

MPLAB-IDE

PIC
101ASP

MICROCHIP

歡迎參加 101ASP 教育訓練

- ◆ 使用軟體工具
 - MPLAB IDE v8.00 (或更新版本)
 - MPASM , MPLINK , MPLIB
- ◆ 使用硬體工具
 - MPLAB ICD2
 - Microchip APP001 Workshop Board (PIC16F877A inside)
- ◆ 參考資料
 - Microchip PIC16F877A Data Sheet
 - MPASM User's Guide with MPLINK and MPLIB
 - APP001 Workshop Board 電路圖



Workshop 101ASP 課程目標

- ◆ 認識 Microchip 的 PICmicro
- ◆ 使用 Microchip 提供的開發工具
- ◆ 組合語言的正確撰寫格式
- ◆ 基礎的程式寫作
 - I/O 的使用
 - 延時副程式 (Delay Subroutine)
 - 類比 / 數位 轉換器 (ADC) 的使用
- ◆ MPLAB-ICD2 及多功能實驗板的操作



Workshop 101ASP 的內容

1. PIC16Fxxx Mid-Range 架構
2. 開發工具介紹
3. 使用 MPLAB IDE v8.xx
4. PIC16F877A 基本指令介紹
5. 使用 MPLAB ICD2 除錯
6. 基本 I/O 控制
7. 了解旗號的意義與用法
8. 速度可調整的霹靂燈設計



MICROCHIP



MICROCHIP

PIC16Fxxx Mid-Range (14-bit 指令) 架構



MICROCHIP

嵌入式控制器

- ◆ **Embedded Controller :**
 - 整合產品所需的各項功能於單一晶片中

- ◆ 一般的嵌入式控制器包括以下部份
 - CPU core
 - Program Memory (ROM / OTP ROM / MASK ROM / FLASH)
 - Data Memory (RAM)
 - Data EEPROM
 - I/O
 - 各種周邊，如 ADC，PWM，TIMER，I²C，USART ... 等
 - 看門狗 (Watch Dog)，電源異常偵測 (Brown Out Detect)，低電壓偵測 (Low Voltage Detect)，及內部重置 (Internal RESET)
 - LCD Driver

使用 MCU 的優缺點

◆ 優點：

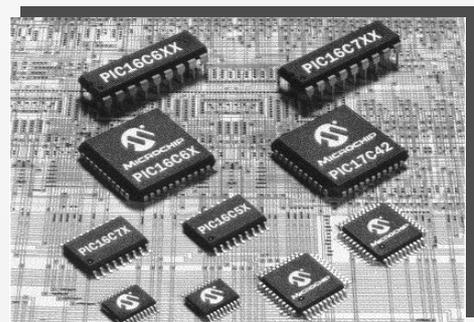
- 減低產品開發成本，提昇功能
- 增加設計彈性，使產品有改版及升級的空間
- 維修成本低廉
- 產品的一致性高
- 小型化容易
- 易於用來實現複雜的數學及邏輯算式
- More & More

◆ 缺點：

- 反應速度通常不及直接組合而成的專用硬體電路
- 雜訊免疫能力的問題
- 價格較 ASIC 的元件高

PICmicro[®] MCU 架構

- ◆ 俱備 RISC Microcontroller 的特點
- ◆ 高效能的 PICmicro 具備 RISC Microcontroller 的特點，其主要的優點如下：
 - 使用 Harvard 管線式架構
 - 大部分指令均能在單一週期值內執行完成
 - 支援指令預提取功能
 - 所有指令為“Single Word”
 - Long Word 的指令編碼
 - 精簡指令集，重複指令極少
不易造成混淆



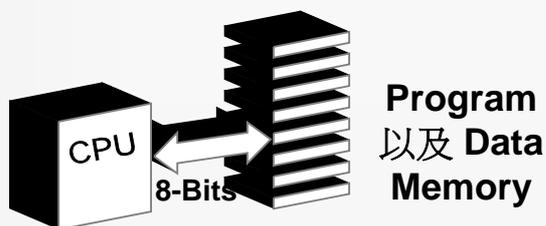


MICROCHIP

PICmicro 的架構比較

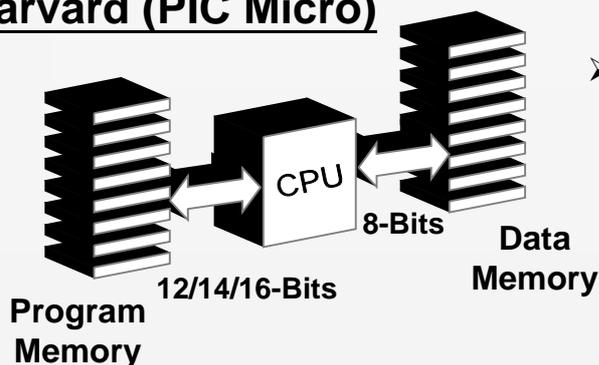
PIC 使用 Harvard Architecture

Von Neumann (一般MCU)



- 經由相同的記憶體來提取指令與存取資料
 - 指令與資料無法有效率的同時被處理
 - MCU 的操作效率受到此結構影響而變差

Harvard (PIC Micro)



- 使用兩個不同的空間與管線來存取程式和資料
 - 增加處理資料的效能
 - 使得MCU可以具有不同寬度的程式記憶體與資料記憶體



MICROCHIP

PICmicro Architecture

長的指令編碼 (Long Word Instruction)

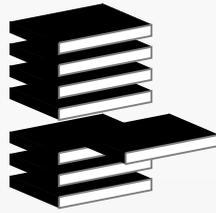
- ◆ 將指令與資料匯流排分開的方式，使得PICmicro可以依照需求來調整所需的指令寬度
- ◆ PICmicro 指令寬度為 12，14 or 16-bits，稱為一個 Instruction Word，每一指令只佔一個 Word (16Fxxx)
- ◆ PICmicro 的資料匯流排(Data Bus)寬度是 8 bits
- ◆ 若於 PIC16Fxxx 具備 2K x 14 words 的程式記憶體可完成的工作約相當於其他有4K 記憶體的MCU
- ◆ 單一周期的指令運作使MCU的處理能力提高許多



MICROCHIP

PICmicro Architecture

Long Word Instruction (con't)

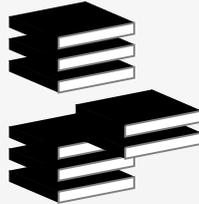


PICmicro

movlw #imm<8>

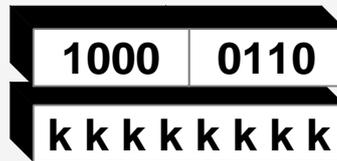


只須一個Word即可完成指令編碼



MC68HC05

ldaa #imm<8>



需要兩個Bytes來進行指令編碼



MICROCHIP

PIC 架構

Pipelining

- ◆對大部份的MCU而言, 指令的提取與執行是連續發生但其每一個指令周期只有一個動作發生
- ◆PICmicro 使用 Harvard 結構且使用流水管 (Pipeline)的運作模式
- ◆Pipeline 讓指令的提取與執行可同時進行.
- ◆指令的執行時間只需一個周期
- ◆程式分支的有關指令 (例如: GOTO, CALL 或 Write to PC) 則需要兩個指令周期



Instruction Pipelining

MICROCHIP

指令預提取

執行指令

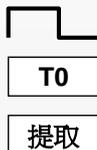
movlw 0x05

-

指令週期

範例程式

1	MAIN	movlw	0x05
2		movwf	REG1
3		call	SUB1
4		addwf	REG2
⋮			
51	SUB1	movf	PORTB,w
52		return	
53	SUB2	movf	PORTC,w
54		return	



Instruction Pipelining

MICROCHIP

指令預提取

執行指令

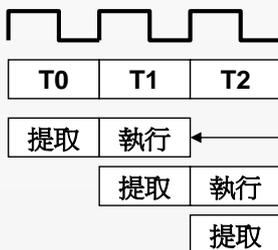
call SUB1

movwf REG1

指令週期

範例程式

1	MAIN	movlw	0x05
2		movwf	REG1
3		call	SUB1
4		addwf	REG2
⋮			
51	SUB1	movf	PORTB,w
52		return	
53	SUB2	movf	PORTC,w
54		return	



這段時間是一般指令的執行



MICROCHIP

指令預提取

Instruction Pipelining

執行指令

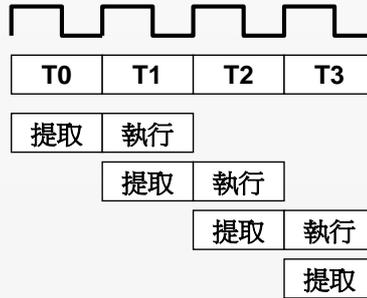
addwf REG2

call SUB1

指令週期

範例程式

1	MAIN	movlw	0x05
2		movwf	REG1
3		call	SUB1
4		addwf	REG2
⋮			
51	SUB1	movf	PORTB,w
52		return	
53	SUB2	movf	PORTC,w
54		return	



MICROCHIP

指令預提取

Instruction Pipelining

執行指令

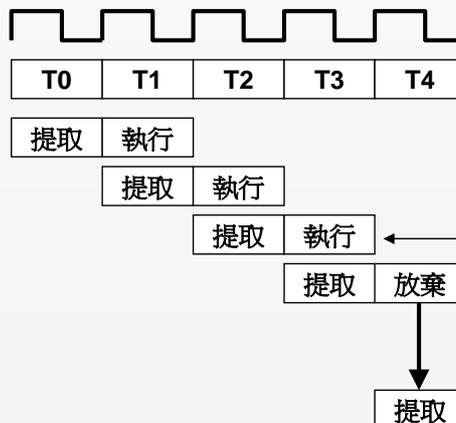
movf PORTB,w

call SUB1

指令週期

範例程式

1	MAIN	movlw	0x05
2		movwf	REG1
3		call	SUB1
4		addwf	REG2
⋮			
51	SUB1	movf	PORTB,w
52		return	
53	SUB2	movf	PORTC,w
54		return	



執行 CALL 指令，
路徑將改變所做的欲
提指令動作將會無效



MICROCHIP

Instruction Pipelining

指令預提取

執行指令

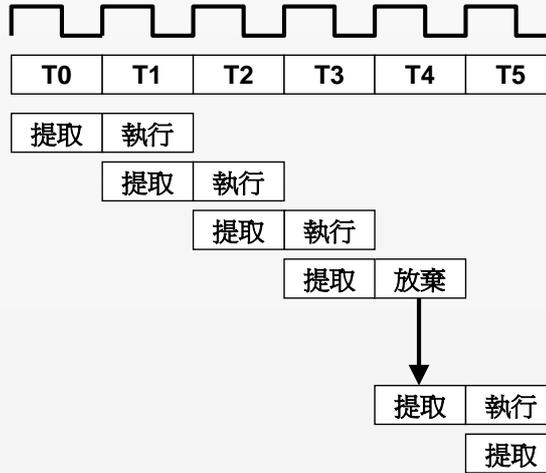
return

movf PORTB,w

指令週期

範例程式

1	MAIN	movlw	0x05
2		movwf	REG1
3		call	SUB1
4		addwf	REG2
⋮			
51	SUB1	movf	PORTB,w
52		return	
53	SUB2	movf	PORTC,w
54		return	



MICROCHIP

Instruction Pipelining

指令預提取

執行指令

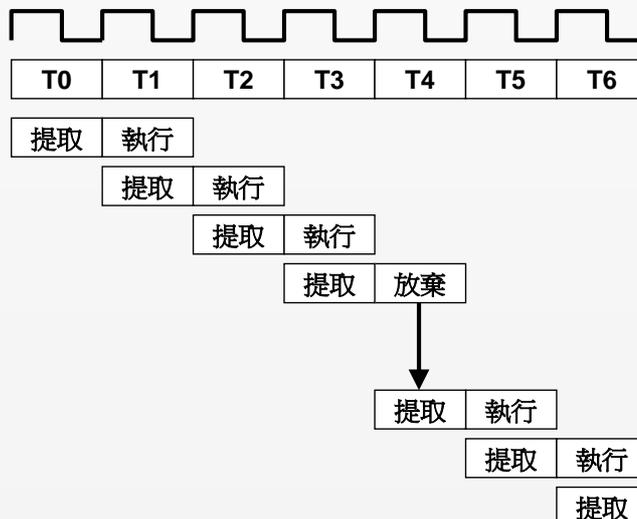
movf PORTC,w

return

指令週期

範例程式

1	MAIN	movlw	0x05
2		movwf	REG1
3		call	SUB1
4		addwf	REG2
⋮			
51	SUB1	movf	PORTB,w
52		return	
53	SUB2	movf	PORTC,w
54		return	





MICROCHIP

Instruction Pipelining

指令預提取

執行指令

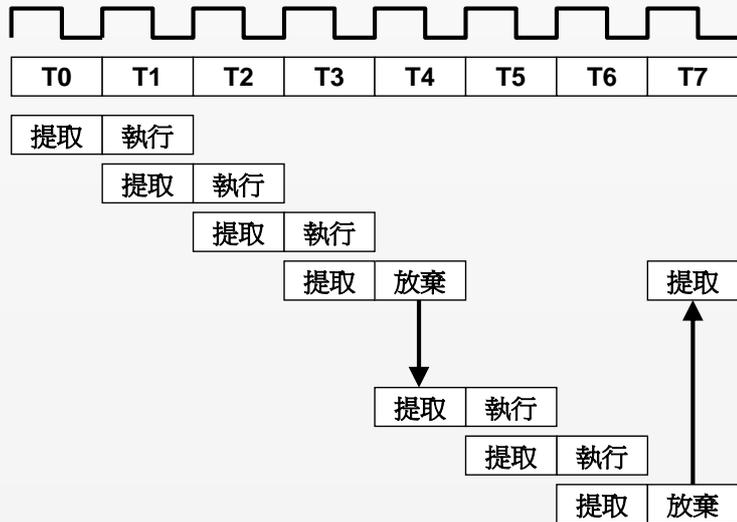
`addwf REG2`

`return`

指令週期

範例程式

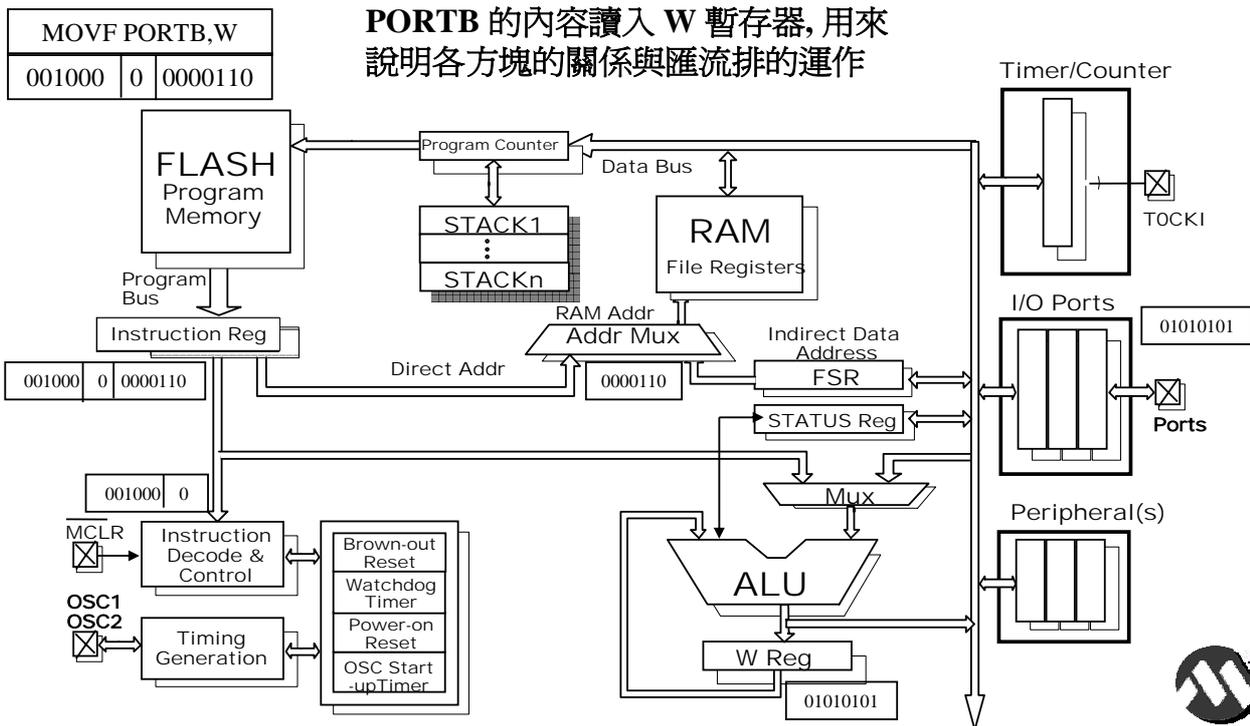
1	MAIN	<code>movlw 0x05</code>
2		<code>movwf REG1</code>
3		<code>call SUB1</code>
4		<code>addwf REG2</code>
⋮		
51	SUB1	<code>movf PORTB,w</code>
52		<code>return</code>
53	SUB2	<code>movf PORTC,w</code>
54		<code>return</code>



