

本章依据程序设计代码,仅以抽象控制为例对 CDC 协议规范进行部分讲解,完整的 CDC 协议参阅文档 `usbcs11.pdf`(universal serial bus class definitions for communication devices)。

15.5.1 USB 通信类设备简介

通信类设备(communication device class)定义了三个类别:通信设备类、通信接口类和数据接口类。通信设备类是一个设备级别的定义,被主机用来正确识别一个可能呈现几种不同类型接口的通信设备。通信接口类定义了一个通用的机制,可以用来启用通用串行总线(USB)上的所有类型的通信服务。数据接口类定义了一种通用机制,当数据不符合其他类别的要求时,可以在 USB 上启用批量或同步传输。

CDC 设备目前主要用于以下场景:

- 电信设备:模拟调制解调器、ISDN 终端适配器、数字电话和模拟电话
- 网络设备:ADSL 调制解调器、电缆调制解调器、10BASE-T 以太网适配器/集线器,以及“以太网”交叉电缆。

1. 通信类设备功能特点

本节介绍了通信设备类、通信接口类和数据接口类的功能特点。

(1) 设备组织

- 端点需求。
- 从端点构筑接口。
- 从各种接口构建配置,其中一些是由其他类规范定义的。
- 识别配置内构成功能单元的接口组,并为每个联合分配一个主接口。

(2) 设备操作

尽管 CDC 规范同时定义了通信接口类和数据接口类,但它们是两个不同的类。所有通信设备应具有一个使用通信类管理设备的接口,并可选择通过使用通信设备类代码将自己指定为通信设备。此外,设备还有一些用于实际数据传输的其他接口。当数据与任何其他类型的类(如音频)的结构或使用模式不匹配时,数据接口类确定了数据传输接口。

1) 设备组织

一个通信设备有三个基本职责:

- 设备管理
- 操作管理
- 数据传输

设备应使用通信类接口来进行设备管理,其也可选择通信类接口用于呼叫管理。数据流是根据正在传输的数据的 USB 类来定义的。如果没有合适的 USB 类,那么设计者可以使用本 CDC 规范中定义的数据类来模拟数据流。

设备管理指的是控制和配置设备运行状态的请求和通知,以及通知主机在设备上发生的事件。

呼叫管理指的是一个负责设置和解除呼叫的过程。这个过程也控制呼叫的操作参数。术语“呼叫”,因此也是“呼叫管理”,描述的是指比负责物理连接的进程更高级别的呼叫控制进程。

数据传输除了使用通信类接口外,还使用接口来完成。这些接口可以使用任意定义的 USB 类,也可以是供应商特定的类。

2) 通信设备管理

通信设备的设备管理有两个层次。最基本的设备管理形式是在端点 0 上进行的控制传输。设备管理还需要在更高的层次上进行,这是对通信设备的特殊要求。一个例子是配置特定国家的细节,以正确配置电话服务。

为了允许在通信设备层面进行设备管理,应在构成设备功能单元的所有接口之间建立一个联合。功能描述符用于定义构成设备内功能单元的接口组。随着多通道设备的日益普及,一类新设备可能需要暴露多个设备管理接口,以便在通信设备层面进行设备管理。这将允许对多通道的单独控制,例如 ISDN 设备。在这种情况下,联合将在提供呼叫控制的通信类接口和它目前管理的各种接口之间。

2. 设备操作

通信类设备以另一类定义的形式向主机呈现数据,如音频、数据或 HID 接口。为了允许适当的类驱动程序管理该数据,主机将提供一个或多个接口,如为该设备指定的那样。所需的接口可能会根据通信会话期间由用户或网络发起的事件而改变:例如,从仅数据呼叫到数据和语音呼叫的转换。

为了使主机能够正确处理使用多个接口创建单个功能的情况,设备可以选择使用通信设备类代码在设备级别标识自己。这允许主机在需要时加载任何特殊驱动程序以将多个接口正确配置为主机中的单个功能。

注意:在设备未选择使用通信设备类代码在设备级别标识自身的情况下,设备应采用 USB 通用类功能机制,将设备上的多个接口与主机中的单个驱动程序相关联。

设备的静态特性,例如物理连接,是根据 USB 设备、接口和端点描述符来描述的。在物理接口上搬移的数据本质上是动态的,导致接口的特性随着数据需求的变化而变化。这些动态变化是根据通过通信类接口在设备和主机之间传输的消息来定义的。设备可以使用标准或专有机制来通知其主机软件何时可以使用接口以及数据格式。主机软件也可以使用相同的机制来检索有关接口数据格式的信息,并在有多个可用的接口时选择一种数据格式。

3. 接口定义

USBCDC 范中描述了两类接口:通信类接口和数据类接口。通信类接口是一个管理接口,所有通信类设备都需要它。数据类接口可用于传输结构和用法未由类定义的数据,例如音频数据。可以使用关联的通信类接口来识别通过该接口传输的数据格式。

1) 通信类接口

通信类接口用于设备管理,也可以选择呼叫管理。设备管理包括管理设备的运行状态的请求,设备响应和事件通知。呼叫管理包括设置和关闭呼叫的请求,以及对其操作参数的管理。

通信类定义了一个通信类接口,由一个管理元素和可选的通知元素组成。管理元素配置和控制设备,由端点 0 组成。通知元素将事件传送到主机,在大多数情况下,由一个中断端点组成。

通知元素通过一个中断或批量端点传递信息,使用标准化的格式。消息的格式是一个标准化的 8 字节的标头,后面是一个可变长度的数据域。标头确定了通知的种类,以及与通知相

