



计算机组成与系统结构

第七章 外存与I/O设备

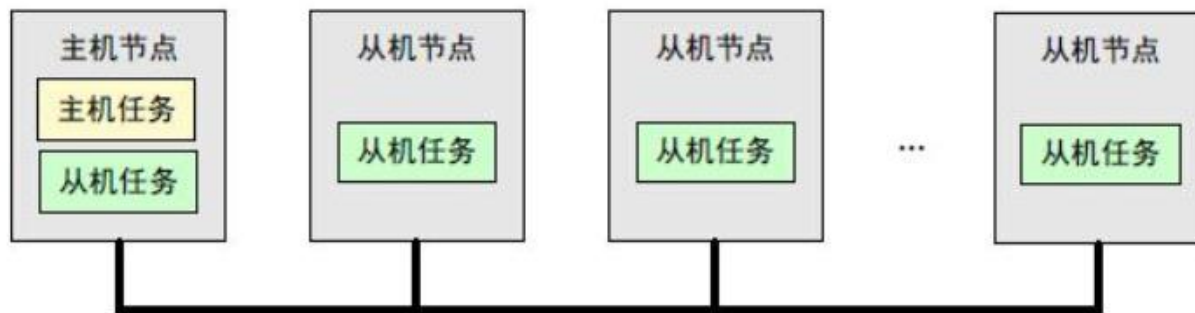
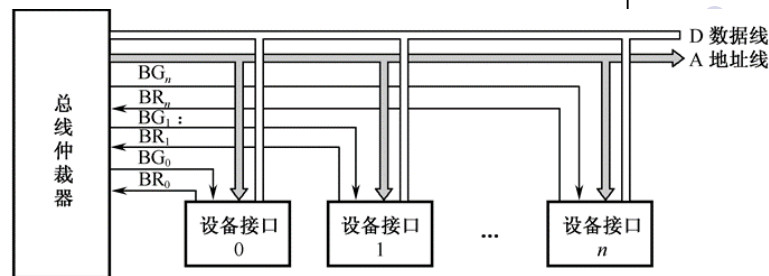
吕昕晨

lvxinchen@bupt.edu.cn

网络空间安全学院

分布式仲裁场景

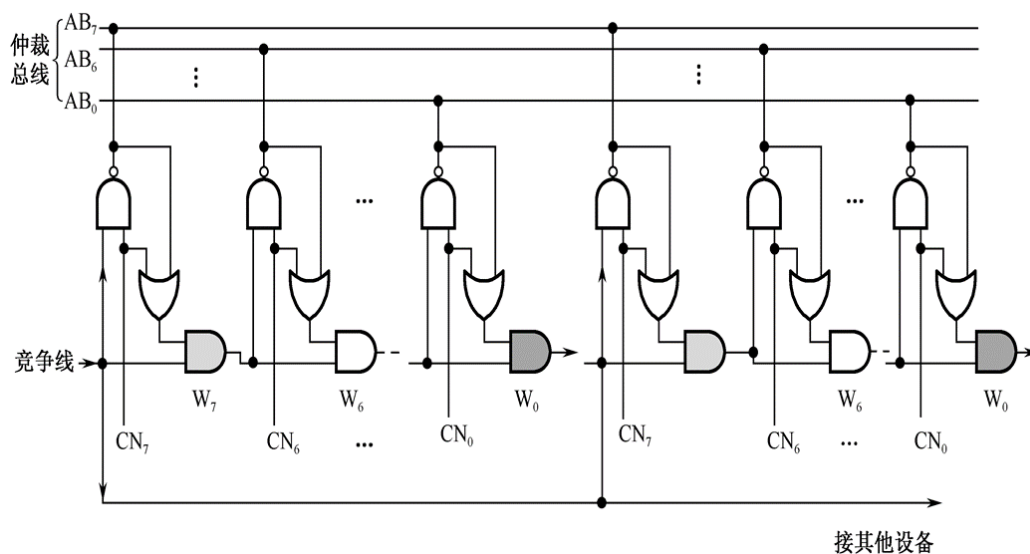
- 集中式仲裁
 - 适用：单机系统
 - 集中式总线仲裁器：CPU
 - 容易实现独立仲裁方式（独立的一对BR、BG线）
- 分布式仲裁
 - 适用：多主机系统
 - 无集中式仲裁器，从机节点间需要进行分布式仲裁
 - 每个从机具有一个唯一仲裁号CN（CN7~CN0）
 - 从机竞争仲裁总线，最后获胜者仲裁号留在仲裁线



分布式仲裁基本思路



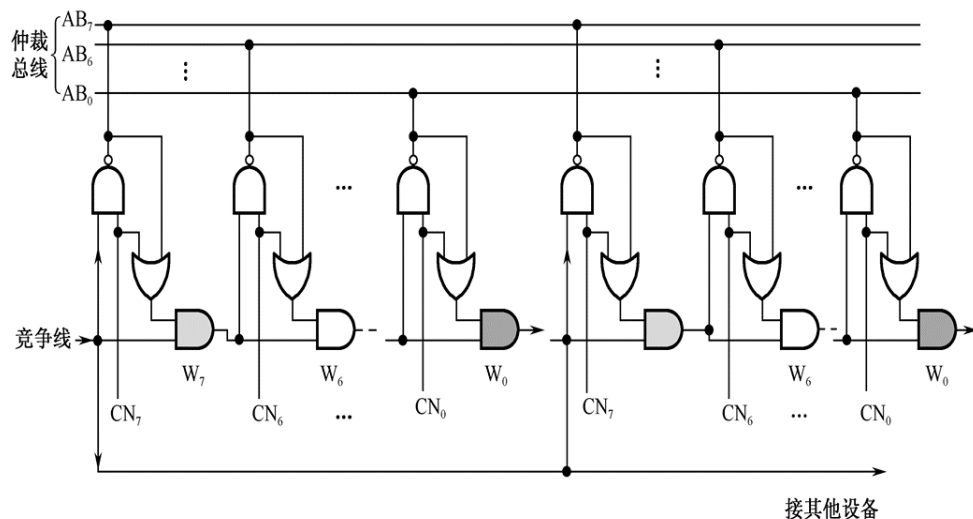
- 不需要中央仲裁器，而是多个仲裁器竞争使用总线
- 当它们有总线请求时，把它们唯一的仲裁号发送到共享的仲裁总线上，每个仲裁器将仲裁总线上得到的号与自己的号进行比较。如果仲裁总线上的号大，则它的总线请求不予响应，并撤消它的仲裁号（优先级比较）
- 最后，获胜者的仲裁号保留在仲裁总线上



