



计算机组成与系统结构

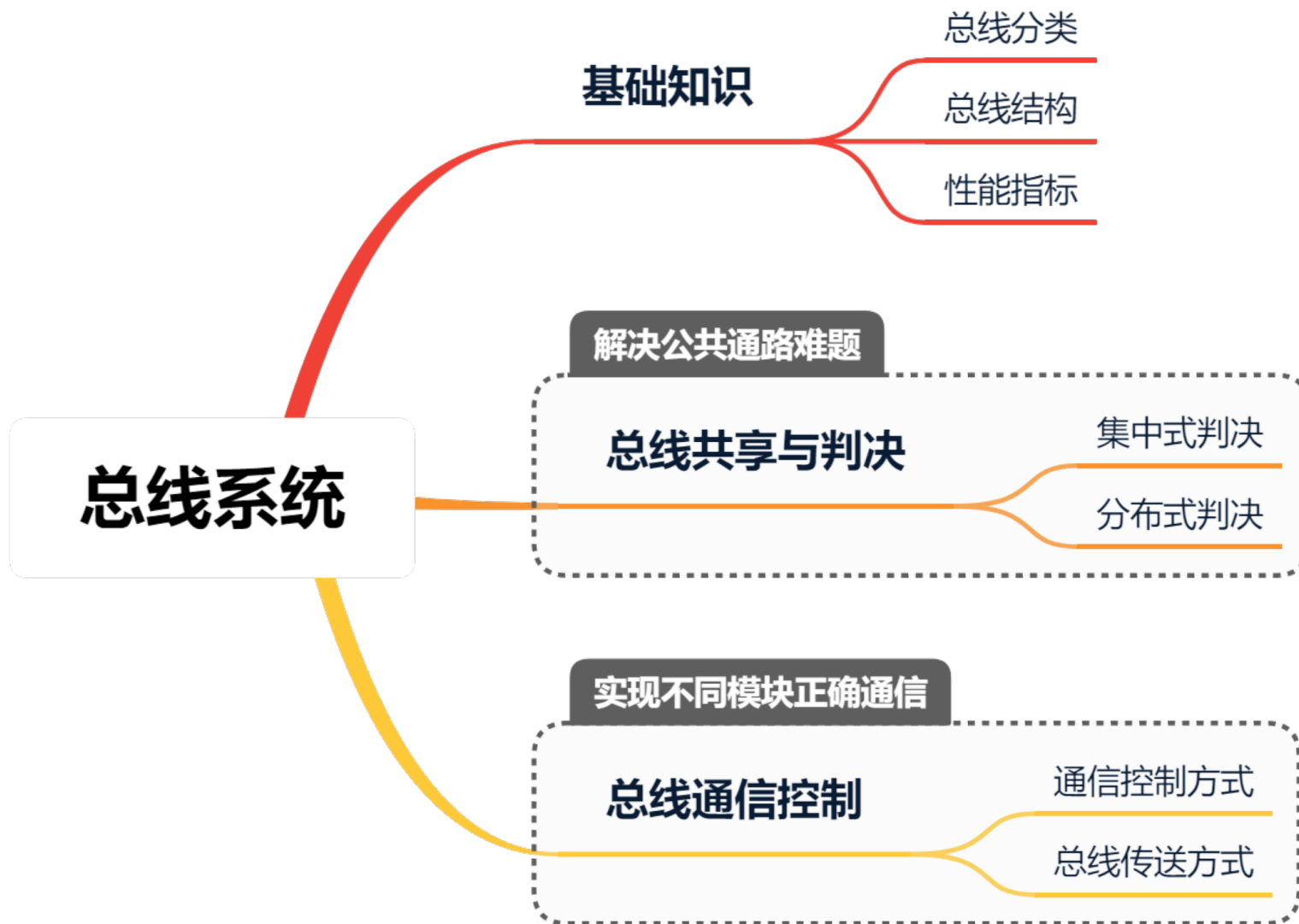
第六章 总线系统 (2)

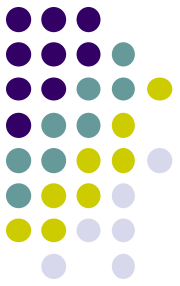
吕昕晨

lvxinchen@bupt.edu.cn

网络空间安全学院

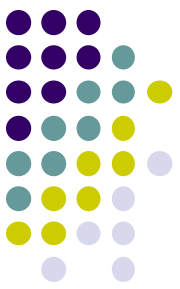
总线系统总结





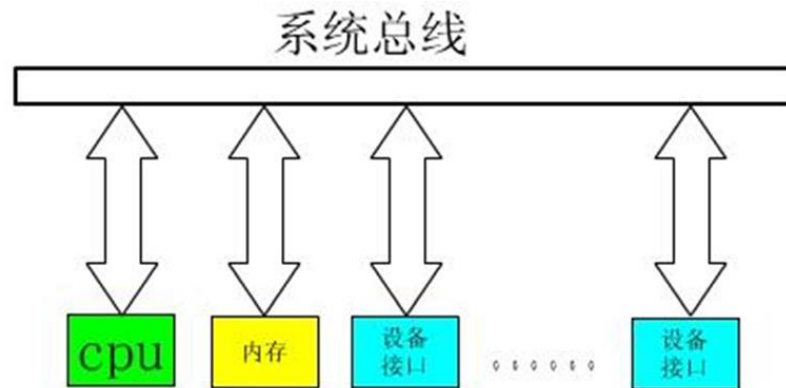
第六章 总线系统

- 总线的仲裁
 - 仲裁基本概念
 - 集中式仲裁
 - 分布式仲裁
- 总线的通信控制



总线的仲裁

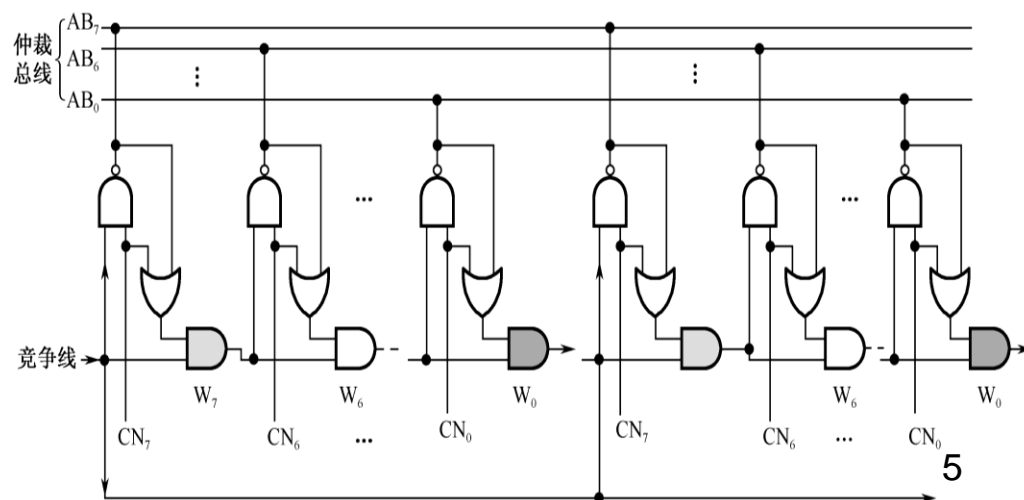
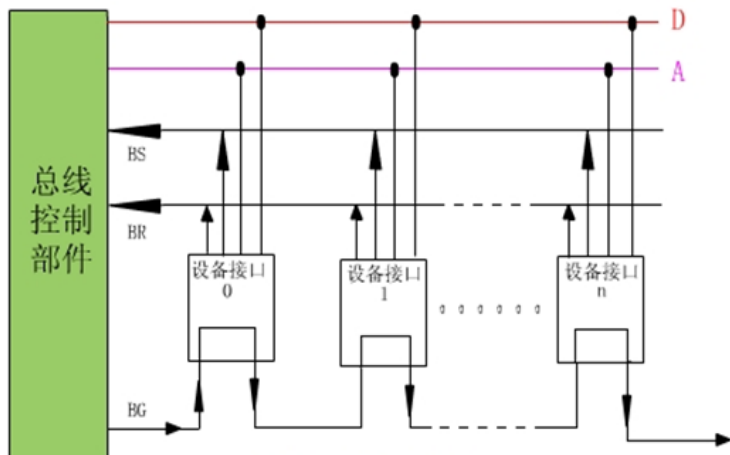
- 为什么需要总线仲裁？
 - 总线是**多个功能模块共用**的数据传输部件
 - 为了解决多个功能模块**争用总线**的问题，必须设置总线仲裁部件
- 总线传输方式
 - 连接到总线上的功能模块有**主动和被动两种形态**
 - **主方可以启动一个总线周期**，而从方只能向主方请求每次总线操作，只能有**一个主方**，但是可以有多个从方

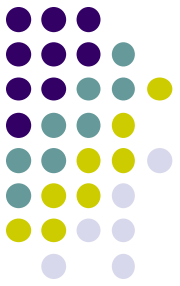


总线仲裁的分类



- **总线占用期**：主方持续控制总线的时间
- **定义**：以某中方式选择一个主设备获得总线控制权
- 按照总线仲裁电路的位置不同，仲裁方式分为
 - **集中式仲裁**：中央总线仲裁部件，请求与授权方式
 - **分布式仲裁**：不存在集中式仲裁部件，由各功能模块争用仲裁总线





