



总线

2021年秋

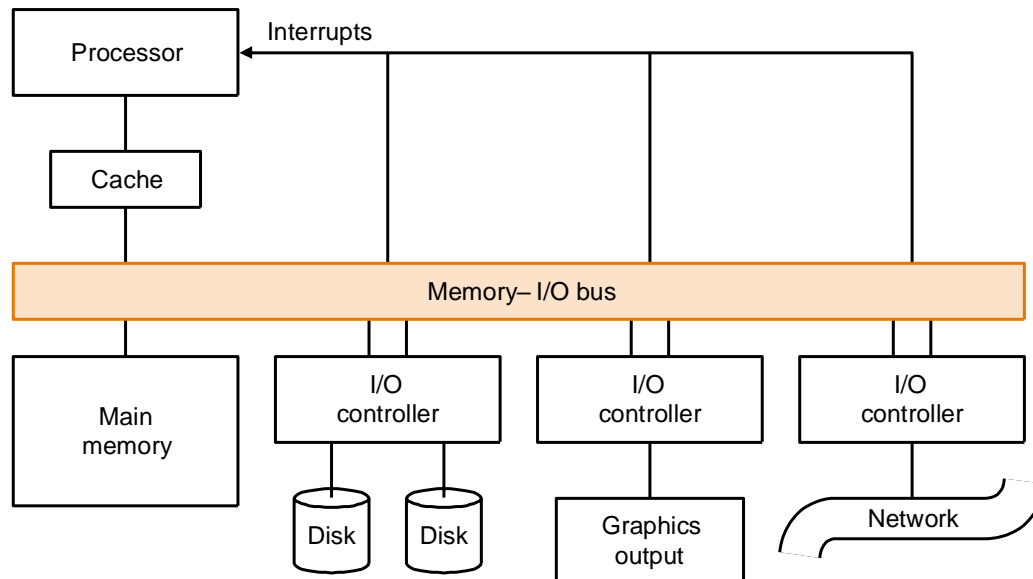
关于期末考试形式

- ❑ 期末考试为闭卷考试，但可以携带一张A4纸（双面）任何内容的自我提示进入考场，该纸在交卷时随试卷和答题纸一同上交
- ❑ 考试前请补交齐所有书面作业和实验报告，未能完成者将不记成绩
- ❑ 按照学校规定，本课程仅为未返校国际生和受疫情影响的同学提供线上考试形式，其余同学须参加线下考试。
 - 未返校国际生的名单以学校提供为准。
 - 受疫情影响的同学需要提供所属院系教学办盖章的说明（提交截止日期：12月17日）。

主要教学内容

- 总线概念
- 总线分类
- 总线组成
- 设计总线的关键问题
 - 总线仲裁
 - 通信方式
- 总线举例

处理器和其他组成部分的接口



- ❑ 输入/输出系统设计受到多方面因素的影响（可扩展性，可恢复性等）
- ❑ 性能：
 - 访问延迟
 - 吞吐量
 - 设备和系统的连接关系
 - 层次存储系统
 - 操作系统
- ❑ 用户和应用也各不相同

什么是 bus?

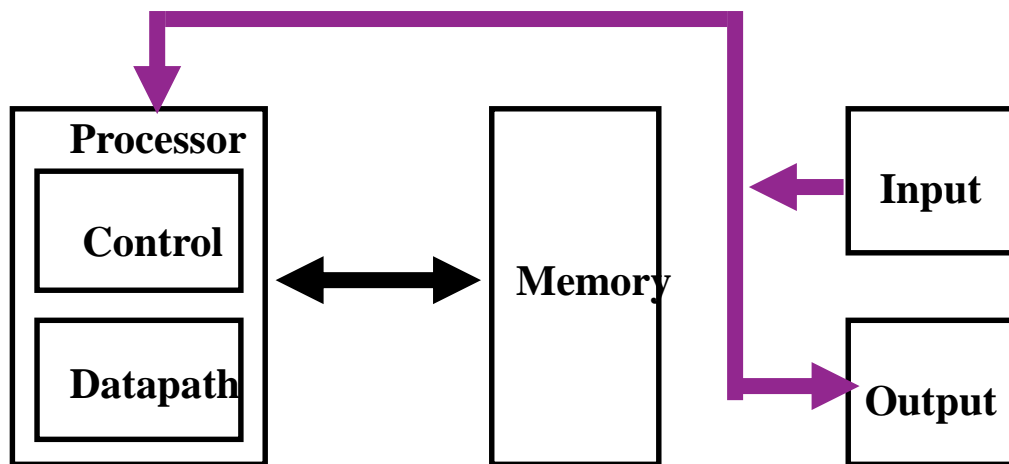


- 公共汽车：一种大众交通工具
- 一组导线
- 共同点：多个使用者共享通道

计算机总线

- 共享的信息通道

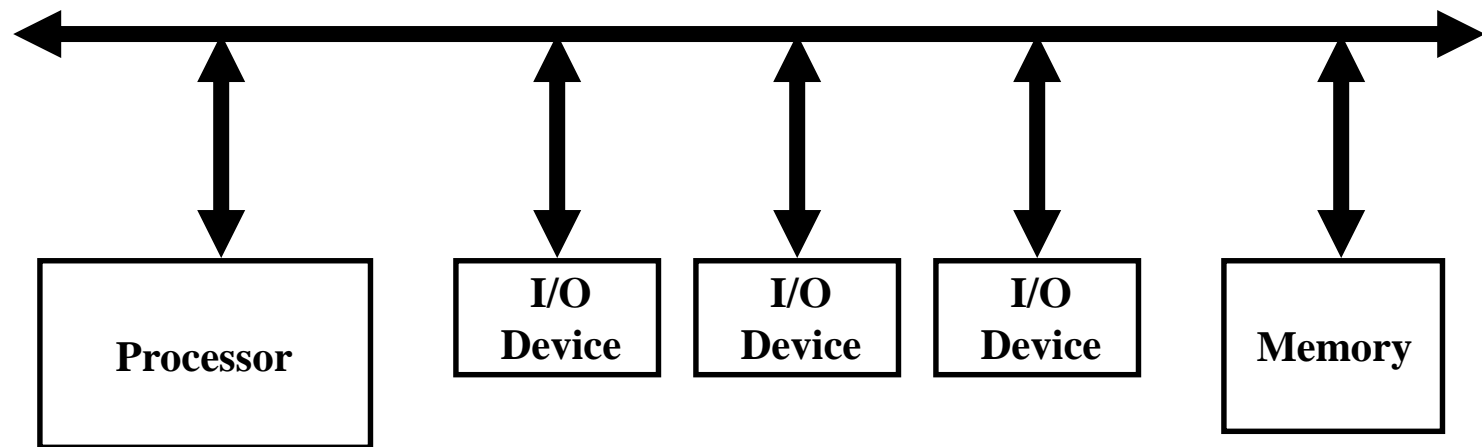
- 用于连接计算机多个子系统（部件）



- 总线也是连接复杂巨系统的一种基本工具

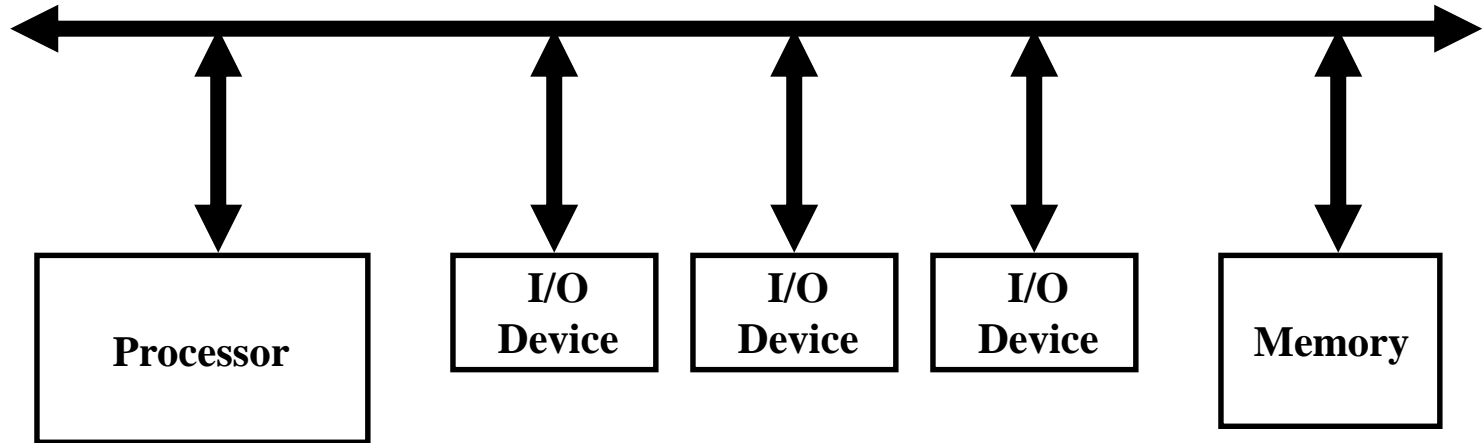
 - 功能抽象

使用总线的好处



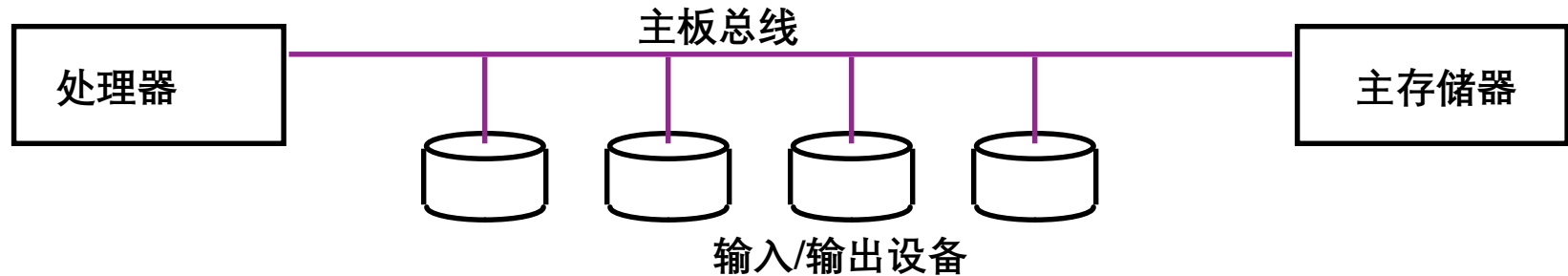
- 解决外部设备“杂”的问题：
 - 容易增添新的设备
 - 使用相同总线标准的外设容易在不同计算机间兼容
- 降低成本：
 - 总线可供多个设备共享
- 简化设计