分布式仲裁实现



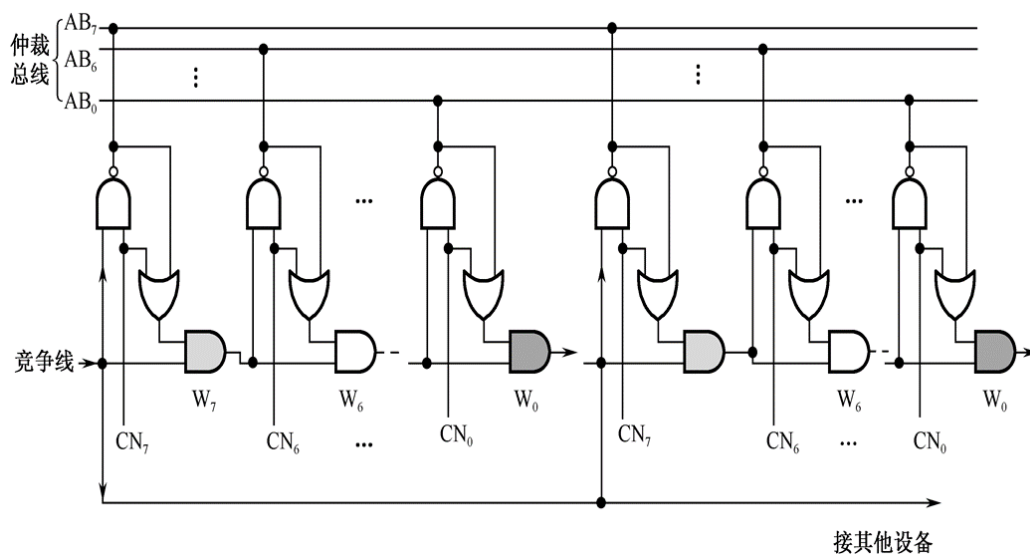
- 所有参与本次竞争的各主设备将设备竞争号CN取反打到仲裁总线AB上，实现“线或”逻辑；AB线低电平时表示至少有一个主设备的CNi为1，AB线高电平时表示所有主设备的CNi为0
- 竞争时CN与AB逐位比较，从最高位（b7）至最低位（b0）以一维菊花链方式进行，只有上一位竞争得胜者 W_{i+1} 位为1。
- 当 $CN_i=1$ ，或 $CN_i=0$ 且 AB_i 为高电平时，才使 W_i 位为1；若 $W_i=0$ 时，将一直向下传递，使其竞争号后面的低位不能送上AB线。



分布式仲裁实现



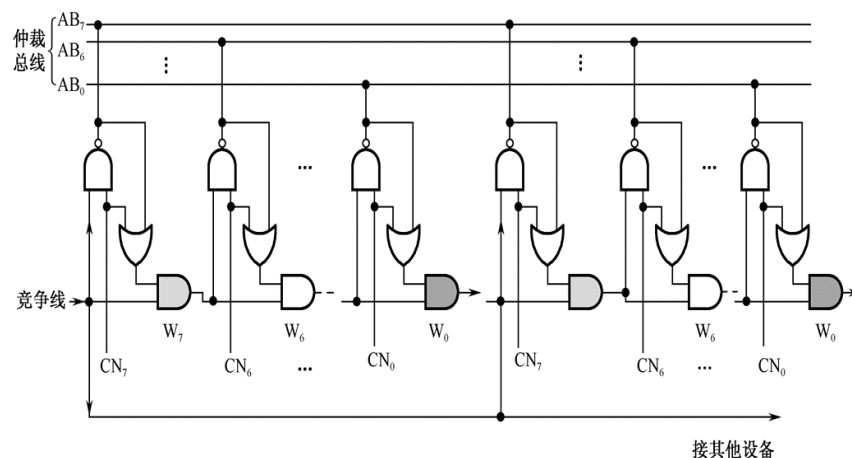
- 竞争不到的设备自动撤除其竞争号。在竞争期间，由于W位输入的作用，各设备在其内部的CN线上保留其竞争号并不破坏AB线上的信息。
- 由于参加竞争的各设备速度不一致，这个比较过程反复（自动）进行，才有最后稳定的结果。竞争期的时间要足够，保证最慢的设备也能参与竞争。



分布式仲裁举例



- 两个从机设备仲裁号
 - 设备1：1010 1110、设备2：0110 1000
 - 第一轮：将仲裁号发布至总线
 - 设备1保留：1000 0000 (设备2, CN6为1)
 - 设备2保留：0000 0000 (设备1, CN7为1, 退出竞争)
 - 第二轮：根据第一轮结果继续竞争
 - 仲裁线为：1010 1110 (对应设备1仲裁号, 设备1占用总线)



