

# 10

## CHAPTER

# USB 介面控制實習

## 本章單元

- USB 結構與控制
- 開發板 USB 控制
- 開發板 USB 控制實習

通用串列匯流排(USB : Universal Serial Bus)是目前市面上很流行的串列傳輸介面，版本分為 USB1.1、USB2.0、USB3.x 及 USB4.x，其常用的外型、符號及傳輸速度，如下表(a)(b)所示：

表 10-1(a) 常用 USB 版本與外型

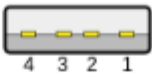
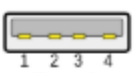

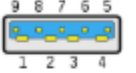


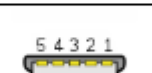

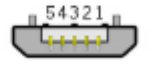

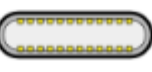
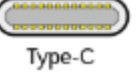
種類	公頭外型	母頭外型	介面	版本
USB Type-A	 Type-A	 Type-A	Type-A	USB 2.0
	 Type-A SuperSpeed	 Type-A SuperSpeed		USB 3.2
USB Type-B	 Type-B	 Type-B	Type-B	USB 2.0
	 Mini-B	 Mini-B	Mini-B	USB 2.0
	 Micro-B	 Micro-B	Micro-B	
USB Type-C	 Type-C	 Type-C	Type-C	USB 2.0、 USB 3.2、 USB 4.0

表 10-1(b) USB 版本與符號

USB 版本	Logo 標記	傳輸速度
USB1.1		低速：1.5M-bps 全速：12M-bps
USB2.0		低速：1.5M-bps 全速：12M-bps 高速：480M-bps
USB3.x		低速：1.5M-bps 全速：12M-bps 高速：480M-bps 超速：5G-bps
USB4.0		快速：40Gbps

## 10-1 USB 結構與控制

USB 的規格非常複雜，本章僅加以簡略介紹，詳細內容請至 USB 協會網站下載規格書。網址為：<http://www.usb.org/>

### 10-1.1 USB 硬體架構(初學者可省略)

USB 的硬體架構有上下層分別，由電腦主機經連接 USB 裝置或透過 USB HUB 連接 USB 裝置。USB 的硬體匯流排為階梯式星狀結構，它分成四部份：分別為電腦主機(根集線器 Boot HUB)、USB 集線器(HUB)、USB 裝置(device)及每個裝置均有的輸出入端點(Endpoint)，如下圖所示：

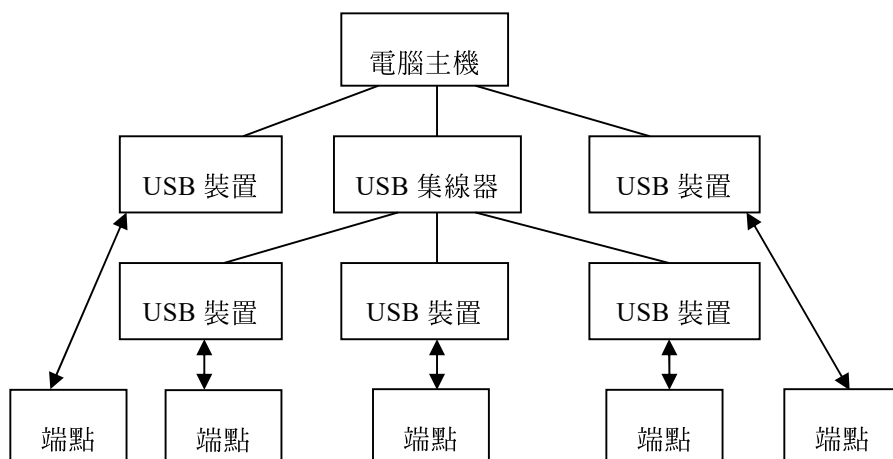


圖 10-1 USB 的基本結構

1. USB 位址：為 USB 裝置及 HUB 的位址，它的位址有 7-bit，以  $2^7=128$  計算，除了位址 0 外，最多可連接 127 個 USB 裝置及 HUB。
2. 開機時所有的 USB 裝置及 HUB 的位址均預定為 0，而後主機會由上而下掃描所有的 USB 裝置及 HUB，並分配位址以便利存取。
3. 當有新的 USB 裝置插入時，預定位址為 0，等待分配新位址後，才會去尋找驅動程式，來與 PC 主機連線。
4. 端點(Endpoint)位址：USB 的每個裝置均內含有 8-bit 的端點位址，其中 bit7 用於設定為輸出(bit7=0)或輸入(bit7=1)端點，而 bit3-0 用於設定每個 USB 裝置或 HUB 內部的 16 個端點位址，每個端點代表裝置內部的一個 USB 的 FIFO(先入先出)或 RAM 緩衝器(buffer)記憶空間。
5. MG32F02U128 的端點(End Point)有 8 個(EP0~EP7)，其中 EP0 為半雙工傳輸，可隨時切換為發射或接收。而 EP1~7 僅有單工傳輸，一旦設定為發射

