

① 链式查询方式

- I. **优点：** 只用很少几根线就能实现按一定优先级的总线仲裁，链式结构容易扩充设备。
- II. **缺点：** 对查询链的电路故障很敏感，如果第 i 个设备接口中有关链的电路出现故障，则该设备后的设备都不能工作。
- III. 查询链的优先级固定不变的。优先级高的设备出现繁忙的总线请求，则优先级低的设备可能长期得不到总线的

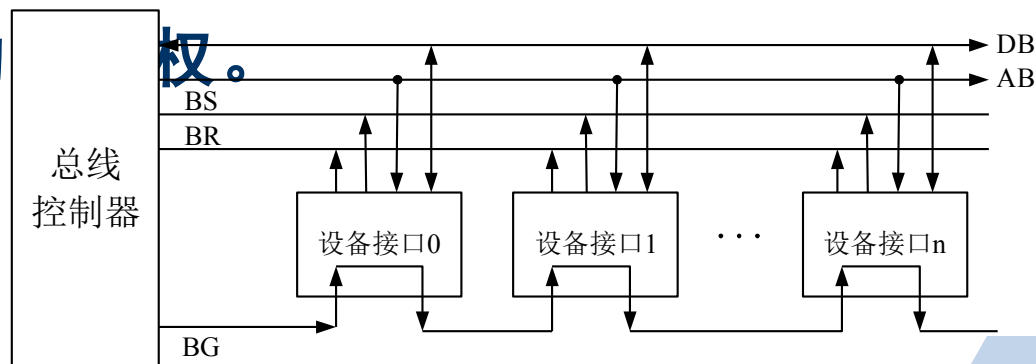


图9-6 集中式仲裁的链式查询方式

② 计数器定时查询方式

- I. 为总线上的每个设备分配一个总线地址，各设备的总线地址按连续值分配，在总线控制器中设置一个计数器，若设备数为 N ，计数器的位数 n 应满足 $2^n \geq N$ 。总线请求信号 BR 和总线忙信号 BS 与链式查询方式同样地与控制器连接。
- II. 优先级设置较灵活，但需增加额外的计数线。

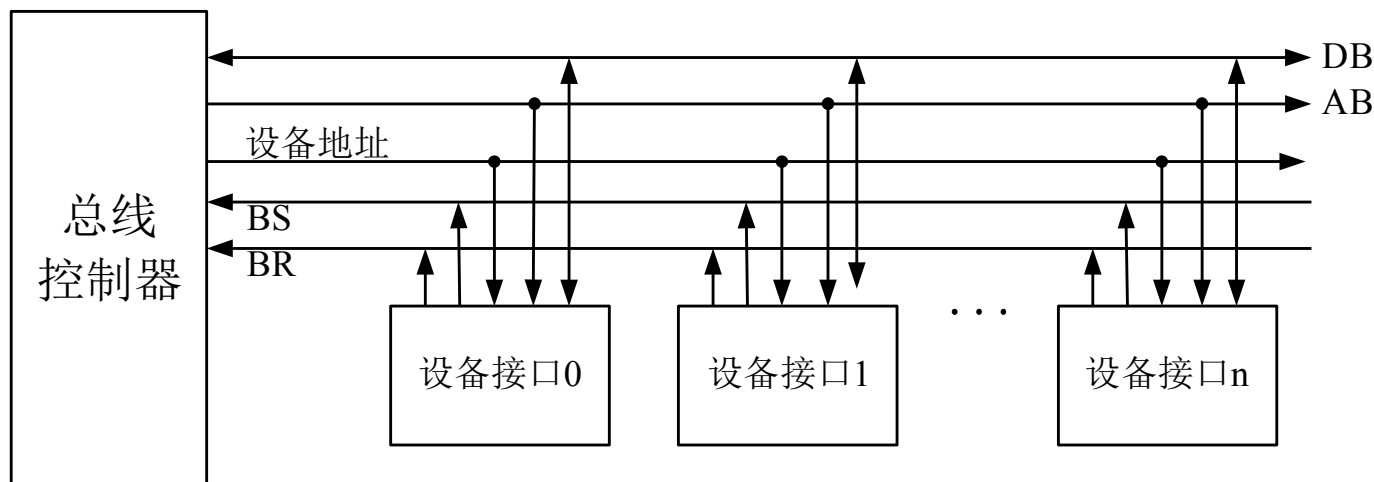


图9—7 集中式仲裁的计数器定时查询方式

③ 独立请求方式

- I. 优点：响应速度快。对优先级的控制非常灵活
 - a) 总线控制器可以根据一定的仲裁算法给各请求线以固定的优先级；
 - b) 可以通过编程设置动态优先级；
 - c) 可以用屏蔽（禁止）某个请求线的办法，不响应无效设备的请求。
- II. 现代总线标准普遍采用独立请求方式。

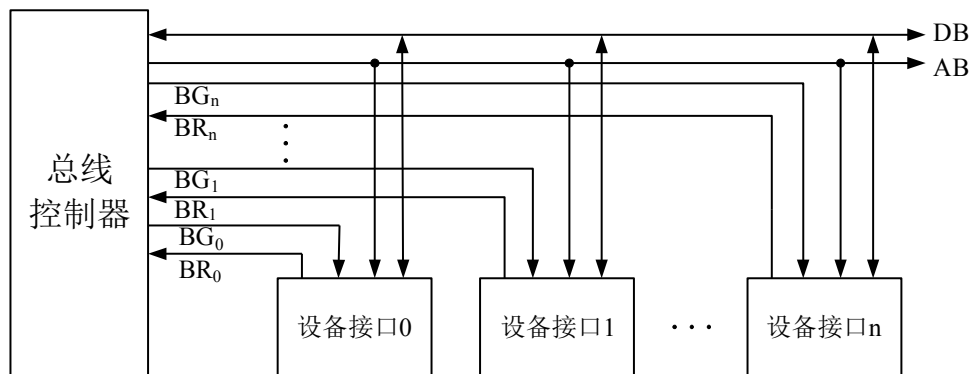


图9-8 集中式仲裁的独立请求方式






2、分布式仲裁

- ❖ 没有独立的总线控制器，总线上每个主设备都有自己的总线仲裁逻辑。每次总线仲裁都由各个设备的总线仲裁逻辑根据一定的仲裁算法来决定自己是否占用总线。
- ❖ 常用的分布式仲裁方式分为：