总线的不足



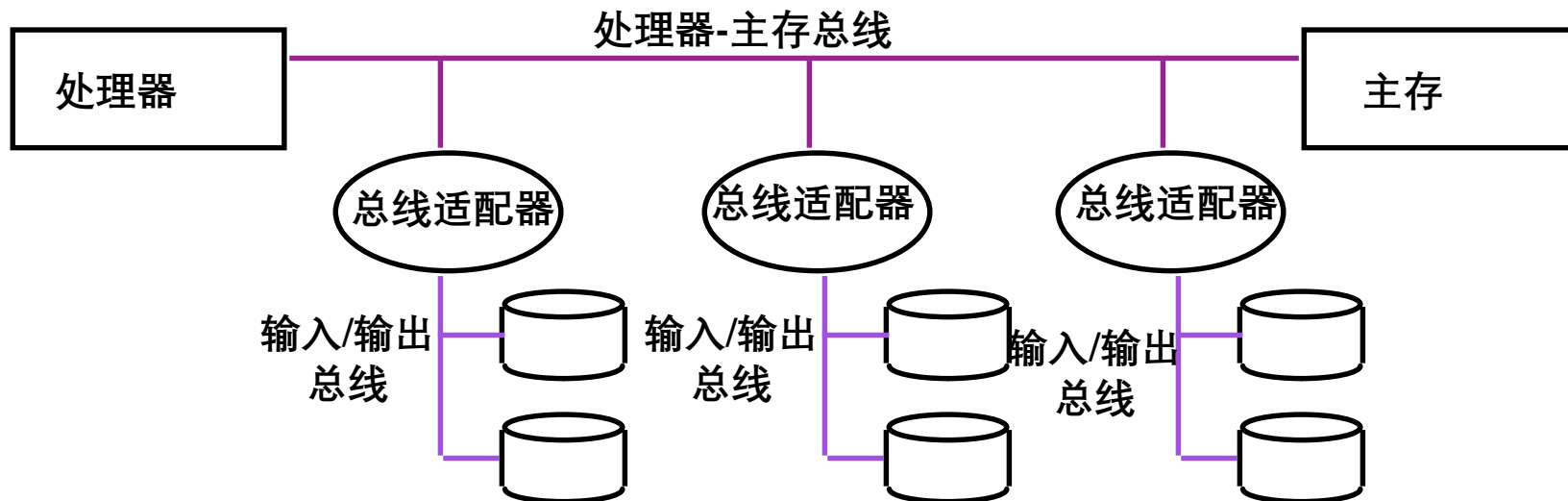
- 容易成为信息通道的瓶颈
 - 总线带宽限制了整条总线的吞吐量
- 总线的最高速度主要由下列因素决定：
 - 总线长度
 - 总线负载的设备数
 - 负载设备的特性
 - 延迟是否差异较大？
 - 数据传输率差异较大？

单总线计算机：主板总线



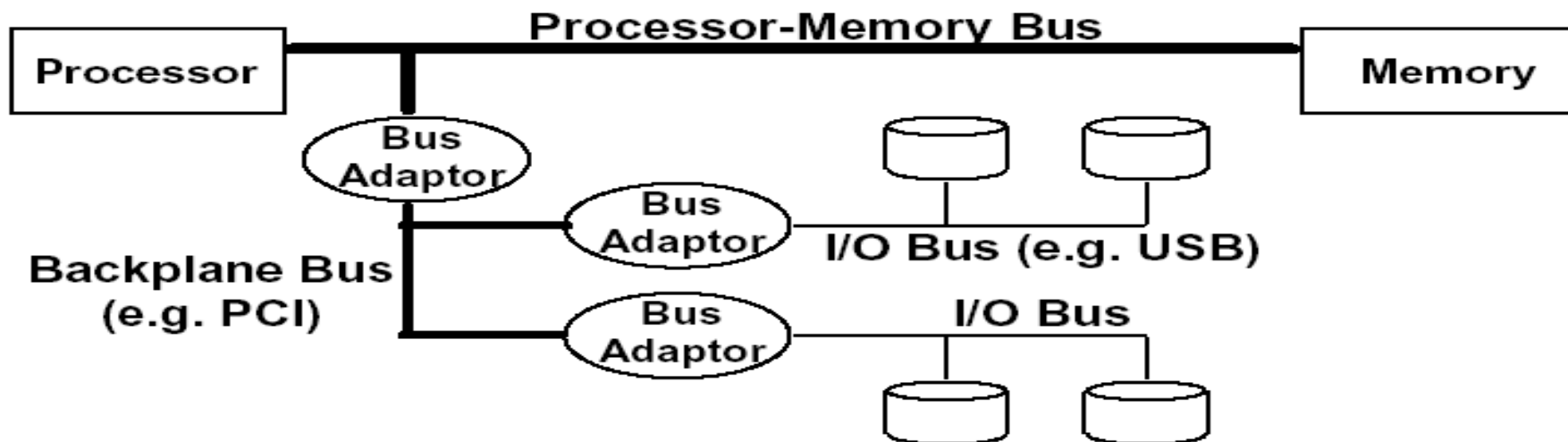
- 使用一条总线：
 - 处理器和主存储器之间通信
 - 主存储器和输入/输出设备之间通信
- 优点：简单、成本低
- 缺点：速度慢，总线将成为系统瓶颈
- 应用：IBM PC – ISA EISA、PDP-1

双总线系统



- 输入/输出总线通过适配器和处理器-主存总线相连：
 - 处理器-主存总线：主要用于处理器和主存储器之间的通信
 - 输入/输出总线：为输入/输出设备提供信息
- 应用举例：
 - Apple Macintosh II
 - NuBus：处理器、主存和选定的少量I/O设备
 - SCSI总线：其余I/O设备

三总线系统



❑ 主板总线连接到处理器-主存总线

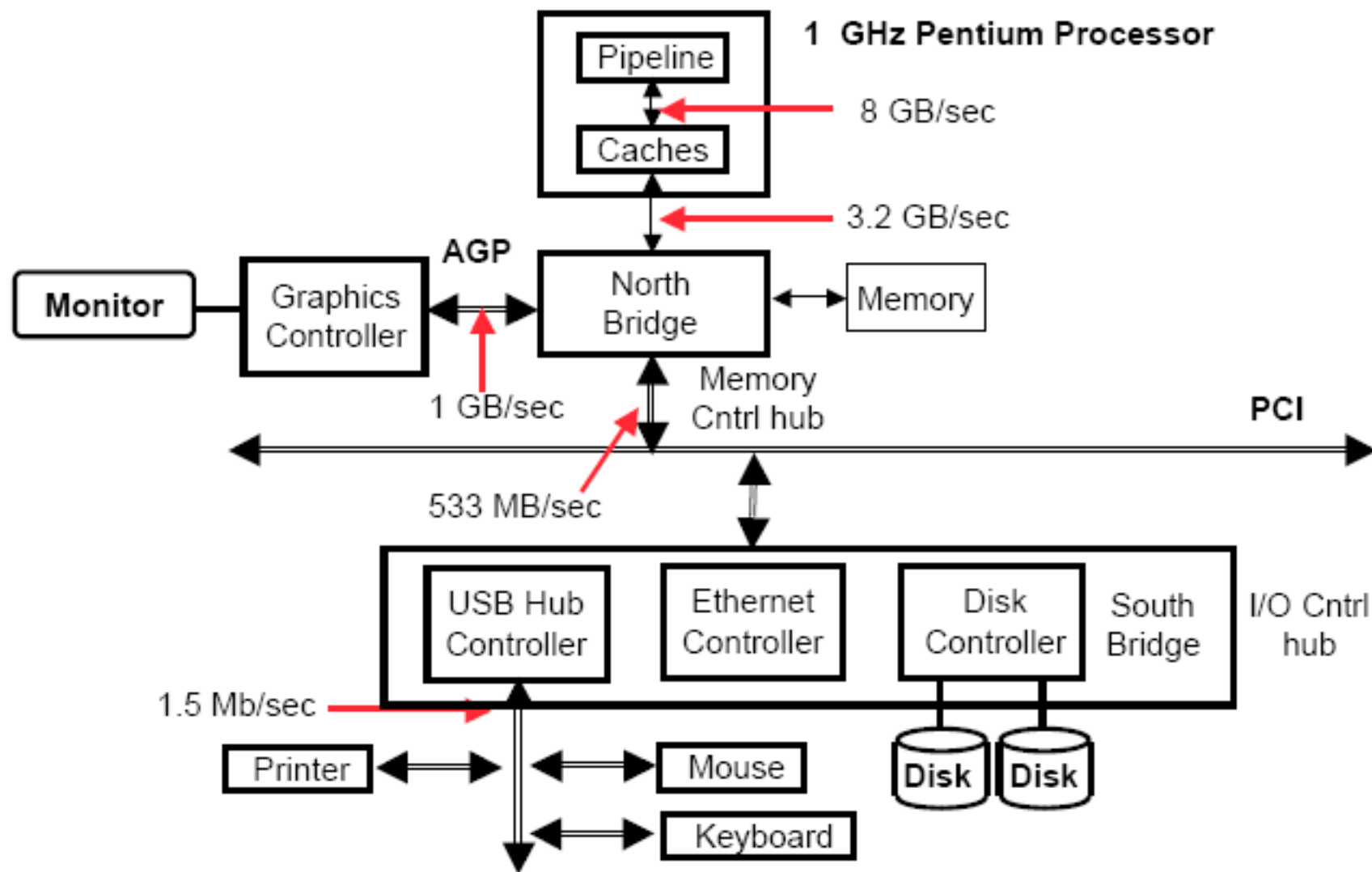
- 处理器-主存总线主要用于处理器和主存之间数据交换
- I/O总线连接到主板总线

