

第17课 USB设备驱动

前言

USB的英文全称是Universal Serial Bus，中文叫做通用串行总线。我们都知道总线是用来通信的，因此它是一种通信协议。那么USB设备要和主机通信就必须遵守USB协议，你是什么设备你就得遵守什么协议，比如EEPROM就得遵守IIC协议、PCI设备就得遵守PCI协议。USB协议非常复杂，由于篇幅和水平的限制这里我们不会很深入的讲解USB协议。

下面先引入几个问题。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149



1, USB设备那么多, 它是怎么分类的?

2, 我的USB鼠标插入之后, 系统怎么知道我是
什么设备?

3, USB设备驱动程序的框架

版权所有: 深圳百问网科技有限公司

电话: 0755-86200561 淘宝地址: 100ask.taobao.com

地址: 广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者: jason Q: 125707942 群84174029 28664149



USB设备一般是按照数据传输方式来分类的。USB协议里面一共分4大传输方式：控制传输、中断传输、批量传输、等时传输。

控制传输是每一个USB设备必须支持的，通常用来获取设备描述符、设置设备的状态等等。一个USB设备从插入到最后的拔出这个过程一定会产生控制传输即便这个USB设备不能被这个系统支持。

支持中断传输的典型设备有USB鼠标、USB键盘等等。中断传输不是说我的设备真正发出一个中断，然后主机来读取数据。它其实是一种轮询的方式来完成数据的通信。USB设备会在设备驱动程序中设置一个参数叫做interval，它是endpoint的一个成员。interval是间隔时间的意思，表示我这个设备希望主机多长时间来轮询自己。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

只要这个值确定了之后，我主机就会周期性的来查看有没有数据需要处理。

支持批量传输最典型的设备就是U盘，它进行大数量的数据传输，能够保证数据的准确性，但是时间不是固定的。

USB摄像头就是等时传输设备的典型代表，它同样进行大数量的数据传输，数据的准确性无法保证，但是对传输延迟非常敏感，也就是说对实时性要求比较高。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149



当我的**USB**设备插入之后，就会被**USB**主机控制器第一时间知道，然后主机控制器就会想知道是当前插入的设备是什么设备。这里就引入了一个概念叫做描述符，描述符有很多种，最基本的有**4**种：设备描述符、配置描述符、接口描述符、端点描述符。一个**USB**设备必须同时支持这四大描述符，一般这些描述符都存放在**USB**设备的**EEPROM**里。设备描述符包含了设备遵循的**USB spec**的版本号、设备类、设备子类、制造商、产品编号等等信息。主机会通过控制传输的方式获取这个设备描述符，通过这个设备描述符就能知道当前是什么设备了。

这里再多说几句，配置描述符是什么意思。先说说什么叫配置，拿手机打个比方。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

一个手机可以有多种配置，可以用来摄像，可以当U盘用，这2种情况就是不同的配置。你在相应的菜单中选择那种配置，手机就按那种配置进行工作。不同得到配置用到的接口就不一样，在一种配置(configuration)确定之后还可以有不同的设置(setting)，比如你的来电提醒是震动还是铃声在配置里面已经设定了，但是铃声的大小还是可以设置的，这个叫做设置。那么不同的配置就对应不同的配置描述符，用一句话来说就是一个设备可以有多种配置，配置里可以包含多种接口，一个接口具有多种设置。这里不同的接口就有不同的接口描述符。

USB设备与主机通信，一端位于主机的缓冲区，一端就是设备上的一个端点，这中间还有一个管道。一个接口可以有多个端点，每个端点就对应一个端点描述符。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

当**USB**设备插入之后，通过读取设备描述符、设置设备号等一系列的工作已经确定了该设备使用什么配置、这个配置下有哪些接口、当前使用的接口是什么等等，这些都是由主机控制器通过控制传输来完成的。对于**USB**鼠标来说，主要还是使用中断传输来获取鼠标按键和滚轮产生的数据。那么我们就得告诉内核即将进行的中断传输使用哪个端点、管道是什么、主机缓冲区在哪里等等，最后封装成一个**urb**的形式提交给内核。

