



10年口碑积累，成功培养50000多名研发工程师，铸就专业品牌形象
华清远见的企业理念是不仅要良心教育、做专业教育，更要做受人尊敬的职业教育。

《USB 应用开发实例详解》

作者：华清远见

专业始于专注 卓识源于远见

第 2 章 USB 的设备配置

本章目标

在 USB 协议中，USB 设备的功能和特性通过设备配置来实现。USB 设备是一个配置、端点和接口的集合，在 USB 协议中采用各种 USB 描述符来表征该 USB 设备的功能。计算机或者其他 USB 主机通过读取这些描述符来获得该 USB 设备的产品信息、资源分配以及能力等。USB 主机同样可以设置相应的 USB 描述符。在 USB 协议中，根据设备类型的不同，USB 设备的描述符包括 USB 标准设备描述符、USB 集线器描述符和 HID 设备描述符。这些描述符是 USB 设备的基本组成部分，广泛应用于 USB 设计中。本章内容包括：

- USB 标准设备的描述符
- USB 集线器的描述符
- HID 设备描述符

专业始于专注 卓识源于远见

2.1 USB 标准设备的描述符

在 USB 协议中，USB 标准设备的描述符包括设备描述符、配置描述符、接口描述符、端点描述符、字符串描述符、设备限定描述符和其他速率配置描述符。典型的 USB 功能设备均采用标准的 USB 描述符来说明。USB 标准设备描述符的类型值如表 2.1 所示。

表 2.1 USB 标准设备描述符的类型值

类 型	值	类 型	值
设备描述符	1	端点描述符	5
配置描述符	2	设备限定描述符	6
字符串描述符	3	其他速率配置描述符	7
接口描述符	4		

其中设备限定描述符和其他速率配置描述符，用于高速 USB 设备。这些标准的描述符表示了 USB 设备的特性。描述符中的字段表示了描述符的内容，这些字段名称的前缀表示了字段值的长度，主要有如下几类：

- b 表示一个字节；
- w 表示一个字；
- bm 表示该字段可按位寻址；
- bcd 表示该字段为采用二进制编码的十进制数；
- i 表示该设备描述符的索引值；
- id 表示 USB 设备的标识码。

下面分别介绍上述几种 USB 标准设备描述符的定义及描述。

2.1.1 设备描述符

在 USB 协议中，设备描述符 (Device) 用于表示 USB 设备的总体信息，包括 VID、PID、设备类和设备子类等。设备描述符中的描述信息对该 USB 设备中同一传输模式下的所有配置都有效。这里需要注意，一个 USB 设备有且只能有一个设备描述符。

1. 设备描述符定义

USB 设备描述符总长度固定为 18 字节，共由 14 字段构成。USB 设备描述符的格式如表 2.2 所示。

表 2.2 USB 设备描述符格式

字 段 名	长 度	地址偏移量	含 义
bLength	1 字节	0	描述符的长度 (12H 字节)
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：设备描述符=01H
bcdUSB	2 字节	2	USB 规范版本号 (采用 BCD 码)
bDeviceClass	1 字节	4	类代码
bDeviceSubClass	1 字节	5	子类代码
bDeviceProtocol	1 字节	6	协议代码
bMaxPackerSize0	1 字节	7	端点 0 支持最大数据包的长度
idVendor	2 字节	8	供应商 ID

idProduct	2 字节	10	产品 ID
bcdDevice	2 字节	12	设备版本号（采用 BCD 码）
iManufacturer	1 字节	14	供应商字符串描述符的索引值
iProduct	1 字节	15	产品字符串描述符的索引值
iSerialNumber	1 字节	16	设备序列号字符串描述符的索引值
bNumConfigurations	1 字节	17	所支持的配置数

下面详细说明 USB 设备描述符中各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示该 USB 设备描述符的长度，由于 USB 设备描述符总长度固定为 18 个字节，因此该值为 12H。bLength 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示该 USB 设备描述符的类型值，固定为 01H。bDescriptorType 字段长度为 1 个字节，地址偏移量为 1。
- **bcdUSB** 字段：用于以 BCD 码的形式表示该 USB 设备所遵循的 USB 规范版本号。格式为 0xXXYZ，其中 XX 为主版本号、Y 为次版本号、Z 为子次版本号。例如，如果采用高速 USB，版本为 USB 2.0，即设置为 0200H。bcdUSB 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 2。
- **bDeviceClass** 字段：表示该 USB 设备所遵循的标准设备类。该值为 0 时，表示 USB 设备的各个接口互相独立，分别属于不同的设备类，在 USB 固件接口描述符中将进一步定义。该值在 1~FEH 之间时，表示为 USB 协议中定义的某个设备类，如 03H 表示 HID 设备类。该值为 FFH 时，表示采用供应商自定义的设备类。bDeviceClass 字段长度为 1 个字节，地址偏移量为 4。
- **bDeviceSubClass** 字段：用于对 USB 设备类进行更加细致的定义，表示该 USB 设备所属的标准设备子类。例如，对于显示设备类（04H），包括 3 个设备子类。子类代码 01H 表示 CRT 显示器，02H 表示平面显示器、03H 表示 3D 显示器。当 bDeviceClass 字段为 0 时，该字段也必须为 0；当该字段为 FFH 时，则表示采用设备供应商自定义的设备子类。bDeviceSubClass 字段长度为 1 个字节，地址偏移量为 5。
- **bDeviceProtocol** 字段：表示 USB 设备所采用的设备类协议，其值和 bDeviceClass 及 bDeviceSubClass 的值有关。当该字段为 0 时，表示不使用任何设备类协议。如果该 USB 设备属于某个设备类和设备子类，则应该继续指明所采用的设备类协议。当该字段为 FFH 时，表示设备类协议由供应商自定义。bDeviceProtocol 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。
- **bMaxPackerSize0** 字段：表示在 USB 设备中端点 0 所支持最大数据包的长度，其以字节为单位。对于低速 USB 设备，该字段为 8；对于全速 USB 设备，该字段为 8、16、32 或 64；对于高速 USB 设备该字段为 64。bMaxPackerSize0 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 7。
- **idVendor** 字段：表示该 USB 设备的供应商 ID。USB 组织为每个供应商提供了一个唯一的 ID，每种 USB 产品都必须包含一个供应商 ID。通过供应商 ID 可以使主机为其加载合适的驱动程序。idVendor 字段长度为 2 个字节，地址偏移量为 8。
- **idProduct** 字段：表示 USB 设备的产品 ID，由设备供应商提供。idProduct 用于区分不同的 USB 设备，可以帮助 USB 主机选择合适的驱动程序进行加载。idProduct 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 10。
- **bcdDevice** 字段：以 BCD 码的形式表示 USB 设备的版本号。bcdDevice 字段由 USB 设备供应商指定，在 USB 设备上电的时候，可以帮助 USB 主机选择合适的驱动程序进行加载。bcdDevice 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 12。
- **iManufacturer** 字段：表示供应商字符串描述符的索引值。具体字符串的内容在后面字符串描述符中定义。如果没有供应商字符串，可以置为 0。iManufacturer 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 14。
- **iProduct** 字段：表示该 USB 产品字符串描述符的索引值。产品字符串的内容将在字符串描述符中定义。如果没有产品字符串，可以置为 0。iProduct 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 15。
- **iSerialNumber** 字段：表示该 USB 设备序列号字符串描述符的索引值，如果没有，可以置为 0。iSerialNumber 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 16。
- **bNumConfigurations** 字段：表示该 USB 设备所支持的配置数。bNumConfigurations 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 17。

