MICROCHIP

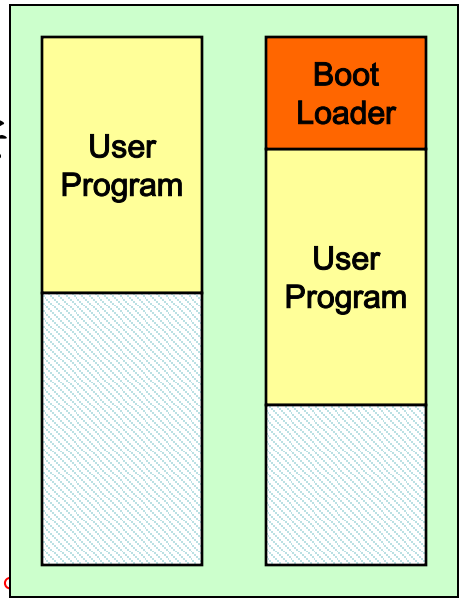
Regional Training Centers

使用 Microchip USB HID Boot Loader

Authors: *Adam Syu*
Microchip Technology Inc.

Boot-Loader 的運作原理

- 一般的程式記憶體的安排方式應如下圖所示, 未使用Boot-Loader時安排狀況如左圖所示;具有Boot-Loader時之安排狀況應如右圖所示。
- 未使用Boot-Loader時,程式記憶體中,僅有User Program, MCU一旦完成Reset後,就會立即執行User Program。
- 而使用Boot-Loader時, 程式記憶體中會同時存在有User Program 與Boot-Loader。
- MCU Reset後 ，Boot-Loader會透過某些機制,如按鍵或特殊記憶體的 Pattern, 判斷要進入 Boot-Loader 來載入新的 User Program 或者直接將執行權交給使用者程式執行。
- 由於Boot-Loader佔據程式記憶體前端部分, 因此使用者程式必須告知程式連結器 (Linker) 將自己移位至較高的位址,避開 Boot-Loader 空間。

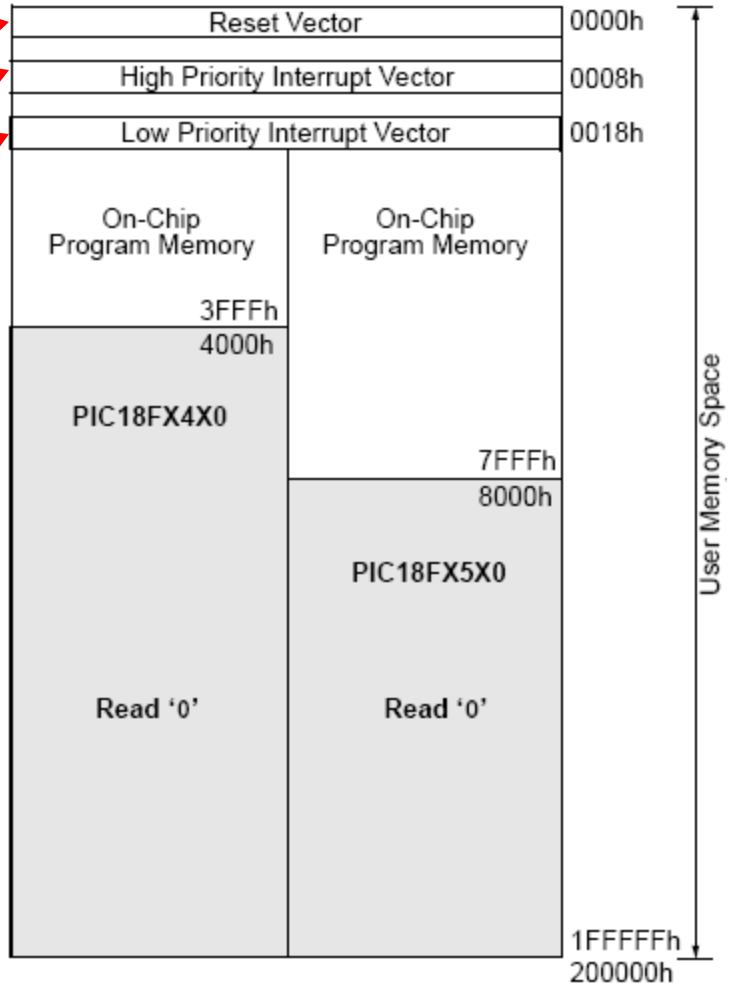


程式記憶體配置狀況

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

PIC18F 的程式記憶體配置

- PIC18 系列 MCU 在 Reset 後的 Program Counter 指向 0x0000
- MCU 有兩個中斷向量
  - 0x0008 - 高優先權中斷
  - 0x0018 – 低優先權中斷
- 中斷後 MCU 的 Program Counter 直接被改變為 0x0008 or 0x0018
- 因為 0x0008 ~ 0x0018 的區間只有 16 Bytes，故一般的中斷向量中只有一個簡單的 “goto” 指令來令 MCU 跳至指定的中斷服務程式

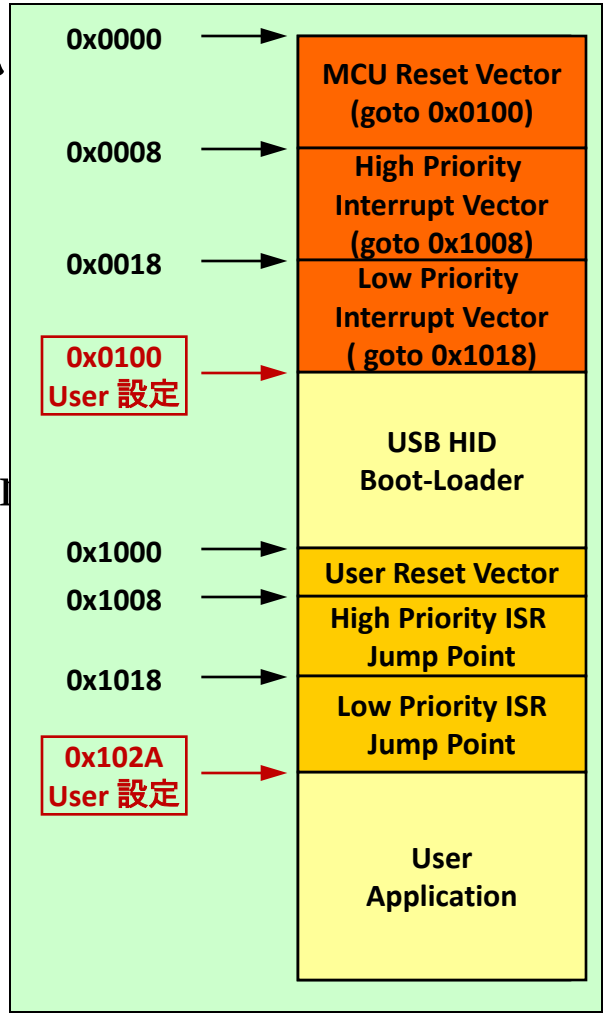


©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

PIC18F Boot-Loader 與 User Program 並存時的記憶體規劃

- 加入 HID BootLoader 的 PIC18 系列記憶體規劃如圖所示。HID Boot Loader 的放置位置在最前面的 4K Bytes，User Application則在 0x1000 之後。
- CPU Reset 後，在 0x0000 向量點跳到 HID Bootloader 0x0100 位址，再判斷要將控制權交由 User Program (0x102A) 或是 Boot-Loader

```
void main(void)
{
        TRISAbits.TRISA4 = 1;       // RA4 為 sw3 按鍵
        if(sw3 == 1)
        {
                _asm        goto 0x1000  _endasm
        }
//      以下為 Boot-Loader 程式的剩餘部分！
.....
```