或接收後不得改變。

6. USB 接頭:有 A 型(偏平型)連接上游(upstream)電腦,B 型(方型)、mini USB、micro USB 及 Type C 連接下游(downstream)USB 裝置(device),如下圖:

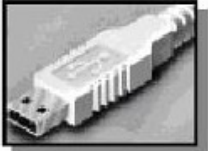
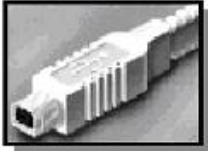


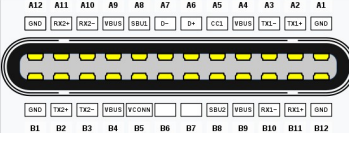

A 型接頭(上游-偏平型)	B 型接頭(下游-標準方型)	mini USB(下游)
<p>◆ Series "A" plugs are always oriented <b>upstream</b> towards the <i>Host System</i></p>  <p>"A" Plugs (From the USB Device)</p>	<p>◆ Series "B" plugs are always oriented <b>downstream</b> towards the <i>USB Device</i></p>  <p>"B" Plugs (From the Host System)</p>	
Type-C USB(下游)	Type-C USB(下游)	micro USB(下游)
		

圖 10-2 USB 接頭

標準 USB1.x 埠有 4 條線為 VCC(紅)、D-(白)、D+(綠)及 GND(黑),而 mini USB 及 micro USB 多一條 ID(識別)線,其中 VBUS(VCC)及 GND 為 USB 電源,而 D-及 D+為差動式資料傳輸,在全速時 D-及 D+必須為雙絞線,且具有屏障保護才可以確保資料傳輸無誤,如下圖(a)(b)所示:

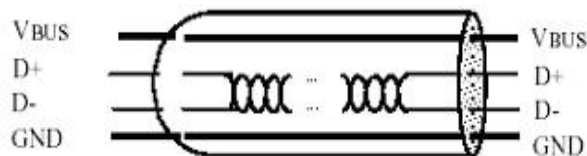


圖 10-3(a) USB 埠接線

Pinouts of Standard, Mini, and Micro USB plugs. The USB logo is on the bottom of the two micro-USB plugs (as they are shown in this figure) but on the top of the other plugs.

#### USB 1.x/2.0 standard pinning

Pin Name	Cable color	Description
----------	-------------	-------------

1	VCC	Red	+5 V
2	D-	White	Data -
3	D+	Green	Data +
4	GND	Black	Ground

#### USB 1.x/2.0 Mini/Micro pinning

Pin Name	Cable color	Description
----------	-------------	-------------

1	VCC	Red	+5 V
2	D-	White	Data -
3	D+	Green	Data +

permits distinction of A plug from B plug

\* A plug: connected to Signal Ground

\* B plug: not connected

5	GND	Black	Signal Ground
---	-----	-------	---------------

圖 10-3(b) USB 埠接腳說明

7. USB 裝置速率判斷：主機 USB 埠會定時檢查 D+及 D-的電壓準位，平時沒插入 USB 裝置時為低電位。當插入 USB 裝置時，會令主機 USB 埠的 D+或 D-準位產生變化，並由此準位來判斷新加入 USB 裝置的傳輸速率，如下：

- (1) 無連接 USB 裝置時，在主機的 D+(DP)端及 D-(DM)端以 15K 電阻接地，故均為低電位，如下圖所示：

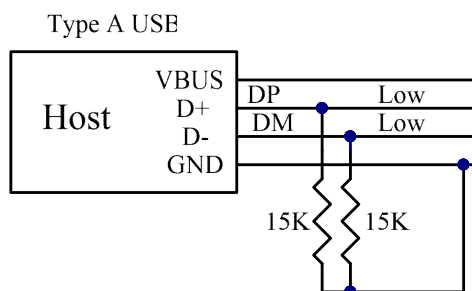


圖 10-4 USB 主機(Host)無連接裝置(Device)時

- (2) 插入低速(Low Speed)USB 裝置時，在裝置由 VDD 經提升電阻(1.2K)送到 D-(DM)腳，再經雙絞線和主機 D-(DM)的 15K 接地電阻形成分壓，令主機的 D-(DM)腳為高電位(Hi)，使傳輸速度為 1.5M-bps，如下圖所示：

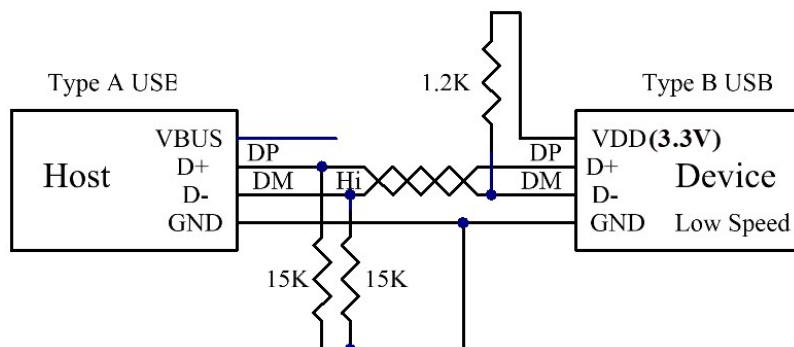


圖 10-5 主機與低速 USB 裝置連線

- (3) 插入全速(Full Speed)USB 裝置時，在裝置由 VDD 經提升電阻(1.2K)送到 D+(DP)腳，再經雙絞線和主機 D+(DP)的 15K 接地電阻形成分壓，令主機的 D+(DP)腳為高電位(Hi)，使傳輸速度為 12M-bps，如下圖所示：

