使用Microchip 組合語言編譯器

MPASM

&

MPLINK

MICROCHIP

認識 MPASM & MPLINK

www.microchip.com

自行下載

什麼是 MPASM

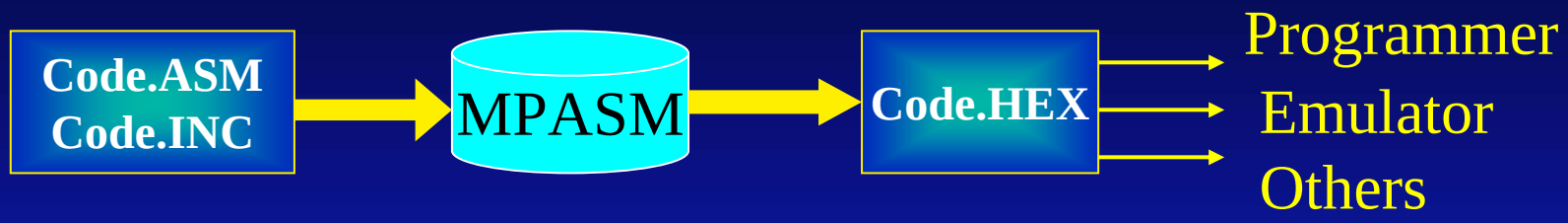
- MPASM 就是Microchip PICmicro Assembler
  - 單一原始檔案格式
    - 將組合語言直接翻譯成hex格式的機械碼
  - 多原始檔案格式
    - 將組合語言翻譯成object 格式的檔案，該檔案須經連結器(linker)再產生hex格式的機械碼

什麼是 MPLINK

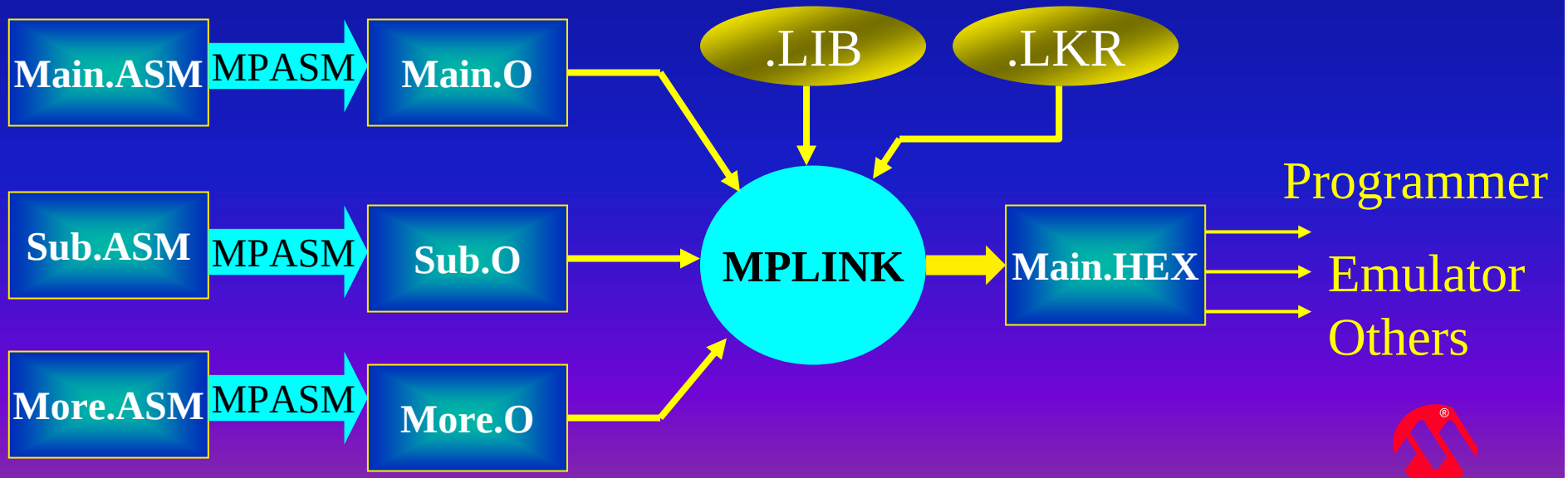
- MPLINK 就是Microchip PICmicro Linker
  - 依據連結描述檔的需求對所輸入的obj檔案統一規劃處理
    - 聯結資料庫
    - 安排變數(RAM)位址
    - 安排程式(ROM)位址
    - 產生唯一的hex格式的機械碼

MPASM 組譯流程

- 單一原始組合語言檔 (.ASM → .HEX)



- 多原始組合語言檔 (.ASM → .OBJ → .HEX)



MPASM Input/Output Files

- .asm - 原始組合語言輸入檔
- .lst - 組譯完成後的列印輸出檔
- .err - 組譯錯誤提示輸出檔
- .hex - 16進制 ASCII 的輸出檔 (Intel Hex)
  - @ INHX8M - Intel 8-bit HEX Format (16C5x, 16C6x/7x)
  - @ INHX32 - Intel extended 32-bit address HEX format
- .cod - MPLAB IDE 除錯專用檔案
- .o - 可重新定址的目的檔

MPLINK Input/Output Files

- .o - 可重新定址的目的檔
- .lib - 資料庫檔，由 MPLIB建立、MPLINK來連結
- .lkr - 連結描述輸入檔
- .cof – 暫存檔，用來產生.cod，.hex 及 .lst 等檔案
- .cod - MPLAB IDE 除錯專用檔案
- .map – 記憶體位址配置表
- .lst - 組譯完成後的列印輸出檔
- .hex - 16進制 ASCII 的輸出檔 (Intel Hex)

MPLAB IDE - 整合式的發展環境

MPLAB®

Integrated Development Environment

內含多功能
程式編輯器

單一系統專案
管理模式

原始檔案程式
偵錯功能

語言工具	軟體模擬	模擬器及除錯器	燒錄器	協力廠商 支援工具
MPASM™ Assembler	MPLAB SIM Sofware Simulator	MPLAB REAL ICE	PICkit 1 PICSTART® Plus	Compilers IAR, Hi-Tech, CCS, ME Labs, Green Hills
MPLINK™ MPLIB™		MPLAB ICE 2000 & 4000	MPLAB PM3	Real-time Operating Systems CMX, Vector, Realogy, Express Logic
MPLAB C18 MPLAB C30 MPLAB C32	PICkit 2 MPLAB ICD 2			MATLAB Live Devices, CMX, Momentum Data Systems

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

MICROCHIP

執行 MPASM 的方式

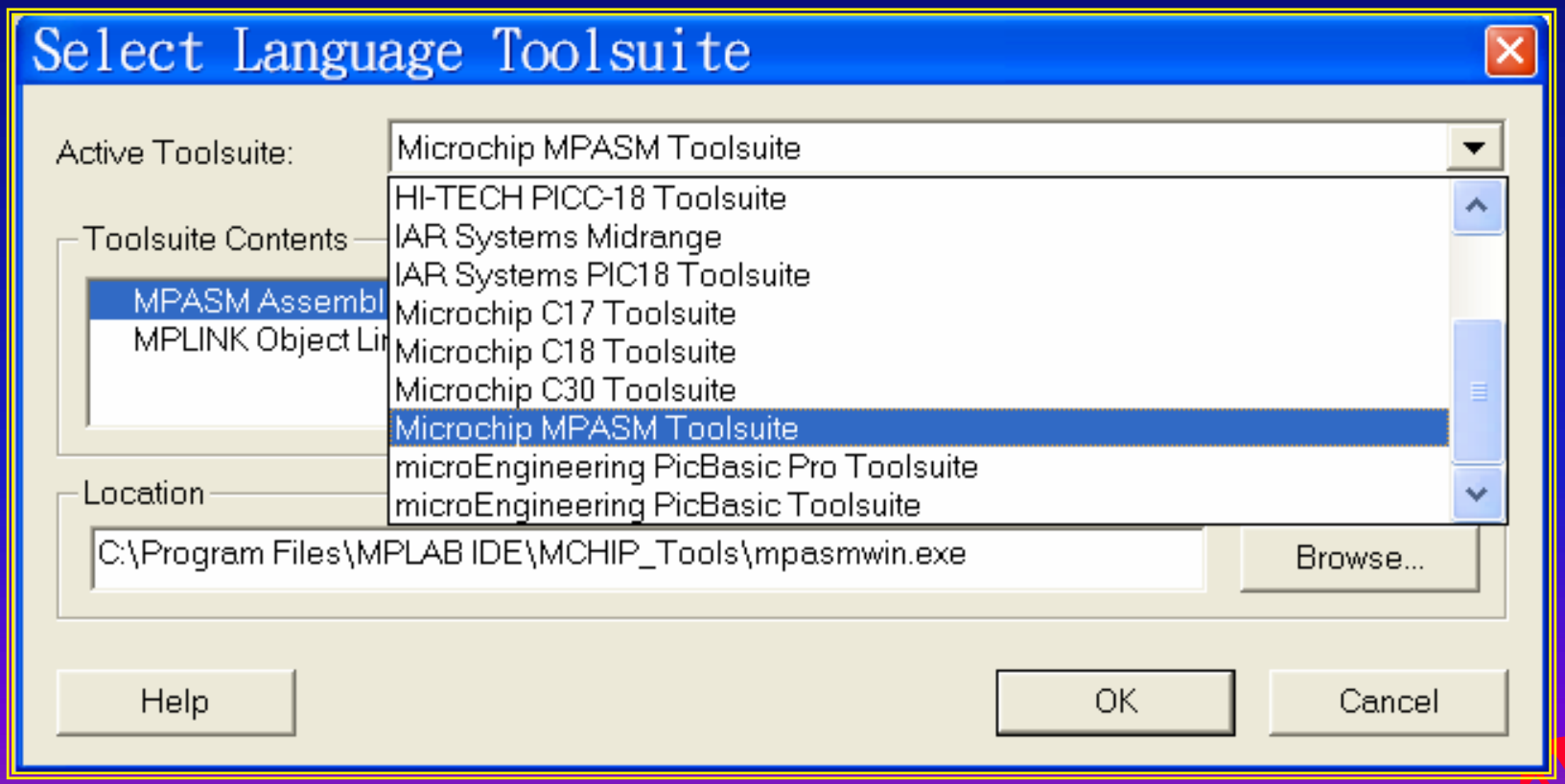
- 直接在 Windows 下執行 mpasmwin.exe
  - C:\Program Files\MPLAB IDE\MCHIP_Tools
- 在 MPLAB IDE 開發平台下叫用 MPASM
  - 建立 Project
  - 撰寫組合語言
  - 利用 Build 功能組譯組合語言