本周教学内容



- 外存与I/O设备

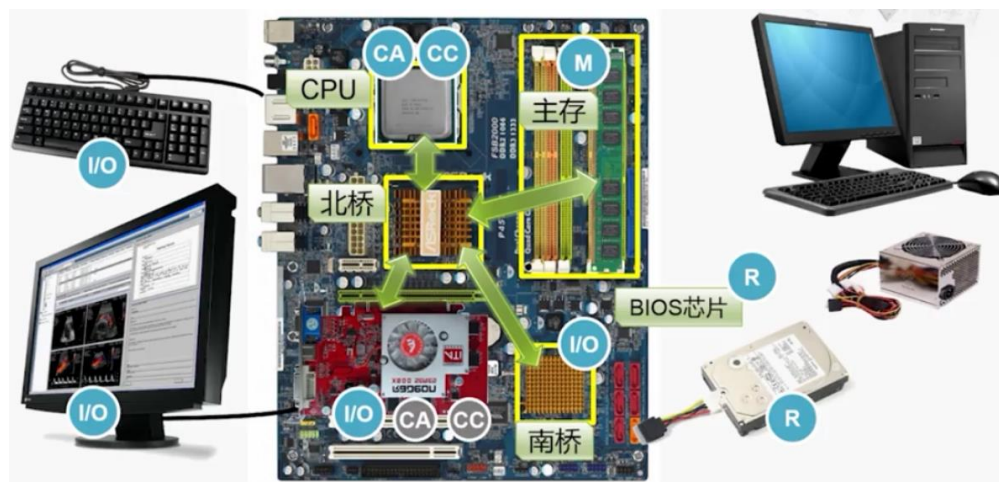
- 外存

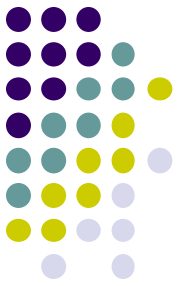
- 数据存储原理
 - 逻辑结构与实现

- 输入输出设备

- 本章内容

- 外围设备概述
 - 硬盘存储设备
 - 硬盘存储技术发展
 - 光盘与磁光盘
 - 输入输出设备



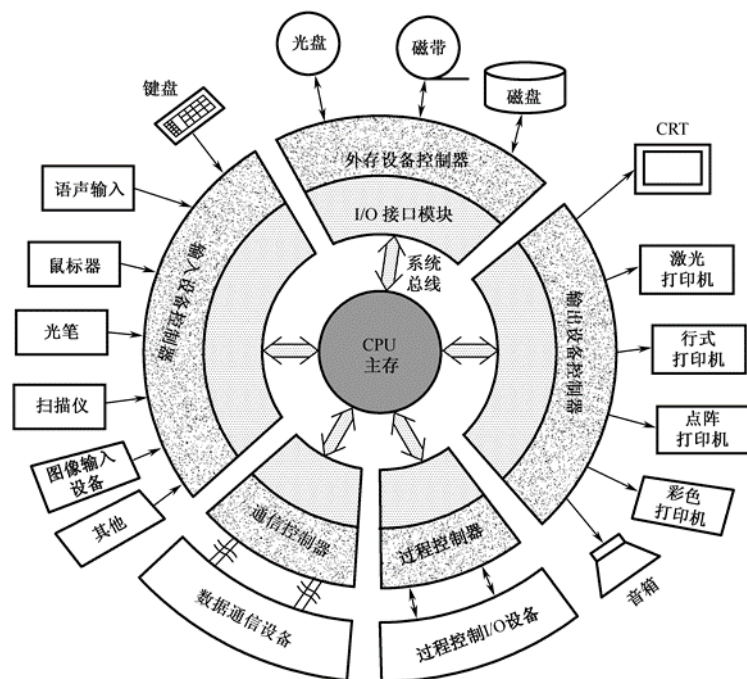
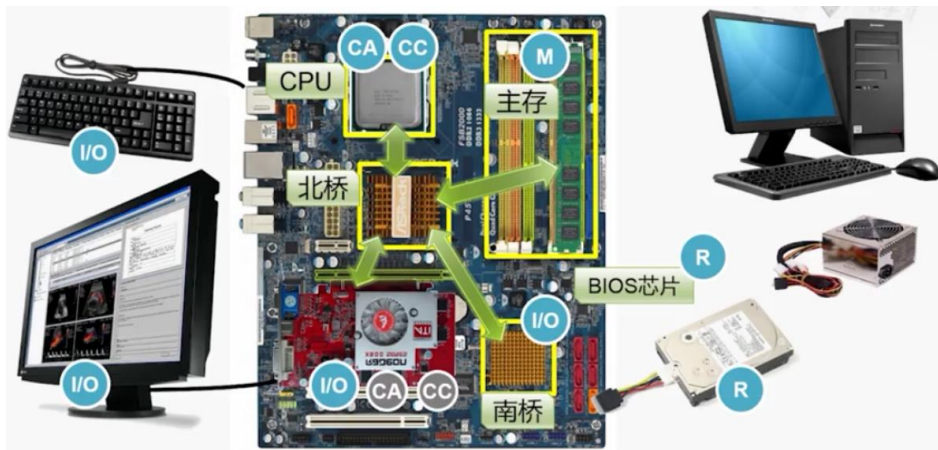


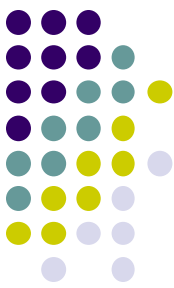
第七章 外存与I/O设备

- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标

外围设备的一般功能

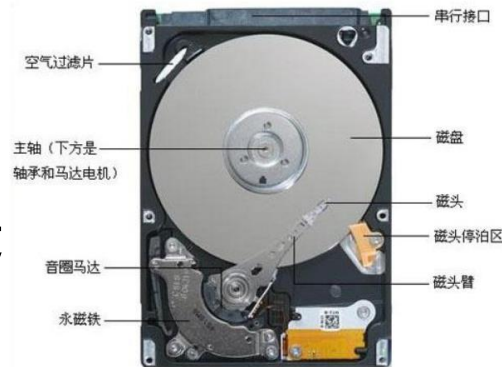
- 外围设备的功能是在计算机和其他机器之间，以及计算机与用户之间提供联系（外部存储介质、I/O设备）
- 外围设备越来越重要，本章主要介绍以下内容：
 - 硬磁盘、可移动磁盘、磁带和光盘





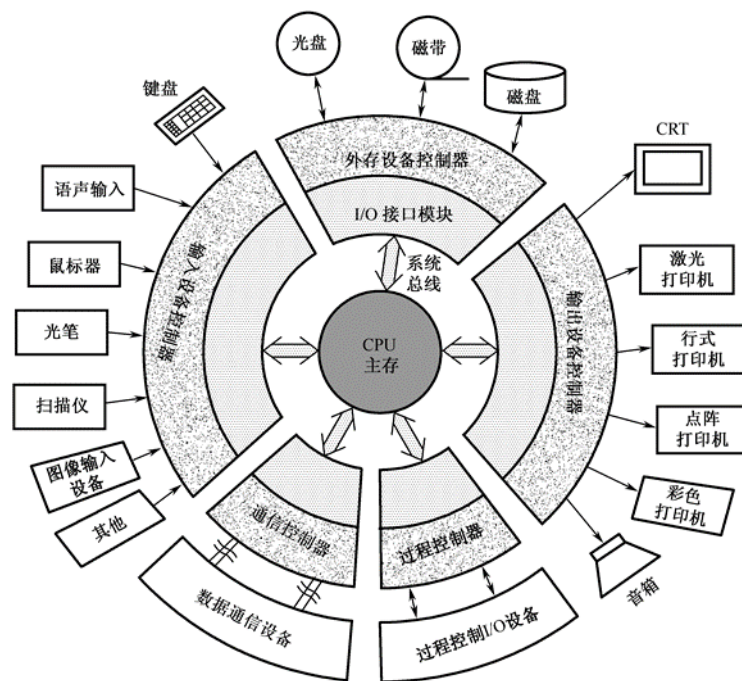
外围设备（磁盘）基本组成

- 存储介质：保存信息的物理特征
 - 磁盘就是一个存储介质的例子，它是用记录在盘上的磁化元表示信息。
- 驱动装置：用于移动存储介质
 - 磁盘设备中，驱动装置用于转动磁盘并进行定位。
- 控制电路：向存储介质发送数据或从存储介质接受数据
 - 磁盘读出时，控制电路把盘上用磁化元形式表示的信息转换成计算机所需要的电信号，并把这些信号用电缆送给计算机主机。



