

起状态。

当主机进入低功耗状态时（如 Windows 98 的待机状态），所有与总线的通信都停止了。与之相对应，连接到总线的设备检测到总线活动停止了 3 毫秒时，它们也必须进入挂起状态并且限制从总线中获取电流。主机也可能请求挂起与一个特定设备的通信。当总线活动恢复后，设备必须退出挂起状态。

不支持远程唤醒特征的设备在挂起状态下从总线取出的电流不会超过 500mA。有远程唤醒特征的设备并且该特征被主机使能后，这个极限是 2.5mA。

2.2 USB 物理接口与电气特性

2.2.1 USB 物理接口

USB 规定了两种连接器，分别称为 A 系列和 B 系列，见图 2-2 所示。通常计算机主机板上的连接器都是 A 系列的，B 系列的连接器常见于设备端上。对键盘、鼠标和扩充集线器等 USB 设备，其引出连线上的插头多使用 A 系列连接器与主机实现连接。

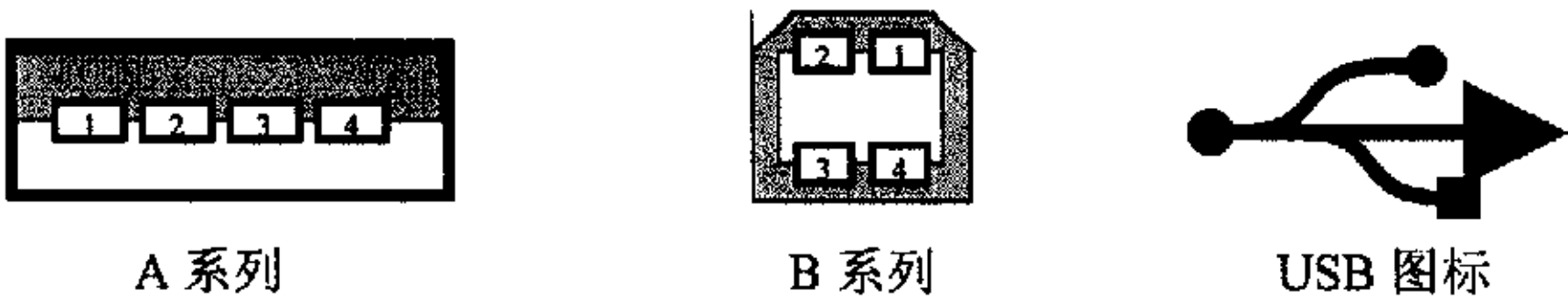


图 2-2 两种常见的 USB 连接器的前视图

USB 连接器有 4 个引脚，各引脚信号的定义和用途见表 2-1。

表 2-1 USB 的引脚配置

引脚号	信号名称
1	+5V
2	信号 负数据
3	信号 正数据
4	地线

2.2.2 USB 电气特性

USB 的电气特性主要是对信号的发送及电压分布情况的描述。USB 通常使用一种差分的输出驱动器来控制数据信号在 USB 电缆上的发送。一个 USB 设备端的连接器是由 D+、D-及 Vbus, GND 和其它数据线构成的简短连续电路,并要求连接器上有电缆屏蔽,以免设备在使用过程中被损坏。