PICmicro Architecture

PIC16Fxxx 內部方塊圖

以 `MOVF PORTB,W` 指令, 將 `PORTB` 的內容讀入 `W` 暫存器, 用來說明各方塊的關係與匯流排的運作

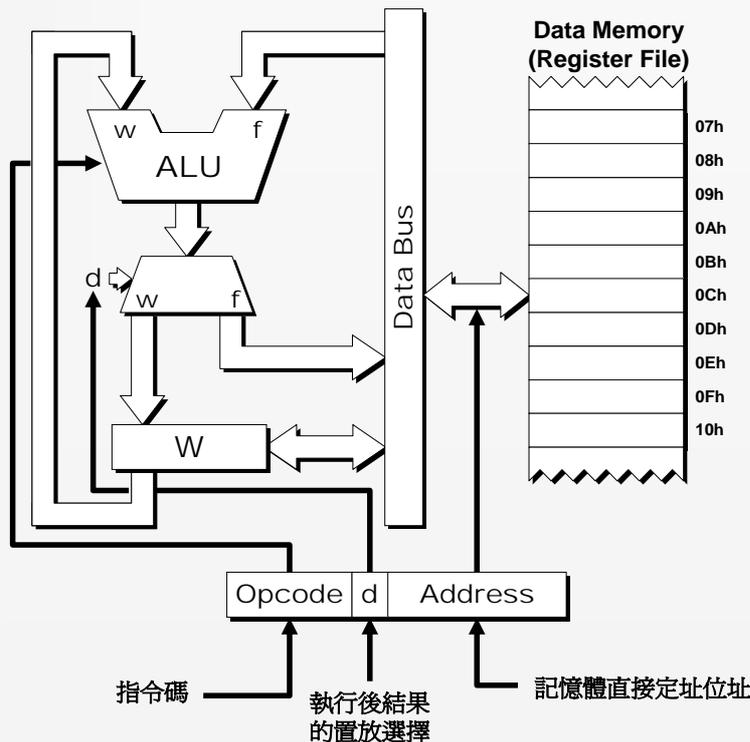


MICROCHIP



MICROCHIP

應用 Register File 的概念



- 暫存器庫 (Register Bank) 由許多一般暫存器與特殊用途暫存器 (SFR) 所組成
- 所有周邊 (如：I/O) 的操作與暫存器相同
- 任何一個暫存器都可被用於存取 Register File 的指令所操作
- Long word 的指令編碼方式使得指令與暫存器的位址僅以一個 word 即可表示



MICROCHIP

RAM 的分類

- ◆ **SFR : Special Function Register 特殊功能暫存器**
 - 泛指一般的周邊暫存器及核心暫存器
- ◆ 一般使用的 RAM
- ◆ 共用 RAM : Share Bank RAM
 - Share RAM 大小會因元件而異
 - PIC16F887A 有 16 Bytes Share RAM，實際位址在 0x70 ~ 0x7F
 - Bank1 0xF0 ~ 0xFF，Bank2 0x170 ~ 0x17F，Bank3 0x1F0 ~ 0x1FF 等位置直接對應到 Bank1 0x70 ~ 0x7F
 - Share RAM 無須做 Bank 的切換，最適合中斷資料的處理與重要的變數儲存

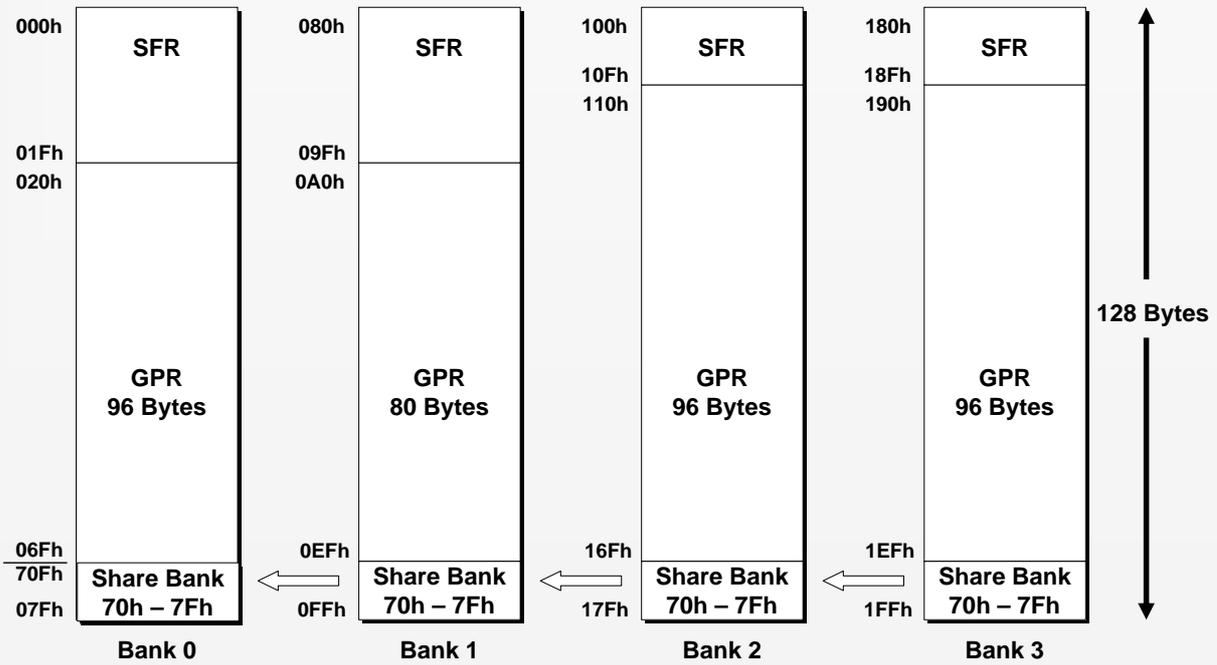


MICROCHIP

Data Memory 架構

PIC16F876/877 Register File Map

368 Bytes of General Purpose RAM Plus Special Function Registers



MICROCHIP

SFR 特殊功能暫存器

Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	
000	INDF	080	INDF	100	INDF	180	INDF
001	TMR0	081	OPTION_REG	101	TMR0	181	OPTION_REG
002	PCL	082	PCL	102	PCL	182	PCL
003	STATUS	083	STATUS	103	STATUS	183	STATUS
004	FSR	084	FSR	104	FSR	184	FSR
005	PORTA	085	TRISA	105		185	
006	PORTB	086	TRISB	106	PORTB	186	TRISB
007	PORTC	087	TRISC	107		187	
008	PORTD	088	TRISD	108		188	
009	PORTE	089	TRISE	109		189	
00A	PCLATH	08A	PCLATH	10A	PCLATH	18A	PCLATH
00B	INTCON	08B	INTCON	10B	INTCON	18B	INTCON
00C	PIR1	08C	PIE1	10C	EEDATA	18C	EECON1
00D	PIR2	08D	PIE2	10D	EEADR	18D	EECON2

Device Specific Registers



MICROCHIP



MICROCHIP

PIC16Fxxx Mid-Range 定址模式



MICROCHIP

PICmicro Architecture

程式記憶體：立即數定址

- 將 8-bit 的常數 (Literal) 直接置於指令的 bit-0 至 bit-7
- 配合不同的 OP Code 將常數做為運算元
- 可直接將常數與 W 暫存器運算
- 使用於常數操作指令, 如 movlw, addlw, retlw,, 等

14-bit Instruction for Literal Instructions

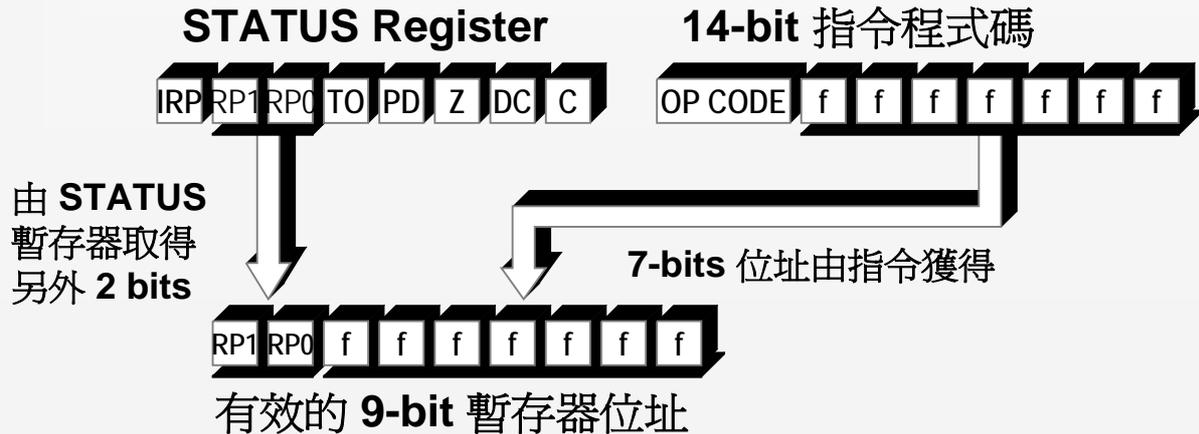




PICmicro Architecture

資料記憶體：直接定址

- ◆ Mid-Range (14-bit 指令PIC) 的每一個暫存器庫為 128 Bytes
- ◆ PIC16Fxxx 的最大DATA RAM大小為 4 個 BANK (512 Bytes)
- ◆ 資料記憶體的有效位址為 9 bits
- ◆ 7-bit 的位址直接來自於指令中
- ◆ 2-bit 由 STATUS 暫存器獲得，以定址到完整的 4 個 BANK



立即數定址與直接定址 – 範例

- ◆ 立即數定址：
 - MOVLW h'80' ; 將常數 0x80 載入 W 暫存器中
 - ADDLW h'3F' ; 將常數 0x3F 與 W 相加，其結果 ; 在放回 W 暫存器中
- ◆ 直接定址：
 - MOVWF h'80 ; 將 W 暫存器中的內容值載 ; 入到位址 0x80 的 RAM 裡
 - MOVF h'80',W ; 將 RAM 位址 0x80 的內容值載入 ; 到 W 暫存器中

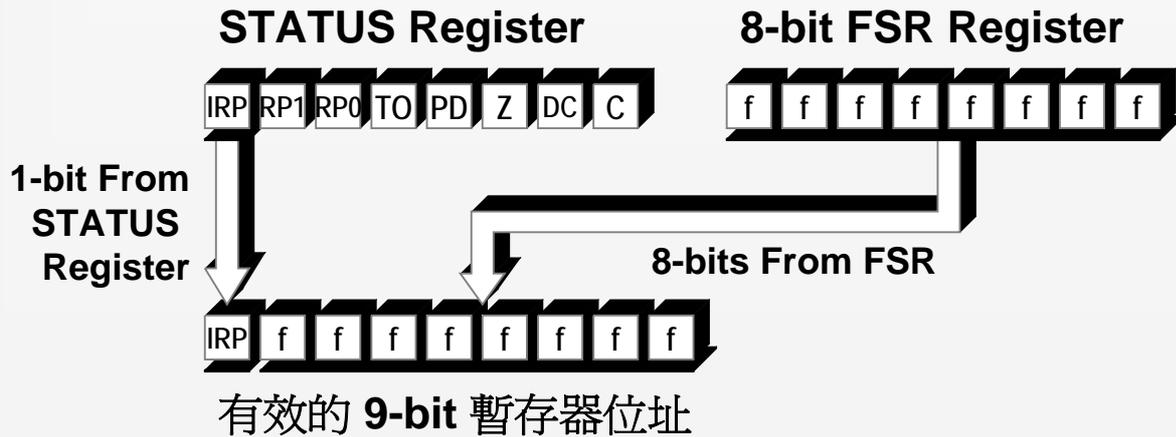


MICROCHIP

PICmicro Architecture

資料記憶體：間接定址

- ◆ Mid-Range (14-bit PIC) 的資料記憶體有效位址為 9 bits，最大定址範圍是 512 Bytes (4 BANKs)
- ◆ 8-bit 的位址由 FSR (File Select Register) 獲得
- ◆ FSR 可提供 256 Bytes 的定址能力 (2 BANKs)
- ◆ 有效位址的第 9 位元由 STATUS 的 IRP bit 控制

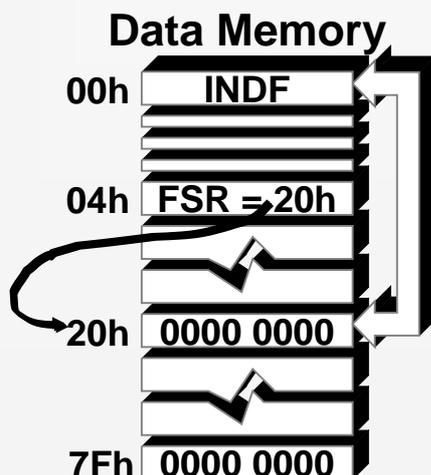


MICROCHIP

PICmicro Architecture

資料記憶體：間接定址的使用範例

- 清除由位址 0x20 to 0x7F 的資料暫存器
 - 所需間接位址被寫入 FSR 中
 - 當 INDF 被當成運算元(Operand)時, 被 FSR 暫存器內容所指到的位址才是真正操作對象



```

movlw 0x20
movwf FSR
LOOP clrf INDF
      incf FSR, F
      btfss FSR, 7
      goto LOOP
      <next instruction>
  
```



MICROCHIP

PICmicro Architecture

程式記憶體: 程式計數器 (PC) 的絕對定址

- 使用於 CALL 及 GOTO 等控制指令
- 藉由改變 PC (Program Counter) 來更改程式的執行位址
- CALL 和 GOTO 指令直接將 11-bit 位址置於指令中，其基本得視野為 2K 程式範圍；但程式範圍為 8K (所以要考慮到 bit 12 & 13 的來源)
- 若範圍超過 2K 的程式頁範圍，需更新 PCLATH 的內容

```

MOVLW    (HIGH) TARGET_ADDR ;取得 bit 12 & 13 位址
MOVWF    PCLATH              ;更改 PCLATH 的值
CALL     TARGET_ADDR        ;合併成 13 bits 的位址 (8k定址)

```

14-bit Instruction for call and goto



MICROCHIP

PICmicro Architecture

程式記憶體: 程式計數器 (PC) 的絕對定址

- 虛指令 “PAGESEL” 可以協助設定 Program Page 及修改 PCLATH 暫存器
- 若欲 Call 或 Goto 的位址在 2K 的 Page 範圍之外或不確定是否同一 Page，可用 PAGESEL 來幫助程式的處理
- 例如：要前往的位址為 TARGET_ADDR

➢ 使用下列的敘述

```

PAGESEL    TARGET_ADDR
CALL       TARGET_ADDR

```

➢ 相當於

```

MOVLW    (HIGH) TARGET_ADDR
MOVWF    PCLATH
CALL     TARGET_ADDR

```



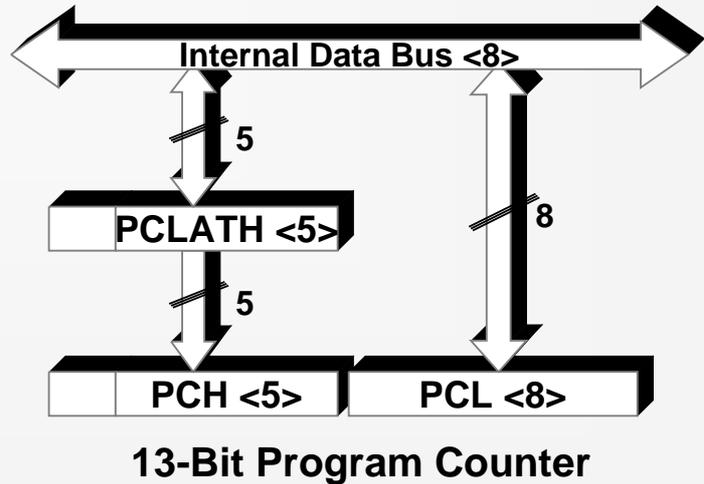
MICROCHIP

PICmicro Architecture

程式記數器(PC)的相對定址 (查表)