2. 设备描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述设备描述符，典型的 USB 设备描述符的定义示例如下：

```

DeviceDscr:
    db 18                ;描述符长度
    db 01                ;描述符类型
    dw 0002H            ;规范(BCD)
    db 00H               ;设备类
    db 00H               ;设备子类
    db 00H               ;设备协议子类
    db 64                ;最大数据包长度
    dw 0B404H           ;供应商 ID
    dw 1517H            ;产品 ID
    dw 0000H            ;设备版本号
    db 2                 ;供应商字符串索引
    db 1                 ;产品字符串索引
    db 1                 ;序列号字符串索引
    db 1                 ;所支持的配置数
    
```

2.1.2 配置描述符

在 USB 协议中，配置描述符（Configuration）用于表示 USB 设备的配置信息。USB 设备可以有一个或多个配置，每个配置都必须包含一个配置描述符。

1. 配置描述符定义

USB 配置描述符长度固定为 9 字节，由 8 字段组成。USB 配置描述符的格式如表 2.3 所示。

表 2.3 USB 配置描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（09H 字节）
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：配置描述符=02H
wTotalLength	2 字节	2	配置信息的总长度
bNumInterfaces	1 字节	4	该配置所支持的接口数
bConfigurationValue	1 字节	5	配置值
iConfiguration	1 字节	6	字符串描述符的索引值
bmAttributes	1 字节	7	配置特性
bMaxPower	1 字节	8	所需要的最大总线电流（2mA 为单位）

下面详细说明 USB 配置描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示配置描述符的长度，由于 USB 配置描述符长度固定为 9 个字节，即该值为 09H。bLength 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 配置描述符的类型值，固定为 02H。bDescriptorType 字段长度为 1 个字节，地址偏移量为 1。

- **wTotalLength** 字段：表示 USB 配置信息的总长度，即配置描述符、接口描述符和端点描述符长度的总和。wTotalLength 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 2。
- **bNumInterfaces** 字段：表示该 USB 配置所支持的接口数。一般来说，USB 设备的接口至少有 1 个，因此 bNumInterfaces 字段最小值为 1。bNumInterfaces 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 4。
- **bConfigurationValue** 字段：表示 USB 设备的配置值。bConfigurationValue 字段长度为 1 个字节，地址偏移量为 5。
- **iConfiguration** 字段：表示 USB 配置字符串描述符的索引值。配置字符串的内容在字符串描述符中定义。如果没有配置字符串，可以置为 0。iConfiguration 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。
- **bmAttributes** 字段：表示 USB 设备的配置特性，可按位寻址的。bmAttributes 字段的第 6 位置 1 表示使用总线电源，第 5 位置 1 表示支持远程唤醒功能，该字段的其他位均保留。一般来说，第 0~4 位置 0 即可，第 7 位置 1 即可。bmAttributes 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 7。
- **bMaxPower** 字段：表示该 USB 设备运行时所需要消耗的最大电流，以 2mA 为单位。例如，USB 设备可以从 USB 总线上获得最大的电流为 500mA，因此该字段的最大值可以设置为 250。bMaxPower 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 8。

2. 配置描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述配置描述符，典型的 USB 配置描述符的定义示例如下：

```

ConfigDscr:
    db    9                ;描述符长度
    db    2                ;描述符类型
    db    (ConfigDscrEnd-ConfigDscr) mod 256
                                ;长度(LSB)
    db    (ConfigDscrEnd-ConfigDscr) / 256
                                ;长度(MSB)
    db    1                ;接口数
    db    2                ;配置数
    db    0                ;配置字符串
    db    10000000b        ;特性(b7 - buspwr, b6 - selfpwr, b5 - rwu)
    db    200              ;功率需求
ConfigDscrEnd:            ;结束
    
```

2.1.3 字符串描述符

在 USB 协议中，字符串描述符 (String) 用于保存一些供应商名称、产品序列号等文本信息。字符串描述符是可选的。

1. 字符串描述符定义

USB 字符串描述符长度随字符串的数量和信息的长度而变化，一般由 3 字段组成。USB 字符串描述符的格式如表 2.4 所示。

表 2.4 USB 字符串描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
-----	----	-------	----

bLength	1 字节	0	描述符的长度 (N+2 字节)
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型: 字符串描述符=03H
bString	N 字节	2	字符串

下面详细说明 USB 字符串描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段: 表示 USB 字符串描述符的长度, 没有固定值。如果字符串长度为 N , 则其值为 $N+2$ 。bLength 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段: 表示 USB 字符串描述符的类型值, 固定为 03H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 1。
- **bString** 字段: 存放 UNICODE 编码的字符串。bString 字段长度为 N 个字节, 地址偏移量为 2。

2. 字符串描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述字符串描述符, 典型的 USB 字符串描述符的定义示例如下:

```
StringDscr:
StringDscr0:
    db  StringDscr0End-StringDscr0 ;字符串描述符长度
    db  03
    db  09H,04H
StringDscr0End:
StringDscr1:
    db  StringDscr1End-StringDscr1 ;字符串描述符长度
    db  DSCR_STRING
    db  'C',00
    db  'Y',00
    db  'P',00
    db  'R',00
    db  'E',00
    db  'S',00
    db  'S',00
StringDscr1End:
```

这里定义了两个字符串, 第一个字符串以 ASCII 值来表示, 第二个字符串则采用字符表示, 即“CYPRESS”。

2.1.4 接口描述符

在 USB 协议中, 接口描述符 (Interface) 用来表示在 USB 设备中各个接口的特性, 包括接口号、端点个数、所属的设备类和子类等。USB 设备的接口是一个端点的集合, 负责完成该 USB 设备的数据输入和输出等特定功能。USB 设备的每一个接口都必须有一个接口描述符。

1. 接口描述符定义

USB 接口描述符长度固定为 9 字节, 由 9 个字段组成。USB 接口描述符的格式如表 2.5 所示。

表 2.5 USB 接口描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
-----	----	-------	----

bLength	1 字节	0	描述符的长度 (09H 字节)
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型: 接口描述符=04H
bInterfaceNumber	1 字节	2	接口号
bAlternateSetting	1 字节	3	可替换设置值
bNumEndpoints	1 字节	4	端点 0 以外的端点数
bInterfaceClass	1 字节	5	类代码
bInterfaceSubClass	1 字节	6	子类代码
bInterfaceProtocol	1 字节	7	协议代码
iInterface	1 字节	8	字符串描述符的索引值

下面详细说明 USB 接口描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段: 用于表示 USB 接口描述符的长度, 由于 USB 接口描述符长度固定为 9 字节, 即该值为 09H。bLength 字段长度为 1, 地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段: 表示 USB 接口描述符的类型值, 固定为 04H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 1。
- **bInterfaceNumber** 字段: 表示该 USB 接口的接口号。bInterfaceNumber 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 2。
- **bAlternateSetting** 字段: 表示该 USB 接口的可替换设置值。bAlternateSetting 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 3。
- **bNumEndpoints** 字段: 表示该 USB 接口所使用的端口总数, 该数值不包括端点 0。bNumEndpoints 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 4。
- **bInterfaceClass** 字段: 表示该 USB 接口所属的设备类。当该值为 1~FEH 时, 表示该接口属于 USB 定义的某个设备类; 当该字段指为 FFH 时, 它表示该设备类是供应商自定义的。bInterfaceClass 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 5。
- **bInterfaceSubClass** 字段: 表示该接口所属的 USB 设备子类。当该值 0 时, 该字段必须为 0; 如果该值在 1~FEH 之间, 则该字段需进一步表示设备子类。当该值为 FFH 时, 表示采用供应商自定义的设备子类。bInterfaceSubClass 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 6。
- **bInterfaceProtocol** 字段: 表示该 USB 接口所采用的设备类协议, 其值和 bInterfaceClass 及 bInterfaceSubClass 的值有关。当该值为 0 时, 表示不使用任何设备类协议。如果该 USB 设备属于某个设备类和设备子类, 则应该继续指明所采用的设备类协议。当该值为 FFH 时, 表示采用供应商自定义的设备类协议。bInterfaceProtocol 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 7。
- **iInterface** 字段: 指出该 USB 接口字符串描述符的索引值。接口字符串的内容在字符串描述符中定义。如果没有接口字符串, 可以置为 0。iInterface 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 8。

