISR_Routine 外部函數的原型宣告
  - void ISR_Routine(void);

範例 7-2（ISR.asm）

- Rec_Data 為extern公用變數，用來傳遞中斷服務程式所接收的RS-232資料
  - extern Rec_Data
- Var1, Var2為ISR.asm下所宣告的公用變數在Access Bank內，也可以用來傳遞資料(C看的到)

```
                global      Var1,Var2
                udata_acs
Var1            res         1
Var2            res         1
```

- ISR_Routine 被宣告成公用程式(給Ex7-2.c 呼叫)
  - global ISR_Routine

執行範例 7-2

- 記得用 “Edit Project”加入組合語言檔-ISR.asm
  - 此時共有 Ex7-2.c , ISR.asm 兩個程式檔存在於 project 中
- 利用 “Watch Window”觀察變數的位址及執行後的內容
  - Var1 , Var2 是否在 Access Bank ?
  - Rec_Data 在哪一個 Bank ?
  - 組合語言中，banksel Rec_Data 會被組譯成什麼指令?

練習 7-3

- 將練習6-1的程式拆成二個C程式
  - Ex7-3.c ： 主程式
  - Ex7-3a.c ： Initial 函數集
- 在Project中加入Ex7-3a.c

重點提示：

1. 在C底下，函數及公用變數已經是GLOBAL
2. 程式要呼叫外部函數時，一定要外部函數的“函數的原型宣告”
3. 外部函數所宣告的變數，如要在本程式下使用，可用extern的宣告

用組合語言完成標準C函數

Using Assembly for C Standard Function Call

參數的傳遞
C 呼叫組合語言函數

- C傳入的參數是被放置在軟體堆疊裡
  - FSR1為堆疊指標，FSR2為框架指標
  - 回傳值一般是放在 PRODL:PRODH（16bit）
- 參數的堆疊排列順序是從右到左
  - strcpy(char *dest, char *src)
  - 指標變數src首先被推入軟體堆疊
  - 接著指標變數dest則會被放在下一個軟體堆疊
- 堆疊位址的設定是在18c452.lkr中
  - STACK SIZE=0x100 RAM=gpr5
  - 堆疊最底層為0x500, 其次為0x501, 0x502.....
  - 不同的PICmicro其軟體堆疊設定不盡相同

組合語言傳回參數

傳回值的大小	傳回值放置的地方
8 bit	WREG
16 bit	PRODH:PRODL
24 bit	AAREG2+2:AAREG2+1:AAREG2
32 bit	AAREG3+3:AAREG3+2:AAREG3+1:AAREG3
>32 bit	In the Caller's Stack Frame

C呼叫組合語言的準備

Example - strlen()

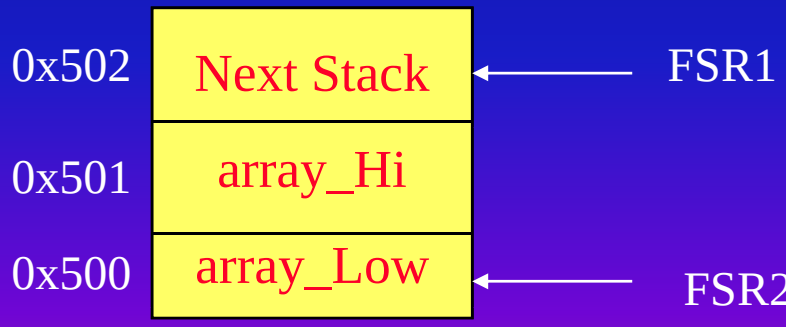
```
char array[10]={"12345"};
#pragma udata abc=0x123
char D_Len;
#pragma udata

void main(void)
{
    D_Len=strlen(array);
}
```

編譯後變數位址的安排如下:

```
array --> 0x0080
D_Len --> 0x0123
FSR1  --> 0x0500
FSR2  --> 0x0500
```

傳入的參數存入堆疊

```
Movlw   low(array)      ;0x80 --> Wreg
movwf   POSTINC1        ;FSR1=0x501
movlw   hi(array)       ;0x00 --> Wreg
movwf   POSTINC1        ;FSR1=0x502
call    strlen
movf    POSTDEC1,F      ;FSR1=0x501
movf    POSTDEC1,F      ;FSR1=0x500
MOVff   WREG,D_Len      ;Return Length
```