关的接口;标头还确定了消息中数据域的长度。

通信类接口应通过提供一个管理元素来提供设备管理;该接口可通过提供一个通知元素来提供主机通知。对于一个完整的通信类接口来说,管理元素是必要的。管理元素也符合 USB 规范中对设备的要求。呼叫管理在通信类接口中提供,也可选择在数据接口上进行多路复用。下面的配置描述了设备如何在使用和不使用通信类接口的情况下提供呼叫管理:

- 设备不在通信类接口上提供任何呼叫管理,只由一个管理元素(端点 0)组成。在这种情况下,通信类接口被最小化,只通过一个管理元素(端点 0)提供设备管理。其中多通道控制模型和 CAPI 控制模型使用了该配置。
- 设备不提供呼叫管理的内部实现,只接受来自主机的最小呼叫管理命令集。在这种情况下,管理元素和通知元素都代表通信类接口。直接线路控制模型使用了该配置。
- 设备通过数据类接口提供呼叫管理的内部实现,而不是通信类接口。在这种情况下,通信类接口也被最小化,只通过一个管理元素(端点 0)提供设备管理。这种配置最接近于抽象控制模式,其中命令和数据通过数据类接口进行复用。从数据模式激活命令模式是通过 Heatherington Escape 序列或 TIES 方法完成的。关于抽象控制模式的更多信息,请参见第 2 节,“抽象控制模型”。
- 设备提供呼叫管理的内部实现,主机通过通信类接口访问。在这种情况下,通信类接口同时执行呼叫和设备管理,并由一个管理元素(端点 0)和一个通知元素(通常是一个中断端点)组成。管理元素将传输呼叫管理和设备管理命令。通知元素将传输从设备到主机的异步事件信息,如可用响应的通知,然后提示主机通过管理元素检索响应。这与抽象控制模型相对应。关于抽象控制模型的更多信息,见第 2 节,“抽象控制模型”。

2) 数据类接口

数据类将数据接口定义为类类型为数据类的接口。通信设备上的已定义的 USB 数据传输并不依靠数据类接口。相反,数据接口用于传输和/或接收未由其他类定义的数据。这些数据可能是:

- 来自通信线路的某种形式的原始数据。
- 传统调制解调器数据。
- 使用专有的数据格式。

此时,主机软件和设备需要通过其他接口(例如通信类接口)相互通信以确定要使用的适当格式。随着更复杂的通信类设备被定义,可能有必要定义一种方法来描述数据类接口中使用的协议。数据类接口的属性如下:

- 接口描述符使用数据类码值作为其类别类型。这是唯一要使用数据类码值的地方。
- 数据形式是字节流。数据类接口一般不定义数据流的格式,除非使用协议数据包封装器。
- 如果接口包含同步的端点,在这些端点上,数据被认为是同步的。

同步管道用于满足以下条件的数据:

- 恒定比特率。
- 需要低延时的实时通信。

通常,同步端点可用于将来自网络的原始信息(采样的或直接的)发送到主机以进行进一步处理和解释。例如,便宜的 ISDN TA 可以使用同步管道从网络中传输原始采样位。在这种情况下,主机系统将负责构成 ISDN 连接的不同网络协议。这种类型的接口只能在音频类接

口不提供必要的定义或控制的情况下使用。

当主机激活接口或设备请求激活接口时,通过通信类接口的管理元素上的消息传递来指定要使用的媒体的类型和格式。管道的带宽由端点描述符定义,可以通过选择适当带宽的备用接口来更改。

3) 协议数据包装器

为了支持设备中的嵌入式高层协议,主机和设备之间的数据和命令必须保留其顺序。这就保证了一个设计在实时操作系统中运行的协议栈,可以被分成两部分在不同的设备中运行。因此,一个协议的命令和数据必须使用一个包装器复用到同一个接口上;这个包装器还具有向协议栈的任意一层发送数据的功能。每个协议都规定了如何定义协议特定的命令和数据字段,以穿过其上层接口边缘。

在建立数据的协议时,主机和设备就包装器的功能达成一致。主机软件和设备需要通过其他接口(如通信类接口)相互通信以确定协议。如果没有建立协议,则不使用包装器。如果建立的协议可以使用包装器,那么使用包装器是可选的;如果协议要求使用包装器,那么就必須使用包装器。

为了支持通信设备上不同类型的协议栈,数据包装器头定义了两种一般形式,如表 15. 85 所示。两种形式的结构都是一样的,唯一的区别是源协议 ID 的使用。如果不需要或不知道源协议,那么偏移 3, bSrcProtocol 被设置为 00h。

数据包装器头的第二种形式允许在需要源协议和目标协议的情况下,为结构更合理的协议栈提供源协议和目标协议。

除了数据是字节数据的一般要求外,这两种数据包装器形式对数据格式都没有限制。在任何情况下,如果源协议是不需要的或未知的,就会使用 00h 的源协议 ID(bSrcProtocol)。

注意:不建议在同步管道上使用协议数据封装器,因为同步管道的不可靠性质可能导致数据丢失。

表 15. 85 数据类协议封装布局

偏移	域	大小	值	描述
0		2	数字	包装器的大小(以字节为单位)
2	bDstProtocol	1	协议	目标协议 ID。
3	bSrcProtocol	1	协议	源协议 ID。
4	BData0	1	数字	第一个数据字节
.....	
N+3	BDataN-1	1	数字	第 N 个数据字节

4. 端点需求

以下部分描述了通信类或数据类接口中端点的要求。

1) 通信类端点需求

通信类接口需要一个端点,即管理元素。其还可以添加一个额外的端点,即通知元素。对于所有 USB 标准类和 USB 通信类的请求,管理元素使用默认端点(端点 0, EP0)。通知元素通常使用中断端点(端点 x, EPx。x 为具体使用的端点号,不能为 0)。