直接在Windows下執行MPASM

- C:\Program Files\MPLAB IDE\MCHIP_Tools\mpasmwin.exe

MPLAB IDE 選用 MPASM 組譯工具

- 在MPLAB IDE 主目錄下選擇
  - Project → Set Language Toolsuite…



組合語言的格式

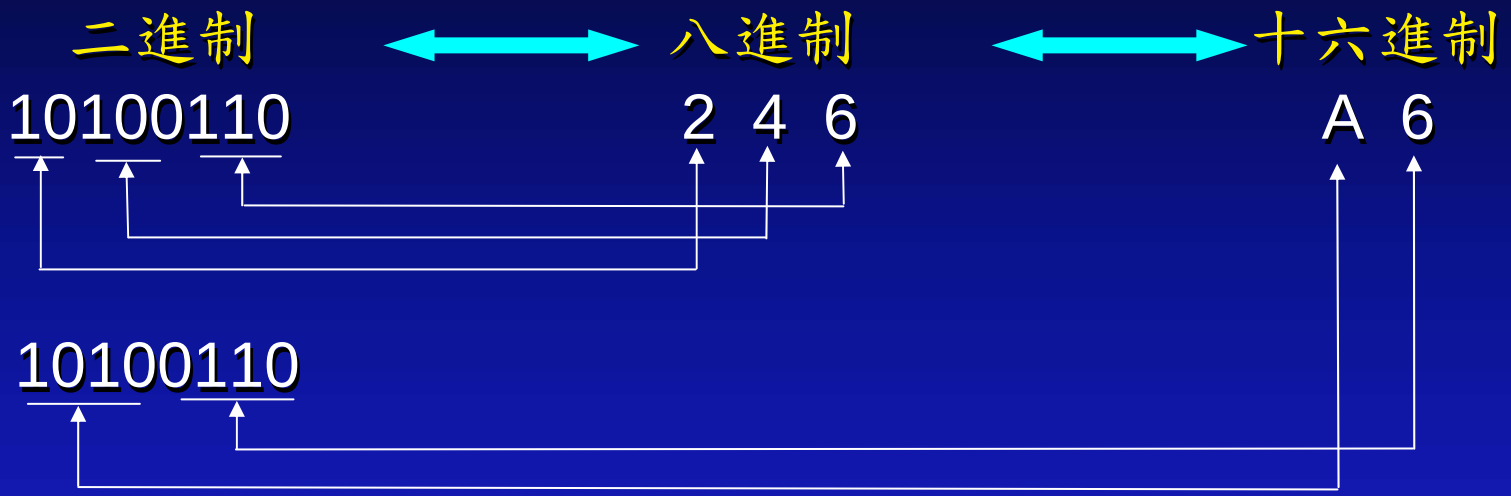
數值的表示

指令集

常數值的載入

數值、數字 及 字元 的表示

- 進制的互換
  - 二進制 ⟷ 八進制 ⟷ 十六進制



  - 十六進制 ⟷ 十進制

十六進制		十進制
A 6	(A*16+6=166)	166

  - 十六進制 ⟷ 字元

十六進制	字元
41	A
61	a

（數值、數字）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)
- 八進制表示(Octal): O'<八進制數目>'
  - MOVLW O'133' ; 載入常數 $133_{(8)}$ to W Reg.
  - Const1 EQU O'300' ; Const1 = 300 (八進制)

（字元、字串）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
- 字串(STRING): "字串"
  - DT "Baud Rate = " ; 定訂查表字串為 "Baud Rate"

組合語言的語法格式

- 標記欄 (Labels)
- 指令助憶欄 (mnemonics)
- 運算欄 (operands)
- 註解欄 (comments)

```
;
;     Sample MPASM Source Code.      For illustration only
;
                    list        p=16f54
Dest                equ         h'0B'
                    org         h'1FF'
                    goto        Start
                    org         h'000'
Start               movlw       h'0A'           ; Load 0x0a to WREG
                    movwf       Dest            ; Store 0x0a to Dest
                    bcf         Dest,3
                    goto        Start
                    end
```

標記欄（Labels）

- 標記欄 (Lable) - 程式位址的助憶標記
  - 必須放在該行的第一個位置
  - 標記開頭必須是英文字母或“_”
  - 標記文字不可超過 32 個字
  - 字母大、小寫為不同的定義 (Default)

```
port_set        clrf        PORTC
                movlw       B'00001111'
_input:         movwf       PORTB
output
                clrf        PORTA
                goto        port_set
```

指令與運算欄（operands）

- 指令(虛擬指令) 和 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
            ;

                            addwf           var_count , 0
                            addwf           var_count , 1
建議語法                    addwf           var_count , F
                            addwf           var_count , w
```

PICmicro MCU 指令集
(14-bit core 共35個指令)

位元組操作指令集

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

位元操作指令集

BCF	f,b	Bit clear f
BSF	f,b	Bit set f
BTFSC	f,b	Bit test f, skip if clear
BTFSS	f,b	Bit test f, skip if set

立即數及控制指令集

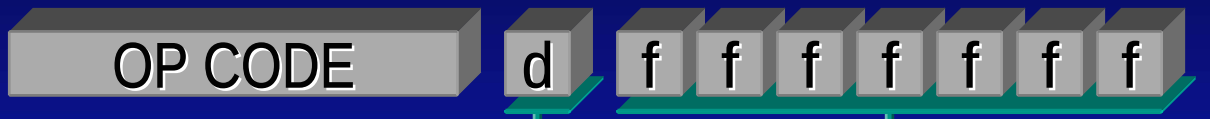
SLEEP	-	Go into standby mode
CLRWDT	-	Clear watchdog timer
RETLW	k	Return, place literal in W
RETFIE	-	Return from interrupt
RETURN	-	Return from subroutine
CALL	k	Call subroutine
GOTO	k	Go to address (k is 9-bit)
MOVLW	k	Move literal to W
IORLW	k	Inclusive OR literal with W
ADDLW	k	Add literal with W
SUBLW	k	Subtract W from literal
ANDLW	k	AND literal with W
XORLW	k	Exclusive OR literal with W

f = 暫存器, k = 8 位元的常數, b = 位元定址位置 <0,7>, d = 儲存的位置 (0= W, 1= F(預設值))

位元組操作指令集

位元組操作指令集	
NOP	-
MOVWF	f
CLRW	-
CLRF	f
SUBWF	f,d
DECF	f,d
IORWF	f,d
ANDWF	f,d
XORWF	f,d
ADDWF	f,d
MOVF	f,d
COMF	f,d
INCF	f,d
DECFSZ	f,d
RRF	f,d
RRL	f,d
SWAPF	f,d
INCFSZ	f,d

14 位元指令 – 位元組操作指令說明



d = 儲存目的控制位元

- d = 0， 存到 W
- d = 1， 存到 F

f = 7 個位元的定址，指到欲操作的暫存器位址

Example:

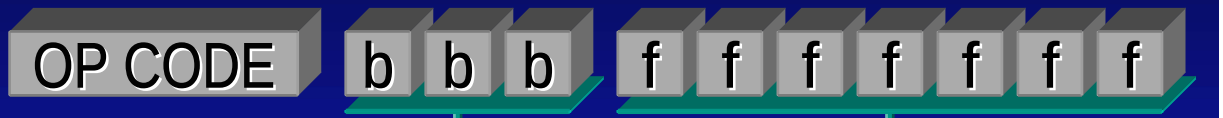
```
ADDWF   REG, W
ADDWF   REG
```

位元操作指令集

位元操作指令集

BCF f,b
BSF f,b
BTFSC f,b
BTFSS f,b

14 位元指令 – 位元操作指令說明



b = 3 個位元的定址，指到欲運算的位元

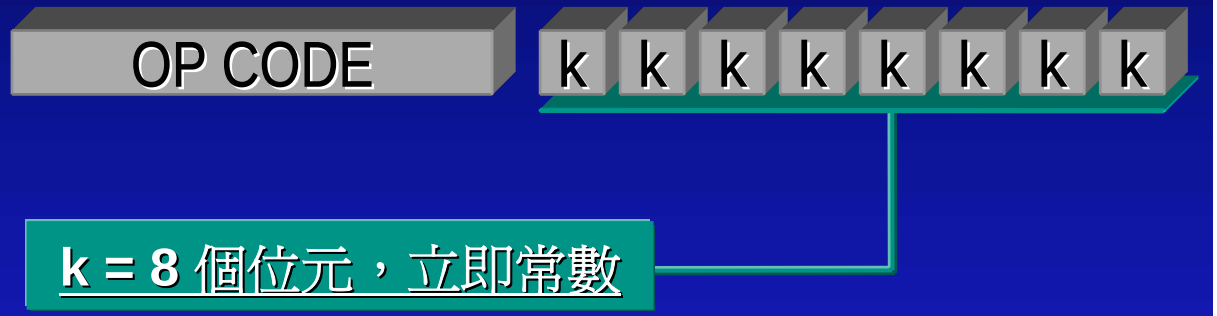
f = 7 個位元的定址，指到欲操作的暫存器位址

Example:
BTFSC STATUS, Z
BTFSC PORTC,3

立即數運算指令集

立即數運算指令集	
MOVLW	k
IORLW	k
ADDLW	k
SUBLW	k
ANDLW	k
XORLW	k

14 位元指令 – 位元操作指令說明



Example:

MOVLW 0x2F

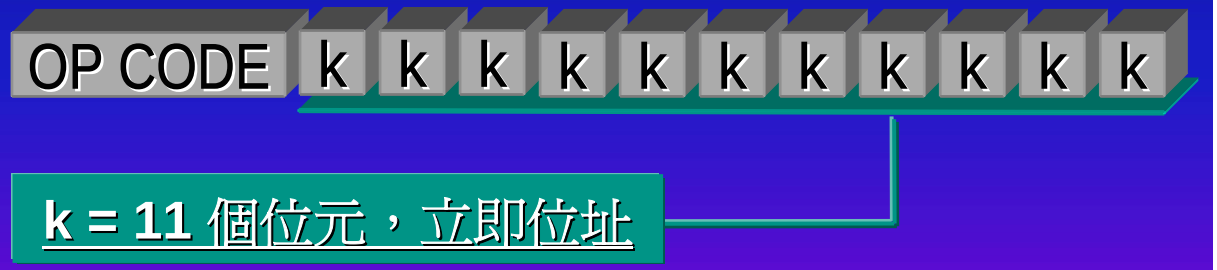
MOVLW k

控制指令集

控制指令集	
SLEEP	-
CLRWDT	-
RETLW	k
RETFIE	-
RETURN	-
CALL	k
GOTO	k

14 位元指令 – 控制指令說明 RETLW

14 位元指令 – 控制指令說明 CALL K、 GOTO K



CALL K，GOTO K 只能指到 11 個有效位址，故直接定址能力只有 2K的範圍
故需配合 PCLATH 的 bit [3:4] 以擴展程式位址到 8K 的範圍

應注意的指令
減法指令

- 減法指令 -- SUBLW k ， SUBWF f , d
  - 減法是採 2 的補數運算
  - SUBLW k 的運算方式為 (K- W --> W)
  - SUBWF f , d 的運算方式為 (f - W --> W)
  - 減法運算後，若 C=1 表示沒有借位 (即 f >= w , C 為 1)
  - 減法運算後，若 C=0 表示有借位 (即 f < w , C 為 0)
  - 減法運算後，若 Z=1 表示兩數相等 (即 f = w , Z 為 1)

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 > W , 測試 C = 1 , Z=0 兩條件同時成立
  - 若要判斷 F < = W , 測試 C = 0 或 Z=1 只要有一條件成立

應注意的指令
CALL , GOTO 指令

- CALL k , GOTO k
  - k 為 11-bit 的直接位址值，它會直接以指令的方式直接載入到 PC 的 bit<10:0> 的位置 (範圍為 2K 內)
  - 每個連續 2K 位址範圍的程式記憶區塊稱為一個 Page
  - 以PIC16F877為例，最高定址能力為 8K，須切分為4個Page
  - PC的最高位元位址 bit<11:12>直接從暫存器 PCLATH<4:3> 載入以擴展程式位址至 8K 範圍 (0000h:1FFFh)。
  - K --> PC<10:0> , PCLATH<4:3> --> PC<12:11>

    這種方式稱為跳頁選擇 (Page Select)
- 建議使用需指令 PAGESEL 做跳頁的切換

常數值的計算(一)

- 在 MPASM 的語法中，常數值是可以利用一些計算符號來計算其值

  - +：加法運算
  - -：減法運算
  - *：乘法運算
  - /：除法運算後，取商數
    - movlw (a * b – c) / d - a
  - %：除法運算後，取餘數
    - movlw .65536 % .1134
  - -：將數值取 2 的補數 (負數)
    - addlw -2 ；將W減2運算
  - ~：將數值取 1 的補數 (位元反向)

常數值的計算(二)

- << ：向左旋轉n個位元
- >> ：向右旋轉n個位元
  - movlw h'2A' >> 3
- && : 邏輯 AND 判斷
  - if (a = = 255) && (b = = c)
- || ： 邏輯 OR 判斷
- ! ： 邏輯反向判斷
  - if !(a = = b)
- & ： 邏輯 AND 運算
  - movlw (b'10101010'>>3) & 0x0F
- ^ ： 邏輯 XOR運算
- | ： 邏輯 OR 運算

常數值的計算(三)

- $：目前的位址（適用 PIC16Fxxx 的組合語言，如果使用此語法在 PIC18Fxxxx 的話後面所帶的位址必須為偶數位址）
  - goto $; 永久迴圈
  - goto $-3 ; 往回跳三個指令
  - goto $+5 ; 往下跳五個指令
- LOW：取位址的低位元組
- HIGH：取位址的高位元組
- UPPER：取位址的最高位元組
  - movlw (low) CTR_Table
  - movlw (high) CTR_Table

常數值載入 – 範例

假設 Timer1 接一個外部 32768Hz 的石英振盪器，欲設定的中斷時間為一秒，其所需的常數值可以用下列方式來設定給 Timer1的計數器