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

Boot-Loader 使用時注意事項

- Boot-Loader :
  是一個預先載入在MCU內的程式,該程式可透過通訊介面,如:UART, SPI, USB等,與PC或其他控制器溝通, 進行自我韌體更新。
- Microchip對所有具有USB功能的MCU都有提供USB HID Boot-Loader的功能, 因此可以輕易的進行自我韌體更新。
- USB HID透過USB介面與PC連接，搭配 Microchip 所提供之PC端軟體將欲更新的 F/W 燒錄至 MCU 。如此將無須再使用 PICkit3/ICD3/Real ICE等開發工具進行 F/W 的燒錄。
- MCU 在出廠時是空白的，所以 Boot-Loader本身是透過PICkit 3、ICD 3 或是 Real ICE 等工具燒錄至MCU 的。
- 一旦 MCU 已經燒錄了 Boot-Loader，使用者的應用程式則需透過 PC端的軟體經由Boot-Loader具備的燒錄功能, 更新至 MCU中 。
- 請不要在具有Boot Loader程式的MCU上使用PICkit3/ICD3/Real ICE等工具燒錄, 此舉可能會覆蓋掉原來Boot-Loader的程式。

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

MICROCHIP
Regional Training Centers

Reset, Interrupt 的重新導向

- 通常MCU中的Reset Vector, Interrupt Vector, Trap Vector等等是固定在特定的程式記憶體位置。這些位置是無法移動的。因此無法直接移位, 必須透過特定手段來處理。最常見的方式是使用多次跳躍的方式來導向(不同系列MCU處理方式或許會不相同)。
- 為了避免占用 User Program 執行時的 CPU 資源，Microchip 提供的 Boot-Loader 程式皆不使用中斷。
  - 直接以既定的結構安排將中斷導向至 User Program 安排好的中斷進入點
- 所以, 除了將 User Program 正確位移外，安排 User Program 的中斷“進入點”至指定的新位址。所以必須充新安排 C 語言的起動模組及中斷函數位址讓 User Program 能運作無誤。
- 在不同系列的MCU中, 轉向概念是一樣的, 但手法不同。例如: MPLAB C18需使用linker script 檔案搭配程式碼來完成。 MPLAB C30, C32則單純使用linker script 檔案來完成。

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

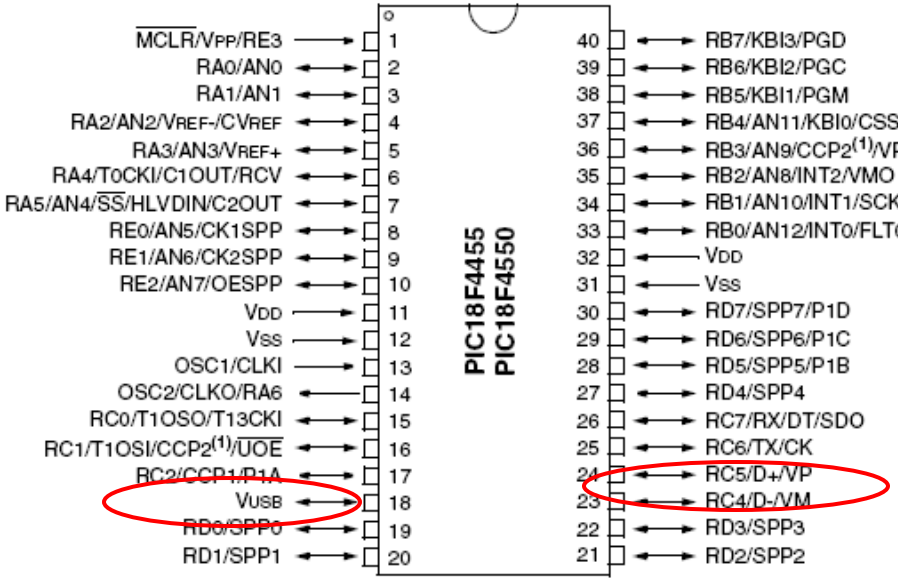
USB HID Boot-Loader 取得方式

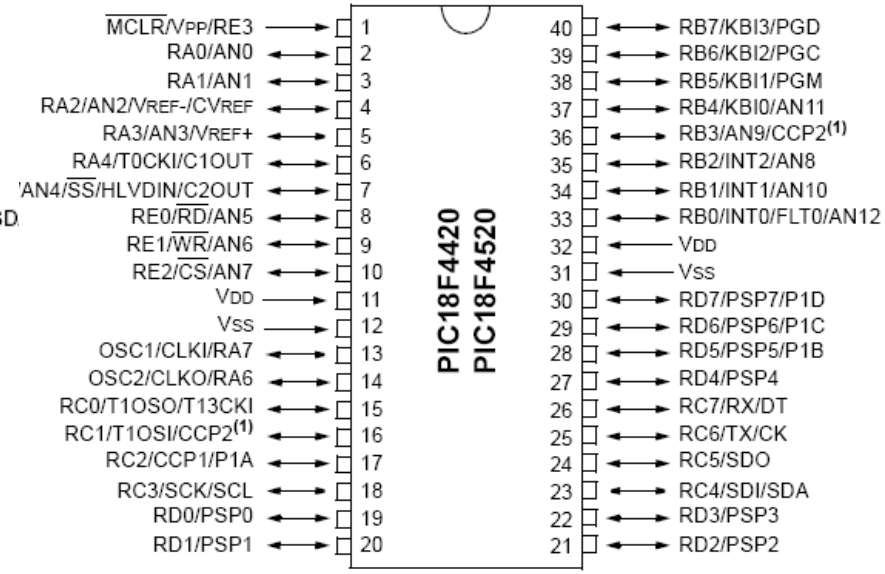
- USB HID Boot-Loader的相關資料, 包含在Microchip Application Libraries中, 可至專屬網頁 (http://www.microchip.com/mal)下載。
  - 本課程使用版本為Microchip Application Libraries v2011-06-02。
- Microchip Application Libraries包含所有Microchip的應用範例,如USB, Graphics, TCP/IP, mTouch …等。
- 檔案安裝後,會在C:\ 磁碟機下產生Microchip Solutions xxxx資料夾 USB HID Boot-Loader的原始程式碼位於:
  - C:\Microchip Solutions v2011-06-02\USB\Device - Bootloaders\HID\
- 資料夾下有適用於不同MCU系列的USB HID Boot-loader原始碼。
- 課程所需使用的Bootloader 已編譯過產生一個燒錄用的Hex 檔
  - ..\Labs\PIC18F4550_BootLoader\HID Bootloader PIC18F4550.hex