外围设备的分类

- 计算机中外围设备结构关系
 - 中央部分：CPU与主存
 - 第二层：适配器（接口）
 - 第三层：外围设备控制器
 - **最外层：外围设备**
- 外围设备分类
 - 输入设备、输出设备
 - 外存设备
 - 数据通信设备
 - 过程控制设备





外围设备的名称、功能与速率

- 外围设备的功能是在计算机和其他机器之间，以及计算机与用户之间提供联系

- > 安全设备
- > 处理器
- > 磁盘驱动器
- > 存储控制器
- > 打印队列
- > 电池
- > 固件
- > 计算机
- > 监视器
- > 键盘
- > 蓝牙
- > 其他设备
- > 人体学输入设备
- > 软件设备
- > 软件组件
- > 声音、视频和游戏控制器
- > 鼠标和其他指针设备
- > 通用串行总线控制器
- > 图像设备
- > 网络适配器
- > 系统设备
- > 显示适配器
- > 音频输入和输出

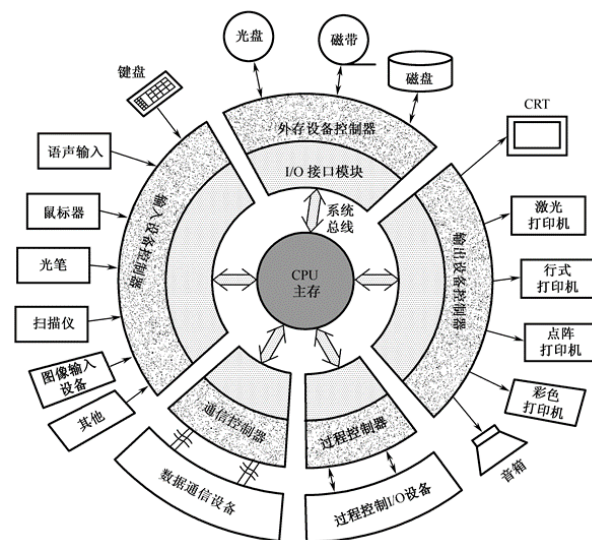
设备名称	功能	人/机接口	数据速率 (Mbit/s)
键盘	输入	人	0.000 1
鼠标	输入	人	0.003 8
语音输入设备	输入	人	0.264 0
声音输入设备	输入	机器	3.000 0
扫描仪	输入	人	3.200 0
语音输出设备	输出	人	0.264 0
声音输出设备	输出	人	8.000 0
激光打印机	输出	人	3.200 0
图形显示器	输出	人	800.000 0~8 000.000 0
调制解调器	输入或输出	机器	0.016 0~0.064 0
网络/局域网	输入或输出	机器	100.000 0~1 000.000 0
网络/无线局域网	输入或输出	机器	11.000 0~54.000 0
光盘	存储	机器	80.000 0
磁带	存储	机器	32.000 0
磁盘	存储	机器	240.000 0~2560.000 0

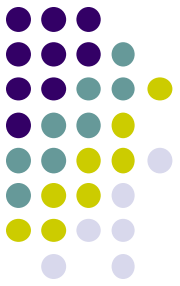
此题未设置答案，请点击右侧设置按钮



计算机外围设备是指

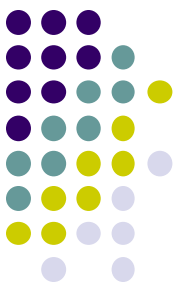
- ☐ A 输入/输出设备
- ☐ B 外存设备
- ☐ C 输入输出设备与外存设备
- ☒ D 输入输出设备、外存设备、数据通信设备、过程控制设备





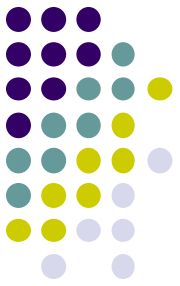
第七章 外存与I/O设备

- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标



磁表面存储器

- 计算机的外存储器又称磁表面存储设备
- **磁表面存储**，是用某些磁性材料薄薄地涂在金属铝或塑料表面作载磁体来存储信息
- 磁盘存储器、磁带存储器均属于磁表面存储器
- 磁表面存储器由于**存储容量大，位成本低**，在计算机系统中作为辅助大容量存储器使用，用以存放系统软件、大型文件、数据库等大量程序与数据信息



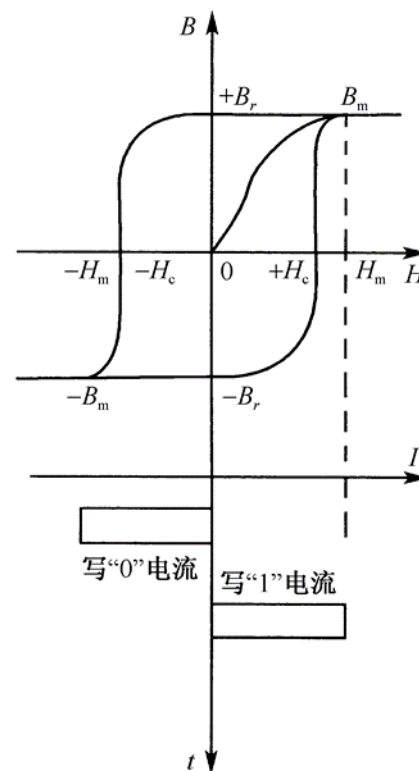
磁表面存储器特点

- 优点
 - 存储容量大，位价格低；
 - 记录介质可以重复使用；
 - 记录信息可以长期保存而不丢失，甚至可以脱机存档
 - 非破坏性读出，读出时不需要再生信息
- 缺点
 - 存取速度较慢，机械结构复杂，对工作环境要求较高