```
#define    TMR1_VAL          .32768                ; Define Timer1 time period are 1 SEC
;
           movlw     (.65536 -TMR1_VAL) /.256      ; Calculate the MSB value for the Timer1
           movwf     TMR1H
           movlw     (.65536 -TMR1_VAL)%.256       ; Calculate the LSB value for the Timer1
           movwf     TMR1L
```

認識最基本的虛指令

LIST

#INCLUDE

EQU

ORG

END

必需要使用的五個虛擬指令

- LIST - 目錄控制 (Listing Control)
  - list p=16f877a, f=INHX8M
- #INCLUDE - 加入一原始檔、定義檔或敘述檔
  - #include <C:\MPLAB\16f877a.INC>
- EQU - 宣告常數、變數
  - 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

虛指令 - list

- list – 顯示項目的選擇
- 主要是用來設定使用何種 PIC 元件
- 次要用來選擇 hex 檔案的輸出格式

使用範例:

```
list    p=16f877a, f=INH8S
```

設定使用 PIC16F877A，Hex 的輸出格式爲標準的 8-bit 格式

虛指令 – #include

- #include – 加入額外的原始程式或定義檔案
  - “18f452.inc” 與 <18f452.inc> 磁碟路徑不同如下範例之說明

使用範例:

#include “c:\workshop\wap002\18f452.inc”

(使用 指定路徑 將 18f452.inc 的定義檔加入)

#include <18f452.inc>

(使用 MPLAB IDE 內定路徑 將 18f452.inc 的定義檔加入)

虛指令 – equ

- equ – 定義一個常數值或位址給一個代表文字
- 該代表文字只能唯一不可重複再定義

使用範例:

```
        Count_us    equ         h'20'
        Count_ms    equ         Count_us + 1
        DLY_VAL     equ         h'20'
;
        movlw       DLY_VAL
        movwf       Count_us
        movlw       DLY_VAL + .100
        movwf       Count_ms
; ******  你看的出兩個 h'20' 有何差異?  *******
```

虛指令 – org

- org – 設定底下程式執行的起始位址
- org 虛指令只能用在獨立的程式設計，它無須藉由 Linker 來安排位址，就可以產生特定執行位址的 hex
- 不指定 org 時，程式自動從位址 0x00 開始

使用範例:

```
        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
```

虛指令 – end

- end – 結束組合語言的組譯動作
- 在 end 以後的組合語言將不會被組譯

虛擬指令的使用 – 範例一

```
                list        p=16f877a       ; 定義使用的 MCU 爲 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'7'
;*************************************************************
;
                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
```

練習一

- 建立一個 MPLAB IDE 的 Project
  - 目錄在 ..\Exercise\Exer1
  - 原始程式為 Exer1.asm
  - 建立的Project名稱為 Exer1.mcp
- 組譯成功後，觀察 Exer1.lst 的記憶分配
- 這是組合語言最基本的寫法

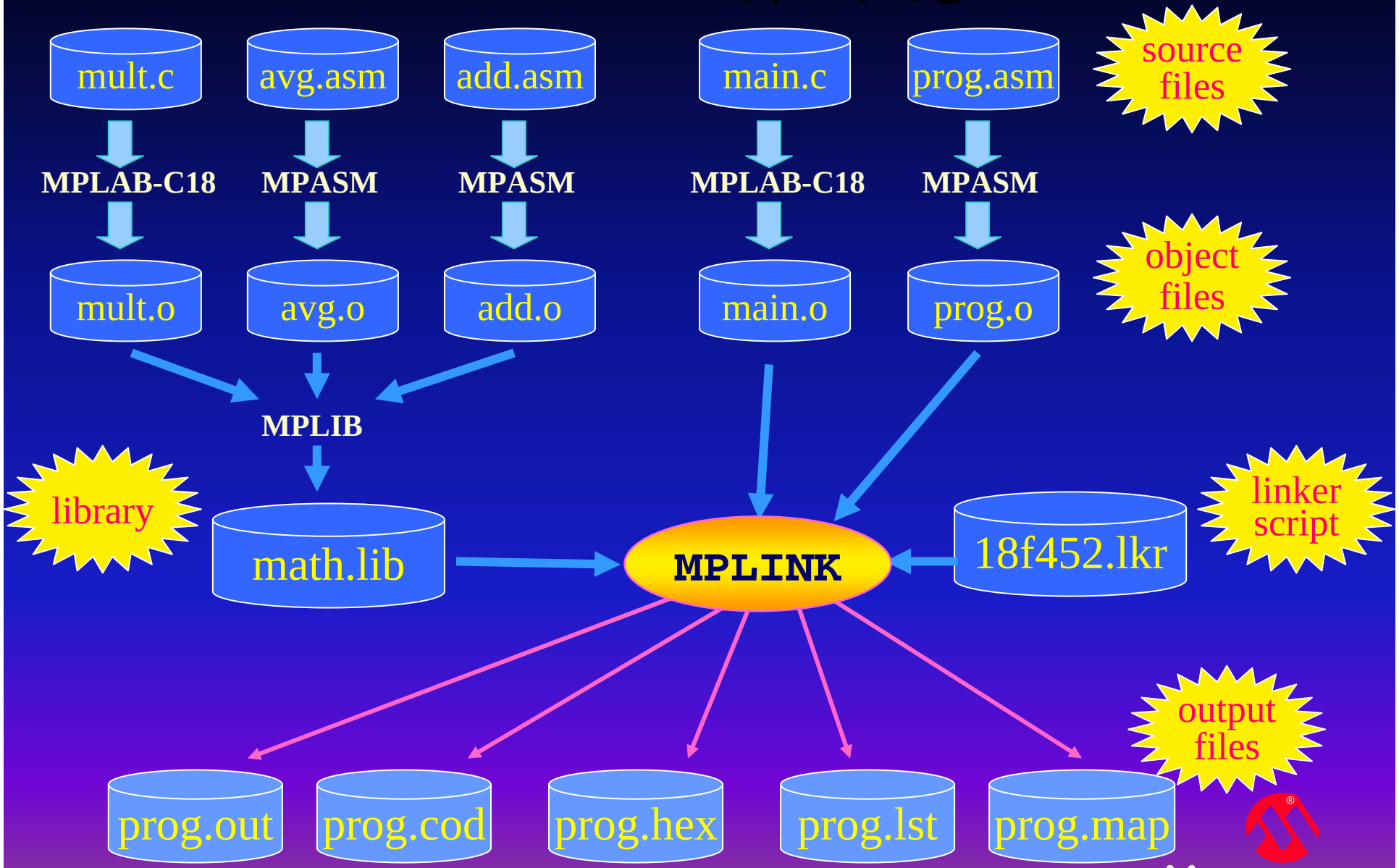
MPLINK

介紹 MPLINK

- 什麼是MPLINK?
  - MPLINK 是將組合語言或 C 編譯器所產生的obj 檔加以連結並指定變數及程式執行的位址後，輸出一可執行的 hex 檔。

- MPLINK 能作做什麼 ?
  - 安排位址給程式 (CODE) 及資料暫存器 (RAM)
  - 產生執行擋 (HEX)
  - 安排堆疊位址及深度給 MPLAB C-17 / 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)

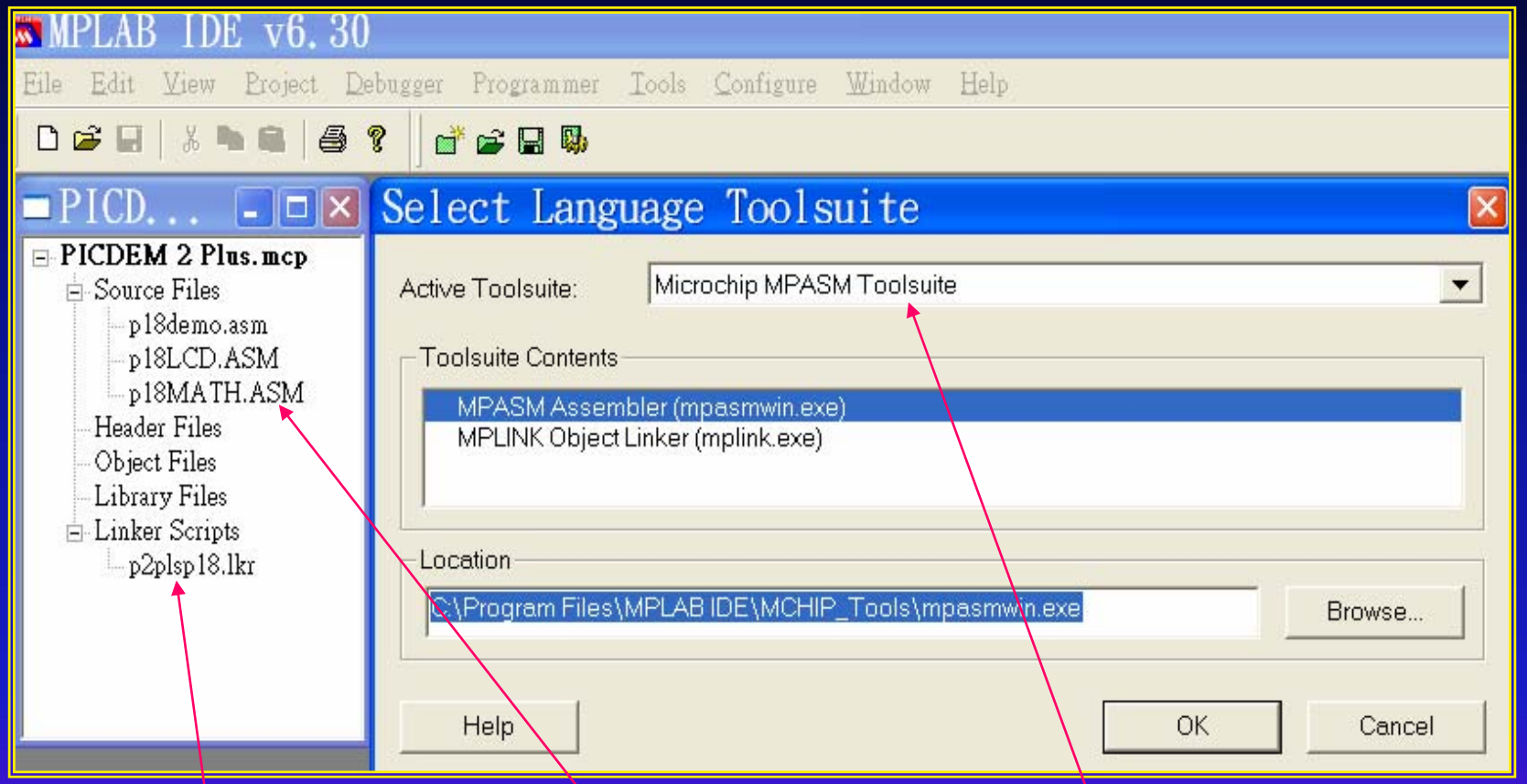
MPLINK 流程方塊



可重新定位程式

- 固定位址組合語言程式
  - 程式執行位址及變數位址在程式中已強制指定不需 MPLINK 來重新排定位址
  - 此種方式適用於較小的程式及獨立個人程式的研發
- 可重新定位程式
  - 採用高階語言時程式編譯後，程式及變數需連接資料庫以決定最後的執行位址
  - 多個組合語言程式間相互位址的安排
  - 適用開發大程式及多人合作撰寫的程式

在 MPLAB 下使用 MPLINK



LINK 描述檔

組合語言
原始程式檔

語言工具
列的設定

MPLINK 描述檔（16F877.lkr）

