

USB 之人性化介面裝置的報告描述元 (1)

作者：林錫寬

e-mail: sklin@cc.nctu.edu.tw

(原文刊於 e 科技雜誌 vol. 30, 2003 年 6 月號)

關於 USB 的標準描述元已經在 e 科技雜誌的第 24 和 25 期中作了完整的介紹。有些讀者來函希望能早日刊出報告描述元的介紹。人性化介面裝置 HID 的類別特定描述元有三種，其中 HID 描述元因為需要連接在介面描述元（標準描述元之一）之後，所以也已經在前文介紹了。其他二個 HID 類別特定描述元為報告描述元和實體描述元。實體描述元幾乎很少使用到，所以不擬介紹，雖然它不會很複雜。本文僅專注介紹報告描述元。相對來說，報告描述元最複雜，也不容易理解，可是卻最重要，因為 HID 裝置與主機間的經常性數據傳輸都由報告描述元來規範。因為報告描述元的複雜和難理解，使得此文的編撰花了不少時間，因此無法在上次刊完 USB 標準描述元後，接著刊出。

由於內容篇幅頗長，所以僅能分為三篇陸續刊出。本期的第一篇中僅介紹到區域性項目，下期的第二篇再繼續介紹全域性項目和主項目。這三類項目構成一個報告描述元。最後仍需要以一個實際的範例來解說使用方法，所以第三篇文章將提供一個實際的範例：整合滑鼠的鍵盤裝置。此外，也會將該範例的韌體程式碼提供給有興趣的讀者。這個韌體程式碼不只是該範例的報告描述元，也包括了它的標準描述元。

概述

報告(report)在這裡意指數據傳輸(data transfer)，而報告描述元則是對這些傳輸的數據作用途(usage)的說明。

USB 通訊協定的規範是以 1 毫秒產生一個 USB 訊框(frame)，USB 裝置可以在每一個訊框中傳送和接收一個交易(transaction)。交易是由數個封包(packet)組成，而傳輸是由一或數個交易來完成傳遞一串有意義的數據。在這裡，傳輸和報告的意義大同小異。傳輸方式有四種，初學者只要了解控制型傳輸(control transfer)和中斷型傳輸(interrupt transfer)即可。控制型傳輸是當需要時才執行傳輸要求，是最一般的傳輸，組態、命令和狀態的通訊都可以使用，主要用於訊息型數據(message-type data)。中斷型傳輸目的在做重複的數據更新(recurring data)傳輸，精確一點而言，即是在每個有限的週期內(bounded period)作至少一次的小量數據傳送或接收；所以適用於流動型數據(stream-type data)，注意這裡所謂的週期時

間就是在端點描述元中的輪詢間隔時間。報告有三種：Input，Output，和 Feature。後文會做進一步介紹。中斷型輸入管線(interrupt in pipe)僅可以傳送 Input 報告，中斷型輸出管線(interrupt out pipe)僅可以傳送 Output 報告，但是控制型管線(control pipe)可傳送 Input，Output，和 Feature 報告。端點描述元有宣告所使用的端點為何種管線。

數據本身無意義，要賦於用途才知其為何種操控(control)；例如裝置上的按鈕、指示燈和 x 與 y 軸的位移等都通稱操控，數據則為按鈕和指示燈的開關狀態或 x 與 y 軸的位移量。爲了這個目的應運而生報告描述元，其將數據的操控與它的用途作一對一的對應，所以解讀報告後就可以知道每個數據作何種操控。所以『傳輸的數據』和『操控』可謂一體的兩面。

用途是以一個 32 位元的標籤(稱作 Usage tag)來表示，較高的 16 位元稱作 Usage Page (用途類頁)，較低的 16 位元稱爲 Usage ID (用途識別名)：

$$\text{Usage} = (\text{Usage Page: Usage ID})$$

舉例而言，二個位元組分別爲 x 和 y 軸的位移數據，因此第一個位元組的 Usage =(Generic Desktop: X)，而第二個位元組的 Usage =(Generic Desktop: Y)，其中 Generic Desktop 爲用途的大類別(稱作用途類頁)之一，x 和 y 軸的操控用途屬於此用途類頁。文件 *Universal Serial Bus HID Usage Tables* 完整列出所有的 Usage Pages (用途類頁)和 Usage ID's (用途識別名)，使用者必須遵照該文件的規範來宣告操控的用途。該文件的附錄 A 有十多個報告描述元的範例，值得讀者進一步參考。

主項目		全域項目		區域項目	
標籤	代碼	標籤	代碼	標籤	代碼

Input	0x8?	Usage Page	0x0?	Usage	0x0?	
Output	0x9?	Logical Minimum	0x1?	Usage Minimum	0x1?	
Feature	0xB?	Logical Maximum	0x2?	Usage Maximum	0x2?	
		Physical Minimum	0x3?	Designator Index	0x3?	
Collection	0xA1	Physical Maximum	0x4?	Designator Minimum	0x4?	
End Collection	0xC0	Unit Exponent	0x5?	Designator Maximum	0x5?	
		Unit	0x6?	String	0x7?	
		Report Size	0x7?	String Minimum	0x8?	
		Report ID	0x8?	String Maximum	0x9?	
		Report Count	0x9?	Delimiter	0xA?	
		Push	0xA?			
		Pop	0xB?			