- 先將查表的最高位址(High Byte)寫入 PCLATH.
- 再將 low byte 寫入 PCL，如此將會把整個13-Bit 的值一次載入到程式記數器 (PC)

- 若要讀取 PC 的值
 - 可直接讀取 PCL 來得到 PC 的 Low Byte
 - 讀取 PCLATH 的內容並不會得到當時的 PCH 的值 (Bit 8 - 12 of PC)



MICROCHIP

PICmicro Architecture

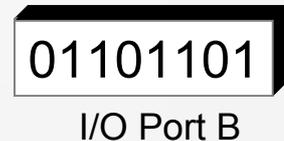
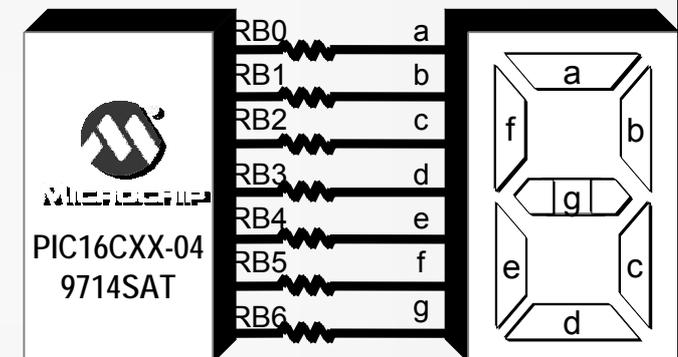
相對定址 (Relative Addressing)

```

org 0x10
clrf PCLATH
movf DisplayValue,W
call SevenSegmentDecode
movwf PORTB
goto Continue
SevenSegmentDecode
addwf PCL,F
retlw B'00111111' ;decode 0
retlw B'00000110' ;decode 1
retlw B'01011011' ;decode 2
retlw B'01001111' ;decode 3
retlw B'01100110' ;decode 4
retlw B'01101101' ;decode 5
retlw B'01111101' ;decode 6
retlw B'00000111' ;decode 7
retlw B'01111111' ;decode 8
retlw B'01101111' ;decode 9
Continue

```

- 查表功能的實現範例





MICROCHIP

PIC16Fxxx MCU Architecture

Interrupt Overview

- ◆ 豐富的內部與外部中斷來源
 - 幾乎所有周邊皆有中斷 MCU 的能力
 - 有些 I/O 的變化也可構成中斷條件 (PORTB)
- ◆ 使用軟體來決定中斷被處理的優先順序
 - 可彈性的由軟體自行調整優先順序
- ◆ 有整體及各別周邊的中斷致能控制位元
- ◆ 大部份的中斷可以用來喚醒處於 SLEEP 狀態的 PIC
- ◆ 中斷延遲固定為 3 個 cycle
 - 容易以軟體來判斷中斷的經過時間



MICROCHIP

PICmicro MCU Architecture

Interrupt Comparison

- ◆ PIC16CXXX @ 12MHz
 - 每一指令執行需時 1 or 2 cycle
 - 指令周期 = $\text{clk} / 4$

Int_Srv:		; word/cycle
MOVWF tempW		; 0 / 3
SWAPF STATUS,W		; 1 / 1
BCF STATUS,RP0		; 1 / 1
MOVWF tempStatus		; 1 / 1

- MCS-8X51 @ 12 MHz
 - 每一指令需時 1 to 4 cycle
 - 指令周期 = $\text{clk} / 12$

Int_Srv:		; byte/cycle
PUSHPSW		; 0/3 to 9
PUSHACC		; 2/2
MOV PSW,#08h		; 3/2



MICROCHIP

PICmicro MCU Architecture

Interrupt Comparison (con't)

- 效能與所需程式記憶體總結

	<u>PIC16CXXX</u>	<u>MCS-8X51</u>
所需程式記憶體	4	7
中斷延遲 (min)	3 cycles/1.0 μ s	3 cycles/3 μ s
中斷延遲 (max)	3 cycles/1.0 μ s	9 cycles/9 μ s
中斷前置處理時間	4 cycles/1.3 μ s	6 cycles/6 μ s
所需執行時間	7 cycles/2.3 μ s	9-15 cycles/ 9-15 μ s



MICROCHIP



MICROCHIP

開發工具介紹

APP001 多功能實驗版

MPLAB IDE v8.xx

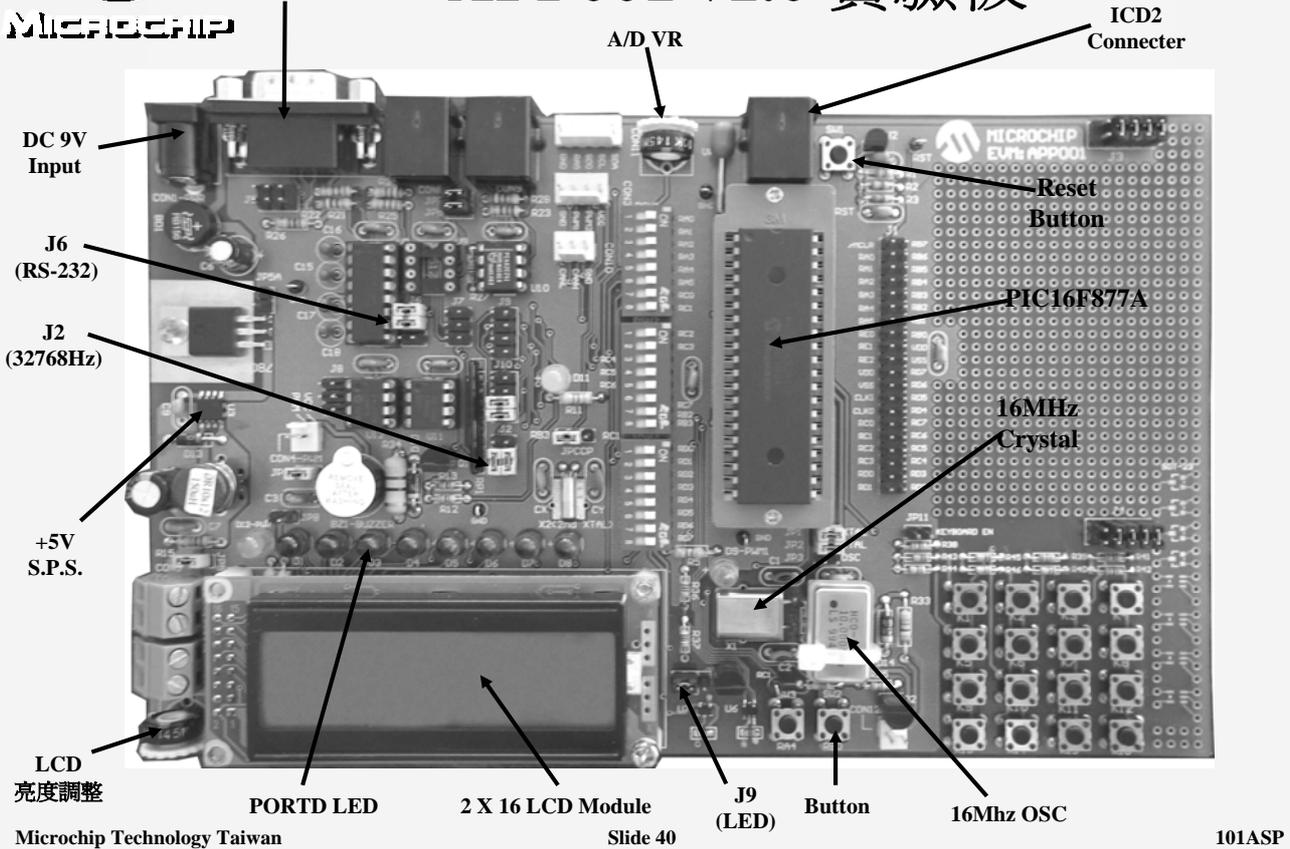
MPLAB ICD2, ICE2000

MPLAB Real ICE



MICROCHIP

APP001 v1.0 實驗板



MICROCHIP

APP001 實驗板功能

- ◆ 練習 PIC16F877A 內部周邊的使用方法及典型的應用方式
- ◆ 40 Pin 的 PIC16Fxxx與 PIC18Fxxx 腳位相容
- ◆ 直接與 MPLAB-ICD2 連接，不須經由 Header Board 轉接
- ◆ 可練習的主要外接電路有：
 - LCD Module，按鍵處理，I²C EEPROM，I²C溫度存取
 - SPI，RS-232，RS-485，CAN Controller
 - AD 轉換，PWM 與 I/O 控制
- ◆ 101ASP 課程使用的主要資源
 - PORTD 用以控制 8 個獨立的 LED
 - RA0：使用於讀取可變電阻的電位值 (AN0)
 - RA4：使用於按鍵控制 (SW3)

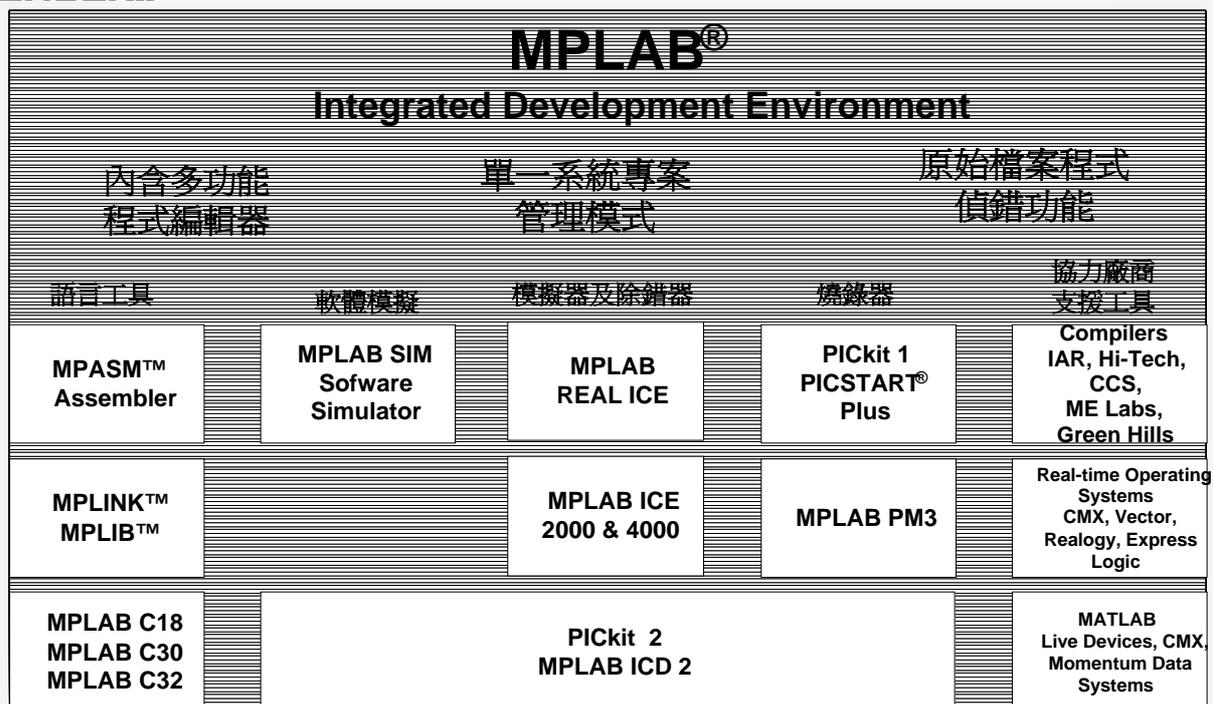


MPLAB-IDE 功能介紹

- ◆ 高整合度的微處理器軟體 / 硬體研發及偵錯平台
- ◆ 採用專案管理模式 (Project)
- ◆ 多視窗原始程式編輯、修改
- ◆ 直接組譯 / 編譯原始程式
- ◆ 軟體模擬
- ◆ 具有輸入模擬功能
- ◆ 支援原始程式偵錯
- ◆ 支援 MPASM、MPLINK
- ◆ 支援 C compiler
- ◆ 硬體除錯工具：
 - ICE2000
 - Real ICE
 - MPLAB ICD2
 - MPLAB ICD2 LE
 - PICKit2 Debugger
- ◆ 程式燒錄工具：
 - PM-III
 - PICSTART Plus
 - MPLAB ICD2
 - PICKIT2 Debugger



MPLAB IDE - 整合式的發展環境



Uniquely supporting 8, 16 and 32 bit MCUS within one integrated development Environment!



MICROCHIP

MPLAB - ICE2000

連接 Host 到 Pod 的 Cable

*Emulator Pod

*Processor Module

Flex Circuit Cable

*Device Adapter

*SOIC Transition Socket

* 每個元件可分開採購



MICROCHIP

MPLAB - ICE2000

- ◆ 支援所有 PICmicro® MCU 系列的模擬
- ◆ 全速的模擬支援
 - Up to 25 MHz (PIC18CXXX)
 - 將有支援 40 Mhz 以上的版本
- ◆ 支援低操作電壓環境的模擬
 - 最低至 2.5 V
- ◆ 與 PC 使用 Parallel printer port 的界面
- ◆ Software programmable clock (在MPLAB-IDE 中可直接設定所需頻率)



MICROCHIP

MPLAB – ICE2000

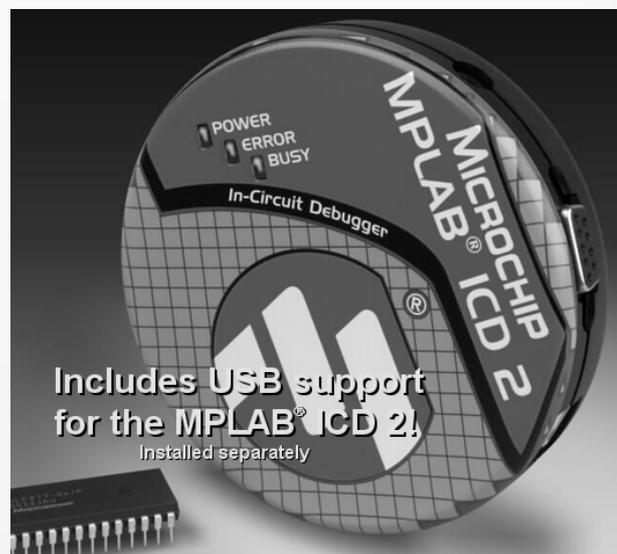
- ◆ 改良甚多的 **Trace** 能力
 - 可將中斷點設置於 **internal registers/RAM**
 - 可以 **Trace internal registers/RAM**
 - **32K * 128 bits Trace Buffer** 以及 **Logic analyzer**
 - 可記錄執行階段的時間標記 (**Time Stamp**)
- ◆ **Four level conditional break/trace/trigger**
- ◆ 可精確量測兩事件間的時間間隔
(**Time between intervals**)



MICROCHIP

MPLAB ICD 2

- 支援 **FS-USB** 介面
- 支援 **PIC16F** 裡具有 **ICD** 功能之 **MCU** 的除錯
- 支援 **PIC18F** , **PIC24** , **dsPIC30** , **dsPIC33** & **PIC32**
- 可設定中斷點, 單步執行以及進行變數的觀察
- **32K Bytes (PIC18F4520)** 的程式可於 **3 秒內** 燒錄完成





MICROCHIP

Real ICE 基本配備

ICE 主機

USB 插座

Logic Probe

ICSP Cable

USB Cable

ICSP 連接板

MPLAB[®] REAL ICE™ In-Circuit Emulator



MICROCHIP

傳統 ICE 技術上的瓶頸

- ICE 專用晶片價格昂貴
 - 量少，難以大量生產
 - 需與量產元件同步上市，困難度高
- 信號傳輸上時序與速度的誤差
 - CPU/記憶體 超過 20MHz 時的存取限制
 - ICE 實際的線路距離與元件之間的規格差異
- ICE 價格
 - 速度越快，價格越高
 - 價格昂貴，需要高速的外接硬體邏輯電路、FPGA & SRAM