```
// Sample linker command file for 16F877
LIBPATH .

CODEPAGE   NAME=vectors  START=0x0      END=0x4      PROTECTED
CODEPAGE   NAME=page0    START=0x5      END=0x7FF
CODEPAGE   NAME=page1    START=0x800    END=0xFFF
CODEPAGE   NAME=page2    START=0x1000   END=0x17FF
CODEPAGE   NAME=page3    START=0x1800   END=0x1FFF
CODEPAGE   NAME=.idlocs  START=0x2000   END=0x2003   PROTECTED
CODEPAGE   NAME=.config  START=0x2007   END=0x2007   PROTECTED
CODEPAGE   NAME=eedata   START=0x2100   END=0x21FF   PROTECTED

DATABANK   NAME=sfr0     START=0x0      END=0x1F     PROTECTED
DATABANK   NAME=sfr1     START=0x80     END=0x9F     PROTECTED
DATABANK   NAME=sfr2     START=0x100    END=0x10F    PROTECTED
DATABANK   NAME=sfr3     START=0x180    END=0x18F    PROTECTED

DATABANK   NAME=gpr0     START=0x20     END=0x6F
DATABANK   NAME=gpr1     START=0xA0     END=0xEF
DATABANK   NAME=gpr2     START=0x110    END=0x16F
DATABANK   NAME=gpr3     START=0x190    END=0x1EF

SHAREBANK  NAME=gprnobnk START=0x70     END=0x7F
SHAREBANK  NAME=gprnobnk START=0xF0     END=0xFF
SHAREBANK  NAME=gprnobnk START=0x170    END=0x17F
SHAREBANK  NAME=gprnobnk START=0x1F0    END=0x1FF

SECTION    NAME=STARTUP  ROM=vectors    // Reset and interrupt vectors
SECTION    NAME=PROG1    ROM=page0      // ROM code space - page0
SECTION    NAME=PROG2    ROM=page1      // ROM code space - page1
SECTION    NAME=PROG3    ROM=page2      // ROM code space - page2
SECTION    NAME=PROG4    ROM=page3      // ROM code space - page3
SECTION    NAME=IDLOCS   ROM=.idlocs    // ID locations
SECTION    NAME=CONFIG   ROM=.config    // Configuration bits location
SECTION    NAME=DEEPROM  ROM=eedata     // Data EEPROM
```

程式位址宣告

特殊暫存器位址宣告

資料RAM位址宣告

共用RAM位址宣告

內定的程式節區宣告

連結描述檔 – 命令行

- LIBPATH – 指定資料庫(Library)的路徑
- LKRPATH – 指定連結描述檔路徑
- FILES – 將所指定的特定資料庫(.lib)或 .obj 檔案加入到目前編譯的程式中

連結描述檔 – 記憶體的命令

- CODEPAGE – 程式記憶區域
- DATABANK – 切換 Bank 的資料記憶區域
- SHAREBANK – 共用的資料記憶區域（16F87x）
- ACCESSBANK – 共用的資料記憶區域（18Fxxxx）

PROTECTED *關鍵字可以被用來設定某些特定位址的保護，除了使用者強行設定外，一般MPLINK是不會將變數及程式安排此位址*

第一階段的虛指令

常用的虛擬指令 -- #DEFINE

#DEFINE <定義名稱> <取代的字串>

- 通常用來定義文字、標記&常數.
- 在此定義中，<取代的字串>所描述的文字是以 <定義名稱> 內的文字為助憶文字，在組合語言中可以用 <定義名稱> 來代替 <取代的字串>以 增加程式的閱讀性。

例:

```
#DEFINE   S_CLK     PORTC,3
#DEFINE   S_DATA    PORTC,2
#DEFINE   LENGTH    .20
```

```
            list p=16f877
#include    <p16f877.inc>
;
val_ff      equ         h'F8'
;
#define     m_flag      Count,6
#define     clk         PORTC,0
#define     sda         PORTC,1
             :
             :
            bsf         clk
            btfss       sda
            goto        sda_low
            call        sda_hi
```

常用的虛擬指令 -- SET

Label SET H'3F'

- 通常用來宣告 變數 & 常數.
- 在使用 SET 所宣告之變數或常數均可重覆使用。 SET 再對同一 Label重新宣告時，組譯器會使用最近的宣告為主。
- SET 和 EQU 之功能極為類似但 EQU 的宣告變數或常數不可重複。
- 例:

```
area    set    .20
width   set    h'3F'
area    set    width * .5
```

```
            list     p=16f877
#include    <p16f877.inc>
;
val_hi      set      h'ff' - .101
val_low     set      h'00'
mask        set      b'10110001'
;
            :
            movlw    val_hi
            movwf    TMR1H
            movlw    val_low
            movwf    TMR1L
            :
val_hi      set      h'ff' - .201
            movlw    val_hi
            movwf    TMR1H
```

常用的虛擬指令 -- TITLE & PAGE

TITLE “ Interrupt Service Routine”

PAGE

- <TITLE> 是用標示主題程示以增加程式的閱讀性。

例如:

```
title   “中斷程式處理”
  :
title   “數學運算副程式”
```

- 若有<TITLE>的設定，在列印 .LST 檔案時，會自動在每頁報表的第一行加入此顯示設定。

- <PAGE> 是用來設定檔案列印 (.LST) 的換頁控制

- 在列印 .LST 檔時，若使用了 <PAGE>指令則在列印時印表機會自動換頁列印。

常用的虛擬指令 -- DT

Lable DT <expr>, <string>

- 用來設定查表的資料
- 每一資料的內容是以8-bit為主，其內容將會與 RETLW 指令相互結合以 “RETLW K“的形式置放於程式中。

說明：

```
out_tab   addwf   PCL,F
          retlw   ‘a’
          retlw   ‘b’
          retlw   ‘c’
```

可以用以下的指令取代之