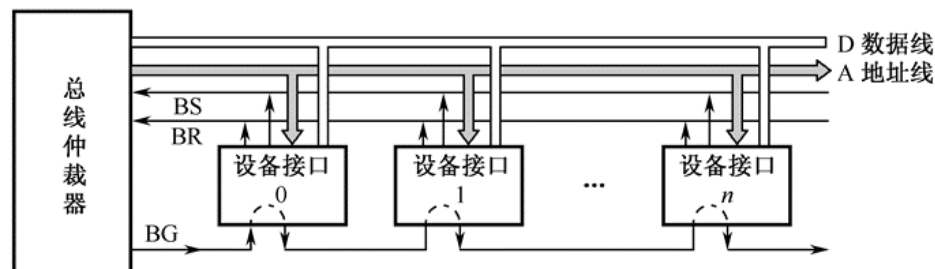
第六章 总线系统

- 总线的仲裁
 - 仲裁基本概念
 - 集中式仲裁（重点）
 - 分布式仲裁
- 总线的通信控制

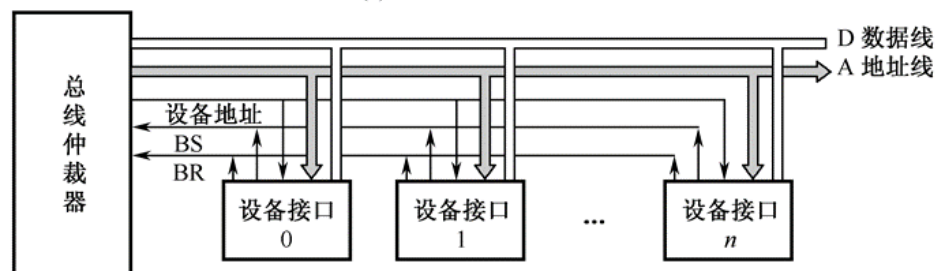
集中式仲裁（线数/特征）



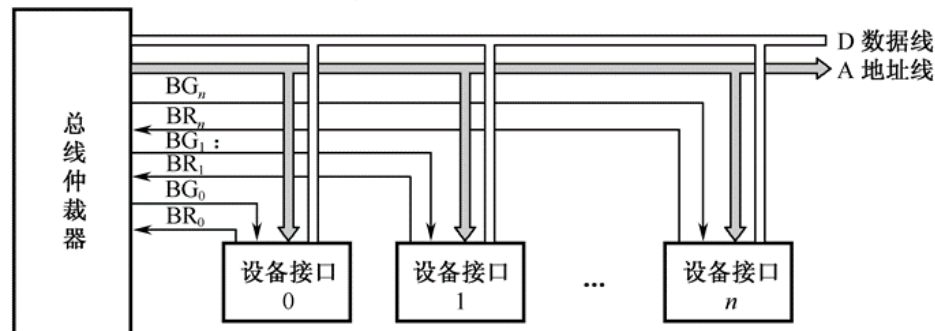
- 集中式仲裁
 - 通过总线仲裁部件确定由哪个设备占用总线
 - 总线请求—总线授权
 - BR (Bus Request)
 - BG (Bus Grant)
 - 总线仲裁器
 - 是一个单独功能模块
 - 单处理器系统中又称为总线控制器
 - BS/BR/BG→控制总线



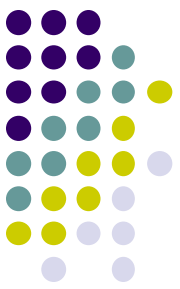
(a) 菊花链查询方式



(b) 计数器定时查询方式

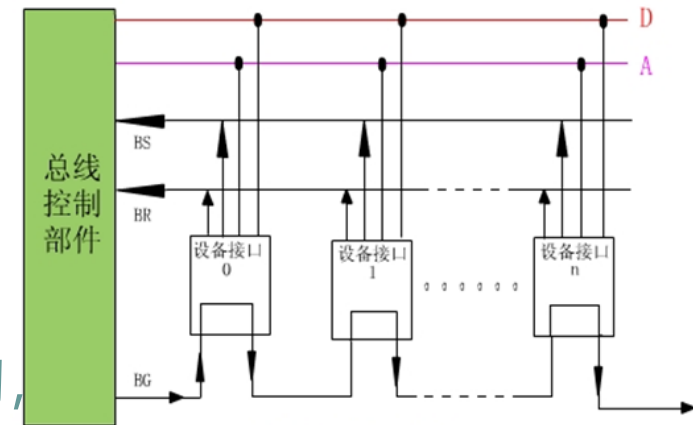


(c) 独立请求方式



1 链式查询方式——组成结构

- 组成结构 (3根线)
 - A表示地址线, D表示数据线
 - 总线占用状态
 - $BS=1$, 表示总线正被占用
 - 总线链式查询与反馈
 - 授权: BG线; 请求: BR线
- 查询方式
 - 收到总线请求, BG线顺序进行查询, 若有总线请求, 则不再向下查询
 - 该设备占用总线进行传输
- 实现
 - 利用与/或逻辑门屏蔽功能, 参考带符号乘法器中对2求补电路



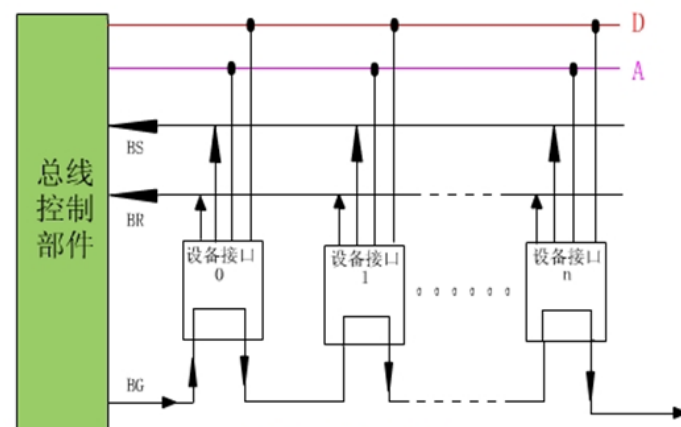
(a) 链式查询方式

图6.9 集中式总线仲裁方式

1 链式查询——工作流程



- 主设备发出请求信号
 - BR线置1
 - BR=1：控制部件明确至少一个设备准备进行总线传输
- 总线控制器进行判优（链式查询）
 - 条件：BS=0（总线空闲）
 - BG线（链式查询），依据与控制部件顺序进行逐个查询
 - 设备i：若接收BG=1，可截断BG传递，并设置BS=1
- 数据传送
 - 主设备开始传送数据



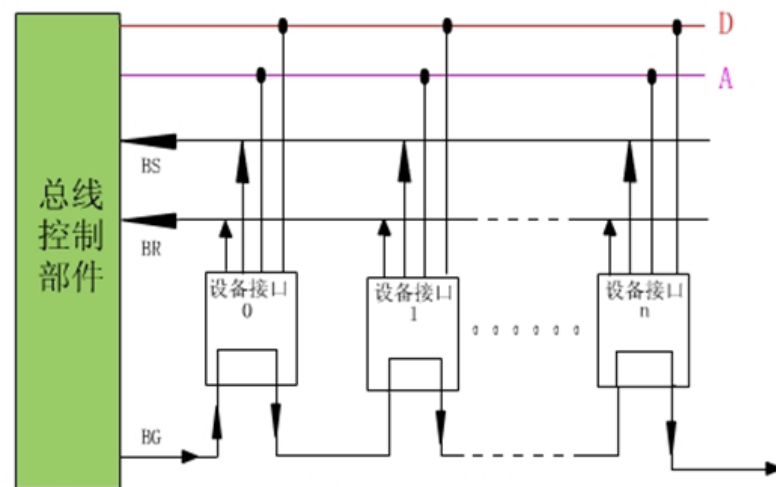
(a) 链式查询方式

图6.9 集中式总线仲裁方式

1 链式查询方式——优缺点

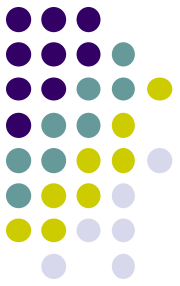


- 链式查询方式特点
 - 离中央仲裁器最近的设备具有最高优先权；离总线控制器越远，优先权越低
- 优点
 - 只用很少几根线就能按一定优先次序实现总线控制，并且这种链式结构很容易扩充设备
- 缺点
 - 对询问链的电路故障很敏感
 - 优先级固定
 - 优先级高部件可长期抢占总线