❑ 优点

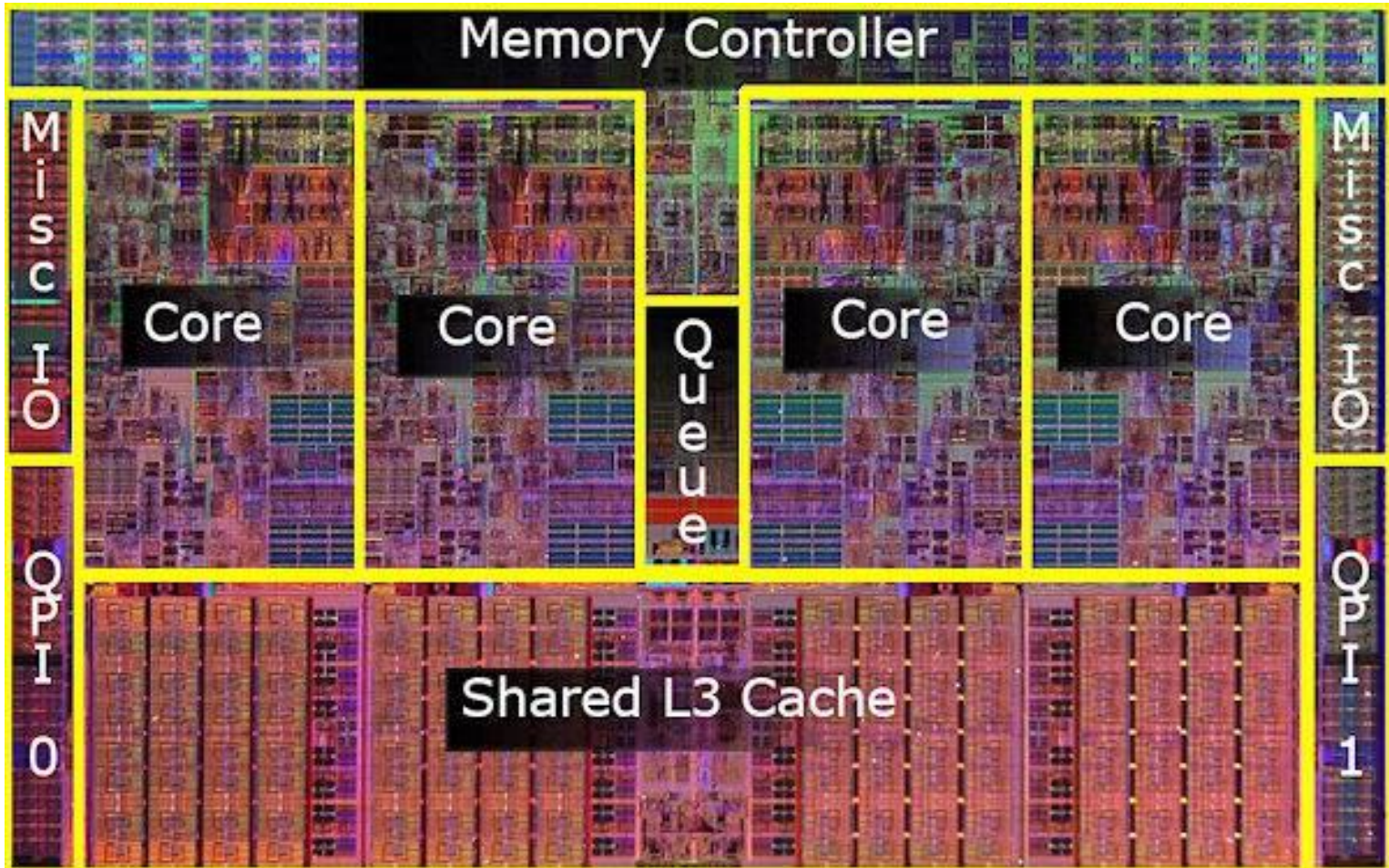
- 大大减少处理器-主存总线负载

❑ 例：现代PC基本采用的结构

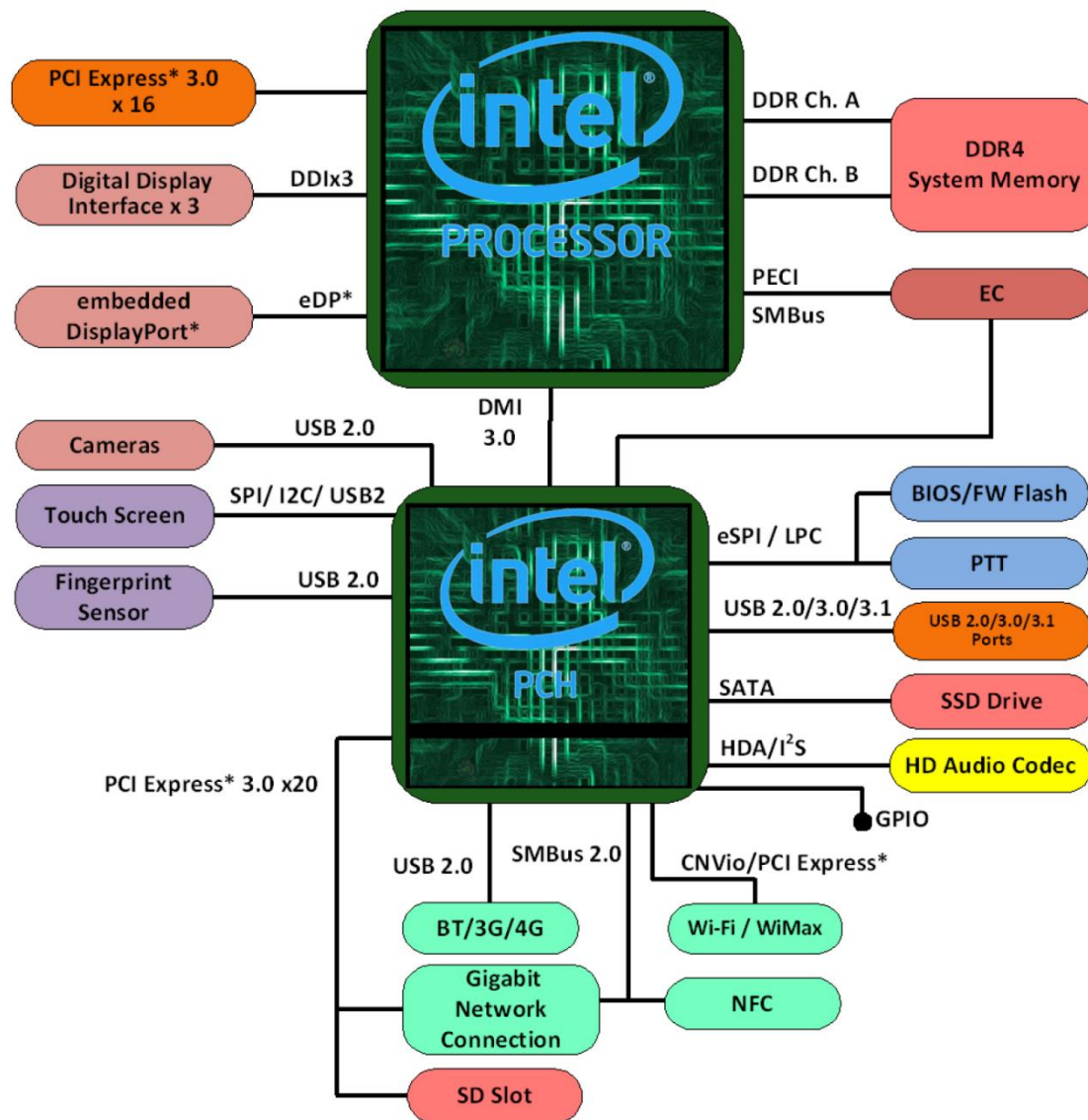
传统的x86计算机的总线



新的i7处理器



新x86系统的总线连接



总线类型

□ 处理器-主存总线（专用）

- 传输距离短、速度高
- 主存储器专用
 - 保证主存储器-处理器之间的高带宽
- 直接和处理器连接
- 优化处理使之适应Cache块传送

□ 输入/输出总线（行业标准）

- 通常距离较长，速度较慢
- 需要适应多种输入/输出设备
- 和处理器-主存总线通过桥连接（或通过主板总线）

□ 主板总线（行业标准或专门设计）

- 主板：连接各部件器件的底盘
- 应允许处理器、主存储器和输入/输出设备互连
- 应有价格优势：所有组件连接在一条总线上

总线的一般组成



□ 控制线:

- 总线请求信号及数据接收信号
- 指明数据线上传输信息的类型

□ 数据线 在源设备和目标设备间传送信息

- 数据和地址
- 复杂的命令

总线标准

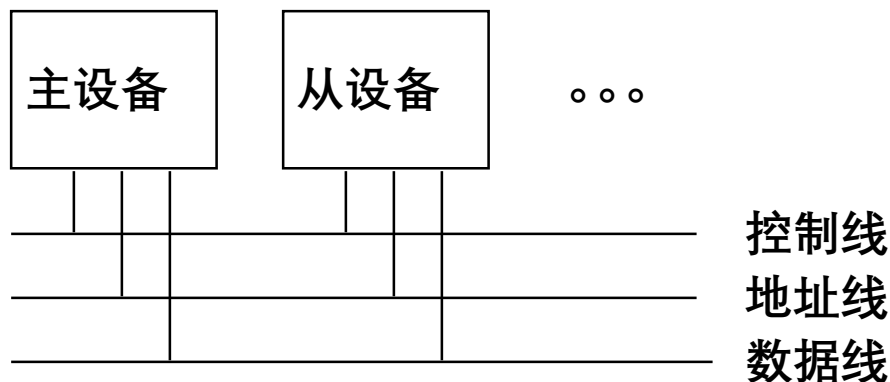
- ❑ 设备用于人机交互
- ❑ 总线定义了交互的通信协议/标准:
- ❑ PCI
- ❑ EISA
- ❑ SCSI
- ❑ USB
- ❑ Bluetooth
- ❑ ...