```
out_tab   addwf   PCL,F
          dt      “abc”
```

```
          list p=16f877
#include  <p16f877.inc>
index_vol  equ    h’00’
;
          movlw   HIGH br_tab
          movwf   PCLATH
          movlw   index_vol
          call     br_tab
            :
          org     0x300
br_tab    addwf   PCL,F
          dt       “Baud Rate!“
ev_tab    addwf   PCL,F
          dt      “even parity!”
od_tab    addwf   PCL,F
          dt      “odd parity!”
```

練習二

- 試著修改 16F877A.lkr 檔案中的位址設定
  - 目錄在 ..\Exercise\Exer2
  - 原始程式為 Exer2.asm , LCD.asm
  - 建立的Project名稱為 Exer2.mcp
- 變更節區名稱 ：STARTUP , PROG1
  - 檢查 map 檔的程式位址是否有變
  - 沒有 map 檔案，在 “Build Options → Project → MPLINK” 勾選 Generate map file

安排的 RAM 位址

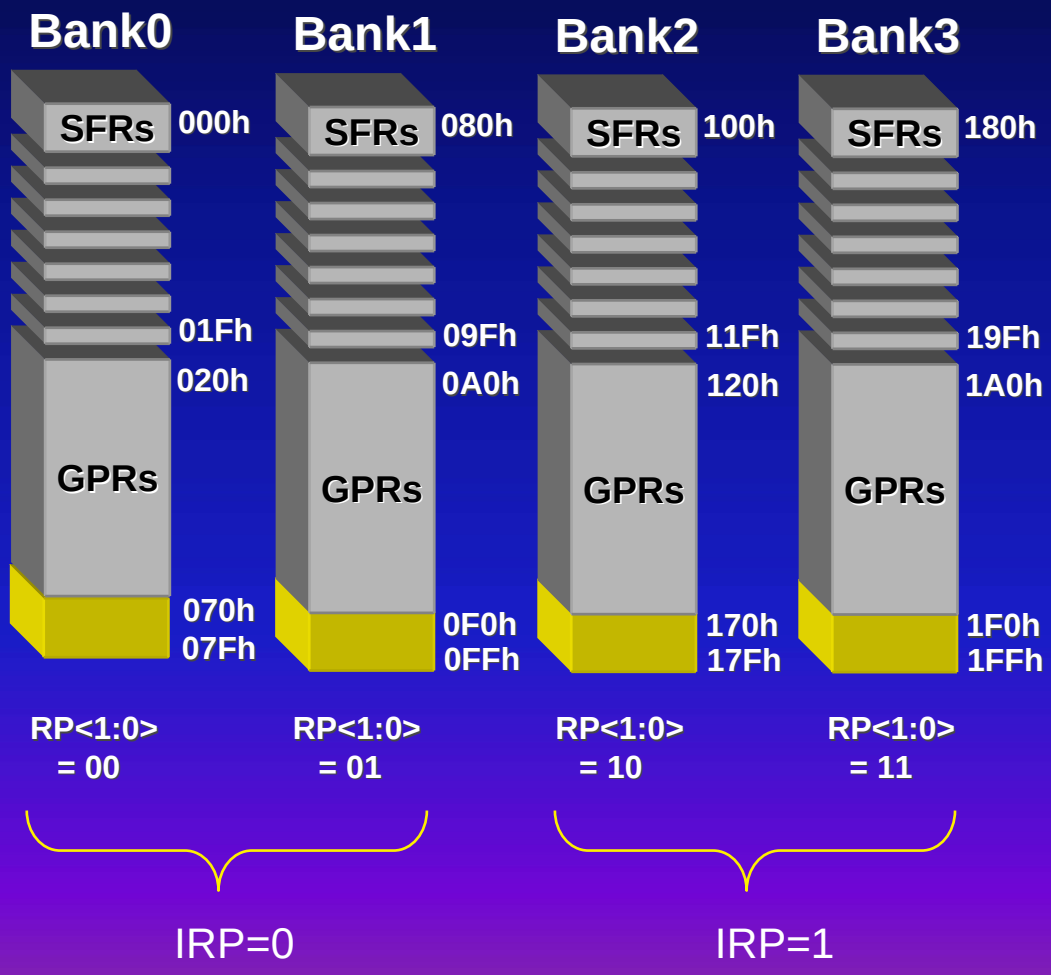
RAM 的配置

BANK 切換問題

不可重新定位語法

可重新定位語法

PIC16F87x RAM 的架構



- 共有四個 Banks，每個 bank 的大小為 128 bytes
- 特殊暫存器(SFRs)的位址分佔每個 Bank 最前面的 32 byte 位址
- Banks 的切換動作需由 STATUS 暫存器中的RP0，RP1及IRP位元來完成
- Share Bank 的位址在每個 Bank 的最後 16 byte

換Bank的好幫手 -- BANKSEL

BANKSEL TRISA

- 依據 BANKSEL 指令所指到的暫存器，自動加入該暫存器頁(BANK)的設定指令。
- 透過 BANKSEL 的自動設定與UDATA (Uninitialized data)宣告，可輕鬆的進行多原始檔的組譯並加以連結成一 HEX 檔。

以PIC16C77為例 : 共有四個暫存器頁(BANK) 就會使用到兩個換頁指令

```
000B   1683 1303      00049                  banksel ADCON1
Message[302]: Register in operand not in bank 0.  Ensure that bank
000D   019F           00050                  clrf    ADCON1
Message[302]: Register in operand not in bank 0.  Ensure that bank
000E   170C           00051                  bsf     PIE1,ADIE
000F   1283 1303      00052                  banksel ADCON0
0011   30C1           00053                  movlw   h'c1'
0012   009F           00054                  movwf   ADCON0
```

定義變數(RAM)的位址

- 簡單常用方式
  - EQU，SET
- 不可重新定位語法
  - CBLOCK，ENDC
- 可重新定位語法
  - UDATA
  - UDATA_ACS
  - UDATA_SHR
  - RES (需配合 UDATA 使用)

建議的寫法

- 有關常數的寫法
  - 最好都用大寫以利於區別於變數
  - 常數的定義建議使用 #define ，避免使用 EQU和 SET 來指定
- 有關變數的寫法
  - 第一個字母最好用大寫，以“_”區隔
  - Volt_Range , Rec_Buffer , Counter
- 有關 label 的寫法
  - 第一個字母最好用“_”來識別
  - 大、小寫不限制
  - _LCD_Table , _Sine_Table

一、 使用 EQU & SET 定義變數位址

- 定義 RAM 位址最簡單的方式
- 可用在兩種定位址的模式中

```
;***** VARIABLE DEFINITIONS
Count_us        EQU     0x20            ; Delay function variable for uS
W_temp          EQU     0x71            ; variable used for context saving
Status_Temp     EQU     0x72            ; variable used for context saving
Pclath_Temp     EQU     0x73            ; variable used for context saving
;
#define         Carry   STATUS,C
#define         SW2     PORTA,4         ; Define KEY SW2 = PA4 pin
#define         Motor   PORTC,2         ; Define Motor drive pin
;
M_KEY0          EQU     0x01            ; Define Manufacture Code (LSB)
M_KEY1          EQU     0x23
M_KEY2          EQU     0x45
```

EQU 定義變數於不同 Bank

- EQU 對定義不同 Bank 的變數位址需採全域位址的方式，如此方可正確的切換正確的 Bank

```
;***** VARIABLE DEFINITIONS
B0_ABC          EQU     0x20            ; Variable on Bank 0 at 0x20 Location
B1_ABC          EQU     0xA0            ; Variable on Bank 1 at 0x20 Location
B2_ABC          EQU     0x120           ; Variable on Bank 2 at 0x20 Location
B3_ABC          EQU     0x1A0           ; Variable on Bank 3 at 0x20 Location
;
                banksel B0_ABC          ; Select Bank0
                movlw   0x00
                movwf   B0_ABC          ; Save WREG to 0x20
;
                banksel B1_ABC          ; Select Bank1
                movlw   0x01
                movwf   B1_ABC          ; Save WREG to 0xA0
;
                banksel B3_ABC          ; Select Bank3
                movlw   0x03
                movwf   B3_ABC          ; Save WREG to 0x1A0
```

二、 不可重新定位的變數定義

- CBLOCK & ENDC 的語法(一)

  CBLOCK <強制定義位址>

  <變數名稱1>,<變數名稱2>,<變數名稱n>

  ENDC

- 語法(二)

  CBLOCK <強制定義位址>

  <變數名稱1> [:位址的增量值],

  <變數名稱2> [:位址的增量值],

  ENDC

-

CBLOCK 的強制定位方式

- CBLOCK 無須經 MPLINK 排定變數位址，故使用時需在程式裡強制設定變數群的起始位址
- 程式裡可以使用多個 CBLOCK 來定位址，但一定要用 ENDC 指令來結束該變數區塊的設定
- CBLOCK 所指定的位址必須是一個有效位址，使用時應注意
- 如果需定義不同 Bank 的變數位址，需採用全域位址的方式來定義位址

CBLOCK & ENDC 的語法(一)

```
                00010                   list    p = 16f877
                00011                   include <p16f877.inc>
                00001                   LIST
                00002 ; P16F877.INC  Standard Header File, Version 1.1   Microchip Technology, Inc.
                00013 ;
                00014                   CBLOCK  0x00
00000000        00015                   C_Hold_Delay        ; variable used for the sample hold charge time
00000001        00016                   Flag_Reg            ; Flag Register
00000002        00017                   Hex_Temp            ; Hex to ASICC convert buffer
                00018                   ENDC
                00019
                00020                   CBLOCK  0x70
00000070        00021                   WREG_TEMP           ;variable used for context saving
00000071        00022                   STATUS_TEMP         ;variable used for context saving
00000072        00023                   BSR_TEMP            ;variable used for context saving
                00024                   ENDC
                00025 ;
                00026 #define           TMR1_VAL      .32768        ; Define Timer1 time period are 1 SEC
                00027 #define           TxD_Flag      Flag_Reg,0    ; Define the TX data flag
```

強制定址在 0x00

強制定址在 0x70

CBLOCK & ENDC 的語法(二)

```
                00010                   list    p = 16f877
                00011                   include <p16f877.inc>
                00001                   LIST
                00002 ; P16F877.INC  Standard Header File, Version 1.1   Microchip Technology, Inc.
                00013 ;
                00014                   CBLOCK  0x00
00000000        00015                   Int_Var : 2             ; 16-bit integer variable
00000002        00016                   Long_Var : 4            ; 32-bit variable reserved
00000006        00017                   Hex_Temp : 2            ; 2-bytes convert buffer
                00018                   ENDC
                00019
                00020                   CBLOCK  0x70
00000070        00021                   WREG_TEMP       ;variable used for context saving
00000071        00022                   STATUS_TEMP     ;variable used for context saving
00000072        00023                   BSR_TEMP        ;variable used for context saving
                00024                   ENDC
                00025 ;
                00026 #define           TMR1_VAL      .32768          ; Define Timer1 time period are 1 SEC
                00027 #define           TxD_Flag      Flag_Reg,0      ; Define the TX data flag
```

該變數佔有4個 Bytes

CBLOCK & ENDC 的 Bank 切換

- 如需使用各個 Bank 的 RAM，CBLOCK 的強制定位需擴及到全域位址

```
;***** VARIABLE DEFINITIONS
                CBLOCK   0x20              ; Variable on Bank 0 at 0x20 Location
                B0_ABC , B0_DEF
                ENDC
;
                CBLOCK   0xA0              ; Variable on Bank 1 at 0x20 Location
                B1_ABC , B1_DEF
                ENDC
;
                banksel  B0_ABC            ; Select Bank0
                movlw    0x00
                movwf    B0_ABC            ; Save WREG to 0x20
;
                banksel  B1_ABC            ; Select Bank1
                movlw    0x01
                movwf    B1_ABC            ; Save WREG to 0xA0
;
```

變數宣告在 Bank1

三、 可重新定位的變數定義

- UDATA
  - 宣告未設定初始值變數的資料節區(Data Section)
  - 適用於所有 PIC
- UDATA_SHR
  - 宣告變數的資料節區在 Share Bank 區域
  - 適用於 PIC16F87x
- UDATA_ACS
  - 宣告變數的資料節區在 Access Bank 區域
  - 適用於 PIC18Fxxxx

UDATA 的宣告

- UDATA 資料節區的宣告經 MPASM 組譯後，會先產生 obj 檔案再由 MPLINK 安排變數位址
- UDATA 語法

  <Section Name> UDATA <RAM Address>

  - <Section Name> RAM節區名稱：可省略
    - ✓ 如有指定節區名稱，會依 16F877A.lkr 檔案中對 RAM 該節區位址的設定進行RAM實際位址的安排
    - ✓ 如不指定節區名稱，會自動安排到 unprotected 的 GPR(n) RAM 的位址
    - ✓ 節區名稱不可重複
  - <RAM Address> 自定 RAM 位址：可省略
    - ✓ 自定變數在 RAM 的起始位址
    - ✓ 該起始位址可以為 protected 或 unprotected 的區域

UDATA & RES 合併使用

- UDATA 是對RAM節區的宣告，必須使用 RES 來對 RAM 位址的保留

範例一：最簡單的使用方式 (由 MPLINK 自動安排到 GPRn 的位址)