2) 数据类端点需求

属于数据类接口的端点,其类型仅限于同步端点或批量端点,并且端点应成对存在,即:一个端点号对应存在一个输入端点和一个输出端点。

5. 设备模型

特定的 USB 通信设备配置是由前几节所述的接口和其他类规范所描述的接口构成的。所有的通信设备都由一个通信类接口加上 0 个或更多的其他数据传输接口组成,遵守一些其他的 USB 类要求或作为供应商的特定接口来实现。例如,以下描述符适合于一个通信设备:

- 设备描述符包含通信设备类的类代码,若设备描述符包含一个 00h 的类代码,这表明主机应该查看接口以确定如何使用该设备。
- 一个具有通信类代码的接口描述符,它包含一个管理元素和可选的一个通知元素。
- 零个或多个其他接口,有各种类型的类代码,如音频、数据等。

设备模型被分为几个类别,依据程序设计部分的内容,本文将仅介绍 POTS 模型的抽象模型。随着 CDC 规范的发展,其他模型将被陆续添加进来。模型描述了一种设备类型和构成它的接口。控制模型描述了正在使用的通信类接口的类型,并为该接口分配了一个 SubClass 代码。一个控制模型可以用于几个设备模型中,其中设备控制和呼叫管理的方法是相似的。

15.5.2 USB 通信类设备抽象模型介绍

1. USB POTS 模型

在 POTS 线路上使用的 USB 电话设备有几种类型的接口可以提交给主机。这些不同接口的安排和使用取决于 POTS 电话设备的类型和用于建立设备的基本模型。()

各种型号的电话设备之间的区别可以根据设备在将模拟信号呈现给主机之前对其进行的处理量来划分。为了帮助说明如何将不同类型的接口放在一起建立一个 USB POTS 电话设备,在下面将介绍抽象模型。

注意:大部分情况下,数据类接口可能不会被用来向主机提供数据。在 USB 设备的构造具有最小的智能时,需要一些模拟类特定的接口控制代码。

2. 抽象控制模型

通过抽象控制模型,USB 设备可以理解标准 V. 25ter(AT)命令。该设备包含一个数据泵和微控制器,用于处理 AT 命令和继电器控制。该设备同时使用数据类接口和通信类接口。有关这两种接口的使用说明,请参照图 15.35。设备有时也可以使用其他类接口如设使用音频类接口来实现扬声器中的音频功能。

抽象控制模型类型的通信类接口将至少包含两个管道;一个用于实现管理元素,另一个用于实现通知元素。此外,该设备可以使用两个管道来实现传输未指定数据的通道,通常是通过数据类接口。

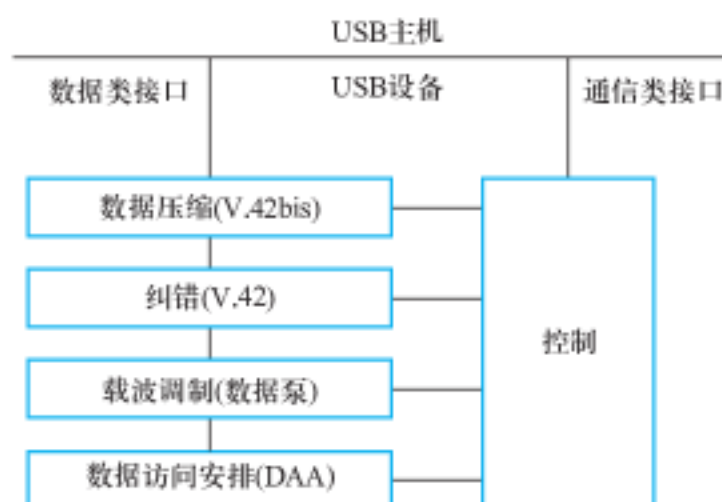


图 15.35 抽象控制模型

对于 POTS 线路控制,抽象控制模型应支持嵌入在数据流中的 V. 25ter 命令或沿着通信类接口发送的 V. 25ter 命令。当 V. 25ter 命令在数据流中多路复用时,Heatherington 转义序列或 TIES 方法将定义唯一支持的转义序列。

纠错和数据压缩可以在主机上实现,而不必在设备上实现。这种类型的设备不同于直接线路控制模型,因为来自 USB 设备的数据通过本地类定义的接口而不是供应商特定的数据泵接口呈现给主机。此外,V. 25ter 命令用于控制 POTS 线路接口。V. 80 定义了主机可以控制 DCE 数据流来完成这一任务的一种方法,但也有一些专有的方法。

3. 抽象控制模型串行模拟

抽象控制模型可以弥合传统调制解调器设备和 USB 设备之间的差距。为了支持某些类型的遗留应用程序,需要解决两个问题。第一个是支持特定的传统控制信号和状态变量,这些信号和状态变量直接由各种载波调制标准处理。由于这些依赖性,它们对于开发模拟调制解调器非常重要,模拟调制解调器向主机提供抽象控制模型类型的通信类接口。为了支持这些要求,需创建额外的请求(见表 15. 86)和通知(见表 15. 87)。

表 15. 86 请求抽象控制模型

请求	值	描述	要求/选择
SEND_ENCAPSULATED_COMMAND	00H	以支持的控制协议的格式发出命令	必需
GET_ENCAPSULATED_RESPONSE	01H	以支持的控制协议的格式请求响应	必需
SET_COMM_FEATURE	02H	控制特定通信功能的设置	可选
GET_COMM_FEATURE	03H	返回通信功能的当前设置	可选
CLEAR_COMM_FEATURE	04H	清除特定通信功能的设置	可选
SET_LINE_CODING	20H	配置 DTE (数据终端设备) 速率、停止位、奇偶校验和字符位数	可选+
GET_LINE_CODING	21H	请求当前 DTE 速率、停止位、奇偶校验和字符位数	可选+
SET_CONTROL_LINE_STATE	22H	RS-232 信号,用于告诉 DCE 设备 DTE 设备现在存在	可选
SEND_BREAK	23H	发送用于指定 RS-232 样式中断的特殊载波调制	可选