被呼叫的組合語言函數
Example - strlen()

```
Strlen  MOVLW    - 2   ; 0xFE
        MOVFF    PLUSW1,FSR0L
        MOVLW    - 1   ; 0xFF
        MOVFF    PLUSW1,FSR0H
        CLRF     PRODL
        CLRF     PRODH
jLoop   MOVF     POSTINC0
        BZ       jEnd
        INFSNZ   PRODL
        INCF     PRODH
        BRA      jLoop
jEnd    MOVF     PORDL,W
        RETURN
```

- 自FSR1指到的堆疊位址取出參數(此處為指標)傳給FSR0
- 堆疊運算採2‘S
  - -2 = FSR1 + 0xFFE
  - -1 = FSR1 + 0xFFF
- FSR1永遠指向堆疊最頂端
- 如在函數內需使用到FSR2，則必須將FSR2存到FSR1指到的堆疊，不可任意存放在RAM區
  - auto變數必須放在堆疊裡
- 傳回值會放在PRODx


較複雜的參數傳遞
Example - strcpy()

```
#pragma udata abc=0x123
const char a[10]= {"12345678"};
char b[10];
char *c;
#pragma udata

void main(void)
{
    Nop();
    c = strcpy ( b , a );
    while(1);
}
```

```
movlw   low(a)      ; array a low point
movwf   POSTINC1    ; pass to (stack+0)
movlw   hi(a)       ; array a hi point
movwf   POSTINC1    ; pass to (stack+1)
;
movlw   low(b)      ; array b low point
movwf   POSTINC1    ; pass to (stack+2)
movlw   hi(b)       ; array b hi point
movwf   POSTINC1    ; pass to (stack+3)
;
call    strcpy
;
movff   PRODH,c+1   ; save return to c
movff   PRODL,c
movlw   0x04        ; Stack-4
subwf   FSR1L,F
```

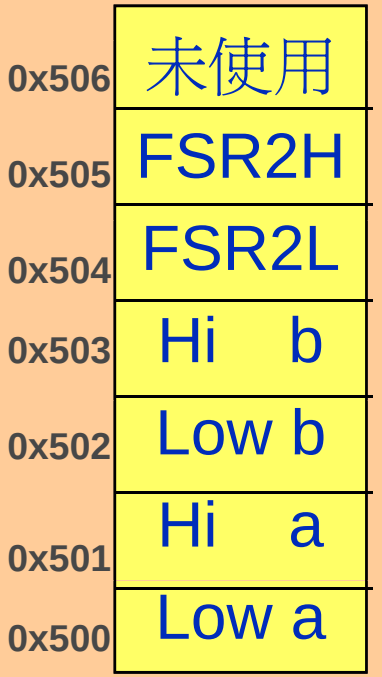
較複雜的參數接收

Example - strcpy()