那为什么**USB**设备驱动怎么又跟输入子系统扯上关系了呢？我们知道主机控制器能够收到**USB**设备传输的数据，但是对于主机控制器来说它并不知道**USB**设备传过来的数据代表什么涵义。它只知道定期的去查询有没有设备端的数据需要自己去获取，如果有那么就把数据放到它自己的缓冲区里面去。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

也就是说，你的鼠标要想正常工作，你还得在设备驱动程序中告诉内核，这次我按下的是哪个键、我的滚轮是往上滚还是往下滚...这就需要引入输入子系统了。当然，在引入输入子系统之前，我们自己得知道缓冲区里的数据代表什么含义，用最古老、最简单的办法--打印。

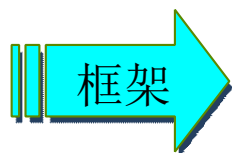
明白了上面这两段话你应该知道**USB**设备驱动的框架就是在输入子系统框架中加入中断传输即可。这里说的加入中断传输也就是韦老师说的硬件相关的操作。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149



- 1 分配/设置usb_driver，注册；
- 2 在probe函数中完成输入子系统并加入中断传输。

版权所有：深圳百问网科技有限公司
电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com
地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B
作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

1

具体的设置请参考代码，这里只讲一下id_table中的细节。

static struct usb_device_id usbmouse_as_key_id_table[],这个数组使用了USB_INTERFACE_INFO这个宏填充一个元素。把这个宏展开之后usbmouse_as_key_id_table中的第一个元素就变成了：

```
{  
    . match_flags = USB_DEVICE_ID_MATCH_INT_INFO,  
    . bInterfaceClass = USB_INTERFACE_CLASS_HID,  
    . bInterfaceSubClass = USB_INTERFACE_SUBCLASS_BOOT,  
    . bInterfaceProtocol = USB_INTERFACE_PROTOCOL_MOUSE  
}
```

这个match_flags = USB_DEVICE_ID_MATCH_INT_INFO是什么意思呢？match_flags的值决定了比较标准，就是说在判断我的驱动支不支持你的设备的时候是根据接口的信息来判断的：你的接口是不是属于

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

USB_INTERFACE_CLASS_HID这个类、接口的子类是不是
USB_INTERFACE_SUBCLASS_BOOT、接口的protocol是不是
USB_INTERFACE_PROTOCOL_MOUSE。

只要它的Class、SubClass、Protocol这三项都匹配，那么我的驱动就可以支持你的设备了。在这里就不再解释那3个宏的意思了。

在内核源码include/linux目录下的usb.h文件中第689行开始你还可以看到类似的宏：

```
#define USB_DEVICE_ID_MATCH_DEVICE \  
    (USB_DEVICE_ID_MATCH_VENDOR |  
     USB_DEVICE_ID_MATCH_PRODUCT)
```

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

```
#define USB_DEVICE_ID_MATCH_DEV_RANGE \  
    (USB_DEVICE_ID_MATCH_DEV_LO|  
     USB_DEVICE_ID_MATCH_DEV_HI)  
#define USB_DEVICE_ID_MATCH_DEVICE_AND_VERSION \  
    (USB_DEVICE_ID_MATCH_DEVICE|  
     USB_DEVICE_ID_MATCH_DEV_RANGE)
```

.....

你可以发现有些是通过厂商编号和产品编号来匹配，有些又是通过设备信息来匹配的...