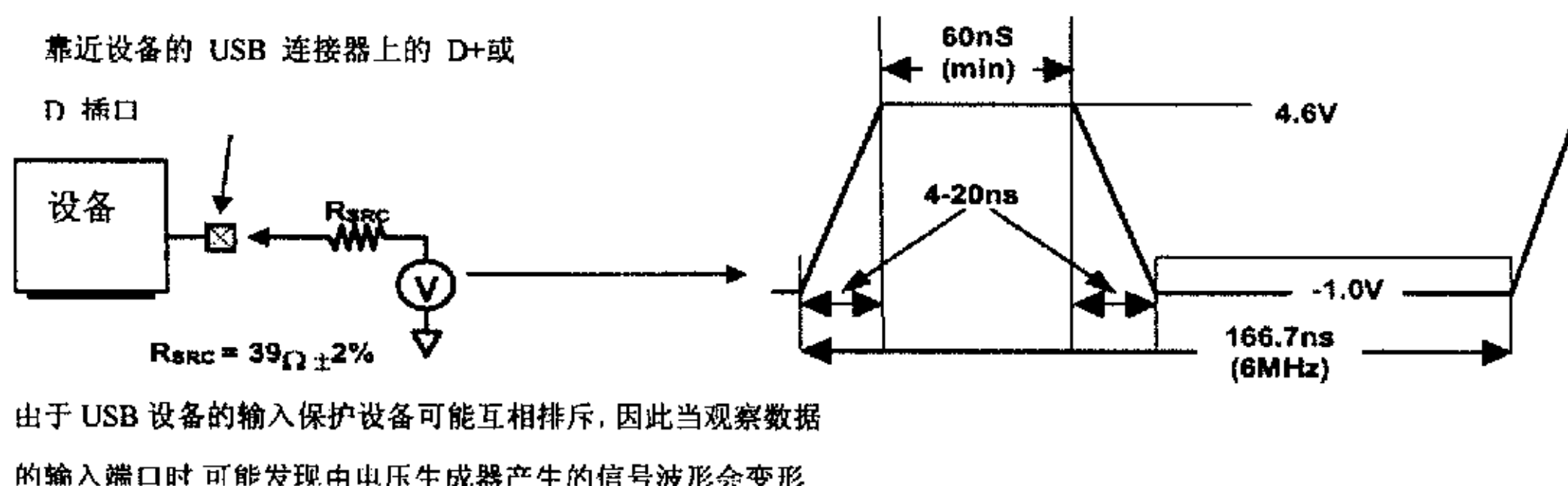


图 2-3 USB 信号发送的最大输出波形

USB 支持三种传输速率: 1.5Mb/s 的低速、12Mb/s 的全速和 480Mb/s 的高速传输。

低速 USB 设备在插口端必须要有一个带有串行 A 口连接器的可控制电缆,其速率为 1.5Mb/s。当电缆与设备相连时,在 D+/D-线上通常要有一个 200~450PF 的单终端电容器,传输时延必须小于 18ns,从而保证信号响应在其上升沿或下降沿的第一个中点处产生。

全速 USB 设备的连接是通过阻抗为 $45\Omega \pm 15\%$, 最大单路时延为 26ns 的屏蔽双绞线电缆进行的,其到达的最大速率为 12Mb/s,并且每个驱动器的阻抗必须在 $28\Omega \sim 44\Omega$ 之间。

对于低速/全速信号传输,驱动器的静态输出端的工作电压 V_{ol} 变动范围为 0~0.3V,且接有一个 $15k\Omega$ 的接地负载;差分输入接收器用来接收 USB 数据信号,当两个差分数据输入处在共同的 0.8~2.5V 的差分模式范围时,如图 2-4 所示,接收器必须具有至少 200mv 的输入灵敏度。

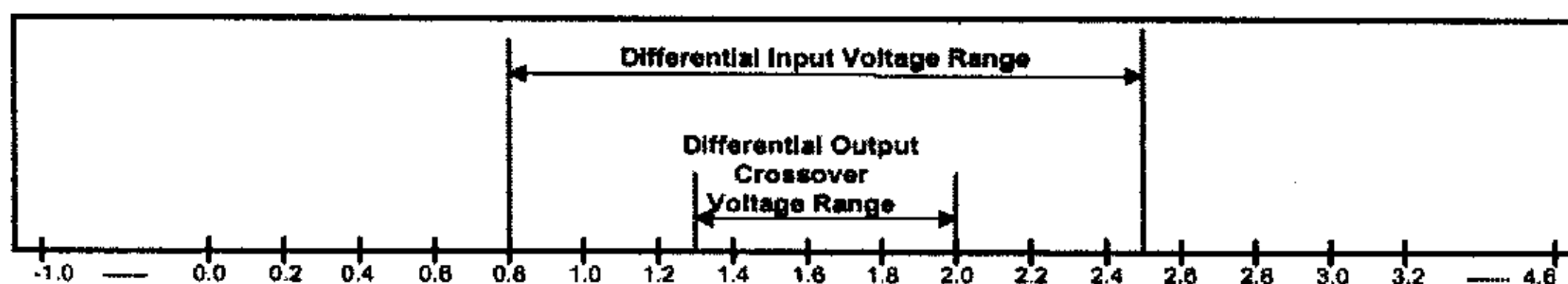


图 2-4 差分输入感抗范围

高速 USB 设备的连接是通过阻抗为 $90\Omega \pm 15\%$ ，最大单路时延为 26ns 的屏蔽双绞线电缆进行的，其到达的最大速率为 480Mb/s，其 D+ 和 D- 线上输出低电位时的电压必须为 $0V \pm 10mV$ ，输出高电位时的电压必须为 $400mV \pm 10\%$ ，输入的电压范围为 $-50mV \sim 500mV$ 。

2.2.3 USB 设备速度的识别

图 2-5 和图 2-6 图分别列出了低速、全速/高速 USB 设备在集线器的终端位置及其所连的功能设备。两者电缆的下形端的电阻 R_{pu} 在图中的连接位置是不同的，全速传输时，D+ 线必须使用上拉电阻 R_{pu} ，而高速传输则不需使用上拉电阻 R_{pu} 。

