



# 计算机组成与系统结构

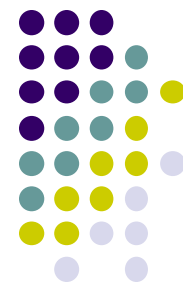
## 第八章 输入输出系统

吕昕晨

[lvxinchen@bupt.edu.cn](mailto:lvxinchen@bupt.edu.cn)

网络空间安全学院

【例1】磁盘组有6片磁盘，每片有两个记录面，最上最下两个面不用。存储区域内径22cm，外径33cm，道密度为40道/cm，内层位密度400位/cm，转速6000转/分。问：

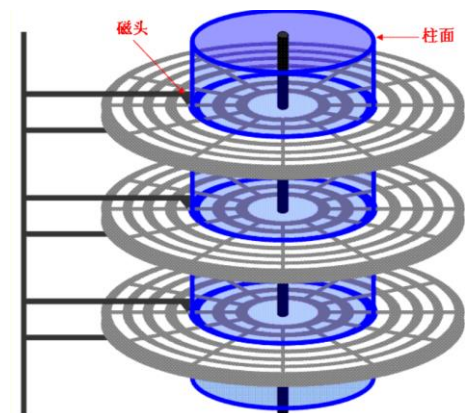


(1)共有多少柱面？

有效存储区域 =  $16.5 \text{ (} 33/2 \text{)} - 11 \text{ (} 22/2 \text{)} = 5.5(\text{cm})$

道密度 = 40道/cm

每一记录面共有  $40 \times 5.5 = 220$  道，共有220柱面



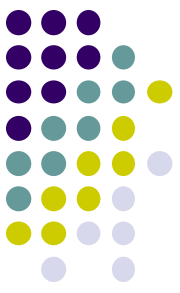
(2)盘组总存储容量是多少？

内层磁道周长为  $2\pi R = 2 \times 3.14 \times 11 = 69.08(\text{cm})$

每道信息量 =  $400 \text{ 位/cm} \times 69.08 \text{ cm} = 27632 \text{ 位} = 3454 \text{ B}$

每面信息量 =  $3454 \text{ B} \times 220 = 759880 \text{ B}$

盘组总容量 =  $759880 \text{ B} \times 10 \text{ (} 12-2 \text{)} = 7598800 \text{ B}$



【例1】磁盘组有6片磁盘，每片有两个记录面，最上最下两个面不用。存储区域内径22cm，外径33cm，道密度为40道/cm，内层位密度400位/cm，转速6000转/分。问：

(4)采用定长数据块记录格式，直接寻址的最小单位是什么？寻址命令中如何表示磁盘地址？

采用定长数据块格式，直接寻址的最小单位是一个记录块(一个扇区)，每个记录块记录固定字节数目的信息，在定长记录的数据块中，活动头磁盘组的编址方式可用如下格式：

台号	柱号 (磁道) 号	盘面号/磁头号	扇区号
----	-----------	---------	-----

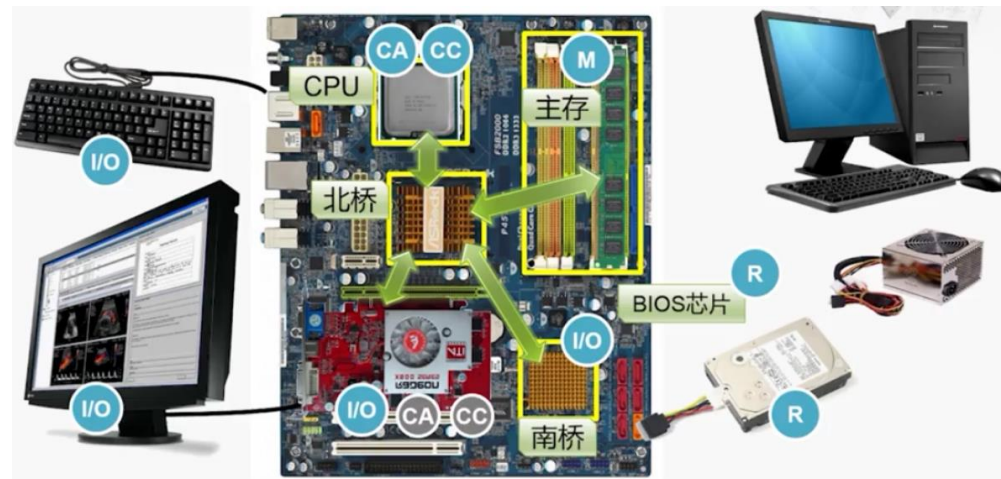
此地址格式表示有4台磁盘 (2位)，每台有16个记录面/盘面 (4位)，每面有256个磁道 (8位)，每道有16个扇区 (4位)。

