



计算机组成原理

第十四讲

计算学部

哈尔滨工业大学

第 5 章 输入输出系统

5.1 概述

5.2 外部设备

5.3 I/O接口

5.4 程序查询方式

5.5 程序中断方式

5.6 DMA方式

5.1 概 述

一、输入输出系统的发展概况

1. 早期

分散连接

CPU 和 I/O设备 串行 工作 程序查询方式

2. 接口模块和 DMA 阶段

总线连接

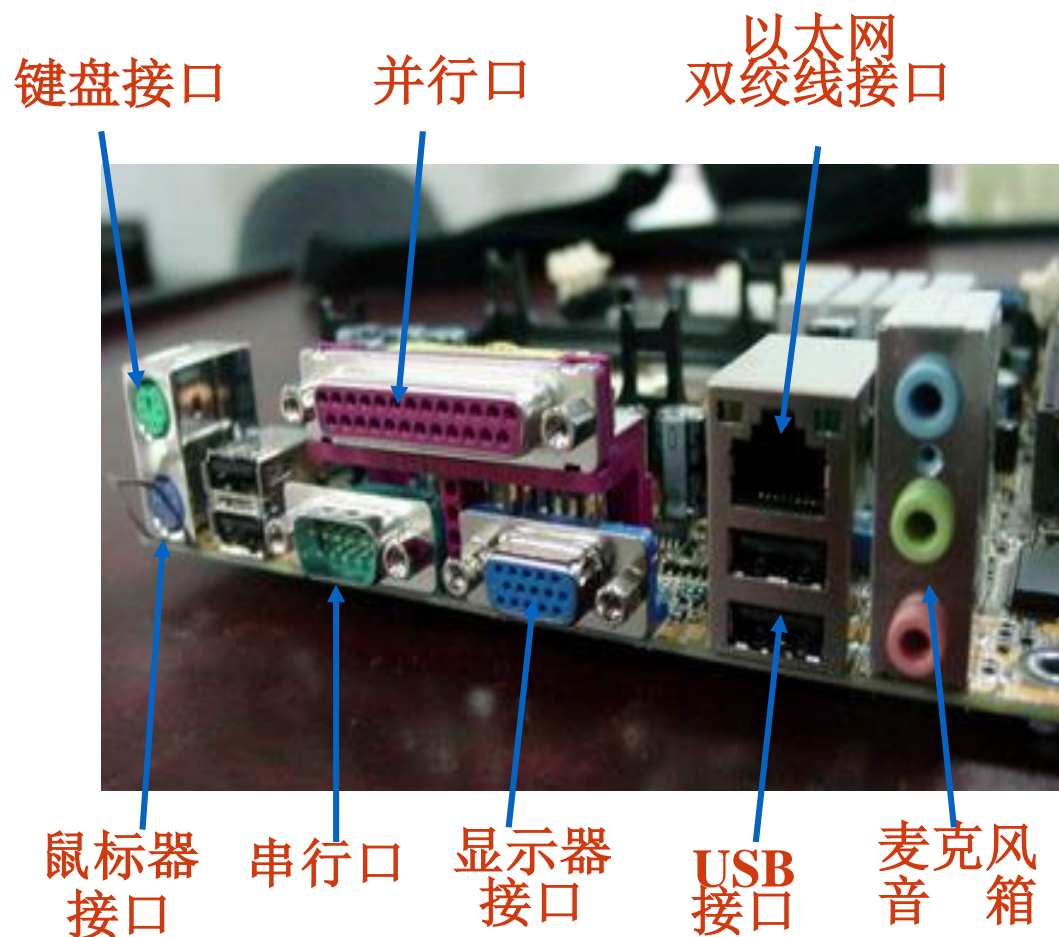
CPU 和 I/O设备 并行 工作 { 中断方式
DMA 方式

3. 具有通道结构的阶段

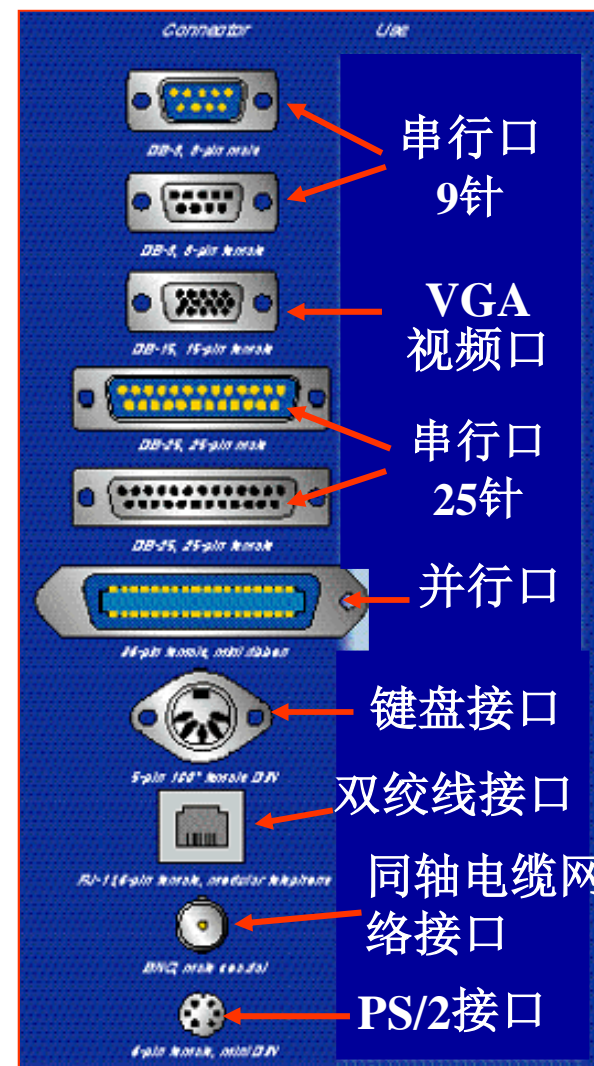
4. 具有 I/O 处理机的阶段

• I/O设备接口插座（连接器）

5.1



(安装在主板上的I/O设备接口插座)



