



# IO设备访问方式

# 本章内容

- ◆ I/O管理概述：I/O设备概念，I/O设备访问方式，端口，总线，I/O地址，轮询，中断，DMA。
- ◆ I/O应用接口：I/O设备类型，块设备，字符设备，网络设备，时钟与定时器。
- ◆ I/O内核子系统：I/O调度概念，高速缓存与缓冲区，设备分配与回收，假脱机技术（SPooling），出错处理，请求I/O的处理流程。

# Overview

- ◆ The two main jobs of a computer:
  - | I/O (Input/Output)
  - | processing
- ◆ The control of devices connneted to the computer is a major concern of operating-system designers.
- ◆ I/O设备技术出现两个相矛盾的趋势：
  - | 硬件和软件接口日益增长的标准化的。
  - | I/O设备日益增长的多样性。
- ◆ 操作系统内核设计成使用设备驱动程序模块的结构。
- ◆ 设备驱动程序为I/O子系统提供了统一接口。

# I/O硬件

## ◆ I/O系统的组成:

- | PC BUS I/O系统
- | 主机I/O系统

## ◆ Common concepts

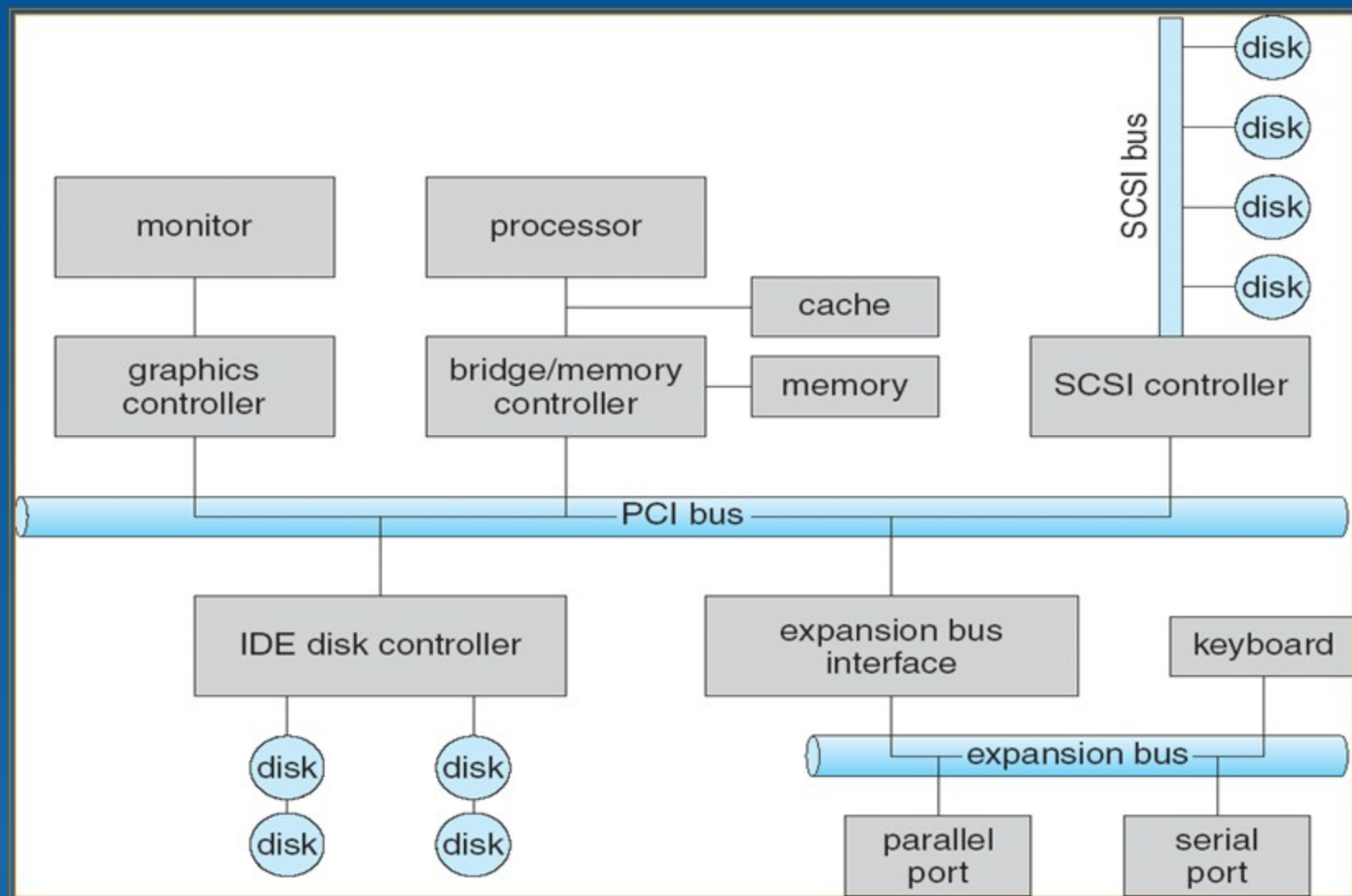
- | Port 端口
- | Bus (daisy chain or shared direct access) 总线
- | Controller (host adapter) 控制器