① 自举分布式仲裁

- I. 每个设备有一根自己的总线请求线，每个需要总线请求的设备在各自的总线请求线上发出请求信号，同时接收其他设备的总线请求信号；
- II. 没有接收到优先级更高的设备的总线请求信号，且此时“总线忙”信号无效，则该设备可以立即使用总线，并发出“总线忙”信号以阻止其他设备使用总线。
- III. 发出总线请求信号时，检测到其他优先级更高的设备也请求使用总线，则该设备放弃本次对总线的请求。
- IV. “总线忙”信号是多个设备共享的一根信号。
- V. 缺点：需要较多连线，个设备不仅要有发出总线请求的总线，还要有接收其他设备请求的总线请求线。




② 冲突检测分布式仲裁方式

- I. 主要用于网络通信总线。
- II. 当某个设备要使用总线时，首先检测是否有其他设备正在使用总线，若无则置总线忙，然后使用总线；
- III. 多个设备同时检测到总线不忙而造成同时使用总线时会产生冲突，按照某种策略在冲突的各方选择一个设备获得总线控制权。不同的系统可以有不同的冲突解决策略，例如，以太网采用的策略是冲突的几个设备都停止传送，经过一段随机延迟时间，再重新向抢占总线，直到抢占总线发送数据成功为止。这也是以太网的不确定性特征，是一种不可预测的仲裁方案。





③ 并行竞争仲裁方式

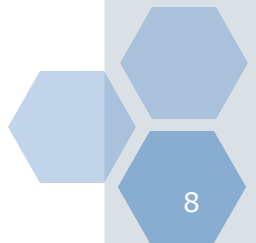
- I. 每个主设备都有自己的仲裁号和控制器。某设备有总线请求时，把它的仲裁号发送到共享的仲裁线上，所有设备的控制器将仲裁线上接收到的号与自己的仲裁号进行比较，如果比自己的仲裁号大，则撤销自己的仲裁号。竞争获胜者的仲裁号被保留在仲裁线上。仲裁号越大，优先级越高。
- II. 比自举分布式仲裁所需的的连接线要少。并行竞争分布式仲裁中， n 根仲裁线表示 2^n 个优先级。
例
 - a) 并行竞争分布式仲裁中，具有 8 根仲裁线共可以表示 256 个优先级 (0 ~ 255)
 - b) 自举分布式仲裁中，请求线是 8 根，只能表示 8 个优先级，对 8 个备进行仲裁



二、总线的定时

1. 总线的一次信息传送过程，分为五个阶段：

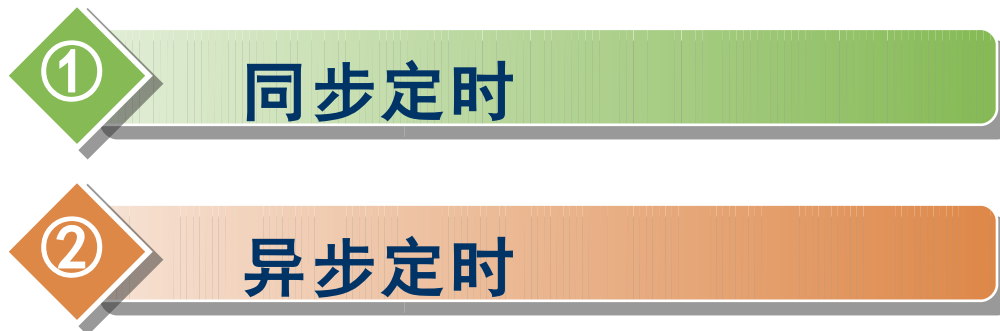
- (1) 请求总线阶段；
- (2) 总线仲裁阶段；
- (3) 寻址阶段；
- (4) 信息传送阶段；
- (5) 结束阶段。





二、总线的定时

2. 为了同步主方、从方的操作，必须制订**定时协议**。定时：是指事件出现在总线上的时序关系。
3. 数据传送过程中采用两种定时方式：





① 同步定时

I. 总线上有一根设备公用的时钟信号线，每个信号出现在总线上的时刻由总线时钟信号来确定。

II. 传输频率较高。

III. 适用于总线长度较短、各功能模块存取时间比较接近的情况。当各功能模块存取时间相差很大时，会大大损失总线效率。

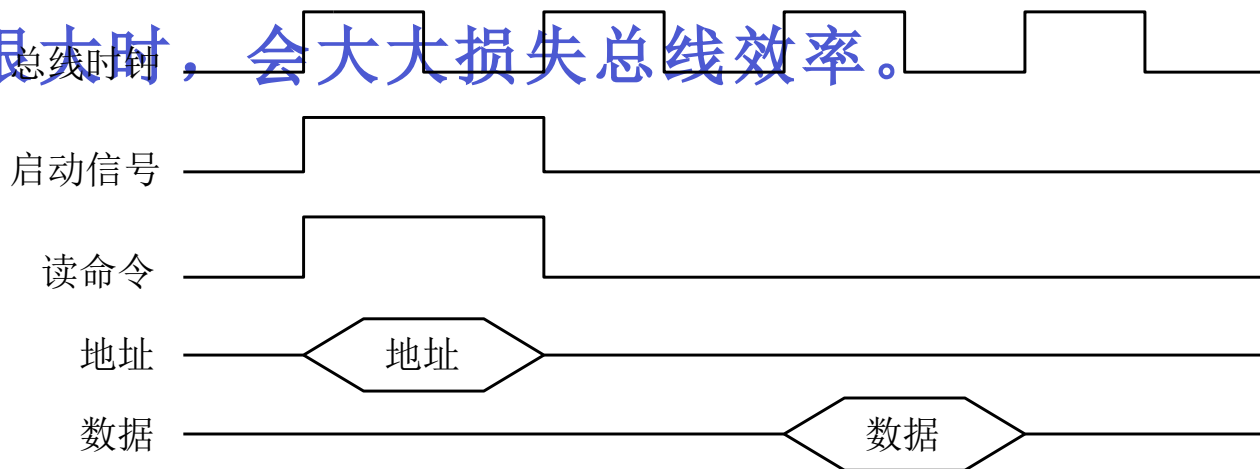


图9-9 同步定时的读数据操作时序





② 异步定时

- I. 建立在应答式或互锁机制基础上。不需要统一的公共时钟信号。总线周期的长度是可变的。
- II. 异步定时的优点是：允许快速和慢速的功能模块都能连接到同一总线上。异步定时传送的可靠性高。
- III. 缺点：增加了总线的复杂性和成本为代价。