- ❑ 标准十分重要:
- ❑ 不同公司设计的外部设备, 应该能在同一计算机上安装使用。
- ❑ 不同公司的计算机也应该可以使用某一外部设备。
- ❑ 外部设备的通讯速度差异很大
- ❑ 标准是抽象的设计
- ❑ 标准可以影响性价比, 可靠性等

总线结构



总线相关概念



总线主设备：有能力控制总线，发起总线事务

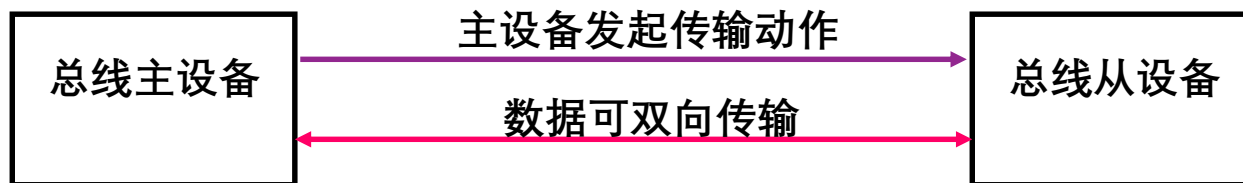
总线从设备：响应主设备请求

总线通信协议：定义总线传输中的事件顺序和时序要求

异步总线传输：控制信号（请求，应答）作为总控信号

同步总线传输：使用共同的时钟信号

主设备和从设备



□ 总线事务包括两个部分：

- 发起命令（和地址）
- 传输数据

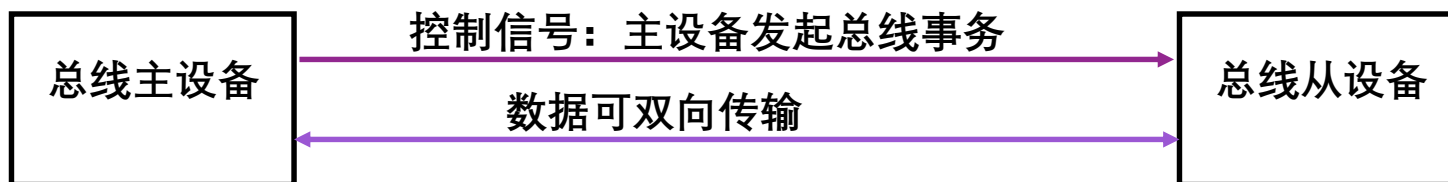
□ 主设备是总线事务的发起者：

- 发出命令（和地址）

□ 从设备是总线事务的响应者：

- 若主设备发出的是读命令，则将数据发送到主设备
- 否则，接收主设备发来的写入数据

仲裁：获得总线使用权



□ 总线设计中重要问题之一：

- 如何为需要使用总线的设备保留总线？

□ 可通过主—从设备的安排来避免冲突：

- 只允许总线主设备发起总线事务，控制所有总线请求
- 从设备响应主设备的读写请求

□ 最简单的设计：

- 处理器作为唯一的总线主设备
- 所有总线请求均由处理器控制
- 主要缺点：处理器被卷入到每一个总线事务中

多个总线主设备

□ 总线仲裁的基本要求：

- 某总线主设备使用总线前应发出总线请求
- 只有得到授权后，主设备才能使用总线
- 使用完毕后，主设备应通知仲裁器

□ 总线仲裁器在以下两方面取得平衡：

- 优先权：优先级高的设备应该得到优先服务
- 公平性：最低优先级的设备也不能永远被排除在总线服务之外

□ 总线仲裁方式：

- 集中仲裁和分布仲裁
 - 集中仲裁：例如，交通警察在路口指挥交通
 - 分布仲裁：路口没有交通警察，所有车辆先停下，确认其他方向没有来车后通行
- 按优先级仲裁或轮循仲裁
 - 优先级仲裁：例如，救护车在道路上有高优先级