## ◆ I/O instructions control devices (PC) I/O指令控制设备

## ◆ Devices have addresses, used by 设备的寻址方式

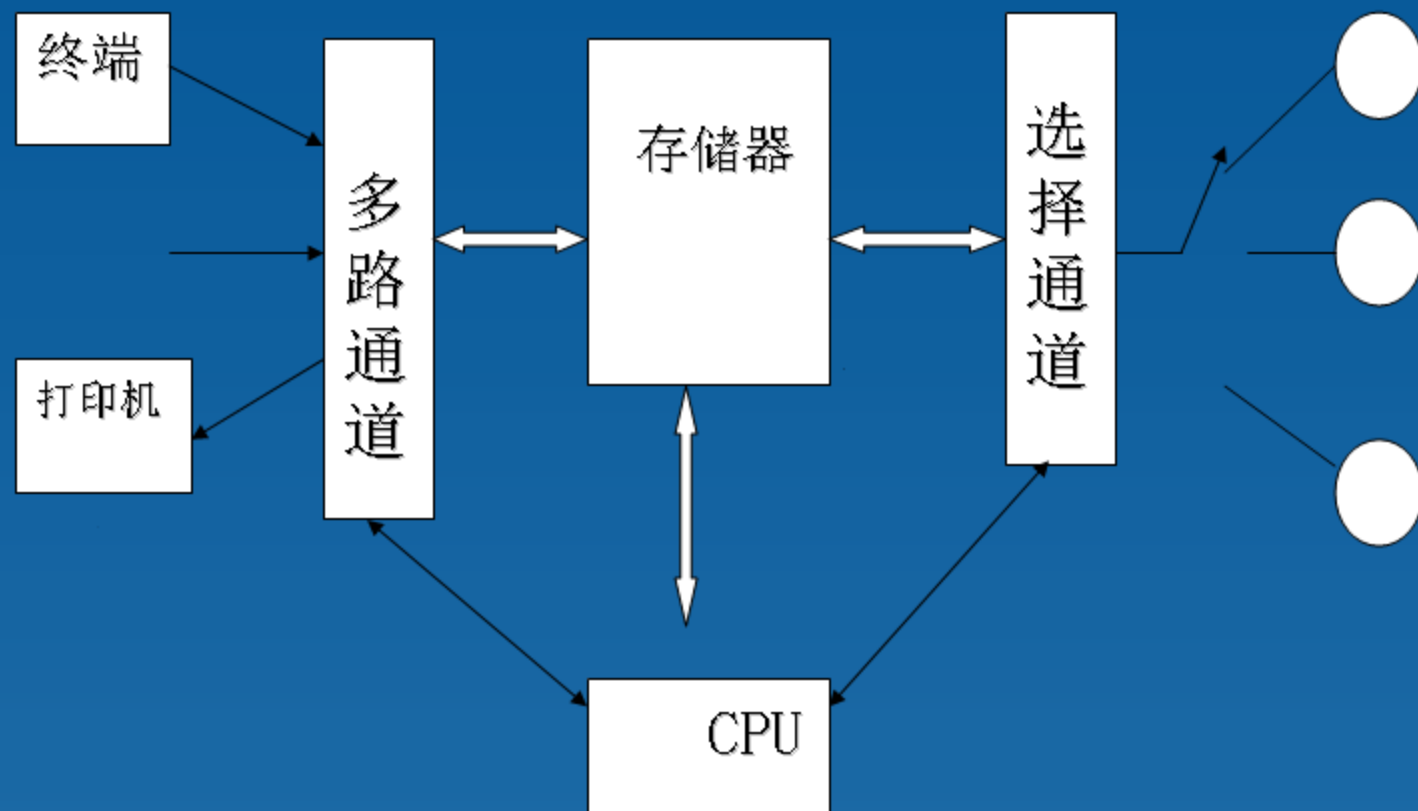
- | Direct I/O instructions (\_pc I/O Port address) 直接I/O指令
- | Memory-mapped I/O (pc graphic controller) 存储器映射I/O