2. 接口描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述接口描述符, 典型的 USB 接口描述符的定义示例如下:

```

db 09                ;描述符长度
db 04                ;描述符类型
db 0                 ;接口号
db 0                 ;可替换设置值
db 6                 ;端点数
db 0ffH              ;类代码
db 00H               ;子类代码
    
```

db	00H	;协议代码
db	0	;接口描述字符串索引

2.1.5 端点描述符

在 USB 协议中，端点描述符（Endpoint）用于表示 USB 设备端点的特性，包括其所支持的传输类型、传输方向、最大数据包长度和访问间隔等信息。这里需要注意的是，任何 USB 设备均包括端点 0，端点 0 没有端点描述符，而其余端点必须包含端点描述符。

1. 端点描述符定义

USB 端点描述符长度固定为 7 字节，由 6 个字段组成。USB 端点描述符格式如表 2.6 所示。

表 2.6 USB 端点描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（07H 字节）
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：端点描述符=05H
bEndpointAddress	1 字节	2	端点号、传输方向
bmAttributes	1 字节	3	端点特性
wMaxPacketSize	2 字节	4	最大数据包长度
bInterval	1 字节	6	访问间隔

下面详细说明 USB 端点描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示端点描述符的长度，由于 USB 端点描述符长度固定为 7 个字节，即该值 07H。bLength 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 端点描述符的类型值，固定为 05H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 1。
- **bEndpointAddress** 字段：表示该 USB 端点的端点号以及端点的数据传输方向。该字段第 7 位表示端点的数据传输方向，0 表示 OUT 数据传输，1 表示 IN 数据传输；该字段第 3 位~第 0 位表示端点号。例如，001B 表示端点 1，010B 表示端点 2，其余位均保留，必须设置为 0。bEndpointAddress 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 2。
- **bmAttributes** 字段：表示该 USB 端点的特性。该字段第 1 位~第 0 位表示端点的数据传输类型，00B 表示控制传输，01B 表示同步传输，10B 表示块传输，11B 表示中断传输；如果是同步传输，该字段第 3 位~第 2 位表示同步类型，00B 表示非同步，01B 表示异步，10B 表示自适应、11B 表示同步；该字段第 5 位~第 4 位表示端点的用法类型，00B 表示数据端点，01B 表示显示反馈端点，10B 表示隐式反馈端点，11B 保留。其余位均保留。bmAttributes 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 3。
- **wMaxPacketSize** 字段：表示该 USB 端点所支持最大数据包的长度。该字段第 10 位~第 0 位表示数据包长度，第 12 位~第 11 位指出每小帧最多传输的事务处理数，其余位均保留，必须设置为 0。wMaxPacketSize 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 4。
- **bInterval** 字段：表示该 USB 端点数据传输的访问间隔。低速中断端点，bInterval 字段取值范围为 10~255，对应的访问间隔为 10ms~255ms；对于全速中断端点，bInterval 字段取值范围为 1~255，对应的访问间隔为 1ms~255ms。bInterval 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。

2. 端点描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述端点描述符，典型的 USB 端点描述符的定义示例如下：

```

;端点 2 描述符
db 7 ;描述符长度
db 5 ;描述符类型
db 02H ;端点号及方向
db ET_BULK ;端点类型
db 00H ;最大数据包长度(LSB)
db 02H ;最大数据包长度(MSB)
db 00H ;访问间隔

;端点 4 描述符
db 7 ;描述符长度
db 5 ;描述符类型
db 04H ;端点号及方向
db ET_BULK ;端点类型
db 00H ;最大数据包长度(LSB)
db 02H ;最大数据包长度(MSB)
db 00H ;访问间隔

;端点 6 描述符
db 7 ;描述符长度
db 5 ;描述符类型
db 86H ;端点号及方向
db ET_BULK ;端点类型
db 00H ;最大数据包长度(LSB)
db 02H ;最大数据包长度(MSB)
db 00H ;访问间隔

;端点 8 描述符
db 7 ;描述符长度
db 5 ;描述符类型
db 88H ;端点号及方向
db ET_BULK ;端点类型
db 00H ;最大数据包长度(LSB)
db 02H ;最大数据包长度(MSB)
db 00H ;访问间隔
    
```

其中定义了 4 个端点，下面分别介绍这 4 个端点的属性。

- 端点 02，输出端点，块传输模式，最大数据包长度 512 字节。
- 端点 04，输出端点，块传输模式，最大数据包长度 512 字节。
- 端点 86，输入端点，块传输模式，最大数据包长度 512 字节。
- 端点 88，输入端点，块传输模式，最大数据包长度 512 字节。

2.1.6 设备限定描述符

在高速 USB 系统中，设备限定描述符 (Device_Qualifier) 用以指出另一传输速率下该设备的总体信息。如果 USB 设备既需要采用高速数据传输又需要兼容全速数据传输，则其必须支持设备限定描述符。

1. 设备限定描述符定义

USB 设备限定描述符长度固定为 10 字节，由 9 个字段组成。USB 设备限定描述符的格式，如表 2.7 所示。

表 2.7 USB 设备限定描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度 (0AH 字节)
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型: 设备限定描述符=06H
bcdUSB	2 字节	2	USB 规范版本号 (采用 BCD 码)
bDeviceClass	1 字节	4	类代码
bDeviceSubClass	1 字节	5	子类代码
bDeviceProtocol	1 字节	6	协议代码
bMaxPackerSize0	1 字节	7	端点 0 所支持最大数据包的长度
bNumConfigurations	1 字节	8	所支持的配置数
bReserved	1 字节	9	保留

下面详细说明 USB 设备限定描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段: 表示设备限定描述符的长度, 由于 USB 设备限定描述符长度固定为 10 个字节, 即该值为 0AH。bLength 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段: 表示 USB 设备限定描述符的类型值, 固定为 06H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 1。
- **bcdUSB** 字段: 以 BCD 码的形式表示 USB 设备及其描述符所遵循的 USB 规范版本号, 其值必须在版本 2.0 以上。bcdUSB 字段长度为 2 字节, 地址偏移量为 2。
- **bDeviceClass** 字段: 表示 USB 设备所属的设备类。该值在 1~FEH 之间的时候, 表示为 USB 定义的某个设备类, 如 03H 表示 HID 设备类。该值为 0 时, 表示 USB 设备的各个接口互相独立, 分别属于不同的设备类, 在接口描述符中会进一步说明。该值为 FFH 时, 表示该设备为供应商自定义的。bDeviceClass 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 4。
- **bDeviceSubClass** 字段: 表示 USB 设备所属的设备子类, 其对 USB 设备类进行了更详细的定义。例如, 对于前面的显示设备类 (04H), 子类代码 01H 表示 CRT 显示器, 02H 表示平面显示器, 03H 表示 3D 显示器。当该值为 0 时, 该字段也必须为 0; 当该值为 FFH 时, 表示采用供应商自定义的设备子类。bDeviceSubClass 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 5。
- **bDeviceProtocol** 字段: 表示 USB 设备所采用的设备类协议, 其值和 bDeviceClass 及 bDeviceSubClass 的值有关。该值为 0 时, 表示不使用任何设备类协议。如果该 USB 设备属于某个设备类和设备子类, 则应该继续指名所采用的设备类协议。该值为 FFH 时, 表示采用供应商自定义的设备类协议。bDeviceProtocol 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 6。
- **bMaxPackerSize0** 字段: 表示 USB 设备端点 0 所支持最大数据包的长度, 其以字节为单位。对于低速 USB 设备, 该值为 8; 对于全速 USB 设备, 该值可以为 8、16、32 或 64; 对于高速 USB 设备, 该值为 64。bMaxPackerSize0 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 7。
- **bNumConfigurations** 字段: 表示 USB 设备另一个速率所支持的配置数。bNum-Configurations 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 8。
- **bReserved** 字段: 保留字段, 必须设置为 0。bReserved 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 9。