磁记录原理

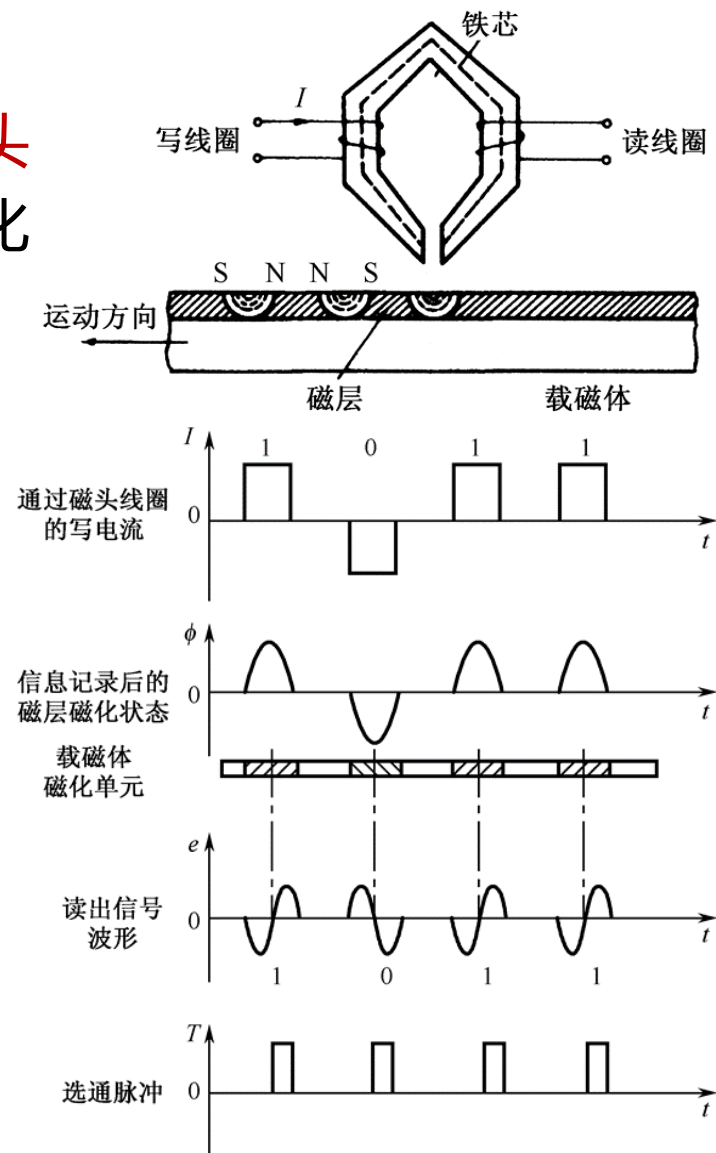


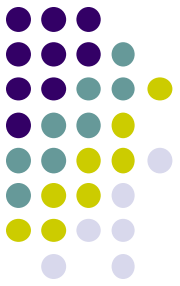
- 如何用磁表面介质存储信息
 - 原理：磁滞回线
 - 稳态
 - 正剩磁状态： $+B_r$
 - 负剩磁状态： $-B_r$
 - 稳态转变
 - 通过外加正向、负向脉冲电流
 - 写1（正脉冲）/写0（负脉冲）
- 基本存储单元
 - 磁化元（存储元）
 - 记录二进制信息位的单元



磁表面存储器读写原理

- 在磁表面存储器中，利用一种称为**磁头**的装置来形成和判别磁层中的不同磁化状态（软磁材料做铁芯绕有读写线圈）
- 写操作（电磁变换）**
 - 当写线圈中通过脉冲电流时，铁芯内就产生一定方向的磁通
- 读操作（磁电变换）**
 - 当磁头经过载磁体的磁化元时，由于磁头铁芯是良好的导磁材料，磁化元的磁力线很容易通过磁头而形成闭合磁通回路。不同极性的磁化元在铁芯里的方向是不同的。



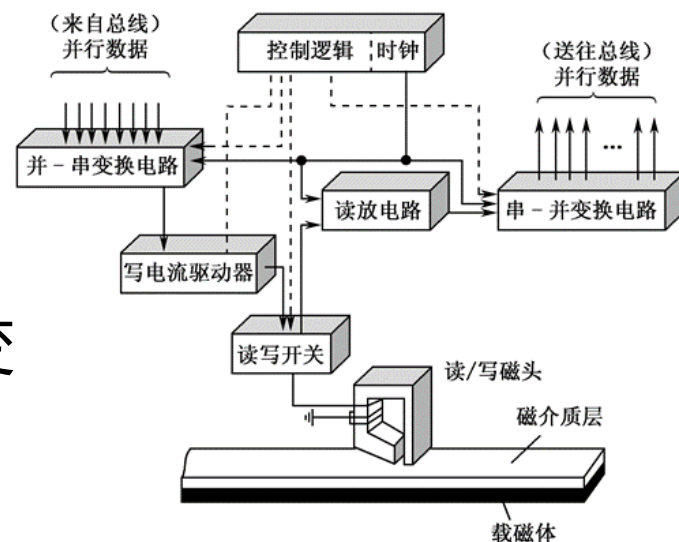


第七章 外存与I/O设备

- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标

磁盘存储器逻辑结构

- **硬（磁）盘**是指记录介质为硬质圆形盘片的磁表面存储设备
- 组成结构
 - **磁记录介质**
 - **磁盘控制器**
 - 控制逻辑与时序、数据并-串变换电路和串-并变换电路
 - **磁盘驱动器**
 - 写入电路与读出电路、读写转换开关、读写磁头与磁头定位伺服系统



磁盘存储器读写过程

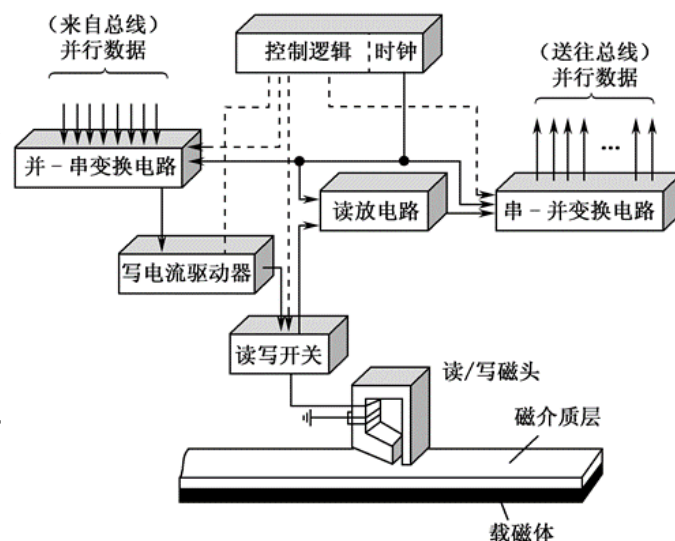


- 写入操作

- 数据通过**并串变换电路**，变为串行数据
- 一位一位地由**写电流驱动器**作功率放大并加到**写磁头线圈**上产生电流
- 在盘片磁层上形成按位的磁化存储元