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

PICF4550 vs. PIC18F4520

- PIC18F4550 的 USB 信號腳位為 RC4 & RC5
- PIC18F4550 的 Pin-18 為 VUSB – 須加一個 0.47uF 電容





©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

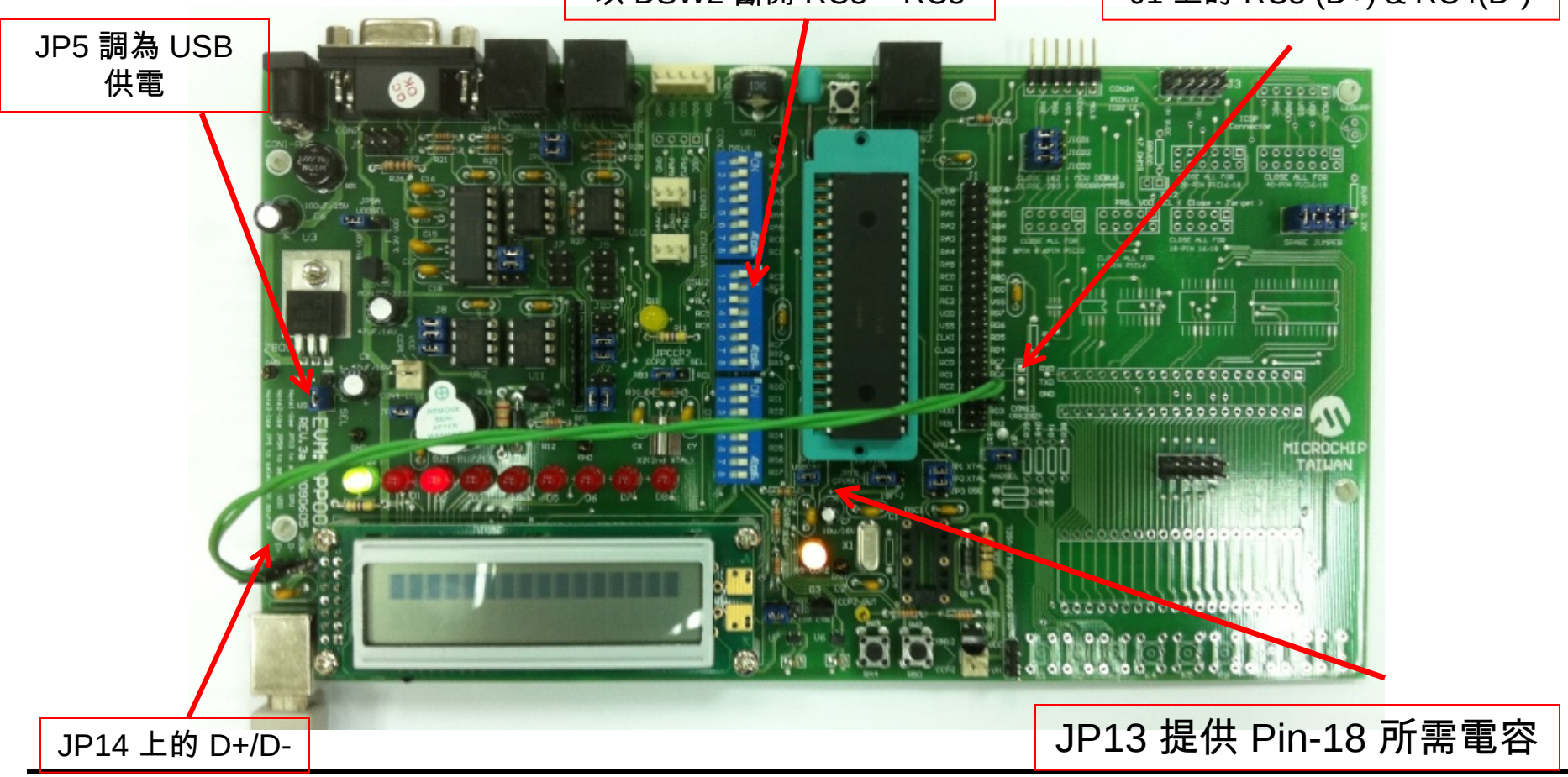
USB HID Boot-Loader & APP001

- 因為 Microchip MCU 出廠時的 Program 皆為空白，所以須先使用燒錄器將 USB HID Boot-Loader 燒錄至 MCU
- 本實驗使用以下的工具來載入 USB HID Boot-Loader
  - APP001T 實驗板 + PIC18F4550 MCU
  - PICkit 3 Debugger/Programmer
  - ..\Labs\PIC18F4550_BootLoader 目錄中所附的 .hex 檔
- APP001T 出廠所裝置的 MCU 為 PIC18F4520
  - 須更換為 PIC18F4550
  - CON5 為 USB Connector ，提供與 PC 的 USB 連結
  - JP14 中有將 USB 的接腳信號引出，可被連接至 MCU 的 D+/D-
  - J1 (40-pin 排針)可以由 User 自由地將 MCU 信號自行跳接
  - DSW1 ~ DSW3 可以隔離 MCU 至板上周邊的連接
  - JP13 提供 PIC18F4550 Pin-18 (V_{USB}) 穩壓電容(0.47uF)的需求

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

PIC18F4550 使用於 APP001 時實驗板上需要的調整

- 以下為將 PIC18F4550 換裝上 APP001 後，與使用 USB HID Bootloader 時要做調整的部分



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

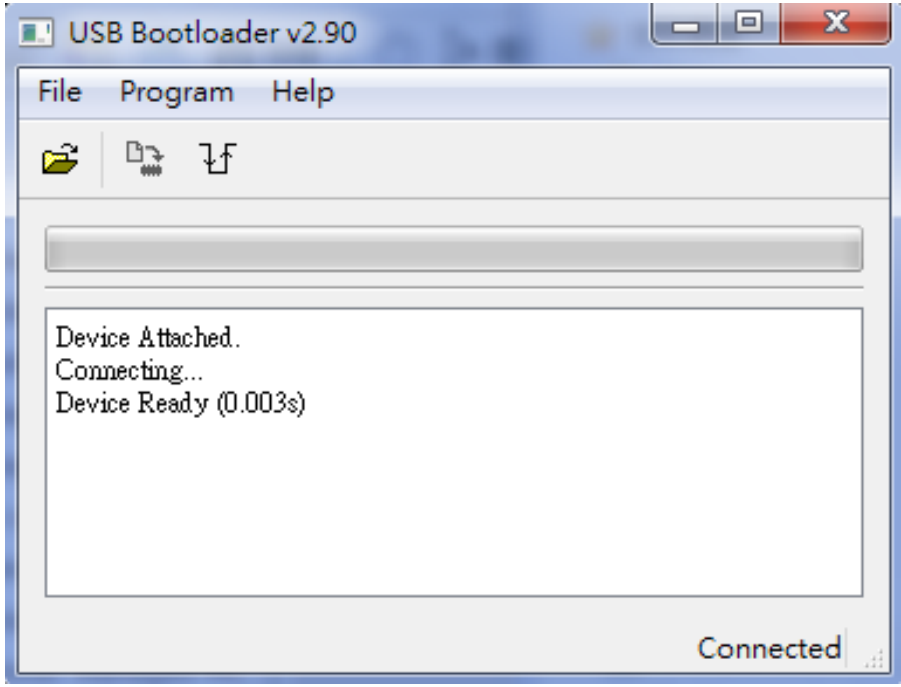
載入 USB HID Boot-Loader 程式至 PIC18F4550

- 將 USB Cable 接到 CON5 (USB 接頭) 並供電給實驗板
- 在 MPLAB IDE 下選擇 PIC18F4550 為 Target MCU
- 使用 File -> Import 功能將以下檔案匯入
  - ..\Labs\PIC18F4550 _BootLoader\HID Bootloader PIC18F4550.hex
- 選擇 PICkit 3 為 Programmer Mode
- 將匯入的 hex 檔案燒錄至 PIC18F4550
- 因為 USB HID Boot-Loader 使用的是 HID 類別的裝置，所以無須驅動程式的安裝
- 但是 … 正確的程序才能進入 Boot-Loader !!
  - Sw3 (RA4) 在 MCU Power On 時要被按下 …

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

USB HID Boot-Loader
程式進入方式及 GUI 程式的使用

- 先執行以下的應用程式
  - ..\Labs\GUI_HIDBootLoader\HIDBootLoader.exe
- 進入 Boot-Loader 的程序如下
  - 同時按下 SW1(RESET) & SW3 (RA4)
  - 先放開 SW1 候再放開 SW3
- Device Attached 的訊息將顯示於應用程式視窗
- 此時將可使用此 PC GUI 將 User Program 的 hex 檔案載入並燒錄至 MCU



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

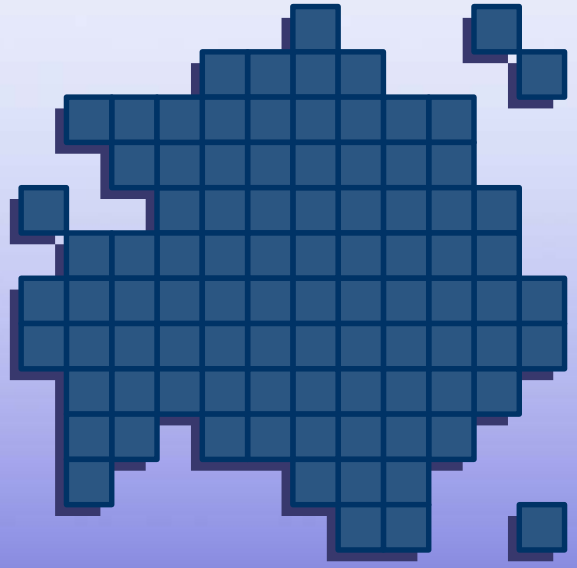
USB HID Boot-Loader Configuration Bits 的設定值

- Boot-Loader 的 Configuration 設定如下
- User Program 不需要另外設定 Configuration Bits !!