2. 设备限定描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述设备限定描述符, 典型的 USB 设备限定描述符的定义示例如下:

```
DeviceQualDscr:
    db  0AH                ;描述符长度
    db  06H                ;描述符类型
```

dw	0002H	;规范(BCD)
db	00H	;设备类
db	00H	;设备子类
db	00H	;设备协议子类
db	64	;最大数据包长度
db	1	;配置数
db	0	;保留

2.1.7 其他速率配置描述符

在高速 USB 系统中，其他速率配置描述符（Other_Speed_Configuration）表示了另一个传输速率下该设备的配置信息。如果 USB 设备既需要采用高速传输又需要全速传输，则必须支持其他速率配置描述符。

1. 其他速率配置描述符定义

USB 其他速率配置描述符长度固定为 9 字节，由 8 个字段组成。USB 其他速率配置描述符的格式如表 2.8 所示。

表 2.8 USB 其他速率配置描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度 (09H 字节)
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：其他速率配置描述符=07H
wTotalLength	2 字节	2	配置信息的总长度
bNumInterfaces	1 字节	4	所支持的接口数
bConfigurationValue	1 字节	5	配置值
iConfiguration	1 字节	6	字符串描述符的索引值
bmAttributes	1 字节	7	配置特性
bMaxPower	1 字节	8	所需要的最大 USB 总线电流 (2mA 为单位)

下面详细说明 USB 其他速率配置描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示其他速率配置描述符的长度，由于 USB 其他速率配置描述符长度固定为 9 字节，即该值为 09H。bLength 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 其他速率配置描述符的类型值，固定为 07H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 1。
- **wTotalLength** 字段：表示 USB 其他速率配置信息的总长度，即配置描述符、接口描述符、端点描述符、设备类定义描述符和供应商自定义描述符的总和。wTotalLength 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 2。
- **bNumInterfaces** 字段：表示 USB 其他速率配置所支持的接口数。bNumInterfaces 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 4。
- **bConfigurationValue** 字段：表示 USB 其他速率配置值。bConfigurationValue 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 5。
- **iConfiguration** 字段：指出 USB 配置字符串描述符的索引值，配置字符串的内容在字符串描述符中定义。如果没有配置字符串，可以置为 0。iConfiguration 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。
- **bmAttributes** 字段：表示配置特性，可按位寻址。bmAttributes 字段第 6 位置 1 表示使用总线电源，第 5 位置 1 表示支持远程唤醒功能，该字段的其他位均保留。一般来说，bmAttributes 字段第 0~4 位应设置为 0，第 7 位应设置为 1。bmAttributes 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 7。

- **bMaxPower** 字段：表示 USB 设备全速运行时所需要消耗的最大电流，以 2mA 为单位。USB 设备可以从 USB 总线上获得最大的电流为 500mA，因此该字段的最大值为 250。bMaxPower 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 8。

2. 其他速率配置描述符示例

在程序中一般采用汇编语言来描述其他速率配置描述符，典型的描述符的定义示例如下：

```

OtherSpeedConfigDscr:
    db  9                ;描述符长度
    db  7                ;描述符类型
    db  (OtherSpeedConfigDscrEnd-OtherSpeedConfigDscr) mod 256
                                ;长度(LSB)
    db  (OtherSpeedConfigDscrEnd-OtherSpeedConfigDscr) / 256
                                ;长度(MSB)
    db  1                ;接口数
    db  2                ;配置数
    db  1                ;配置字符串
    db  10000000b        ;特性(b7 - buspwr, b6 - selfpwr, b5 - rwu)
    db  100              ;功率需求
OtherSpeedConfigDscrEnd: ;结束
    
```

2.2 USB 集线器的描述符

USB 集线器是最常用的一类 USB 设备，用于扩展计算机的 USB 接口。广义上来说，USB 集线器属于 USB 功能设备。在 USB 协议中，可以使用 USB 集线器来级联扩展 USB 端口。在 USB 协议中，对 USB 集线器进行了单独的定义，除了标准的 USB 描述符外，还定义了 USB 集线器类描述符。这样方便了 USB 集线器设备的使用。

USB 集线器设备类是 USB 协议中定义的一种设备类。USB 集线器设备类的类代码为 09H，其没有子类代码和协议代码。USB 集线器设备类处理支持标准的 USB 设备描述符和标准请求外，还需要支持特有的类描述符和请求。主要表现在如下几个方面。

- **USB 集线器设备类描述符**：该描述符的定义结构和 USB 标准设备的描述符类似，只是定义了 USB 集线器的属性以及功率需求等。
- **接口和端点扩展**：指明 USB 集线器的接口和端点特性。
- **USB 集线器设备类请求**：USB 集线器除了标准的设备请求外，还可以自行定义一些与集线器活动有关的类请求。

下面将分别介绍 USB 集线器需要支持的标准描述符和集线器类描述符。

2.2.1 集线器设备描述符

USB 集线器设备描述符长度为 18 字节，由 14 个字段组成。USB 集线器设备描述符的格式，如表 2.9 所示。

表 2.9 USB 集线器设备描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：12H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：设备=01H

bcdUSB	2 字节	2	USB 规范版本号 (BCD 码): 0200H
bDeviceClass	1 字节	4	类代码: 09H
bDeviceSubClass	1 字节	5	子类代码
bDeviceProtocol	1 字节	6	协议代码
bMaxPackerSize0	1 字节	7	端点 0 所支持的最大数据包长度
idVendor	2 字节	8	供应商 ID
idProduct	2 字节	10	产品 ID
bcdDevice	2 字节	12	设备版本号 (BCD 码)
iManufacturer	1 字节	14	供应商字符串描述符的索引值
iProduct	1 字节	15	产品字符串描述符的索引值
iSerialNumber	1 字节	16	设备序列号字符串描述符的索引值
bNumConfigurations	1 字节	17	所支持的配置数