表 15. 87 通知抽象控制模型

通知	代码	描述	要求/选择
NETWORK_CONNECTION	00H	通知主机网络连接状态	可选
RESPONSE_AVAILABLE	01H	通知主机发出 GET_ENCAPSULATED_RESPONSE 请求	必需
SERIAL_STATE	20H	返回载波检测、DSR、中断和振铃信号的当前状态	可选

弥补传统调制解调器设计和抽象控制模型之间差距的第二个重要项目是在数据类接口上复用呼叫控制(AT 命令)的方法。传统的调制解调器设计受限于只支持一个通道的“AT”命令和实际数据。为了允许这种类型的功能,设备必须有一种方法来向主机指定这种限制。

当描述这种类型的设备时,通信类接口仍将指定一个抽象控制模型,但呼叫控制实际上将通过数据类接口发生。为了描述这个特定的特征,呼叫管理功能描述符将置位 bmCapabilities 的 D1 位。

对于同时支持两种模式的设备,即通过通信类接口调用控制和通过数据类接口调用控制,并且需要在两者之间进行切换,则使用 GetCommFeature 请求进行模式切换。

注意:这些请求特定于通信类对于模拟调制解调器,强烈建议支持 SET_LINE_CODING 和 SET_LINE_CODING 请求。

具有抽象控制模型的通信类子类代码的通信类接口唯一有效的类特定请求代码在如表 15.87 中列出。其他在上表中未列出的类特定请求,如 SET_HOOK_STATE,不适合抽象控制模型,如果发送到此类接口,将生成 STALL 条件。例如,挂断线路将通过 SEND_ENCAPSULATED_COMMAND 发送“ATH”来完成,而不是使用 SET_HOOK_STATE。

注意:这些请求特定于通信类对于模拟调制解调器,强烈建议支持 NETWORK_CONNECTION 和 SERIAL_STATE 请求。

唯一类特定的通知代码,对于具有抽象控制模型的通信类子类代码的通信类接口有效,其他类特定的通知未在上表中列出,例如 RING_DETECT,不适合抽象控制模型,不应由此类设备发送。

15.5.3 USB 通信类设备类特定码

本节列出了通信设备类、通信接口类和数据接口类的代码,包括子类和协议。这些值用于 USB 规范中定义的标准设备描述符的 bDeviceClass、bInterfaceClass、bInterfaceSubClass 和 bInterfaceProtocol 字段。

1. 通信设备类代码 bDeviceClass

表 15.88 定义了通信设备类代码:

表 15.88 通信设备类别代码

码值	类
02H	通信设备类

2. 通信接口类代码 bInterfaceClass

表 15.89 定义了通信类代码:

表 15.89 通信接口类代码

码值	类
02H	通信接口类

3. 通信接口类子类代码 bInterfaceSubClass

表 15.90 定义了通信接口类的子类代码:

表 15.90 通信接口类子类代码

码值	子类
00H	保留
01H	直线控制模型
02H	抽象控制模型
03H	电话控制模型
04H	多通道控制模型
05H	CAPI 控制模型
06H	以太网网络控制模型
07H	ATM 网络控制模型
08H-7FH	保留(将来使用)
80H-FEH	保留(供应商特定)

数据泵模型未在通信类子类代码中列出,因为该类型的设备将使用直接线路控制模型进行 POTS 线路控制,并且使用供应商特定接口。

4. 通信接口类控制协议代码 bInterfaceProtocol

USB 主机使用通信控制协议来控制设备或网络上的通信功能。CDC 规范定义了某些标准控制协议的代码值。它还与其他标准或供应商特定的控制协议保留代码。如果通信类控制模型不需要特定的协议,则应使用 00h 的值。

表 15.91 通信接口类控制协议代码

协议码值	参考文档	描述
00H	USB 规范	不需要类特定协议
01H	V. 25ter	通用 AT 命令(也称为“Hayes™ 兼容”)
02H-FEH		保留(将来使用)
FFH	USB 规范	供应商特定

5. 数据接口类代码 bInterfaceClass

表 15.92 定义了数据接口类代码。

表 15.92 数据接口类代码

代码	类
0AH	数据接口类

6. 数据接口类子类代码 bInterfaceSubClass

此时此字段未用于数据类接口,其值应为 00h。

7. 数据接口类协议代码 bInterfaceProtocol

表 15. 93 定义了数据接口类的协议代码。

表 15. 93 数据接口类协议代码

协议码值	参考文档	描述
00H	USB 规范	不需要类特定协议
01H-2FH	无	保留(将来使用)
30H	I. 430	ISDN BRI 的物理接口协议
31H	ISO/IEC 3309-1993	高密度液晶
32H	无	透明的
33H-4H	无	保留(将来使用)
50H	Q. 921M	Q. 921 数据链路协议的管理协议
51H	Q. 921	Q. 931 的数据链路协议
52H	Q921TM	Q. 921 数据链路协议的 TEI 多路复用器
53h-8Fh	无	保留(将来使用)
90H	V. 42 之二	数据压缩程序
91H	Q. 931/欧洲-ISDN	Euro-ISDN 协议控制
92H	V. 120	V. 24 速率适应 ISDN
93H	CAPI2. 0	CAPI 命令
94H-FCH	无	保留(将来使用)
FDH	无	基于主机的驱动程序。 注意:此协议代码只能用于主机和设备之间的消息中,以识别协议栈的主机驱动程序部分
FEH	CDC 规范	使用通信类接口上的协议单元功能描述符来描述协议
FFH	USB 规范	供应商特定