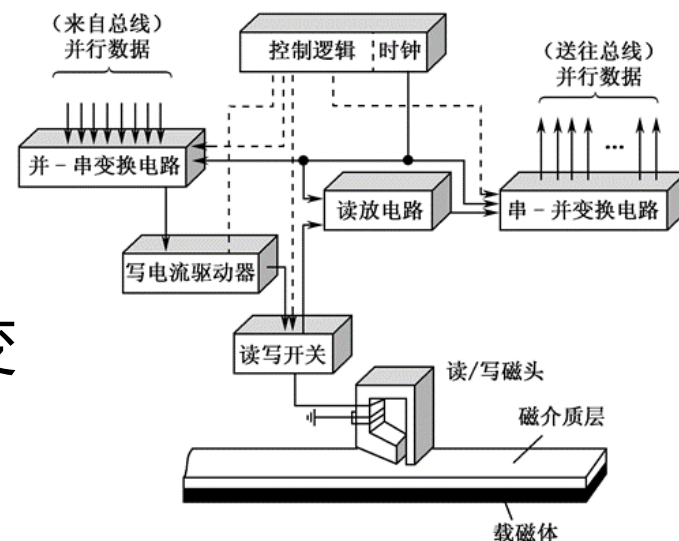
- 读出操作

- 记录介质相对磁头运动时，位磁化存储元形成的空间磁场在**读磁头线圈**中产生感应电势
- **读出信息经放大检测**就可还原成原来存入的数据
- 串行数据送至**串并变换电路**变换为并行数据，再并行送至总线



磁盘存储器逻辑结构

- **硬（磁）盘**是指记录介质为硬质圆形盘片的磁表面存储设备
- 组成结构
 - 磁记录介质
 - **磁盘控制器**
 - 控制逻辑与时序、数据并-串变换电路和串-并变换电路
 - **磁盘驱动器**
 - 写入电路与读出电路、读写转换开关、读写磁头与磁头定位伺服系统





硬盘的分类

- 硬盘分类
 - 按**盘片结构**，分为可换盘片式与固定盘片式
 - 按**磁头类型**，分为可移动磁头和固定磁头
- **可移动磁头**固定盘片的磁盘机
 - 一片或一组盘片固定在主轴上，盘片不可更换
 - 盘片每面只有一个磁头，存取数据时磁头沿盘面径向移动
- **可移动磁头**可换盘片的磁盘机
 - 盘片可以更换，磁头可沿盘面径向移动
 - 优点是盘片可以脱机保存，同种型号的盘片具有互换性



硬磁盘的分类

- **固定磁头**磁盘机
 - 特点是磁头位置固定，磁盘的每一个磁道对应一个磁头，盘片不可更换
 - 优点是存取速度快，省去磁头找道时间，缺点是结构复杂
- **温彻斯特磁盘机**，简称温盘
 - 一种采用先进技术研制的可移动磁头固定盘片的磁盘机
 - 密封组合式的硬磁盘，即磁头、盘片、电机等驱动部件乃至读写电路等组装成一个不可随意拆卸的整体
 - 工作时，高速旋转在盘面上形成的气垫将磁头平稳浮起
 - 优点是防尘性能好，可靠性高，对使用环境要求不高，成为最有代表性的硬磁盘存储器
 - 普通的硬磁盘要求具有超净环境，只能用于大型计算机

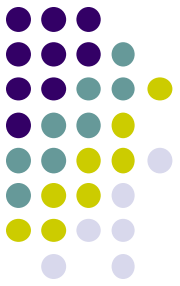
此题未设置答案，请点击右侧设置按钮



磁盘组成结构包括 [填空1] 、 [填空2] 、 [填空3]

- 磁盘组成结构
 - 磁记录介质
 - 磁盘控制器
 - 控制逻辑与时序、数据并-串变换电路和串-并变换电路
 - 磁盘驱动器
 - 写入电路与读出电路、读写转换开关、读写磁头与磁头定位伺服系统

正常使用填空题需3.0以上版本雨课堂

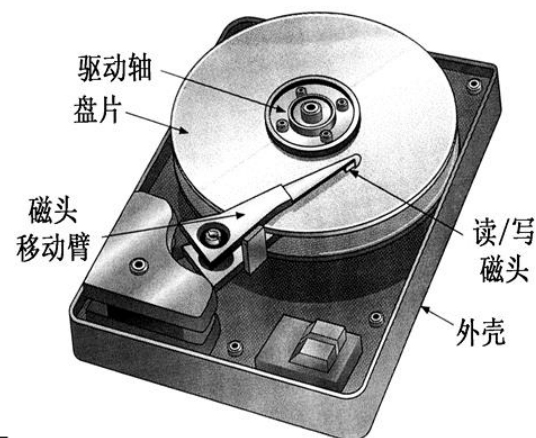


第七章 外存与I/O设备

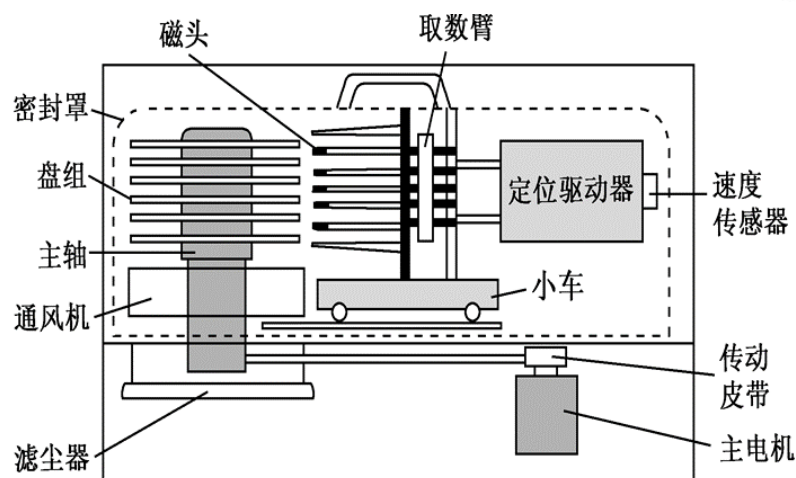
- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标

磁盘驱动器

- 磁盘驱动器是一种精密的电子和机械装置，因此各部件的加工安装有严格的技术要求
- 对温盘驱动器，还要求在超净环境下组装
- 基本结构
 - 定位驱动系统
 - 主轴系统
 - 数据转换系统