# 本周教学内容



- 上周内容

- 外存与I/O设备
- 外存
  - 数据存储原理
  - 逻辑结构与实现
- 输入输出设备



- 关键：工作（存储）原理、逻辑结构、工作方式
- 本章内容——输入输出系统
  - 关键：CPU与外设如何进行信息交互
  - 输入输出控制方式
    - 程序控制、程序中断
    - DMA、通道方式



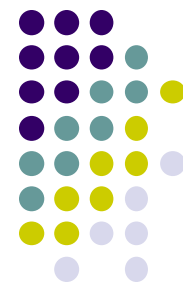
# 第八章 输入输出系统

- 外围设备的速度分级
- 信息交换方式
  - 程序查询方式
  - 程序中断方式
  - DMA方式
  - 通道方式



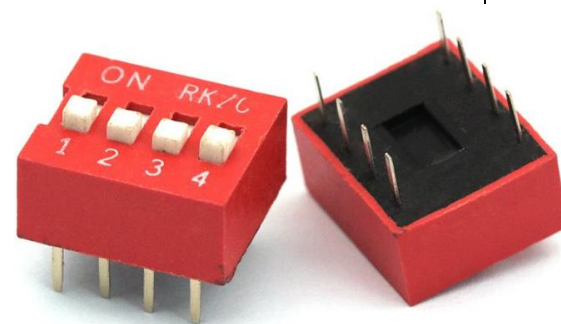
# 外围设备的速度分级

- 外设种类繁多，存在以下几种情况：
  - 不同种类的外设数据传输速率差别很大
  - 同一种设备在不同时刻传输速率也可能不同
- 问题
  - 高速的CPU与速度参差不齐的外设如何时间上同步？
- 解决办法
  - 在CPU和外设之间数据传送时加以定时
  - 对于不同速度的外围设备，需要有不同的定时方式
- 分类
  - 简单外围设备、慢速/中速外围设备、高速外围设备



# 速度极慢或简单的外围设备

- 速度极慢或简单的外围设备
  - 如机械开关、显示二极管等
  - 特点
    - CPU总是能足够快地作出响应
    - 对机械开关来讲，CPU可以认为输入的数据一直有效，因为机械开关的动作相对CPU的速度来讲是非常慢的，对显示二极管来讲，CPU可以认为输出一定准备就绪
    - 在这种情况下，CPU只要接收或发送数据就可以了
- 输入输出特点
  - 外围设备可以等价于一个存储器，可以直接进行数据传输
  - 无需进行查询与确认等交互操作



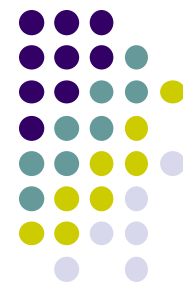
# 慢速或中速的外围设备



- 慢速或中速的外围设备
  - 速度和CPU的**速度并不在一个数量级**
  - 由于设备(如键盘)本身是在**不规则时间间隔**下操作的
  - CPU与这类设备的数据交换**可采用异步定时方式**
- 异步定时（交互）方式流程
  - **应答式数据交换**（读取数据）
    - CPU首先询问外设的状态，如果该外设的状态标志表明设备已**准备就绪**，从总线上接收数据；否则“**忙/未就绪**”标志
    - CPU在接收数据以后，发出**输入响应**信号，告诉外设已经把数据总线上的数据取走
    - 外设把**准备就绪**的状态标志复位，并准备下一个字的交换