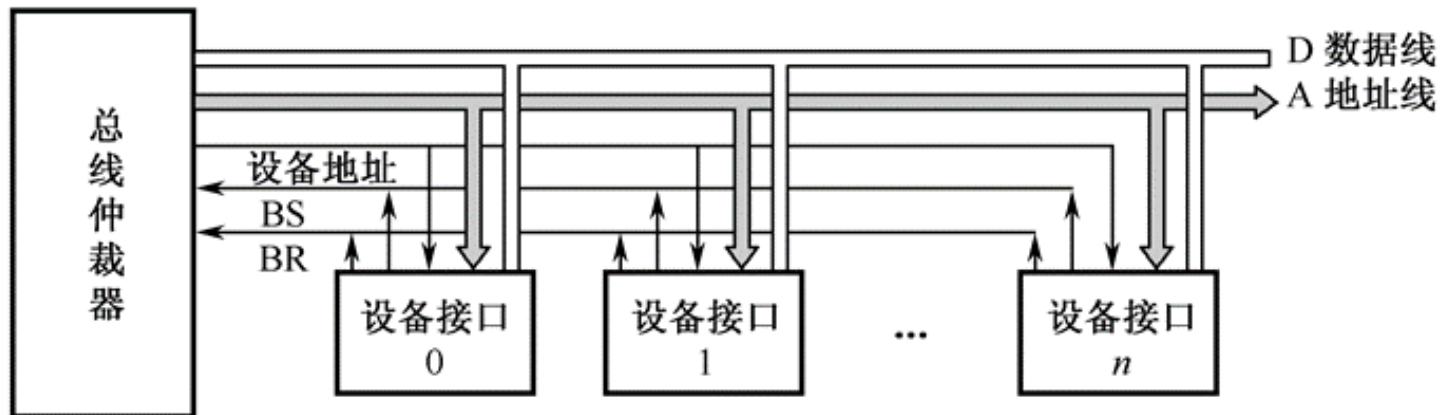
(a) 链式查询方式

图6.9 集中式总线仲裁方式



2 计数器定时方式——组成结构

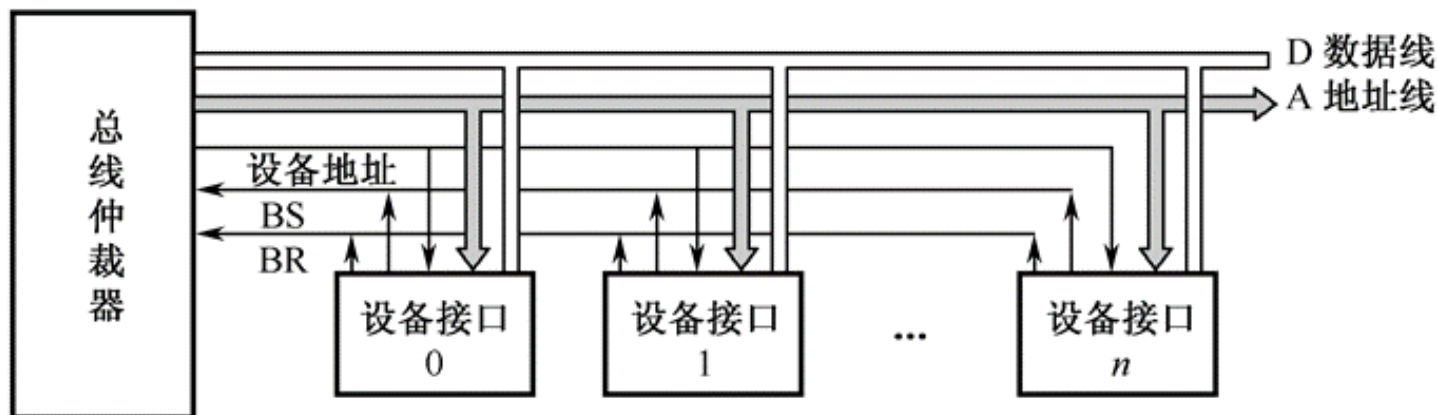
- 组成结构
 - 相比链式查询结构，将授权BG线替换为设备地址线
- 特点
 - 仍共用一条总线请求线
 - 总线控制器/仲裁器需增加计数功能
 - 设备地址线根数： $\lceil \log N \rceil$ （表示所有设备地址信息）
 - 总控制线根数： $\lceil \log N \rceil + 2$

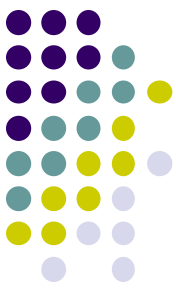




2 计数器定时方式——工作流程

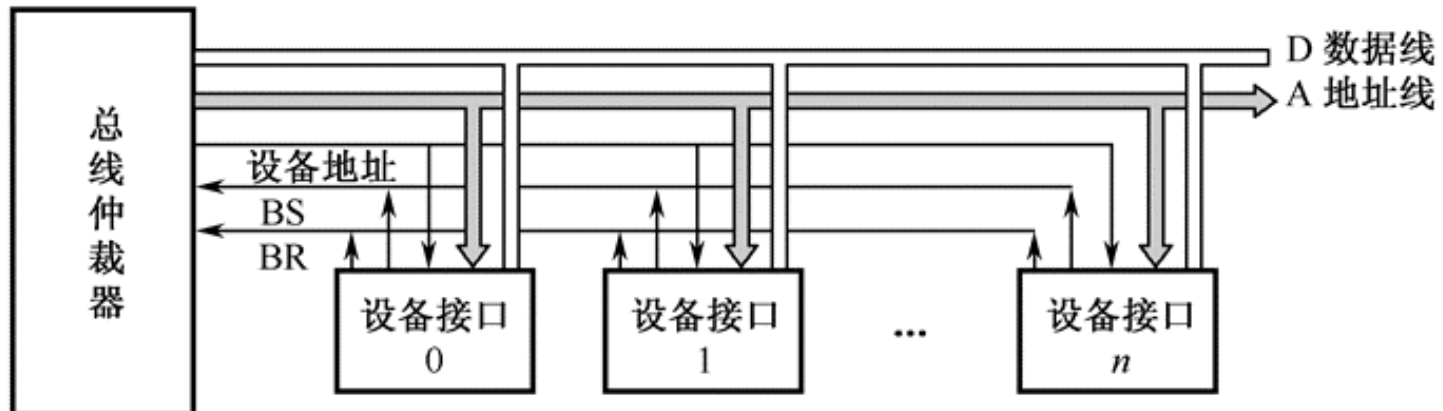
- 查询流程
 - 任一设备要求使用总线时，通过BR线发出总线请求
 - 中央仲裁器接到请求信号以后，在BS线为0的情况下让计数器开始计数，计数值通过一组地址线发向各设备
 - 每个设备地址判别电路，当地址线上的计数值与请求总线的设备地址相一致时，该设备置BS线为1，占用总线
 - 控制器准备接收数据，设备开始数据传输

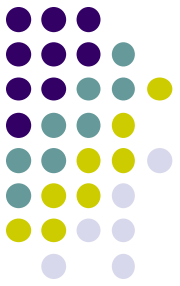




2 计数器定时方式——优缺点

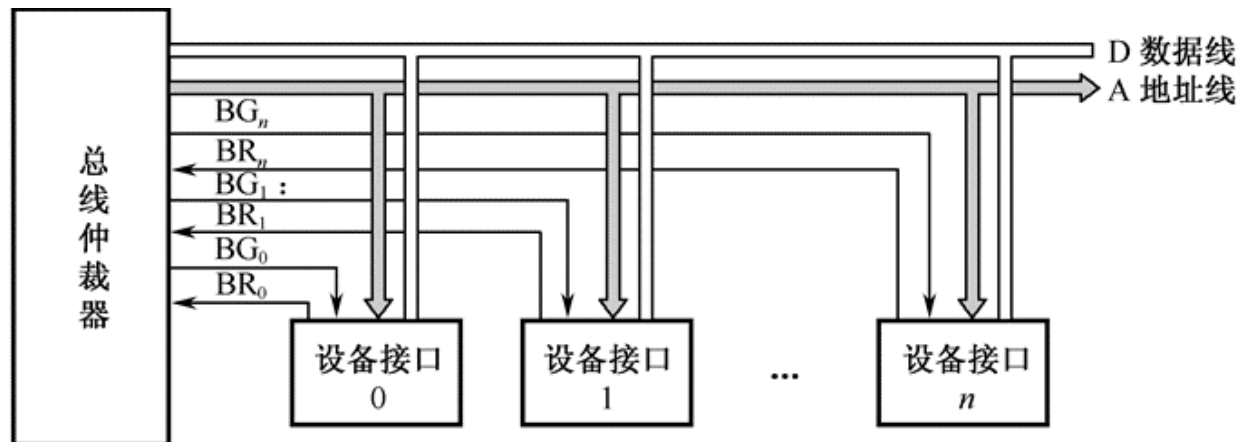
- 计数值设置
 - 每次计数可以从0开始，也可以从上次中止点开始
 - 如果从0开始，各设备的优先次序与链式查询法相同，优先级的顺序是固定的。如果从上次中止点开始，则每个设备使用总线的优级相等（循环优先级）
- 特点
 - 计数器的初值也可用程序来设置，可以改变优先次序
 - 需由总线仲裁器发出递增的设备地址，效率低，控制复杂

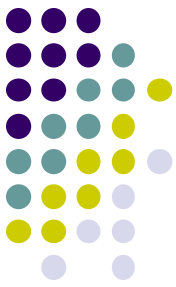




3 独立请求方式——组成结构

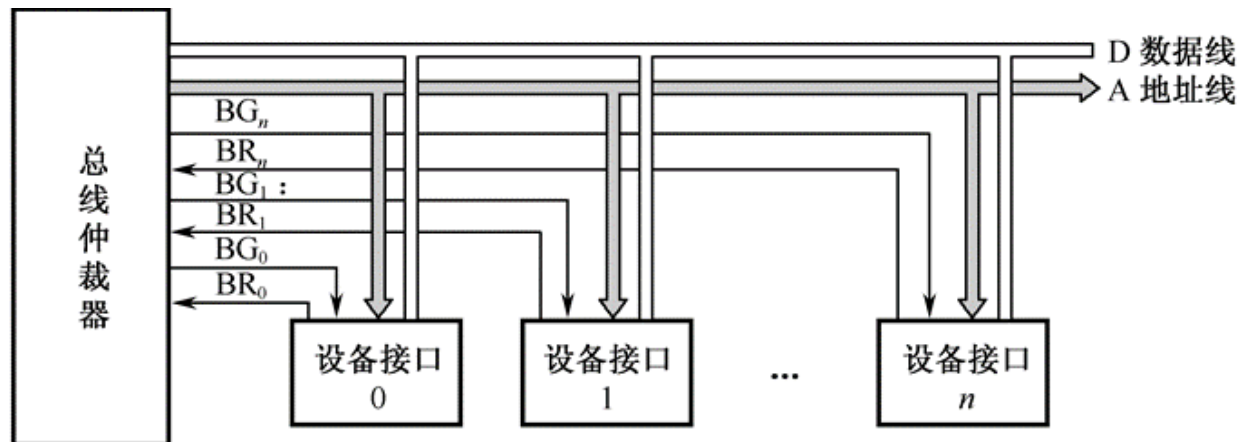
- 组成结构
 - 每个设备有独立的总线请求 BR_i 与总线授权 BG_i 线
- 特点
 - 设备独立拥有设备请求线与授权线
 - 总线仲裁器可了解所有设备请求情况，并独立进行授权
 - 仍需要1根BS线进行总线忙状态判定（下图未画出）
 - 总线根数： $2n+1$