下面详细说明 USB 集线器设备描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段: 表示 USB 集线器设备描述符的长度, 由于 USB 集线器设备描述符长度为 18 字节, 即该值为 12H。bLength 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段: 表示 USB 集线器设备描述符的类型值, 固定为 01H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 1。
- **bcdUSB** 字段: 以 BCD 码的形式表示 USB 集线器设备及其描述符所遵循的 USB 规范版本号。格式为 0xXYZ, 其中 XX 为主版本号、Y 为次版本号、Z 为子次版本号。例如, 这里采用高速 USB 版本 2.0 为 0200H。bcdUSB 字段长度为 2 字节, 地址偏移量为 2。
- **bDeviceClass** 字段: 表示 USB 设备所属的设备类。这里因为是 USB 集线器设备类, 所有必须设置为 09H。bDeviceClass 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 4。
- **bDeviceSubClass** 字段: 表示 USB 设备所属的设备子类, 其对 USB 设备类进行了更详细的划分和扩展。这里 USB 集线器设备类, 没有下一步的子类代码, 可以设置为 0。bDeviceSubClass 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 5。
- **bDeviceProtocol** 字段: 表示 USB 集线器设备所采用的设备类协议, 其值和 bDeviceClass 及 bDeviceSubClass 的值有关。这里 USB 集线器设备类, 如果该 USB 集线器包含 N 个事务翻译器, 则该值需要设置为 N 。bDeviceProtocol 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 6。
- **bMaxPackerSize0** 字段: 表示 USB 集线器设备端点 0 所支持的最大数据包长度, 其以字节为单位。对于低速 USB 设备, 该值为 8; 对于全速 USB 设备, 该值可以为 8、16、32 或 64; 对于高速 USB 设备, 该值为 64。bMaxPackerSize0 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 7。
- **idVendor** 字段: 表示 USB 设备的供应商 ID。USB 组织中规定每种产品都必须包含一个供应商 ID, 这样可以使主机为其加载合适的驱动程序。idVendor 字段长度为 2 字节, 地址偏移量为 8。
- **idProduct** 字段: 表示 USB 集线器设备的产品 ID, 由设备供应商提供。idProduct 可以惟一标识一类 USB 集线器设备, 也可以引导主机选择合适的驱动程序。idProduct 字段长度为 2 字节, 地址偏移量为 10。
- **bcdDevice** 字段: 以 BCD 码表示 USB 集线器设备的版本号, 由设备供应商指定, 可以引导主机加载合适的驱动程序。bcdDevice 字段长度为 2 字节, 地址偏移量为 12。
- **iManufacturer** 字段: 表示集线器供应商字符串描述符的索引值, 如果没有, 可以置为 0。iManufacturer 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 14。
- **iProduct** 字段: 表示集线器产品字符串描述符的索引值, 如果没有, 可以置为 0。iProduct 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 15。
- **iSerialNumber** 字段: 表示集线器设备序列号字符串描述符的索引值, 如果没有, 可以置为 0。iSerialNumber 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 16。

- **bNumConfigurations** 字段：表示该 USB 集线器设备所支持的配置数。**bNumConfigurations** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 17。

在程序中一般采用汇编语言来描述 USB 集线器设备描述符，典型的 USB 集线器设备描述符的定义示例如下：

```

HubDeviceDscr:
    db  12H                ;描述符长度
    db  01H                ;描述符类型
    dw  0002H              ;规范(BCD)
    db  09H                ;设备类
    db  00H                ;设备子类
    db  01H                ;设备协议子类
    db  64                 ;最大数据包长度
    dw  0BA04H             ;供应商 ID
    dw  6154H              ;产品 ID
    dw  0000H              ;设备版本号
    db  1                   ;供应商字符串索引
    db  2                   ;产品字符串索引
    db  0                   ;序列号字符串索引
    db  1                   ;所支持的配置数
    
```

2.2.2 集线器配置描述符

USB 集线器配置描述符长度为 9 字节，由 8 个字段组成。USB 集线器配置描述符的格式，如表 2.10 所示。

表 2.10 USB 集线器配置描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：09H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：配置=02H
wTotalLength	2 字节	2	配置信息的总长度
bNumInterfaces	1 字节	4	所支持的接口数
bConfigurationValue	1 字节	5	配置值
iConfiguration	1 字节	6	配置字符串描述符的索引值
bmAttributes	1 字节	7	配置特性
bMaxPower	1 字节	8	所需要的最大总线电流（2mA 为单位）

下面详细说明 USB 集线器配置描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示配置描述符的长度，由于 USB 集线器配置描述符长度为 9 字节，即该值为 09H。**bLength** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 集线器配置描述符的类型值，固定为 02H。**bDescriptorType** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 1。
- **wTotalLength** 字段：表示 USB 集线器配置信息的总长度，即配置描述符、接口描述符、端点描述符、设备类定义描述符和供应商自定义描述符的总和。**wTotalLength** 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 2。
- **bNumInterfaces** 字段：表示 USB 集线器配置所支持的接口数。接口数至少有一个，其最小值为 1。**bNumInterfaces** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 4。
- **bConfigurationValue** 字段：表示 USB 集线器配置值。该字段用于 **SetConfiguration** 请求的参数和 **GetConfiguration** 请求的返回值。**bConfigurationValue** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 5。

- **iConfiguration** 字段：表示 USB 集线器配置字符串描述符的索引值，如果没有，可以设置为 0。iConfiguration 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。
- **bmAttributes** 字段：表示 USB 集线器配置特性。该字段是按位寻址的，第 6 位置 1 表示使用总线电源；第 5 位置 1 表示支持远程唤醒功能；该字段的其他位均保留，一般来说，第 0~4 位应该置 0，第 7 位应该设置为 1。bmAttributes 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 7。
- **bMaxPower** 字段：表示 USB 集线器运行时所需要消耗的最大电流，单位以 2mA 为基准。USB 集线器可以从根集线器上获得最大的电流为 500mA，因此该字段的最大值为 250。bMaxPower 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 8。

在程序中一般采用汇编语言来描述 USB 集线器配置描述符，典型的 USB 集线器配置描述符的定义示例如下：

```

HubConfigDscr:
    db  9                ;描述符长度
    db  2                ;描述符类型
    db  (HubConfigDscrEnd-HubConfigDscr) mod 256
                            ;长度(LSB)
    db  (HubConfigDscrEnd-HubConfigDscr) / 256
                            ;长度(MSB)
    db  1                ;接口数
    db  1                ;配置数
    db  2                ;配置字符串
    db  10000000b       ;特性(b7 - buspwr, b6 - selfpwr, b5 - rwu)
    db  100             ;功率需求
HubConfigDscrEnd:      ;结束
    
```

2.2.3 集线器接口描述符

USB 集线器接口描述符长度为 9 字节，由 9 个字段组成。USB 集线器接口描述符的格式，如表 2.11 所示。

表 2.11 USB 集线器接口描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：09H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：接口=04H
bInterfaceNumber	1 字节	2	接口号
bAlternateSetting	1 字节	3	可替换设置值
bNumEndpoints	1 字节	4	所使用的端点数（不包括端点 0）
bInterfaceClass	1 字节	5	类代码：09H
bInterfaceSubClass	1 字节	6	子类代码
bInterfaceProtocol	1 字节	7	协议代码
iInterface	1 字节	8	接口字符串描述符的索引值

下面详细说明 USB 集线器接口描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示 USB 集线器接口描述符的长度，由于 USB 集线器接口描述符长度为 9 字节，即该值为 09H。bLength 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 集线器接口描述符的类型值，固定为 04H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 1。

- **bInterfaceNumber** 字段：表示 USB 集线器接口的接口号，一般用于 SetInterface 请求和 GetInterface 请求的参数。bInterfaceNumber 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 2。
- **bAlternateSetting** 字段：表示 USB 集线器接口的可替换设置值，用于 SetInterface 请求和 GetInterface 请求的返回值。bAlternateSetting 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 3。
- **bNumEndpoints** 字段：表示 USB 集线器接口所使用的端口数。该值不包括端点 0。对于只使用端点 0 时，则该值应设置为 0。bNumEndpoints 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 4。
- **bInterfaceClass** 字段：表示接口所属的设备类，由于这里是 USB 集线器设备类，所以其值必须为 09H。bInterfaceClass 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 5。
- **bInterfaceSubClass** 字段：表示接口所属的设备子类。对于 USB 集线器设备类来说，这里设置为 0 即可。bInterfaceSubClass 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。
- **bInterfaceProtocol** 字段：表示接口所采用的设备类协议，值和 bInterfaceClass 及 bInterfaceSubClass 的值有关。其值和 USB 集线器事务翻译器的个数有关。bInterfaceProtocol 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 7。
- **iInterface** 字段：用于指出接口字符串描述符的索引值，如果没有，可以设置为 0。iInterface 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 8。