MICROCHIP

REAL ICE 功能

◆ “基本” 功能

- 完全整合在 MPLAB IDE 的環境下
 - 開發環境下可作為燒錄器
 - 中斷功能
 - 監看變數視窗功能
 - 程式執行控制
- | | |
|---------------|-------------|
| • Run | • Step into |
| • Halt | • Step over |
| • Single step | • Reset |



MICROCHIP

REAL ICE 進階功能

◆ Advanced Features

- **Breakpoints** (軟體與硬體中斷設定)
- **Stopwatch** (程式執行計時碼表)
- **Real time watch** (即時變數觀測)
- **Trace** (追蹤)
 - **Program execution** (追蹤程式執行)
 - **Variable values** (追蹤變數值)



MICROCHIP

REAL ICE 功能一覽表

	PIC10F PIC12F PIC16F	PIC18F	dsPIC30F	PIC24F	PIC24H dsPIC33F
Run, Halt	√	√	√	√	√
Single Step	√	√	√	√	√
Hardware Breakpoints	1	1-3	1-4	1-6	1-6
Peripheral Freeze on Halt	√	√	√	√	√
Break on Data Fetch or Write		(√)	√	√	√
Break on Stack Error		√	-	-	-
Stopwatch		(√)	√	√	√
Pass Counter		√	√	√	√
Break address or data match		√	√	√	√
WDT Overflow		(√)	√	√	√
Real Time Watch		(√)	√	√	√
Software Breakpoints		1K	1K	1K	1K
Trace Data and Program Flow		√	√	√	√



MICROCHIP



MICROCHIP

使用 MPLAB IDE v8. xx

如何使用 MPLAB IDE v8.xx

- ◆ 詳細 MPLAB IDE 使用說明請參閱：
 - MPLAB IDE User's Guide
 - “www.microchip.com”
- ◆ ICD2 不知如何安裝 USB 驅動程式及使用：
 - 使用 ICD2 除錯時，要安裝 ICD2 驅動程式，其路徑如下：
 - C:\Program Files\Microchip\MPLAB IDE\ICD2\Drivers
 - 安裝方法請閱讀 `clnicd2.htm` & `ddicd2.htm` 檔案內之說明
 - 記住，使用 ICD2 之前一定要更新與 MPLAB IDE 相同版本的作業系統
- ◆ 組譯工具 (MPASMWIN.exe)：
 - 已內建在 MPLAB IDE 裡，安裝完成後就可使用 MPASM 組譯器
 - C:\Program Files\Microchip\MPASM Suite

安裝 MPLAB IDE

- ◆ 安裝 MPLAB IDE 注意事項
 - 之前已有安裝舊版的 MPLAB IDE，需到控制台移除舊版程式後再安裝新版本程式。切記！不可以直接使用檔案刪除的方式移除檔案。
 - 一般建議安裝在 Microchip 內定的路徑
 - 別忘了，還要安裝 ICD2 的 USB 驅動軟體
 - 如果有使用 Real ICE 還要再安裝驅動程式



MPLAB IDE 畫面

The screenshot displays the MPLAB IDE environment. The main window shows a C program titled "C 的原始程式" with the following code:

```
unsigned char Set_BCD_ASCII(unsigned char BCD_Data)
{
    if (BCD_Data==0)
    {
        if (DS_Zero_FLG) return '0'; // 居先零抑制
        else return '0'; // 顯示一般的
    }
    else
    {
        DS_Zero_FLG=0; // 取消居先零
        return (BCD_Data +'0'); // 並傳回 AS
    }
}
```

Annotations in the image include:

- "工作項目" (Project) pointing to the project tree on the left.
- "編譯輸出" (Compilation Output) pointing to the Output window showing "BUILD SUCCEEDED".
- "設定中斷點" (Set Breakpoint) pointing to a breakpoint icon on line 94.
- "暫存器顯示" (Register Display) pointing to the Special Function Registers window.
- "變數觀察視窗" (Variable Observation Window) pointing to the Watch window.
- "狀態顯示列" (Status Bar) at the bottom.

Address	SFR Name	Hex	Decimal	Binari
0FA0	PIE2	00	0	00000C
0FA1	PIR2	00	0	00000C
0FA2	IPR2	1F	31	000111
0FA6	EECON1	80	128	10000C
0FA7	EECON2	00	0	00000C
0FA8	EEDATA	00	0	00000C
0FA9	EEADR	00	0	00000C
0FAB	EEADRS	00	0	00000C

Address	Symbol Name	Value
0098	AD_Temp	03B9
009A	DS_Zero_FLG	00
0080	LCD_MSG2	"A/D Value--> "
0080	[0]	A
0081	[1]	/
0082	[2]	D
0083	[3]	
0084	[4]	V
0085	[5]	a
0086	[6]	1



MICROCHIP

啓動 MPLAB IDE

- ◆ 有關 MPLAB IDE 的基本使用方式，請參考 MPLAB IDE 的使用手冊。
 - MPLAB IDE User's Guide
 - <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51519B.pdf>
- ◆ 使用 MPLAB IDE 為發展工具時，必須先建立一個專用的 Project，建立 Project 有一定的程序不可以混淆。



MICROCHIP

專案管理 (Project Management)

- ◆ **MPLAB IDE** 是採專案管理方式來完成軟體研發與設計，所以在使用 **MPLAB IDE** 時，就必需建立一個 **Project**。
- ◆ **Project** 的附加檔案名稱是 **xx.mcp**，最好與原始檔案放在同一個目錄以方便管理。
- ◆ 一個 **Project** 可記錄眾多資訊：
 - 視窗位置、大小、個數
 - 相關檔案的名稱、位置
 - 相關偵錯訊息的設定值
 - 組譯器、編譯器的選擇與設定
- ◆ 以 **Project** 觀念來保持一個完整的軟體設計，以便日後程式的維護、修改。



MICROCHIP

練習一

使用 **MPLAB IDE** 建立新的專案 (**Project**)



MICROCHIP

啓動 MPLAB® IDE

步驟 1

目前的版本

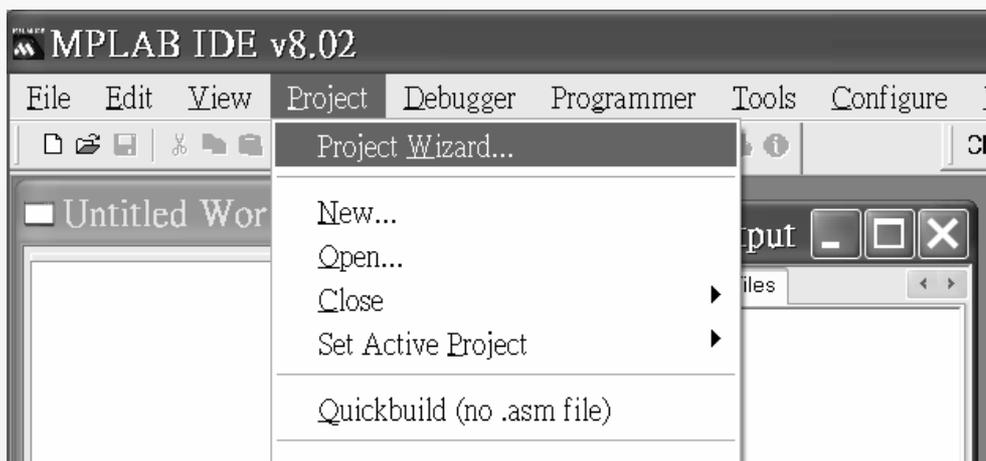


MICROCHIP

建立一個 New Project

步驟 2

- ◆ 利用 Project Wizard 建立一個 New Project 的步驟：
 - Project Wizard 建立 Project 視窗





MICROCHIP

Project Wizard 設定

步驟 3

- 選擇所使用的元件為：**PIC16F877A**
- 選擇語言工具：**Microchip MPASM Toosuite**
- 確定 **MPASM** 組譯工具的執行路徑與程式 (**MPASMWIN.exe**)

組譯器的路徑

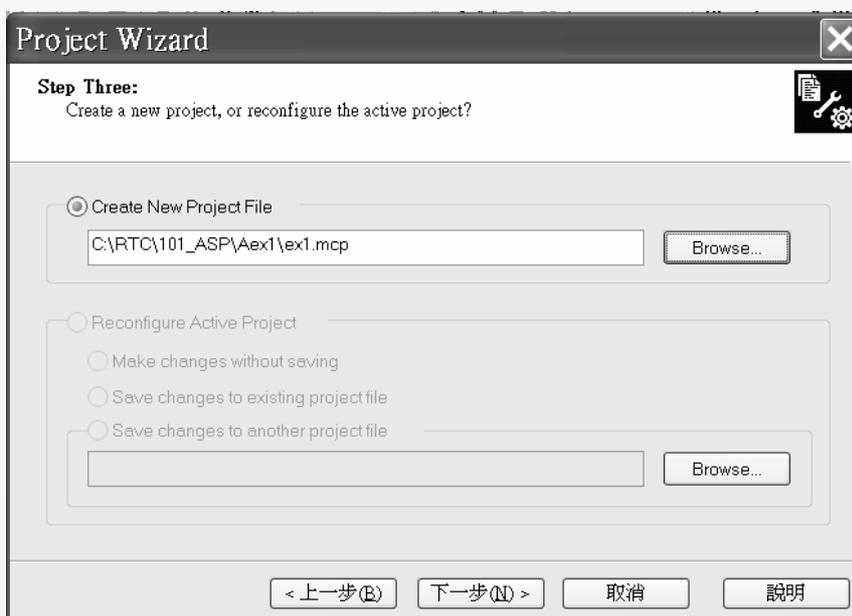


MICROCHIP

Project Wizard 設定

步驟 4

- ◆ 設定 **Project** 的檔案路徑與名稱：**ex1.mcp**



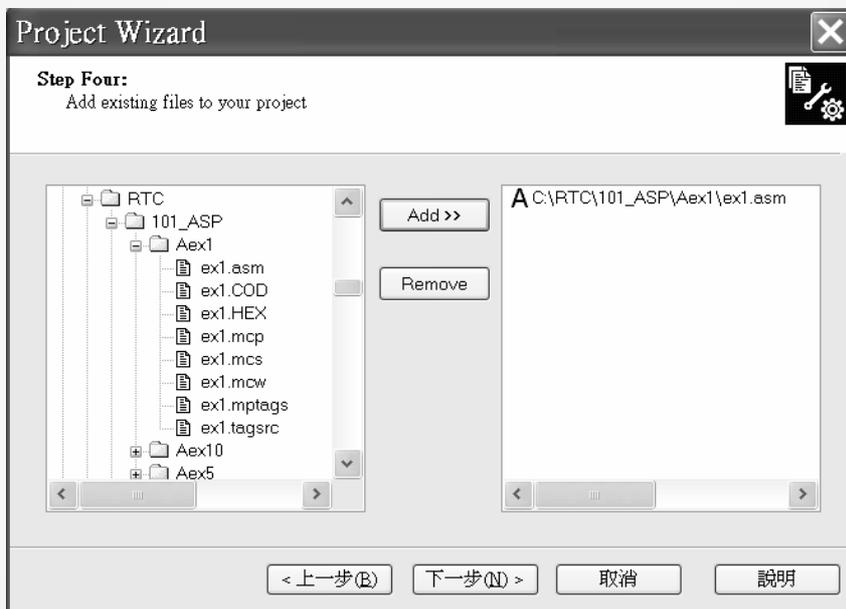


MICROCHIP

Project Wizard 設定

步驟 5

◆ 將 ex1.asm 加入 Project 裡

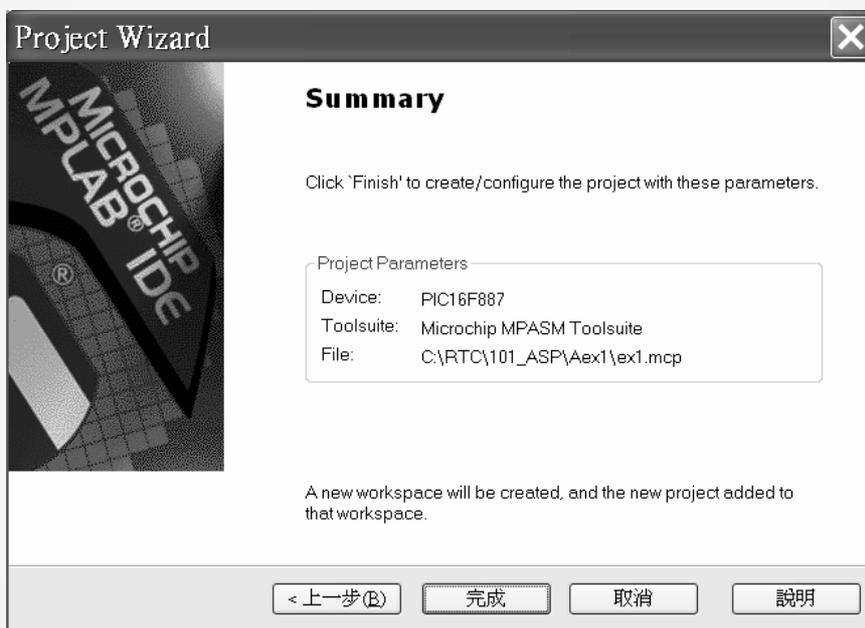


MICROCHIP

Project Wizard 設定

步驟 6

◆ Project 建立完畢，最後確認。



編譯程式與除錯

- ◆ 利用 **Build All (Ctrl + F10)** 來編譯程式
 - 如有錯誤，請參考錯誤訊息並加以修正
 - 在錯誤訊息處按滑鼠兩次即能輕易切換至錯誤行
- ◆ 利用 **Watch Window** 來觀察變數
- ◆ 利用 **Mouse** 的右鍵來設定中斷點
 - 熟悉 **Reset**，**Run**，**Halt** 功能
 - **Step**，**Step Over** 功能
 - **RAM**，**SFR** 視窗在組合語言下就不是那麼重要了？
 - 其它的視窗？

組譯程式 – Build All



The screenshot shows the MPLAB IDE interface. The main window displays assembly code for 'ex1.asm'. The code includes comments for program start, reset vector, and initialization of PCLATH, TRISD, and PORTD. The output window at the bottom shows the following messages:

```

Build Version Control File
Creating LAME.
Executing: "C:\Program Files\Microchip\MPLAB IDE\bin\mcc.exe"
Message[301] CAPROGRAMMER:
Message[302] CARTCV101:
Loaded C:\ARTCV101_ASP\Aex1\ex1.cod.

Debug build of project 'C:\ARTCV101_ASP\Aex1\ex1.mcp' succeeded.
Preprocessor symbol '_DEBUG' is defined.
Tue Jun 24 14:35:49 2008

BUILD SUCCEEDED
    
```

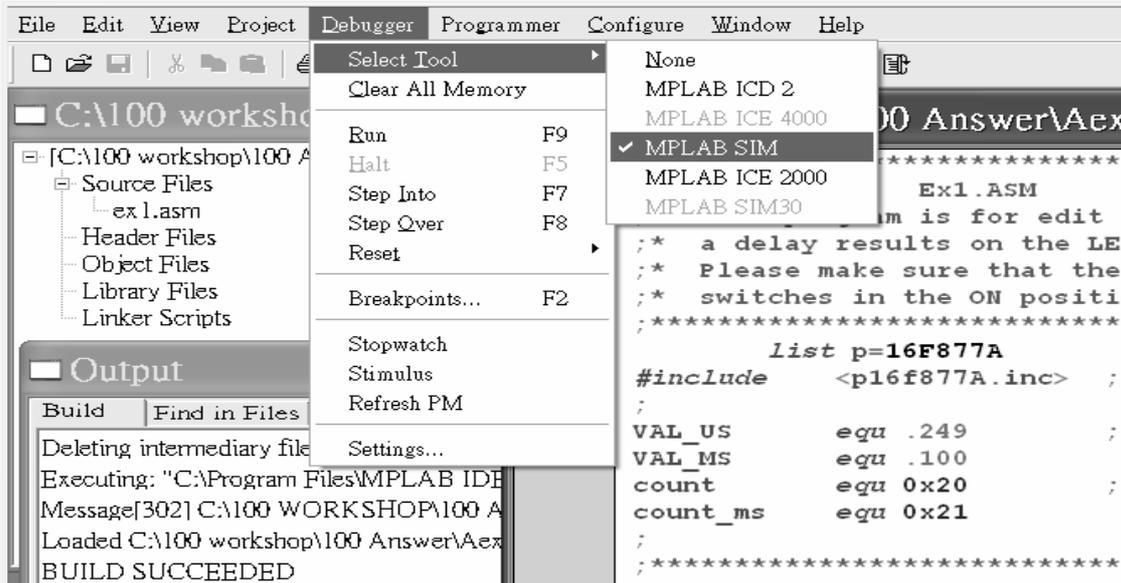
An arrow points from the text "確定組譯成功" (Build successful) to the "BUILD SUCCEEDED" message in the output window.