# A Typical PC Bus Structure



# Mainframe Systems 大型机（主机）系统

- ◆ 这类计算机以存储器为中心，CPU和各种通道都与存储器相连。



# 个人计算机（PC）中的设备I/O端口地址

| I/O address range (hexadecimal) | device                    |
|---------------------------------|---------------------------|
| 000-00F                         | DMA controller            |
| 020-021                         | interrupt controller      |
| 040-043                         | timer                     |
| 200-20F                         | game controller           |
| 2F8-2FF                         | serial port (secondary)   |
| 320-32F                         | hard-disk controller      |
| 378-37F                         | parallel port             |
| 3D0-3DF                         | graphics controller       |
| 3F0-3F7                         | diskette-drive controller |
| 3F8-3FF                         | serial port (primary)     |

# I/O 方式

- ◆ 轮询
- ◆ 中断
- ◆ DMA
- ◆ 通道



# 轮询 Polling

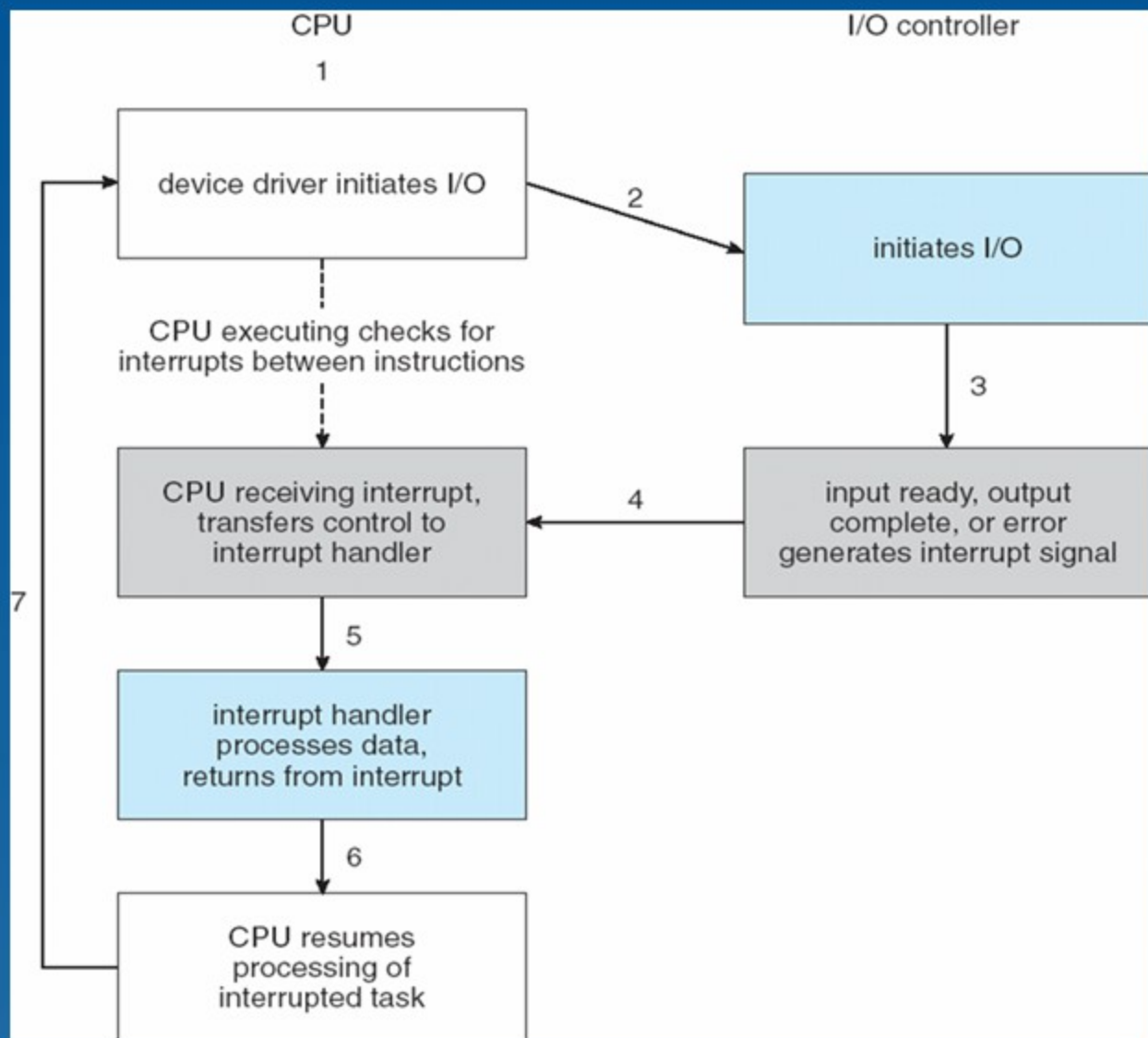
## ◆ 主机与控制器之间的交互过程

1. 主机不断地读取**忙**位，直到该位被清除（这个过程称为轮询，亦称忙等待-busy waiting）
2. 主机设置命令寄存器中的**写**位并向数据输出寄存器中写入一个字节。
3. 主机设置命令**就绪**位
4. 当控制器注意到命令**就绪**位已被设置，则设置**忙**位。
5. 控制器读取命令寄存器，并看到写入命令。它从数据输出寄存器中读取一个字节，并向设备执行I/O操作。
6. 控制器清除命令**就绪**位，清除状态寄存器的**故障**位以表示设备I/O成功，清除**忙**位以表示完成。

# 中断Interrupts

- ◆ CPU硬件有一条中断请求线（interrupt-request line, IRL），由I/O设备触发
  - | 设备控制器通过中断请求线发送信号而引起中断，CPU捕获中断并派遣到中断处理程序，中断处理程序通过处理设备来清除中断。
- ◆ 两种中断请求
  - | 非屏蔽中断：主要用来处理如不可恢复内存错误等事件
  - | 可屏蔽中断：由CPU在执行关键的不可中断的指令序列前加以屏蔽
- ◆ 中断向量
- ◆ 中断优先级：能够使CPU延迟处理低优先级中断而不屏蔽所有中断，这也可以让高优先级中断抢占低优先级中断处理。
- ◆ 中断的用途
  - | 中断机制用于处理各种异常，如被零除，访问一个受保护的或不存在的内存地址
  - | 系统调用的实现需要用到中断（软中断）
  - | 中断也可以用来管理内核的控制流

# 中断驱动的I/O循环



# Interrupt vectors in Linux

| Vector range | Use   |
|--------------|---|
| 0-19         | Nonmaskable interrupts and exceptions   |
| 20-31        | Intel-reserved  |
| 32-127       | External interrupts (IRQs)  |
| 128 (0x80)   | Programmed exception for system calls   |