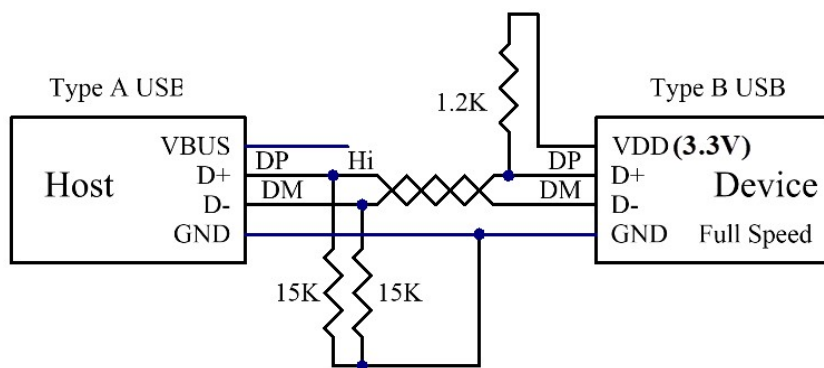


圖 10-6 主機與全速 USB 裝置連線

- (4) MG32F02U128 的 USB 內部工作電壓  $V_{33}=3V\sim3.6V$ ，以全速(Full Speed)USB 裝置為例，傳輸速度為 12M-bps，如下圖所示：

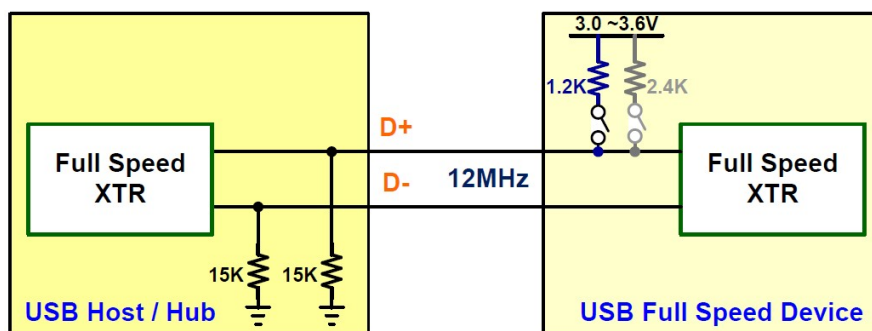


圖 10-7 MG32F02U128 的 USB 全速裝置連線

8. USB 傳輸距離：USB 埠的傳輸距離在全速時為 5 公尺，慢速時為 3 公尺。  
距離逾長傳輸的延遲時間會增長，資料的可靠性及即時性會逾差。
9. USB 電源管理：USB 裝置大部份由 PC 主機提供電源，而由 PC 主機或 HUB 來管控所有的電源：
  - (1) 主機的每個 USB2.0 埠可提供 500mA 及 USB3.x 埠可提供 900mA 的電流。
  - (2) HUB 工作時，本身最多消耗 100mA，最多可再往下游提供 4 個 USB 裝置，且限制每個 USB 裝置的消耗電流為 100mA。
  - (3) 當連接主機的 USB 裝置消耗電流超過 500mA(2.0)或 900mA(3.x)及連接 HUB 的 USB 裝置消耗電流超過 100mA 時，必須另外連接+5V 電源來分擔消耗電流。
  - (4) 主機及 HUB 均有電流過載保護功能，當 USB 裝置消耗電流超過時，USB 埠會斷電停止供應電源。等待重新開機後，該 USB 埠才能恢復供電。
  - (5) 所有的 USB 裝置均須支援中止(Suspend)工作模式，此時耗電流不得超過 0.5mA。以及能夠喚醒(wake-up)恢復正常工作。



