

第六章：总线系统

▼ 特性与分类

▼ 按数据传输格式分类

1. 串行总线

优点：便于布线，适合长距离

缺点：接口需单独硬件

2. 并行总线

优点：电路实现简单

缺点：布线占用空间大，成本高，信号线间干扰工作频率受限

并行不一定比串行快

▼ 按总线功能分类

1. **内部总线**：CPU内部连接寄存器和运算器部件之间的总线

2. **系统总线**：连接计算机系统各功能部件（CPU、主存、I/O接口）

- 数据总线（DB）：**双向** 传输各功能部件的**数据**信息（指令、操作数等）
- 地址总线（AB）：**单向** 传输地址信息（主存/I/O端口地址）
- 控制总线（CB）：**单根单向，有出有入** 传输控制信息

3. **通信（I/O）总线**：连接计算机系统之间、计算机系统与其他系统

▼ 按时序控制方式分类

1. 同步总线：控制线中有同一时钟信号

2. 异步总线：采用握手协议

▼ 总线的特征

物理特征

功能特征

- **地址总线宽度→访存范围**
- **数据总线宽度→一次交换数据位数**

电气特征

时间特征

▼ 总线结构

▼ 内部（CPU）总线结构

1. 单总线结构运算器

- 所有部件连接到同一总线
- 同一时刻仅允许一个操作数出现在总线上
- ADD 1, 2 需要2个（输入）+1个（输出）时钟周期

2. 双总线结构运算器

- ALU输入端由不同总线连接
- 两个操作数可同时送入ALU
- ADD 1, 2 需要1个（输入）+1个（输出）时钟周期

3. 三总线结构运算器

- ALU输入端、输出端由不同总线连接
- ADD 1, 2 需要1个（输入输出）时钟周期

▼ 系统总线结构

1. 单总线结构

- 单一总线连CPU、内存、I/O设备
- 编址：外部设备与内存同一编址
- 优点：易扩展，控制逻辑简单，硬件易实现。
- 缺点：运行速度差异（慢速IO设备）影响效率，吞吐量受限。

● 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

2. 双总线结构

- 主存总线（CPU、主存、通道间传送）、IO总线（外部设备与通道间传送）
- 支持**猝发传送**：送出一个地址，收到多个地址连续的数据
- 优点：平衡CPU和各个设备之间的同步
- 缺点：CPU频繁进行主存总线控制

3. 三总线结构

- 主存总线、I/O总线、DMA总线（直接内存存取）
- 优点：提高I/O设备性能，提高系统吞吐量
- 缺点：系统工作效率低

4. 多总线结构

▼ 总线性能指标

1. 周期/频率

a. 总线传输周期/工作频率

- 一次总线操作所需时间（频率）
- 由若干总线时钟周期构成

b. 总线时钟周期/频率

2. 位宽

一次操作可以传输的**数据位数**（单位bit）

3. 带宽

总线本身所能达到的**最高传输速率**（单位Mbps、MB/s 区别于有效速率）

▼ 例题

某总线在一个总线周期中并行传送64位的数据
假设一个总线周期等于一个总线时钟周期，总线
时钟频率为66MHz
问总线带宽是多少？

- 总线位宽 * 总线工作频率
(1/总线周期)
- 总线位宽D:
64bit=8Byte
- 总线频率f: 66MHz
- $D_r = D * f = 8B \times 66MHz = 528$
MB/s

例. 某同步总线采用数据线和地址线复用方式，其中地址/数据线有32根，总线时钟频率为66MHz，每个时钟周期传送两次数据（上升沿和下降沿各传送一次数据）。

- 1) 该总线的最大数据传输率（总线带宽）是多少？
- 2) 若该总线支持突发（猝发）传输方式，传输一个地址占用一个时钟周期，则一次“主存写”总线事务传输128位数据所需要的时间至少是多少？

1) 每个时钟周期传送两次数据 → 总线工作频率是时钟频率的两倍

$$\text{总线工作频率} = 2 \times 66MHz = 132MHz$$

$$\text{总线宽度} = 32bit = 4B$$

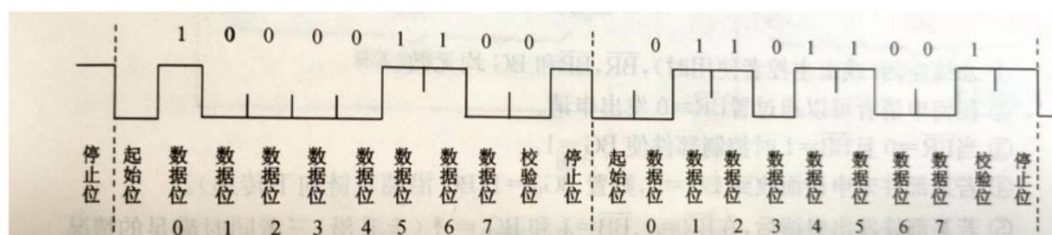
$$\text{总线带宽} = \text{总线工作频率} \times \text{总线宽度} = 132 \times 4 MB/s = 528 MB/s$$