关于I/O接口

5.1

- I/O接口：I/O设备控制器及其插座（如网卡、显卡、键盘适配器、磁盘控制器）
包括：插头 / 插座的形式、通讯规程和电器特性等

- 分类：

- 从数据传输方式来分：

- 串行（一次只传输1位）
 - 并行（多位一起进行传输）

- 从是否能连接多个设备来分：

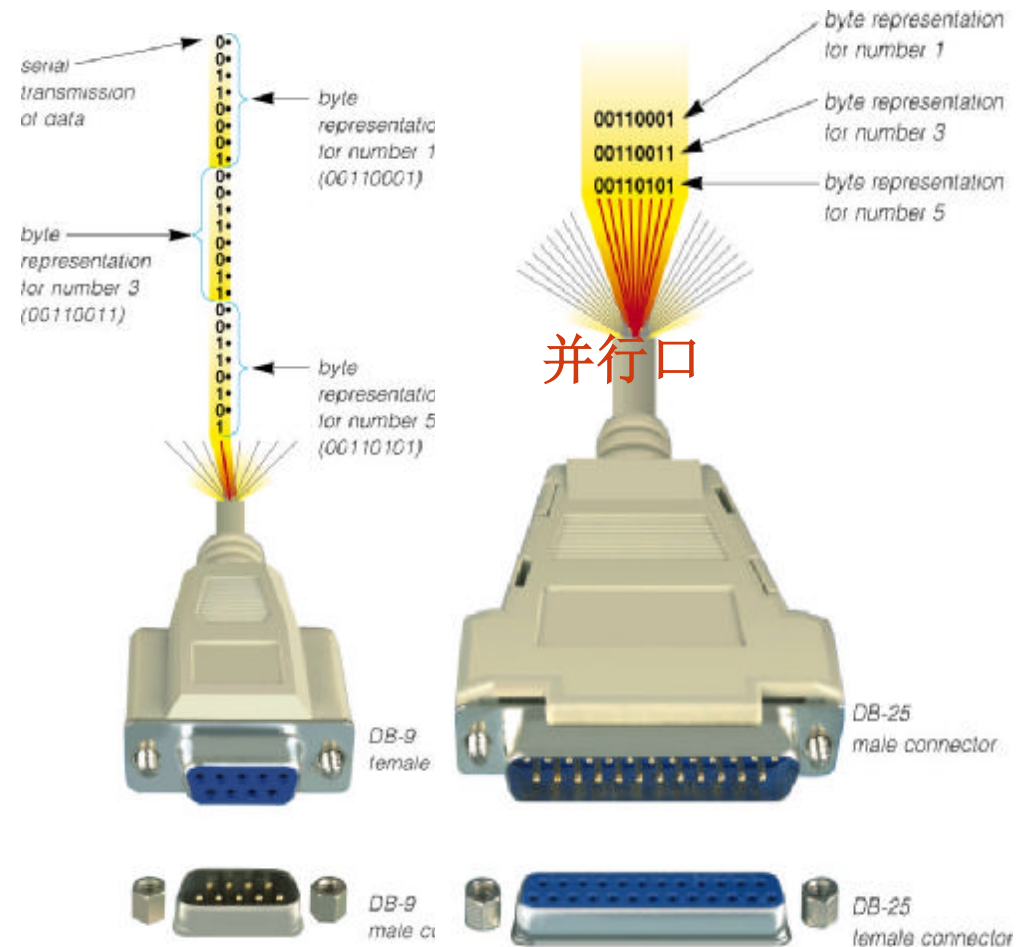
- 总线式（可连接多个设备）
 - 独占式（只能连接1个设备）

- 从是否符合标准来分：

- 标准接口（通用接口）
 - 专用接口（专用接口）

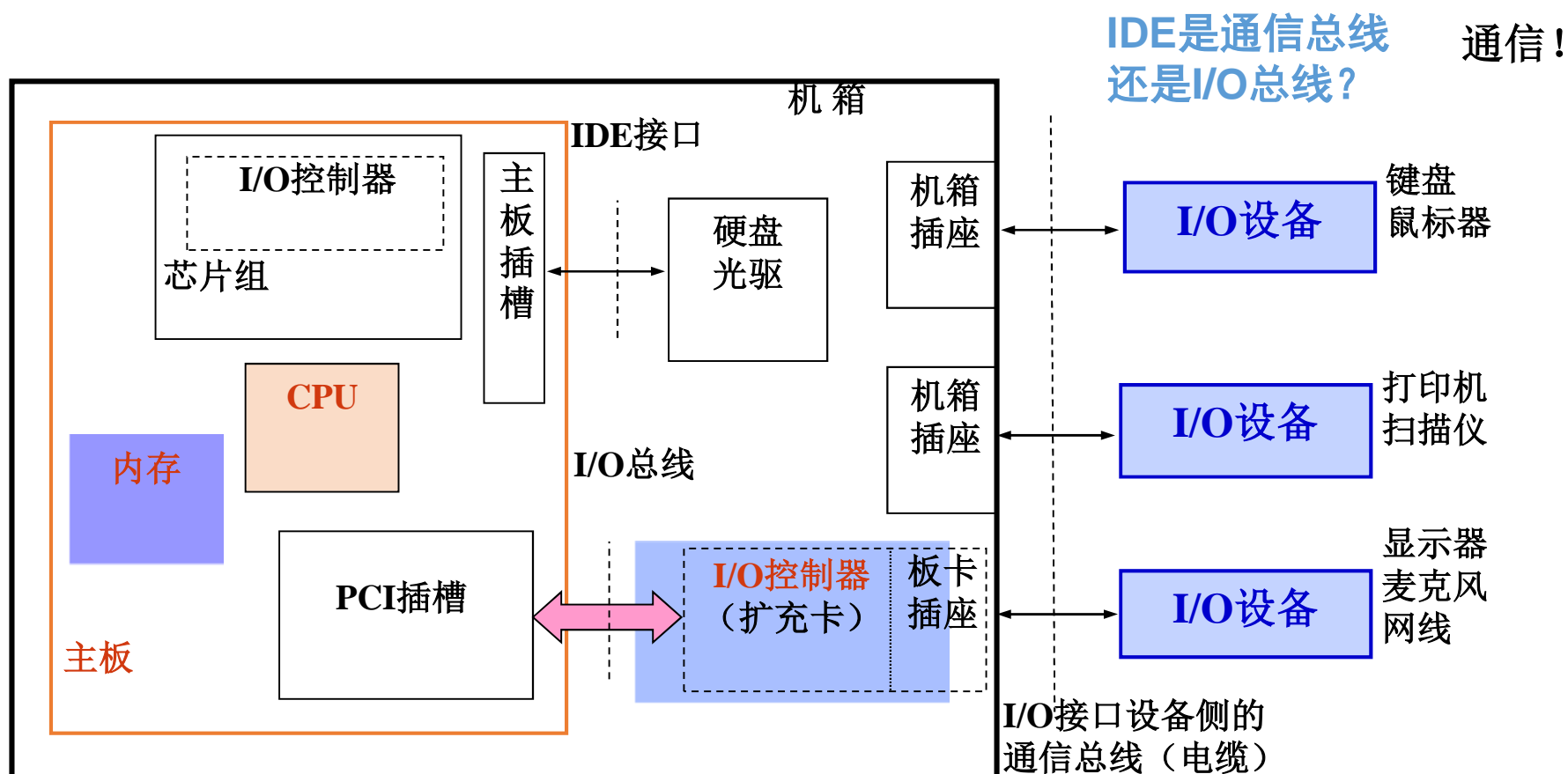
- 按功能选择的灵活性来分：

- 可编程接口
 - 不可编程接口



串行口

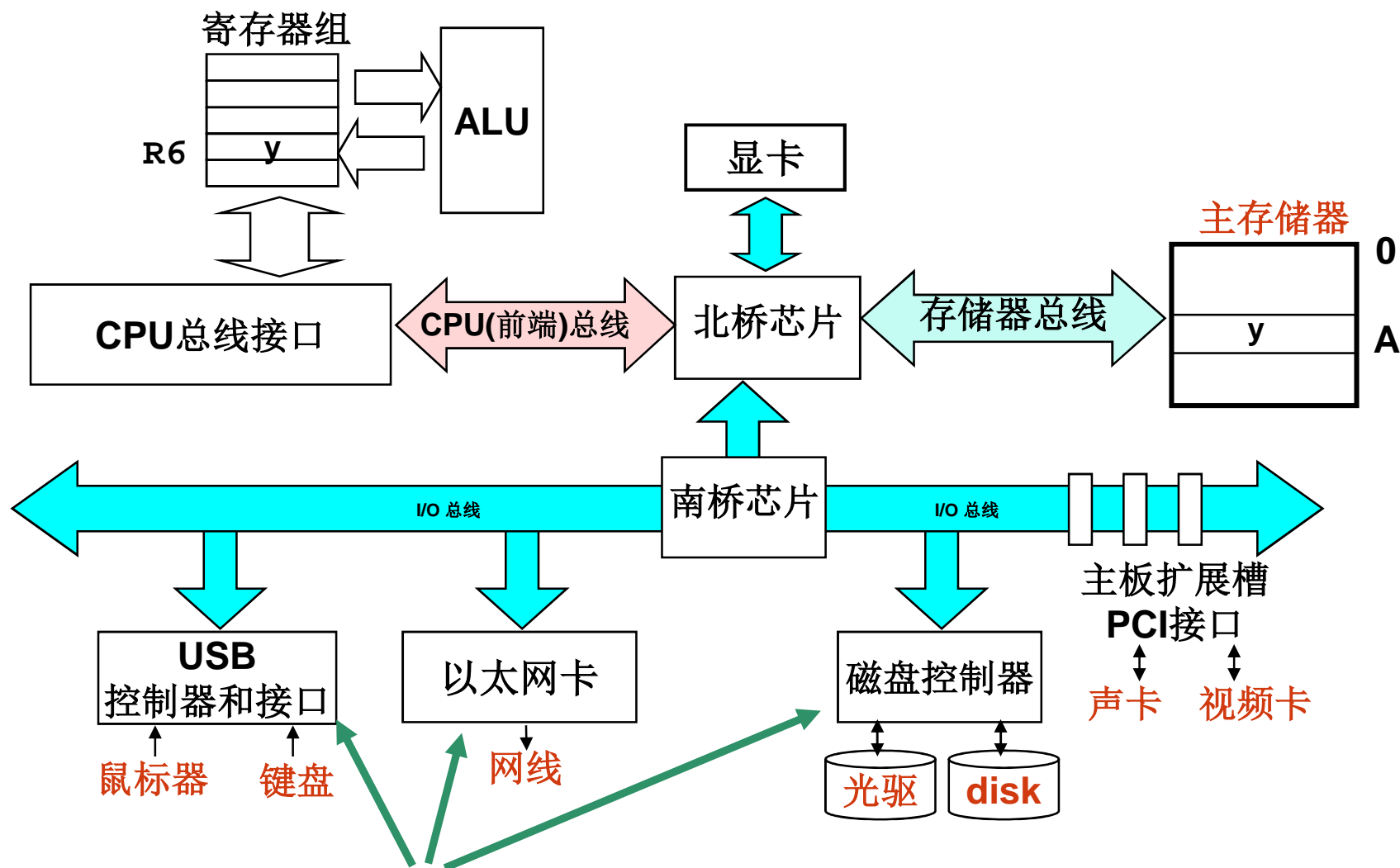
回顾： I/O总线,I/O控制器与I/O设备的关系



- I/O设备通常是物理上相互独立的设备，它们一般通过通信总线与I/O控制器连接
- I/O控制器（I/O接口）通过扩展卡或者南桥芯片与I/O总线连接
- I/O总线经过北桥芯片与内存、CPU连接

回顾：I/O总线、I/O接口与I/O设备的关系

5.1



把I/O控制器和插座合起来称为I/O接口。

- 通道方式

- DMA方式的进一步发展，数据的传送方向、内存起始地址及传送的数据块长度等都由独立于CPU的通道来进行控制，可进一步减少CPU的干预。
 - 通道是一个具有特殊功能的处理器IOP
 - 分担CPU的I/O 处理的功能
 - 可实现外设的统一管理和DMA操作
 - 大大提高CPU效率，更多的硬件
- 通道执行通道程序来完成CPU指定的I/O任务，通道程序是由一系列通道指令组成的。
- 当通道执行完通道程序后，就发出中断请求表示I/O结束，CPU响应中断请求，执行相应的中断处理程序实现与通道之间的数据传输。