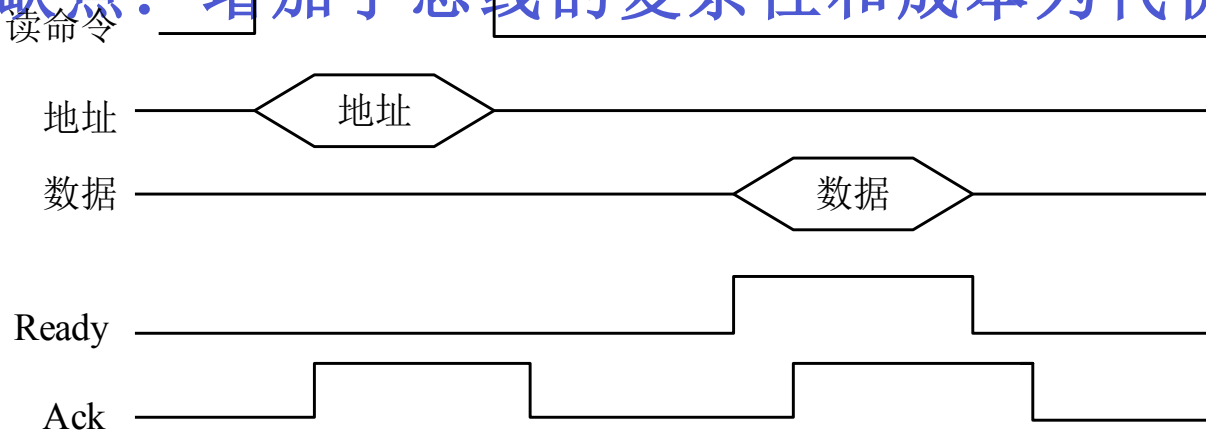


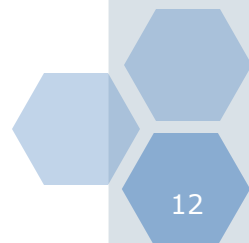
图9-10 异步定时的读数据操作时序





9.5 实用总线标准

- 一 ISA 总线
- 二 EISA 总线
- 三 PCI 总线
- 四 PCI Express 总线
- 五 RS-232C/RS-485 接口总线
- 六 USB 接口总线
- 七 IEEE1394 接口总线





一、ISA 总线

❖ **ISA 总线也叫 AT 总线。286、386 和 486 微机大多采用 ISA 总线。其主要特点如下：**

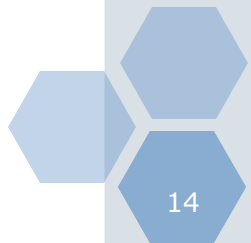
- 主存寻址空间 16MB, I/O 寻址空间 64KB ; 支持 8 位或 16 位数据访问、15 级硬件中断、7 级 DMA 通道。
- 支持 8 种总线事务类型：存储器读、存储器写、I/O 读、I/O 写、中断响应、DMA 响应、存储器刷新、总线仲裁。
- 采用独立时钟，频率 8MHZ，最大数据传输率 16Mb/s；信号线 98 根
- 是一种简单的多主控总线。除了 CPU 外，DMA 控制器、DRAM 刷新控制器和带处理器的





二、EISA 总线

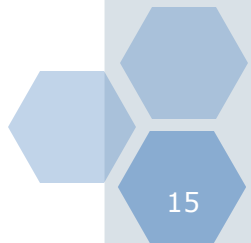
- ❖ 在 ISA 总线基础上扩充的开放总线标准。
- ❖ 从 CPU 中分离出总线控制权，支持多总线主控突发传送方式。时钟频率 8.33MHz。它在原 ISA 总线 98 根线的基础上扩充了 100 根线，并且与原 ISA 总线完全兼容。具有分立的数据线和地址线，数据线宽度为 32 位，可实现 8 位、16 位和 32 位的数据传输，最大数据传输率为 33Mb/s。地址线为 32 位，因此寻址空间达到 4GB。





三、PCI 总线

- ❖ PCI（Peripheral Component Interconnect，外部设备互连）总线是一种由 Intel 公司提出的局部总线标准，用来连接高速外设接口，如硬盘控制器、高速网卡和图形显示卡等。
- ❖ PCI 设备可以是主设备，也可以是从设备。挂接在 PCI 总线上的设备能与 CPU 并发工作。PCI 桥使得 PCI 总线独立于 CPU，并且提供了数据缓冲功能。