MICROCHIP

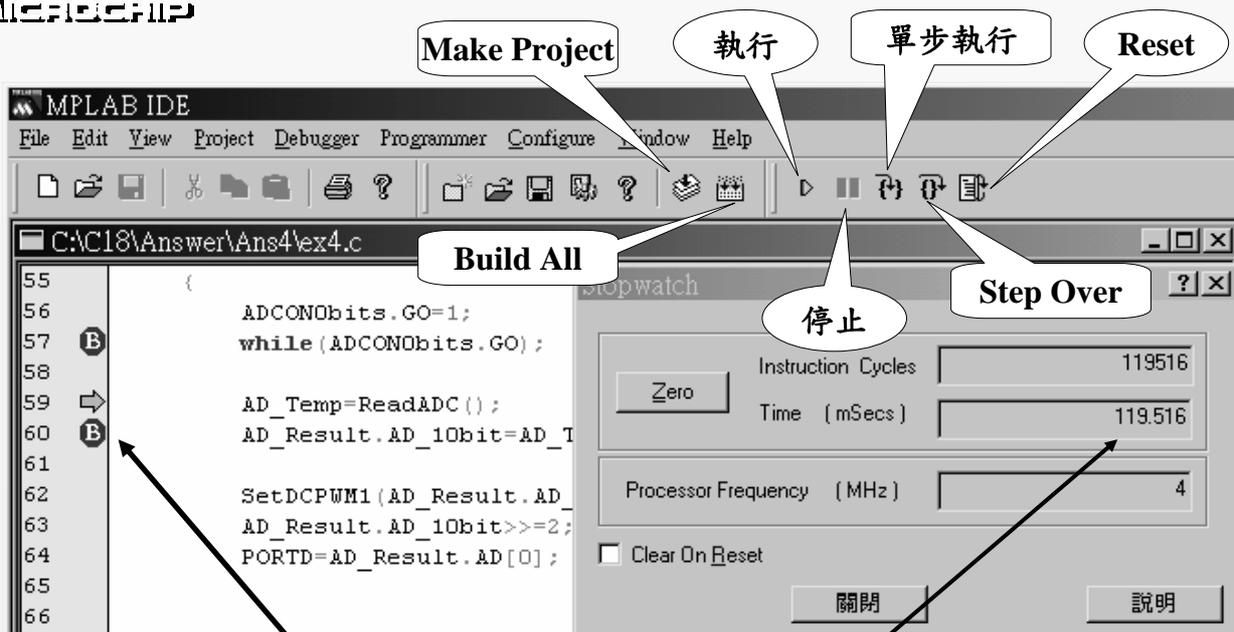
啓動基本 MPLAB-SIM

- ◆ 點選“Debugger → Select Tool → MPLAB SIM”以啓動內建的軟體模擬程式



MICROCHIP

MPLAB SIM 的基本除錯功能



利用mouse的右鍵
來設定中斷點

利用Stopwatch視窗
來量測程式執行
所需的時間



MICROCHIP

Watch Window 的重要性

- ◆ 變數在 RAM 的位置是誰安排的
- ◆ 你知道怎樣才能看到變數的內容
- ◆ MPLAB IDE 有專屬的變數觀察視窗 (View → Watch)

變數位置

變數名稱

變數內容

Address	Symbol Name	Value
0098	AD_Temp	0004
009A	DS_Zero_FLG	00100000
0FE8	WREG	D2
0F81	PORTB	3F
0FC4	ADRESH	00
0F9E	PIR1	00000000



MICROCHIP



MICROCHIP

PIC16Fxxx 基本指令介紹



MICROCHIP

14-Bits Core 指令集 (35個)

位元組操作指令		
NOP	-	No Operation
MOVWF	f	Move W to f
CLRW	-	Clear W
CLRF	f	Clear f
SUBWF	f,d	Subtract W from f
DECf	f,d	Decrement f
IORWF	f,d	Inclusive OR W and f
ANDWF	f,d	AND W and f
XORWF	f,d	Exclusive OR W and f
ADDWF	f,d	Add W and f
MOVf	f,d	Move f
COMf	f,d	Complement f
INCF	f,d	Increment f
DECFSZ	f,d	Decrement f, skip if zero
RRF	f,d	Rotate right f through carry
RLF	f,d	Rotate left f through carry
SWAPF	f,d	Swap nibbles of f
INCFSZ	f,d	Increment f, skip if zero

位元操作指令		
BCF	f,b	Bit clear f
BSF	f,b	Bit set f
BTFSC	f,b	Bit test f, skip if clear
BTFSS	f,b	Bit test f, skip if set

常數操作及控制指令		
SLEEP	-	Go into standby mode
CLRWDt	-	Clear watchdog timer
RETLW	k	Return, place literal in W
RETFIE	-	Return from interrupt
RETURN	-	Return from subroutine
CALL	k	Call subroutine
GOTO	k	Go to address (k is 11-bit)
MOVLW	k	Move literal to W
IORLW	k	Inclusive OR literal with W
ADDLW	k	Add literal with W
SUBLW	k	Subtract W from literal
ANDLW	k	AND literal with W
XORLW	k	Exclusive OR literal with W

f = 暫存器或記憶位址, k = 常數值 (8-bit), b = 第幾位元 <0,7>, d = 運算後資料目的地 (1=f, 0=W)



MICROCHIP

資料移動指令 (MOVf, MOVWF)

MOVf

- ◆ 語法: MOVf f, d
- ◆ 操作: 將所指到的暫存器 (f) 的內容傳送到工作暫存器 (w)

例:

```
movf h'3A',W
```

將位址 3A₍₁₆₎ 的暫存器內容傳送到工作暫存器 (w) 中。

MOVWF

- ◆ 語法: MOVWF f
- ◆ 操作: 將工作暫存器 (w) 的內容傳送到所指到的暫存器 (f)

例:

```
movwf h'3B'
```

將工作暫存器 (w) 中的內容傳送到位址為 3B₍₁₆₎ 的暫存器中。



資料遞減指令 (DECF , DECFSZ)

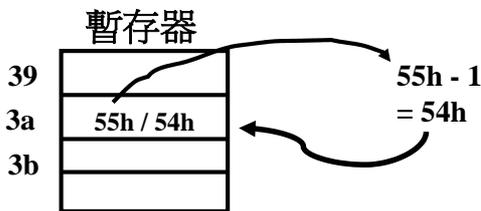
DECF

- ◆ 語法：DECF f, d
- ◆ 操作：將所指到的暫存器 (f) 的內容減一後回存到 (d)

例：

```
decf h'3A', F
```

將位址 $3A_{(16)}$ 的暫存器內容減一後回存到地址為 $3A_{(16)}$ 暫存器中。



DECFSZ

- ◆ 語法：DECFSZ f, d
- ◆ 操作：將所指到的暫存器 (f) 的內容減一後回存到 (d)，並測試減一後的結果是不是等於零以決定是否跳過下一個指令。
 - 結果不等於零：執行下一個指令
 - 結果等於零：忽略下一個指令而直接執行下下一個指令

例：

```
decfsz h'3A', F
goto 結果不等於零
call 結果等於零
```



位元清除、設定指令 (BCF , BSF)

BCF

- ◆ 語法：BCF f, b
- ◆ 操作：將所指到的暫存器 (f) 中的第 (b) 個位元設定為 0。

例：

```
PORTA equ h'05'
bcf PORTA, 2
```

將位址 $05_{(16)}$ 的暫存器 (PORTA) 的 bit 2 清除為 “0”。

```
bcf h'3a', 7
```

將位址 $3a_{(16)}$ 的暫存器的 bit 7 清除為 “0”。

BSF

- ◆ 語法：BSF f, b
- ◆ 操作：將所指到的暫存器 (f) 中的第 (b) 個位元設定為 1。

例：

```
PORTA equ h'05'
bsf PORTA, 2
```

將位址 $05_{(16)}$ 的暫存器 (PORTA) 的 bit 2 設定為 “1”。

```
bsf h'3a', 7
```

將位址 $3a_{(16)}$ 的暫存器的 bit 7 設定為 “1”。



位元測試指令 (BTFSC , BTFSS)

BTFSC

- ◆ 語法：BTFSC f, b
- ◆ 操作：測試所指到的暫存器 (f) 的第 (b) 個的位元內容是不是等於 “0” 以決定是否跳過下一個指令。
 - Bit (b) 不等於 “0”：執行下一個指令 (條件不成立)。
 - bit (b) 等於 “0”：忽略下一個指令而直接執行下下一個指令，也就是說其測試條件成立。

例：

```

btfsc  h'3A', 5
goto   結果不等於 “0”
goto   結果等於 “0”
  
```

BTFSS

- ◆ 語法：BTFSS f, b
- ◆ 操作：測試所指到的暫存器 (f) 的第 (b) 個的位元內容是不是等於 “1” 以決定是否跳過下一個指令。
 - Bit (b) 不等於 “1”：執行下一個指令 (條件不成立)。
 - bit (b) 等於 “1”：忽略下一個指令而直接執行下下一個指令，也就是說其測試條件成立。

例：

```

btfss  h'3A', 5
goto   結果不等於 “1”
goto   結果等於 “1”
  
```



常用的基本指令 (ADDWF , SUBWF , GOTO , CALL , RETURN)

ADDWF

- ◆ 語法：ADDWF f, d
- ◆ 操作：將所指到的暫存器 (f) 的內容與工作暫存器 (W) 的內容相加後，放置在目的地暫存器 (d)

GOTO

- ◆ 語法：GOTO addr
- ◆ 操作：無條件的直接跳到所指定位址 (addr) 執行程式。

SUBWF

- ◆ 語法：SUBWF f, d
- ◆ 操作：將所指到的暫存器 (f) 的內容減去工作暫存器 (W) 的內容，其差放置在目的地暫存器 (d)

CALL

- ◆ 語法：CALL sub
- ◆ 操作：無條件的直接跳到所指定的副程式位址 (sub) 執行該副程式。



MICROCHIP

常數載入、運算指令

(MOVLW , ADDLW , SUBLW , IORLW , ANDLW)

MOVLW

- ◆ 語法：MOVLW H'3A'
- ◆ 操作：將所指定的常數 (3A) 載入到工作暫存器 (W) 中。

IORLW

- ◆ 語法：IORLW B'11110000'
- ◆ 操作：將所指定的常數 (F0) 與工作暫存器 (W) 的內容做 OR Gate 的運算後，放回工作暫存器 (W)。

SUBLW

- ◆ 語法：SUBLW H'3A'
- ◆ 操作：將所指定的常數 (3A) 減去工作暫存器 (W) 的內容，其差放回工作暫存器 (W)

ANDLW

- ◆ 語法：ANDLW B'00001111'
- ◆ 操作：將所指定的常數 (0F) 與工作暫存器 (W) 的內容做 AND Gate 的運算後，放回工作暫存器 (W)。



MICROCHIP

正確的語法表達 (一)

數值、數字(字元)表示法

- ◆ 十進制表示(Decimal): D'<十進制數目>' & .<十進制數目>
 - MOVLW D'100' ; 載入常數 100₍₁₀₎ to W Reg.
 - MOVLW .100 ; 載入常數 100₍₁₀₎ to W Reg.
 - Const1 EQU D'200' ; Const1 = 200 (十進制)

- ◆ 十六進制表示(Hexadecimal): H'<十六進制數目>' & 0x<十六進制數目> & <十六進制數目> h
 - MOVLW H'3F' ; 載入常數 3F₍₁₆₎ to W Reg.
 - MOVLW 0x3F ; 載入常數 3F₍₁₆₎ to W Reg.
 - MOVLW 0FEh ; 載入常數 FE₍₁₆₎ to W Reg.
 - Const1 EQU H'5A' ; Const1 = 5A (十六進制)

正確的語法表達 (二)

數值、數字(字元)表示法

- ◆ 二進制表示(Binary): **B'**<二進制數目>'
 - `MOVLW B'11110000'` ; 載入常數 0xF0 to W Reg.
 - `Const1 EQU B'01010101'` ; Const1 = 01010101 (二進制)

- ◆ 字元(ASCII): **A'**<字元>' & '**'**<字元>'
 - `MOVLW A'R'` ; 載入字元 "R" to W Reg.
 - `MOVLW 'c'` ; 載入字元 "c" to W Reg.
 - `Const1 EQU 'a'` ; Const1 = 小寫的字元 A

正確的語法表達 (三)

組合語言的語法

◆ 指令 (虛擬指令) & 運算元

MOVF f, d ; Move RAM/Register to Destination

f 暫存器 或 RAM 的位址

d 選擇資料移送的目的暫存器

d = 0 時，放置在 **w** 暫存器，亦可寫成 "W"

d = 1 時，放回在 **f** 暫存器，亦可寫成 "F" 或忽略不寫

範例: `var_count equ 0x3f`
;

建議語法 → {
`addwf var_count, 0`
`addwf var_count, 1`
`addwf var_count, W`
`addwf var_count, F`

必需要使用的虛擬指令

- ◆ **LIST** - 目錄控制 (Listing Control)
 - `list` `p=PIC16F877A, f=INHX8M`
- ◆ **#INCLUDE** - 加入一原始檔、定義檔或敘述檔
 - `#include` `<C:\MPLAB\16F877.INC>`
- ◆ **EQU** - 宣告常數、變數 (不可重新定位)
 - `memory` `equ` `0x3f`
 - `count` `equ` `.100`
 - `io_set` `equ` `B'11000011'`
- ◆ **ORG** - 設定程式組譯的起始位址
 - `org` `0x00` ; 組譯位址從“00h”開始
 - `org` `0x30` ; 組譯位址從“30h”開始
- ◆ **END** - 程式結束

虛擬指令的使用範例

```

list            p=16f877A            ; 定義使用的 MCU 為 PIC16F877A
#include       <p16f877a.inc>       ; 使用 16F877A 的標準定義檔
;***** 定義變數、常數、參數區 *****
T_DELAY    EQU    D'100'
dly_count   EQU    H'70'
;*****
          ORG      0x000            ; 設定程式執行位址從“0”開始 (Reset Vector)
          clrf     PCLATH
          goto     main
          ORG      0x004            ; 中斷向量進入位址
;***** 中斷處理副程式區 *****
          retfie                    ; 中斷返回
;
main        movlw    T_DELAY       ; 主程式開始
          movwf    dly_count
          :
; remaining code goes here
          END                      ; 程式結束

```



MICROCHIP

本文檔的編輯 (EDIT)

◆ 檔案管理 (File)

- 開啓新檔 (New File)
- 開啓舊檔 (Open File)
- 檔案儲存同一檔名 (Save)
- 檔案儲存另一檔名 (Save As)

◆ 游標控制

- Home - 游標移至本行起頭
- End - 游標移至本行尾
- Ctrl + Left - 向左移一個字
- Ctrl + Right - 向右移一個字
- Ctrl + Pg Up - 移至本頁起頭
- Ctrl + Pg Dn - 移至本頁尾
- Ctrl + Home - 移至本檔案起頭
- Ctrl + End - 移至本檔案尾

◆ 編輯控制

- Ctrl + Z - 回復原狀
- Ctrl + C - 複製選擇
- Ctrl + V - 貼上複製
- Ctrl + X - 清除選擇
- Ctrl + A - 全選
- Del - 刪除
- Ctrl + G - 跳至第幾行
- Ctrl + F - 尋找字元或字串
- Ctrl + H - 替換所尋找字元或字串
- F3 - 繼續向下尋找
- Shift + F3 - 繼續向上尋找
- Mouse 右鍵按兩下 - 選擇該字