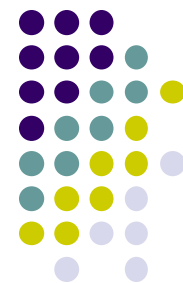




3 独立请求方式——工作流程

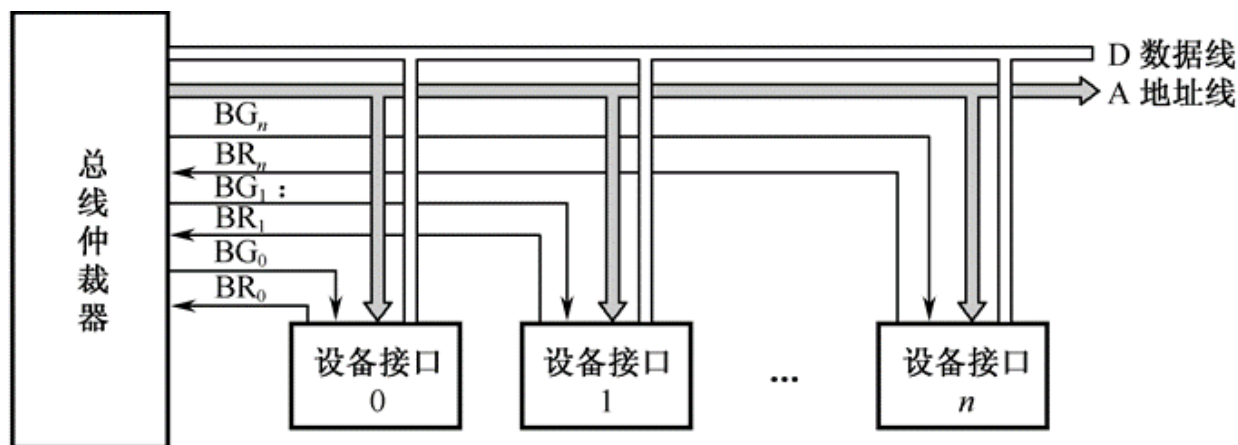
- 查询方式
 - 设备根据需求发出总线请求信号 BR_i
 - 若 $BS=0$ ，总线仲裁器收取BG线设备总线请求情况，并准备进行判优
 - 总线仲裁器中有一个排队电路，根据一定的优先次序决定首先响应哪个设备的请求，给设备以授权信号 BG_i
 - 设备收到授权信号后占用总线

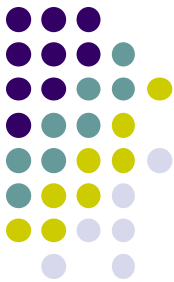




3 独立请求方式——优缺点

- 优点
 - 不需要进行查询，响应时间快
 - 优先次序的控制相当灵活
 - 可以预先固定，也可以通过程序来改变优先次序
 - 还可以用屏蔽请求的办法
 - 当代总线标准普遍采用独立请求方式
- 缺点：控制线数量多，控制逻辑复杂





集中式仲裁方式总结

仲裁方式 对比项目	链式查询	计数器定时查询	独立请求
控制线数	3 总线请求：1 总线允许：1 总线忙：1	$\lceil \log_2 n \rceil + 2$ 总线请求：1 总线允许： $\lceil \log_2 n \rceil$ 总线忙：1	$2n + 1$ 总线请求：n 总线允许：n 总线忙：1
优点	优先级固定 结构简单，扩充容易	优先级较灵活	响应速度快 优先级灵活
缺点	对电路故障敏感 优先级不灵活	控制线较多 控制相对复杂	控制线多 控制复杂

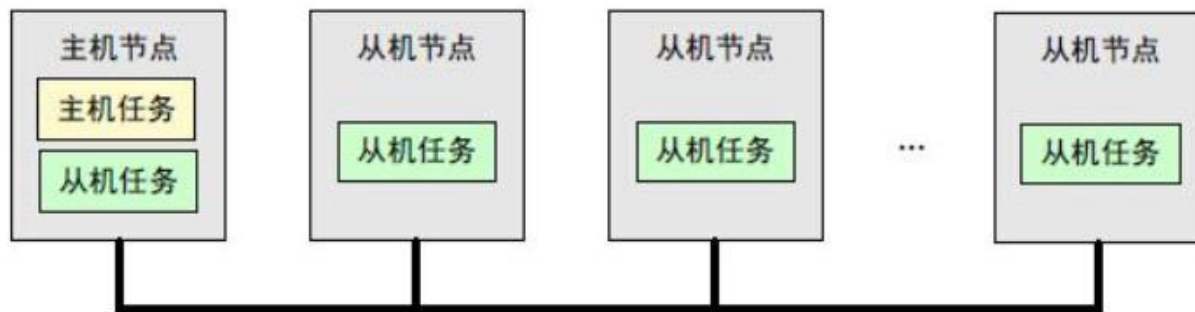
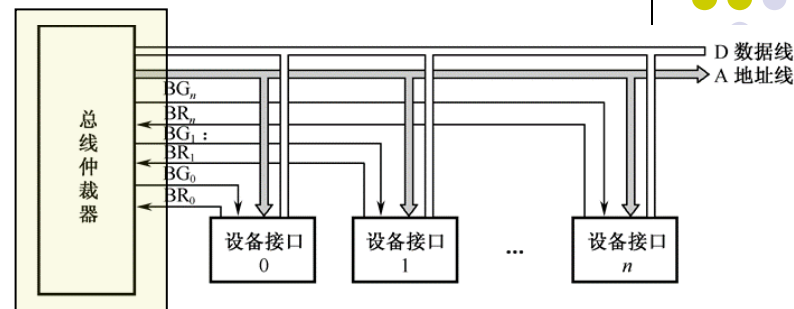


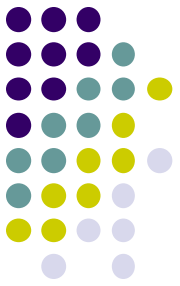
第六章 总线系统

- 总线的仲裁
 - 仲裁基本概念
 - 集中式仲裁
 - 分布式仲裁（了解）
- 总线的通信控制

分布式仲裁场景

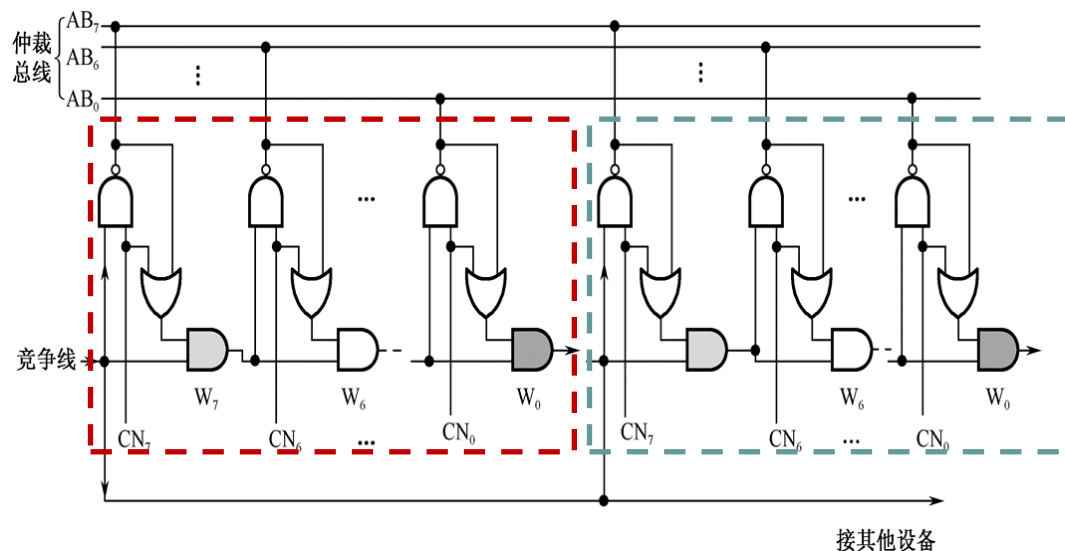
- 集中式仲裁
 - 适用：单机系统
 - 集中式总线仲裁器：CPU
 - 容易实现独立仲裁方式（独立的一对BR、BG线）
- 分布式仲裁
 - 适用：多主机系统
 - 无集中式仲裁器，从机节点间需要进行分布式仲裁
 - 每个从机具有一个唯一仲裁号CN（CN7~CN0）
 - 从机竞争仲裁总线，最后获胜者仲裁号留在仲裁线



