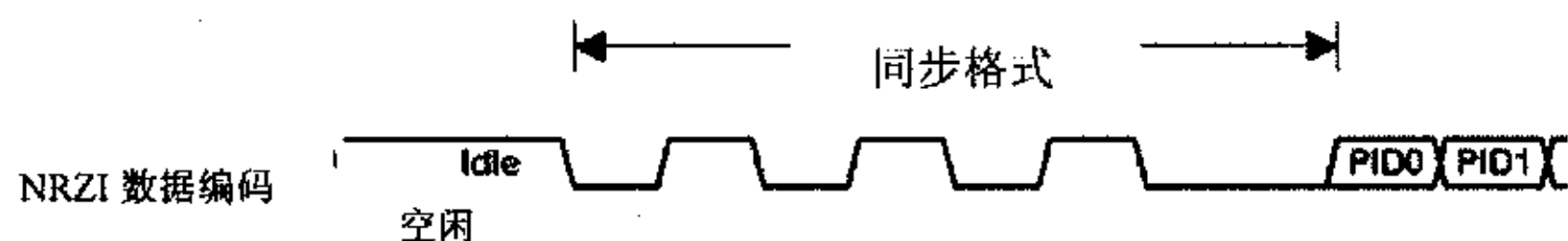


格式端的数据‘1’作为真正数据流的第一位。位插入操作是由传送端强制执行的，是没有例外的。如果严格遵守位插入规则，甚至在 EOP 信号结束前也要插入一位‘0’位。接收端必须能对 NRZI 数据进行解码，识别插入位并去掉它们。如果接收端发现包中任一处有七个连续的“1”，则将会产生一个位插入错误，该数据包将被忽略。



关于位的插入有一个特例，那就是刚好在 EOP 前的时间间隔，EOP 前的最后一个数据位可能被集线器的转换偏移而拉长，这种情况如图 2-10 所示。

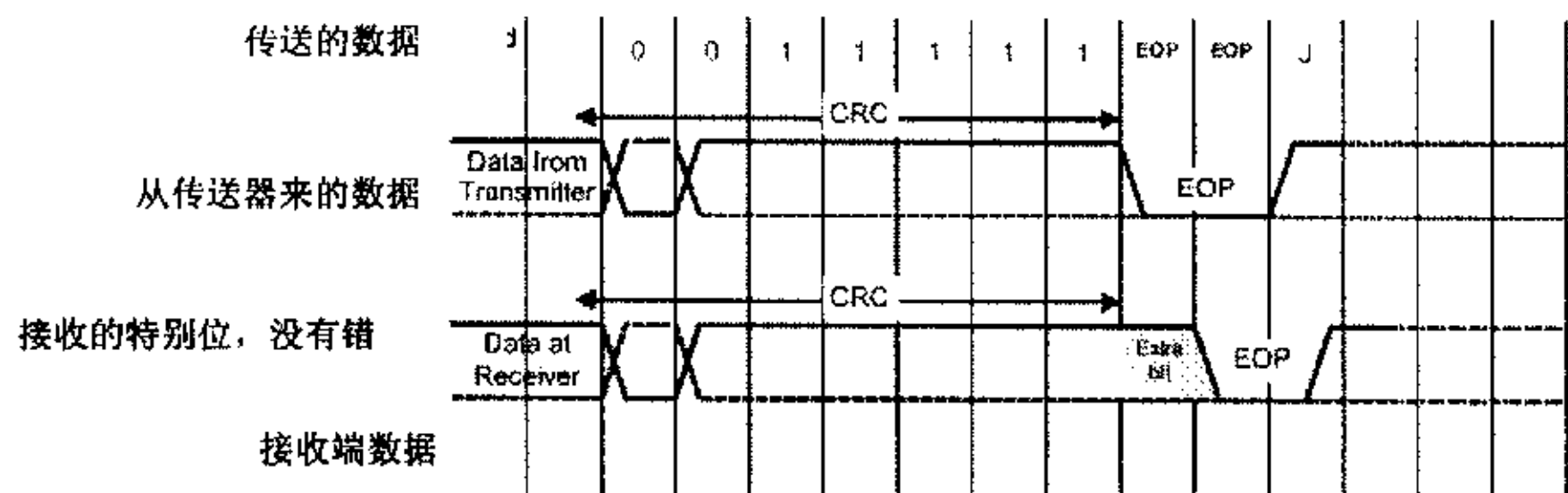


图 2-10 对 EOP 前的特别位的说明

## 2.4 USB 设备与枚举过程

### 2.4.1 USB 设备

USB 设备分为诸如集线器、分配器或文本设备等种类。集线器类指的是一种提供 USB 连接点的设备，USB 设备需要提供自检和属性设置的信息，USB 设备必须在任何时刻执行与所定义的 USB 设备的状态相一致的动态。