| 129-238      | External interrupts (IRQs)  |
| 239          | Local APIC timer interrupt  |
| 240          | Local APIC thermal interrupt (introduced in the Pentium 4 models)   |
| 241-250      | Reserved by Linux for future use  |
| 251-253      | Interprocessor interrupts   |
| 254          | Local APIC error interrupt (generated when the local APIC detects an erroneous condition)                   |
| 255          | Local APIC spurious interrupt (generated if the CPU masks an interrupt while the hardware device raises it) |

# Intel Pentium Processor Event-Vector Table

| vector number | description                            |
|---------------|--|
| 0             | divide error                           |
| 1             | debug exception                        |
| 2             | null interrupt                         |
| 3             | breakpoint                             |
| 4             | INTO-detected overflow                 |
| 5             | bound range exception                  |
| 6             | invalid opcode                         |
| 7             | device not available                   |
| 8             | double fault                           |
| 9             | coprocessor segment overrun (reserved) |
| 10            | invalid task state segment             |
| 11            | segment not present                    |
| 12            | stack fault                            |
| 13            | general protection                     |
| 14            | page fault                             |
| 15            | (Intel reserved, do not use)           |
| 16            | floating-point error                   |
| 17            | alignment check                        |
| 18            | machine check                          |
| 19-31         | (Intel reserved, do not use)           |
| 32-255        | maskable interrupts                    |