总线仲裁方式

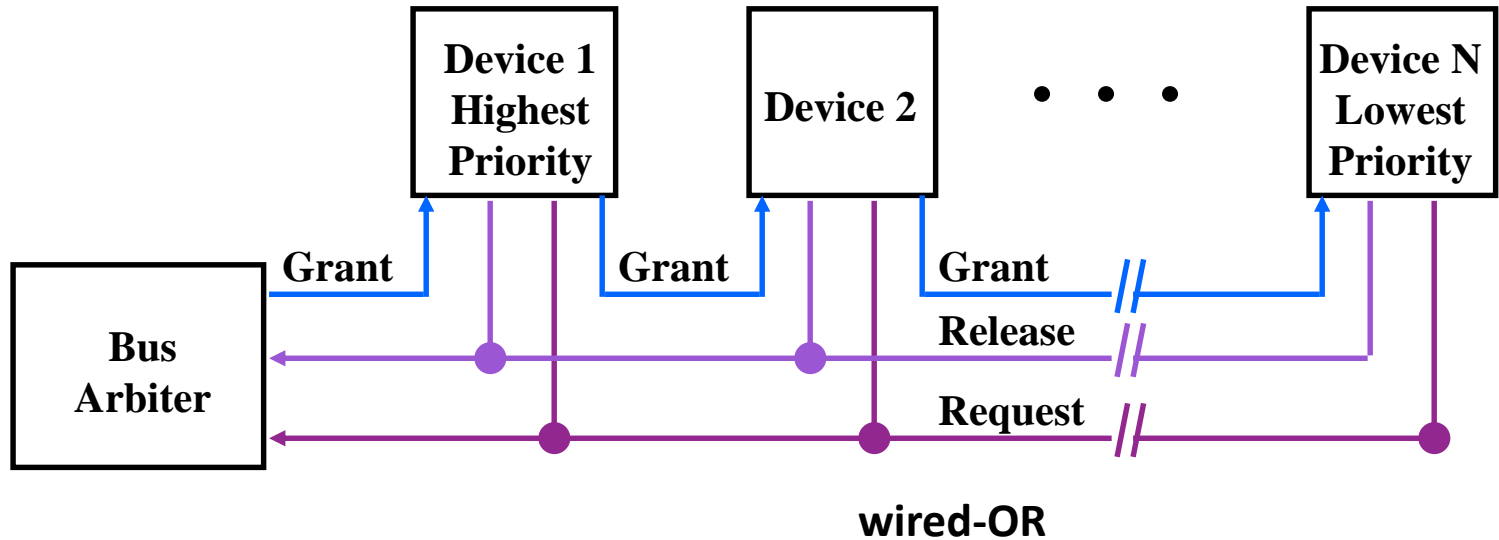
□ 集中仲裁

- 菊链仲裁
 - 所有设备共用一个总线请求信号
- 集中平行仲裁
 - 通过集中的仲裁器进行

□ 分布仲裁

- 通过自我选择进行分布式仲裁
 - 每个要使用总线的设备将自己的标识放在总线上
- 碰撞检测
 - 以太网

菊链仲裁

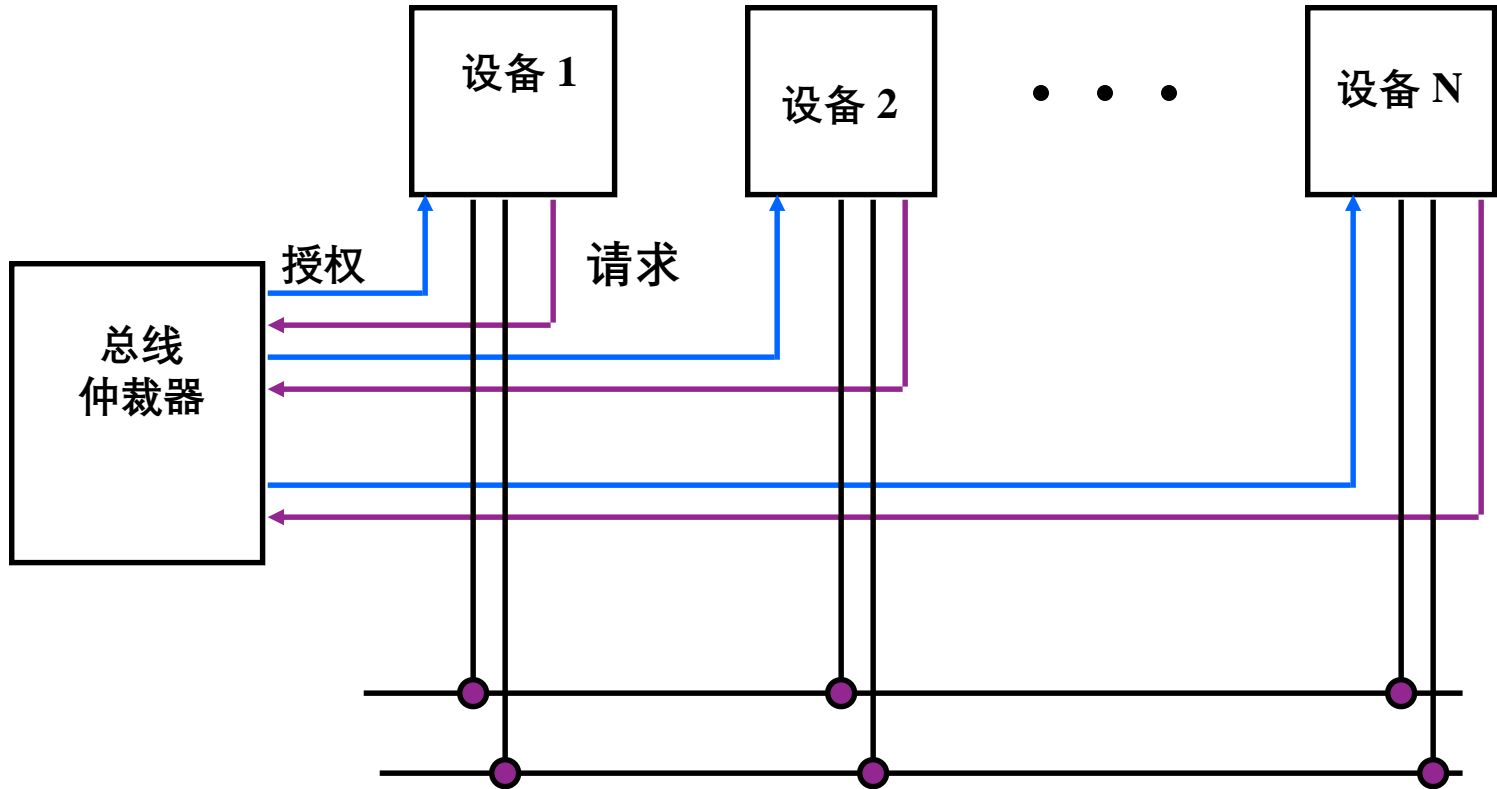


□ 优点：简单

□ 缺点：

- 无法保证公平性
低优先级设备可能得不到总线使用权
- 总线授权信号的逐级传递限制了总线的速度

集中平行仲裁



□ 用于几乎所有处理器-主存总线和一些高速输入/输出总线

同步和异步总线

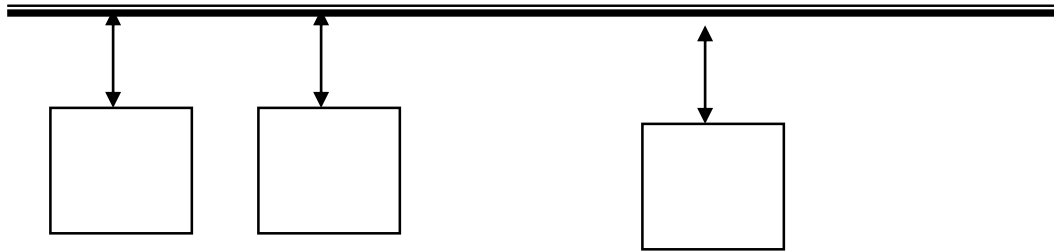
□ 同步总线：

- 控制线中包含有一根时钟信号线
- 传输协议根据时钟信号制定：
 - 例如：主设备提出总线请求后5个时钟周期，可以获得能否使用总线的信号。
- 优点：逻辑简单、高速
- 缺点：
 - 总线上所有设备必须按时钟频率工作
 - 为防止时钟信号扭曲，高速工作时，总线距离必须足够短

□ 异步总线：

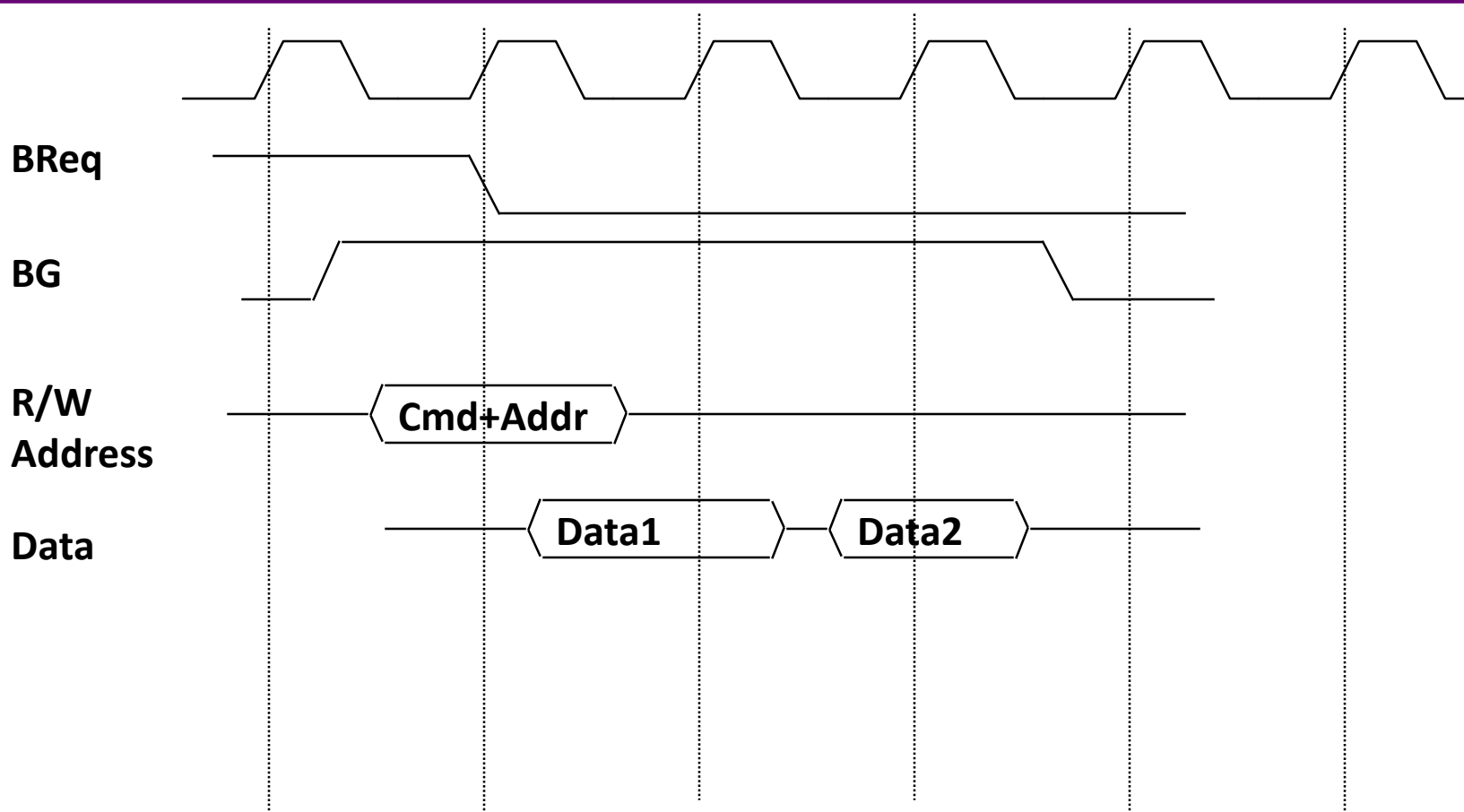
- 不使用统一的时钟
- 可适应设备的不同速度
- 不用担心时钟信号扭曲，距离可较长
- 使用握手协议