通道方式

- 设置专用的**输入输出处理机（通道）**，分担输入输出管理的全部或大部分工作。
- 吸取了DMA技术，增加了软件管理，设有专用通道指令
- 层次性的I/O系统
 - 一个主机可以连接多个通道
 - 一个通道可以管理多个设备控制器
 - 一个设备控制器又可以控制多台设备。

二、输入输出系统的组成

5.1

1. I/O 软件

(1) I/O 指令 CPU 指令的一部分

操作码	命令码	设备码
-----	-----	-----

(2) 通道指令 通道自身的指令

指出数组的首地址、传送字数、操作命令

如 IBM/370 通道指令为 64 位

2. I/O 硬件

设备 I/O 接口

设备 设备控制器 通道

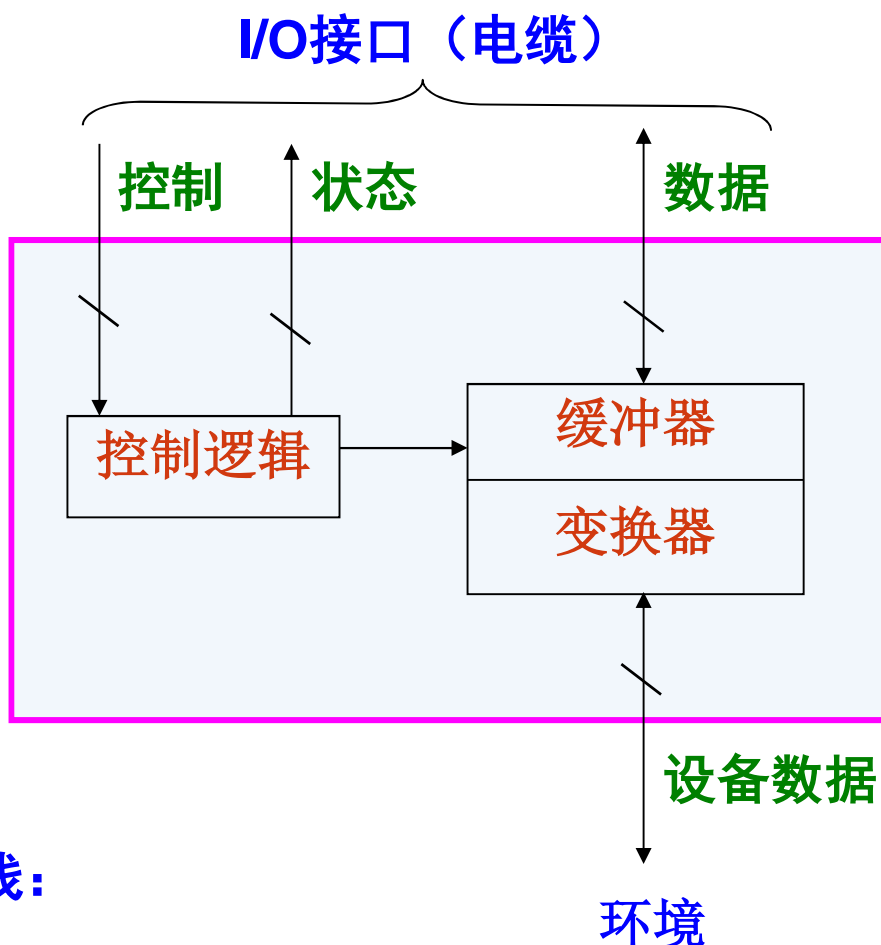
外部设备和I/O接口的通用模型

- 通过**电缆**与计算机内部I/O接口进行数据、状态和控制信息的传送
- **控制逻辑**根据控制信息控制设备的操作，并检测设备状态
- **缓冲器**用于保存交换的数据信息
- **变换器**用于在电信号形式（内部数据）和其他形式的设备数据之间进行转换

所有设备都可以抽象成这个通用模型！

设备所用的电缆线中有以下三种信号线：

控制信号、状态信号、数据信号



三、I/O 设备与主机的联系方式

5.1

1. I/O 设备编址方式

- (1) 统一编址 用取数、存数指令
- (2) 不统一编址 有专门的 I/O 指令

2. 设备选址

用设备选择电路识别是否被选中

3. 传送方式

- (1) 串行
- (2) 并行

• I/O设备的寻址方式

5.1

- 对I/O端口读写，就是向I/O设备送出命令或从设备取得状态或读/写设备数据
- 一个I/O控制器可能会占有多个端口地址
- I/O端口必须编号后，CPU才能访问它
- I/O设备的寻址方式就是I/O端口的编号方式