程序中一般采用汇编语言来描述 USB 集线器接口描述符，典型的 USB 集线器接口描述符的定义示例如下：

```

db 9 ;描述符长度
db 4 ;描述符类型
db 0 ;接口号
db 0 ;可替换设置值
db 1 ;端点数
db 09H ;类代码
db 00H ;子类代码
db 01H ;协议代码
db 1 ;接口描述字符串索引
    
```

2.2.4 集线器端点描述符

USB 集线器端点描述符长度为 7 字节，由 6 个字段组成。USB 集线器端点描述符的格式，如表 2.12 所示。

表 2.12 USB 集线器端点描述符格式

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：07H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：端点=05H
bEndpointAddress	1 字节	2	端点号及传输方向
bmAttributes	1 字节	3	端点特性
wMaxPacketSize	2 字节	4	最大数据包长度
bInterval	1 字节	6	访问间隔

下面详细说明 USB 集线器端点描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示 USB 集线器端点描述符的长度，USB 集线器端点描述符固定为 7 个字节，即该值为 07H。bLength 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 集线器接口描述符的类型值，固定为 05H。bDescriptorType 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 1。
- **bEndpointAddress** 字段：表示 USB 集线器端点的端点号及传输方向。第 3 位~第 0 位表示端点号，如 001B 表示端点 1，010B 表示端点 2；第 7 位表示数据传输方向，0 表示 OUT，1 表示 IN；其余位均保留，必须设置为 0。bEndpointAddress 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 2。

- **bmAttributes** 字段：表示 USB 集线器端点的特性。其中第 1 位~第 0 位表示端点的数据传输类型，00B 表示控制传输，01B 表示同步传输，10B 表示块传输，11B 表示中断传输；如果是同步传输，第 3 位~第 2 位表示同步类型，00B 表示非同步，01B 表示异步，10B 表示自适应，11B 表示同步；第 5 位~第 4 位指出用法类型，00B 表示数据端点，01B 表示显示反馈端点，10B 表示隐式反馈端点，11B 保留。其余位保留。**bmAttributes** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 3。
- **wMaxPacketSize** 字段：表示 USB 集线器端点所支持的最大数据包长度。其中第 10 位~第 0 位表示数据包长度，第 12 位~第 11 位指出每小帧最多传输的事务处理数，其余位均保留，必须设置为 0。**wMaxPacketSize** 字段长度为 2 字节，地址偏移量为 4。
- **bInterval** 字段：用于指定 USB 集线器端点数据传输的访问间隔。低速中断端点，取值范围为 10~255，对应的访问间隔为 10ms~255ms；对于全速中断端点，取值范围为 1~255，对应的访问间隔为 1ms~255ms。**bInterval** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 6。

在程序中一般采用汇编语言来描述 USB 集线器端点描述符，典型的 USB 集线器端点描述符的定义示例如下：

```

db 7 ;描述符长度
db 5 ;描述符类型
db 02H ;端点号及方向
db 2 ;端点类型
db 00H ;最大数据包长度(LSB)
db 02H ;最大数据包长度(MSB)
db 00H ;访问间隔
    
```

2.2.5 集线器类描述符

USB 集线器类描述符，包含 8 个字段。USB 集线器类描述符的格式，如表 2.13 所示。

表 2.13 USB 集线器类描述符

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：集线器=19H
bNbrPorts	1 字节	2	支持的下行端点数
wHubCharacteristics	2 字节	3	集线器属性
bPwrOn2PwrGood	1 字节	5	集线器电源的建立时间
bHubContrCurrent	1 字节	6	集线器所需的最大总线电流（2mA）
DeviceRemovable	取决于端口数	7	所连接的 USB 设备是否可分离
PortPwrCtrlMask	取决于端口数	取决于端口数	电源控制掩码

下面详细说明 USB 集线器类描述符各个字段的含义。

- **bLength** 字段：表示 USB 集线器类描述符的长度，取决于端口数，可变。**bLength** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 0。
- **bDescriptorType** 字段：表示 USB 集线器接口描述符的类型值，集线器=19H。**bDescriptorType** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 1。
- **bNbrPorts** 字段：表示该 USB 集线器所支持的下行端口数目。**bNbrPorts** 字段长度为 1 字节，地址偏移量为 2。
- **wHubCharacteristics** 字段：表示 USB 集线器的属性，双字节。其各位定义格式，如表 2.14 所示。**wHubCharacteristics** 字段长度为 1 个字节，地址偏移量为 3。

表 2.14 USB 集线器的属性定义

wHubCharacteristics 位	值	含 义
wHubCharacteristics[1:0]	00B	集线器所以端口同时供电
	01B	集线器所以端口单独供电
	10B	保留
	11B	保留
wHubCharacteristics[3:2]	00B	全局过流保护
	01B	单独过流保护
	10B	无过流保护
	11B	无过流保护
wHubCharacteristics[6:5]	00B	包间延时为 8 个全速位时间
	01B	包间延时为 16 个全速位时间
	10B	包间延时为 24 个全速位时间
	11B	包间延时为 32 个全速位时间
wHubCharacteristics[7]	0B	下行端口不支持端口指示符
	1B	下行端口支持端口指示符
wHubCharacteristics[15:8]	-	保留

- **bPwrOn2PwrGood** 字段: 表示 USB 集线器从开始为下行端口供电到电源稳定工作之间的延时, 这里以 2ms 为单位。bPwrOn2PwrGood 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 5。
- **bHubContrCurrent** 字段: 表示 USB 集线器所需要从上级根集线器获得的最大总线电流。很前面类似, 这里以 2mA 为单位。bHubContrCurrent 字段长度为 1 字节, 地址偏移量为 6。
- **DeviceRemovable** 字段: 表示 USB 集线器所连接的 USB 设备是否可分离。Device- Removable 的长度可变, 取决于端点数。如果有 N 个下行端口, 则该字段需要 N 个二进制位。每一个二进制位表示一个下行端口。如果所连接的 USB 设备可以分离, 则对应的二进制位应该置 1, 否则置 0。DeviceRemovable 字段长度取决于端口数, 地址偏移量为 7。
- **PortPwrCtrlMask** 字段: 表示 USB 集线器下行端口的电源控制掩码。格式和 DeviceRemovable 字段类似, 这里不再进行详细介绍。PortPwrCtrlMask 字段长度和地址偏移量取决于端口数。

在程序中一般采用汇编语言来描述 USB 集线器类描述符, 典型的 USB 集线器类描述符的定义示例如下:

```

HubDscr:
    db  DSCR_HUB_LEN          ;描述符长度
    db  19H                   ;描述符类型
    db  04H                   ;下行端口数
    dw  0000H                 ;USB 集线器属性
    db  10H                   ;电源建立时间
    db  10H                   ;电流消耗
    db  01H                   ;可分离端口
    db  01H                   ;电源控制掩码
    
```