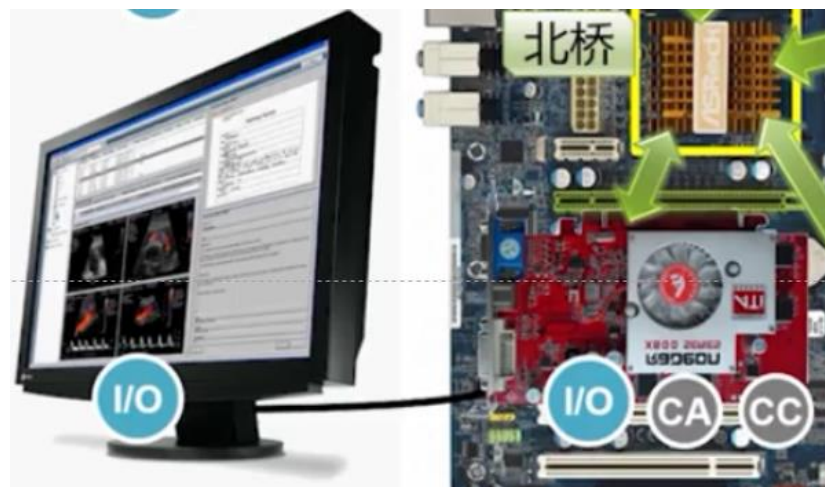






# 高速的外围设备

- 这类外设是以相等的时间间隔操作的，而CPU也是以等间隔的速率执行输入/输出指令的
- 连续不断的数据传输（恒定高速率）
- 采用同步定时方式





# 第八章 输入输出系统

- 外围设备的速度分级
- 信息交换方式
  - 程序查询方式
  - 程序中断方式
  - DMA方式
  - 通道方式



# 程序查询方式

- 程序查询方式是早期计算机中使用的一种方式，数据在CPU和外围设备之间的传送完全靠计算机程序控制
- 流程
  - CPU（定期）查询外围设备接口状态
    - 若发现设备有待传输数据（准备就绪）
    - CPU通过总线取走数据进行处理
    - 向设备发送传送成功信息（恢复状态）
- 全部编程控制，灵活配置，无需硬件配合





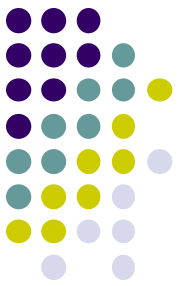
# 程序查询方式

- 程序查询方式是早期计算机中使用的一种方式，数据在CPU和外围设备之间的传送完全靠计算机程序控制
- 优点
  - CPU的操作和外围设备的操作能够同步，灵活配置
- 缺点
  - 外围设备动作很慢，程序进入查询循环时将白白浪费掉CPU很多时间。这种情况下，CPU此时只能等待，不能处理其他业务。
  - 即使CPU采用定期地由主程序转向查询设备状态的子程序进行扫描轮询的办法，CPU宝贵资源的浪费也是可观的。