三、PCI 总线

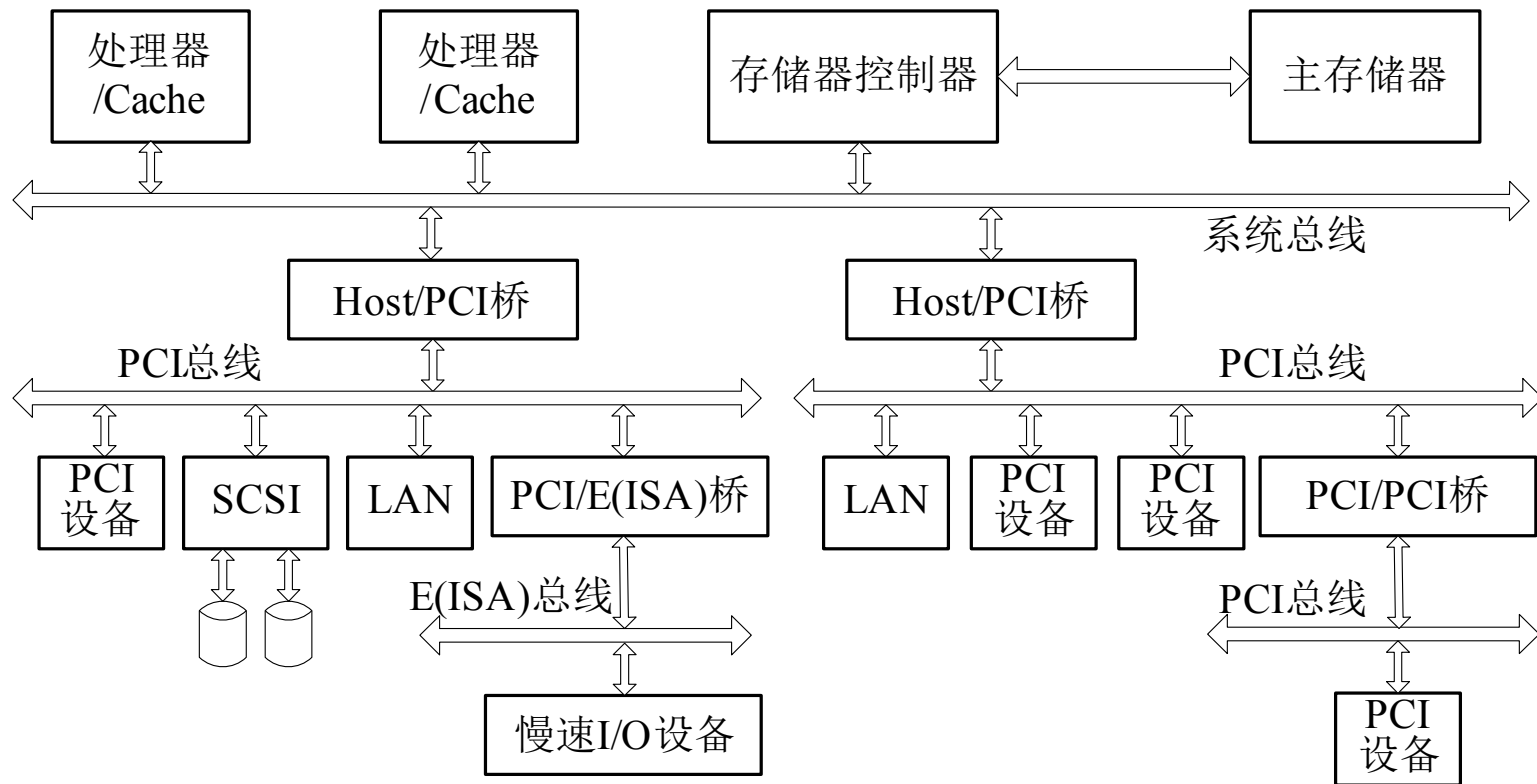


图9—11 多处理器的PCI总线结构

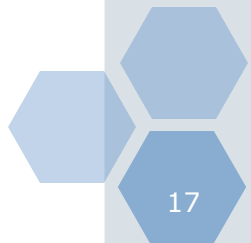


三、PCI 总线

1. PCI 总线的主要性能：

- 总线频率 33.33/66.66MHz，与 CPU 时钟频率无关
- 数据线宽度 32/64 位，数据最大传输率 132 ~ 533Mb/s；地址线宽度 32/64 位
- 采用同步传送方式和集中式仲裁策略，具有自动配置能力
- 地址线 and 数据线分时复用，支持无限猝发式数据传输。在该模式下，PCI 能在极短的时间内发送大量的数据。

2. PCI 总线支持即插即用技术





PCI 总线的信号线图

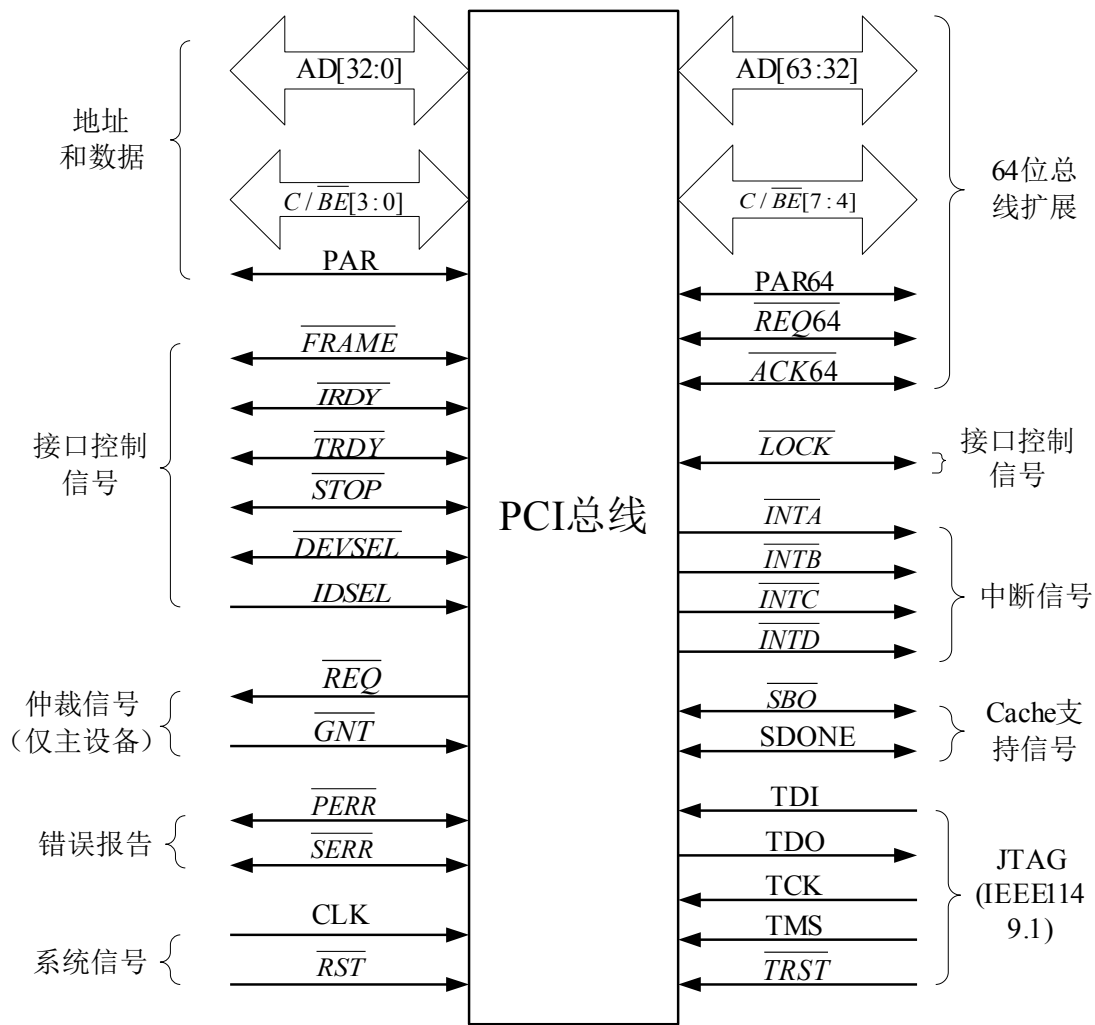


图9-12 PCI总线的信号线

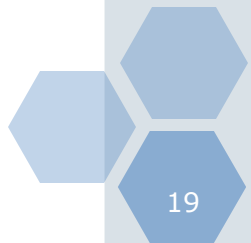




四、PCI Express 总线

- ❖ PCI Express 和 PCI 不同的是实现了传输方式从并行到串行的转变。PCI Express 是采用点对点的串行连接方式，这个和以前的并行通道大为不同，它允许和每个设备建立独立的数据传输通道。不用再向整个系统请求带宽，这样也就轻松地到达了高带宽要求。