MICROCHIP

練習二：輸入一個組合語言程式 Ex1.ASM (第一頁)

```

;*****
;* This program is for edit test, the program also display
;* a delay results on the LEDs on PORTD.
;* Please make sure that the DIP switch SW3 has all
;* switches in the ON position.
;*****
        list p=16F877A
#include <P16F877a.inc>                ; Include file locate at default directory
;
VAL_US          equ        .160        ; lms delay valum
VAL_MS          equ        .100
count          equ        0x20        ; Defined temp reg. for lms delay
count_ms       equ        0x21        ; Defined delay reg.
;
;*****
;*          Program start
;*          *
;*****
        org        0x00                ; reset vector
        nop                          ; Reserve for MPLAB-ICD

initial:
        clrw                          ; W =0
        clrf      PCLATH
        banksel  TRISD                ; Select to bank1
        clrf    TRISD                ; PORTC = Output
        banksel  PORTD                ; Select to bank0
        clrf    PORTD                ; Clear PORTC

```



MICROCHIP

練習二：輸入一個組合語言程式 Ex1.ASM (第二頁)

```

;
;***** Main *****
;
start:
    incf    PORTD,f           ; PORTD = PORTD + 1
    call   delay_100ms      ; Call delay routine
    goto   start

;
;----- 100 ms delay routine -----
delay_100ms:
    movlw  VAL_MS
    movwf  count_ms
loop_ms  call   delay_1ms
    decfsz count_ms,f
    goto   loop_ms
    return

;
;----- 1 ms delay routine -----
delay_1ms:
    movlw  VAL_US
    movwf  count
dec_loop call   D-short
    decfsz count,f
    goto   dec_loop
    return
;

```

```

;----- Delay 5uS
D_short call   D_ret

        call   D_ret
        call   D_ret
        call   D_ret
        nop
        nop
D_ret   return
;
        end

```



MICROCHIP

練習三：認識檔案

- ◆ 利用練習二所輸入的原始程式 EX1.ASM 來建立一個新的以 EX1.mcp 為名的 Project。
- ◆ 將Ex1.mcp 經 Build-All 後，確定沒有組譯錯誤產生
- ◆ 利用“File → Open”將所有的檔案顯示出來
- ◆ 試著將這些檔案打開，並了解它們是什麼樣的檔案





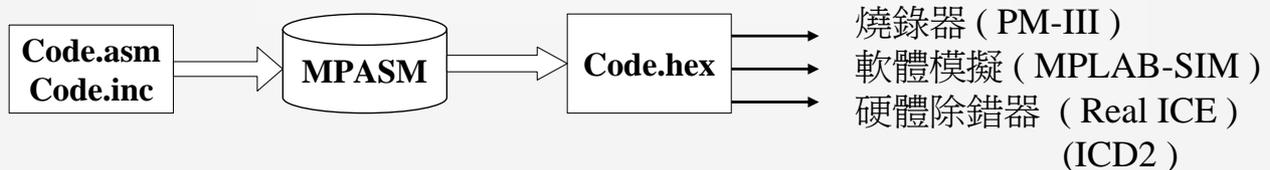
MICROCHIP

MPASM

組合語言組譯器

- ◆ MPASM 是 Microchip PICmicro Assembler 的縮寫
- ◆ MPASM 的功能是將組合語言翻譯成 Intel Hex 格式的機械碼或是翻譯成可連結的 OBJ 碼
- ◆ 目前101ASP 的範例程式是採用單一組合語言架構

單一原始組合語言檔的組譯方式



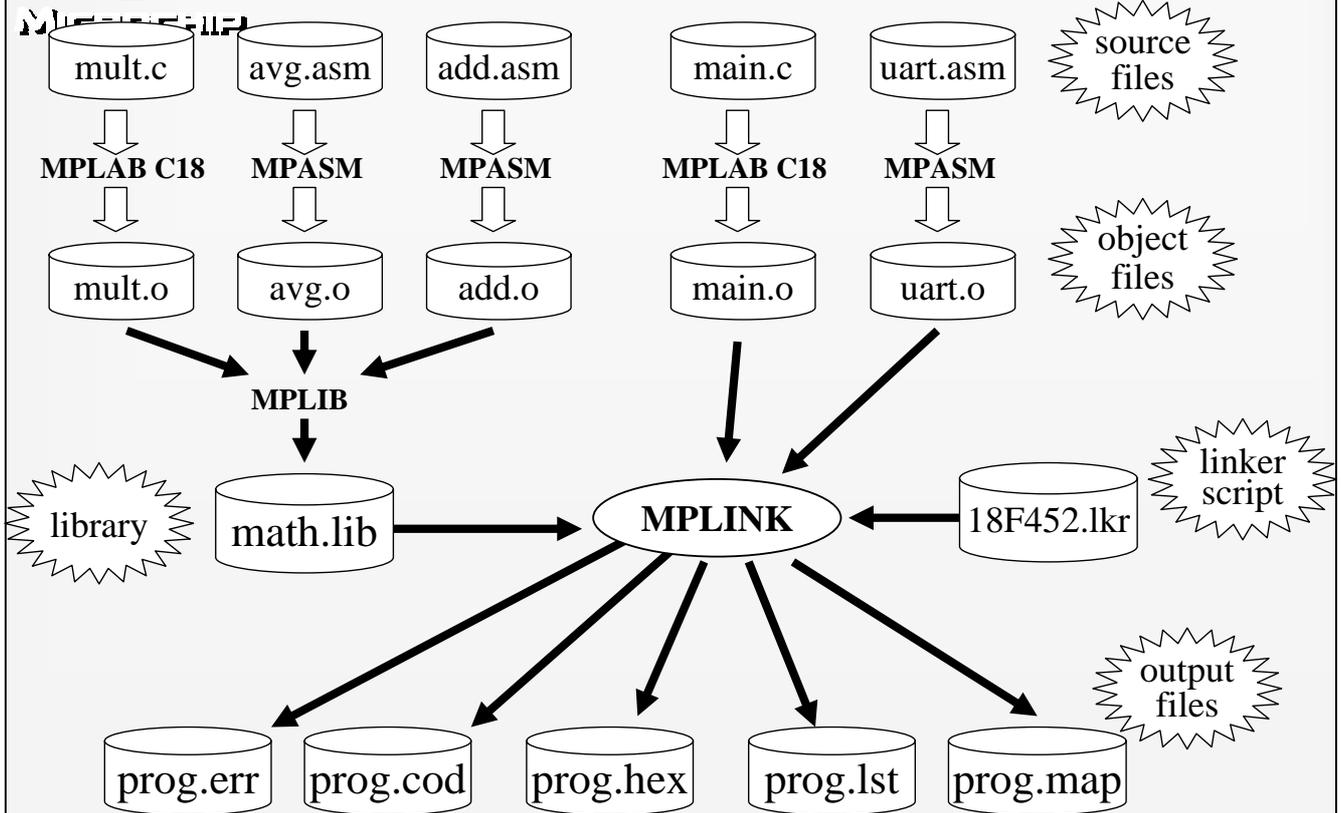
MICROCHIP

介紹 MPLINK

- ◆ 什麼是MPLINK?
 - MPLINK 是將組合語言的組譯(Assembler) 或 C-Compiler 所產生的 obj 檔加以連結並排定各程式及變數位址後，輸出一個可執行的 hex 檔
- ◆ MPLINK 能作做什麼？
 - ◆ 安排實際位址給程式(CODE)及資料(RAM)
 - ◆ 產生可執行檔 (HEX)
 - ◆ 安排堆疊位址及深度給 MPLAB C18
 - ◆ 提供 COD 檔以利程式偵錯
 - ◆ 讓程式更容易模組化
 - ◆ 連結資料庫 (Library)



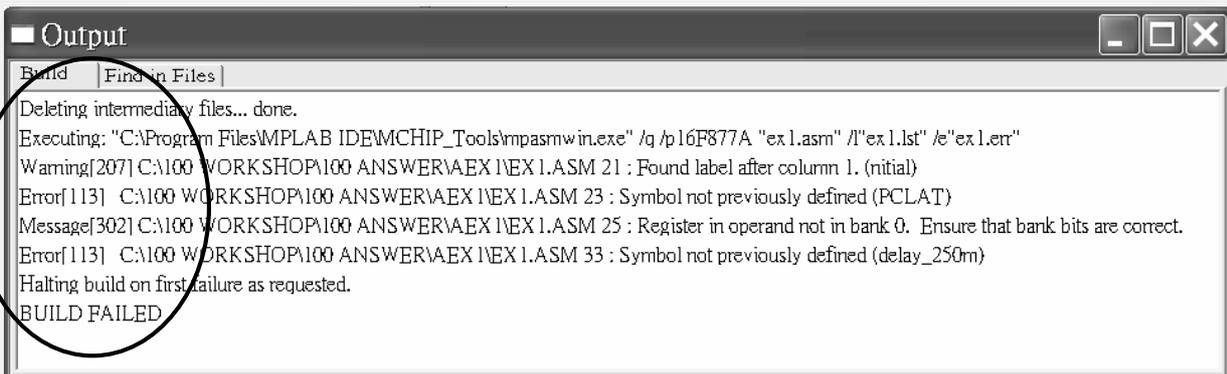
MPLINK 流程方塊



練習四：組譯原始程式

MICROCHIP

- ◆ 在 **Build Output** 視窗：
 - 什麼是 Make Project ?
 - 什麼是 Build All ?
 - 組譯的結果是 “Build Failed” 或 “Build completed successfully” ?
 - 組譯的結果有 “Message”、 “Warning”、 “Error” 怎麼辦?
 - 組譯成功後，會有那些檔案產生 ?





MICROCHIP

指令的執行時間

```

; This is delay subroutine for 1ms
; Oscillator Frequency : 4MHz
; ** 若使用16MHZ的操作頻率時,速度則快4倍

```

該指令執行所需的時間

VAL_US	EQU	.249			
	call	delay_1ms	; 2us		2us
	:				+
delay_1ms:					
	movlw	VAL_US	; 1us		1us
					+
	movwf	count	; 1us		1us
					+
dec_loop	nop		; 1us	} (1us+1us+2us)*248 + (1us+2us) = 995us	
	decfsz	count,f	; count=0, 2us		
			; count>0, 1us		
	goto	dec_loop	; 2us		+
	return		; 2us		2us

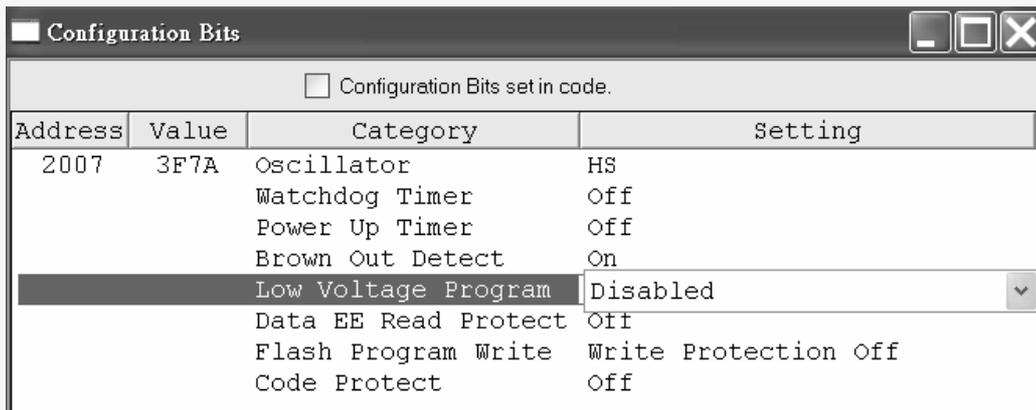
					1001us



MICROCHIP

MPLAB SIM 環境設定

- ◆ 在 MPLAB IDE 下選擇“軟體模擬”
 - Debugger → Select Tool → MPLAB SIM
- ◆ 設定系統執行的工作頻率為 16MHz
 - Debugger → Setting 下設定模擬頻率
- ◆ 檢查一下 Configuration Bits 的設定





MICROCHIP

練習五：寫個 Delay 的副程式 Ex5.ASM

- ① MPALB SIM 下設定模擬的頻率為 16MHz
- ① 利用前面提及的“虛擬指令的使用範例”來撰寫 Delay 的副程式
 - Delay 0.5mS 的副程式
 - Delay 10mS 的副程式 (利用 CALL Delay 0.5mS 的方式)
 - Delay 200mS 的副程式 (利用 CALL Delay 10mS 的方式)
 - 建立 Reset 向量起始位置及架構整個可執行的主程式
- ② 如何偵錯、測量 Delay 副程式 (使用軟體模擬)
 - Reset , Run , Halt , Step , Step Over
 - 設定軟體中斷點 , Watch Window 變數觀察
 - Stopwatch Window , Files Registers Window (RAM)



MICROCHIP

練習五 ex5.asm

; 請利用 Watch Window 的計時量測，填入延遲的值。

;

```
VAL_500US    equ    ???           ; 0.5ms delay value
VAL_10MS     equ    ???           ; 10mS delay value
VAL_200MS    equ    ???           ; 200mS delay value
;
```

1. EQU 內的常數要填入多少值才可以達到 Delay 的要求。
2. 先從 VAL_500US 的值先計算在填入，用軟體模擬達到 500uS 的延遲後再填入 VAL_10MS 的值。
3. 最後完成 VAL_200MS 的值。

解答在 ..\101_ASP\100 Answer\Aex5.asm



MICROCHIP

PIC16Fxxx 特殊功能概述



MICROCHIP

PIC16F877A 燒錄設定位元

CP	-	DEBUG	WRT1	WRT0	CPD	LVP	BOREN	-	-	PWRTEN	WDTEN	FOSC1	FOSC0
bit 1													bit 0

- ◆ 置放在程式位址 **0x2007**
- ◆ 設定元件工作模式
 - CP : Code Protection – 程式碼保護
 - DEBUG : Debug Mode – 除錯模式
 - WRT1~WRT0 : 允許程式記憶體用軟體方式寫入
 - CPD : Data EEPROM 保護位元
 - LVD : Low Voltage Programming – 低電壓偵測
 - BOREN : Brown Out Reset – 電源異常偵測
 - PWRTEN : Power Up Timer – 電源上電延遲計時器設定
 - WDTEN : Watchdog Timer – 看門狗計時器啟動設定
 - FOSC1~FOCS0 : Oscillator Mode – 振盪模式設定
- ◆ 錯誤的設定將導致 PIC 無法正常工作



MICROCHIP

PIC16 振盪器的選項

XT	一般頻率石英振盪電路設定模式	100kHz - 4MHz
HS	高頻率石英振盪電路設定模式	4MHz - 20MHz
LP	低頻率石英振盪電路設定模式	5kHz - 200kHz
RC	使用外部 RC 振盪器	DC - 4MHz
INTRC	使用內建 RC 振盪器	4 or 8 MHz \pm 2%

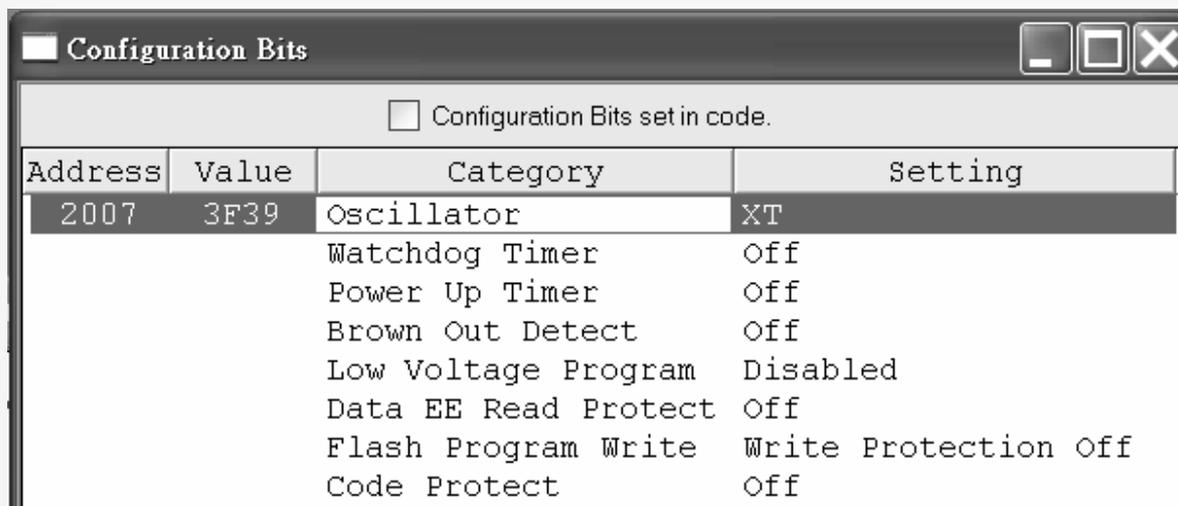
- ◆ 提供多樣的振盪器選擇方式，讓設計更加彈性：
 - LP 振盪模式提供了低功耗功能
 - RC 或 INTRC 振盪模式提供了低成本的效益
 - XT 提供一般使用的工作頻率
 - HS 提供需高速處理所需的工作頻率
- ◆ 速度範圍參考資料手冊所建議的範圍