標籤

用途標籤只是報告描述元諸多標籤之一。表 1 列出所有的標籤，利用這些標籤即可以清楚完整的描述操控的用途。報告描述元的語法不同於 USB 標準描述元者，它是以項目(items)方式排列而成，無一定的長度；項目有一個前稱(prefix)，然後跟著一個括號，內為該項目的資料(data)：item = prefix (data)。項目又分三種型別：主項目，全域項目，區域項目。主項目中的 Input，Output，Feature 三個標籤用來表示報告中數據的種類，這些是報告描述元中最主要的項目，其他項目都是用來修飾這三種項目。主項目中其他二個標籤容後再介紹，在此略過。

- **Input 項**：表示由裝置操控輸入到主機的數據格式。這個數據格式就形成一個輸入報告，雖然輸入報告可以用控制型管線以 Get_Report(Input)來傳輸，但是通常用中斷型輸入管線來傳輸，以確保在每一固定週期內都能將更新的輸入報告傳給主機。
- **Output 項**：表示由主機輸出到裝置操控的數據格式。這個數據格式就形成一個輸出報告。輸出報告通常不適用輪詢方式來傳給裝置，而是由應用軟體依實際需求以指令方式要求送出輸出報告，所以大多是用控制型管線以 Set_Report(Output)指令來將報告送到裝置。當然也可以選擇用中斷型輸出管線來傳送，只是通常不建議。
- **Feature 項**：表示由主機送到裝置的組態所需資料的數據格式。這個個數據格式就形成一個特徵報告。特徵報告只能用控制型管線以 Get_Report(Feature)和 Set_Report(Feature)指令分別來取得和設定裝置的特徵值。
- **範例**：考慮一個 2×16 字的顯示裝置，它的列數、行數、字寬、和字高為固

定值屬於 Feature 報告；顯示狀態例如『就緒』和『輸入字錯誤』則屬於 Input 報告；游標位置和顯示的字需可讀可寫，所以屬於另一個 Feature 報告；更新顯示的字則為 Output 報告。爲了區別二個 Features，要用到全域項目中的 Report ID，每個 Feature 報告有一個不同的 Report ID，因而主機的請求指令要加上 Report ID 的值：Get_Report(Feature, Report ID)和 Set_Report(Feature, Report ID)。

主項目用來定義報告中數據的種類和格式，而說明主項目之意義與用途爲全域性項目和區域性項目。顧名思義，區域性項目只能適用於列於其下面的第一個主項目，不能擴及其他主項目，若一個主項目之上方有數個不同標籤的區域性項目，則這些區域性項目皆適用於描述該主項目。相反的，全域性項目適用於其下方所列的所有主項目，除非另一個相同標籤的全域性項目出現在其下方來取代它。爲求清楚說明報告描述元，將使用『項目狀態表』(item state table)用來表示在某位址處適用的全域性項目的組合。圖 1 顯示全域性項目和區域性項目與所描述的主項目之對應關係。

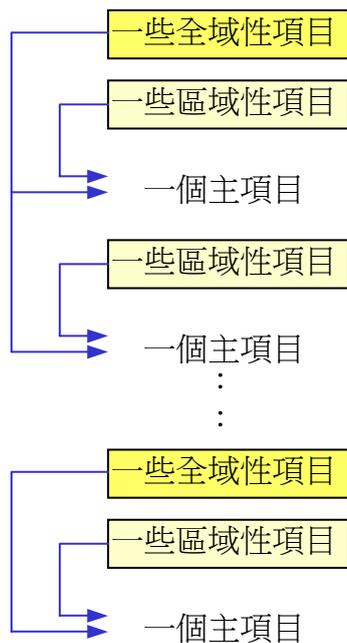


圖 1 報告描述元之架構圖

區域項目標籤

簡單的說，區域項目（見表 1）只是說明用途而已。Designator 是要搭配實體描述元使用的，本文不擬介紹實體描述元，所以忽略這些 Designator 標籤。標籤 Usage 實際上應該稱作 Usage ID，它搭配全域項目的 Usage Page 標籤才形成前文

所定義的用途 {usage}；但是報告描述元允許在區域項目的 Usage 標籤直接用 32 位元的方式來指定用途，這種方式稱作擴充式用途指定法(extended usage)以示區別。例如：Usage(Generic Desktop:Mouse)，Usage Minimum(Keyboard:0)，和 Usage Maximum(Keyboard:101)。很明顯的，擴充式用途指定法會取代『項目狀態表』中的 Usage Page。還有，使用擴充式用途指定法時，資料的最高 16 個位元為用途類頁 Usage Page，最低 16 個位元則為用途識別名 Usage ID。往往一個報告數據會對應到數個操控，因而會有數個用途，例如 101 按鍵的鍵盤利用不同代碼代表不同的鍵，每一個鍵是一個操控，有自己的用途，要將所有 Usage ID 列出太不經濟，所以就需要 Usage Minimum 和 Usage Maximum 二個標籤。以鍵盤之例，主項目之上只要二個區域項目：Usage Minimum (0), Usage Maximum (101)。如此一來，則無鍵被按下(Usage ID 為 0)和 101 鍵中任一鍵被按下(Usage ID 為 1 至 101)的用途都被賦於到一個報告數據上，後文會有一個範例進一步解說。

標籤 String Index 類似標籤 Usage，而標籤 String Minimum 和 String Maximum 則類似標籤 Usage Minimum 和 Usage Maximum。如果希望某個操控對應到一個字串，則用 String Index 來描述該操控的報告數據，這個字串在字串描述元中，String Index (data)項目中的 data 是這個字串在字串描述元中的位置索引。如果需要用到數個字串，則可以使用 String Minimum 來指向字串描述元中被用到字串的最先位置索引，和 String Maximum 來指向最後位置索引。

標籤 Delimiter 很少用到，請讀者參考 *Universal Serial Bus HID Usage Tables* 文件中 Appendix B 的範例詳細說明。

小結

在下二期的 e 科技雜誌中將會陸續刊出下二篇文章，其中第二篇將介紹全域性項目和主項目。而第三篇為講解報告描述元的使用方法，將提供一個實際的範例：整合滑鼠的鍵盤裝置。