## 10-1.2 USB 介面通信協定(初學者可省略)

USB 傳輸有控制(Control)、巨量(Bulk)、中斷(Interrupt)及等時(Isochronous)。

1. USB 傳輸架構(Construction)如下圖所示：

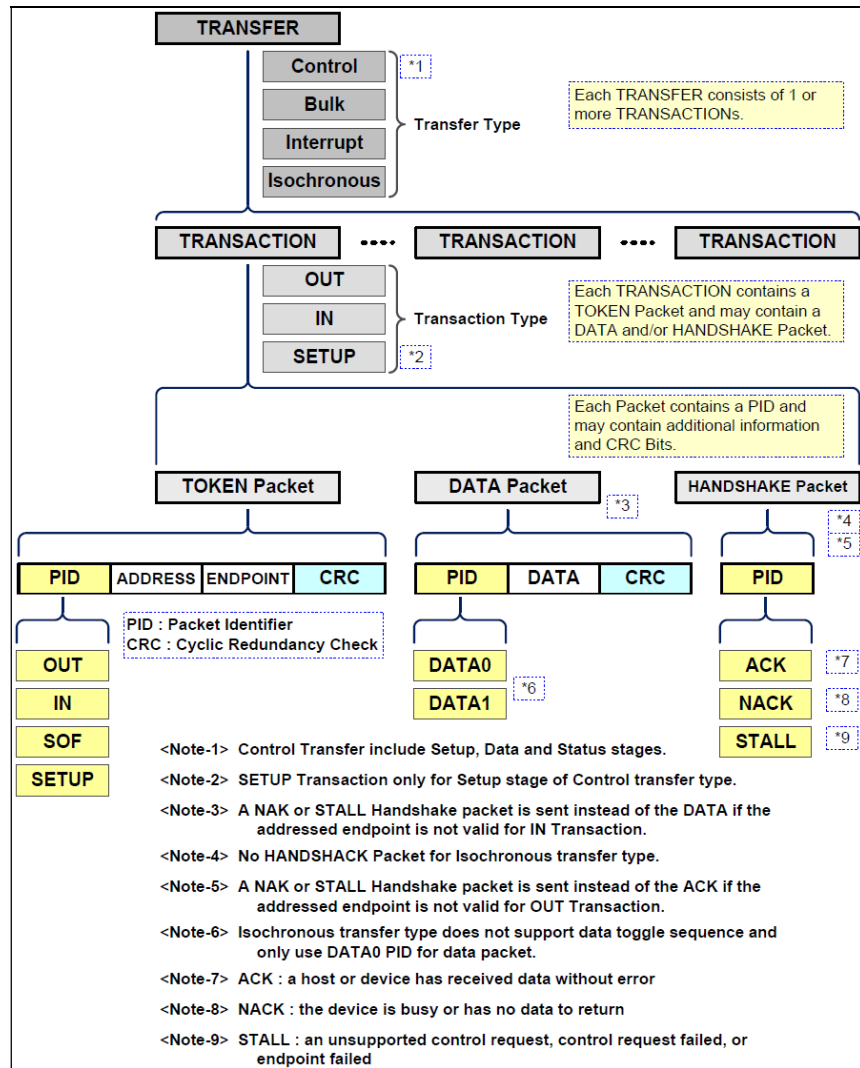


圖 10-8 USB 傳輸方式

- (1) 用戶端的驅動程式要進行 USB 傳輸工作時，必須配合 USB 裝置的輸出入要求來傳輸封包。
  - (2) 其中每個輸出入要求會有若干個資料交易，它會分別和其它要求封包內有相關聯的資料交易組成一個訊框，也就是傳輸的基本單位。
  - (3) 在訊框時內會再加入通訊協定的訊息，形成執照封包、資料封包及交握封包。
  - (4) 每個封包均是由若干個資料欄所組成，再將這些資料欄以串列方式逐一傳輸出去。
2. USB 描述元：USB 描述元表示裝置內的各種訊息，USB 描述元中必須包括裝置描述元、配置描述元、介面描述元及端點描述元。若要使用符合微軟的 HID 格式，則必須再增加 HID 描述元、群組描述元及報告描述元。而字串描述元則用於顯示在視窗畫面上的文字，如下圖及下表所示：

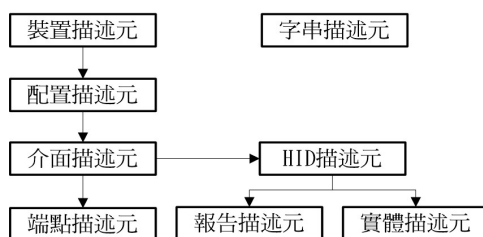


圖 10-9 描述元架構與類型

表 10-2 描述元型態值

描述元型態	數值	長度	說明
裝置描述元	0x01	18-byte	主機傳送到裝置，一般裝置的設定
配置描述元	0x02	9-byte	裝置傳送到主機，表示裝置的訊息
字串描述元	0x03		顯示的文字

介面描述元	0x04	9-byte	描述裝置的介面
端點描述元	0x05	7-byte	端點屬性
HID 描述元	0x21		符合微軟驅動程式的格式
報告描述元	0x22		資料內容的描述
實體描述元	0x23		硬體特性的描述

- (1) 裝置描述元(Device Descriptor)：為主機向裝置要求的第一個描述元。包含裝置的一般資訊及設定此裝置的預設訊息。
- (2) 配置描述元(Configuration Descriptor)：是 USB 裝置內部的所設定配置訊息，每個裝置可能不只一個配置型態。
- (3) 介面描述元(Interface Descriptor)：描述每一個裝置的介面。每個裝置可能不只一個介面型態。
- (4) 端點描述元(Endpoint Descriptor)：描述端點的屬性，每個端點可能不只一個端點型態。
- (5) HID 描述元：當要使用符合微軟標準的 USB 驅動程式，所須設定的描述元，它包括報告及實體描述元。
- (6) 串描述元(string descriptor)：若要在 USB 驅動程式內顯示字串，所須設定的描述元。