在某些类型的 USB 通信设备中,不需要在数据类接口描述符中指定任何协议。在这些情况下,应使用 00h 的值。

15. 5. 4 USB 通信类设备描述符

1. 标准 USB 描述符定义

本节定义了通信设备类、通信接口类和数据接口类的标准 USB 描述符的要求。

1) 设备描述符

通信设备的功能在接口层,通信设备类代码的定义是个例外。设备代码仅用于识别设备是一个通信设备,因此,多个接口可能被用来构成 USB 功能。这对主机配置驱动程序以正确列举设备是很重要的。所有通信设备将至少有一个通信类接口,作为设备的主接口。表 15.94 定义了正确建立设备描述符和附带的接口描述符的值。

表 15.94 通信设备类描述符要求

偏移	字段	大小	值	描述
4	bDeviceClass	1	02H	通信设备类别代码
5	bDeviceSubClass	1	00H	通信设备子类代码,此时未使用
6	bDeviceProtocol	1	00H	通信设备协议代码,此时未使用

2) 配置描述符

通信设备类使用 USB 规范中定义的标准配置描述符。

3) 接口描述符

通信接口类使用 USB 规范中定义的标准接口描述符。表 15.95 中定义的字段应按规定使用。通信接口类描述符的其余字段的使用保持不变。

表 15.95 通信类接口描述符要求

偏移	字段	大小	值	描述
5	bInterfaceClass	1	类	通信接口类代码
6	bInterfaceSubClass	1	子类	通信接口类子类代码
7	bInterfaceProtocol	1	协议	通信接口类协议代码,如前一字段中指定的,适用于子类

数据接口类也使用 USB 规范中定义的标准接口描述符。表 15.96 中定义的字段应按规定使用。数据接口类描述符的其余字段的使用保持不变

表 15.96 数据类接口描述符要求

偏移	字段	大小	值	描述
5 个	bInterfaceClass	1	0AH	数据接口类代码
6 个	bInterfaceSubClass	1	00H	数据类子类代码
7	bInterfaceProtocol	1	协议	应用于子类的数据类协议代码,如前一字段中指定的

4) 端点描述符

USB 规范中定义的标准端点描述符。

2. 类特定描述符

本节描述通信接口类和数据接口类的类特定描述符。特定于类的描述符仅存在于接口级别。每个特定于类的描述符都定义为接口的所有功能描述符的串联。设备为接口返回的第

一个功能描述符应该是一个头功能描述符。

1) 类特定设备描述符

这个描述符包含适用于整个通信设备的信息。通信设备类目前在设备级别上不使用任何特定于类的描述符信息。

2) 类特定配置描述符

通信设备类当前不在配置级别使用任何特定于类的描述符信息。

3) 功能描述符

功能描述符描述了接口描述符中类特定信息的内容。功能描述符都以一个通用的头描述符开头,它允许主机软件轻松解析类特定描述符的内容,如表 15.97 所示。每个类特定的描述符都包含一个或多个功能描述符。尽管通信类目前定义了类特定的描述符信息,但数据类没有。

表 15.97 功能描述符通用格式

偏移	字段	大小	值	描述
0	bFunctionLength	1	数字	此描述符的大小
1 个	bDescriptorType	1	常数	CS_INTERFACE
2 个	bDescriptor 子类型	1	常数	功能描述符的标识符(ID)。有关支持值的列表
3 个	(function specific data0)	1	杂项。	第一个函数特定数据字节。这些字段将根据所表示的功能描述符而有所不同
.....
N+2	(functional specific data N-1)	1	杂项。	第 N 个功能专用数据字节。这些字段将根据所代表的功能描述符的不同而变化

bDescriptorType 值与音频设备规范的 USB 设备类定义中定义的值相同如表 15.98、15.99 所示。它们是通过使用 USB 规范中定义的 DEVICE、CONFIGURATION、STRING、INTERFACE 和 ENDPOINT 常量派生的,并通过设置通用类规范中定义的类特定位来生成相应的类特定常量。

表 15.98 bDescriptorType 字段的类型值

描述符类型	值
CS_INTERFACE	24H
CS_ENDPOINT	25H

表 15.99 功能描述符中的 bDescriptor 子类型

描述符子类型	通信 IF 描述符	数据 IF 描述符	功能说明
00H	是	是	头部功能描述符,它标志着接口的功能描述符串联集的开始
01H	是	不	呼叫管理功能描述符
02H	是	不	抽象控制管理功能描述符
03H	是	不	直线管理功能描述符

描述符子类型	通信 IF 描述符	数据 IF 描述符	功能说明
04H	是	不	电话铃声功能描述符
05H	是	不	电话呼叫和线路状态报告功能功能描述符
06H	是	不	联合功能描述符
07H	是	不	国家选择功能描述符
08H	是	不	电话操作模式功能描述符
09H	是	不	USB 终端功能描述符
0AH	是	不	网络通道终端描述符
0BH	是	不	协议单元功能描述符
0CH	是	不	扩展单元功能描述符
0DH	是	不	多渠道管理功能描述符
0EH	是	不	CAPI 控制管理功能描述符
0FH	是	不	以太网网络功能描述符
10H	是	不	ATM 网络功能描述符
11H-FFH	不适用	不适用	保留(将来使用)