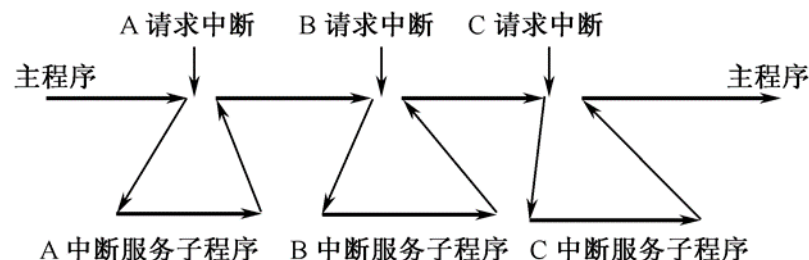
# 第八章 输入输出系统

- 外围设备的速度分级
- 信息交换方式
  - 程序查询方式
  - 程序中断方式
  - DMA方式
  - 通道方式



# 程序中断方式

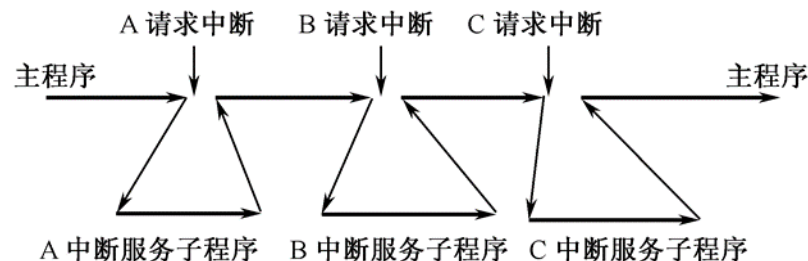
- 思路：增加硬件，使得外围设备可以通知CPU，避免查询
- 定义：中断是外围设备用来“主动”通知CPU，准备送出输入数据或接收输出数据的一种方法
- 流程
  - 外设发送中断请求
  - 一个中断发生时，CPU暂停它的现行程序，保存现场
  - 转向中断处理程序
  - 当中断处理完毕后，CPU又返回到它原来的任务，并从它停止的地方开始执行程序



# 程序中中断方式



- 特征
  - CPU不需要查询外设状态，等待外设中断请求
- 优缺点
  - 节省了CPU宝贵的时间，是管理I/O操作的一个比较有效的方法；中断方式一般适用于随机出现的服务，并且一旦提出要求，应立即进行
  - 不适合频繁数据传输（保存、恢复现场开销），时延较大
- 问题
  - 需要额外硬件电路
    - 中断请求总线（请求、响应）
    - 中断控制器
    - 中断处理程序（如何寻找对应程序）





# 第八章 输入输出系统

- 外围设备的速度分级
- 信息交换方式
  - 程序查询方式
  - 程序中断方式
  - DMA方式
  - 通道方式





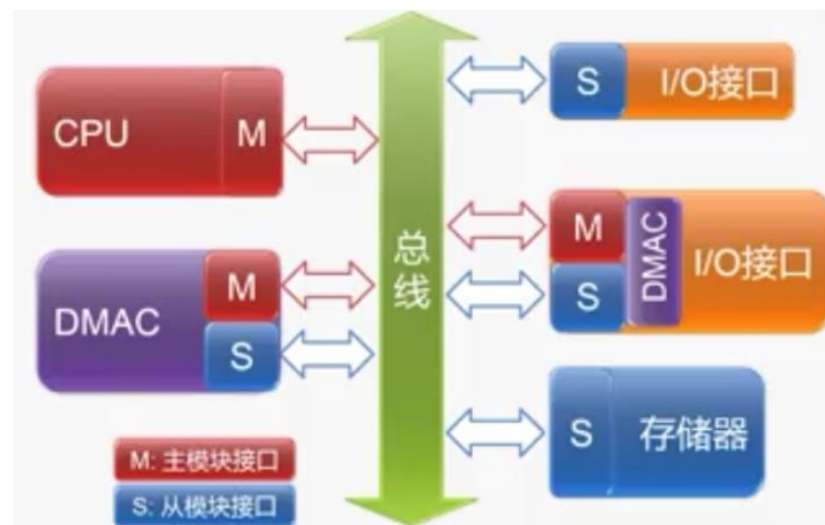
# 直接内存访问 (DMA)

- 问题
  - 如果外设**随机出现数据**，并与存储器进行通信
  - **通信频率高，数据量大**
- 现有方案是否使用？（**CPU控制数据传输**）
  - 程序查询方式
    - 随机数据出现，浪费CPU资源
    - 与存储器进行通信，不应影响CPU工作
  - 程序中断方式
    - 通信数据量很大，频繁交互，中断程序开销大
    - 频繁保存现场会影响系统性能
- 解决方案（**其他硬件负责数据搬运**）
  - 新增DMAC，具有总线控制权限，辅助完成数据传输

# 直接内存访问 (DMA)



- DMA控制器 (DMAC)
  - 数据传送过程不需要CPU干预  
(CPU继续进行数据计算)
  - 进行外设与存储器间直接数据传送
  - 分类
    - 独立DMA芯片: Intel 8237
    - DMA集成在SoC内部, STM32系列
    - DMA集成在I/O接口内部, 固态硬盘等高速外设