最简单的总线模式



- 所有设备同步工作
- 所有设备以同样的速度工作
- => 简单的协议
 - 只需管理源和目标

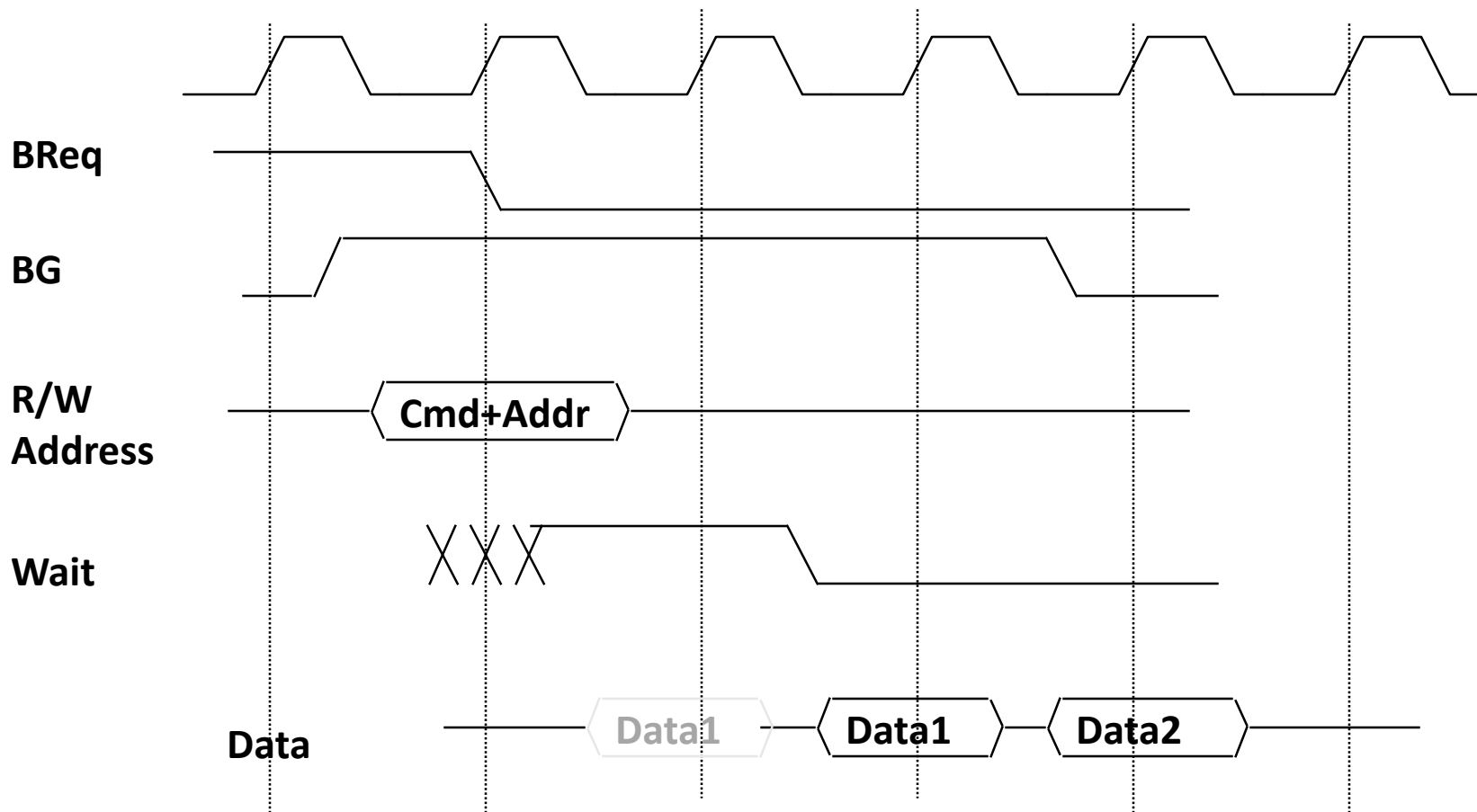
简单的同步协议



□ 就是处理器-主存储器总线也比它复杂

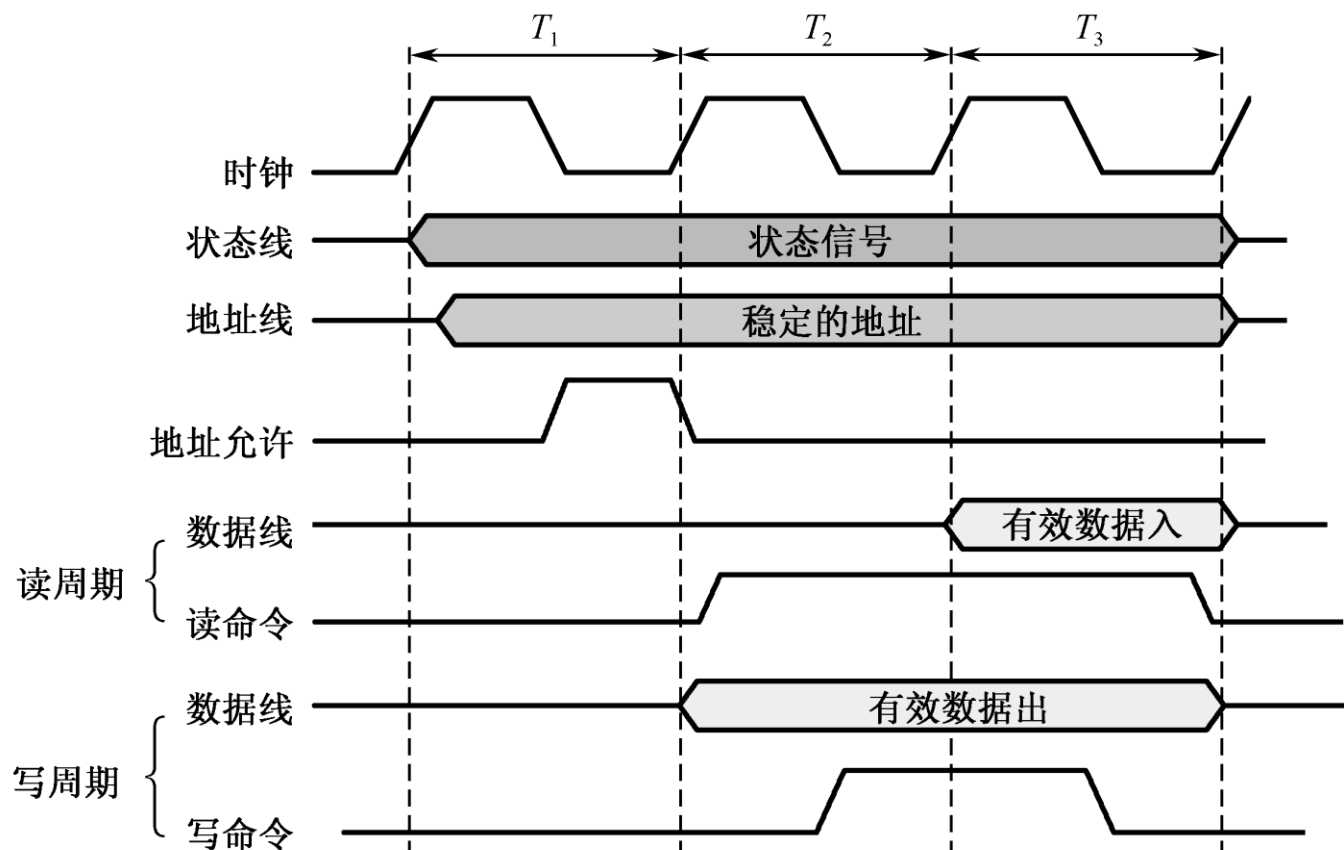
- 主存（从设备）需要响应时间
- 需要控制数据速度

典型的同步协议

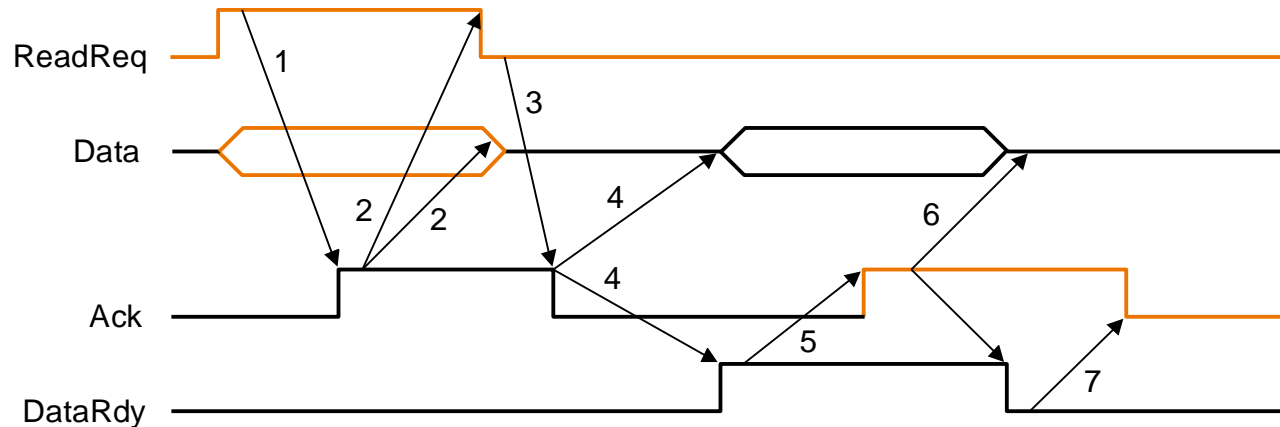


- ❑ 从设备指示何时开始传送数据
- ❑ 实际传送开始后，按总线时钟传送数据

同步定时

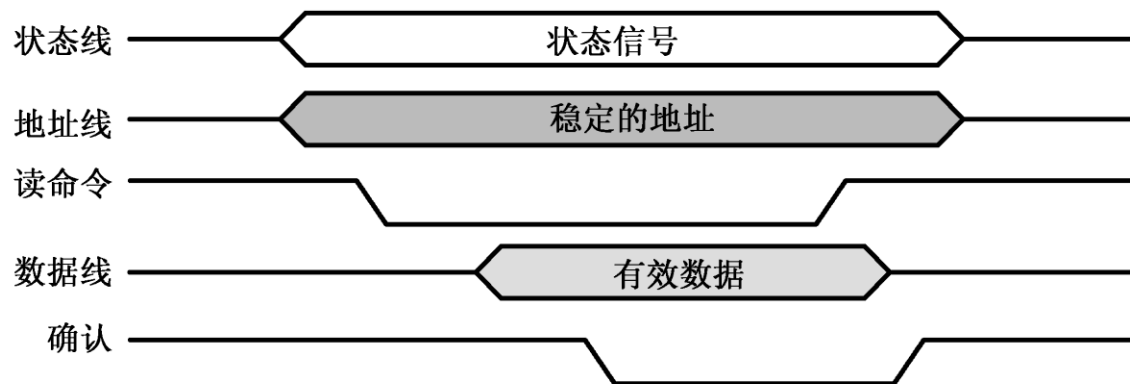


典型的异步协议

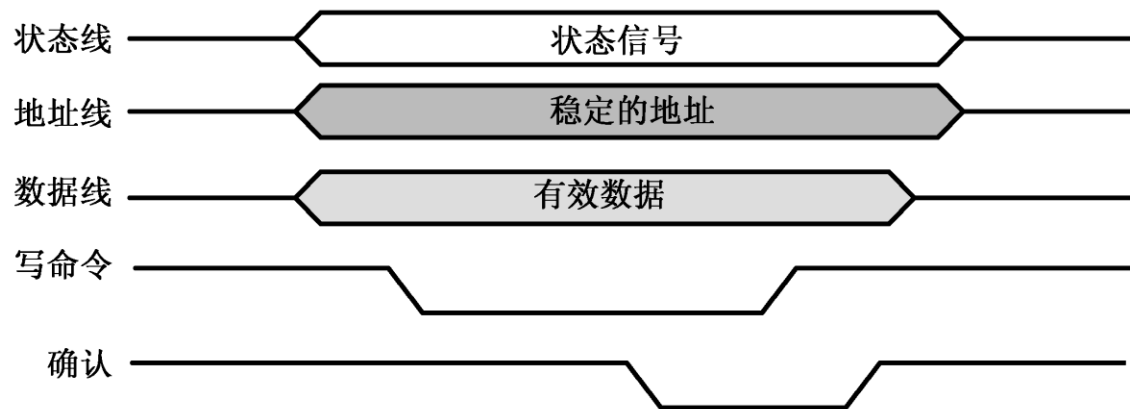


1. 主存储器收到外部设备发出的ReadReq信号，从数据总线读到地址，并发出Ack信号。
2. 外部设备发现Ack信号为高 => 释放ReadReq和数据
3. 主存发现ReadReq信号为低，将Ack信号置低
4. 主存读出数据后，将数据送总线，并将DataRdy置高
5. 外部设备发现DataRdy为高，读数据，并发出Ack信号
6. 主存发现Ack为高，将DataRdy拉低，并释放数据线
7. 外部设备发现DataRdy为低，拉低Ack信号，指示传送结束