本書範例..\MG32F02U128\CH10\_USB 內備有 USB 觀察軟體 `usbview.exe`，執行後可觀察所有 USB 埠在主機工作的描述元，例如在主機中入滑鼠、鍵盤及隨身碟時，會顯示畫面如下圖所示：

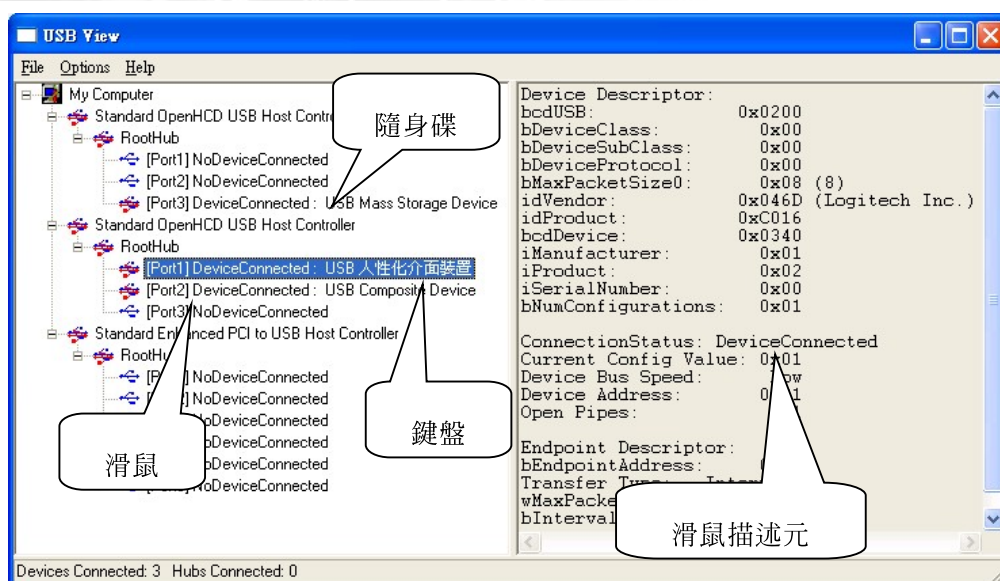
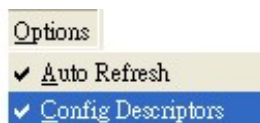


圖 10-10 USB 觀察軟體

同時在命令行選擇 **Options** → **Config Descriptors** 會增加顯示配置描述元的內容，如下所示：



當點選 USB 滑鼠時，會顯示滑鼠各項描述元的內容，如下所示：

Device Descriptor: (滑鼠裝置描述元)		
bcdUSB:	0x0200	;版本 USB2.0
bDeviceClass:	0x00	;Class code
bDeviceSubClass:	0x00	;Sub Class code
bDeviceProtocol:	0x00	;Protocol code
bMaxPacketSize0:	0x08 (8)	;封包最大資料容量 8-byte
idVendor:	0x046D (Logitech Inc.)	;Vender ID=廠家識別碼：羅技公司
idProduct:	0xC016	;Product ID=產品識別碼
bcdDevice:	0x0340	;Device release number 裝置發行編號
iManufacturer:	0x01	;Mfr string descriptor index
0x0409: "Logitech"		;顯示廠商名稱字串

```

iProduct:          0x02      ;Product string descriptor index
0x0409: "Optical USB Mouse" ;顯示產品名稱字串
iSerialNumber:      0x00      ;Serial Number string descriptor index
bNumConfigurations: 0x01      ;Number of possible configurations

ConnectionStatus: DeviceConnected (滑鼠裝置連接狀態)
Current Config Value: 0x01      ;目前配置描述元型態，0x01 為裝置
Device Bus Speed:    Low        ;低速 USB 裝置
Device Address:      0x01      ;裝置位址
Open Pipes:          1          ;有 1 個端點

Endpoint Descriptor: (滑鼠端點描述元)
bEndpointAddress:    0x81      ;輸入端點位址 01
Transfer Type:        Interrupt ;中斷傳輸
wMaxPacketSize:      0x0004 (4) ;封包最大資料容量
bInterval:           0x0A      ;輪詢掃描時間 Polling interval

Configuration Descriptor: (滑鼠配置描述元)
wTotalLength:        0x0022 ;配置描述元總長度
bNumInterfaces:      0x01      ;配置內提供幾個介面描述元
bConfigurationValue: 0x01      ;Configuration value 配置數值
iConfiguration:      0x00      ;Index of string descriptor
bmAttributes:         0xA0 (Bus Powered Remote Wakeup) ;屬性(遠端喚醒)
MaxPower:             0x32 (100 Ma) ;最大消耗電流 100mA

Interface Descriptor: (滑鼠介面描述元)
bInterfaceNumber:    0x00      ;Number of interface
bAlternateSetting:    0x00      ;Alternate setting
bNumEndpoints:       0x01      ;Number of interface endpoint 有 1 個端點位址
bInterfaceClass:      0x03 (HID) ;Class code (HID: 符合微軟驅動程式)
bInterfaceSubClass:   0x01      ;Subclass code (Boot Interface 含開機介面)
bInterfaceProtocol:   0x02      ;Protocol code (0x01=Keyboard, 0x02=Mouse)
iInterface:           0x00      ;Index of string

HID Descriptor:      (HID 描述元)
bcdHID:              0x0110