C:\...\main.c*

```
93          #pragma config PLLDIV   = 4
94          #pragma config CPUDIV   = OSC1_PLL2
95          #pragma config USBDIV   = 2
96          #pragma config FOSC     = HSPLL_HS
97          #pragma config FCMEN    = OFF
98          #pragma config IESO     = OFF
99          #pragma config PWRT     = OFF
100         #pragma config BOR      = ON
101         #pragma config BORV     = 3
102         #pragma config VREGEN   = ON
103         #pragma config WDT      = OFF
104         #pragma config WDTPS    = 32768
105         #pragma config MCLRE    = ON
106         #pragma config LPT1OSC  = OFF
107         #pragma config PBADEN   = OFF
```

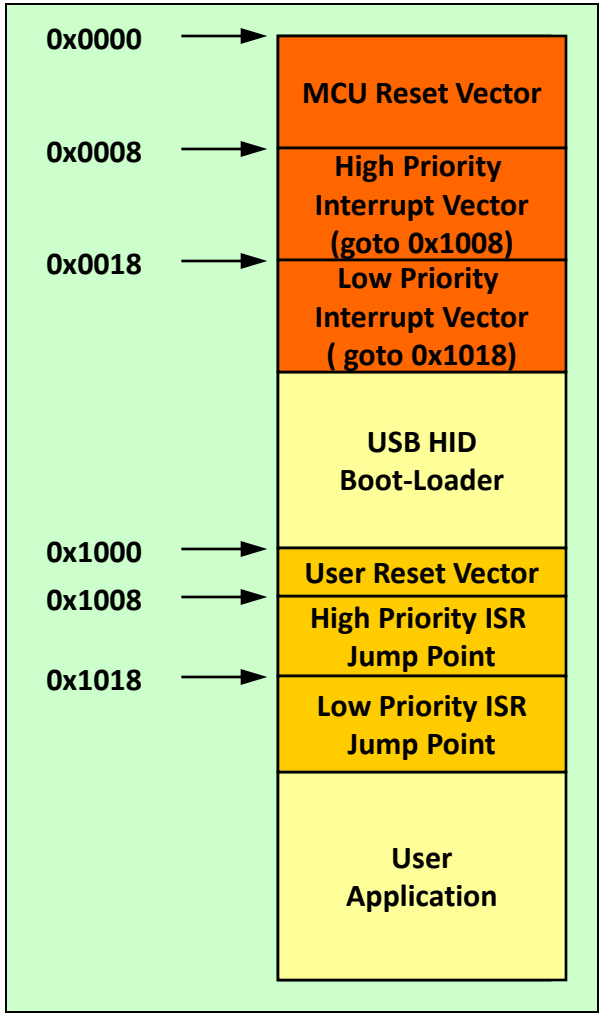
©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.



適用於 USB HID Boot Loader 的 User Program 程式注意事項

PIC18F User Program 注意事項

- USB HID Boot-Loader 所佔的程式記憶體區間為 MCU 的最前面 4K Bytes (0x0000 ~ 0x0FFF)
- USB HID Boot-Loader 程式若要進入 User Program，會將控制權交給位址 0x1000
- 因為 Interrupt Vector 的程式進入是由硬體控制的，所以當中斷發生一定會跳到 0x0008 或是 0x0018 來執行
- Boot-Loader 沒有用到任何中斷資源，在中斷向量上直接將程式導向至已知位址
  - 0x0008 -> 0x1008
  - 0x0018 -> 0x1018
- 所以 User Program 要依據以上的規則來放置必要的程式碼來完成必要的作業！



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

PIC18F User Program
對位址 0x1000 的處置方式

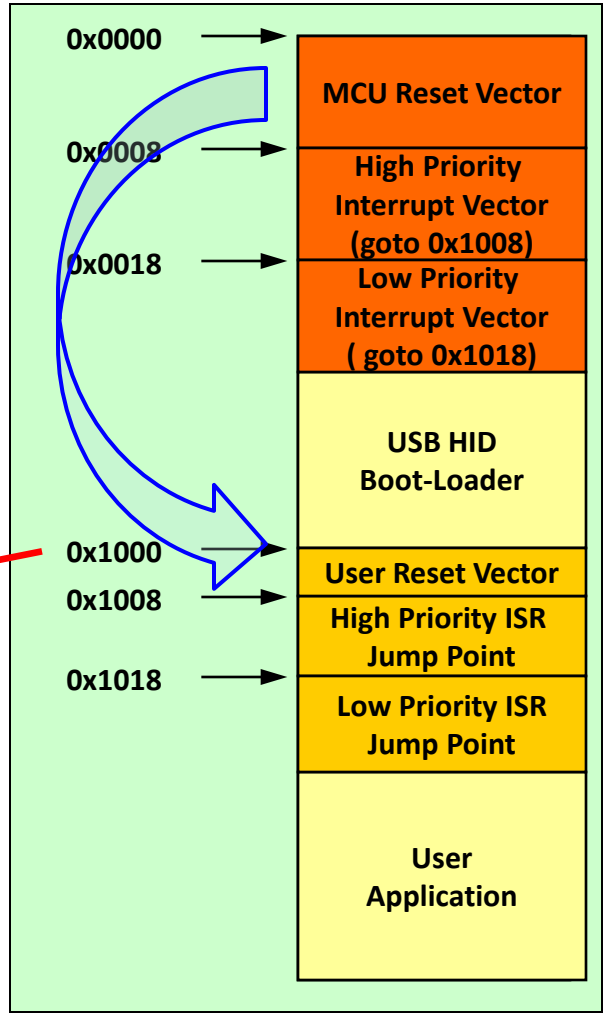
- _startup() 為 MPLAB C18 啟動模組的進入點所以在 User Program 的開頭 0x1000 要叫用 _startup() 以便執行必要的初始工作
- _startup() 在完成初始作業後會將程式控制權交給 main()

```
extern void _startup (void);

#pragma code REMAPPED_RESET_VECTOR = 0x1000

            void _reset (void)
            {
                _asm goto _startup _endasm
            }
#pragma code
```