```
            UDATA
Var1        RES     1
Double      RES     2
```

範例二：自定位址方式 (由 MPLINK 安排到 0x20 的起始位址)

```
            UDATA   0x20
Var1        RES     1
Double      RES     2
```

範例三：節區位址方式 (由 MPLINK 安排到節區宣告的起始位址)

```
My_RAM      UDATA
Var1        RES     1
Double      RES     2
```

UDATA_SHR 的宣告（16F87x）

- UDATA_SHR 宣告本節區位指定安排在 Share Bank
- Share Bank 位址在 0x70 ~ 0x7F，無須切換 Bank
- UDATA_SHR 語法

<Section Name> UDATA_SHR <RAM Address>

- <Section Name> RAM節區名稱：可省略
  - 有指定或不指定節區名稱都沒關係，自動安排到 Share bank 的位址
  - 節區名稱不可重複
- <RAM Address>：必須在 Share Bank 的位址
  - 使用 Share Bank 時，一般無須設定位址

在 MPLINK 的描述檔（RAM部份）

```
// Sample linker command file for 16F877
// $Id: 16f877.lkr,v 1.4 2002/01/29 22:10:01 sealep Exp $

DATABANK   NAME=sfr0        START=0x0       END=0x1F       PROTECTED
DATABANK   NAME=sfr1        START=0x80      END=0x9F       PROTECTED
DATABANK   NAME=sfr2        START=0x100     END=0x10F      PROTECTED
DATABANK   NAME=sfr3        START=0x180     END=0x18F      PROTECTED

DATABANK   NAME=gpr0        START=0x20      END=0x6F
DATABANK   NAME=gpr1        START=0xA0      END=0xEF
DATABANK   NAME=gpr2        START=0x110     END=0x16F
DATABANK   NAME=gpr3        START=0x190     END=0x1EF

SHAREBANK  NAME=gprnobnk    START=0x70      END=0x7F
SHAREBANK  NAME=gprnobnk    START=0xF0      END=0xFF
SHAREBANK  NAME=gprnobnk    START=0x170     END=0x17F
SHAREBANK  NAME=gprnobnk    START=0x1F0     END=0x1FF

SECTION    NAME=Share_RAM   RAM=gprnobnk    // Shared Bank
SECTION    NAME=My_RAM0     RAM=gpr0        // RAM variable space - Bank0
SECTION    NAME=My_RAM1     RAM=gpr1        // ROM variable space - Bank1
```

可重新定位範例 – RAM 的宣告

```
;***** VARIABLE DEFINITIONS (examples)
; example of using Shared Uninitialized Data Section

Share_RAM       UDATA_SHR
w_temp          RES             1       ; variable used for context saving at 0x70
status_temp     RES             1       ; variable used for context saving at 0x71
Rec_Data        RES             1       ; USART received data buffer

; example of using Uninitialized Data Section
My_RAM0         UDATA                   ; variable on GPR0 at 0x20
temp_count      RES             1       ; temporary variable
Count_ms        RES             1
Count_us        RES             1

My_RAM1         UDATA                   ; variable on GPR1 at 0xA0
Tx_Ring         RES             16      ; reserved 16 bytes for Tx ring buffer
TX_Flag         RES             1       ; 8-bit Tx status Flag
```

UDATA_ACS 的宣告（18Fxxx）

- UDATA_ASC 宣告本節區位指定安排在 Access Bank
- Access Bank 位址在 0x00 ~ 0x7F，無須切換 Bank
- UDATA_ACS 語法

<Section Name> UDATA_ACS <RAM Address>

- <Section Name> RAM節區名稱：可省略
  - 指定或不指定節區名稱都沒關係，自動安排到 Access bank 的位址
  - 節區名稱不可重複
- <RAM Address>：必須在 Access Bank 的位址
  - 使用 Access Bank 時，一般無須設定位址

練習三

- 試著修改 Exer3.mcp 檔案中的變數設定
  - UDATA 與 p16f877a.lkr 關係
  - UDATA_SHR 的位址
- 執行程式後，觀察變數在 RAM 的位址
- 虛指令 BANKSEL 是否很重要？

安排的程式執行位址

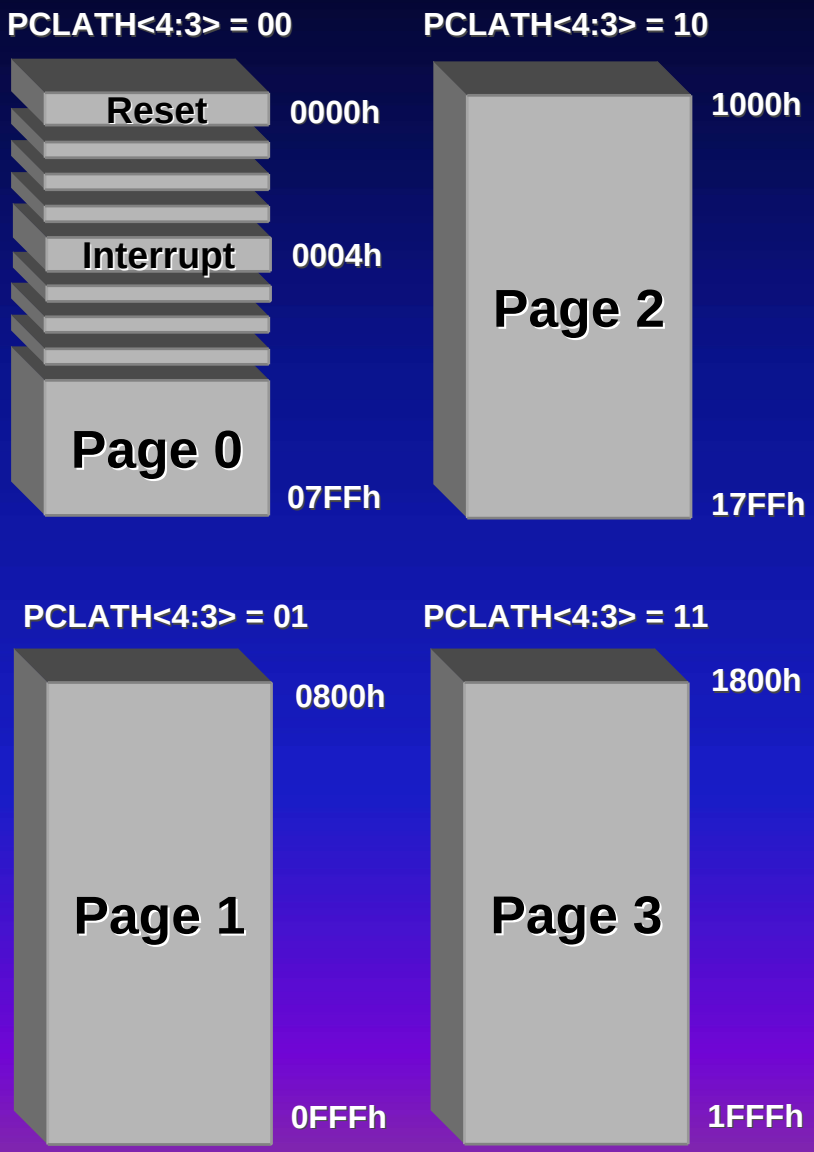
程式記憶體位址配置

Page 切換問題

不可重新定位語法

可重新定位語法

PIC16F87x 程式記憶體架構



- 最大的程式定址範圍為8K words (13 bits)
- 8K的程式範圍再劃分四個2K大小的程式頁(Page)
- 程式頁(Page)的切換許使用PCLATH<4:3>的兩個位元
- 程式超過2K時，需要考慮到換頁的問題
- Reset 向量位址在 0000h
- 中斷向量位址在 0004h

程式頁（Page）的切換 -- PAGESEL

PAGESEL Subroutine

- 依據 PAGESEL 指令所指到的程式位址，自動加入程式頁(PAGE)的設定指令。
- PAGESEL 通常與 CALL 及 GOTO 指令一起使用，並可擴展使用多個原始檔之間的互相呼叫。

以PIC16f877為例:共有四個程式頁(BANK)，就會使用到兩個換頁指令

```
0000                    00033       org     0x0
0000    158A 120A       00034       pagesel initial
Message[306]: Crossing page boundary -- ensure page bits are set.
0002    2230            00035       call    initial
0003    118A 160A       00036       pagesel start
Message[306]: Crossing page boundary -- ensure page bits are set.
0005    2FFF            00037       goto    start
```

- initial 起始位址設定在 h'0A30'
- start 起始位址設定在 h'17FF'

程式記憶體跳頁問題

- PAGESEL 可以幫助您完成因程式超過 2K 範圍所需對 PCLATH 的設定工作
- 對可重新定位的程式因MPLINK會重新安排執行位址也許這時候程式就會有換頁的問題產生，故適時的使用 PAGESEL 是有必要的

例如：要呼叫的位址為 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
```

定義程式(ROM)的位址

- 不可重新定位語法
  - ORG - 設定程式起始位址
- 可重新定位語法
  - CODE – 程式節區位址的宣告

CODE 的宣告

- 宣告 obj 檔案的程式節區起始位址，需經由 MPLINK 安排最終的程式執行位址
- 語法:

  <Section Name>　　CODE　　<ROM Address>

  - <Section Name> 程式節區名稱：可省略
    - 如有指定節區名稱，會依 16F877.lkr 檔案中對 ROM 節區位址的設定進行程式位址的安排
    - 如不指定節區名稱，會自動安排到 unprotected 的 ROM 區
    - 程式節區名稱不可重複
  - <ROM Address> 自定 ROM 的位址：可省略
    - 自定程式執行的起始位址
    - 該起始位址可以為 protected 或 unprotected 的區域

CODE 使用範例

- PROG1 CODE
  - 節區名稱為 PROG1，Linker 會排定在Page0 的區域 (詳細請參閱 p16f877.lkr 的檔案)
- ABC CODE
  - 宣告程式節區名稱為ABC
  - 如在 Link 描述檔中有指定名稱則按指定位址排定
  - 如無指定名稱，則由Link自行安排到unprotected區域
- CODE 0x0004
  - 無指定節區名稱，但強制定址到0x04的位址
  - 常用於特定位址的設定，例:中斷向量位址
- CDE CODE 0x2000
  - 節區名稱僅供參考，強制指定位址到0x2000