- 1 PCI Express 总线的结构
- 2 PCI Express 总线的主要特点





1、PCI Express 总线的结构

PCI Express 系统中的主要组件包括：

- ① 根复合体（Root Complex）：将 CPU 和主存连到 PCI Express 线路结构（Fabric）的设备。
 - I. 内部有一条虚拟 PCI 总线，总线号总为 0，下挂一个或多个 PCI Express 端口，每个端口连出一条 PCI Express 链路，下挂一个端点设备或一个交换开关。
 - II. 能代表 CPU 启动 PCI Express 事务和访问主存；
 - III. 能接收来自 PCI Express 设备的访存请求；



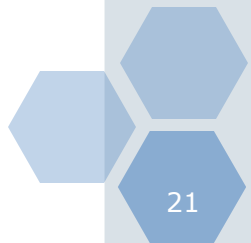
1、PCI Express 总线的结构

① 根复合体 (Root Complex)

- IV. 可以将事务从一个端口路由到另一个端口。
- V. 内部提供中央资源：热插拔控制器、电源管理控制器、中断控制器、错误检测和报告逻辑等。

② 交换开关 (Switch) 是一个具有 $2 \sim n$ 个端口的设备

- I. 每个端口连一条 PCI Express 链路，在系统中用于多设备的互连。
- II. 可以将事务从任一个端口路由到另一个端口。

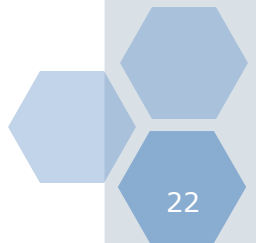




1、PCI Express 总线的结构

③ 端点（Endpoint）

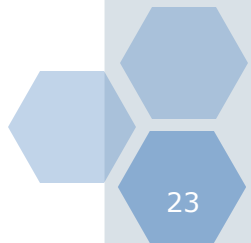
- I. 是具体的设备，如以太网、USB 或图形设备，是 PCI Express 事务的请求者（启动事务）或完成者（响应事务）。
- II. 使用 PCI 类型 00 配置头标，每个端点初始化时设置一个设备 ID，由总线号、设备号和功能号组成。
- III. 作为挂连在一条链路上的唯一设备，设备号总是 0。





1、PCI Express 总线的结构

- ④ 端口（Port）是 PCI Express 设备与链路之间的接口，由差分发送器和接收器组成。
- I. 指向根复合体方向的端口为上游端口；离开复合体方向的端口为下游端口。
 - II. 端点上只有上游端口，根复合体上只有下游端口，而交换开关既有上游端口，也有下游端口。
 - III. 一个端口中接收包的是入端口，发送包的是出端口。
- ⑤ PCI Express 到 PCI/PCI-X 的桥是将 PCI/PCI-X 总线和设备兼容到 PCI Express 系统的一个连接桥，PCI/PCI-X 总线与系统