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

2

关于输入子系统的部分算是老生常谈了。

- 1, 分配一个- 2, 设置能产生哪类事件;
- 3, 设置能产生这类事件里面的哪些事件;
- 4, 注册;
- 5, 硬件相关（中断传输）。

这里我只着重讲一下有关中断传输的部分。

首先看到, `interface = intf->cur_altsetting;`
`endpoint = &interface->endpoint[0].desc;`

第一条语句表示获取当前的设置, 我们知道一个接口可以有多个设置, 不同的设置接口信息也会不一样; 第二条语句表示获取端点描述符, 协议规定除端点0之外只能有一个端点, 所以这里是`endpoint[0]`。

接下来就真正开始了中断传输的设置。我们知道USB设备与主机之间传输的数据被封装成了一个urb结构体。那么我们就

版权所有: 深圳百问网科技有限公司

电话: 0755-86200561 淘宝地址: 100ask.taobao.com

地址: 广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者: jason Q: 125707942 群84174029 28664149

得填充这个结构体，在这之前就得为它申请内存。申请内存是通过`usb_alloc_urb(0, GFP_KERNEL)`来实现的。协议规定我们必须告诉内核传输urb的管道、端点的地址、数据传输的长度等等一些信息。

```
pipe = usb_rcvintpipe(dev, endpoint->bEndpointAddress);
```

管道由`usb_rcvintpipe`这个函数创建，创建好的管道其实是一个32位的无符号数，bit7 用来表示方向（这里是1），bit8~14 表示设备地址，bit15~18 表示端点地址，剩下的bit30~31 表示管道类型（这里是0x1）。设备地址其实就是设备号，一条USB总线上最多能挂128个设备，这个设备号是主机控制器给设备分配的。端点地址是硬件厂商规定的，是只读信息。

```
len = endpoint->wMaxPacketSize;
```

数据传输的中的两端有一端是端点，这个端点决定了一次数据传输的大小。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

```
usb_buf = usb_buffer_alloc(dev, len, GFP_ATOMIC,  
&usb_buf_phys);
```

数据传输中另外一端是主机的缓冲区，同时usb_buf_phys中记录了缓冲区地址所映射的DMA地址。

```
usb_fill_int_urb(uk_urb, dev, pipe, usb_buf, len,  
usbmouse_as_key_irq, NULL, endpoint->bInterval);
```

这个函数用来填充urb，使用的参数就是之前获得的pipe、usb_buf、len等等。usbmouse_as_key_irq这个函数放到最后讲。

```
uk_urb->transfer_dma = usb_buf_phys;
```

```
uk_urb->transfer_flags |= URB_NO_TRANSFER_DMA_MAP;
```

最后这个设置这个flags是用来告诉主机控制器不需要再做DMA映射了，因为设备驱动已经做好映射了，映射好的地址就是usb_buf_phys。

```
usb_submit_urb(uk_urb, GFP_KERNEL);
```

提交urb,告诉主机控制器。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

最后来讲一下usbmouse_as_key_irq这个函数。这个函数叫做完成函数，当完成一次数据传输之后由主机控制器调用这个函数。在这个设备驱动程序里面就代表着我的鼠标有按键发生或者有滚轮滑动。

那为什么要有这个函数存在呢？前面我们说过主机控制器虽然收到了数据，但是主机控制器并不知道这个数据代表的涵义，数据的分析和处理是设备驱动来完成的，这里就用到了输入子系统。

如何上报事件这里不再赘述，只分析下面两行代码：

```
pre_val = usb_buf[0];  
usb_submit_urb(uk_urb, GFP_KERNEL);
```

pre_val被赋值是为了跟下一次收到的数据进行比较，old data with new data，这样才能体现出变化。

最后为什么还要提交一次urb呢？probe函数里面不是已经提交过一次了吗？这是因为每完成一次数据传输之后，之前的urb就被释放了，所以每次都得提交。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149

USB子系统实在复杂，牵涉到的协议众多，要想真正理解它的魅力还得回到源码。由于水平实在有限，不敢深入只能浅尝辄止。

版权所有：深圳百问网科技有限公司

电话：0755-86200561 淘宝地址：100ask.taobao.com

地址：广东省深圳市龙岗区布吉中海怡翠山庄13-2-2B

作者：jason Q：125707942 群84174029 28664149