(1) 统一编址方式（内存映射方式）

与主存空间统一编址，将主存空间分出一部分地址给I/O端口进行编号。

（该方法是将I/O端口映射到某主存区域，故也称为“存储器映射方式”）

例如，RISC机器、Motorola公司的处理器等采用该方案

(2) 独立编址方式（特殊I/O指令方式）

不和主存单元一起编号，而是单独编号，使成为一个独立的I/O地址空间

（因需专门I/O指令，故也称为“特殊I/O指令方式”）

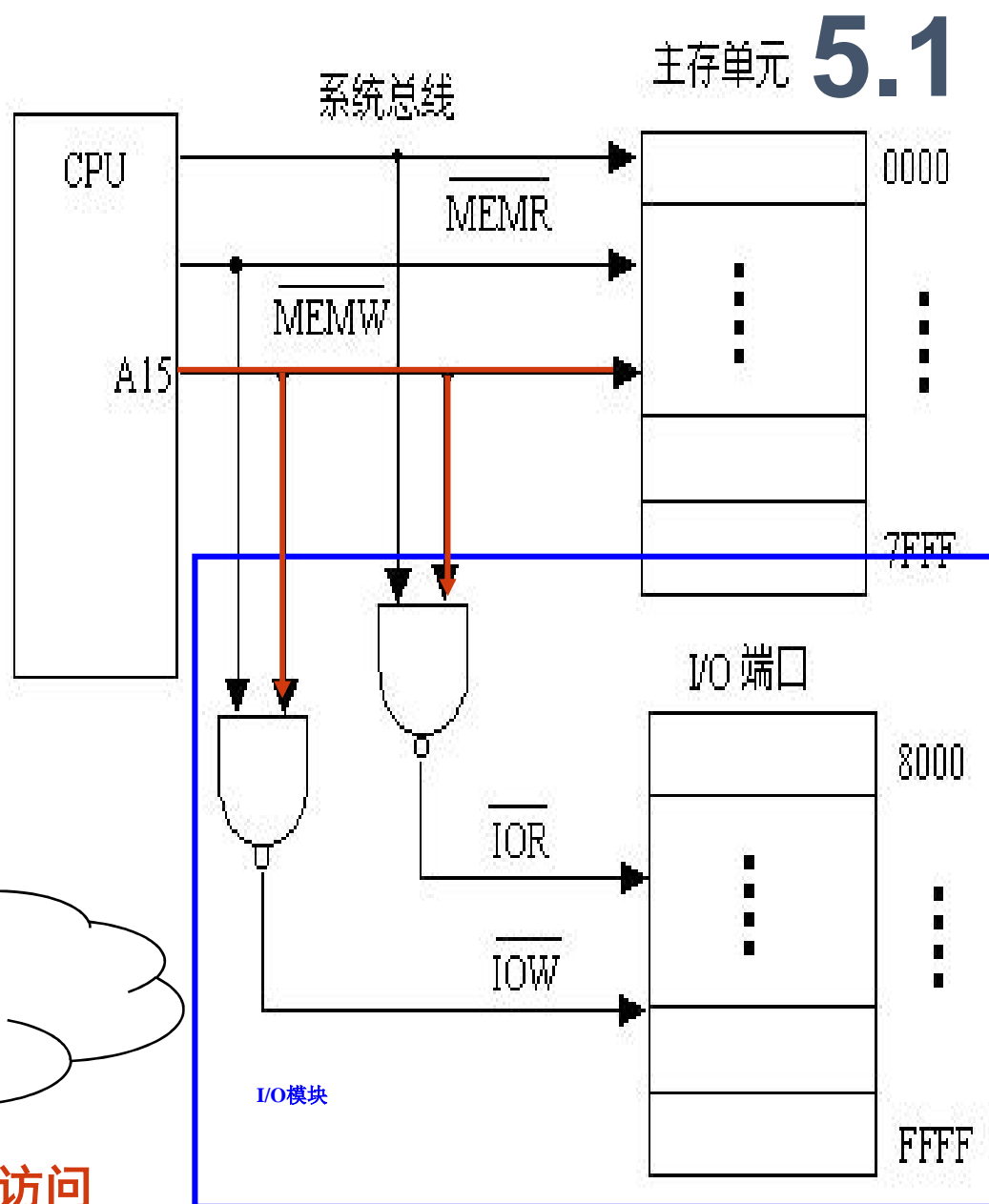
例如，Intel公司和Zilog公司的处理器就是独立编址方式

统一编址方式

- CPU不直接通过读写控制信号IOR、IOW对I/O端口读写，而是根据I/O端口在地址空间的位置，通过地址译码来实现。
- 地址线的高位参与片选控制逻辑。
- 无需设置专门I/O指令，只要用一般访存指令就可存取I/O端口。

MEMR或MEMW命令由访存指令发出，IOR和IOW命令怎样呢？

也由访存指令发出，只是访问的地址范围不同！

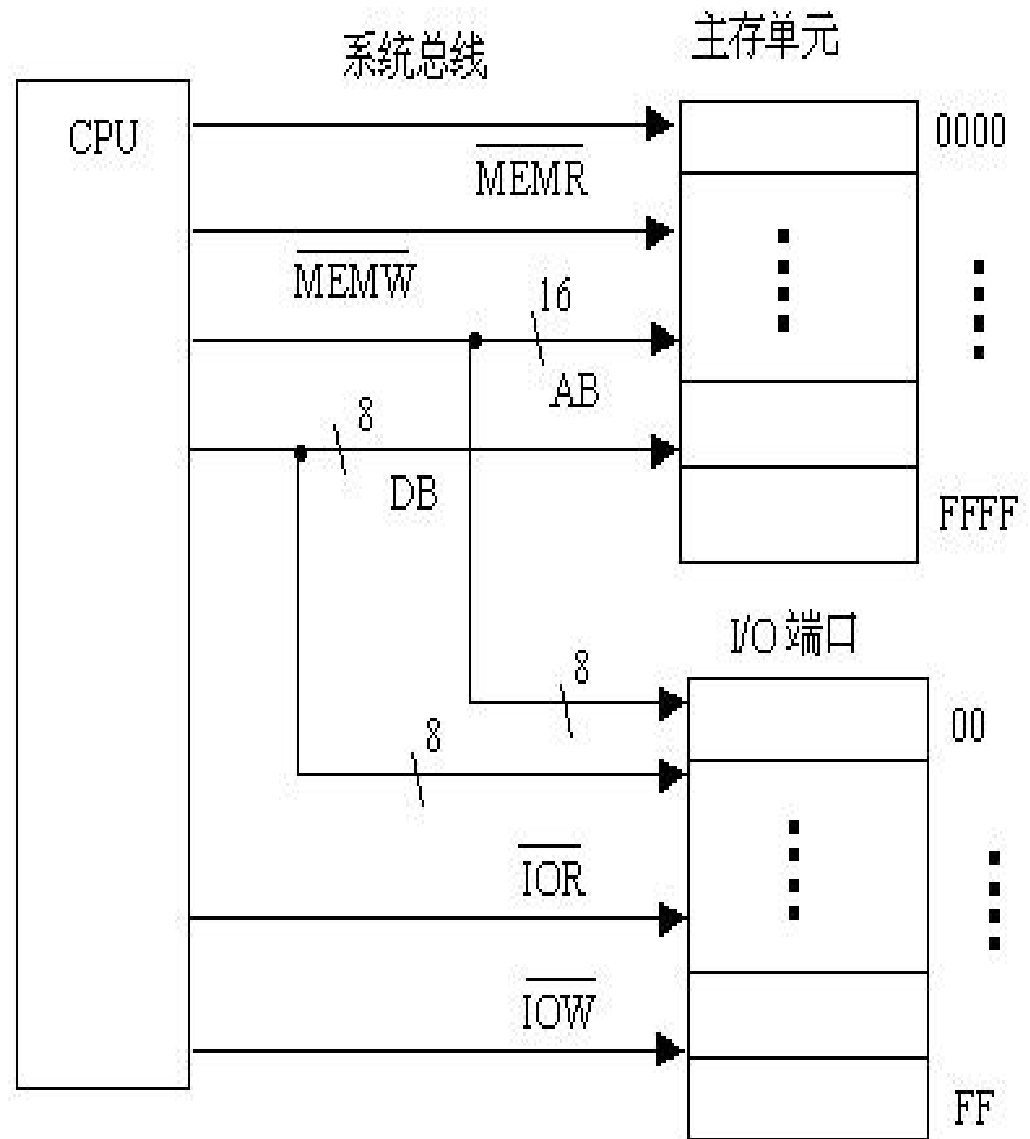


独立编址方式

- 通过不同的读写控制信号 \overline{IOR} 、 \overline{IOW} 和 \overline{MEMR} 、 \overline{MEMW} 来控制对 I/O 端口和存储器的读写。
- 一般 I/O 端口比存储器单元少，所以选择 I/O 端口时，只需少量地址线。
- 指令系统必须设计专门的 I/O 指令。

\overline{MEMR} 或 \overline{MEMW} 命令
由访存指令发出，
 \overline{IOR} 和 \overline{IOW} 命令怎样
呢？

由专门的 I/O 指令确定，指令中给的地址可能相同，但操作命令不同！



奔腾机的I/O端口编址方式

5.1

- 采用独立编址方式，I/O地址空间由 2^{16} (64K)个8位端口组成
- 虽然具有64K字节的寻址空间，但一般只使用其中1K字节的I/O空间，故只用低10位地址线寻址
- 两个连续的8位端口可作为一个16位端口；四个连续的8位端口可作为一个32位端口，所以一次可传送32位、16位或8位数据
- 采用专门的I/O指令：IN和OUT（处理器执行到这些指令时产生相应的I/O读写命令信号）
- 部分外设的[I/O地址分配表](#)