PCI Express 总线结构图

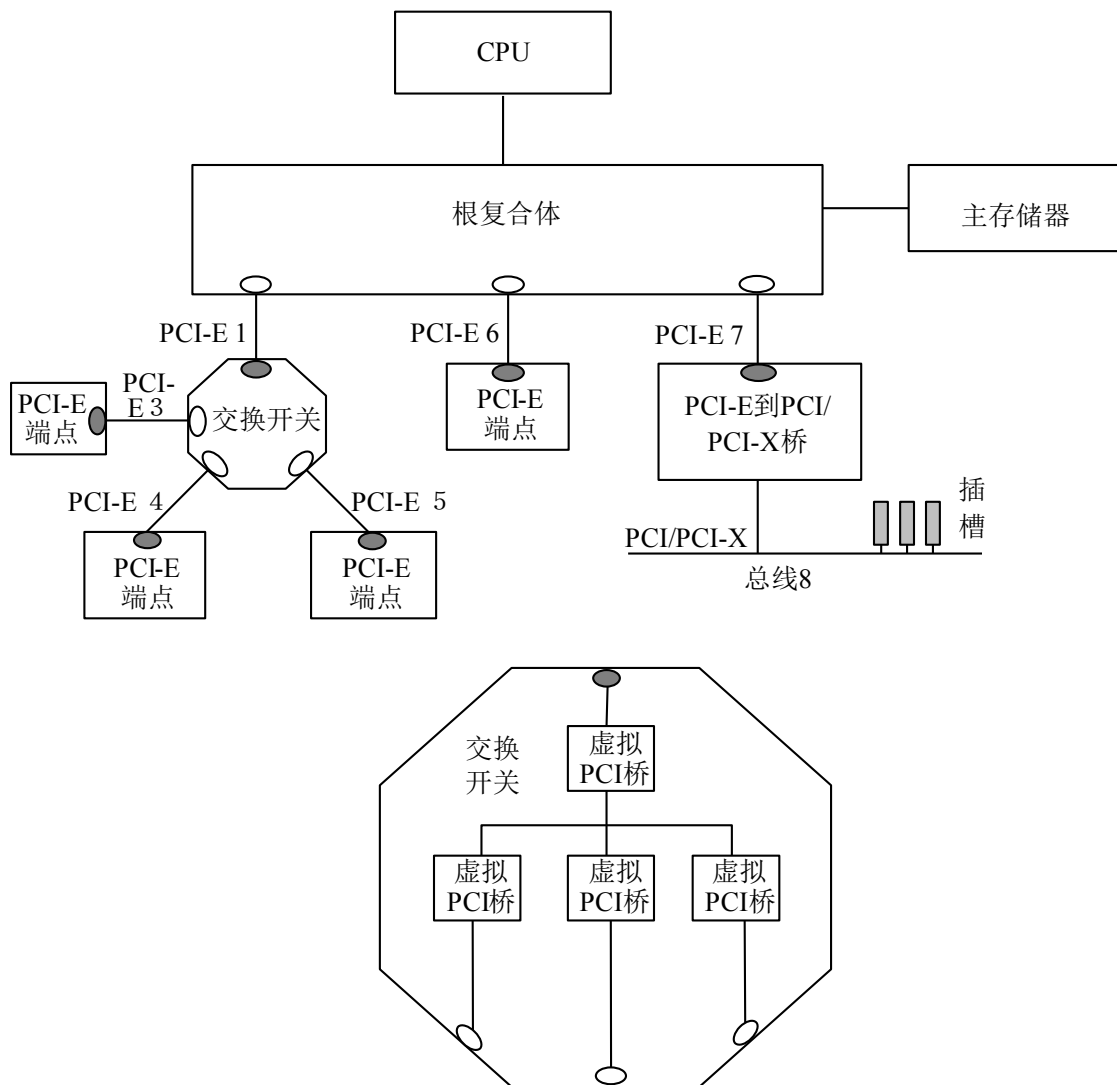


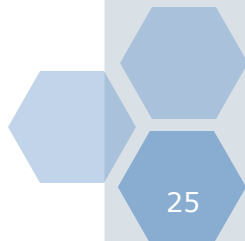
图9-13 PCI Express 总线结构





2、PCI Express 总线的主要特

- ① 串行的点对点互连
- ② 差分信号传送
- ③ 采用交换开关互连多台设备
- ④ PCI Express 事务与包。事务分成两类：
 - I. **非转发事务**，即请求者发送请求包给完成者，完成者返回完成包给请求者，如存储器读；
 - II. **转发事务**，即只有请求者给完成者发送请求包，而完成者不用返回完成包给请求者，如存储器写。
- ⑤ 具有更高的数据传输率





2、PCI Express 总线的主要特

⑥ PCI Express 设备采用层次结构

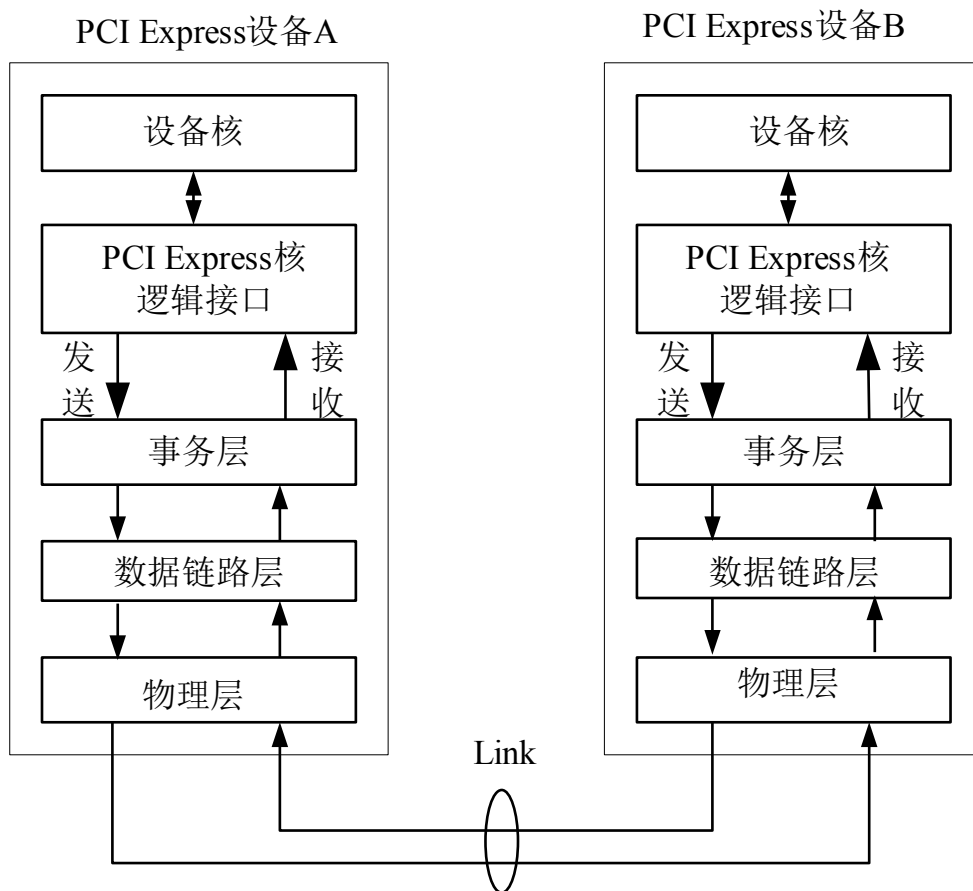


图9-14 PCI Express 设备的分层结构



2、PCI Express 总线的主要特

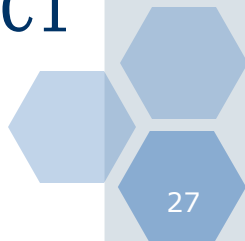
⑦ 错误处理

⑧ 具有优先级的传送

⑨ 两种中断方式

- I. 一种是类似 PCI-X 的 MSI 协议，PCI Express 设备启动一个写存储器包，向根复合体发送一个中断向量，根复合体再中断 CPU。
- II. 另一种使用中断消息事务向根复合体传送传统 PCI 总线上的 INT_x # 信号的跳变情况，这种中断方式只对具有传统功能的端点设备和 PCI Express-PCI 桥的系统有用。

⑩ 支持热插拔



五、RS-232C/RS-485 接口总线

1. RS — 232C 通常应用于**数据终端设备**（计算机）和**数据通信设备**之间的连接。
2. 在两台计算机之间直接用 RS-232-C 连接进行串行通信，其**最长距离约为 15 米**（在满足最高速度误码率 $<10^9$ 前提下，在低速和误码率要求低的情况下，传送距离可达 300 米）。

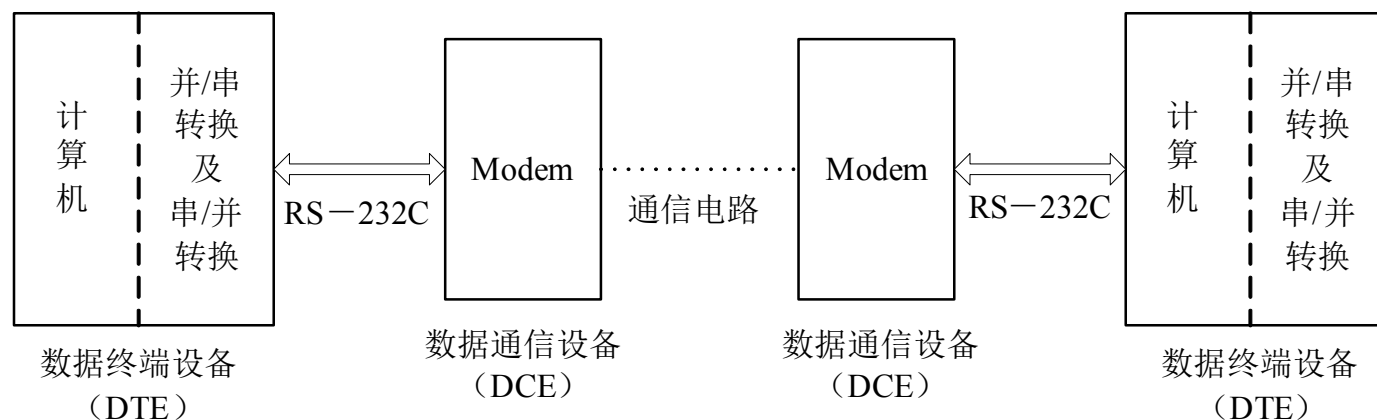
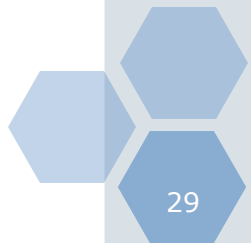


