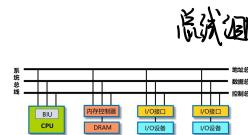


总线概述 → 各功能部件间传递信息的公共通路，提供数据交换时所需的地址、地址、时序和控制信息，不应成为计算机性能瓶颈

各部件间的物理接口遵循协议/标准 | 早期总线指信息传递的公共通路，现代总线指通信系统，包含通信控制器、接口、协议连接方式可以是点对点、菊花链、交换结构，减少通信复杂度，提高集成度、扩展性

总线分类
数量：并行传输 — 单行传输 —
传输方向：单向传输 — 双向传输 —
传输速度：高速 — 低速 —
时序控制：同步 — 异步 —
连接部件：片内 (CPU 功能单元间) AMBA, wishbone
系统 (系统内部部件间) PCI, AGP
外部 SPI, I²C, USB, 火线
I/O (I/O 设备间) PCIe, SATA



■ 总线复用技术
□ 可减少引脚，降低成本，性能下降
■ 总线设备分类
□ 主设备、从设备、总线主控技术

标准与特性

物理规范 — 总线的物理连接方式：根数、插头/座形状、总线的非剥线方式
电气规范 — 信号传输距离及有效电平、单双向、电平高/低有效及范围
功能规范 — 信号有效功能
连接规范 — 信号有效时序关系、同步、多路复用、地址和数据线是否共用同一物理总线

性能指标
总线宽度

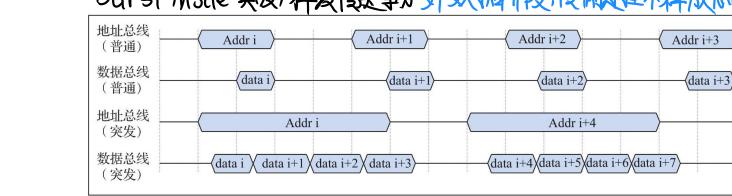
总线传输周期 包含新总线时钟周期(申请、寻址、传输、结束)
单时钟传输次数 (DDR → 上升沿传输：2次；QDR = 4读写并行)
总线带宽 总线最高传输速率 Bytes/s 不考虑申请、寻址开销
同步总线带宽 = 总线宽度 × 总线时钟频率 × 单时钟传输次数
还会影响类型：是否采用突发模式、有无总线复用、总线访问方式等影响

传输机制

- 总线申请（总线仲裁）
部件提出请求，控制器决定使用权分配
- 地址阶段（总线寻址）
至设备通过总线发出从部件存储器地址或功地址及命令，并启动从设备
- 数据阶段（数据传输）
部件撤销申请，以便总线控制器重新分配总线使用权
- 结束阶段

* Bus Transaction 总线事务：总线上从设备之间的消息交换 ⇒ 一个总线周期发生的一系列活动

典型事务：有读写、I/O 读/写、中断响应、DMA 响应
Burst Mode 突发/猝发传递事务：多个数据阶段，传输过程不释放总线



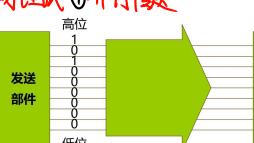
2. 信息传递

a. 数据传递模式 (主从之间信息交互模式)

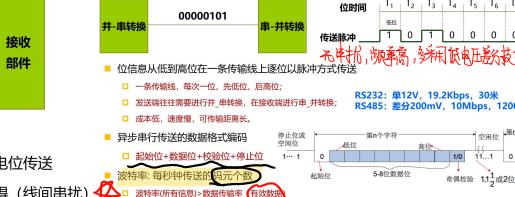
读/写操作；块传送操作(突发发送)；读后读、读修改
写操作(FC 标准/有错保护)；广播/广播操作 | 广播 - 对多

b. 信息传输方式

① 并行传送 SCSI → SAS; PATA → SATA; PCI → PCIe



② 串行传送



每位数据一条传输线，并行传送，采用电位传送

传送速度快，传输距离短，存在高频障碍 (线间串扰)