2.3 HID 设备描述符

HID 设备是 USB 协议中最早提出并支持的一种设备类。HID 的全称为 Human Interface Devices, 即人机接口设备。HID 设备主要用于和计算机进行交互通信, 典型的 HID 设备有键盘和鼠标等。目前, 所有的操作系统中都已经内置了通用 HID 设备类驱动。通用的 HID 设备可以直接使用 HID 设备类驱动程序(hidclass.sys)和 HID 小驱动程序(hidusb.sys)与计算机进行通信。一般来说, 不需要安装驱动程序, 除非需要开发特殊功能的 HID 设备。

2.3.1 HID 设备简介

HID 设备可以作为低速、全速或高速设备来使用。对于 HID 设备，一般要求对于每个用户输入都能够及时响应。因此 HID 设备中普遍采用中断传输，用于对 USB 设备发出的少量数据进行及时响应。

1. HID 设备的特点

USB 协议中，HID 类别设备的规范是 Device Class Definition for Human Interface Devices。每个 HID 设备都必须符合该规范中对描述符、传输类型及速度等的定义。另外，USB 协议开发小组还制定了 HID Usage Tables，其中定义了 HID 设备和主机之间通信的 HID 数据值。

所有的 USB 设备必须包含一个控制端点，HID 设备也同样需要。控制端点用于完成标准的 USB 设备请求和 HID 设备类请求。另外，为了响应用户输入，还必须至少包含一个 IN 中断端点。HID 设备支持的传输类型，如表 2.15 所示。

表 2.15 HID 设备的传输类型

传输类型	传输方向	数据类型特点	是否必须	支持的 Windows 版本
控制传输	IN	少量无时间要求的数据	是	Windows 98 及后续版本
	OUT		是	
中断传输	IN	少量、周期性、需及时处理的数据	是	Windows 98SE 及后续版本
	OUT		否	

这里需要注意的是，并不是所有的设备都要支持中断 OUT 传输。例如鼠标和键盘，这些 HID 设备只需向主机发送数据，而不需要主机的返回信息，因此可以不要考虑中断 OUT 传输。HID 设备的主要功能特点如下。

- HID 设备的固件程序支持 HID 报表格式，HID 设备交换的数据保存在报表的结构内。这个格式，可以使其处理任何类型的数据。
- 由于采用中断数据传输类型，因此 HID 设备适合于传输少量的数据。对于低速设备，其最大数据包为 8 字节；对于全速设备，其最大数据包为 64 字节；对于高速设备，其最大数据包为 1024 字节。
- HID 设备的最大传输速率有限制，必须符合 USB 协议中对中断传输的速率定义。并且其传输速率不是固定的，根据 USB 总线的繁忙程度而定。
- 数据的传输具有突发性，HID 设备的输入一般是随机的，USB 主机周期读取 HID 设备发送的数据并及时进行处理。

2. HID 设备的定义

在 USB 协议中，HID 设备的定义放置在接口描述符中，USB 的设备描述符和配置描述符中不包含 HID 设备的信息。因此，对于某些特定的 HID 设备，可以定义多个接口，只有其中一个接口为 HID 设备类即可。当定义一个 USB 设备为 HID 设备时，需要对设备描述符和接口描述符进行设置。其中设备描述符一般设置如下参数即可：

```
bDeviceClass=0
bDeviceSubClass=0
bDeviceProtocol=0
```

对于接口描述符，应该置 bInterfaceClass=03H，表示 HID 类代码。另外可以根据 HID 设备的不同，而进行不同的设置，分别介绍如下。

- (1) 无引导 HID 设备。

对于无引导的 HID 设备，子类代码 `bInterfaceSubClass` 应该置 0，此时协议代码 `bInterfaceProtocol` 无效，一般置 0 即可。接口描述符的参考设置如下：

```
bInterfaceClass=03H
bInterfaceSubClass=0
bInterfaceProtocol=0
```

(2) 支持引导接口的 HID 设备。

如果子类代码 `bInterfaceSubClass` 置 1，则表示该 HID 设备支持引导接口协议。此时协议代码 `bInterfaceProtocol` 可以置为 1 或者 2。`bInterfaceProtocol=1` 表示键盘接口，`bInterfaceProtocol=2` 表示鼠标协议。接口描述符的参考设置如下：

```
bInterfaceClass=03H
bInterfaceSubClass=1
bInterfaceProtocol=1
```

2.3.2 HID 基本描述符

在 USB 协议中，HID 设备需要支持标准的 USB 描述符以及 HID 类描述符。这里首先介绍 HID 设备类支持的 5 个 USB 标准描述符：设备描述符、配置描述符、接口描述符、端点描述符和字符串描述符。

1. 设备描述符

HID 设备的设备描述符格式如表 2.16 所示。HID 设备的设备描述符和标准 USB 设备描述符类似，这里不再详细介绍。需要指出的是，其中类代码、子类代码和协议代码必须设置为 0。而端点 0 所支持的最大数据包长度，可选 8、16、32 和 64。

表 2.16 HID 设备的设备描述符

字段名	长度	地址偏移量	含义
<code>bLength</code>	1 字节	0	描述符的长度（字节）：12H
<code>bDescriptorType</code>	1 字节	1	描述符的类型：设备=01H
<code>bcdUSB</code>	2 字节	2	USB 规范版本号（BCD 码），例如 0x100
<code>bDeviceClass</code>	1 字节	4	类代码，0x00
<code>bDeviceSubClass</code>	1 字节	5	子类代码，0x00
<code>bDeviceProtocol</code>	1 字节	6	协议代码，0x00
<code>bMaxPackerSize0</code>	1 字节	7	端点 0 所支持的最大数据包长度，可选 8、16、32 和 64
<code>idVendor</code>	2 字节	8	供应商 ID
<code>idProduct</code>	2 字节	10	产品 ID
<code>bcdDevice</code>	2 字节	12	设备版本号（BCD 码）
<code>iManufacturer</code>	1 字节	14	供应商字符串描述符的索引值
<code>iProduct</code>	1 字节	15	产品字符串描述符的索引值
<code>iSerialNumber</code>	1 字节	16	设备序列号字符串描述符的索引值
<code>bNumConfigurations</code>	1 字节	17	所支持的配置数

2. 配置描述符

HID 设备的配置描述符格式如表 2.17 所示。HID 设备的配置描述符和 USB 配置描述符类似，这里不再详细介绍。

表 2.17 HID 设备的配置描述符

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：09H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：配置=02H
wTotalLength	2 字节	2	配置信息的总长度，例如 0x003
bNumInterfaces	1 字节	4	所支持的接口数
bConfigurationValue	1 字节	5	配置值
iConfiguration	1 字节	6	配置字符串描述符的索引值
bmAttributes	1 字节	7	配置特性
bMaxPower	1 字节	8	所需要的最大总线电流（2mA 为单位）

3. 接口描述符

HID 设备的接口描述符格式如表 2.18 所示。HID 设备的接口描述符与 USB 接口描述符类似，这里不再详细介绍。这里需要指出的是，需要将类代码字段设置为 0x03，以表示 HID 接口。此时，子类代码可以设置为 0x00 或 0x01，协议代码可以设置为 0x00、0x01 或 0x02。

表 2.18 HID 设备的接口描述符

字段名	长度	地址偏移量	说明
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：09H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：接口=04H
bInterfaceNumber	1 字节	2	接口号
bAlternateSetting	1 字节	3	可替换设置值
bNumEndpoints	1 字节	4	所使用的端点数（不包括端点 0）
bInterfaceClass	1 字节	5	类代码，0x03
bInterfaceSubClass	1 字节	6	子类代码，0x00 或 0x01
bInterfaceProtocol	1 字节	7	协议代码，0x00、0x01 或 0x02
iInterface	1 字节	8	接口字符串描述符的索引值