MICROCHIP

設定 Configuration Word 的方式

- ◆ 直接在 MPLAB IDE 下設定
 - 先確定 MPLAB IDE 使用的元件名稱
 - MPLAB IDE 目錄下：Configure → Configuration Bits
 - 取消 Configuration Bits Set in code





MICROCHIP

程式設定 Configuration Word

- ◆ 一般會建議利用程式內建 **Config.** 方式來設定
 - 編譯過後，**HEX** 檔會有設定值的存在
 - 避免燒錄時的人為設定上的選擇錯誤
- ◆ 使用虛指令 **__config** 的設定指令
 - 參考 C:\Program Files\Microchip\MPASM Suite\Template\Code 裡的 16f877a.tmp 裡的範例
 - 相關設定的定義字參考 inc 檔

```
list          p=16f877A           ; list directive to define processor
#include      <p16f877A.inc>       ; processor specific variable definitions

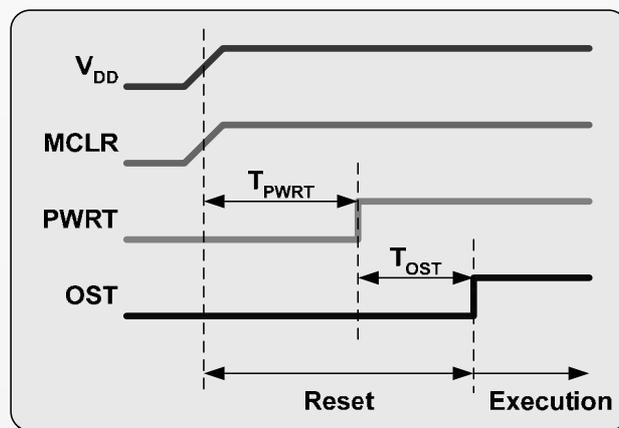
__config     _CP_OFF & _WDT_OFF & _BODEN_OFF & _PWRTE_ON
            & _HS_OSC & _WRT_OFF & _LVP_OFF & _CPD_OFF
```



MICROCHIP

POR, OST, PWRT

- ◆ **POR: 電源開機重置**
 - MCLR 腳接到 V_{DD} ，當 V_{DD} 上升時會產生重置動作 (Reset)
- ◆ **PWRT: 電源上電延遲計時器**
 - 偵測到電源開機後(POR)，自動延遲72mS以確保MCU可以在工作電壓下執行
- ◆ **OST: 振盪器穩定計時器**
 - HS, XT, LP 三種振盪模式的啟動穩定延遲，自動計數 1024 的 Cycles 後送出震盪信號給 MCU。(不適用在 RC 模式) 只在 POR 啟動後及喚醒睡眠模式下會做此動作確保頻率的穩定





MICROCHIP



MICROCHIP

使用 MPLAB ICD2 除錯



MICROCHIP

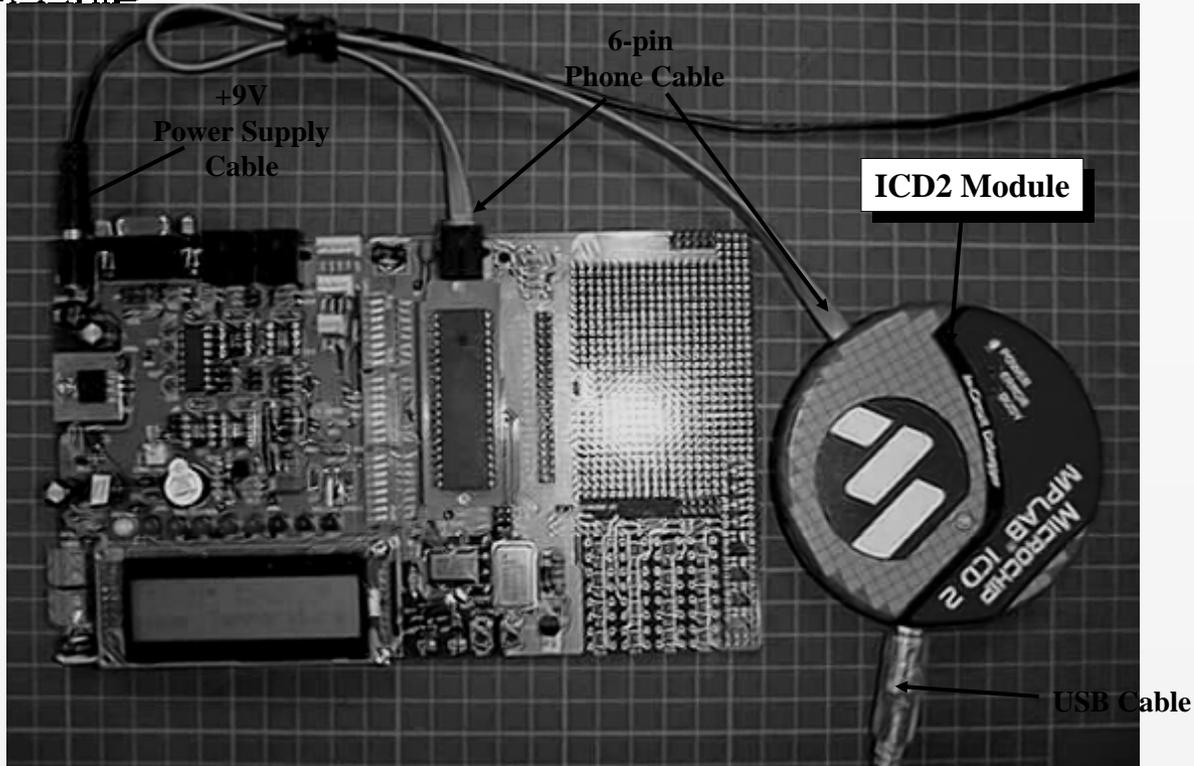
MPLAB-ICD2 功能

- ◆ 全速執行
- ◆ 單步執行
- ◆ 單點硬體中斷
- ◆ 變數觀察，原始程式除錯等級
- ◆ 快速載入程式到模擬元件
- ◆ 可當模擬元件的燒錄工具
- ◆ 工作電壓：2.5V to 5.5V
- ◆ 頻率範圍：32KHz to 20MHz
- ◆ RS-232 或 USB 介面
- ◆ 價格便宜
- ◆ 直接使用在 MPLAB IDE



MICROCHIP

MPLAB-ICD2 配線圖



Microchip Technology Taiwan

Slide 104

101ASP



MICROCHIP

MPLAB-ICD2 注意事項

- ◆ ICD2 佔用一層堆疊, 使用者只可使用七層堆疊
- ◆ 程式位址 (0x1F00-0x1FFF) 保留給監督程式使用
- ◆ 程式位址 0x0 必須填入“NOP”指令
- ◆ RB6 & RB7 保留給 ICD 做除錯用
- ◆ Data Memory 0x70 , 0x1EB – 0x1EF 等六個 RAM 將被佔用 !!
- ◆ MCLR pin 會出現 13V 的電壓 (thru a 1kohm resistor)

Microchip Technology Taiwan

Slide 105

101ASP

使用 MPLAB-ICD2

- ◆ 有關使用 ICD2 的詳細步驟，請參閱：
 - MPLAB IDE v6.10 中文使用手冊，第五章
- ◆ 使用 ICD2 時，務必重新載入目前所使用MPLAB IDE 版本的 ICD2 Firmware 以確保 ICD2 能與 MPLAB IDE 相容
 - 先點選“Debugger → Select Tool → MPLAB ICD2”
 - 再點選“Debugger → Download ICD2 Operating System”



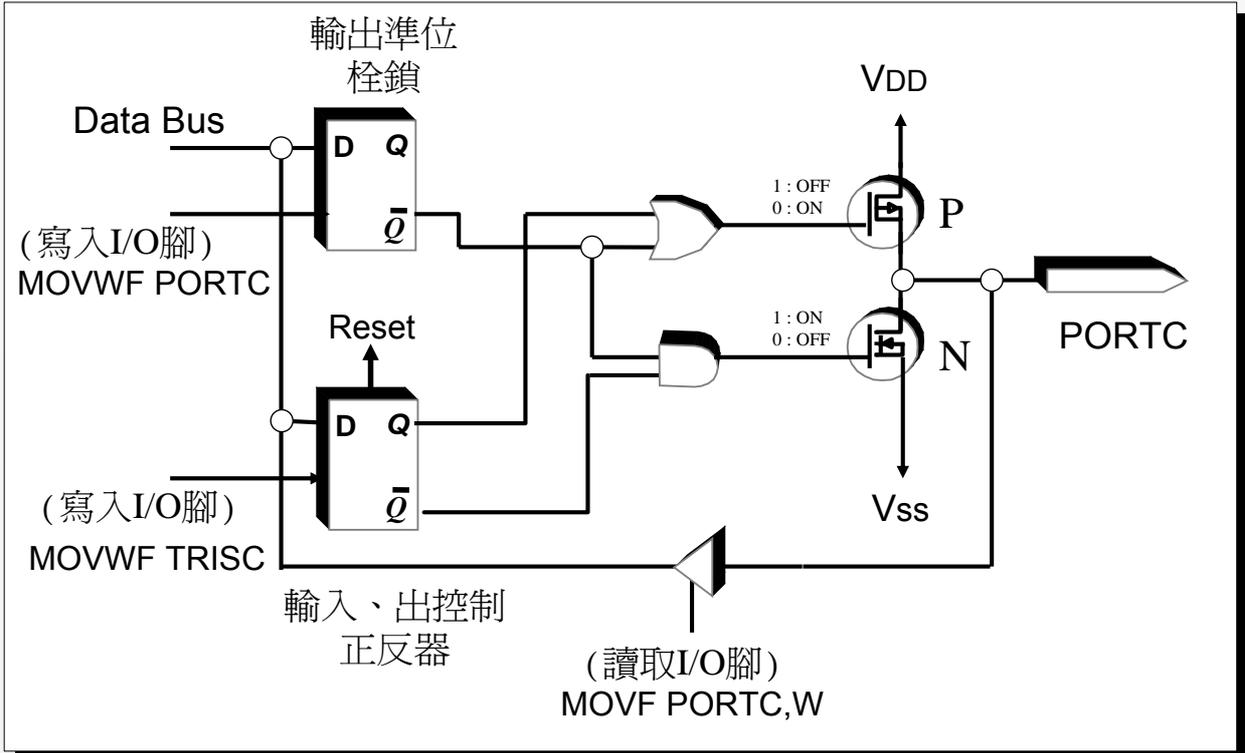
MICROCHIP

基本 I/O 控制



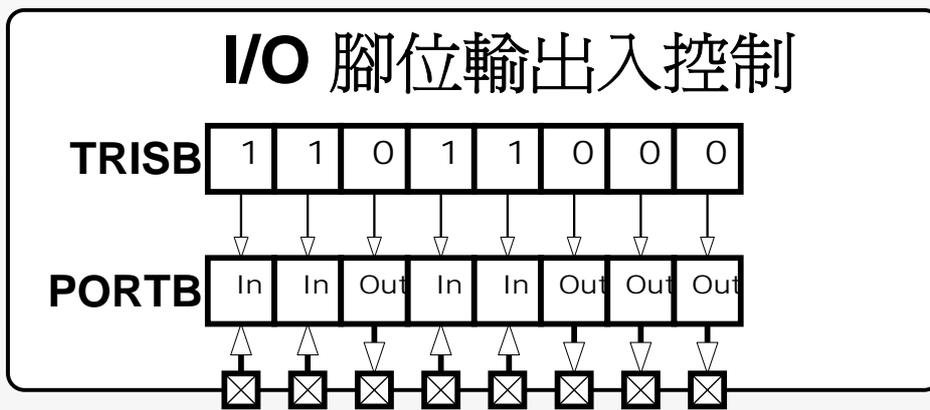
MICROCHIP

基本 I/O 操作



MICROCHIP

I/O Ports



- ◆ TRISx 暫存器控制著相對應的 PORTx 的輸出入功能，而且是對應到每一個位元控制
- ◆ 1 = Input, 0 = Output



MICROCHIP

設定 I/O Pin

- ◆ 試著將 I/O (PORT) 視為一個暫存器 (RAM) 來操作
- ◆ TRIS_x 為 I/O 輸出或輸入的控制暫存器
 - 檢查一下，PORT_x 與 TRIS_x 所在的位址有何不同？
 - 要設定 PORT_x 為輸出時，則將相對應的 TRIS_x 設定為“0”
 - 要設定 PORT_x 為輸入時，則將相對應的 TRIS_x 設定為“1”

例：將 PORTD 的 RD0-RD3 為輸出腳，RD4-RD7 為輸入腳
並使 RD0-RD3 送出“1, 0, 1, 0”的準位。

```
clrf      PORTD
banksel  TRISD
movlw    B'11110000'
movwf    TRISD
banksel  PORTD
movlw    B'00000101'
movwf    PORTD
```



MICROCHIP

PORTD 直接驅動 LED

- ◆ PIC16F877A I/O Port 基本電氣規格
 - IC V_{DD} pin 最大電流：250mA
 - IC V_{SS} pin 最大電流：300mA
 - 每個 I/O pin 最大驅動 / 吸入電流：25mA
- ◆ 常見 I/O Port 的名詞解釋
 - 什麼是 V_{OL}
 - 什麼是 V_{OH}
 - 什麼是 V_{IL}
 - 什麼是 V_{IH}
 - 什麼是 I_{IL}
 - Min, Typical, Max 所代表的意義



練習六：基本 I/O Port 控制

Ex6.ASM

- ◆ 確定選擇 HS 振盪模式，使用 16MHz Crystal
 - 16 MHz Crystal 上方有三個 Jumper
 - JP1 (XTAL) & JP2 (XTAL) 短路，JP3 (OSC) 需空接
- ◆ 將練習五完成的 200mS 延遲副程式，作為延遲時間的基準
- ◆ 設計一個程式能將 PORTD 的 LED 從“零”開始每隔 200mS 自動加一
- ◆ 利用 ICD2 來進行除錯
 - 設中斷點、變數觀察視窗



MICROCHIP

練習六 ex6.asm

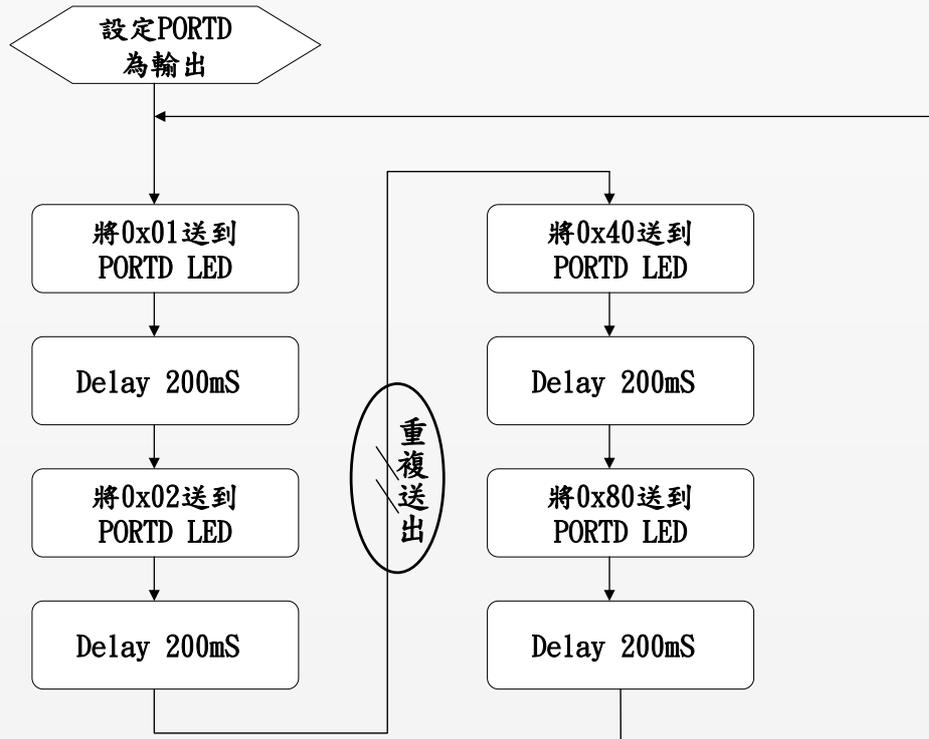
```
***** Main *****
;
start:
    banksel TRISD          ; Set PORTD for output port
    ;
    ;
    banksel PORTD         ; Clear PORTD
    ;
    ;
    Inc_LED
    ;
    ;
    ;
    goto Inc_LED
```