双工串行总线总线传送连续“1”或多个连续“0”时考虑直流失衡问题

③ 并行传送

PCIe, SRIO, HT, QPI

串行总线解决了线间串扰导致的高频传输的问题，但带宽有限

高速串行总线普遍采用多组串行通路并发来提升总线带宽

如 PCIe x1、x4、x16 中的数字就是并发通路数

串行总线带宽 = 总线时钟频率 × 编码效率 × 并发通路数

总线标准	总线宽度	传输方向	总线时钟频率	编码效率	总线带宽
PCIe 1.0	1	全双工	2.5 GHz	8bit/10bit	250 MB/s
PCIe 3.0 x16	1~16	全双工	8 GHz	128bit/130bit	15.6GB/s
IEEE1394b	1	半双工	4 GHz	8bit/10bit	400MB/s
USB 3.0	1	半双工	5 GHz	8bit/10bit	500MB/s
SATA-3	1	半双工	6 GHz	8bit/10bit	600MB/s

2022年1月发布 PCIe 6.0 ×16 通道的双向带宽达到了 256GB/s，高速并行端口是发展方向

④ 分时传送

总线功能复用 ⇒ 地址/数据复用，数据读写复用
⇒ 减少线缆，降低成本

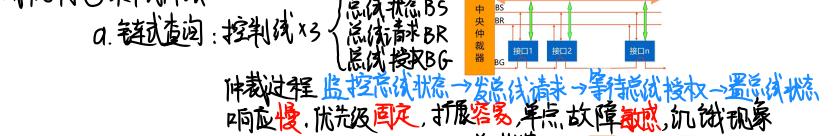
部件分时复用 ⇒ 总线仲裁

3. 总线仲裁：对总线使用进行合理的分配和管理

部件要使用总线进行通信时，向控制器发送请求信号

控制器根据部件的优先级决定谁使用总线

仲裁机制 ① 集中式仲裁



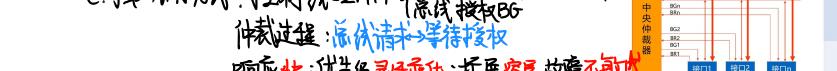
仲裁过程 监控总线状态 → 发总线请求 → 等待总线授权 → 赋总线状态
响应慢，优先级固定，扩展容易，单点故障敏感，沉睡现象



仲裁过程 设备请求 → 仲裁器给出地址计数 → 总线控制器通过遍地址计数来判断



仲裁过程 总线请求 → 仲裁器给出地址计数 → 总线控制器通过遍地址计数来判断
响应快，优先级灵活变化，扩展容易，故障不敏感



仲裁过程 总线请求 → 等待授权
响应快，优先级灵活变化，扩展容易，故障不敏感

	链式查询方式	计数器定时查询	独立请求方式
控制线	BS, BR, BG 共3根	BS, BR, log ₂ n 共2+log ₂ n 根	n组(BR, BG)、BS 共2n+1根
响应速度	慢	慢	快
优先级	优先级固定	可作适当变化	可作灵活的变化
故障敏感度	非常敏感	不敏感	不敏感
扩展方式	容易	难	容易

② 分布式仲裁：仲裁逻辑在各设备中

- 自举仲裁：每个设备检测具有更高优先级的请求信号，逻辑简单，信号连线多
- 并行竞争式：每个设备有优先级编号，通过线或比较大小，数字较小退出；简单，连线少
- 冲突检测分散式：发起申请，有冲突则随机延迟，然后再次申请，获得使用权后还需监听一段时间；优先级相同，以太网采用此策略

③ 半同步定时：同步时钟控制下进行采样和发送

c. 半同步定时：同步时钟控制下进行采样和发送

d. 异步事务通信：请求与响应分离提高总线利用率