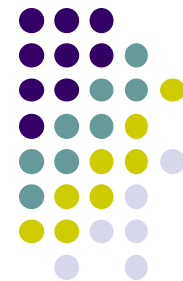


分布式仲裁基本思路（协议）

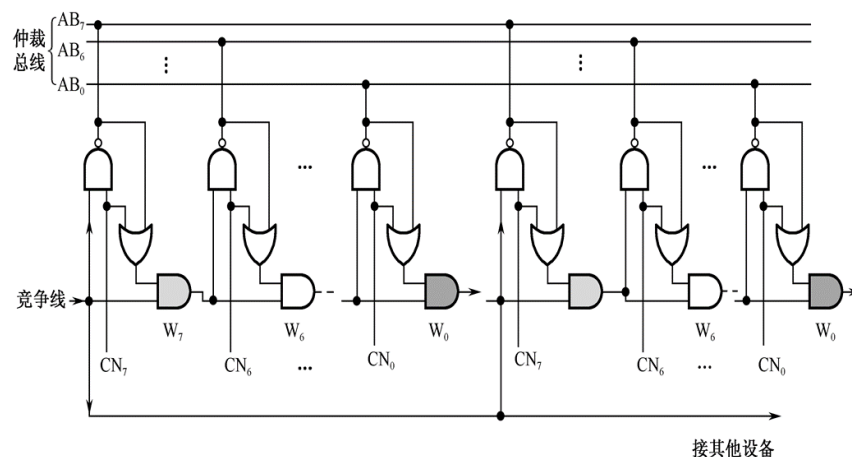
- 不需要中央仲裁器，而是多个仲裁器竞争使用总线
- 当它们有总线请求时，把它们唯一的仲裁号发送到共享的仲裁总线上，每个仲裁器将仲裁总线上得到的号与自己的号进行比较。如果仲裁总线上的号大，则它的总线请求不予响应，并撤消它的仲裁号（优先级比较）
- 最后，获胜者的仲裁号保留在仲裁总线上

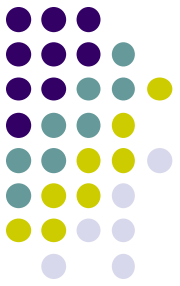


分布式仲裁举例



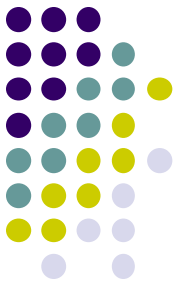
- 两个从机设备仲裁号
 - 设备1：1010 1110、设备2：0110 1000
 - 第一轮：将仲裁号发布至总线AB 0001 0001 (1110 1110)
 - 设备1保留：1000 0000 (设备2, CN6为1)
 - 设备2保留：0000 0000 (设备1, CN7为1, 退出竞争)
 - 第二轮：根据第一轮结果继续竞争 AB: 0101 0001
 - 设备1：1111 1111 (对应设备1占用总线)





第六章 总线系统

- 总线的仲裁
- 总线的通信控制
 - 总线的定时
 - 总线数据传送模式

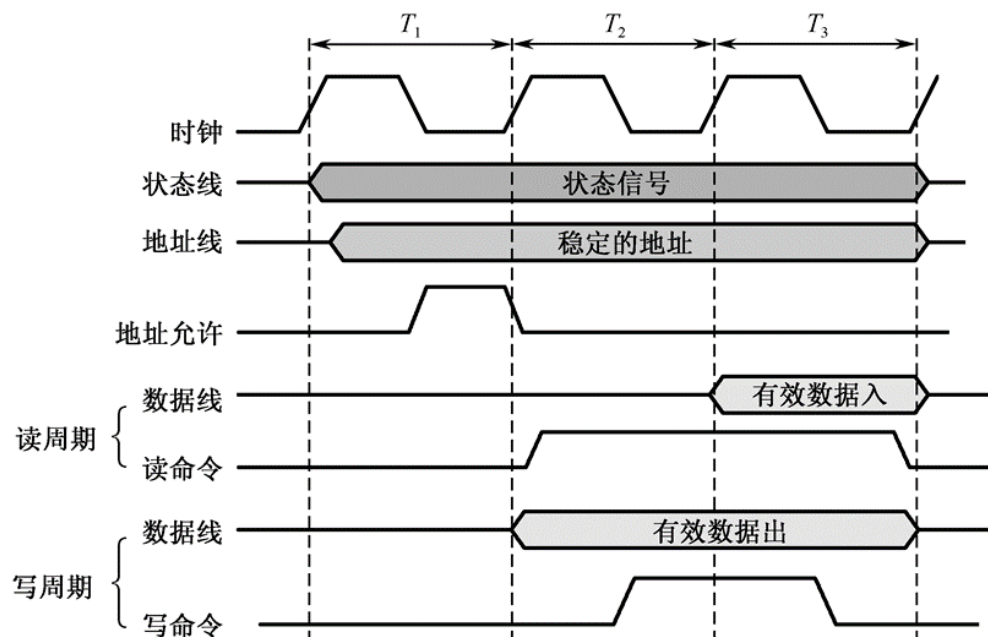


总线周期

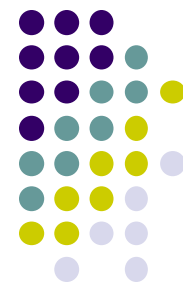
- 总线的一次信息传送过程，大致可分为如下五个阶段
 - 请求总线
 - 总线仲裁
 - 寻址（目的地址）
 - 信息传送
 - 状态返回（或错误报告）
- 为了同步主方、从方的操作，必须制订定时协定
- 定时：事件出现在总线上的时序关系
- 数据传送中常用定时方式
 - 同步定时
 - 异步定时

同步定时

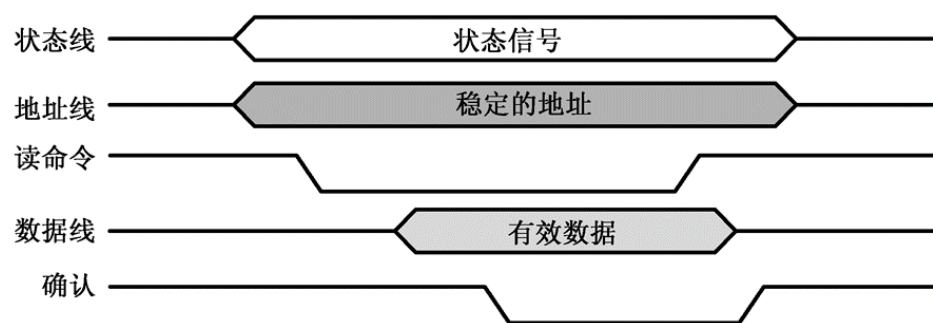
- 事件出现在总线时刻由**总线时钟信号**决定，**总线包含时钟信号线**
- 时序特点
 - 事件出现在时钟信号上升沿
 - 大多数只占单一时钟周期
- 优点
 - 采用公共时钟，**效率较高**
 - 适用于传输距离较短，各模块存取时间相对比较接近



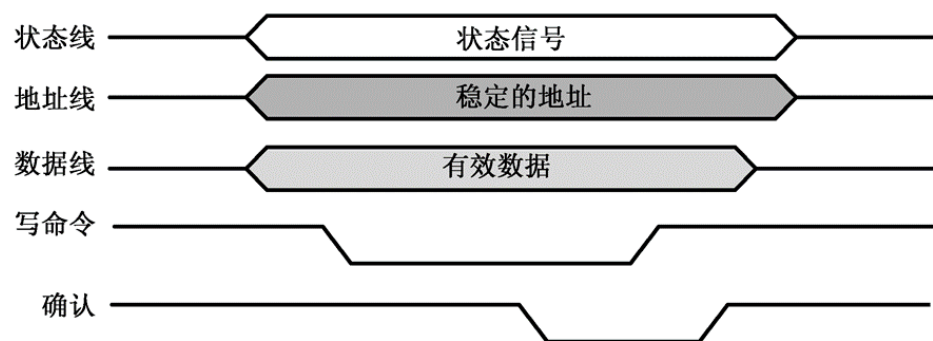
异步定时



- 事件出现在总线时刻由**前一事件**的出现决定，即**基于应答式/互锁机制**
- 不需要统一的公共时钟信号
- 特点
 - 应答式机制中，需等待确认信号有效后，才能撤销数据
- 优点
 - 总线周期长度可变，允许快速和慢速模块都能连接到同一总线上