(1) 标头功能描述符

类特定描述符应以表 15.100 中定义的标头开头。bcdCDC 字段标识通信设备规范的 USB 类定义的版本,该接口及其描述符符合该版本。

表 15.100 类特定描述符标头格式

偏移	场字段	大小	值	描述
0	bFunctionLength	1	数字	此描述符的大小(以字节为单位)
1	bDescriptorType	1	常数	CS_INTERFACE 描述符类型
2	bDescriptorSubtype	1	常数	标头功能描述符子类型
3	bcdCDC	2	数字	通信设备规范的 USB 类定义二进制编码的十进制版本号

(2) 呼叫管理功能描述符

呼叫管理功能描述符描述了对通信类接口的呼叫处理。它只能出现在接口描述符的特定类别部分。

表 15.101 呼叫管理功能描述符

偏移	字段	大小	值	描述
0	bFunctionLength	1	数字	此功能描述符的大小,以字节为单位。
1	bDescriptorType	1	常数	CS_INTERFACE
2	bDescriptorSubtype	1	常数	呼叫管理功能描述符子类型

偏移	字段	大小	值	描述
3	bmCapabilities	1	位图	<p>此配置支持的功能：</p> <p>D7..D2:保留(重置为零)</p> <p>D1:0-设备仅发送/接收呼叫管理信息通过通信类接口。</p> <p>1-设备可以通过数据类接口发送/接收呼叫管理信息。</p> <p>D0:0-设备不处理呼叫管理本身。</p> <p>1-设备处理呼叫管理本身。前面的位组合在一起,标识使用哪种呼叫管理方案。如果位 D0 重置为 0,则忽略位 D1 的值。在这种情况下,为了将来的兼容性,位 D1 被重置为零</p>
4	bDataInterface	1	数字	可选地用于呼叫管理的数据类接口的接口号

* 本配置中接口的零基索引。(bInterfaceNum)

(3) 抽象控制管理功能描述符

抽象控制管理功能描述符描述了通信类接口支持的命令,如第 6.3.6 节中定义的,带有抽象控制模型的子类代码。它只能出现在接口描述符的类特定部分中。

表 15.102 抽象控制管理功能描述符

偏移	字段	大小	值	描述
0	bFunctionLength	1	数字	此功能描述符的大小,以字节为单位。
1	bDescriptorType	1	常数	CS_INTERFACE
2	bDescriptorSubtype	1	常数	抽象控制管理功能描述符子类型
3 个	bmCapabilities	1	位图	<p>此配置支持的功能(位值为零表示不支持该请求)</p> <p>D7..D4:保留(重置为零)</p> <p>D3:1-设备支持通知网络连接。</p> <p>D2:1-设备支持请求 Send_Break</p> <p>D1:1-设备支持 Set_Line_Coding、Set_Control_Line_State、Get_Line_Coding 的请求组合和通知串行状态。</p> <p>D0:1-设备支持请求 Set_Comm_Feature、Clear_Comm_Feature 和 Get_Comm_Feature 的组合。</p> <p>前面的位组合起来标识哪些请求/通知由具有抽象控制模型的子类代码的通信类接口支持</p>

3. 样本类特定的功能描述符

表 15.103 给出了一个简单抽象控制模型设备的通信类功能描述符的示例。该描述符特定于通信类。

表 15.103 示例通信类特定接口描述符 *

偏移	字段	大小	值	描述
0	bFunctionLength	1	05H	此功能描述符的大小,以字节为单位。
1	bDescriptorType	1	24H	CS_INTERFACE
2	bDescriptorSubtype	1	00H	标头
3	bcdCDC	2	011H	通信设备规范的 USB 类定义二进制编码的十进制版本号
5	bFunctionLength	1	04H	此功能描述符的大小,以字节为单位
6	bDescriptorType	1	24H	CS_INTERFACE
7	bDescriptorSubtype	1	02H	抽象控制管理功能描述符子类型
8	bmCapabilities	1	0FH	该字段包含值 0Fh,因为设备支持抽象控制模型接口的所有相应命令
9	bFunctionLength	1	05H	此功能描述符的大小,以字节为单位
10	bDescriptorType	1	24H	CS_INTERFACE
11	bDescriptorSubtype	1	06H	联合描述符功能描述符子类型
12	bMasterInterface	1	00H	控制 (communication class) 接口的接口号
13	bSlaveInterface0	1	01H	从站 (数据类) 接口的接口号
14	bFunctionLength	1 个	05H	此功能描述符的大小,以字节为单位
15	bDescriptorType	1 个	24H	CS_INTERFACE
16	bDescriptorSubtype	1 个	01H	呼叫管理功能描述符子类型
17	bmCapabilities	1 个	03H	表示设备自己处理呼叫管理 (位 D0 已设置),除了使用 SEND_ENCAPSULATED_COMMAND (位 D1) 发送的命令外,还将处理通过数据接口多路复用的命令已设置)
18	bDataInterface	1 个	01H	表示多路复用命令是通过数据接口 01h 处理的 (与 UNION 功能描述符中使用的值相同)