当设备被连接、编号后，该设备就拥有一个唯一的 USB 地址。设备就是通过该 USB 地址被操作的，每一个 USB 设备通过一个或多个通道与主机通讯。所有 USB 设备必须在零号端口上有一指定的通道，每个 USB 设备的 USB 控制通道将与之相连。通过此控制通道，所有的 USB 设备都列入一个共同的准入机制，以获得控制操作的信息。

在零号端口上，控制通道中的信息应完整的描述 USB 设备、此类信息主要有以下几类：

- 标准信息：这类信息是对所有 USB 设备的共同性的定义，包括一些如厂商识别、设备种类、电源管理等的项目。设备设置、接口及终端的描述在此给出。关于这些具体的描述信息在第九章给出；

- 类别信息：此类信息给出了不同 USB 的设备类的定义，主要反映其不同点。

- USB 厂商信息：USB 设备的厂商可自由的提供各种有关信息，其格式不受该规范制约。此外，每个 USB 设备均提供 USB 的控制和状态信息。

主要分为两种设备类：集线器和功能部件。只有集线器可以提供更多的 USB 的连接点，功能部件为主机提供了具体的功能。

在即插即用的 USB 的结构体系中，集线器是一种重要设备。图 2-11 所示是一种典型的集线器。从用户的观点出发，集线器极大简化了 USB 的互连复杂性，而且以很低的价格和高易用性提供了设备的健壮性。

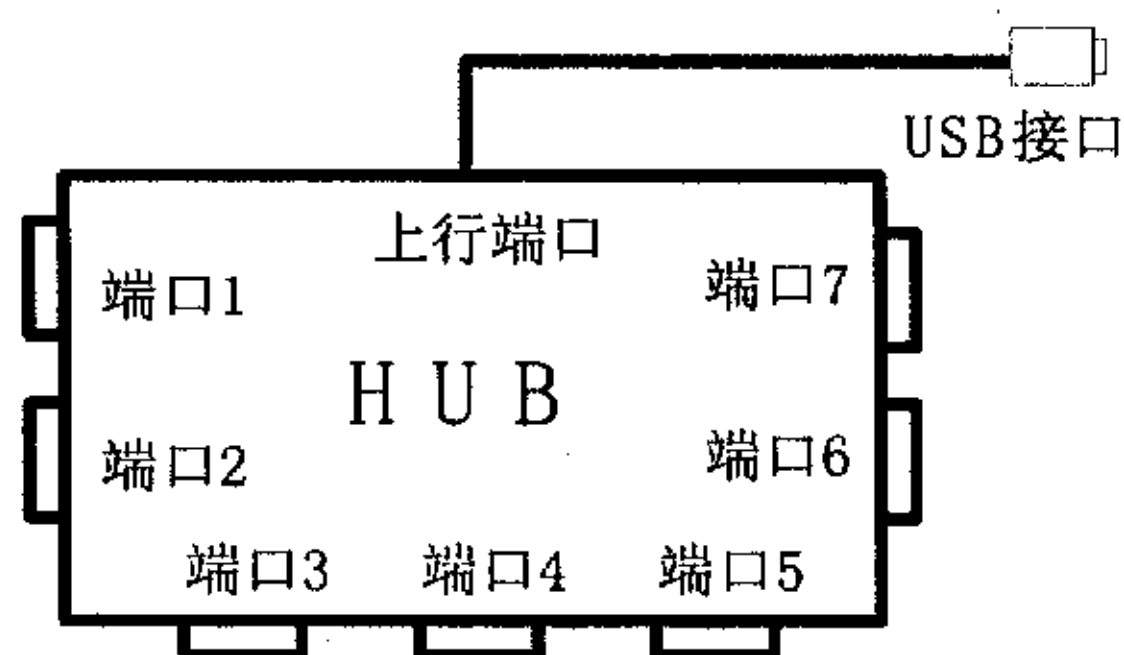


图 2-11 典型的 USB 集线

集线器串接在集中器上，可让不同性质的设备连接在 USB 上，连接点称作端口。每个集线器将一个连接点转化成许多的连接点。并且该体系结构支持多个集线器的连接。

每个集线器的上游端口向主机方向进行连接。每个集线器的下游端口允许连接另外的集线器或功能部件，集线器可检测每个下游端口的设备的安装或拆卸，并可对下游端口的设备分配能源，每个下游端口都具有独立的能力，不论高速或低速设备均可连接。集线器可将低速和高速端口的信号分开。