# An example of IRQ assignment to I/O devices

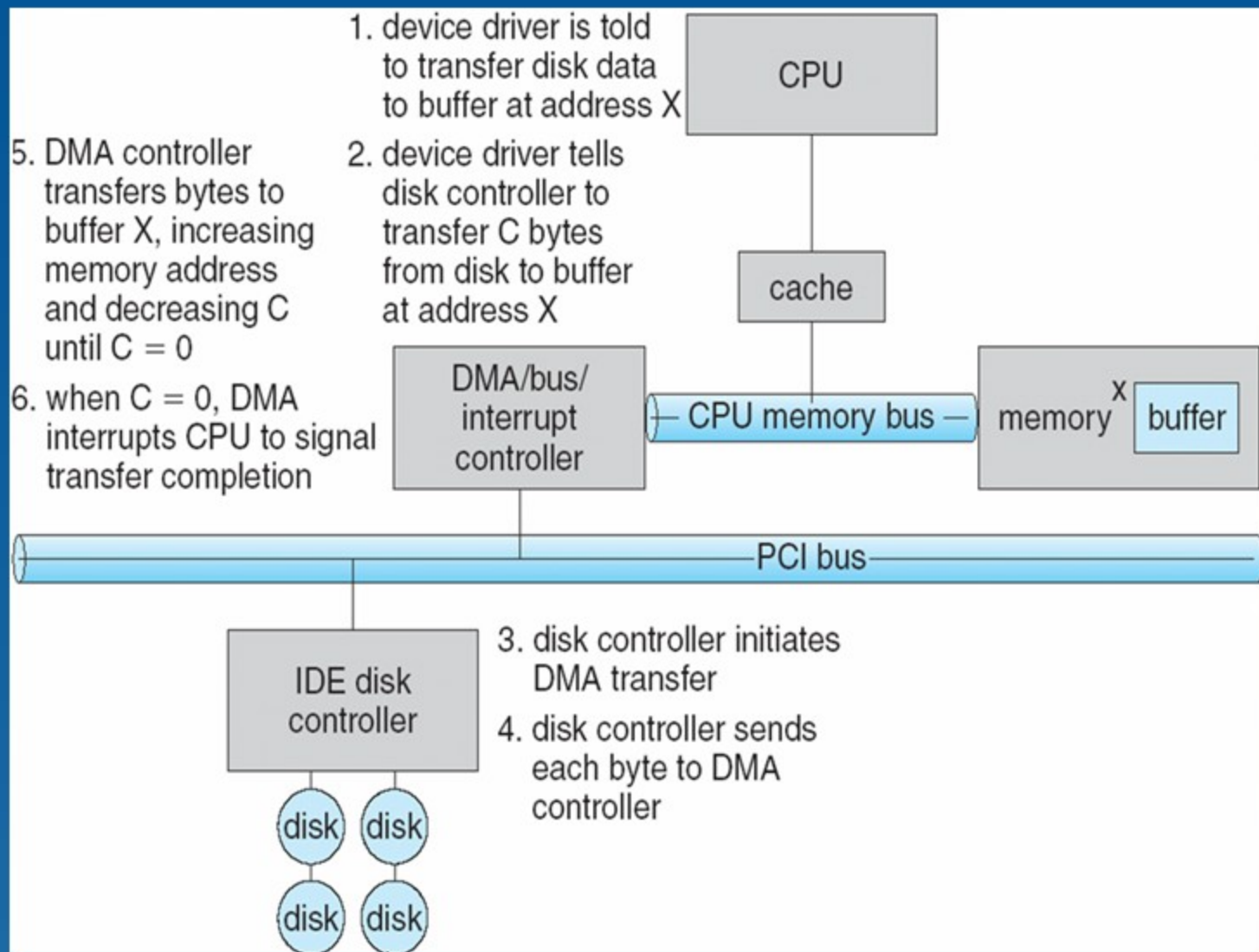
## 中断向量

| IRQ | INT | Hardware device                     |
|-----|-----|-------------------------------------|
| 0   | 32  | Timer                               |
| 1   | 33  | Keyboard                            |
| 2   | 34  | PIC cascading                       |
| 3   | 35  | Second serial port                  |
| 4   | 36  | First serial port                   |
| 6   | 38  | Floppy disk                         |
| 8   | 40  | System clock                        |
| 10  | 42  | Network interface                   |
| 11  | 43  | USB port, sound card                |
| 12  | 44  | PS/2 mouse                          |
| 13  | 45  | Mathematical coprocessor            |
| 14  | 46  | EIDE disk controller's first chain  |
| 15  | 47  | EIDE disk controller's second chain |