图9-13 串行总线通信系统



五、RS-232C/RS-485 接口总线

3. RS-232-C 接口连接器一般使用型号为 **DB-9** 插头座，通常插头在 DCE 端，插座在 DTE 端。PC 机的 RS-232 口为 9 芯针插座。一些设备与 PC 机连接的 RS-232 接口，因为不使对方的传送控制信号，只需要三条接口线，即“**发送数据 TXD**”、“**接收数据 RXD**”和“**信号地 GND**”。RS-232 传输线采用**屏蔽双绞线**。
4. 在 RS-232-C 中信号线的电压均为**负逻辑**。
5. RS-232-C 总线传输速率较低，在异步传输时，波特率为 20Kbps。远距离串行通信必须使用 Modem。

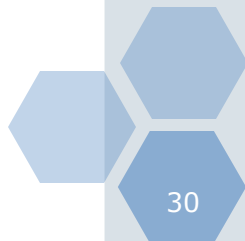




五、RS-232C/RS-485 接口总线

6. 通信距离在几十米到上千米时，采用 RS-485 串行总线标准

- ① RS — 485 总线收发器具有较高的灵敏度，能检测最低 200mV 的电压，使超过千米的传输信号得到恢复。
- ② RS — 485 采用半双工通信，任何时候只能有一点处于发送状态，发送电路必须由允许信号来控制。
- ③ RS-485 标准符合真正多点通信网络要求。该标准规定在一条单总线（2 线）上支持 32 个驱动器和 32 个接收器

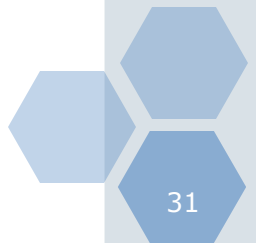




五、RS-232C/RS-485 接口总线

6. 通信距离在几十米到上千米时，采用 RS-485 串行总线标准

- ④ 有些 RS-485 收发器修改输入阻抗以便允许多达 8 倍以上的节点数连接到相同总线
- ⑤ RS-485 常见的应用是在工业环境下可编程逻辑控制器之间、现场控制器之间的通信连接，许多智能仪器设备配有 RS-485 总线接口，将它们联网也十分方便。

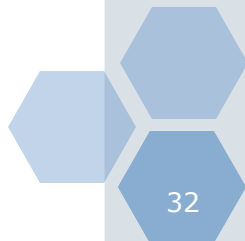




六、USB 接口总线

1. USB 接口的主要特点有：

- 即插即用
- 支持“热”插拔
- 是一种通用万能插口
- 扩展灵活
- USB 总线标准由 1.1 版升级到 2.0 版后，传输率由 12Mbps 增加到了 240Mbps，更换介质后连接距离由原来的 5 米增加到近百米。可以支持宽带数字摄像设备及新型扫描仪、打印机及存储设备。
- USB 总线结构简单：信号定义仅由 2 条电源线和 2 条信号线组成，编码方式为 NRZ-I 编码。

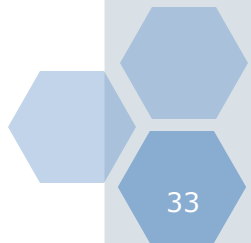




六、USB 接口总线

2. USB 采用四线电缆

- 其中两根是传送数据的串行通道，另两根为所接设备提供电源
- 对于高速且需要高带宽的外设，USB 以全速 12Mbps 的传输数据；对于低速外设，USB 则以 1.5Mbps 的传输速率来传输数据
- USB 总线会根据外设情况在两种传输模式中自动地动态转换。

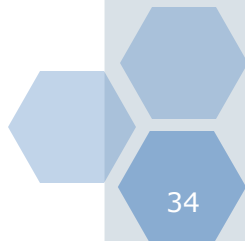




六、USB 接口总线

3. USB 是基于令牌的总线

- USB 主控制器广播令牌，总线上设备检测令牌中的地址是否与自身相符，通过接收或发送数据给主机来响应
- USB 通过支持悬挂 / 恢复操作来管理 USB 总线电源
- USB 系统采用级联星型拓扑，该拓扑由三个基本部分组成：
 - ①主机（Host）
 - ②集线器（Hub）
 - ③功能设备