# 直接内存访问 (DMA)

- 直接内存访问(DMA)方式
  - 一种完全由硬件执行I/O交换的工作方式
  - 这种方式既考虑到中断响应，同时又要节约中断开销。
  - DMA控制器从CPU完全接管对总线的控制，数据交换不经过CPU，直接在内存和外围设备之间进行，以高速传送数据
- 优缺点
  - 数据传送速度很高，传送速率仅受到内存访问时间的限制
  - 与中断方式相比，需要更多的硬件
  - DMA方式适用于内存和高速外围设备之间大批数据交换的场合



# 第八章 输入输出系统

- 外围设备的速度分级
- 信息交换方式
  - 程序查询方式
  - 程序中断方式
  - DMA方式
  - 通道方式



# 通道方式

- 通道控制方式
  - 通道控制方式与DMA控制方式类似，也是一种以内存为中心，实现设备与内存直接交换数据的控制方式
  - 与DMA控制方式相比，通道方式所需要的CPU干预更少（数据配置等），而且可以做到一个通道控制多台设备,从而进一步减轻了CPU负担
  - 新增硬件名称
    - 输入输出处理器（IOP）
- 优缺点
  - 相比DMA方式进一步提升数据传输效率
  - 硬件开销更大

# 总结



- 外围设备的速度分级

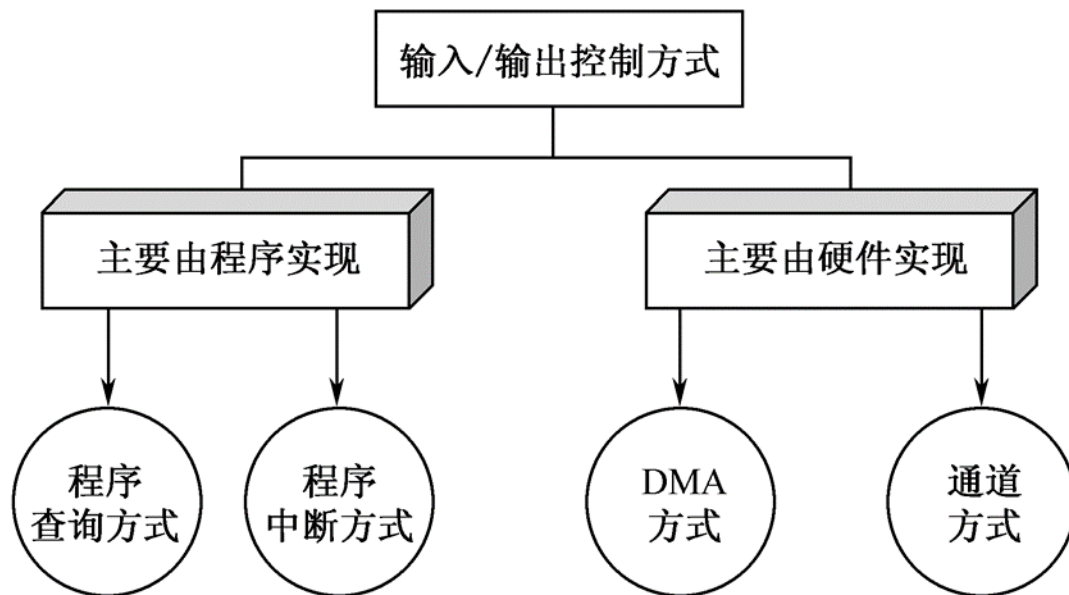
- 信息交换方式

- 程序查询方式

- 程序中中断方式

- DMA方式

- 通道方式





# 课堂作业

- 作业要求
  - 用A4纸答题，在上方标明班级、姓名、学号信息
  - 开卷，不允许互相交流
- 作业时间
  - 40分钟（3:35~4:15）
- 上交要求
  - 拍照，整合为pdf文件，以“学号-姓名”命名
  - 各位同学4:25以前上交至各小班学委
  - 各小班学委统计压缩后，4:50以前发至  
lvxinchen@bupt.edu.cn