在 MPLINK 的描述檔（程式部份）

```
// File:  c:\Program files\mplab\16c77.lkr
// Sample linker command file for 16c77

CODEPAGE   NAME=vectors  START=0x0      END=0x4      PROTECTED
CODEPAGE   NAME=page0    START=0x10     END=0x7FF
CODEPAGE   NAME=page1    START=0x800    END=0xFFF
CODEPAGE   NAME=page2    START=0x1000   END=0x17FF
CODEPAGE   NAME=page3    START=0x1800   END=0x1FFF
CODEPAGE   NAME=.idlocs  START=0x2000   END=0x2003   PROTECTED
CODEPAGE   NAME=.config  START=0x2007   END=0x2007   PROTECTED

SECTION    NAME=STARTUP      ROM=vectors    // Reset and interrupt vectors
SECTION    NAME=SUB_PROG0    ROM=page0      // ROM code space - page0
SECTION    NAME=SUB_PROG1    ROM=page0      // ROM code space - page1
SECTION    NAME=MAIN         ROM=page1      // ROM code space - page2
SECTION    NAME=PROG4        ROM=page3      // ROM code space - page3
SECTION    NAME=IDLOCS       ROM=.idlocs    // ID locations
SECTION    NAME=CONFIG       ROM=.config    // Configuration bits location
```

```
STARTUP   CODE
          goto     Initial
          nop
          nop
          nop
          goto     Int_service
```

```
SUB_PROG0 CODE
          clrwdt
          clrw
          movlw    b'00001111'
          banksel  TRISA
          movwf    TRISA
```

練習四

- 利用 MPLAB IDE 開啟 \Exercise\Exer4 的 Exer4.mcp
- 檢查一下 lst 檔案裡的程式分配位置與 PAGESEL 的跳頁切換

特殊位址的安排

Configuration Word

ID Location

Internal EEPROM

MICROCHIP

常用的虛擬指令 -- _ _ CONFIG

_ _ CONFIG _CP_ALL & _XT_OSC & _LVP_ON

- 設定 IC 硬體工作方式 ， 此項設定是非常重要，倘若設定錯誤將使程式發生不可預期的誤動作。
- 每一種設定選項均須用一符號 & (AND) 相連。
- 需注意使用右表的助憶文字時必需使用該 IC 預設的定義檔

例如:

```
#include      <p16f877.inc>
```

- Configuration Word 的位址是0x2007(14-bit core only)

Configuration Bits of PIC16F877

```
;
_CP_ALL                 _CP_HALF
_CP_UPPER_256           _CP_OFF
;
_DEBUG_ON               _DEBUG_OFF
_WRT_ENABLE_ON          _WRT_ENABLE_OFF
_CPD_ON                 _CPD_OFF
_LVP_ON                 _LVP_OFF
_BODEN_ON               _BODEN_OFF
_PWRTE_OFF              _PWRTE_ON
_WDT_ON                 _WDT_OFF
;
_LP_OSC                 _XT_OSC
_HS_OSC                 _RC_OSC
```

常用的虛擬指令 -- _ _ IDLOCS

_ _ *IDLOCS H'1234'*

- 設定此 IC 共四位數的辨別碼。
- 識別碼位元組的位址是<2000h:2003h>，每個位址有 14個位元但只有最低的4位元有效
- 此識別碼不論設定與否，均不影響程式之執行，但有些IC設定程式保護模式後會受該識別碼影響而改變 Check-Sum。
- 在使用 _ _ IDLOCS 指令之前必須事先設定微處理器的型號。

設定範例

程式經過組譯過後將會在0x2000~0x2003產生ID辨識碼，在0x2007產生Configuration Word 的設定值；兩者所產生的機械碼會以Hex格式存在於程式碼裡。

```
MPASM 02.30.10 Intermediate    TEST.ASM   3-21-2000  15:13:47      PAGE 1
;
LOC     OBJECT CODE     LINE              SOURCE TEXT
                        00001             title   "Test  program"
                        00002             list p=16c74b
                        00003 #include    <p16c74b.inc>
2000    0001 0002 0003  00004             _ _idlocs       H'1234'
        0004
2007    3FF1            00005             _ _config       _XT_OSC & _PWRTE_ON
                                                        & _WDT_OFF & _CP_OFF
```

設定 EEPROM Data

- 利用 虛指令 DE 來設定EEPROM的內容
- 此方式設定的資料是8-bit
- 必須透過燒錄後才會將資料寫入EEPROM
- 由於EEPROM位址在0x2100，需用ORG或CODE訂定位址
- 語法:

  <Label>　　DE　<expr>,<expr>, ...

  - <Label> 標記助憶符號，可省略
  - <expr> 8-bit 型態的設定資料，也可為字串型態

DE 使用範例

- 用 ORG 定址

```
        ORG     0x2100
        DE      “Firmware Version v2.30” ,0
        DE      ‘A’ , ‘B’ , 0x07 , 0x0A , 0x0D
```

- 用 CODE 定址

```
DEEPROM  CODE
        DE      “Firmware Version v2.30” ,0
        DE      ‘A’ , ‘B’ , 0x07 , 0x0A , 0x0D
```

練習五

- 利用 MPLAB IDE 開啟 \Exercise\Exer5 的 Exer5.mcp
  - 設定 PIC16F877A 的 Configuration Word
  - 設定 PIC16F877A 的 ID
  - 設定 PIC16F877A 的 EEPROM Data

程式間相互的連結

變數傳遞

副程式的呼叫

不同程式的跳躍

不同程式間的呼叫

- 在同一個Project中，由三個不同的程式A，B，C 組成
  - A所宣告的變數，B與C都需用到
  - B需呼叫A與C的副程式
  - C會直接跳到A，A也會跳到C
- 如此錯綜複雜的關係應如何解決???

進階的虛擬指令 -- GLOBAL

GLOBAL 標記 1,標記 2, 變數....

- Global 是用來宣告本指令後所銜接的標記或變數是屬於共用標記、變數。
- Global 通常是使用在多個原始檔的程式組譯，透過 Global 和 Extern 指令的宣告，其它原始程式均可直接使用。

例如：

```
            udata
            global   var1, var2
var1        res      1
var2        res      1
Startup     code
            global   delay
delay       movlw    h'3f'
```

```
            global   mulplr, h_byte,l_byte,
            global   mpy_sub
mulcnt      equ      h'60'
mulplr      equ      mulcnt + 1
h_byte      equ      mulcnt + 2
l_byte      equ      mulcnt + 3
count       equ      mulcnt + 4
;
            code
mpy_sub     clrf     h_byte
            clrf     l_byte
            movlw    h'8'
            movwf    count
            movf     mulcnt , W
            bcf      STATUS , C
loop        rrf      mplplr , F
            btfsc    STATUS , C
            addwf    h_byte , F
```

進階的虛擬指令 -- EXTERN

EXTERN 標記 1,標記 2, 變數....

- Extern 是用來告知組譯器，其後所連接的標記或變數已經在 其它原始檔中宣告過。
- Extern 通常是使用在多個原始檔的程式組譯，透過 Extern 指令的宣告，目前的原始程式可直接使用Global所宣告的標記或變數。
- 使用 Global 和 Extern 指令的時機通常是撰寫多個原始檔時所需使用的指令 ，MPLINK會自動安排相關的位址。

```
        extern  mulplr, h_byte,l_byte
        extern  mpy_sub
;
PROG1   code
;
        movf    PORTA, W
        movwf   mulplr
        movf    PORTB, W
        movwf   mulcnt
;
        call    mpy_sub
        movf    h_byte, W
        movwf   PORTC
        movf    l_byte, W
        movwf   PORTD
        :
```

MPLINK 的範例 - (MAIN.ASM)

本程式在 PAGE0

宣告外部的標記

本程式在 PAGE 1

在 LKR 檔中宣告位址

直接宣告位址= 0x4

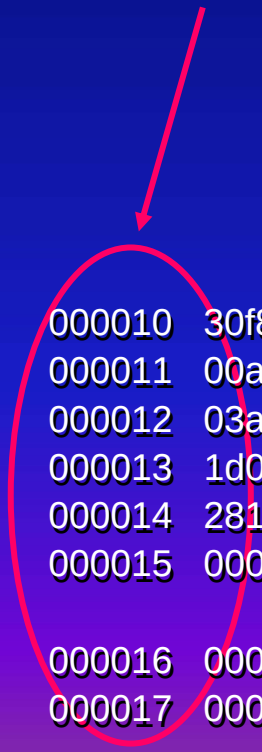
在 LKR 檔中宣告位址

```
                                        EXTERN      DELAY_1MS, HEX_BCD, DECODE
                                        EXTERN      RS_232, EEPROM, KEYBOARD
                ;
                                STARTUP CODE
000000  3008    MOVLW   0x8             pagesel     initial
000001  008a    MOVWF   0xa
000002  2000    CALL    0x0             call        initial
                                        CODE        0x4
000004  0009    RETFIE                  Int_Service retfie
                                MAIN    CODE
000800  0064    CLRWDT                  initial     clrwdt
000801  0103    CLRW                                clrw
000802  300f    MOVLW   0xf                         movlw   b'00001111'
000803  1683    BSF     0x3,0x5                     banksel TRISA       ; Select RAM bank1
000804  1303    BCF     0x3,0x6
000805  0085    MOVWF   0x5             movwf       TRISA
000806  30f0    MOVLW   0xf0            movlw       b'11110000'
000807  0086    MOVWF   0x6             movwf       TRISB
000808  1283    BCF     0x3,0x5                     banksel count       ; Select RAM bank0
000809  1303    BCF     0x3,0x6
00080a  3000    MOVLW   0x0             loop        pagesel RS_232                  ; Select PAGE 0
00080b  008a    MOVWF   0xa
00080c  201a    CALL    0x1a                        call    RS_232
00080d  2017    CALL    0x17                        call    DECODE
00080e  201c    CALL    0x1c                        call    EEPROM
00080f  2010    CALL    0x10                        call    DELAY_1MS
000810  201e    CALL    0x1e                        call    KEYBOARD
000811  3008    MOVLW   0x8                         movlw   HIGH    loop    ; Select PAGE 1
000812  008a    MOVWF   0xa                         movwf   PCLATH
000813  280a    GOTO    0xa                         goto    loop
                                                    end
```


MICROCHIP

MPLINK 的範例 - (SUB1.ASM)