• 奔腾机I/O端口地址分配表

5.1

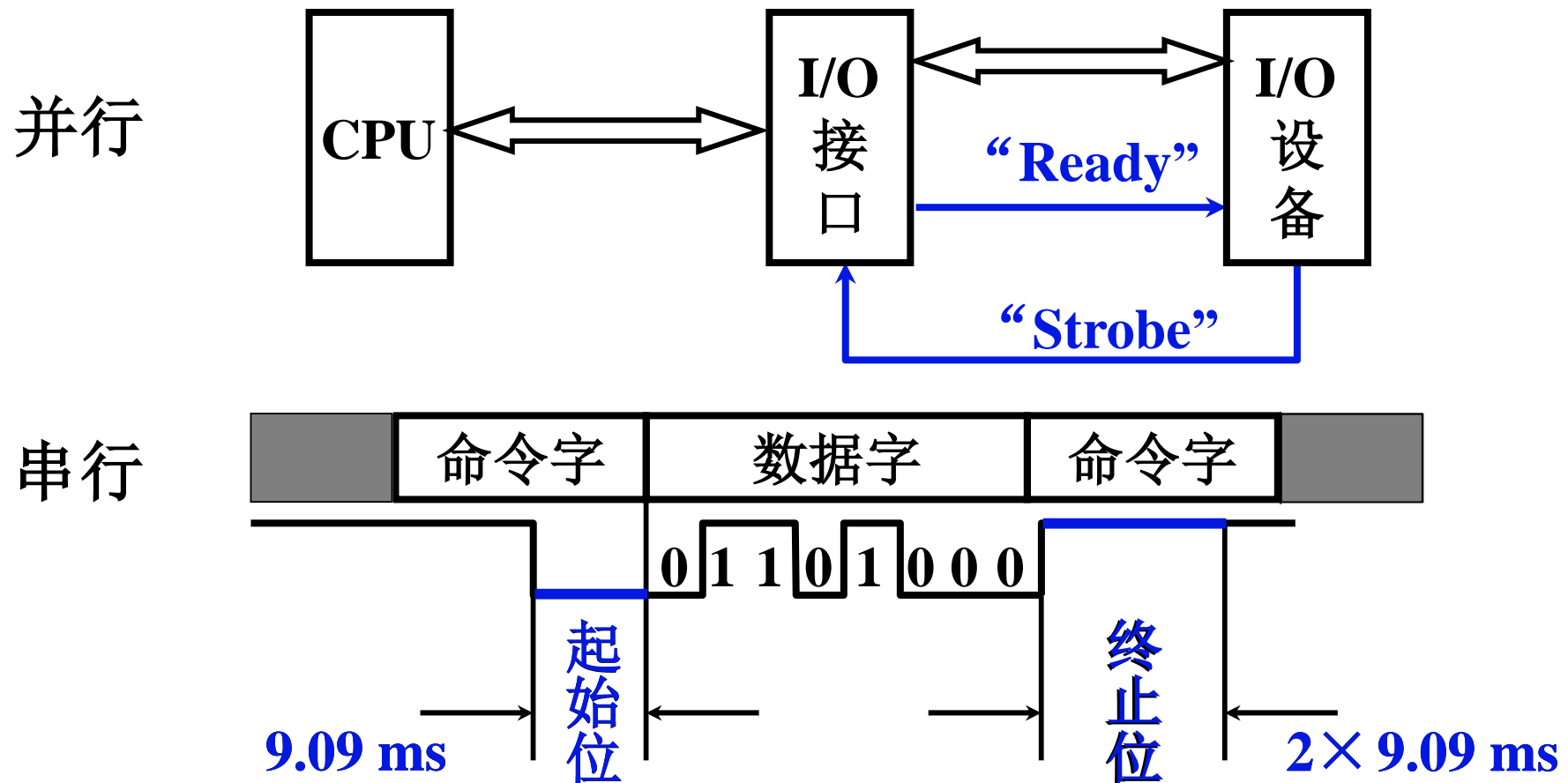
部分外设的 I/O 地址分配表

输入/出设备	I/O 地址	占用地址数
DMA 控制器 1	000-01FH	32
中断控制器 1	020-03FH	32
定时器/计数器	040-05FH	32
键盘控制器	060-06FH	32
实时时钟, NMI屏蔽寄存器	070-07FH	16
DMA 页面寄存器	080-09FH	32
中断控制器 2	0A0-0BFH	32
DMA 控制器 2	0C0-0DFH	32
硬盘控制器 2	170-177H	8
硬盘控制器 1	1F0-1F8H	9
游戏 I/O 口	200-207H	8
并行打印机口 2	278-27FH	8
串行口 4	2E8-2EFH	8
串行口 2	2F8-2FFH	8
软盘控制器 2	370-377H	8
并行打印机口 1	378-37FH	8
单色显示器/打印适配器	3B0-3BFH	16
彩色/图形监视器适配器	3D0-3DFH	16
串行口 3	3E8-3EFH	8
软盘控制器 1	3F0-3F7H	8
串行口 1	3F8-3FFH	8