```

```

bCountryCode:      0x00
bNumDescriptors:   0x01
bDescriptorType:   0x22
wDescriptorLength: 0x0034

Endpoint Descriptor: (滑鼠端點描述元)
bEndpointAddress:  0x81      ;輸入端點位址 01
Transfer Type:     Interrupt ;中斷傳輸
wMaxPacketSize:    0x0004 (4) ;封包最大資料容量
bInterval:         0x0A      ;輪詢掃描時間 Polling interval

```

當點選隨身碟時，會顯示隨身碟各項描述元的內容，如下所示：

```

Device Descriptor:(隨身碟裝置描述元)
bcdUSB:            0x0110    ;版本 USB1.1
bDeviceClass:      0x00      ;Class code
bDeviceSubClass:   0x00      ;Sub Class code
bDeviceProtocol:   0x00      ;Protocol code
bMaxPacketSize0:   0x40 (64) ;封包最大資料容量 64-byte
idVendor:          0x0EA0     ;Vender ID=廠家識別碼
idProduct:         0x6803     ;Product ID=產品識別碼
bcdDevice:         0x0100     ;Device release number
iManufacturer:     0x01      ;Mfr string descriptor index
0x0409: "USB"       ;顯示廠商名稱字串
iProduct:          0x02      ;Product string descriptor index
0x0409: "Solid state disk" ;顯示產品名稱字串
iSerialNumber:     0x03      ;Serial Number string descriptor index
0x0409: "121F16093EC84BBB" ;顯示產品序號字串
bNumConfigurations: 0x01     ;Number of possible configurations

ConnectionStatus: DeviceConnected (隨身碟裝置連接狀態)
Current Config Value: 0x01    ;目前配置描述元型態=0x01 為裝置
Device Bus Speed:   Full      ;全速
Device Address:     0x02      ;裝置位址
Open Pipes:         3         ;有 3 個端點位址

Endpoint Descriptor: (隨身碟端點 01 描述元)

```

bEndpointAddress: 0x81 ;輸入端點位址 01  
 Transfer Type: Bulk ;巨量傳輸  
 wMaxPacketSize: 0x0040 (64) ;最大封包資料容量  
 bInterval: 0x00 ;輪詢掃描時間 Polling interval

Endpoint Descriptor: (隨身碟端點 02 描述元)

bEndpointAddress: 0x02 ;輸出端點位址 02  
 Transfer Type: Bulk ;巨量傳輸  
 wMaxPacketSize: 0x0040 (64) ;最大封包資料容量  
 bInterval: 0x01 ;輪詢掃描時間 Polling interval

Endpoint Descriptor: (隨身碟端點 03 描述元)

bEndpointAddress: 0x83 ;輸入端點位址 03  
 Transfer Type: Interrupt ;中斷傳輸  
 wMaxPacketSize: 0x0002 (2) ;封包最大資料容量  
 bInterval: 0x01 ;輪詢掃描時間 Polling interval

Configuration Descriptor: (隨身碟配置描述元)

wTotalLength: 0x0027 ;配置描述元總長度  
 bNumInterfaces: 0x01 ;配置內提供幾個介面描述元  
 bConfigurationValue: 0x01 ;Configuration value 配置數值  
 iConfiguration: 0x00 ;Index of string descriptor  
 bmAttributes: 0x80 (Bus Powered) ;屬性(使用 USB 電源)  
 MaxPower: 0x32 (100 Ma) ;最大消耗電流 100mA

Interface Descriptor: (隨身碟介面描述元)

bInterfaceNumber: 0x00 ;Number of interface  
 bAlternateSetting: 0x00 ;Alternate setting  
 bNumEndpoints: 0x03 ;Number of interface endpoint  
 bInterfaceClass: 0x08 ;Class code (非 HID, 無 HID 描述元)  
 bInterfaceSubClass: 0x06 ;Subclass code (非開機介面)  
 bInterfaceProtocol: 0x50 ;Protocol code (0x50=隨身碟)  
 iInterface: 0x00 ;Index of string

Endpoint Descriptor: (隨身碟端點 01 描述元)

bEndpointAddress: 0x81 ;輸入端點位址 01

Transfer Type: Bulk ;巨量傳輸  
wMaxPacketSize: 0x0040 (64) ;最大封包資料容量  
bInterval: 0x00 ;輪詢掃描時間 Polling interval