設定 User 的啟動模組
從位址 0x1000 開始編譯



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

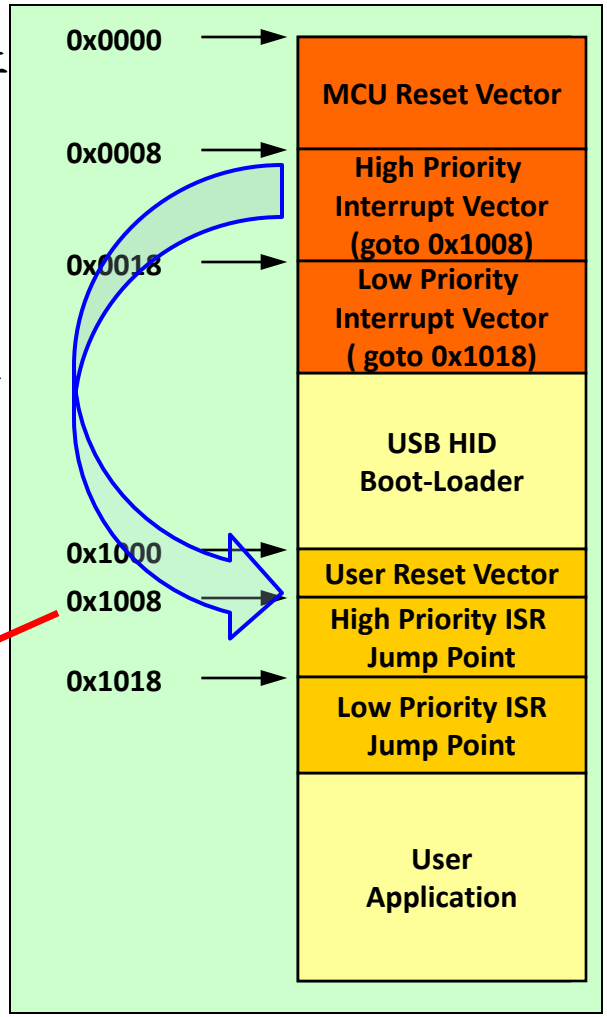
PIC18F User Program
對位址 0x1008 的處置方式

- 若 CPU 回應高優先全中斷請求時會跳至位址 0x0008 嘗試執行中斷服務程式
- Boot-Loader 會使用 “goto 0x1008” 指令跳至 0x1008 執行
- User Program 必須在 0x1008 將程式交由真正的 ISR → HighISR( )

```
#pragma code

REMAPPED_HIGH_INTERRUPT_VECTOR =0x1008

        void Remapped_High_ISR (void)
        {
            _asm goto HighISR _endasm
        }
#pragma code
```



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

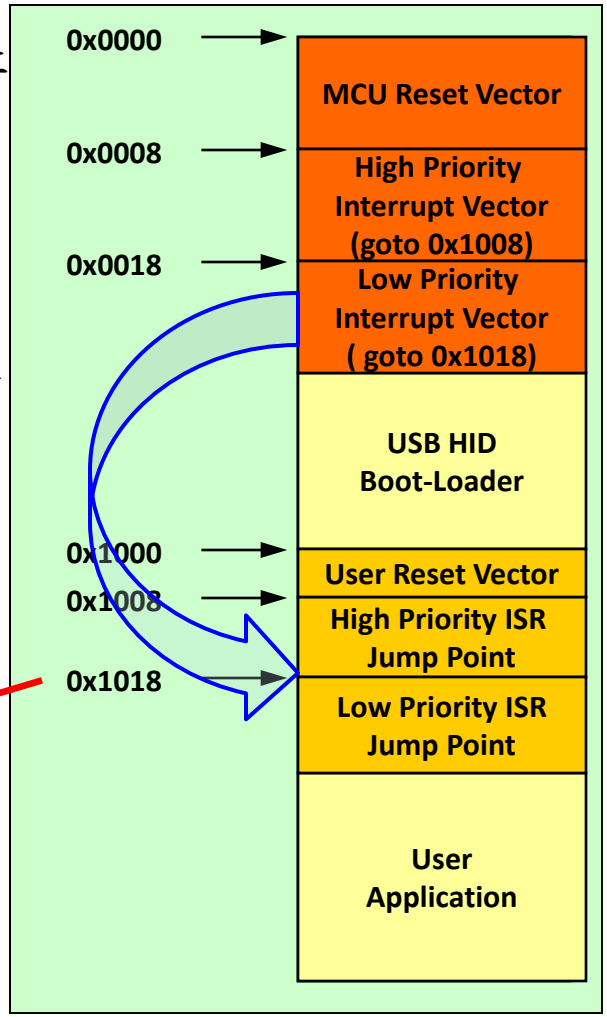
PIC18F User Program
對位址 0x1018 的處置方式

- 若 CPU 回應低優先全中斷請求時會跳至位址 0x0018 嘗試執行中斷服務程式
- Boot-Loader 會使用 “goto 0x1018” 指令跳至 0x1018 執行
- User Program 必須在 0x1018 將程式交由真正的 ISR → LowISR( )

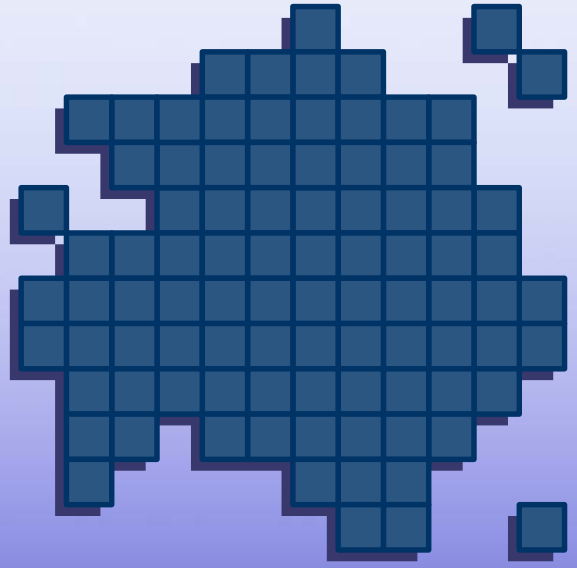
```
#pragma code

REMAPPED_LOW_INTERRUPT_VECTOR =0x1018

        void Remapped_Low_ISR (void)
        {
            _asm goto LowISR _endasm
        }
#pragma code
```



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.



適用於 USB HID Boot Loader 的定位程式範本及 .lkr 檔

定位程式範本 – BOOT_Relocate_ISR.c

```
extern void _startup (void);
#pragma code REMAPPED_RESET_VECTOR = 0x1000
void _reset (void)
{
    _asm goto _startup _endasm
}
#pragma code REMAPPED_HIGH_INTERRUPT_VECTOR = 0x1008
void Remapped_High_ISR (void)
{
    _asm goto HighISR _endasm
}
#pragma code REMAPPED_LOW_INTERRUPT_VECTOR = 0x1018
void Remapped_Low_ISR (void)
{
    _asm goto LowISR _endasm
}
#pragma code
#pragma interrupt HighISR
void HighISR()
{
}
#pragma code
#pragma interruptlow LowISR
void LowISR()
{
}
#pragma code
```

1

2

3

4

5

HighISR( ) & LowISR 也可以放在其他程式中 ！

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

PIC18F User Program
定位程式範本的用法

- 定位程式的位置為：
  - ..\Labs\PIC18F4550_BootLoader\
- 定位程式名稱為 BOOT_Relocate_ISR.c
  - BOOT_Relocate_ISR.c 為單獨的檔案加需至 project 中
  - 使用前最好先複製一份至各個專案所屬的目錄中
- 中斷服務程式可以直接加在 HighISR( ) 或是 LowISR ( )
- 也可將此定位程式中的 HighISR( ) or LowISR( ) 片段做註解處理，而在其他程式放置 HighISR( ) or LowISR( )
  - Note1 : 處理中斷程式的宣告要一樣，名稱也必須相同
  - Note2 : 要修改中斷程式名稱的話要連定位程式的名稱一起改

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

User 程式所使用的 lkr 檔案

- User Program 不可以使用到 MCU 最前面的 4K Bytes program Memory
  - Boot-Loader 程式位於此區間 (0x0000 ~ 0x0FFF)
- User Program 需要修改過的連結器描述檔 (lkr file)
- 修改過的連結器描述檔為：rm18f4550 - HID Bootload.lkr
  - 位置：..\Labs\PIC18F4550_BootLoader\
- 此連結器描述檔必須被加入 MPLAB IDE 的專案中
  - 若無此檔案則程式會與 Boot-Loader 的區間重疊
  - Boot-Loader 不會被自己破壞，但 User Program 會無法正常運作