解答在 ..\101_ASP\100 Answer\Aex6.asm



MICROCHIP

簡單的跑馬燈控制流程



Microchip Technology Taiwan

Slide 114

101ASP



MICROCHIP

練習七：基本跑馬燈控制

Ex7.ASM

- ◆ 以練習六為程式架構，仍以 **200mS** 延遲副程式作為控制跑馬燈的移位的時間基準
- ◆ 設計一個程式能將 **PORTD** 的 **LED** 從最左邊的 **(b0)** 每隔 **200mS** 自動向右移一位
- ◆ 當**LED**亮到最後一位時**(b7)**，重新從**b0**開始
- ◆ 利用 **ICD2** 來進行除錯
 - 設中斷點、變數觀察視窗

Microchip Technology Taiwan

Slide 115

101ASP



MICROCHIP



MICROCHIP

了解旗號的意義與用法



MICROCHIP

狀態暫存器 (旗號)

IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C
bit 7							bit 0

IRP: 索引定址時的 BANK 選擇位元 (索引時的單一BANK為256Bytes)

0 = Bank 0, 1 1 = Bank 2, 3

RP1:RP0: 暫存器頁的切換選擇，配合直接定址模式使用

__00 = Bank 0, 01 = Bank 1, 10 = Bank 2, 11 = Bank 3

TO: 看門狗計時器溢位旗號

__0 = A WDT time-out occurred, 1= Power-up, CLRWDT or Sleep Instruction

PD: 掉電指示旗號

0 = SLEEP instruction executed, 1= Power-up, CLRWDT Instruction

Z: 零旗號

1 = Result of arithmetic operation is zero

DC: 半進位旗號

1 = Carry out of 4th low order bit occurred / No borrow occurred

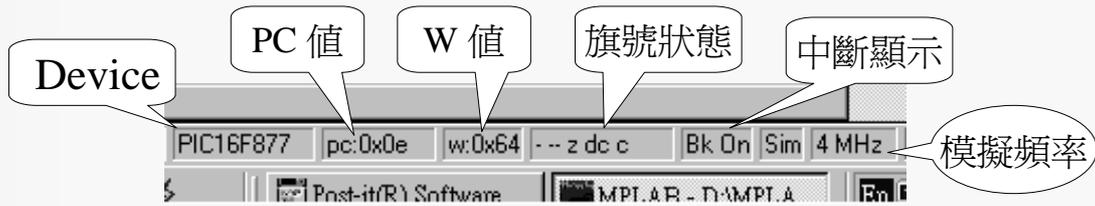
C: 進位/借位旗號 (減法採 2's 運算)

1 = Carry out of MSb occurred / No borrow occurred



MICROCHIP

旗號的功能



◆ 旗號的主要功用：

- 在程式中用來判斷數值、變數的比較結果
- 程式中的迴圈控制
- 狀態的判斷以決定程式執行的路徑
- 數學運算或數值轉換時有關進位、借位、半進位、有號數及溢位的處理

◆ MPLAB IDE 的旗號顯示 (大寫表示為 1)：

- C / c - 進位 或 借位旗號
- Z / z - 零旗號
- DC / dc - 半進位旗號



MICROCHIP

C 旗號的改變

◆ C - 進位旗號

➢ 執行加法時 (結果有進位時 C=1)

例一：假設 W reg. = 9A 時，執行 “ADDLW 0x80” 後，C = ??

假設 W reg. = 3F 時，執行 “ADDLW 0x80” 後，C = ??

➢ 執行減法時 (結果無借位時 C=1)

例二：假設 W reg. = 9A 時，執行 “SUBLW 0x80” 後，C = ??

假設 W reg. = 3F 時，執行 “SUBLW 0x80” 後，C = ??

(執行減法時，注意誰是被減數、誰是減數)

➢ 執行旋轉指令

例三：假設 Reg. 30的內容= AA & C = 1 時，執行 “RLF 0x30, W” 後，C = ??，W Reg. 的 bit0 = ??

假設 Reg. 30的內容= AA & C = 1 時，執行 “RRF 0x30, W” 後，C = ??，W Reg. 的 bit0 = ??



Z 旗號的改變

- ◆ 會影響 Z 旗號的指令共有十六個，一般而言只要會改變運算結果的指令均可能會影響 Z 旗號

例如: 算數指令、邏輯指令、旋轉指令、清除指令
MOVF, COMF, DECF, INCF

- ◆ 一般而言只要運算結果為零則 Z=1

例：假設 W reg. = 55 時，執行 “ANDLW 0xAA” 後，Z = ??
假設 W reg. = 3F 時，執行 “SUBLW 0x3F” 後，Z = ??

- ◆ 不會影響 Z 旗號的特殊指令

例如: MOVWF, SWAPF, MOVLW



DC 旗號的改變

- ◆ 一般稱之為“半進位旗號”，發生的原因則是當做算數運算結果有發生較低的位元組 (b3:b0) 有進位產生時，則 DC = 1。

- ◆ 會影響 DC 旗號的指令

➢ ADDWF, SUBWF, ADDLW, SUBLW

- ◆ 在普通情形下，很少會使用到半進位旗號，只有在做十進制的運算才會使用，利用 DC 旗號來決定其結果是否還需做加六的調整以符合十進制的結果。

例：BCD 的加、減法

如何運用旗號

- ◆ 利用減法指令來做數值大、小的比較：
 - 若 F reg. 減 W reg. (SUBWF F,W)

C 旗號	Z 旗號	比較結果
1	0	F > W
0	0	F < W
1	1	F = W

- 若需判斷 $F \geq W$,可直接測試 $C = 1$ 即可 (Z 可忽略)
 - 若要判斷 $F \leq W$,就必須要先可測試 $C = 0$, $Z = 1$ 兩條件同時成立
- ◆ 利用旋轉指令來改變 C 旗號，可執行位元的檢測
 - ◆ 超過 8 bit 的加、減法別忘記 C 旗號的意義

練習八：基本旗號控制

Ex8.ASM

- ◆ 將練習七的程式改寫：
 - 將 PORTD LED 顯示方式改用旋轉指令，並檢查進位旗號是否已被設定，來決定程式是否重新再執行一次
 - Delay 200mS 不變
 - 相同的功能，程式是否變小了？



MICROCHIP

練習八 ex8.asm

```
LED_Start      bcf      STATUS,C
                movlw   b'00000001'
                movwf  PORTD
;
;----- 利用旋轉指令改寫程式 -----
;
LED_Next
;              ?????   延遲200mS
;              ?????   旋轉 PORTD
;              ?????   測試 C 旗號
;              ?????   如果C=0 的話
                goto   LED_Start
```

解答在 ..\101_ASP\100 Answer\Aex8.asm



MICROCHIP

練習九：設計一霹靂燈

Ex9.ASM

- 設定 PORTA 的 RA4 為輸入腳 (按鍵)
 - 注意 “PORTA & PORTE” 初始設定為 A/D 輸入

- 將顯示值 “b'00000111” 輸出到 PORTD，若 RA4 = 1 (按鍵放開) 則每隔 0.1SEC 向左移一位 (一次移 8 個位元)，RA4 = 0 (按鍵按下) 則每隔 0.1SEC 向右移一位。
注意：Carry 旗號 是否受其它程式影響而消失？



MICROCHIP

練習九 ex9.asm

```

start:
        movlw  SHIFT_VAL
        movwf  PORTD
;
test_rb0    btfss  RA4           ; Check RA4 press ?
            goto   led_right    ; Yes, RA4 closed, b0-->C-->b7
;
; ----- 判斷是左移或是右移 -----
;
led_left
;          ????                ; No, RA4 is open, B7-->C-->b0
;          ????                ; Call 200mS delay routine
;          ????
;
led_right
;          ????                ; Yes, RA4 closed, b0-->C-->b7
;          ????                ; Call 200mS delay routine
;          ????
;

```

解答在 ..\101_ASP\100 Answer\Aex9.asm



MICROCHIP



MICROCHIP

可調整速度的霹靂燈設計

附加進階練習



MICROCHIP

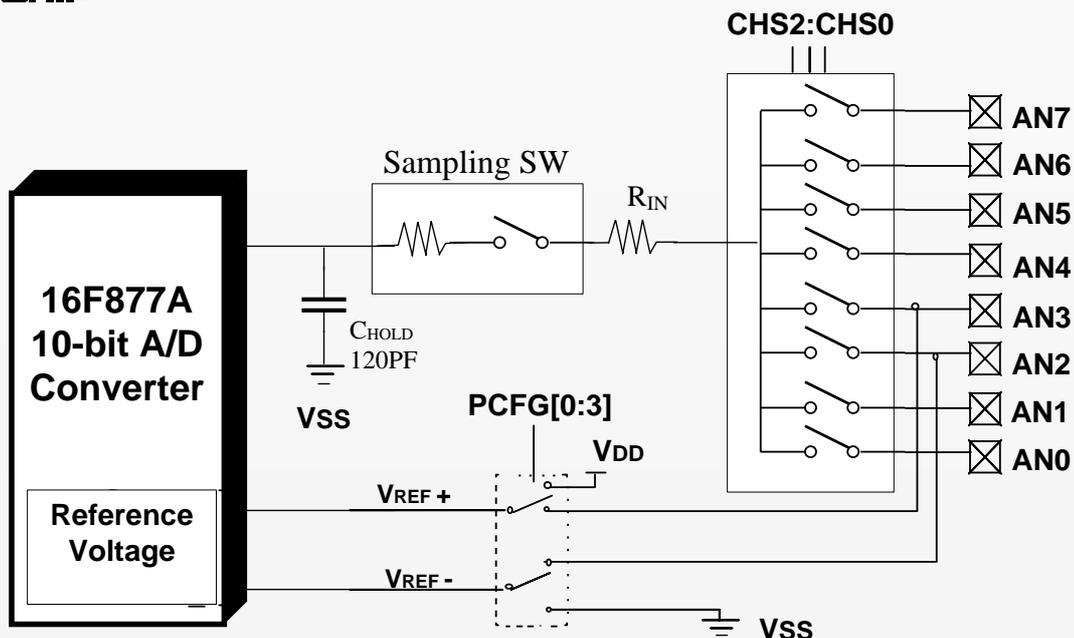
PIC16F877A 10-bit A/D 轉換器

- ◆ 8 組類比轉換多工輸入選擇，10 bits 解析度
- ◆ 類比輸入取樣時間：20 μ S (輸入阻抗 <10 K)
- ◆ 類比輸入轉換時間：19.2 μ S (12 T_{AD})
- ◆ 10-bit 解析度時，只有一位元的誤差
- ◆ 允許使用外部參考電壓：VREF+ & VREF-
- ◆ 轉換的結果允許自動向左、向右對齊修正
- ◆ 完整的轉換時間共須 39.2 μ s
 - 如輸入腳位固定，其轉換時間只需：29.2 μ s



MICROCHIP

10-bit A/D 方塊圖



注意：我是 SAR 的架構，所以要有取樣時間的延遲來讓電容充飽電
不然我會不準 或 會有相互干擾的現象



MICROCHIP

A/D 控制暫存器

ADCON0 Register

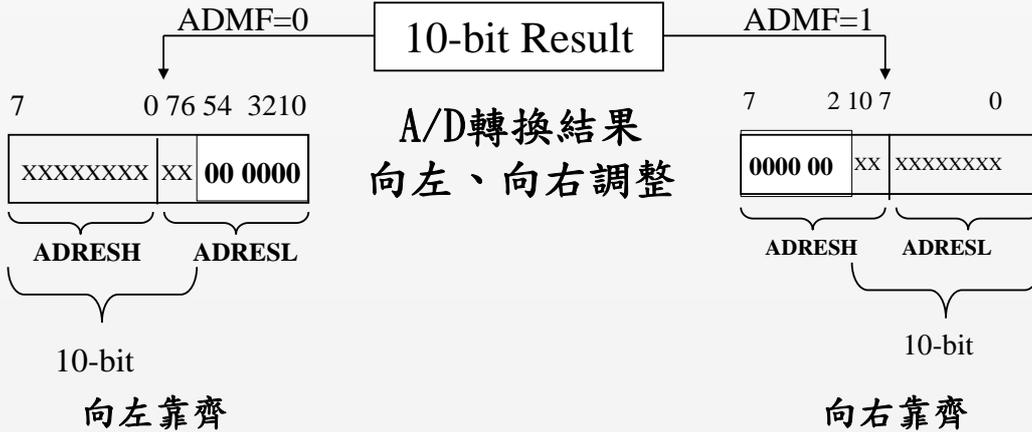
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	---	ADON
-------	-------	------	------	------	---------	-----	------

bit7

bit0

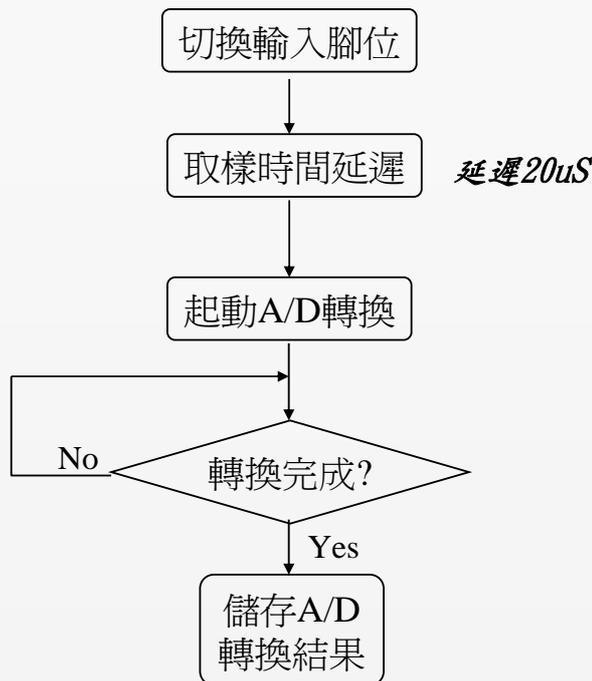
ADCON1 Register

ADFM	ADCS2	----	----	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG1
------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------



MICROCHIP

A/D 轉換基本流程





MICROCHIP

A/D 轉換程式

```
main    banksel  TRISD
        clr     TRISD           ; Set PORTD for LED Output Port
        movlw  b'00000111'     ; Disable the Analog Comparator
        movwf  CMCON
        movlw  b'00001110'     ; Select AN0 for the A/D input
        movwf  ADCON1
        banksel  ADCON0
        movlw  b'10000001'     ; Enable A/D converter module
        movwf  ADCON0
Loop    call    Convert
        movwf  PORTD           ; Put the A/D result on LED
        goto   Loop
;
Convert:
        call   Delay_20uS     ; Delay for sample hold
        bsf   ADCON0,GO       ; Start convert A/D
AD_Loop btfsc  ADCON0,GO       ; Completed?
        goto   AD_Loop        ; No, loop test.
        movf  ADRESH,W        ; Yes, save the A/D result to W reg.
        return
```



MICROCHIP

練習十：以 VR 來控制霹靂燈 旋轉的速度 (Ex10.ASM)

進階題：是否可在加入 VR (可變電阻)來控制
跑馬燈移動的速度？

- 按鍵仍控制 LED 左、右旋轉
- VR 接在 A/D的 CH0 (RA0)
- 注意 BANK 的切換

- 注意：先將 PORTA 的比較器關閉
- CMCON [CM2,CM1,CM0]=111



MICROCHIP

Thank You

別忘了填寫問卷調查表