Endpoint Descriptor: (隨身碟端點 02 描述元)

bEndpointAddress: 0x02 ;輸出端點位址 02  
Transfer Type: Bulk ;巨量傳輸  
wMaxPacketSize: 0x0040 (64) ;最大封包資料容量  
bInterval: 0x00 ;輪詢掃描時間 Polling interval

Endpoint Descriptor: (隨身碟端點 03 描述元)

bEndpointAddress: 0x83 ;輸入端點位址 03  
Transfer Type: Interrupt ;中斷傳輸  
wMaxPacketSize: 0x0002 (2) ;封包最大資料容量  
bInterval: 0x01 ;輪詢掃描時間 Polling interval



### 10-1.3 MG32F02U128 的 USB 控制(初學者可省略)

MG32F02U128 的 USB 特性，如下：

1. MG32F02U128 的 USB 作為裝置(device)其功能如下：

- (1) USB1.1 的低速與全速：支援 USB 規格為 v1.1。
- (2) 提供 USB 的擱置(suspend)/恢復(resume)和遠端喚醒功能。
- (3) 提供 8 個帶輸入和輸出的端點，其功能如下：
  - (a) 每個中斷點都靈活支援輸入、輸出和同時輸入輸出。
  - (b) 除端點 0 外，其餘端點 1~7 可設定重置位址值。
  - (c) 每個端點支持設定不同的啓始位址來進行獨立接收及發射。
  - (d) 每個端點獨立可設定雙倍緩衝模式。
- (4) 支援端點 0 控制發送。
- (5) 除端點 0 外，其餘端點 1~7 支援中斷、批量和同步傳輸。
- (6) 可設定 USB SRAM 空間為 512-byte 提供共用的所有端點。
- (7) 支援 USB 2.0 鏈路的電源管理。
- (8) 端點 3、4 支援使用 DMA 收發資料。

2. USB 介面的主要特性如下所示：

- (1) 具有即插即用(Plug and Play)功能，接上 USB 裝置時，主機會自動偵測。
- (2) 它不佔用 PC 主機的資源，如中斷要求(IRQ)、DMA 要求(DRQ)及 IO 位址。

- (3) 具有熱插拔(Hot Attach & Detach)功能，在程式執行中隨時可插入或拔除 USB 接頭。PC 會自動偵測並分配資源，而不會影響 PC 主機的工作。
- (4) 有 7-bit 的定址能力，最多可連接 127 個 USB 裝置或 USB 集線器(HUB)。
- (5) 使用雙絞線以差動方式傳輸，其中 USB2.0 傳輸速率分成低速(1.5M-bps)、全速(12M-bps)及高速(480M-bps)。而 MG32F02U064/128 由內部 HIRCO 經 PLL 倍頻，提供 USB2.0 全速(Full Speed)模組，傳輸速度最高可達 12M-bps。
- (6) 符合 USB 規範 v1.1 / v2.0 通訊協定規範。
- (7) 提供 USB 暫停(suspend)、恢復(resume)及遠端喚醒(remote wake-up)功能。
- (8) 提供 8 個端點(endpoints)均具有輸入(In)和輸出(Out)功能。
- (9) 每個端點都支持靈活的輸入、輸出及同時輸入/輸出操作
- (10) 除了端點 0 之外，其餘端點 1~7 可自行配置位址，且端點的位址可重新設定。
- (11) 含 512-byte 的 USB SRAM 提供端點接收(RX)和發送(TX)緩衝(buffer)記憶體。
- (12) 接收(RX)和發送(TX)的資料透過 DMA 與緩衝(buffer)進行傳輸功能。
- (13) 內含 8 個端點(EP0~EP7)，其中 EP0 用於控制(control)模式傳輸，EP1~7 提供中斷(interrupt)、巨量(bulk)模式及等時(isochronous)模式傳輸。如

下表所示：

表 10-3 MG32F02U064/128 的 USB 端點功能

Function	USB Endpoint							
	EP0	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	EP6	EP7
Control Transfer	V							
Interrupt Transfer		V	V	V	V	V	V	V
Bulk Transfer		V	V	V	V	V	V	V
ISO Transfer		V	V	V	V	V	V	V
Double Buffer		V	V	V	V	V	V	V
DMA				V	V			
Programmable Endpoint Address		V	V	V	V	V	V	V
Relocated Buffer Address	V	V	V	V	V	V	V	V
Receiving Overflow Detect	V	V	V	V	V	V	V	V

(14) USB 工作於+3.3V 電壓及 48MHz 頻率，其接腳如下表所示：

表 10-4 串列埠 USB 接腳說明

USB 接腳		信號腳	I/O	USB 介面說明
	V33(PD6)	V33	O	內部穩壓(LDO)輸出 3.3V
	DP(PD5) [USB]	DP	I/O	USB 介面正端(D+)資料
	DM(PD4)	DM	I/O	USB 介面負端(D-)資料

## 10-2 開發板 USB 控制實習

USB 的控制非常複雜，須要了解很多 USB 的原理，才能設計其應用程式。笙泉公司提供以 USB 函數的方式來設計程式，如此即可不必花太多時間在設計與學習 USB 的規格，讓不懂 USB 規格的使用者也可設計 USB 應用程式。