15.5.5 USB 通信类设备主机请求以及设备通知

通信接口类支持 USB 规范中定义的标准请求。此外,通信接口类有一些特定的类请求和通知。这些是用于设备和呼叫管理的。

1. 管理元素请求

通信接口类支持以下特定于类的请求。本节描述特定于通信接口类的请求。这些请求通

过管理元素发送,并且可以应用于由通信类接口代码定义的不同设备视图。本书仅讲述抽象模型涉及的主机请求,如表 15. 104、15. 105 所示。

表 15. 104 类特定请求

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	SEND_ENCAPSULATED_COMMAND	Zero	Interface	Amount of data, in bytes, associated with this recipient.	Control protocol-based command
10100001B	GET_ENCAPSULATED_RESPONSE	Zero	Interface	Amount of data, in bytes, associated with this recipient.	Protocol-dependent data response
00100001B	SET_COMM_FEATURE	Feature Selector	Interface	Length of State Data	State
10100001B	GET_COMM_FEATURE	Feature Selector	Interface	Length of Status Data	Status
00100001B	CLEAR_COMM_FEATURE	Feature Selector	Interface	Zero	None
00100001B	SET_LINE_CODING	Zero	Interface	Size of properties	Line Coding Structure
10100001B	GET_LINE_CODING	Zero	Interface	Size of Structure	Line Coding Structure
00100001B	SET_CONTROL_LINE_STATE	Control Signal Bitmap	Interface	Zero	None
00100001B	SEND_BREAK	Duration of Break	Interface	Zero	None

表 15. 105 类特定请求代码

请求	值
SET_COMM_FEATURE	02h
GET_COMM_FEATURE	03h
CLEAR_COMM_FEATURE	04h
RESERVED(future use)	05h-0Fh
SET_AUX_LINE_STATE	10h
SET_HOOK_STATE	11h
PULSE_SETUP	12h
SEND_PULSE	13h
SET_PULSE_TIME	14h
RING_AUX_JACK	15h
RESERVED(future use)	16h-1Fh

请求	值
SET_LINE_CODING	20h
GET_LINE_CODING	21h
SET_CONTROL_LINE_STATE	22h
SEND_BREAK	23h
RESERVED(future use)	24h-2Fh
SET_RINGER_PARMS	30h
GET_RINGER_PARMS	31h
SET_OPERATION_PARMS	32h
GET_OPERATION_PARMS	33h
SET_LINE_PARMS	34h
GET_LINE_PARMS	35h
DIAL_DIGITS	36h
SET_UNIT_PARAMETER	37h
GET_UNIT_PARAMETER	38h
CLEAR_UNIT_PARAMETER	39h
GET_PROFILE	3Ah
RESERVED(future use)	3Bh-3Fh
SET_ETHERNET_MULTICAST_FILTERS	40h
SET_ETHERNET_POWER_MANAGEMENT_PATTERN_FILTER	41h
GET_ETHERNET_POWER_MANAGEMENT_PATTERN_FILTER	42h
SET_ETHERNET_PACKET_FILTER	43h
GET_ETHERNET_STATISTIC	44h
RESERVED(future use)	45h-4Fh
SET_COMM_FEATURE	02h
GET_COMM_FEATURE	03h
SET_ATM_DATA_FORMAT	50h
GET_ATM_DEVICE_STATISTICS	51h
SET_ATM_DEFAULT_VC	52h
GET_ATM_VC_STATISTICS	53h
RESERVED(future use)	54h-FFh

1) 发送封装命令 SendEncapsulatedCommand

该请求用于以通信类接口支持的控制协议的格式发出命令,如表 15.106 所示。

表 15.106 SendEncapsulatedCommand 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	SEND_ENCAPSULATED_COMMAND	0	接口号	与该接收者相关的数量,以字节为单位	基于控制协议的命令

2) 获取封装响应 GetEncapsulatedresponse

该请求用于请求以通信类接口支持的控制协议格式的响应,如表 15.107 所示。

表 15.107 GetEncapsulatedresponse 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	GET_ENCAPSULATED_RESPONSE	0	接口号	与该接收者相关的数量,以字节为单位	与协议有关的数据

3) 设置通讯功能 SetCommFeature

此请求控制特定目标的特定通信功能的设置,如表 15.108 所示。

表 15.108 SetCommFeature 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	SET_COMM_FEATURE	特征选择器	接口号	状态数据的长度	状态

有关每个目标的已定义功能选择器列表的更多信息,请参阅第 65.1.4 节,“GetCommFeature”。

4) 获取通讯功能 GetCommFeature

此请求返回所选通信功能的当前设置,见表 15.109、15.110。

表 15.109 GetCommFeature 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	GET_COMM_FEATURE	特征选择器	接口号	状态数据的长度	状态

表 15.110 通信功能选择器代码

特征选择器	码值	目标	数据长度	描述
保留	00H	无	无	留作将来使用
ABSTRACT_STATE	01H	接口号	2 个	描述此抽象模型通信设备的多路复用状态和空闲状态的两个字节数据。该选择器仅对抽象控制模型有效
COUNTRY_SETTING	02H	接口号	2 个	ISO 3166 中定义的十六进制格式的国家代码,国家选择功能描述符的偏移量 3 中指定的发布日期。此选择器仅对提供国家选择功能描述符的设备有效,提供的值应在国家选择功能描述符中显示为受支持的国家

对于 ABSTRACT_STATE 选择器,见表 15.111,定义了以下两个字节的的数据。

表 15.111 为 ABSTRACT_STATE 选择器返回的特征状态

位位置	描述
D15..D2	保留(重置为零)
D1	数据复用状态 1:在数据类上启用呼叫管理命令的多路复用。 0:禁用复用
D0	空闲设置 1:该接口中的所有端点均不接受来自主机的数据或向主机提供数据。这允许主机呼叫管理软件将呼叫管理元素与其他媒体流接口和端点同步,特别是那些与不同主机实体关联的接口和端点(例如配置为 USB 音频类的语音流设备)。 0:此接口中的端点将继续接受/提供数据

5) 清除通讯功能 ClearCommFeature

此请求控制特定目标的特定通信功能的设置,将所选功能设置为其默认状态。特征选择器的有效性取决于请求的目标类型,如表 15.112 所示。

表 15.112 ClearCommFeature 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	CLEAR_COMM_FEATURE_	特征选择器	接口号	0	无