异步定时



(a) 系统总线读周期

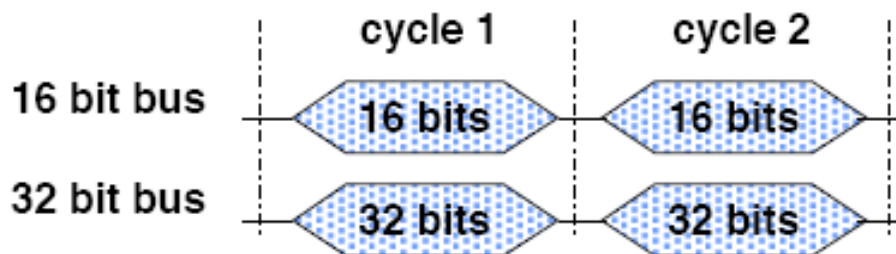


(b) 系统总线写周期

增加总线带宽

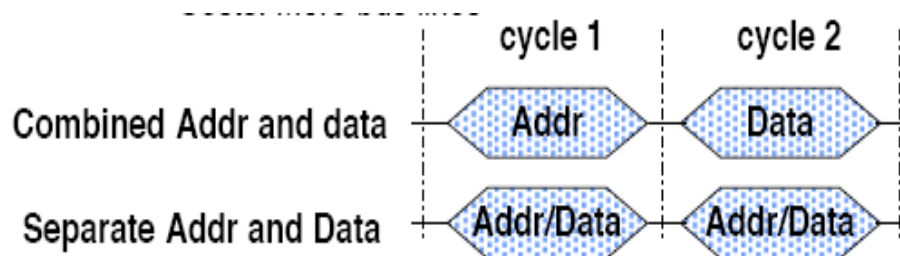
□ 增加总线的宽度

- 可增加每个周期传送数据的量
- 提高了成本



□ 分别设置数据总线 and 地址总线

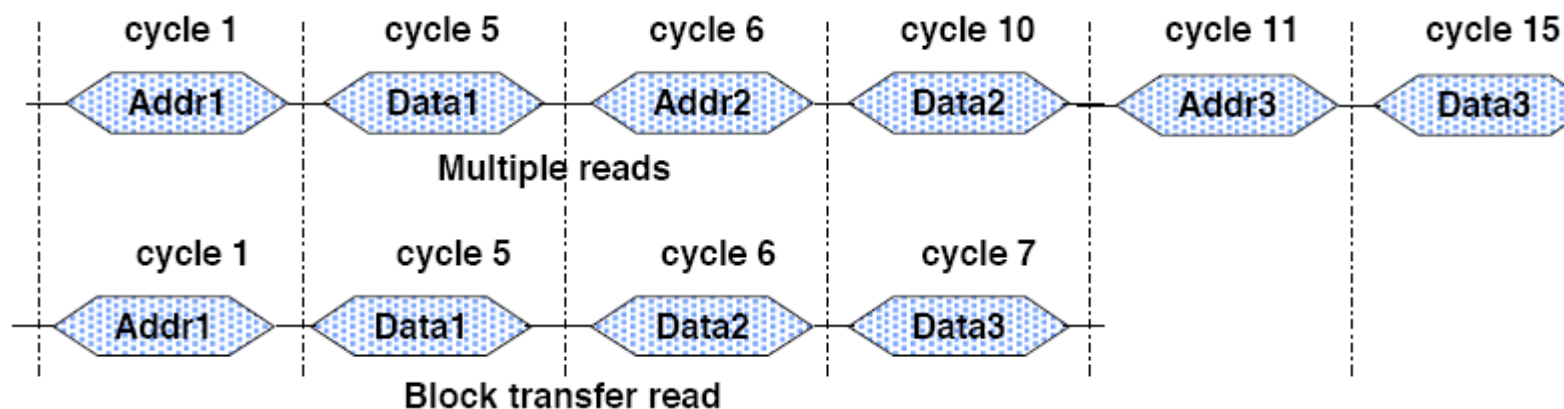
- 可同时传送数据和地址
- 提高了成本



增加总线带宽

□ 采用成组传送方式

- 一个总线事务传送多个数据
- 每次只需要在开始的时候传送一个地址
- 直到数据传送完毕才释放总线
- 代价
 - 复杂度提高
 - 延长后续总线请求的等待时间



多主设备总线提高事务数量

□ 仲裁重叠

- 在当前事务时，为下一总线事务进行仲裁

□ 总线占用

- 在没有其他主设备请求总线的情况下，某主设备一直占用总线，完成多个总线事务

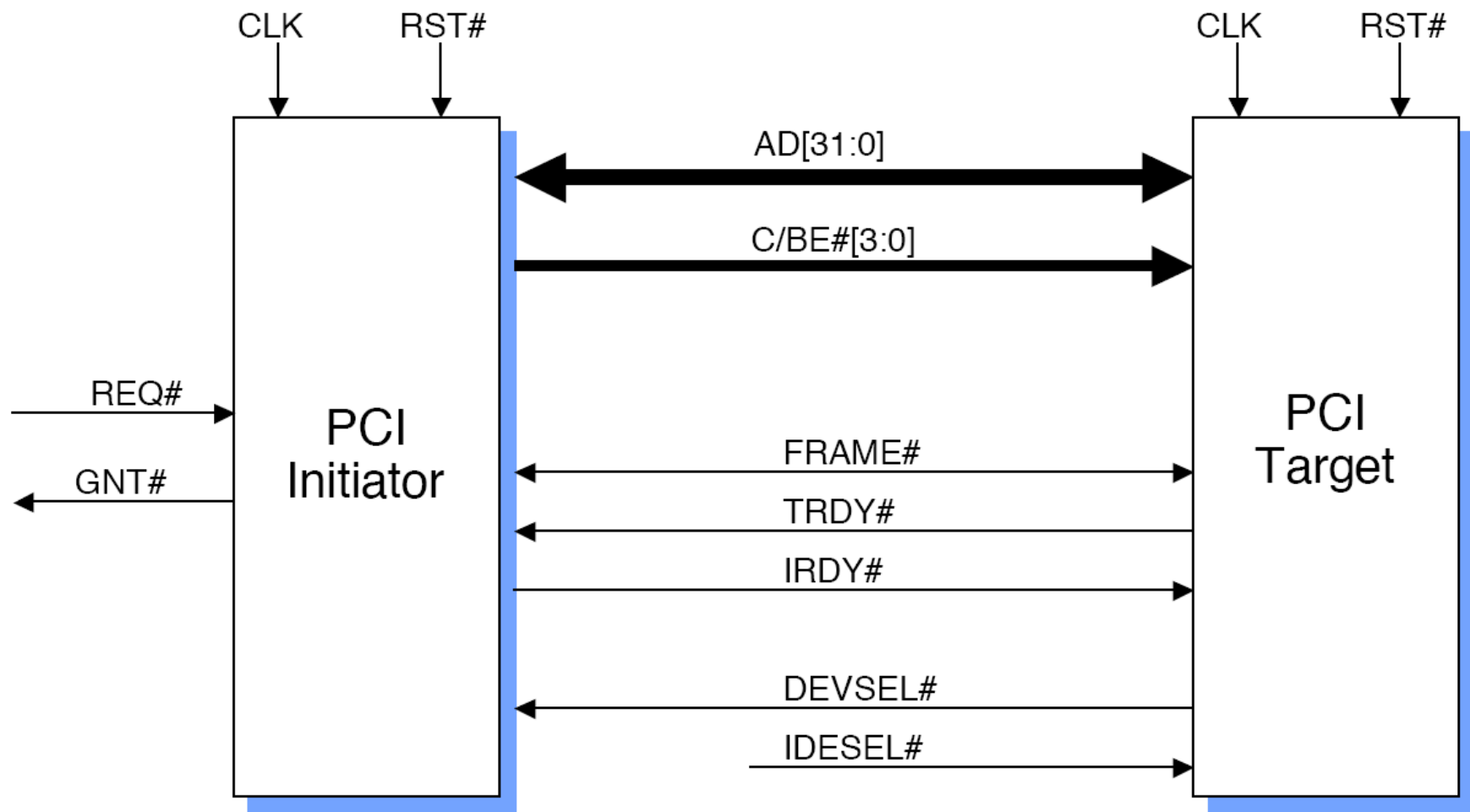
□ 地址、数据传送重叠

□ 在现代内存总线上，应用了上述全部技术

PCI总线

- 外部组件互连总线
- 时钟频率：33MHz或66MHz（CLK）
- 集中仲裁方式（REQ#、GNT#）
 - 和上一事务重叠
- 32位地址和数据线互用（AD）
 - V2.1 为64位
- 总线协议
 - 总线周期：内存读、内存写、内存成组读等（C/BE#）
 - 地址握手和保持（FRAME#、IRDY#）
 - 数据宽度（C/BE#）
 - 通过IRDY#和TRDY#握手信号传输变长的数据块
- 最大带宽达133MB（33MHz）或528MB（66MHz）