本副程式在 PAGE0



```
                                        title       "SUB1.ASM"
                                        list        p=16c77
                                        #include    <p16c77.inc>
; P16C77.INC  Standard Header File, Version 1.01    Microchip Technology, Inc.
                                        #include    <main.equ>

                        val_ff          equ         0Xf8
                         count          equ         0x20
                        count_ms        equ         0x21
                        ;

                                        GLOBAL      DELAY_1MS, HEX_BCD, DECODE

                         ;
                        SUB_PROG1       CODE
                         ;
000010  30f8    MOVLW   0xf8    DELAY_1MS       movlw       val_ff
000011  00a0    MOVWF   0x20                    movwf       count
000012  03a0    DECF    0x20,0x1 dec_loop       decf        count,f
000013  1d03    BTFSS   0x3,0x2                 btfss       STATUS,Z
000014  2812    GOTO    0x12                    goto        dec_loop
000015  0008    RETURN                          return
                        ;
000016  0008    RETURN          HEX_BCD         return
000017  0008    RETURN          DECODE          return
                                                end
```

MPLINK 的範例 - (SUB2.ASM)

```
                                        title       "SUB2.ASM"
                                        list         p=16c77
                        ;
                                        #include   <p16c77.inc>
; P16C77.INC  Standard Header File, Version 1.01    Microchip Technology, Inc.
                                        #include   <main.equ>
                        val_ff          equ        0Xf8
                        count           equ        0x20
                        count_ms        equ        0x21
                                ;
                                        GLOBAL  RS_232, EEPROM, KEYBOARD
                        SUB_PROG2       CODE
                ;
00001a  0000    NOP             RS_232      nop
00001b  0008    RETURN                      return ;
00001c  0000    NOP             EEPROM      nop
00001d  0008    RETURN                      return ;
00001e  0000    NOP             KEYBOARD    nop
00001f  0008    RETURN                      return ;
                                            end
```

本副程式在 PAGE0

有關定位虛指令整理

- 不可重新定位指令
  - 程式：ORG
  - 變數：CBLOCK , ENDC
- 可重新定位指令
  - 程式：CODE
  - 變數：UDATA , UDATA_SHR , UDATA_ACS

練習六

- 利用 MPLAB IDE 開啟 \Exercise\Exer6 的 Exer6.mcp
  - 練習不同程式間的呼叫與變數傳遞
  - 熟悉 GLOBAL 與 EXTERN 的用法
  - 注意不同 Page 的切換

第二階段的虛指令

BANKISEL

DA , DATA , DB , DE , DT, DW

MACRO , LOCAL , ENDM

FILL , TITLE , SUBTITLE

BANKISEL

- 產生索引定址模式中的第九位元
- PIC16F87x RAM的位址從0x00~0x1FF，索引定址暫存器(FSR)只能定址到八個位元，第九個位元就可由此虛指令設定
- 語法：

  BANKISEL　　<RAM 的助憶符號>

  範例:

```
        movlw     Var1    ; Var1的bit 9 是個未知值
        movwf     FSR
        bankisel  Var1
        ...
        movwf     INDF
```

DA

- 產生一組以14-bit 為型態的兩個 7-bit ASCII 字元
- DA 所產生的字元或字串存放在 ROM
- 語法：

  <Label>　　DA　　<expr> , <expr1> , …

範例:

```
01B9  30E2 31E4 32E6     00482  Table_1  DA    "abcdef"
01BC  18B2 19B4 1AB6     00483           DA    "123456",0
      0000
01C0  3FFF               00484           DA    0x3FFF
                         00485 ;
```

DATA

- 在程式中建立數字或字串資料(word)
- 建議使用在PIC18Fxxxx元件中
- 語法：

  <Label>　　DATA　　<expr> , <expr1> , …

  範例:

```
01C1  3132 3334 2162      00487          DATA    "1234abcd"
      2364
Message[303]: Program word too large.  Truncated to core size. (6162)
Message[303]: Program word too large.  Truncated to core size. (6364)
```

(14-bit 架構無法置放 16-bit 資料所產生的訊息)

```
01C5  004E                00488          DATA    'N'
                          00489
```

DB

- 在程式中宣告 Byte 資料
- 建議使用在PIC18Fxxxx元件中
- 語法：

<Label>　　DB　　<expr> , <expr1> , …

範例:

```
000298  2020        db      " Temperature “
00029a  6554
00029c  706d
00029e  7265
0002a0  7461
0002a2  7275
0002a4  2065
0002a6  2020
```

DE & DT

- DE
  - 定義 Internal EEPROM 資料
- DT
  - 定義Mid-Range (14-bit) 程式查表資料

DW

- 在程式中宣告 Word 資料，類似 DB 虛指令
- 建議使用在PIC18Fxxxx元件中
- 語法：

<Label> DW <expr> , <expr1> , …

範例:

```
000298  2020    dw      " Temperature “
00029a  6554
00029c  706d
00029e  7265
0002a0  7461
0002a2  7275
0002a4  2065
0002a6  2020
```

MACRO & LOCAL & ENDM

- MACRO 一般稱之為巨集函數，是用來制定使用者自己專用的指令，並可傳遞參數給巨集函數內的指令。

```
User_instru     MACRO     var_in1,var_in2,var_out
```

使用者定義的指令名稱　　參數及變數傳遞

- LOCAL是用來定義在巨集函數內所使用到的變數(Variable)給本巨集函數使用，不同的巨集函數可使用相同的變數名稱。
- 在巨集函數內，如需執行 GOTO 指令可用 “$”符號做為跳躍的基準位址做加(往下跳)或減(往上跳)的短程跳躍。

```
swap_led        movlw       h'8'
                movwf       led_count
                rrf         led_right,F
                rlf         led_lift,F
                decfsz      led_count
                goto        $-.3
```

- ENDM是用來結束本巨集函數。
- 有 MACRO 的宣告就必須有 ENDM 的存在。

MACRO & LOCAL & ENDM – 範例

```
portc_bfr  equ     0x70
w_buffer   equ     0x71
s_buffer   equ     0x72
;
PUSH    MACRO
        movwf   w_buffer
        swapf   w_buffer,F
        swapf   STATUS,W
        movwf   s_buffer
        ENDM
;
POP     MACRO
        swapf   s_buffer,W
        movwf   STATUS
        swapf   w_buffer,W
        ENDM
```

```
MOV     MACRO   regd,regs
        movf    regs,w
        movwf   regd
        ENDM
;*******************************
;       Program start
;*******************************
;
;
        org     0x0
        goto    start
;
        org     0x04  ; Interrupt
        PUSH
        MOV     portc_bfr,PORTC
        :
        POP
        retfie
```

FILL

- 填入立即值或程式碼
- “連續填入的個數“可以用 $ 為參考位址來計算所剩餘的記憶容量。
- 在完成的程式中，所剩餘的記憶容量最好填入 GOTO H’0’以增加系統的穩定性。
- 語法:

FILL (填入值)，(連續填入的個數)

以使用 2K 的PIC16C72A為例:

```
        :
FILL (goto 0x00),(h'7ff' - $+1)
END
```

TITLE & SUBTITLE

- TITLE
  - 程式顯示列印名稱
  - TITLE　　“ CAN Host Monitoring, ver 1.10”
- SUNTITLE
  - 副程式顯示列印名稱
  - SUBTITLE　　“ Interrupt Service Routine “

條件組譯控制指令

虛擬指令	說　　明	使用範例
IF	條件式組譯區塊的起始指令	**IF Rate < 50** **retlw Slow_Speed**
ELSE	當**IF**條件不成立時用以執行相對組譯區塊的指令	**ELSE** **retlw Fast_Speed**
ENDIF	結束條件式組譯區塊的判斷	
IFDEF	判斷標記是否已被定義的指令	**IFDEF __16F877**
IFNDEF	判斷標記是否未被定義的指令	**IFNDEF AD_10BIT**

IF , ELSE , ENDIF

當欲使用某些條件的成立與否來控制MPASM 的組譯流程時, 可利用這些條件判斷指令來達成

- 語法：

  IF　　<條件>

  　"條件成立的組譯程式"

  ELSE

  　"條件不成立的組譯程式"

  ENDIF

- 當條件成立(TRUE) 時則執行 IF 之下區塊之組譯。
- ELSE 用來處理當 IF 的條件不成立時(FALSE)的狀況 。
- ENDIF 用於結束該條件式組譯

使用範例

```
#define         Motor_Type      50
          :
          :
        call        Table_Read
          :
          :
Table_Read:
    IF  Motor_Type == 50
        retlw   0xC0
    ELSE
        retlw   0x40
    ENDIF
```

IFDEF, IFNDEF

當欲使用標記的宣告與否來控制 MPASM 的組譯流程時, 可利用這些條件判斷指令來達成

- IFDEF 的語法與 IFNDEF 相同,皆為
  IFDEF (or IFNDEF) <標記>。
- 標記可使用 #define 的虛指令來加以定義。
- 適當的標記宣告與使用可增加程式開發時的彈性與減少修改的複雜度。例如欲使用 16F87X 為 16C6X/7X 的發展 IC 時, 便可使用如右的方法來調適其間的差異

IFDEF 的使用範例

```
EX1:
    list    p=16F877
      :
    IFNDEF    __16F877
    MESSG "Check Processor Type"
    ENDIF
EX2:
#define    USE_ 16F877
           :

   IFDEF USE_16F877
; Device used 16F877
          movf ADRESH,W
   ELSE
;Device used 16C74B
          movf     ADRES,W
   ENDIF
```

Intel Hex 檔案補充說名

HEX檔格式說明

- MPASM & MPLINK 的 HEX 輸出格式共有三種：
  - Intel HEX Format (INHX8M) ：給標準 8-bit 格式燒錄器
  - Intel Split Hex Format (INHX8S) :需要燒錄 奇、偶 分離的 ROM
  - Intel Hex 32 Format (INHX32) ：給需要 16-bit 格式燒錄器

- INHX8M 格式說明 -- ：EE AABB TT LLHH .... LLHH CC
  - EE ：為二位 16 進制值，用以指示該行的資料長度
  - AABB ：為四位 16 進制值，用以指示資料的起始位址
  - TT ：為二位 16 進制值，為該行欄位功能指示

    TT = “ 00 ” 表是該行是一般性資料

    TT = “ 01 “ 表是資料結束
  - LLHH ：16 進制值 ROM 的資料 (即程式碼)，PIC的程式碼是以字元(word)為單位，其低位的 8-bit (lsb)是放在 LL，較高位的 8-bit (msb)是放在 HH 的欄位
  - CC ：為二位 16 進制的檢查碼，該行全部以16 進制加總後，其和為零

    (EE+AA+BB+TT+LL+HH+LL1+HH1+ .. +CC = Zero)

HEX檔格式範例

:06000000**08308A00**0020**18**

- 檢查碼 06+08+30+8A+20+18=00
- 資料爲 3008, 008A, 2000
- 00 爲資料欄
- 程式位址從 0000 開始
- 資料長度 = 6

:02000800**09**00ED

:10002000F830A000A003031D1228080008000800F3

:0400300000340034 64

:0C00340000000800000008000000800A8

:1010000064000 3010F3083160313850 0F03086005F

:10101000831203130 0308A001A2017201C2010208E

:081020001E2008308A000A2896

:00000001FF

01 表示資料結束