4. 联络方式

(1) 立即响应

(2) 异步工作采用应答信号



(3) 同步工作采用同步时标

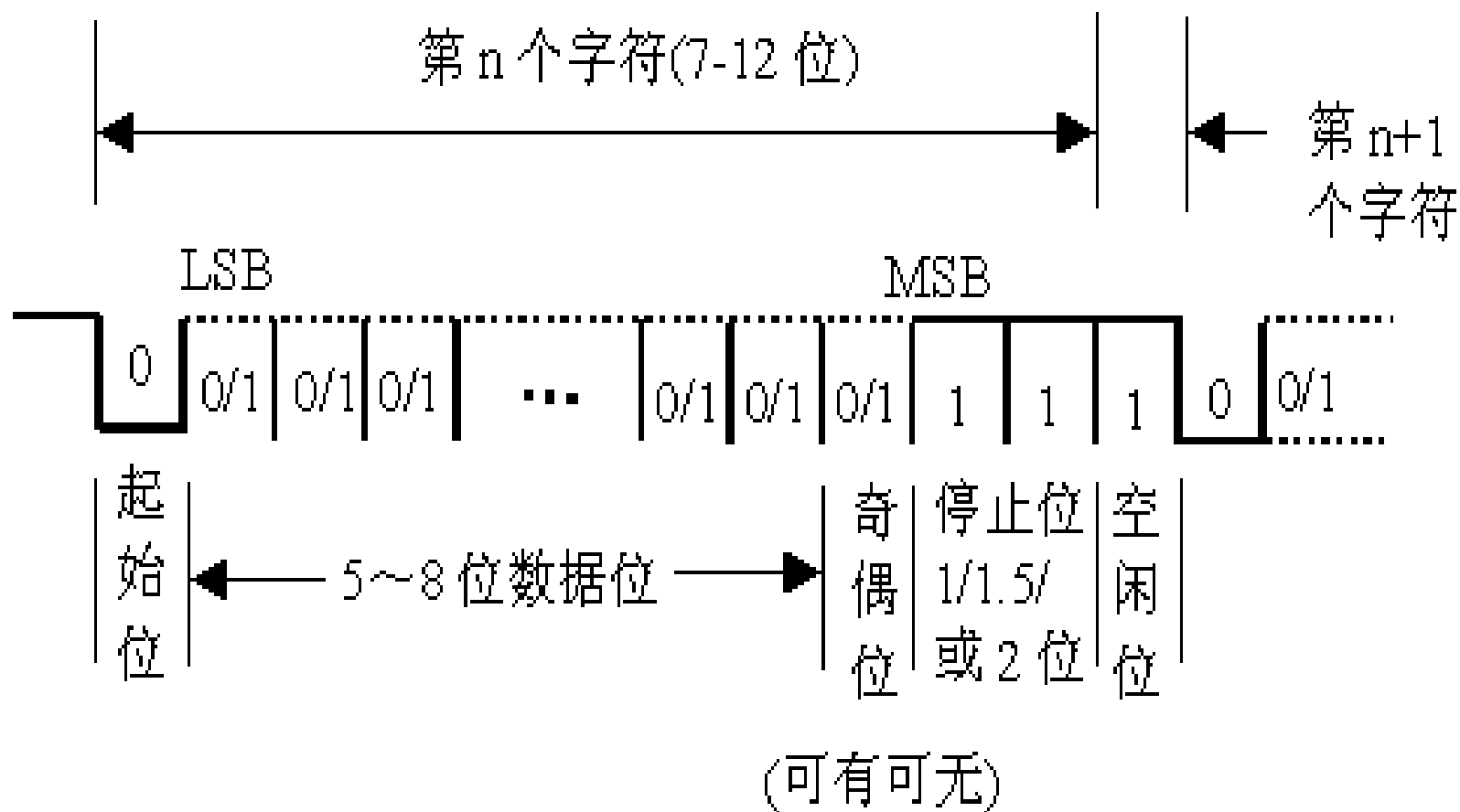
并行传输和串行传输

5.1

- 并行传输方式
 - 多位数据在多条数据线上并行传送
 - 最大传输率为：时钟频率 \times 数据线宽度
- 串行传输方式
 - 波特率：每秒钟通过信道传输的码元数
 - 比特率：每秒钟传输的位数
 - 两相调制时，波特率=比特率
 - 异步串行
 - 每个字符的开始是随机的，需起始位，字符内的位之间同步
 - 有效数据位为5位时，停止位取1位或1.5位，其他情况取1位或2位
 - 一个字符可能由7~12位信息组成，称其为一个数据帧
 - 缺点：每个字符都有额外信息，实际字符传输率低
 - 同步串行
 - 字符之间、字符内的位之间都同步

5.1

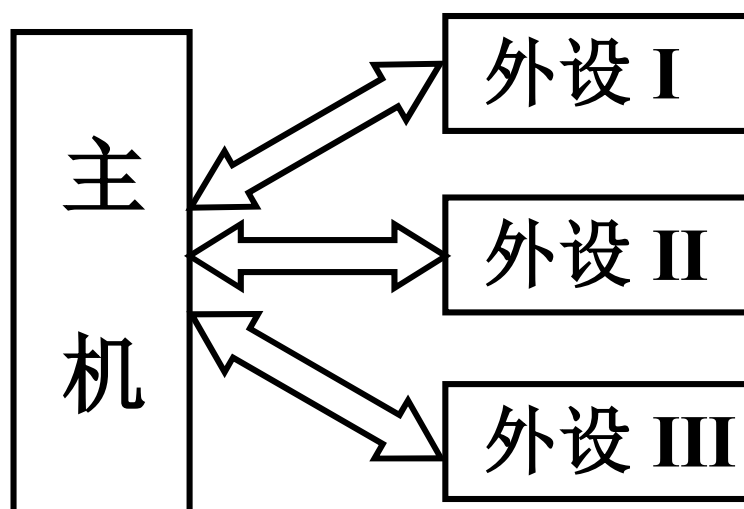
异步串行



5. I/O 设备与主机的连接方式

5.1

(1) 辐射式连接



每台设备都配有一套
控制线路和一组信号线

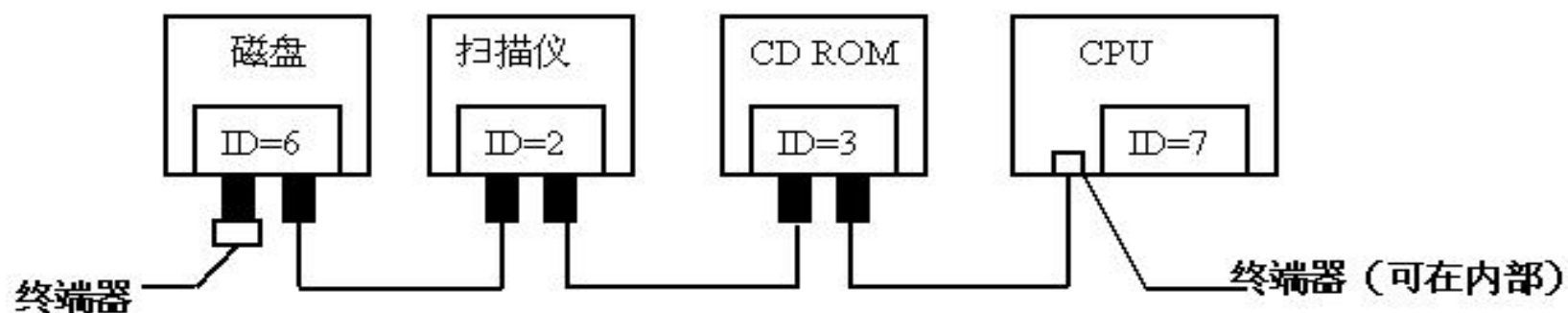
不便于增删设备

(2) 总线连接

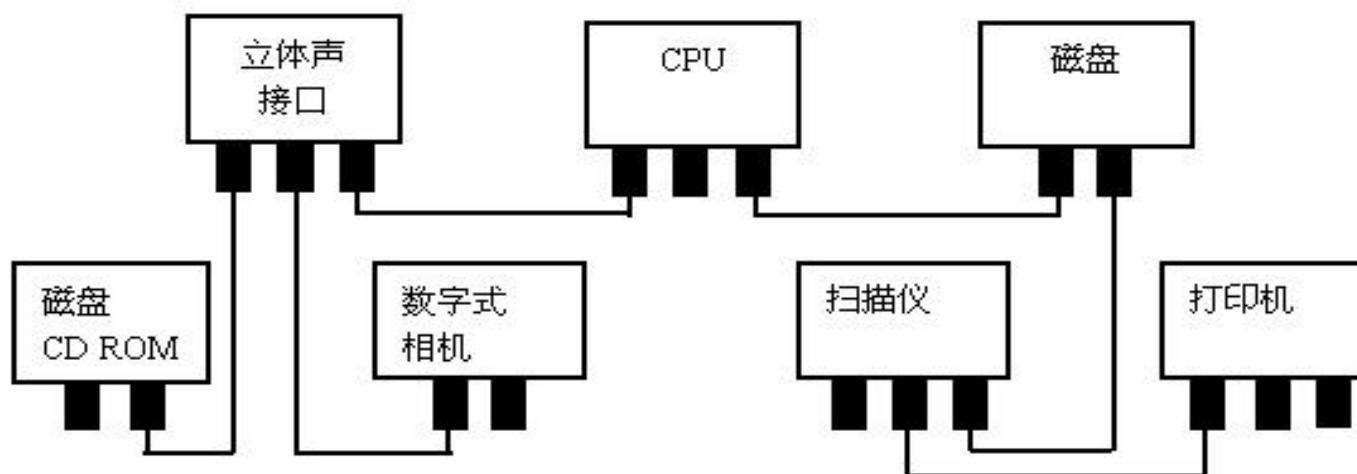
便于增删设备

总线式I/O接口

5.1



(a) SCSI 配置举例

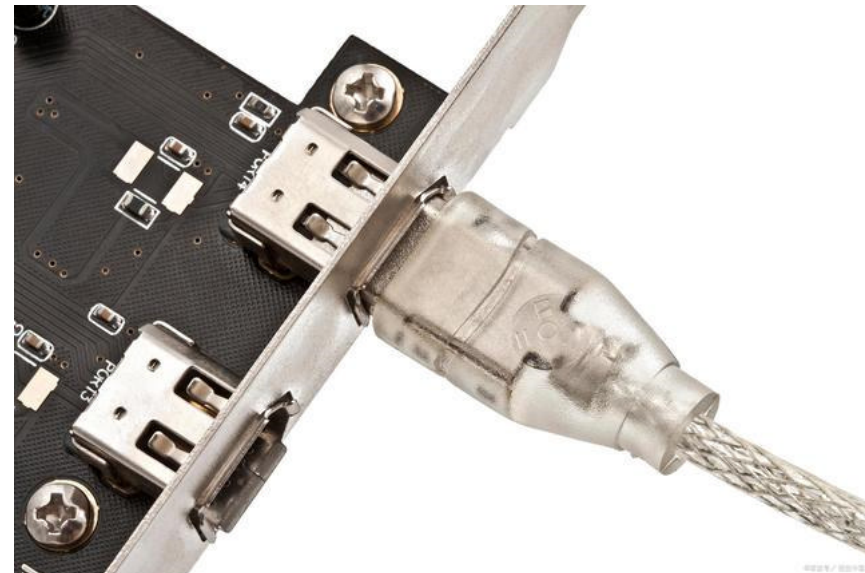


(b) P1394 配置举例

5.1

• 1394接口

- 1394接口是IEEE1394接口的简称，也称Firewire火线接口，是一种串行数据传输协议接口
- 其主要作用是连接外部硬盘，以及数字摄像机、数码相机、电视机顶盒、数字卫星接收装置、DV、数字音频设备、打印机、扫描仪等多媒体采集设备
- 主要用于图像、音视频采集和设备之间数据传输，同时可以为相关设备提供电源。
- 除少数工业用采集设备和高清视频采集设备在使用外，1394接口正逐步被USB3.0接口以及苹果最新的thunderbolt（雷电）接口所替代