(a) 系统总线读周期

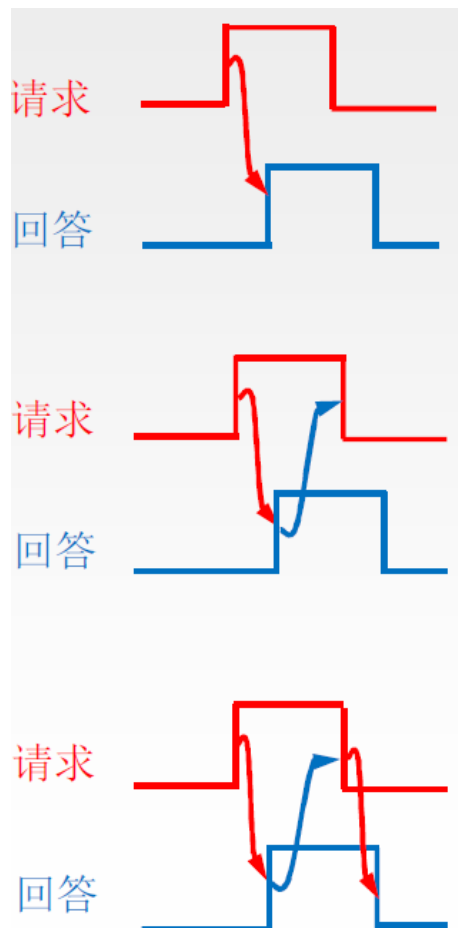


(b) 系统总线写周期

异步定时——分类



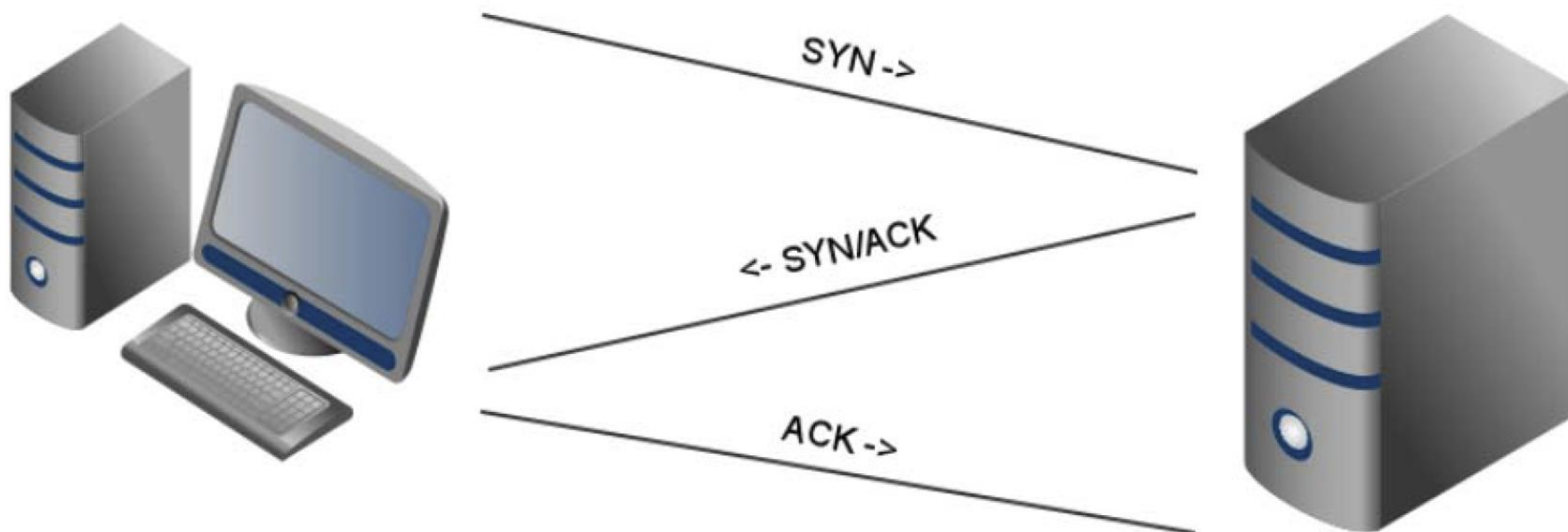
速度快
可靠差



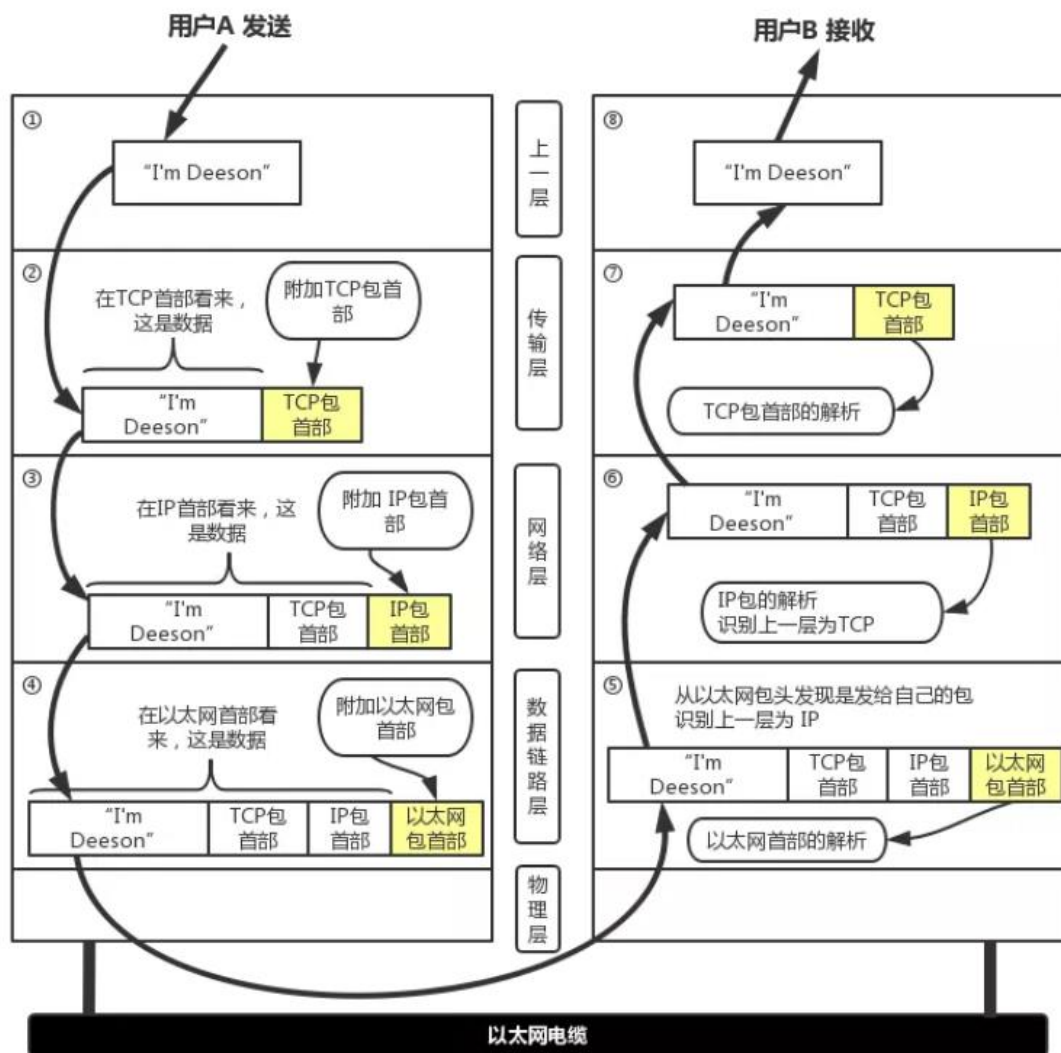
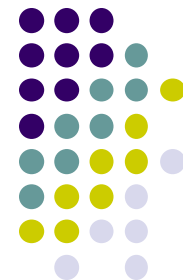
- 不互锁方式
 - 请求与回答信号均定时自动撤销
 - 不需要等待对方回应
- 半互锁方式
 - 主设备请求信号必须等到回答信号有效后撤销
 - 回答信号定时自动撤销
- 全互锁方式
 - 请求与回答信号均等待对方回应撤销