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

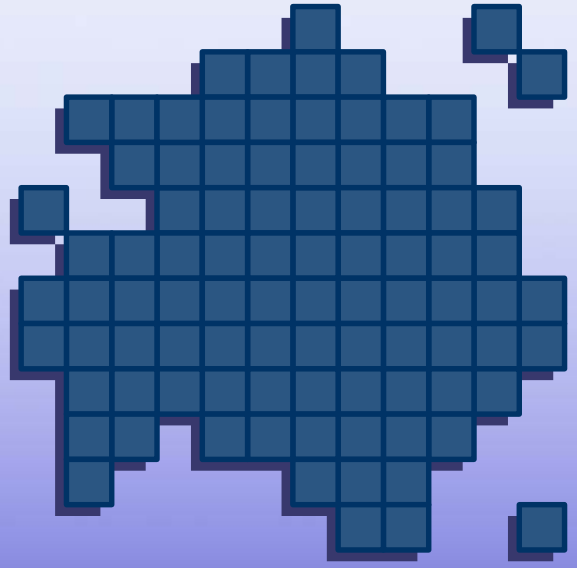
PIC18F User Program 須使用的 .lkr 檔案內容

- 0x0000 ~ 0x0FFF 的區間因為 Boot-Loader 而設為 Protected
- 0x1000 ~ 0x1029 的區間為了要安置 user Program 的起始區塊而設為 Protected (0x1000 , 0x1008 , 0x1018)
- 只有 0x102A ~ 0x7FFF 的區間可以自由放置程式

```
FILES c018i.o
FILES clib.lib
FILES p18f4550.lib

CODEPAGE   NAME=bootloader   START=0x0        END=0xFFF      PROTECTED
CODEPAGE   NAME=vectors      START=0x1000     END=0x1029     PROTECTED
CODEPAGE   NAME=page         START=0x102A     END=0x7FFF
CODEPAGE   NAME=idlocs       START=0x200000   END=0x200007   PROTECTED
CODEPAGE   NAME=config       START=0x300000   END=0x30000D   PROTECTED
CODEPAGE   NAME=devid        START=0x3FFFFE   END=0x3FFFFF   PROTECTED
CODEPAGE   NAME=eedata       START=0xF00000   END=0xF000FF   PROTECTED
```

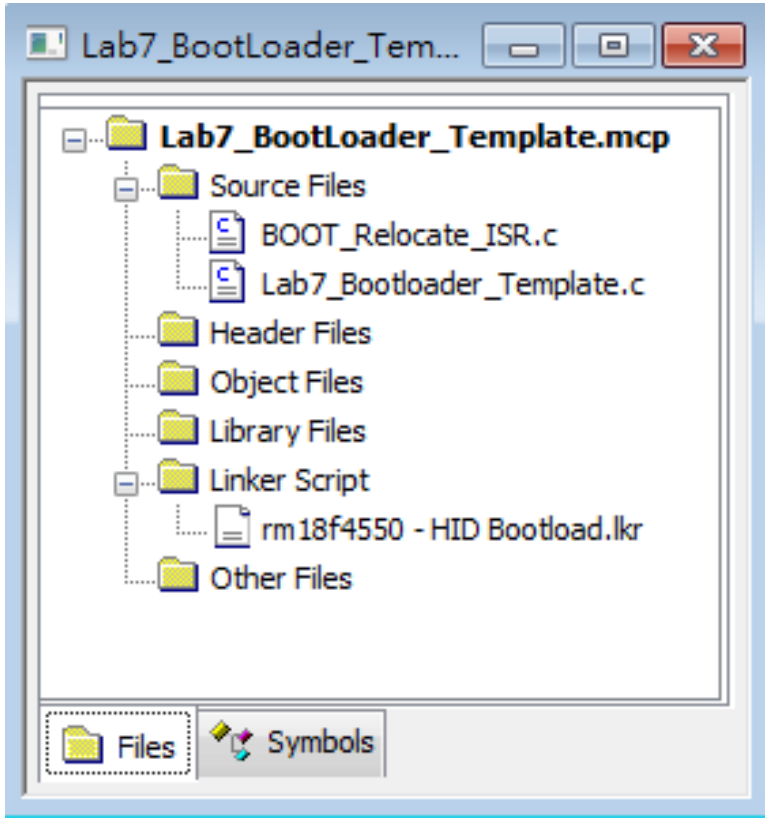
©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.



Lab7
觀察 PIC18F User Program 範本程式並以 PC GUI 進行燒錄作業

Lab7 觀察重點(1)

- 直接使用 Project → Open 打開 Lab7
  - ..\Labs\Lab7_BootLoader_Template\Lab7_BootLoader_Template.mcp
- Lab7 專案中必須包含的檔案
  - Source Code
    - Lab7_Bootloader_Template.c
  - 負責調用啟動模組及定位中斷服務程式的程式段落
    - BOOT_Relocate_ISR.c
  - 修改過的連結器描述檔
    - Rm18f4550 – HID Bootloader.lkr



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

Lab7 觀察重點(2)

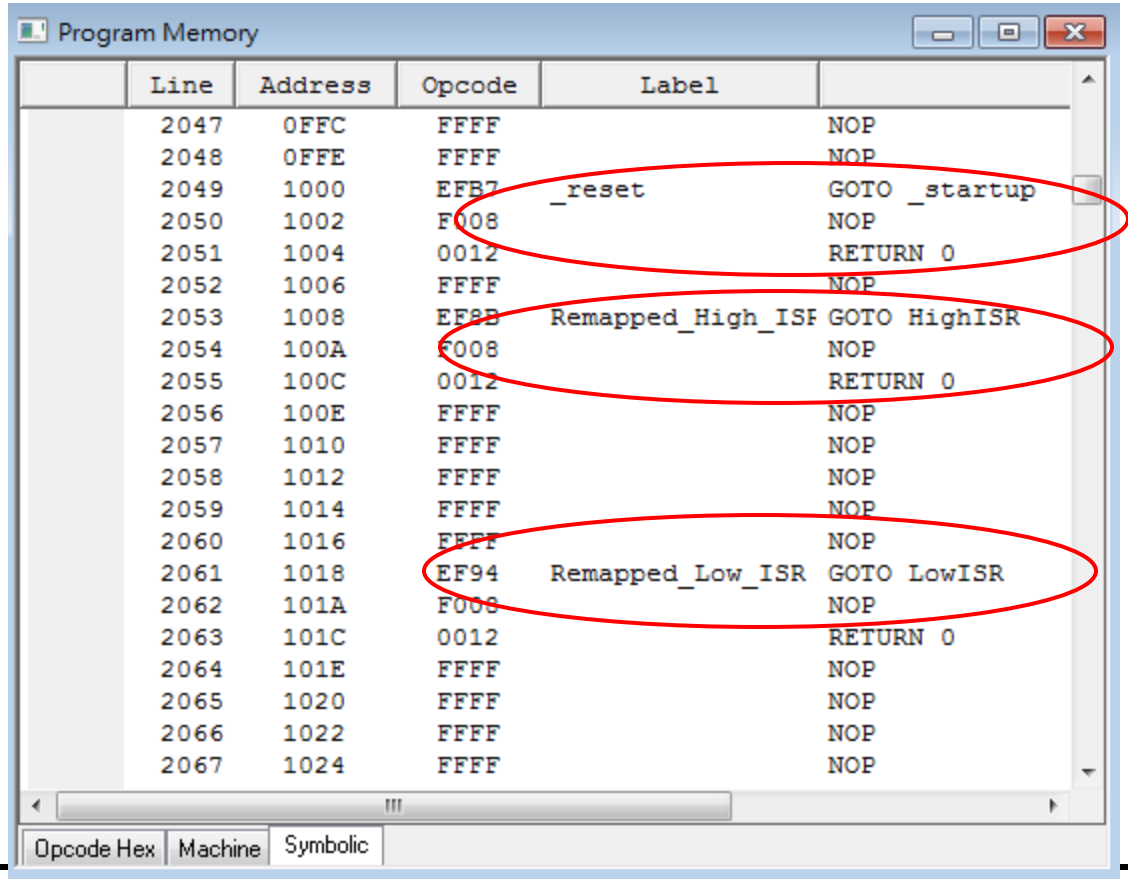
- Lab7_Bootloader_Template.c 的內容
  - 將負責調用啟動模組及定位中斷服務程式的程式段落獨立後，主程式看起來和一般的程式一樣 (但是 .. 不須設定 Configuration Bits)