### 10-2.1 開發板 USB 控制

開發板 TH244A 提供兩個 Type C 形式的 USB 介面。其中 USB1 專門用於調試和下載程式使用。同時開發板可作為 USB 裝置(device)，例如將開發板設計為 Mouse 或 Keyboard，經由 USB2 埠連接到電腦端，如下圖所示：

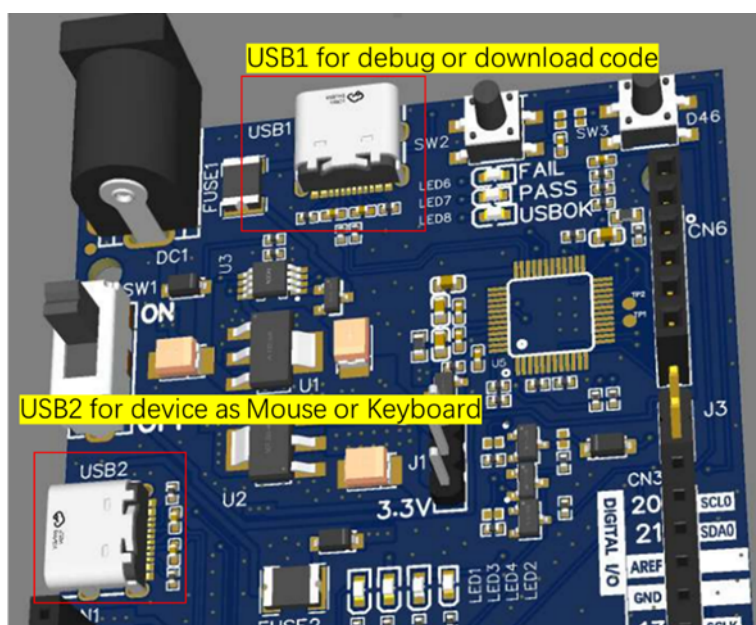


圖 10-11 開發板的 USB 介面

3. 開發板 USB1: 主要用來下載程式使用，PC 會識別到虛擬串列埠，Arduino IDE 通過虛擬串列埠來進程式下載，且只能使用 USB2.0 信號線(含 DP/DM)提供下載程式。

4. 開發板 USB2：可作為 USB 的裝置(device)埠，如下：
- (1) 可以通過 Keyboard.begin()或者 Mouse.begin()初始化為一個 native USB HID Keyboard 或者 native USB HID Mouse,可以作為鍵盤或者滑鼠。
  - (2) 通過 Arduino 的 Keyboard.h 庫進行鍵盤輸入。
  - (3) 通過 Arduino 的 Mouse.h 庫，可以進行滑鼠功能（例如定義五個按鍵分別代表前後左右移動和點擊，就可以類比滑鼠移動和點擊長按等運用，主要運用 digitalRead()獲取案按鍵狀態；可以結合搖桿來實現滑鼠移動和點擊功能（主要使用 ADC 來檢測調整搖桿 x/y 軸上採樣電阻出現的電壓數值來判定相對位置）。
5. 電腦連接開發板上的 USB2 埠可作為鍵盤或滑鼠，其相關常用函數，如下：
- (1) Native USB HID Mousebutton 通常有滑鼠三個按鍵:MOUSE\_LEFT(default) 左鍵、MOUSE\_RIGHT 右鍵及 MOUSE\_MIDDLE 中鍵，其函數如下表所示：

表 10-5 Native USB HID Mousebutton 函數

Mouse.begin()	開啓滑鼠
Mouse.end()	關閉滑鼠
Mouse.click(); Mouse.click(button)	滑鼠點擊事件
Mouse.press();Mouse.press(button)	長按滑鼠
Mouse.release(),Mouse.release(button)	滑鼠按鍵釋放
Mouse.isPressed(),Mouse.isPressed(button)	滑鼠狀態檢測
Mouse.move(x , y , wheel)	滑鼠移動事件

- (2) Native USB HID Keyboard 鍵盤常用函數，如下表所示：

表 10-6 Native USB HID Keyboard 鍵盤常用函數

Keyboard.begin()	開啓鍵盤
Keyboard.end()	關閉鍵盤

Keyboard.press()	長摁鍵盤
Keyboard.release()	釋放按鍵
Keyboard.releaseAll()	釋放全部按鍵
Keyboard.print()	敲擊事件
Keyboard.println()	帶回車的敲擊事件
Keyboard.write()	發送單個敲擊指令

## 10-2.2 USB 實習範例

USB 範例程式上傳完畢後，將開發板 TH244A 上的 USB 線移到 USB2 埠，再按 **RESET** 鍵即可執行 USB 範例的動作。

2. 範例 ButtonMouseControl：使用 5 個按鍵，控制電腦上的遊標移動。
3. 範例 JoystickMouseControl：使用電阻搖桿及按鍵控制電腦上的遊標。