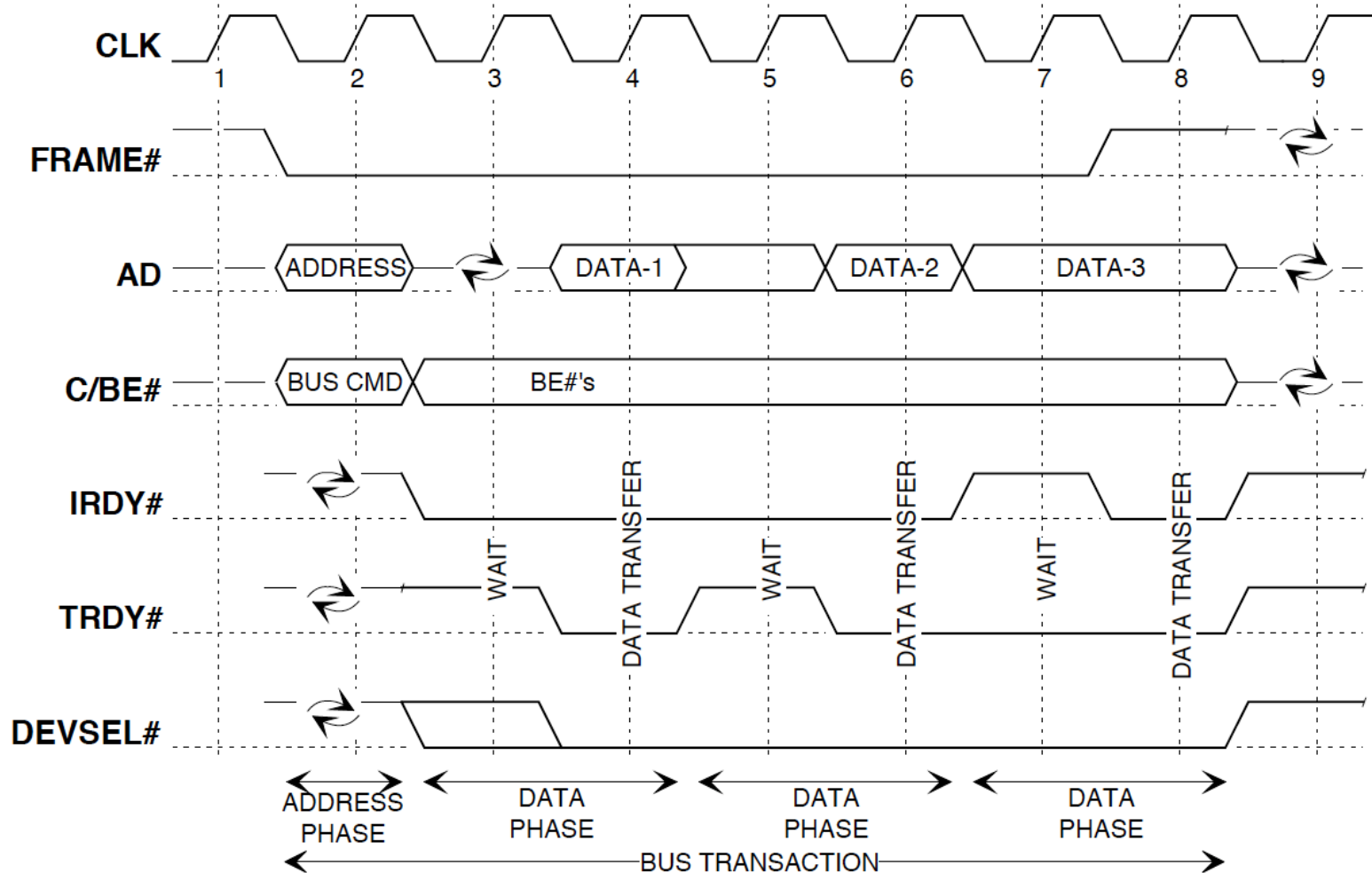
32位PCI总线的信号



PCI 总线的读/写事务

- 所有信号在时钟正边沿采样
- 集中平行仲裁
 - 和上一事务重叠
- 所有事务可无限制成组传送
- 地址段起始于FRAME#信号有效
- 第一时钟周期主设备发出cmd和address
- 数据传送
 - 当主设备准备好传输数据，主设备发出IRDY# 信号
 - 从设备准备好传输数据，发出TRDY#信号
 - 上述两个信号均有效时的时钟上升沿开始传送数据
- 主设备准备结束数据传送时，将FRAME#信号失效

PCI 总线读事务



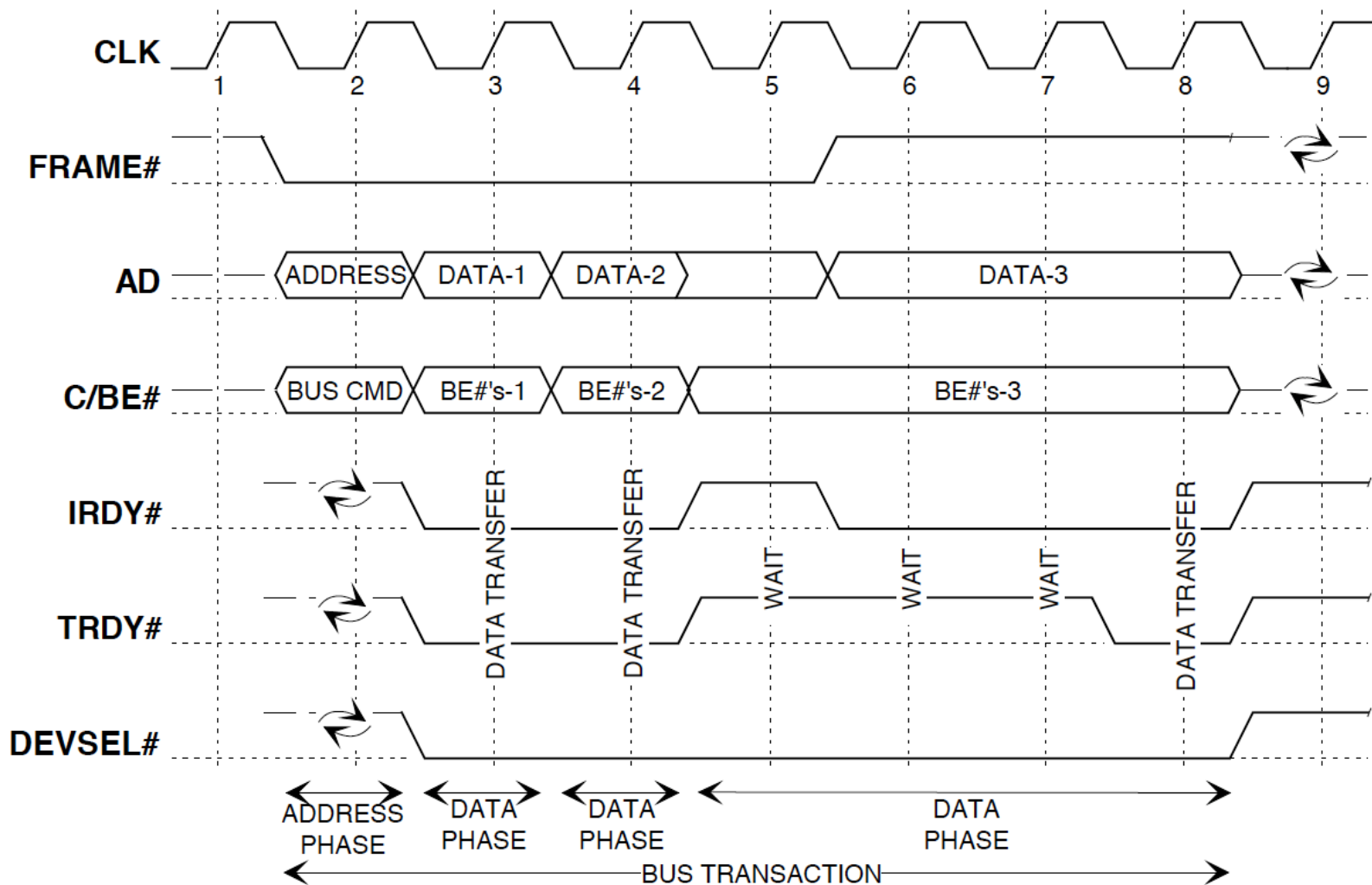
PCI读

- ❑ 总线主设备得到授权后，将FRAME#置为有效，开始读事务。并通过AD发送要读的地址，C/BE#发送读命令
- ❑ 从设备从AD上识别是否被选中
- ❑ 主设备释放对AD的控制，同时，在C/BE#上给出AD上哪些位是有用的（1~4Bytes）。并置IRDY#为有效，表示已准备好，可以接收数据。
- ❑ 被选中的从设备置DEVSEL信号，表示已收到命令并可响应。将读出的数据送AD，并置TRDY#通知主设备接收。

PCI读

- ❑ 主设备可在周期4读到第一个数据。并根据需要决定是否要改变C/BE#的值。
- ❑ 如果从设备的速度不高，则需要插入等待周期。
- ❑ 主设备通过FRAME信号通知从设备结束数据传输，并将IRDY置高。
- ❑ 从设备相应地将TRDY和DEVSEL信号置高，总线返回到空闲状态

PCI写事务



PCI优化

□ 尽量使总线有效传输

- 可采用类似RISC技术，仲裁和数据传输并行进行

□ 总线占用

- 为上一主设备保留总线授权，直到有其他主设备申请使用总线
- 得到授权的主设备可在不仲裁的情况下直接开始下一传送过程

□ 仲裁时长

- 主设备和从设备尽力延长传输流（使用xRDY）
- 从设备使用STOP (abort or retry)信号终止连接
- 主设备通过FRAME信号终止连接
- 仲裁器通过GNT信号终止连接

□ 延迟(挂起, 时段分离)事务

- 对慢速设备，在请求后暂时释放总线

PCI的其它问题

□ 中断：

- 用于支持控制I/O设备

□ Cache一致性：

- 用于支持I/O和多处理器

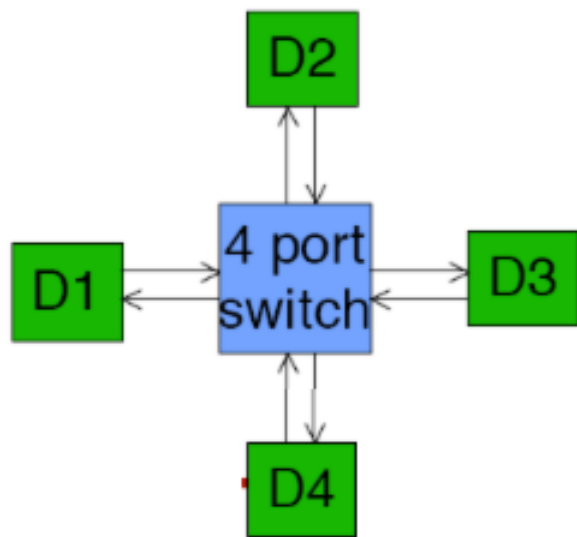
□ 加锁：

- 支持分时操作, I/O和多处理器

□ 可配置地址空间

总线发展趋势

- 逻辑总线，物理交换
- 许多总线已采用新的点到点标准
 - 3GIO
 - PCI Express
 - Serial ATA



总线参数选择

选择	提高性能	降低成本
总线宽度	将地址和数据线分开	互用地址和数据线
数据宽度	越宽越快（32位）	越窄越廉价（8位）
大小	多字可减少总线开销	传单字传送简单
主设备	多主设备（仲裁）	单主设备
时钟	同步	异步
协议	并行	串行

DMA使用内存总线的方式

- ❑ 独占使用：当外设要求传送一批数据时，由DMA控制器发一个信号给CPU。DMA控制器获得总线控制权后，开始进行数据传送。一批数据传送完毕后，DMA控制器通知CPU可以使用内存，并把总线控制权交还给CPU。
- ❑ 周期挪用（周期窃取）：当I/O设备没有DMA请求时，CPU按程序要求访问内存：一旦I/O设备有DMA请求，则I/O设备挪用一個或几个周期。（随时，一旦冲突，DMA优先）
- ❑ DMA与CPU交替访内：一个CPU周期可分为2个周期，一个专供DMA控制器访内，另一个专供CPU访内。不需要总线使用权的申请、建立和归还过程。

小结

□ 总线

- 多个部件之间进行数据传送的共享通道
- 计算机总线
 - 处理器内部总线
 - 系统总线
 - I/O总线

□ 总线设计

- 总线仲裁
- 数据传输模式
- 提高总线性能

阅读和思考

□ 阅读

- 参考书相关内容

□ 思考

- 计算机总线作用？总线仲裁应考虑哪些方面？
- 总线数据传输模式有哪些？各有什么特点？

□ 实践

- 本单元作业

□ 小组答辩

- 地点同实验课上课地点
- 请准备好PPT

谢谢