C:\RTC\TLS2118\Lab7_BootLoader_Template\Lab7_Bootloader_Template.c*

```
8   #include <p18cxxx.h>
9
10  //  使用 BootLoader 時不需要再設定 Configuration Bits
11  //  #pragma config OSC=INTIO7, WDT=OFF, BOREN = ON, BORV = 1, LVP=OF
12
13  #define LED_PORT         LATD
14  #define DIR_LED_PORT     TRISD
15
16  void main(void)
17  {
18      unsigned     Delay_Loop = 0 ;
19
20      LED_PORT = 0x00 ;
21      DIR_LED_PORT = 0x00 ;
22
23      while(1)
24      {
25          for (Delay_Loop = 0 ; Delay_Loop < 20000 ; Delay_Loop ++) ;
26          LED_PORT ++ ;
27      }
28  }
```

Lab7 觀察重點(3)

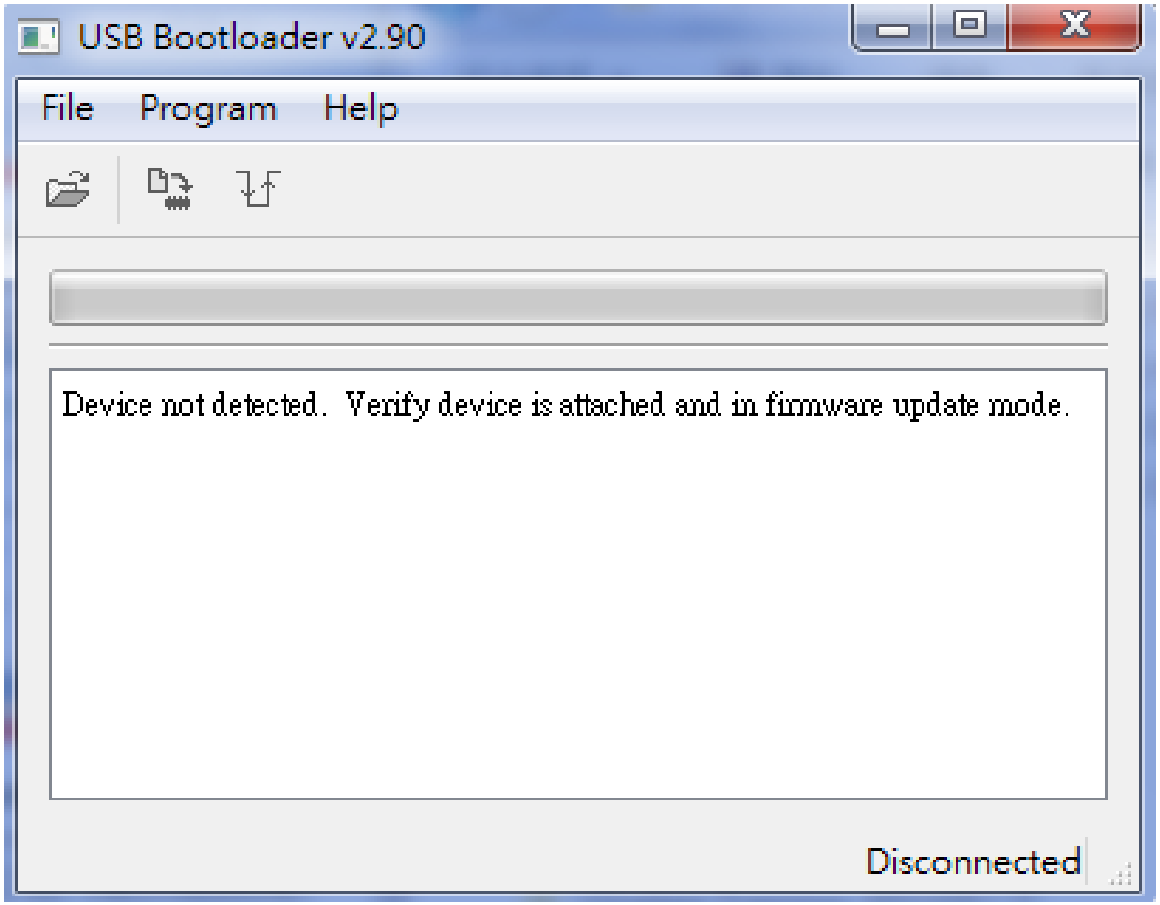
- 使用 View →Program Memory 觀察 Program Memory 的內容
  - 程式碼的安排由位址 0x1000 開始
  - 0x1008 & 0x1018 被安插 GOTO 至中斷服務程式的程式碼



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

HIDBootloader.exe 的執行(1)

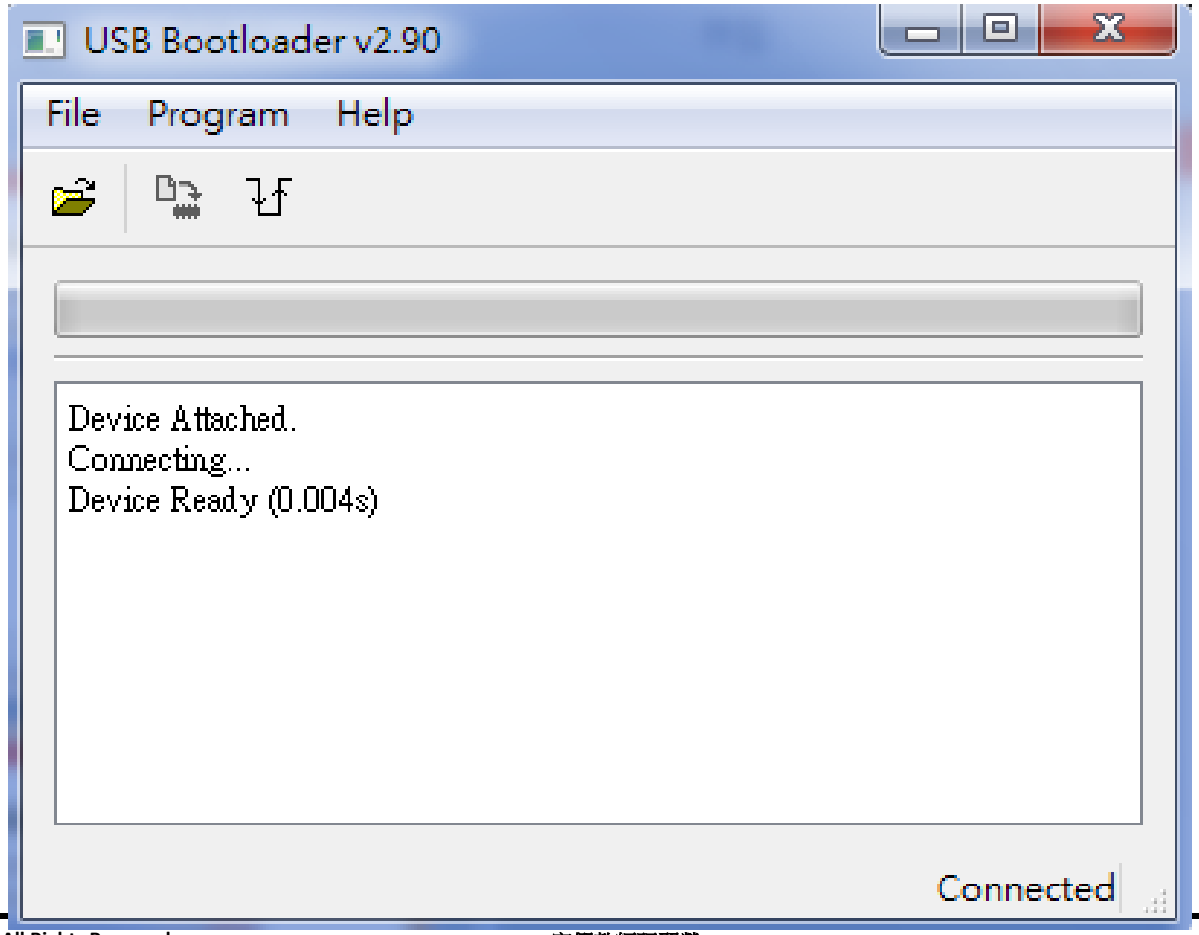
- 程式位置：..\Labs\TLS2118\GUI_HIDBootLoader
  - 如果未偵測到 Device，輸出視窗會顯示 Device not detected ..