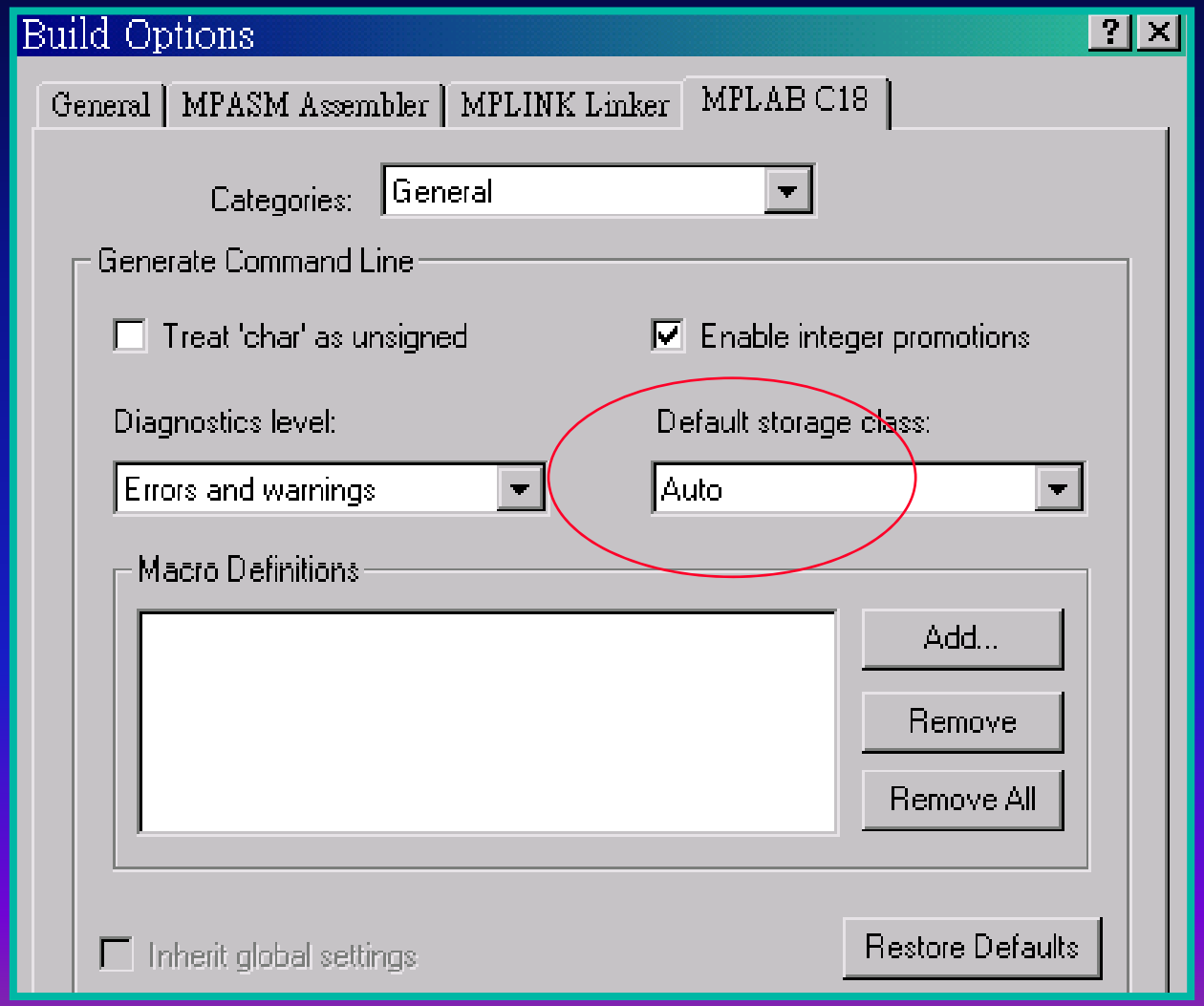
```
STRING    CODE
          global strcpy
;
strcpy    movff   FSR2L,POSTINC1      ; Save FSR2 on the stack.
          movff   FSR2H,POSTINC1
;
          movlw   -6                  ; Load FSR2 with the 'src' pointer
          movff   PLUSW1,FSR2L
          movlw   -5
          movff   PLUSW1,FSR2H
;
          movlw   -4                  ; Load FSR0 with the 'dest' pointer
          movff   PLUSW1,FSR0L
          movlw   -3
          movff   PLUSW1,FSR0H
;
          movff   FSR0L, PRODL        ; make a copy for the return value
          movff   FSR0H, PRODH
;
jLoop:    movff   POSTINC2, INDF0     ; Copy source to destination
          tstfsz  POSTINC0,ACCESS     ; Test 'dest' for '\0'
          bra     jLoop
;
          movlw   0xFF                ; restore FSR2
          movff   PLUSW1,FSR2H
          movf    POSTDEC1,F,ACCESS   ; decrement FSR1
          movlw   0xFF
          movff   PLUSW1,FSR2L
          movf    POSTDEC1,F,ACCESS   ; decrement FSR1
          return
```

因本函數有使用到FSR2
故須將FSR2推入堆疊中

堆疊內容



參數傳遞選擇 (RAM or Stack)



練習 7-4

- 將練習6-1的程式中的putrsUSART()函數改用組合語言撰寫(傳入ROM指標)
  - 在組合語言宣告: global Send_ROM_USART
  - 在Ex7-4.c作原型宣告:
    - ✓ void Send_ROM_USART(const rom char *data)
  - 將顯示的Disp_Msg[]改為const rom char
    - ✓ 傳入之 ROM 指標為 near ,只有16 bit
- 在Project中加入S_R_UART.asm

課程結束!

感謝您對Microchip的支持

如有任何問題請電

02-2500-6610

e-Mail:

Taiwan.Techhelp@Microchip.com