速度慢
高可靠

异步定时——TCP三次握手

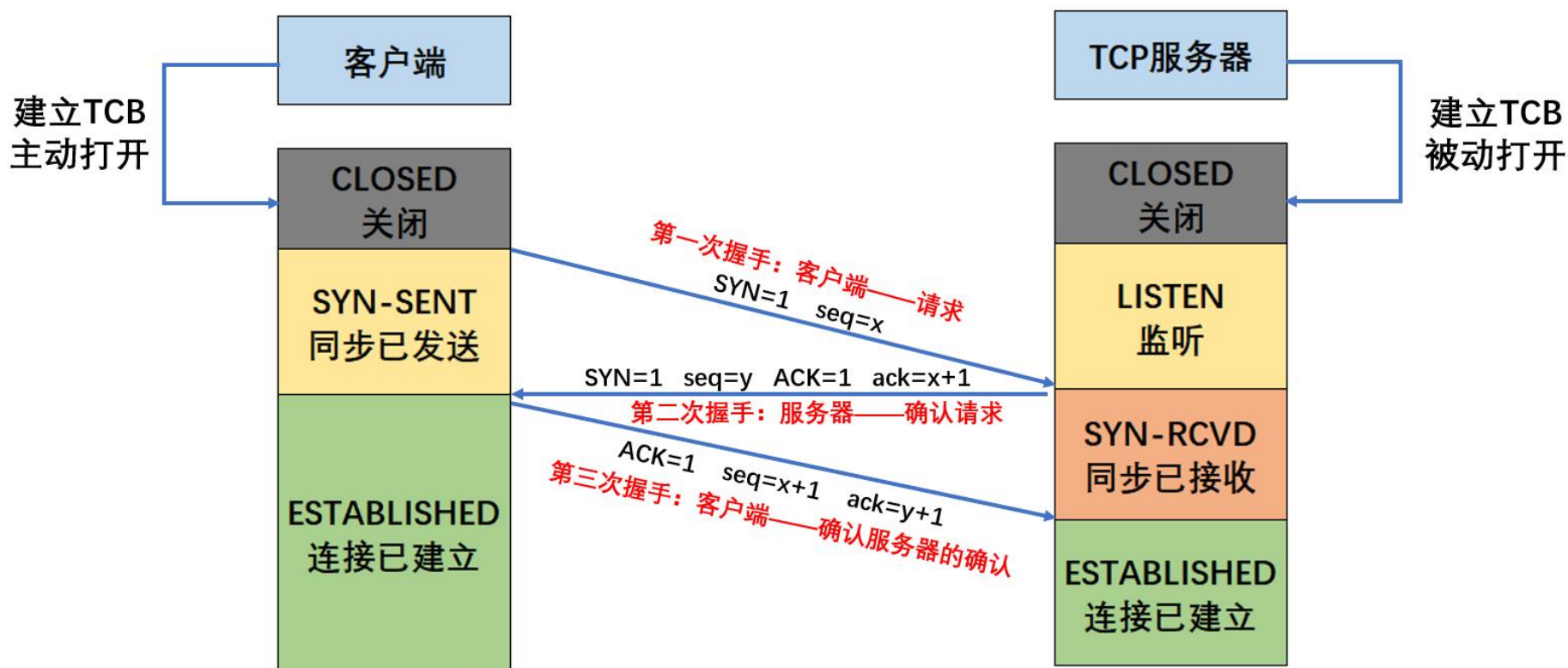


异步定时——TCP三次握手





异步定时——TCP三次握手



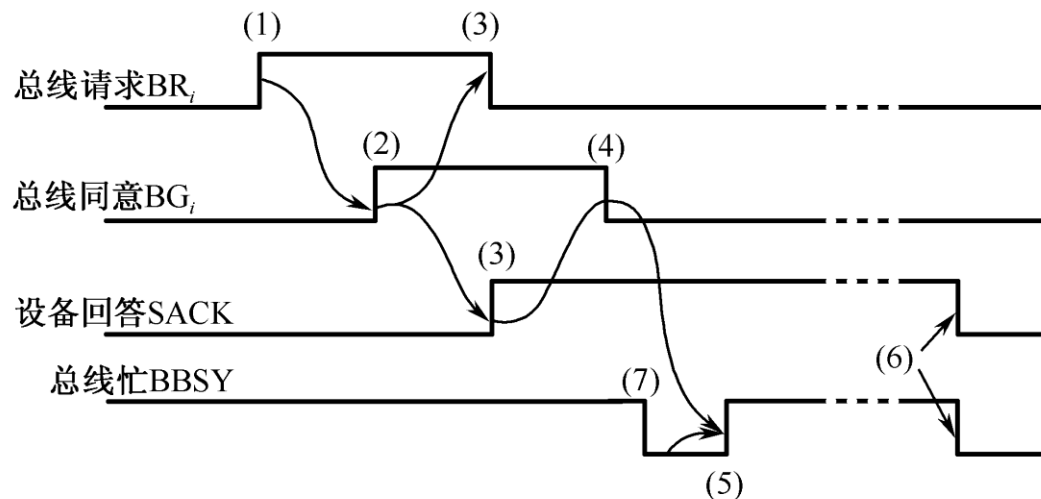


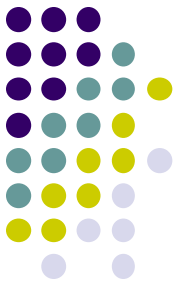
【例3】某CPU采用集中式仲裁方式，使用独立请求与菊花链查询相结合的二维总线控制结构。

每一对请求线 BR_i 和授权线 BG_i 组成一对菊花链查询电路。每一根请求线可以被若干个传输速率接近的设备共享。

当这些设备要求传送时通过 BR_i 线向仲裁器发出请求，对应的 BG_i 线则串行查询每个设备，从而确定哪个设备享有总线控制权。

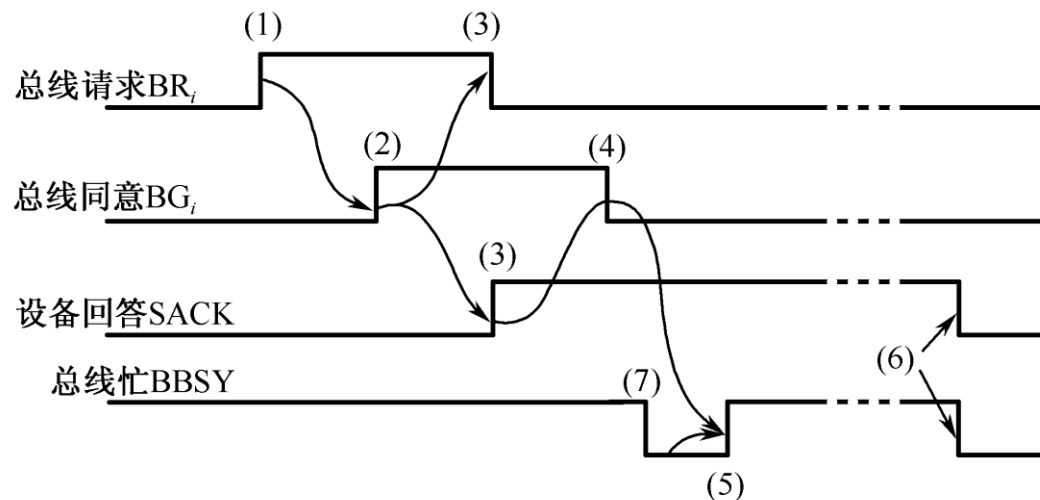
请分析说明图6.14所示的总线仲裁时序图。





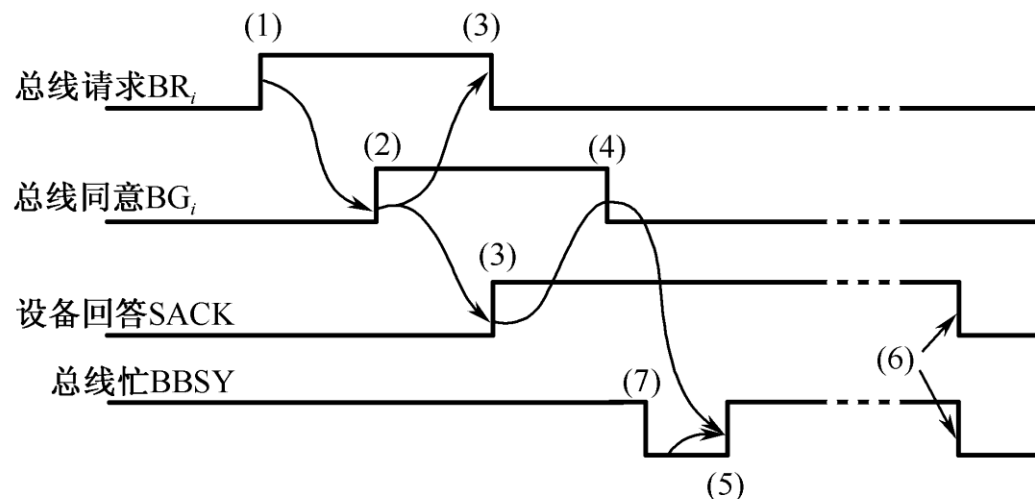
解：从时序图看出，该总线采用**异步定时协议**。

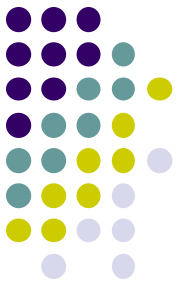
- 当某个设备请求使用总线时，在该设备所属的请求线上发出申请信号 BR_i (1) 。
- CPU按优先原则同意后给出授权信号 BG_i 作为回答 (2) 。
- BG_i **链式查询各设备**，并上升从设备回答 $SACK$ 信号证实已收到 BG_i 信号 (3) 。
- CPU接到 $SACK$ 信号后下降 BG 作为回答 (4) 。





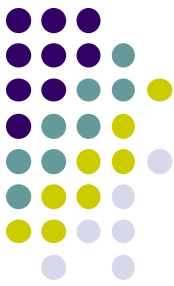
- 在总线“忙”标志BBSY为“0”情况该设备上升BBSY，表示该设备获得了总线控制权，成为控制总线的主设备（5）。
- 在设备用完总线后，下降BBSY和SACK（6）
- 释放总线。
- 在上述选择主设备过程中，可能现行的主从设备正在进行传送。此时需等待现行传送结束，即现行主设备下降BBSY信号后（7），新的主设备才能上升BBSY，获得总线控制权。





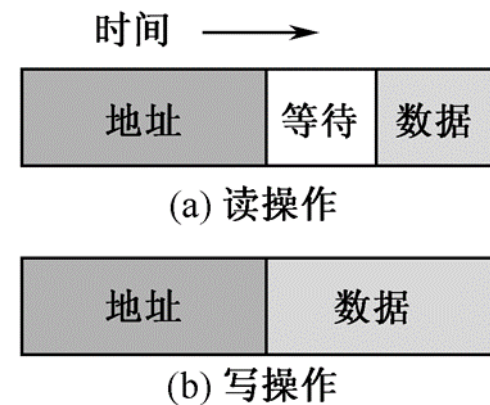
第六章 总线系统

- 总线的仲裁
- 总线的通信控制
 - 总线的定时
 - 总线数据传送模式

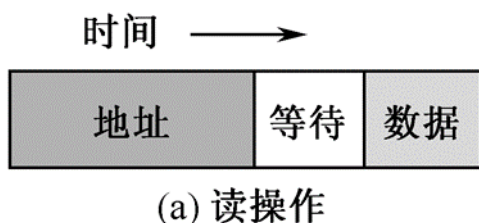


读、写操作

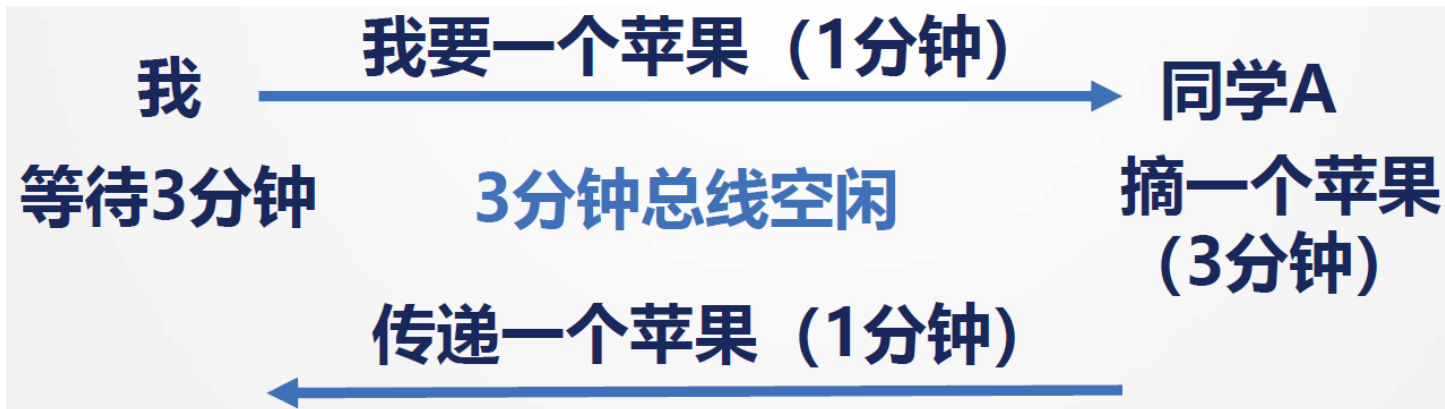
- 读操作是由从方到主方的数据传送；
写操作是由主方到从方的数据传送。
- 读写传输过程
 - 主方先以一个总线周期发出命令和从方地址，经过一定的延时再开始数据传送总线周期。
 - 为了提高总线利用率，减少延时损失，主方完成寻址总线周期后可让出总线控制权。然后再重新竞争总线，完成数据传送总线周期（分离式通信）