六、USB 接口总线

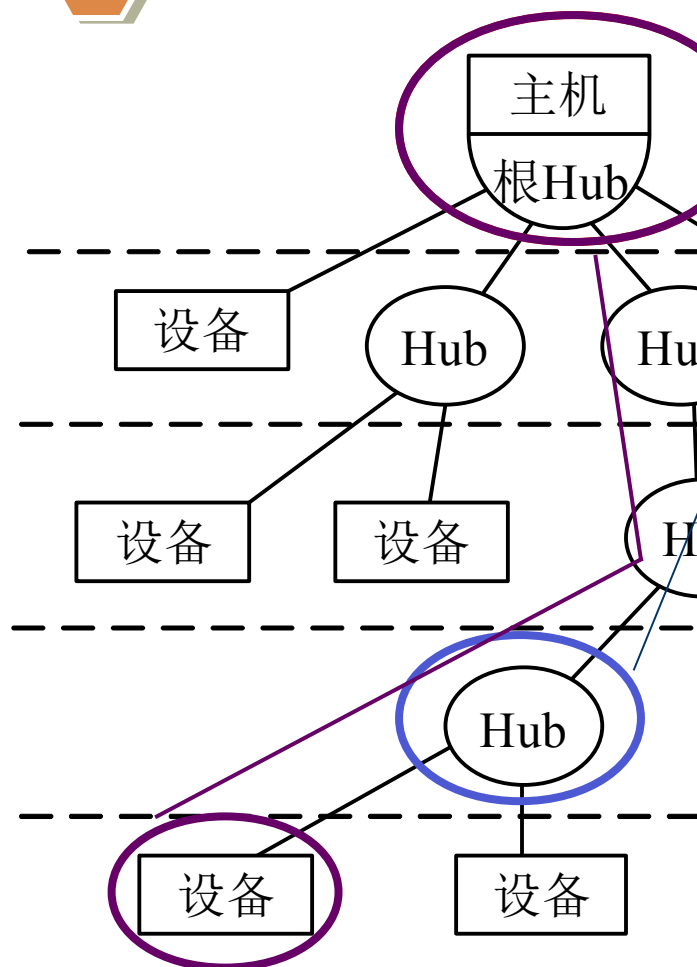


图9—14 USB总线及集线器

1. 做在主板上或作为适配卡

1. 集线器提供端口，将设备连接到USB总线上。检测连接

1. USB 设备和主机的数据流传输由主控制器负责。

2. 每个设备提供了一个或多个可与客户程序通信的接口，每个接口由 0 个或多个管道组成，它们分别独立地在客户程序和设备的特定终端间传输数据。

3. USB 驱动程序（USB D）为主机软件建立了接口和管道，当提出配置请求时，主控制器根据主机软件提供的参数进行服务。

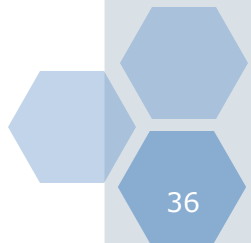


六、USB 接口总线

4. USB 支持四种基本的数据传输方式：

■ (1) 控制传输方式

用于外设与主机之间的控制、状态、配置等信息的传输，为外设与主机之间提供一个控制通道。每种外设都支持控制传输方式，这样主机与外设之间就可以传送配置和命令 / 状态信息。



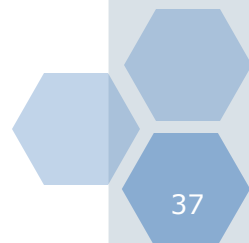


六、USB 接口总线

4. USB 支持四种基本的数据传输方式：

■ (2) 等时 (Isochronous) 传输方式

用于有周期性、有限时延和带宽且数据传输速率固定的外设与主机间的数据传输。该方式无差错校验，故不能保证正确的数据传输，如计算机—电话集成系统（CTI）和音频系统与主机的数据传输。





六、USB 接口总线

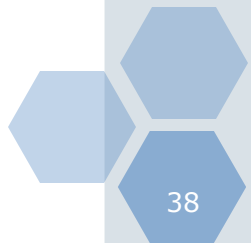
4. USB 支持四种基本的数据传输方式：

■ (3) 中断传输方式

①用于像游戏手柄、鼠标和键盘等输入设备，这些设备与主机间数据传输量小，无周期性，但对响应时间敏感，需要及时处理，以达到实时效果。

■ (4) 数据块（Bulk）传输方式

①用于打印机，扫描仪，数码相机等外设，这些外设与主机间传输的数据量大，USB 在满足带宽的情况下才进行该方式的数据传输。

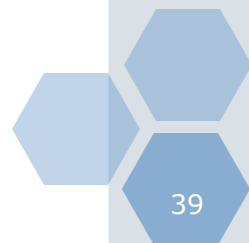




六、USB 接口总线

4. USB 支持四种基本的数据传输方式：

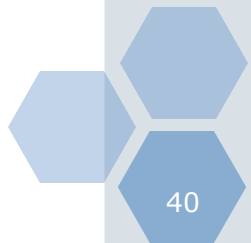
- 除了等时传输方式外，其他三种方式在数据传输发生错误时，都会试图重新发送数据，以保证传输的正确性。





七、IEEE 1394 接口总线

1. IEEE 1394 是**串行总线**
2. 支持**高速数据传输率**。IEEE 1394b 规范的传输速度达到最大 800 Mbps 的传输速度。
3. 安装使用方便容易。IEEE 1394 支持**即插即用和热插拔**，再增加或撤消外设后，IEEE 1394 会自动调整拓扑结构，重设整个外设网络状态。
4. IEEE 1394 线缆一般由**4 到 6 根线**组成：用于数据传输的两对双绞线和用来向外部设备供电的一对电源线（可选）。为适应不同线缆和插孔配置以及多种网络设备的需要，还有 6 针到 4 针的转接电缆和 1394 集线器。

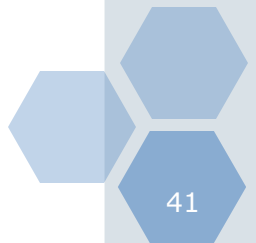




IEEE 1394 的主要技术特点

6. 采用级联方式连接各个设备

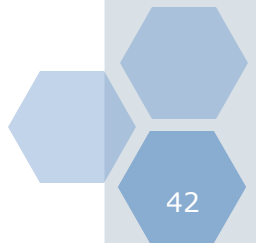
- 采用**树型**或者**菊花链**结构，设备间电缆最大长度 4.5 米，采用**树型**结构时可达 **16 层**，从主机到最末端总长可达 72 米。
- IEEE 1394 的拓扑结构中不需要集线器就可以连接 **63 台** 设备。并且可以由网桥再将这些独立的子网连接起来。





IEEE 1394 的主要技术特点

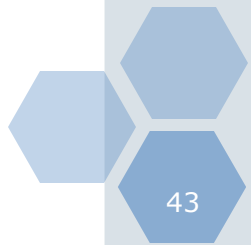
- 7. 同时支持**等时传输**和**异步传输**两种方式。
- 8. 采用**基于内存的地址编码**，具有高速传输能力。支持高速应用并不断升级。
- 9. 采用**点对点**结构。任何两个支持 IEEE 1394 的设备可以直接连接，不需要通过主机控制。





本章小结

1. 分时和共享是总线的两个基本特性。
2. 总线的电气特性、机械特性、功能特性、时间特性的定义。
3. 总线分类
 - 按连接部件分类有内部总线、系统总线和通信总线三种；
 - 按传输方式分类有并行总线和串行总线两种；
 - 按通信定时方式分类有同步总线、异步总线
 - 按信息传送方式分为串行传送、并行传送和分时传送。
 - 按总线仲裁方式分为集中式仲裁和分布式仲





本章小结

4. 总线的**性能指标**包括总线宽度、总线周期、总线带宽和总线仲裁及定时方式等。
5. 在单机系统中，系统总线的基本结构有单总线结构、双总线结构和多总线结构三种。
6. 微机系统中**常用的总线标准**：系统总线 ISA 总线、EISA 总线、PCI 总线、USB、IEEE1394 接口总线等，反映了计算机系统及其总线结构的不断发展、性能不断提高的趋势。