(a) 外形

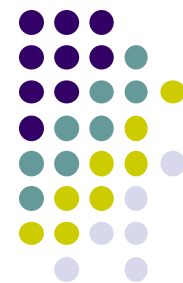


磁盘控制器



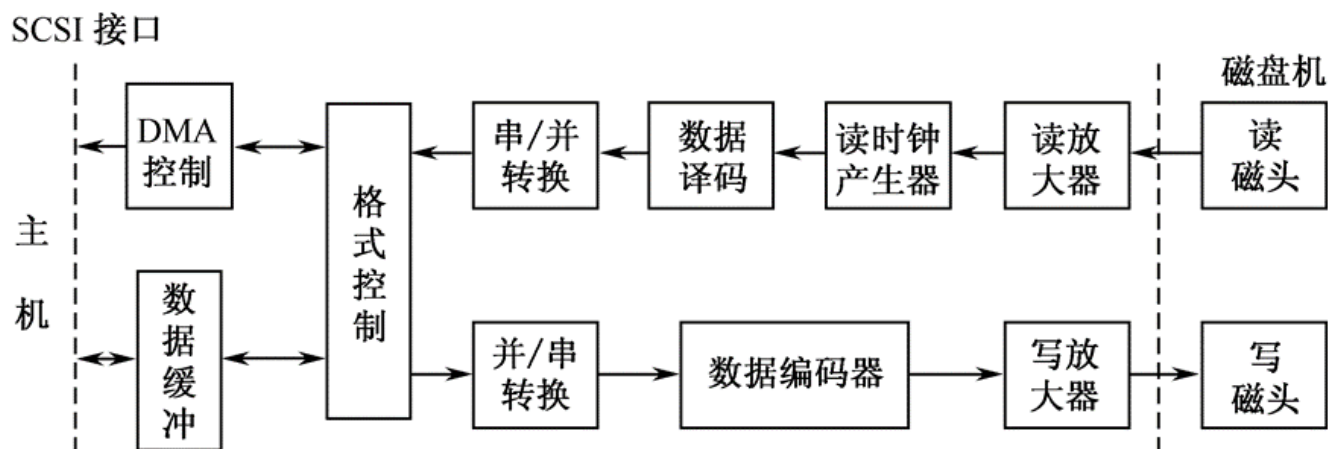
- 磁盘控制器是主机与磁盘驱动器之间的接口
- 由于磁盘存储器是高速外存设备，故与主机之间采用成批交换数据方式
- 控制器接口分为
 - 与主机的接口，控制外存与主机总线之间交换数据
 - 与设备的接口，根据主机命令控制设备的操作

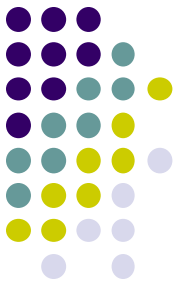




磁盘控制器逻辑框图

- 主机与磁盘驱动器交换数据的控制逻辑
 - 磁盘上的信息经读磁头读出以后送读出放大器
 - 进行数据与时钟的分离
 - 再进行串并变换、格式变换
 - 送入数据缓冲器
 - 经DMA(直接存储器传送)控制将数据传送到总线





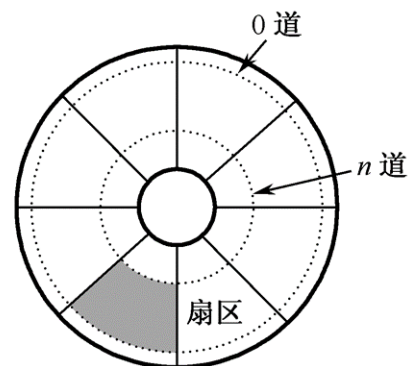
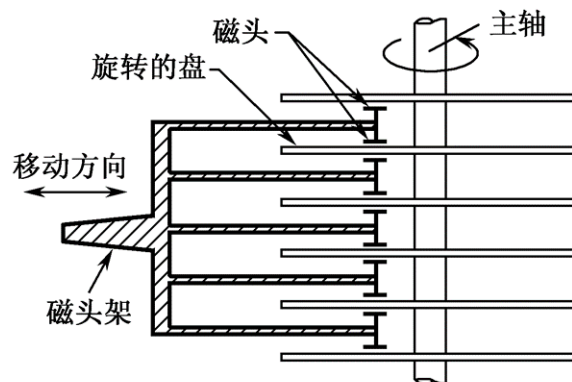
第七章 外存与I/O设备

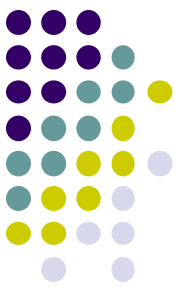
- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标

磁道与扇区



- 记录面
 - 盘片的上下两面都能记录信息，磁盘片表面称为记录面
- 磁道
 - 记录面上一系列同心圆称为磁道
 - 每个盘片表面通常有几百到几千个磁道
- 扇区
 - 每个磁道又分为若干个扇区，外扇区比内扇区面积要大
 - 磁盘上的这种磁道和扇区的排列称为格式





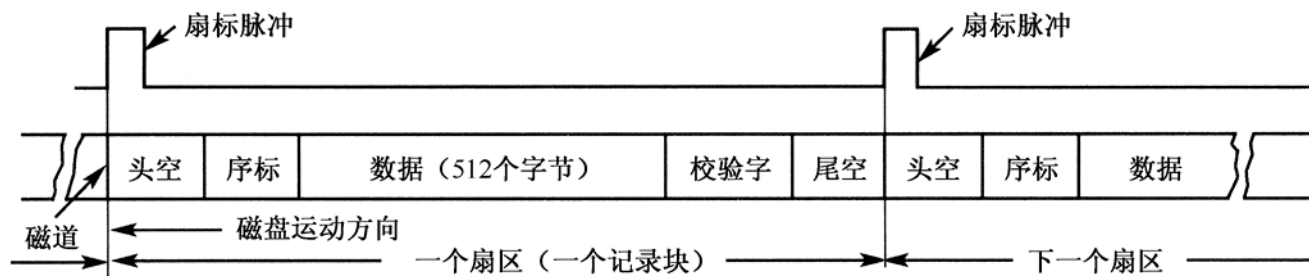
索引与记录块

- 在磁道上，**信息是按区存放的**，每个区中存放一定数量的字或字节，各个区存放的字或字节数是相同的
- **索引**
 - 为进行读/写操作，要求定出**磁道的起始位置**，即索引。
 - 索引标志在传感器检索下可产生脉冲信号，再通过磁盘控制器处理，便可定出磁道起始位置
- **记录块**
 - 每个扇区记录定长的数据，因此**读/写操作是以扇区为单位一位一位串行进行的**。每一个扇区记录一个记录块。

数据记录格式



- 记录块组成
 - 头部空白段
 - 留出一定的时间作为磁盘控制器的读写准备时间
 - 序标段
 - 作为磁盘控制器的同步定时信号
 - 数据段
 - 校验字段
 - 校验磁盘读出的数据是否正确
 - 尾部空白段