2) 突发(猝发)传输方式：一次总线事务中，主设备只需给出一个首地址，从设备就能从首地址开始的若干连续单元读出或写入多个数据。

发送首地址占用1个时钟周期，128位数据需传输4次，占用2个时钟周期

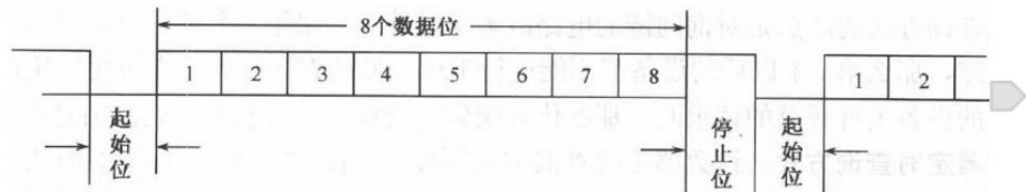
$$\text{一个时钟周期} = 1/66MHz \approx 15ns \quad \text{总耗时} = (1+2) \times 15ns = 45ns$$

- 已知“a”ASCII码为61H，“b”ASCII码值为36H
- 采用异步方式连续传送字符“a”和“b”，数据位为8位，起始位1位（低电平），停止位1位（高电平），奇偶校验1位（奇校验）
- 请画出数据传送波形图
- 61H=0110 0001，校验位0；36H=0011 0110，校验位1



【例2】利用串行方式传送字符（如图），每秒钟传送的比特（bit）位数常称为波特率。

假设数据传送速率是120个字符/秒，每一个字符格式规定包含10个比特位（起始位、停止位、8个数据位），问传送的波特率是多少？每个比特位占用的时间是多少？



波特率为：10位×120/秒=1200波特

每个比特位占用的时间 T_d 是波特率的倒数：

$$T_d = 1/1200 = 0.833 \times 10^{-3} \text{s} = 0.833 \text{ms}$$

- 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 波特率：每秒传送的比特位数 $9600 / (7+1+2) = 960$

▼ 总线的仲裁

总线传输方式：（主动、被动）

主方可以启动一个总线周期，从方只能请求，只能有一个主方0，可有多个从方

▼ 集中式仲裁

- 总线仲裁部件→哪个设备占用总线
- BR（Bus Request）请求、BG（Bus Grant）授权
- 总线仲裁器（控制器）
- BS/BR/BG→控制总线

1. 链式查询方式

三根线：BR、BS、BG

工作流程：

- 主设备发请求：BR置1

2. 条件: $BS=0$
3. BG线链式查询
4. 设备接收 $BG=1$, 置 $BS=1$
5. 主设备传送数据

优点: 易扩充设备

缺点: 对故障敏感、优先级固定

2. 计数器定时方式

BG换成地址线

设备地址线根数: $\lceil \log N \rceil$

总控制线根数: $\lceil \log N \rceil + 2$

工作流程:

1. $BR=1$
2. $BS=0$ 时计数器开始计数
3. 地址线的计数值与请求总线的设备地址相一致, BS 置1
4. 传送数据

优点: 可改变优先级

缺点: 效率低、控制复杂

3. 独立请求方式

每个设备有独立的 BR_i 与 BG_i

总线根数: $2n + 1$ (加一根 BS)

优点: 无需查询, 响应时间快, 优先次序灵活

缺点: 控制线数量多

▼ 分布式仲裁 (了解)

无中央仲裁器

▼ 总线的通信控制

▼ 定时方式

1. 同步定时 (同步通信)

优点：采用公共时钟，效率较高

适用于传输距离较短（总线长度较短），各模块存取时间相对比较接近的。

2. 异步定时（异步通信）

基于应答式/互锁机制

不需要同一的公共时钟信号

优点：总线周期长度可变

- 不互锁方式
- 半互锁方式
- 全互锁方式

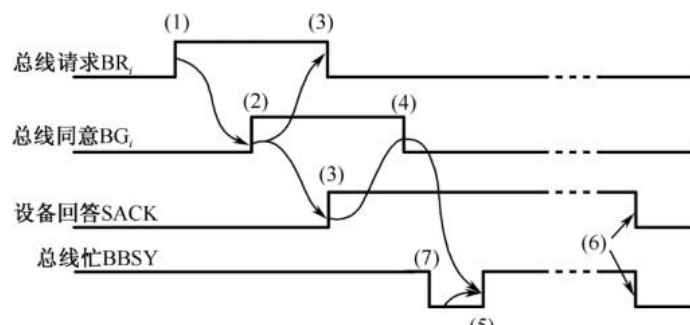
▼ 异步通信例题

【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⁽⁵⁾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BRi (1)。
- CPU按优先原则同意后给出授权信号BGi作为回答 (2)。
- BGi链式查询各设备，并上升从设备回答SACK信号证实已收到BGi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。

• 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

▼ 总线数据传送模式

读写操作（分离式通信）

块传送（猝发式传送）

写后读、读修改写

两种组合操作。先写后读（用于校验）、先读后写（共享资源保护）

广播（数据传送）、广集（中断判别）

广播→一个主方对多个从方写操作，广集→多个从方在总线AND或OR操作