分离式通信—对比



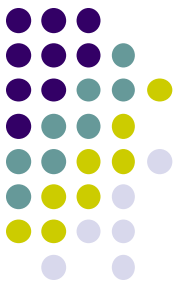
主模块发出地址、命令	占用总线
从模块准备数据	不占用总线
从模块发出数据	占用总线





分离式通信—对比



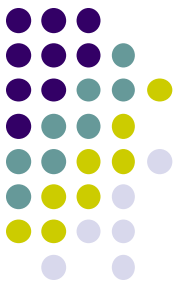


块传送操作

- 块传送操作
 - 只需给出块的起始地址，然后对固定块长度的数据一个接一个地读出或写入
 - 对于CPU（主方）存储器（从方）而言的块传送，常称为猝发式传送，其块长一般固定为数据线宽度（存储器字长）的4倍
 - 例如一个64位数据线的总线，一次猝发式传送可达256位。这在超标量流水中十分有用

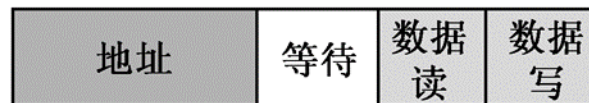


(c) 成块数据传送

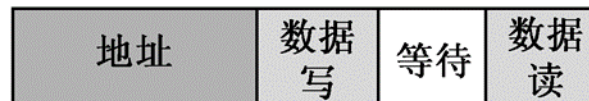


写后读、读修改写操作

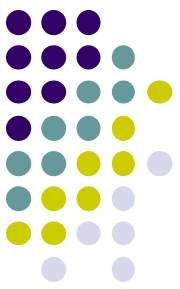
- 这是两种**组合操作**。只给出地址一次（表示同一地址），或进行**先写后读操作**，或进行**先读后写操作**。
- 前者用于校验目的，后者用于多道程序系统中对共享存储资源的保护。
- 这两种操作和猝发式操作一样，主方掌管总线直到整个操作完成。



(d) 读-修改-写操作

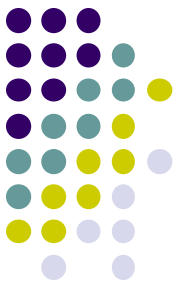


(e) 写后读操作

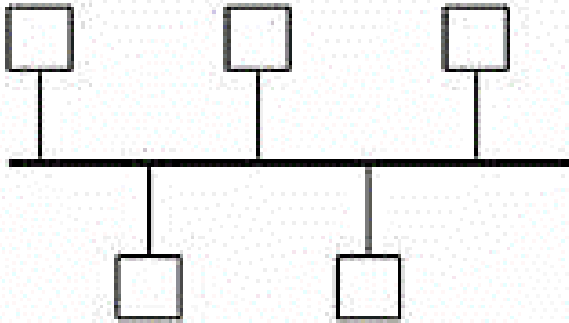


广播、广集操作

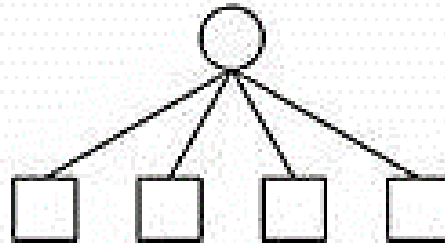
- 广播、广集操作
 - 一般而言，数据传送只在一个主方和一个从方之间进行
 - 但有的总线允许一个主方对多个从方进行写操作，这种操作称为广播
 - 与广播相反的操作称为广集，它将选定的多个从方数据在总线上完成AND或OR操作，用以检测多个中断源



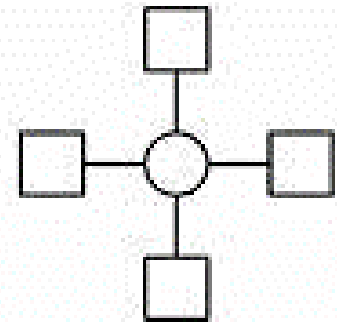
回顾：总线结构



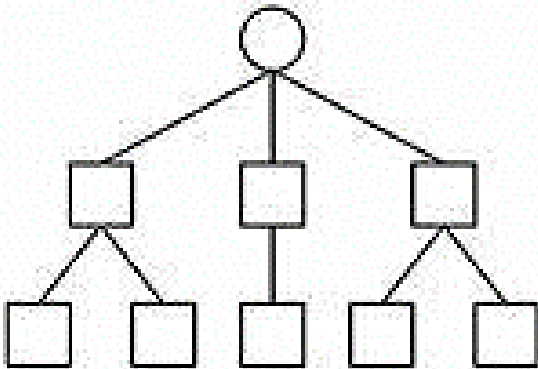
(一) 总线型拓扑结构图



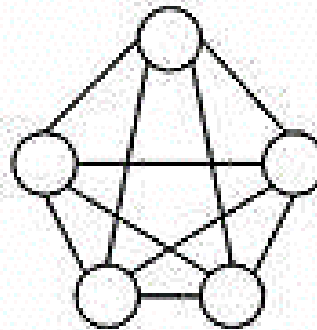
(二) 星型拓扑结构图



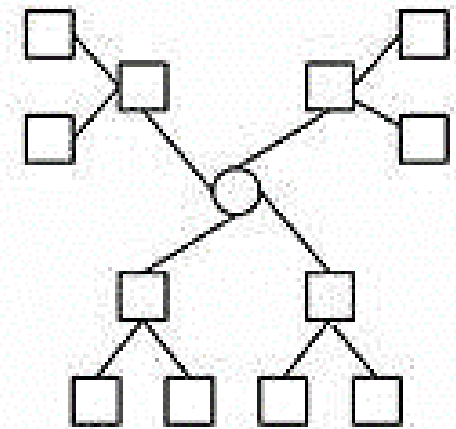
(三) 环型拓扑结构图



(四) 树型拓扑结构图



(五) 网状型拓扑结构图



(六) 混合型拓扑结构图

思考——CSMA/CD



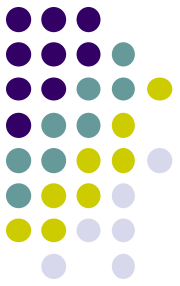
- 与集中式仲裁/分布式仲裁有何区别?
- 两种方式的优劣对比?



选择题

- 集中式总线仲裁中， ____方式响应时间最快， ____方式对电路故障最敏感。
 - A. 菊花链方式
 - B. 独立请求方式
 - C. 计数器定时查询方式

B、 A



选择题

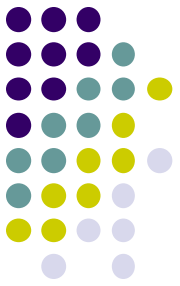
- 以RS232为接口，进行7位ASCII码字符传送，带1位奇偶校验和2位停止位，当波特率为9600时，字符传送率为_____。

A. 960

B. 873

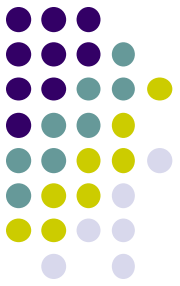
C. 1371

D. 480



选择题

- 下列各项中，_____是同步传输的特点。
 - A. 需要应答信号
 - B. 总线长度较长
 - ☒ C. 各部件存取时间比较接近
 - D. 总线周期长度可变



选择题

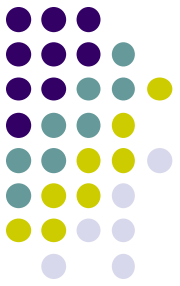
● 下列各项中，应采用异步传输方式的是_____。

A. I/O接口与打印机交换信息

B. CPU与存储器交换信息

C. CPU与I/O接口交换信息

D. CPU与系统总线



选择题

- 单总线结构中系统总线中地址线的功用是_____。
- A. 用于选择主存单元
- B. 用于选择信息传输的设备
- ☒ C. 用于指定主存和I/O接口电路的地址
- D. 用于传送主存物理地址和逻辑地址

总线共享与判决

集中式判决

链式查询方式

计数器查询方式

独立查询方式

总结表格

分布式判决

原理、特点

总结



实现不同模块正确通信

总线通信控制

通信控制方式

总线通信流程

申请分配（仲裁）

寻址阶段

传输阶段

结束阶段

定时、协议

定时方式

同步通信

异步通信（不互锁/半互锁/互锁）

总线传送方式

读写操作（分离式通信）

块传送（猝发式传送）

写后读、读修改写

广播（数据传送）、广集（中断判别）