一个集线器包括两部分：集线控制器（Controller）和集线放大器(Repeater)。

集线放大器是一种在上游端口和下游端口之间的协议控制开关。而且硬件上支持复位、挂起、唤醒的信号。集线控制器提供了接口寄存器用于与主机之间的通信、集线器允许主机对其特定状态和控制命令进行设置，并监视和控制其端口。

功能部件是一种通过总线进行发送接收数据和控制信息的 USB 设备，通过一根电缆连接在集线器的某个端口上，功能设备一般是一种相互无关的外设。然而一个物理单元中可以有多功能部件和一个内置集线器，并利用一根 USB 电缆，这通常被称为复合设备，即一个集线器连向主机，并有一个或多个不可拆卸的 USB 设备连在其上。每个功能设备都包含设置信息，来描述该设备的性能和所需资源。主机要在功能部件使用前对其进行设置。设置信息包括 USB 带宽分配，选择设备的设置信息等。常见的功能设备 包括：定位设备：如鼠标或光笔；输入设备：如键盘；电信适配器：如 ISDN 等

USB 设备状态:

USB 设备有若干可能的状态,其中一些对于 USB 与主机(host)来说是外置的,而另外一些对 USB 设备来说是内置的,这里我们主要描述这些外置状态。外部可见的 USB 设备状态如图 2-12

连接状态:

USB 设备可被连接到 USB 接口上或从接口断开,USB 设备处在断开时的设备状态不包括在本篇说明之中。本说明中仅讨论那些处在连接状态的设备特性与操作。

加电状态(Powered)

USB 设备的电源可来自外部电源,也可从 USB 接口的集线器而来。电源来自外部电源的 USB 设备被称作自给电源式的(self-powered)。尽管自给电源式的 USB 设备可能在连接上 USB 接口以前可能已经带电,但它们直到连线上 USB 接口后才能被看作是加电状态(Powered state)。而这时候 VBUS 已经对设备产生作用了。

一个设备可能有既支持自给电源的,同时也支持总线电源式的配置。有一些支持其中的一种,而另一些设备配置可能只有在自给电源下才能被使用。设备对电源支持的能力是通过配置描述表(configuration descriptor)来反映的。当前的电源供给形式被作为设备状态的一部分被反映出来。设备可在任何时候改变它们的

供电来源，比如说：从自给式向总线式改变，如果一个配置同时支持两种模式，那此状态的最大电源需求就是指设备在两种模式下从VBUS上获取电能的最大值。设备必须以此最大电源作为参照，而究竟处于何状态是不考虑的。如果有一配置仅支持一种电源模式，那么电源模式的改变会使得设备失去当前配置与地址，返回加电状态。如果一个设备是自给电源式，并且当前配置需要大于100mA电流，那么如果此设备转到了总线电源式，它必须返回地址状态(Address state)。自给电源式集线器使用VBUS来为集线控制器(Hub controller)提供电源，因而可以仍然保持配置状态(Configured state)，尽管自给电源停止提供电源。