四、I/O设备与主机信息传送的控制方式

1. 程序查询方式

2. 程序中断方式

3. DMA 方式

操作系统在I/O中扮演的角色

- OS的职责由I/O系统的三个特性决定

- 共享性：I/O系统被处理器执行的多个程序共享，由OS统一调度管理
- 复杂性：I/O设备控制的细节比较复杂，不能由上层用户程序来实现，需OS提供专门的驱动程序
- 采用中断I/O方式：I/O系统通常使用外部中断请求来要求处理器执行专门的输入/出程序。中断导致向内核态转移，故必须由OS来处理

- OS在I/O中的职能

- 保证用户程序只能访问自己有权访问的那部分I/O设备
- 为用户程序提供设备驱动程序以屏蔽设备控制的细节
- 处理外部I/O中断，提供中断服务程序
- 对共享的I/O资源提供合理的调度管理，使系统的吞吐率达到最佳

- 主机必须和I/O设备进行以下三类信息的通信

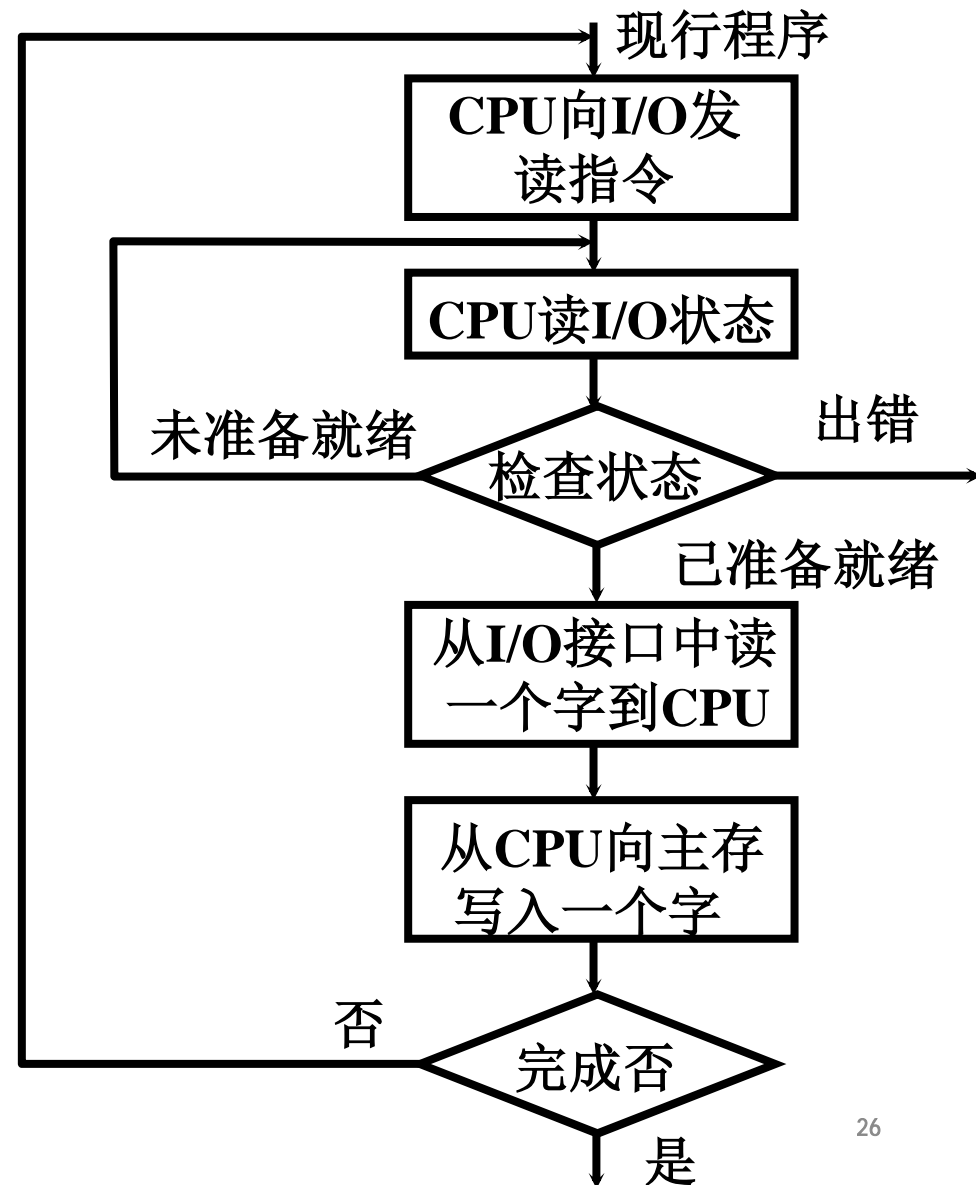
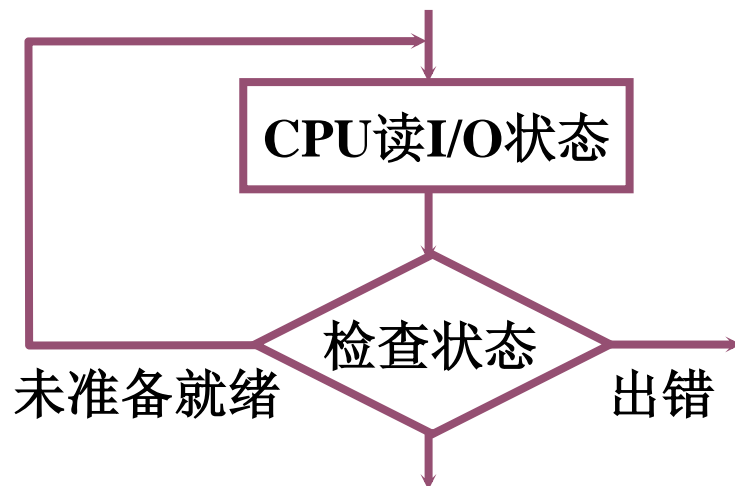
- OS必须能向I/O设备提供命令，如：磁盘寻道
- 需要知道：何时I/O设备能完成操作？何时遇到什么异常问题？
- 数据必须能在主机（主存或CPU）和I/O设备之间进行传输