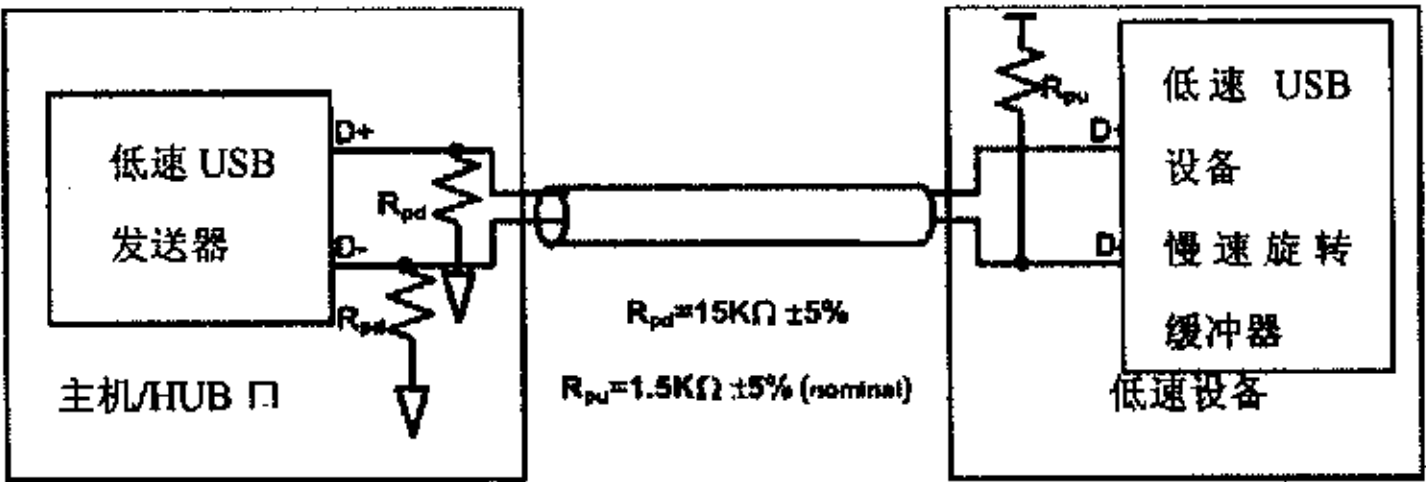


图 2-5 低速设备电缆和电阻连接

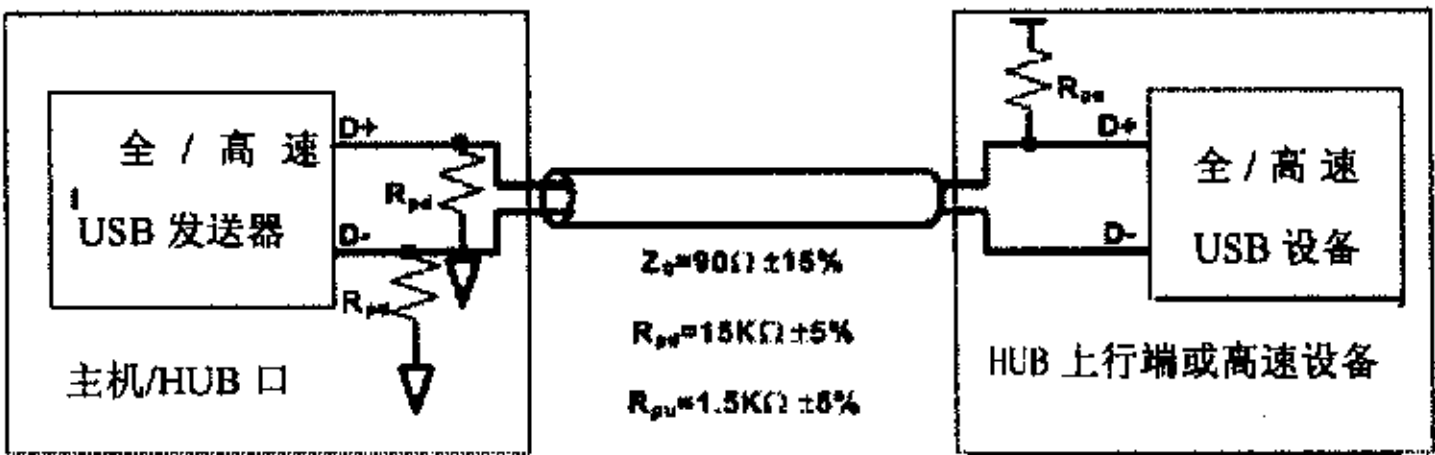


图 2-6 全/高速设备电缆和电阻连接

2.3 USB 总线协议与数据流

2.3.1 USB 总线协议

USB 总线属一种轮讯方式的总线，主机控制端口初始化所有的数据传输。

每一总线执行动作最多传送三个数据包。按照传输前制定好的原则，在每次传送开始时，主机控制器发送一个描述传输运作的种类、方向、USB 设备地址和终端号的 USB 数据包，这个数据包通常称为标志包(token packet)。USB 设备从解码后的数据包的适当位置取出属于自己的数据。数据传输方向不是从主机到设备就是从设备到主机。在传输开始时，由标志包来标志数据的传输方向，然后发