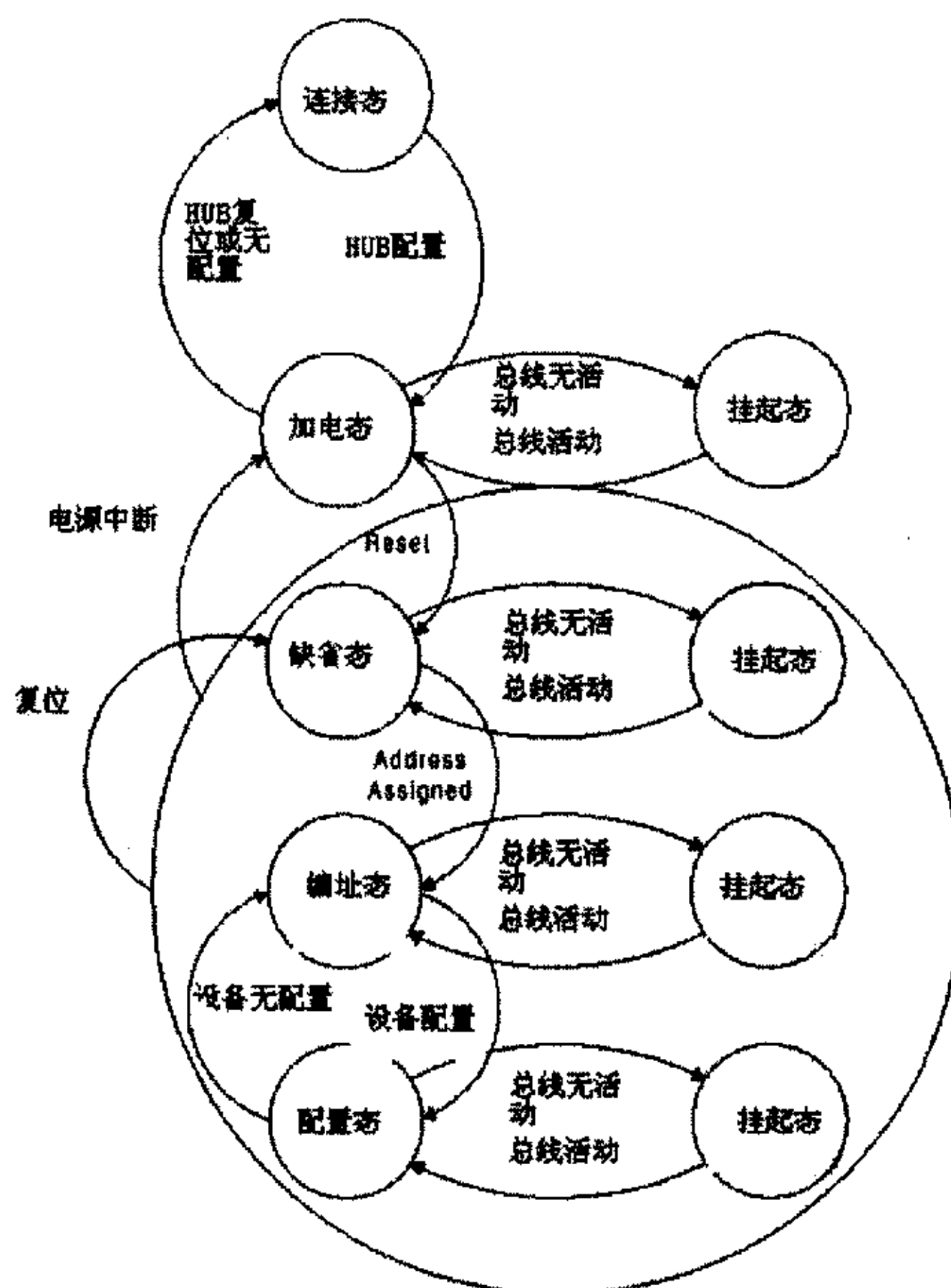


图 2-12USB 设备状态转化图

缺省状态：

设备加电以后，在它从总线接收到复位信号之前不应对总线传输发生响应。

在接收到复位信号之后，设备才在缺省地址处变得可寻址。

#### 地址状态

所有的 USB 设备在加电复位以后都使用缺省地址。每一设备在连接或复位后由主机分配一个唯一的地址。当 USB 设备处于挂起状态时，它保持这个地址不变。

USB 设备只对缺省通道(Pipe)请求发生响应，而不管设备是否已经被分配地址或在使用缺省地址。

#### Configured (配置状态):

在 USB 设备正常工作以前，设备必须被正确配置。从设备的角度来看，配置包括一个将非零值写入设备配置寄存器的操作。配置一个设备或改变一个可变的设备设置会使得与这个相关接口的终端结点的所有的状态与配置值被设成缺省值。这包括将正在使用(data toggle)的结点(end point)的(Data toggle)被设置成 DATA0。

#### 中止状态:

为节省电源，USB 设备在探测不到总线传输时自动进入中止状态。当中止时，USB 设备保持本身的内部状态，包括它的地址及配置。

所有的设备在一段特定的时间内探测不到总线活动时必须进入中止态，这一特定的时间在第 7 章中进行了说明。不管设备是被分配了非缺省的地址或者是被配置了，已经连接的设备必须在任何加电的时刻随时准备中止。总线活动的中止可能是因为主机本身进入了中止状态。另外，USB 设备必须在所连接的集线器端口失效时进入中止态。这就是所指的选择性中止(Selective suspend)。

USB 设备在总线活动来到时结束中止态。USB 设备也可以远程唤醒的电流信号来请求主机退出中止态或选择性中止态。具体设备具有的远程唤醒的能力是可选的，也就是说，如果一个设备有远程唤醒的能力，此设备必须能让主机控制此能力的有效与否。当设备复位时，远程唤醒能力必须被禁止。

### 2.2.3 USB 总线枚举过程

USB 总线枚举是指对 USB 总线上接入的 USB 设备进行识别和寻址操作。由于 USB 支持热插拔和即插即用，所以当有一个 USB 设备接入 USB 或从 USB 上拆除时，主机必须使用总线枚举的过程来识别和管理必要的设备状态变化。并动态