有关每个目标的已定义功能选择器列表的更多信息,请参阅第 6.2.4 节,“GetCommFeature”。

6) 设置线路编码 SetLineCoding

此请求允许主机指定典型的异步行字符格式属性,某些应用程序可能需要这些属性,如表 15.113 所示。此请求适用于异步字节流数据类接口和端点;它还适用于从主机到设备以及从设备到主机的数据传输。

表 15.113 SetLineCoding 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	SET_LINE_CODING	0	接口号	结构体大小	线路编码结构体

有关有效属性的定义,请参阅“GetLineCoding”。

7) 获取线路编码 GetLineCoding

该请求允许主机找出当前配置的线路编码,如表 15.114 所示。

表 15.114 GetLineCoding 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	GET_LINE_CODING	0	接口号	结构尺寸	线路编码结构

表 15.115 定义了线路编码结构体属性:

表 15.115 线路编码结构体

偏移	字段	大小	值	描述
0	dwDTERate	4	数字	数据终端速率,以比特每秒为单位。
4	bCharFormat	1	数字	停止位 0-1 个停止位 1-1.5 停止位 2-2 个停止位
5	bParityType	1	数字	校验类型 0-None 1-Odd 2-Even 3-Mark 4-Space
6	bDataBits	1	数字	数据位(5、6、7、8 或 16)

8) 设置控制线状态 SetControlLineState

此请求生成 RS-232/V.24 样式的控制信号,如表 15.116、15.117 所示。

表 15.116 SetControlLineState 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	SET_CONTROL_LINE_STATE	控制信号位图	接口号	0	无

表 15.116 SetControlLineState 的控制信号位图值

位位置	描述
D15..D2	保留(重置为零)
D1	半双工调制解调器的载波控制。该信号对应于 V.24 信号 105 和 RS-232 实时信号。 0-停用运营商 1-激活载体 在全双工模式下运行时,设备会忽略该位的值
D0	向 DCE 指示 DTE 是否存在。该信号对应于 V.24 信号 108/2 和 RS-232 信号 DTR。 0-不存在 1-存在

9) 发送中断 SendBreak

此请求发送生成 RS-232 样式中断的特殊载波调制,如表 15.117 所示。

表 15.117 SendBreak 内容

bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Data
00100001B	SEND_BREAK	break 持续时间	接口号	0	无

wValue 字段包含中断信号的时间长度(以毫秒为单位)。如果 wValue 包含值 FFFFh,则设备将发送中断,直到收到另一个 wValue 为 0000h 的 SendBreak 请求。

把没有任何替换为无

2. 通知元素通知

本节定义设备用于通知主机接口或端点事件的通信接口类通知,如表 15.118、15.119 所示。

表 15.118 类特定通知

bmRequestType	bNotification	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	NETWORK_CONNECTION	0-断开 1-连接的	界面	零	无
10100001B	RESPONSE_AVAILABLE	零	界面	零	无
10100001B	SERIAL_STATE	零	界面	2 个	UART 状态位图

表 15.119 类特定通知代码

Notification	值
NETWORK_CONNECTION	00h
RESPONSE_AVAILABLE	01h
RESERVED(future use)	02h-07h
AUX_JACK_HOOK_STATE	08h
RING_DETECT	09h
RESERVED(future use)	0Ah-1Fh
SERIAL_STATE	20h
RESERVED(future use)	21h-27h
CALL_STATE_CHANGE	28h
LINE_STATE_CHANGE	29h
CONNECTION_SPEED_CHANGE	2Ah
RESERVED(future use)	2Bh-FFh

1) 网络连接 NetworkConnection

此通知允许设备通知主机网络连接状态,如表 15.120 所示。

表 15.120 NetworkConnection 内容

bmRequestType	bNotification	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	NETWORK_CONNECTION	0-断开 1-连接的	接口号	0	无

2) 响应可用 ResponseAvailable

此通知允许设备通知主机响应可用。可以使用后续的 GetEncapsulatedResponse 请求检索此响应,如表 15.121 所示。

表 15.121 ResponseAvailable 内容

bmRequestType	bNotification	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	响应可用	0	接口号	0	无

3) 串行状态 SerialState

此通知发送 UART 状态的异步通知,如表 15.122 所示。

表 15.122 SerialState 内容

bmRequestType	bNotification	wValue	wIndex	wLength	Data
10100001B	串行状态	0	接口号	2	UART 状态位图

数据字段是一个位图值,包含载波检测、传输载波、中断、振铃信号和设备溢出错误的当前状态。这些信号通常位于 UART 上,用于报告通信状态。如果状态的相应位设置为 1,则该状态被视为已启用。

串行状态就像一个真正的中断状态寄存器一样使用。发送通知后,设备将重置并重新评估不同的信号。对于载波检测或传输载波等一致信号,这意味着在状态发生变化之前不会生成另一个通知。对于不规则信号,如中断、传入振铃信号或超限错误状态,这会将它们的值重置为零,并且在它们的状态发生变化之前不会再次发送通知,如表 15.123 所示。

表 15.123 UART 状态位图值

位	字段	描述
D15..D7		保留(将来使用)
D6	bOverRun	由于设备溢出,接收到的数据已被丢弃
D5	bParity	发生奇偶校验错误
D4	bFraming	发生帧错误
D3	bRingSignal	设备振铃信号检测状态
D2	bBreak	设备中断检测机制的状态
D1	bTxCarrier	传输载体的状态。此信号对应于 V.24 信号 106 和 RS-232 信号 DSR
D0	bRxCarrier	设备接收载波检测机制的状态。此信号对应于 V.24 信号 109 和 RS-232 信号 DCD