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

HIDBootloader.exe 的執行(2)

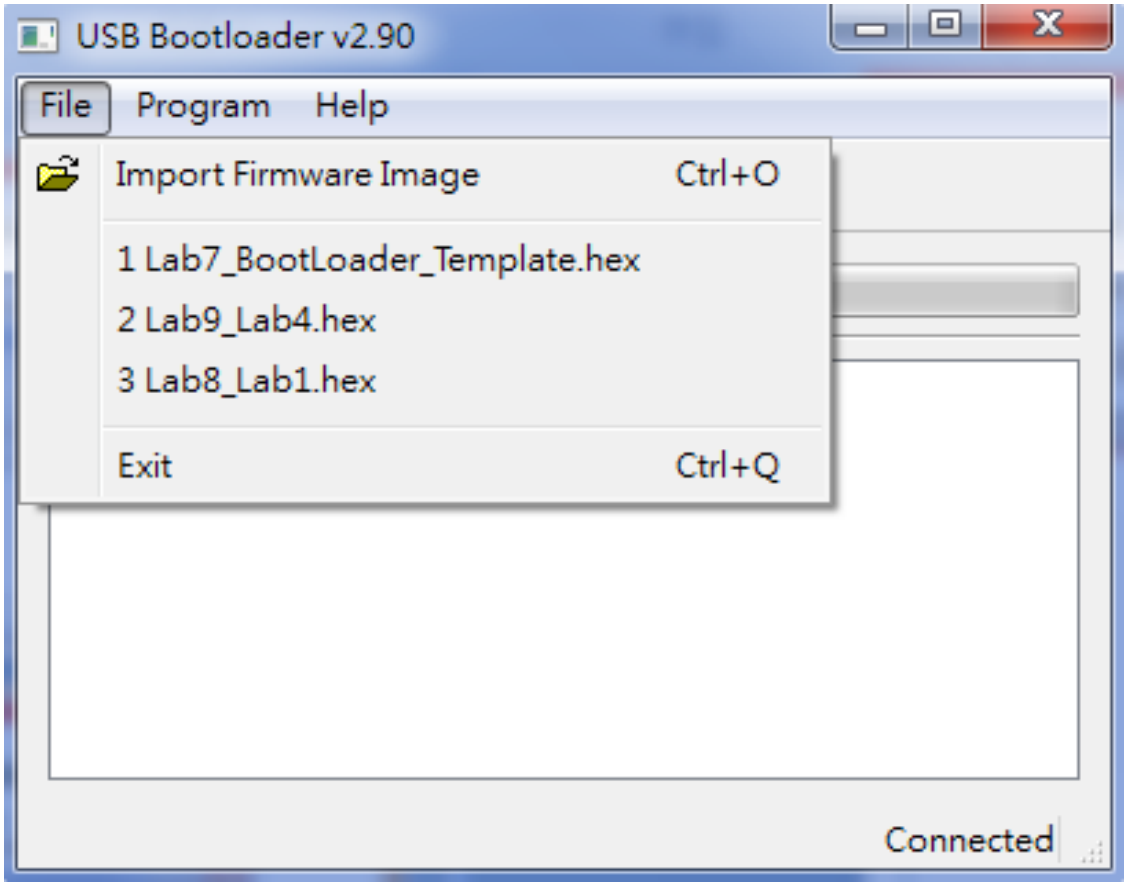
- 同時按下 SW1 & SW3 後，先放掉 SW1 再放掉 SW3
  - HIDBootloader 將偵測到 HID Device 並顯示 “Device Ready”



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

HIDBootloader.exe 的執行(3)

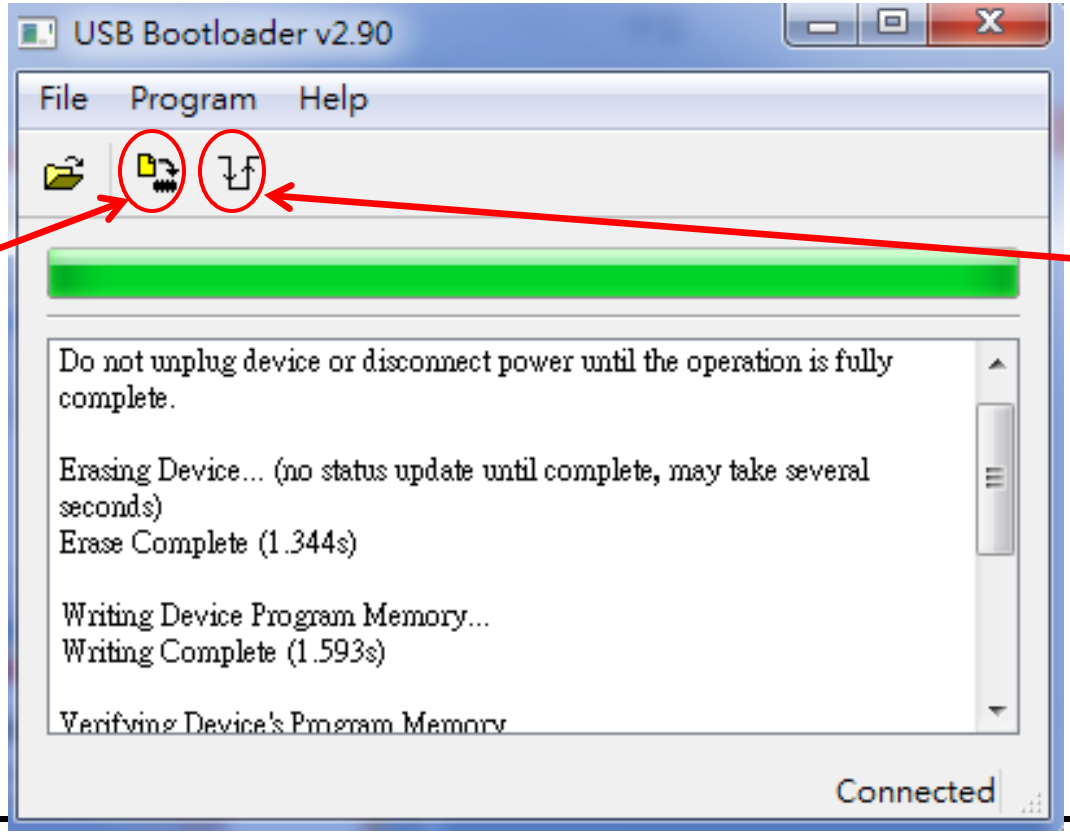
- 使用 File →Import Firmware Image 載入 Lab7 的 .hex 檔
  - Lab7_BootLoader_Template.hex



©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

HIDBootloader.exe 的執行(4)

1. 使用 Erase/Program/Verify 功能鈕來燒錄程式至 MCU
2. 使用 Reset Device 功能鈕來 Reset MCU
   - 因為 RESET 時沒有按下 SW3 所以執行 User Program



Erase/Program/Verify

Reset Device

©Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.

Lab8 (未使用中斷)

修改 Lab1 的程式並製作一個能使用 USB HID BootLoader 載入的程式 (功能要和 Lab1 相同)

Lab9 (使用中斷)

修改 Lab4 的程式並製作一個能使用 USB HID BootLoader 載入的程式 (功能要和 Lab4 相同)