# Direct Memory Access直接内存存取

- ◆用来避免处理大量数据移动时按字节来向控制器送入数据的问题
- ◆需要DMA控制器
- ◆绕过CPU直接在内存与I/O设备之间进行数据传输

# 通过六步来完成DMA传输

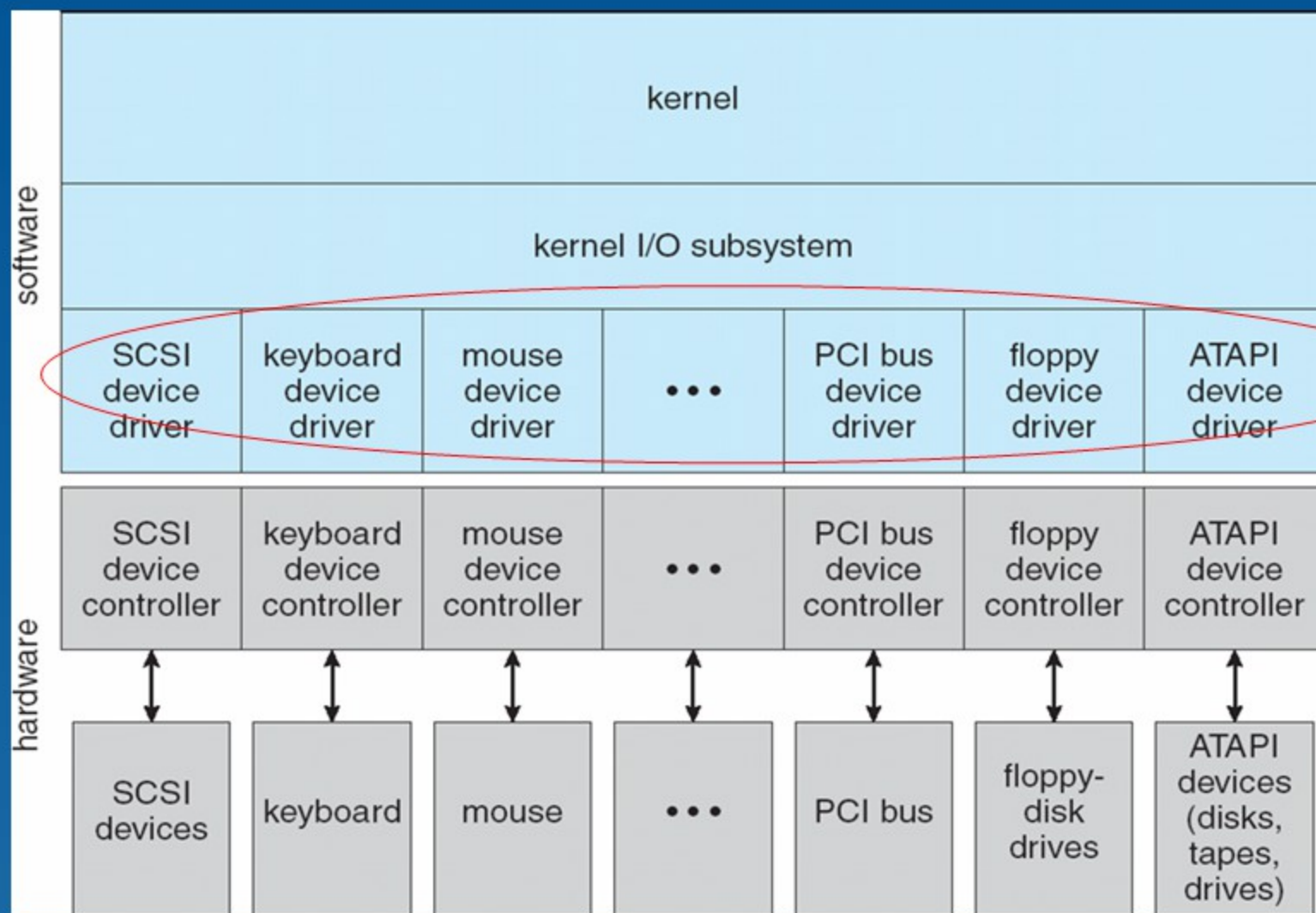




# 应用程序I/O接口Application I/O Interface

- ◆ I/O系统调用--实现统一的I/O接口
- ◆ I/O系统调用封装了设备通用类型行为。如块设备I/O系统调用包括磁盘、磁带、光盘等一系列块设备的read、write、seek。
- ◆ 具体的I/O差别被内核模块（称设备驱动程序）所封装。
- ◆ 设备驱动程序的作用是为内核I/O子系统隐藏设备控制器之间的差异

# Fig A Kernel I/O Structure





**End**