4. 端点描述符

HID 设备的端点描述符格式如表 2.19 所示。HID 设备的端点描述符和 USB 端点描述符类似，这里不再详细介绍。

表 2.19 HID 设备的端点描述符

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）：07H
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：端点=05H
bEndpointAddress	1 字节	2	端点号及传输方向

bmAttributes	1 字节	3	端点特性
wMaxPacketSize	2 字节	4	最大数据包长度
bInterval	1 字节	6	访问间隔

5. 字符串描述符

HID 设备的字符串描述符格式如表 2.20 所示。HID 设备的字符串描述符与 USB 字符串描述符类似，这里不再详细介绍。

表 2.20 HID 设备的字符串描述符

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）： $N+2$
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：字符串=03H
bString	N 字节	2	UNICODE 编码的字符串

2.3.3 HID 类描述符

除了标准的 USB 描述符，HID 设备还必须支持 3 个类描述符：HID 描述符、报告描述符和物理描述符。一个 USB 设备只能包含一个 HID 描述符，但可以支持多个报告描述符，物理描述符则可以没有也可以有。

1. HID 描述符

HID 描述符用于识别 HID 设备中所包含的额外描述符，例如报告描述符或者物理描述符等。HID 描述符的格式如表 2.21 所示。

表 2.21 HID 描述符

字段名	长度	地址偏移量	含义
bLength	1 字节	0	描述符的长度（字节）
bDescriptorType	1 字节	1	描述符的类型：HID=21H
bcdHID	2 字节	2	HID 规范版本号（BCD 码）
bCountryCode	1 字节	4	国家代码
bNumDescriptor	1 字节	5	支持的其他类描述符的数量
bDescriptorType	1 字节	6	类别描述符的类型
wDescriptorLength	2 字节	7	报告描述符的总长度
bDescriptorType	1 字节	9	用于识别描述符类型的常数
wDescriptorLength	2 字节	10	描述符的总长度

下面分别介绍 HID 描述符各个字段的含义。

- bLength 字段：HID 描述符的长度。
- bDescriptorType 字段：HID 描述符的类型，值为 21H。
- bcdHID 字段：HID 设备所遵守的 HID 规范版本号，为 4 位十六进制的 BCD 码数据。1.0 版本为 0100H，1.1 版本为 0110H，2.0 版本为 0200H。

- bCountryCode 字段：HID 设备的国家代码，详细的取值如表 2.22 所示。

表 2.22 HID 设备的国家代码

国家代码	国家/地区名称	国家代码	国家/地区名称
00	HID 设备不是本土化的	18	荷兰
01	阿拉伯	19	挪威
02	比利时	20	波斯
03	加拿大（双语）	21	波兰
04	加拿大（法语）	22	葡萄牙
05	捷克共和国	23	俄罗斯
06	丹麦	24	斯洛伐克
07	芬兰	25	西班牙
08	法国	26	瑞典
09	德国	27	瑞士（法语）
10	希腊	28	瑞士（德语）
11	希伯来	29	瑞士
12	匈牙利	30	中国台湾地区
13	International（ISO）	31	土耳其
14	意大利	32	英国
15	日本	33	美国
16	韩国	34	南斯拉夫
17	拉丁美洲	35~255	保留

- bNumDescriptor 字段：HID 设备所支持的其他类描述符的数量。由于 HID 设备至少需要包括一个报告描述符，因此其最小值为 01H。
- bDescriptorType 字段：HID 描述符附属的类别描述符类型。
- wDescriptorLength 字段：HID 描述符附属的类别描述符长度。
- bDescriptorType/wDescriptorLength 字段：可选字段，用于表示 HID 描述符附属的类别描述符类型及长度。

2. 报告描述符

HID 设备的报告描述符主要用于定义 HID 设备和 USB 主机之间的数据交换格式。HID 设备的报告描述符是一种数据报表，其类型值为 22H。

报告描述符使用自定义的数据结构，用于传输特定的数据包。例如对于键盘，需要在数据包中指明按键所对应的键值。报告描述符使用数据项将这些数据结构组织起来，主机获得这些报告描述符后，根据数据项中的数据进行相应的处理。HID 报告描述符的数据项结构如图 2.1 所示。其中包含 4 个组成部分，下面分别介绍。

- 数据项长度 bSize：表示数据字节部分包含的字节个数。当该值为 00b 时，表示没有数据字节；当该值为 01b 时，表示包含 1 个数据字节；当该值为 10b 时，表示包含 2 个数据字节；当该值为 11b 时，表示包含 4 个数据字节。
- 数据项类型 bType：表示数据项的类型。当该值为 00b 时，表示主数据类型；当该值为 01b 时，表示全局数据类型；当该值为 10b 时，表示局部数据类型；当该值为 11b 时，保留，未使用。

- 数据项标签 **bTag**: 表示数据项的功能。报告描述符需要包含的数据项标签有: 输入输出数据项标签、用法数据项标签、用法页数据项标签、逻辑最小和最大值数据项标签、报告大小数据项标签, 以及报告计数数据项标签。
- 数据字节[**data**]: 根据前面 **bSize** 定义的大小而变化。

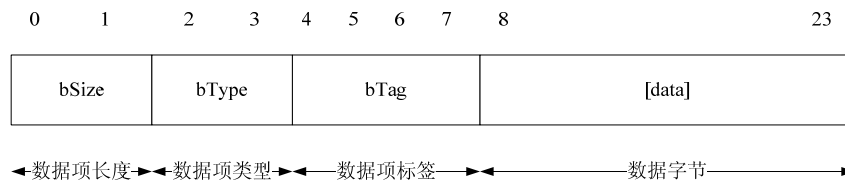


图 2.1 数据项格式

3. 物理描述符

HID 设备的物理描述符, 用于报告物理设备的激活信息, 其类型值为 23H。物理描述符是非必需的, 对于大部分的 HID 设备, 一般不需要使用该描述符。因此, 这里不进行详细介绍。

2.4 小结

本章详细介绍了 USB 标准设备的描述符, 包括设备描述符、配置描述符、字符串描述符、接口描述符、端点描述符、设备限定描述符和其他速率配置描述符, 接着对 USB 集线器和 HID 设备的描述符也进行了详细的介绍。USB 设备的描述符是 USB 设备配置的基础。USB 主机通过这些描述符来获取该设备的产品信息, 以及设备的功能配置。熟练掌握本章内容是 USB 固件程序设计的基础。

联系方式

集团官网: www.hqyj.com 嵌入式学院: www.embedu.org 移动互联网学院: www.3g-edu.org
 企业学院: www.farsight.com.cn 物联网学院: www.topsight.cn 研发中心: dev.hqyj.com

集团总部地址: 北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校内 华清远见教育集团

北京地址: 北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校区, 电话: 010-82600386/5

上海地址: 上海市徐汇区漕溪路 250 号银海大厦 11 层 B 区, 电话: 021-54485127

深圳地址: 深圳市龙华新区人民北路美丽 AAA 大厦 15 层, 电话: 0755-25590506

成都地址: 成都市武侯区科华北路 99 号科华大厦 6 层, 电话: 028-85405115

南京地址: 南京市白下区汉中路 185 号鸿运大厦 10 层, 电话: 025-86551900

武汉地址: 武汉市工程大学卓刀泉校区科技孵化器大楼 8 层, 电话: 027-87804688

西安地址: 西安市高新区高新一路 12 号创业大厦 D3 楼 5 层, 电话: 029-68785218

广州地址: 广州市天河区中山大道 268 号天河广场 3 层, 电话: 020-28916067