四、I/O设备与主机信息传送的控制方式 5.1

1. 程序查询方式

CPU 和 I/O 串行工作

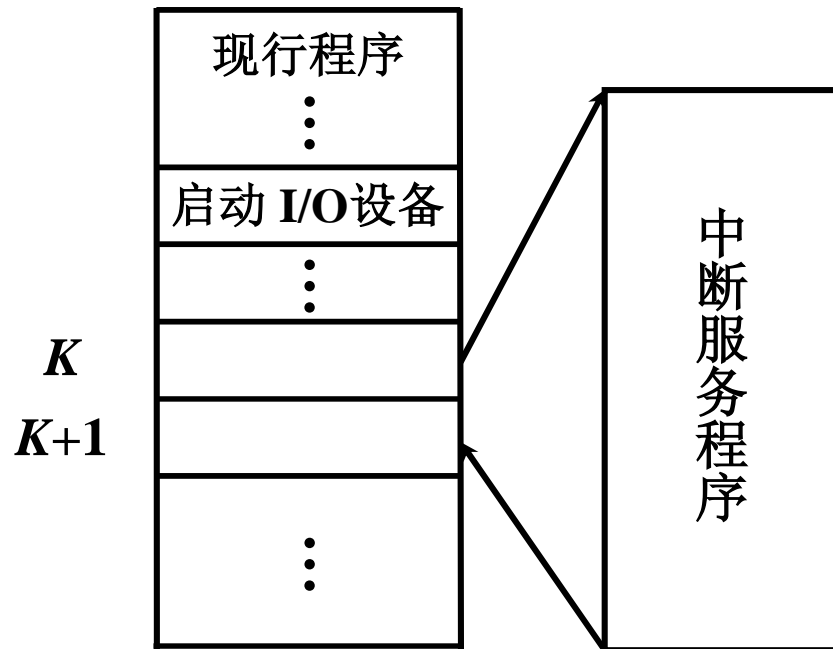
踏步等待



2. 程序中中断方式

I/O 工作 { 自身准备 CPU 不查询
 与主机交换信息 CPU 暂停现行程序

CPU 和 I/O 并行工作

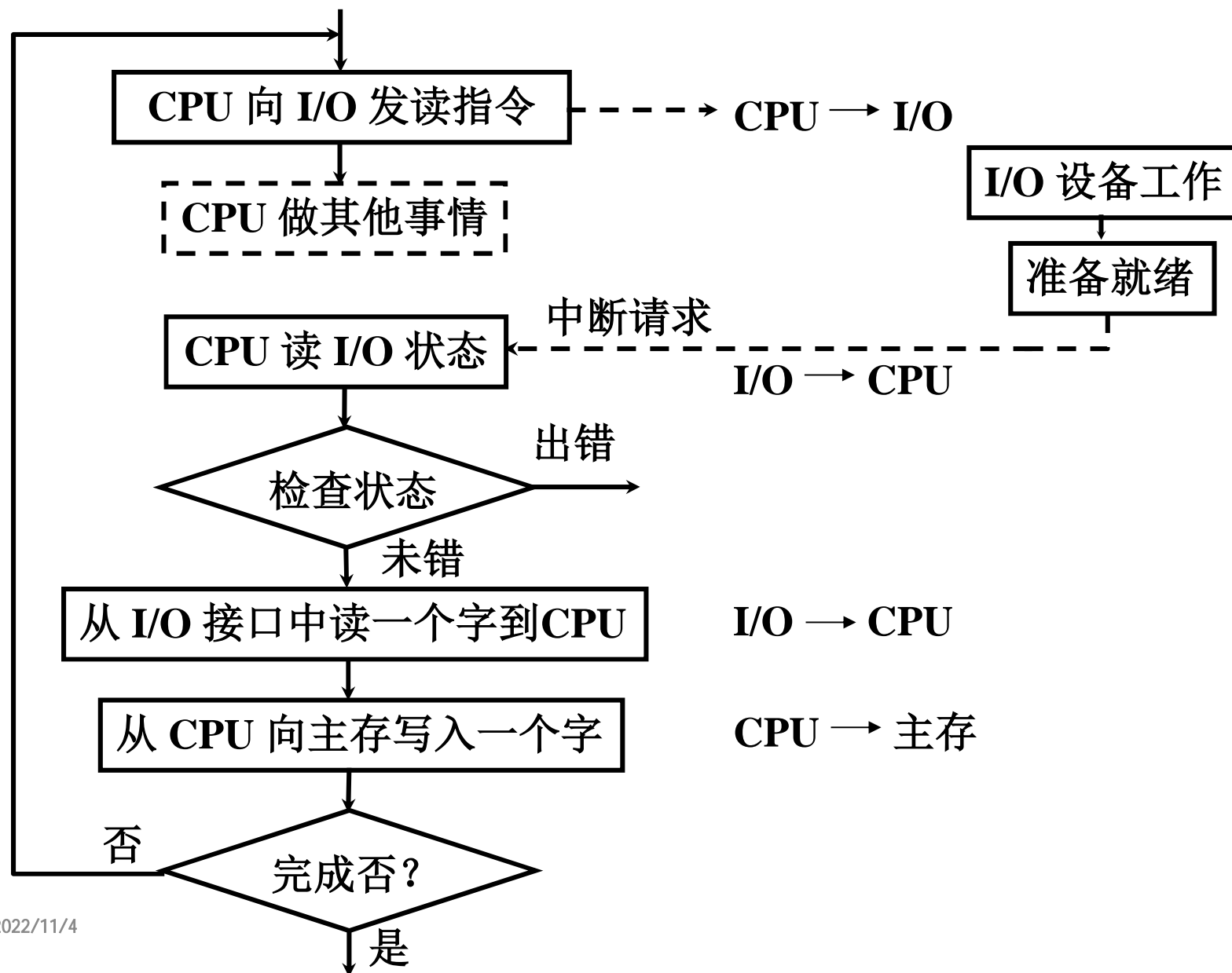


没有踏步等待现象

中断现行程序

程序中中断方式流程

5.1



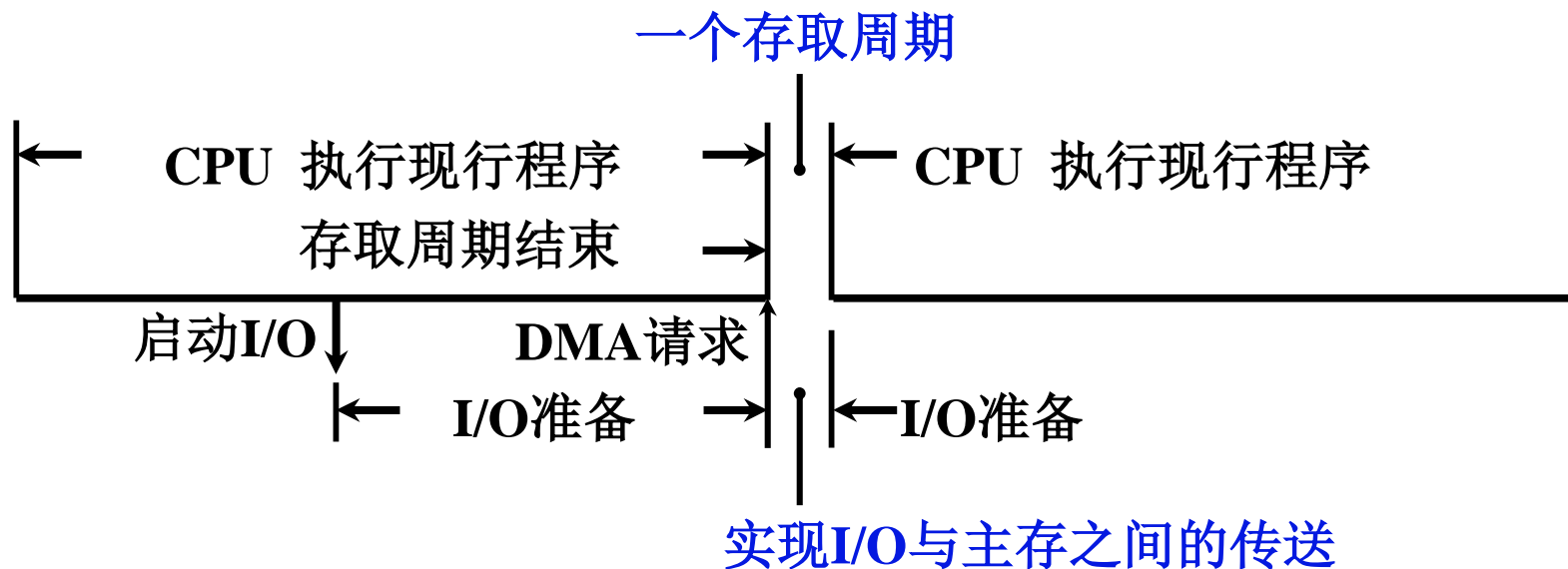
3. DMA 方式

主存和 I/O 之间有一条直接数据通道

不中断现行程序

周期挪用（周期窃取）

CPU 和 I/O 并行工作



三种方式的 CPU 工作效率比较

5.1