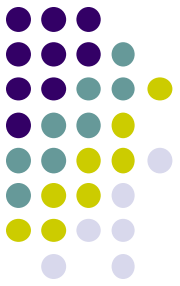
此题未设置答案，请点击右侧设置按钮



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。

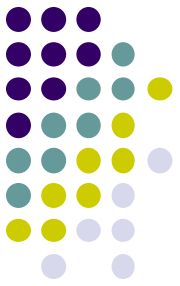
每个记录面有220磁道，问共有多少磁道？

- ☐ A 220
- ☐ B 1320
- ☒ C 2200
- ☐ D 2640



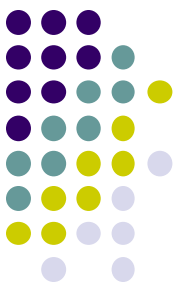
第七章 外存与I/O设备

- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标



存储密度与存储容量

- 存储密度
 - 道密度
 - 沿磁盘半径方向单位长度上的磁道数，单位为道/英寸
 - 位密度
 - 磁道单位长度上能记录的二进制代码位数，单位为位/英寸
 - 面密度
 - 位密度和道密度的乘积，单位为位/平方英寸
- 存储容量
 - 一个磁盘存储器所能存储的字节总数

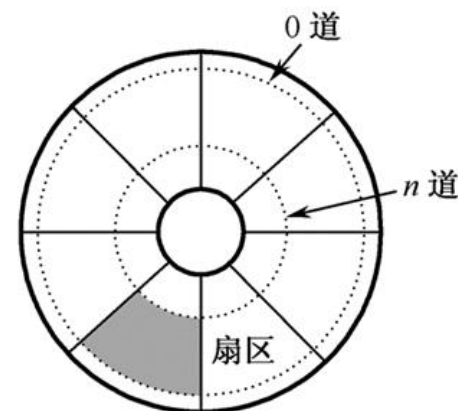


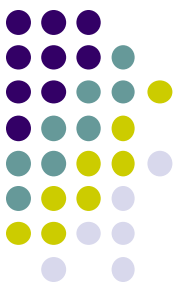
平均存取时间

- 平均存取时间
 - 从发出读写命令后，磁头从某一起始位置移动至新的记录位置，到开始从盘片表面读出或写入信息加上传送数据所需要的时间
- 取决于以下三个因素
 - 找道时间
 - 将磁头定位至所要求的磁道上所需的时间
 - 平均找道时间是最大找道时间与最小找道时间的平均值
 - 等待时间
 - 找道完成后至磁道上需要访问的信息到达磁头下的时间
 - 平均等待时间和磁盘转速有关，它用磁盘旋转一周所需时间的一半来表示
 - 数据传送时间

平均存取时间

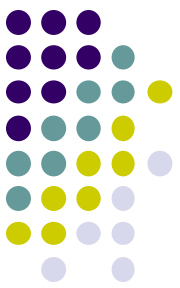
- 平均存取时间取决于
 - 找道时间: T_s
 - 等待时间: $1/2r$
 - r 表示磁盘转速, 单位: 转/秒
 - 旋转一周所需时间一半
 - 例如, 硬盘常见有5400/7200转
 - 数据传送时间: b/rN
 - B 是待传送字节数, N 表示每磁道字节数
- 平均存取时间 T_a 表达式
 - $T_a = T_s + 1/(2r) + b/rN$





数据传输率

- **数据传输率**： D_r
 - 磁盘存储器在单位时间内向主机传送数据的字节数
- 传输率与存储设备和主机接口逻辑有关
 - 从**主机接口逻辑考虑**，应有足够快的传送速度向设备接收/发送信息（**假设满足**）
 - 从存储设备考虑
 - 假设磁盘旋转速度为 n 转/秒，每条磁道容量为 N 个字节，则
 - $D_r = nN$ (字节/秒)
 - 假设 D 是存储器位密度（字节/英寸）， v 是磁盘旋转线速度（英寸/秒），则
 - $D_r = D \cdot v$ (字节/秒)



磁盘存储设备例题

【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？
- (2)盘组总存储容量是多少？
- (3)数据传输率多少？
- (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？
- (5)如果某文件长度超过一个磁道的容量，应将它记录在同一个存储面上，还是记录在同一个柱面上？

【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：

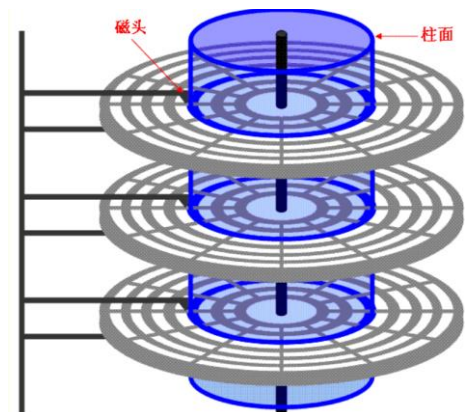


(1)共有多少柱面？

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：

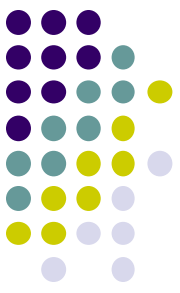
(3)数据传输率多少？

磁盘数据传输率 $Dr=rN$

N 为每条磁道容量， $N=3454B$

r 为磁盘转速， $r=6000\text{转}/60\text{秒}=100\text{转}/\text{秒}$

$Dr=rN=100\times 3454B=345400B/s$



【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
----	-----------	---------	-----

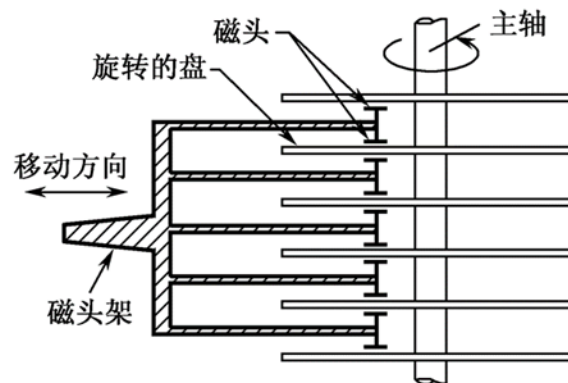
此地址格式表示有4台磁盘 (2位)，每台有16个记录面/盘面 (4位)，每面有256个磁道 (8位)，每道有16个扇区 (4位)。



【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：

(5)如果某文件长度超过一个磁道的容量，应将它记录在同一个存储面上，还是记录在同一个柱面上？

如果某文件长度超过一个磁道的容量，应将它记录在同一个柱面上，因为不需要重新找道，数据读/写速度快。



总结

- 外围设备概述
- 磁盘存储设备
 - 磁记录原理
 - 磁盘组成和分类
 - 磁盘驱动器和控制器
 - 磁盘信息的分布
 - 磁盘存储器技术指标

