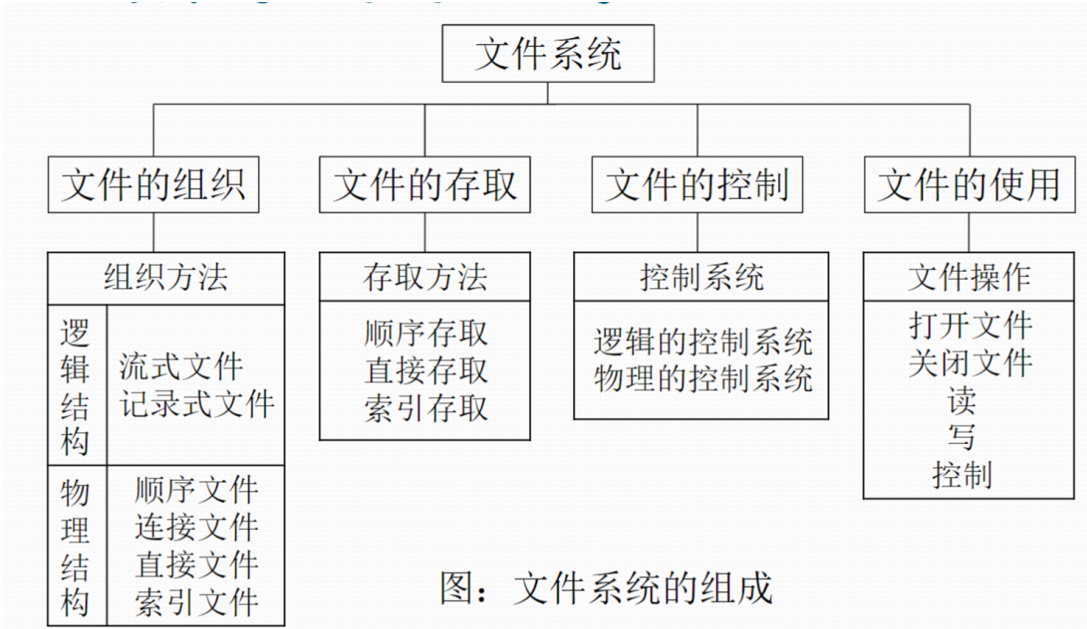


# 文件系统

负责文件的**组织、存储和访问**

- 无结构文件：如文本文件、源代码文件。由二进制或字符流组成。
- 有结构文件：如数据库表，由一组相似的记录组成。
- 目录：一种特殊的有结构文件。
- 操作系统以“块”为单位分配存储空间。外存中的数据读入内存时，同样以块为单位。
- 文件系统的组成



## 文件的组织

### 文件的逻辑结构

从**用户使用**角度组织的文件。

### 有结构的记录式文件

由一个以上的记录构成。分为顺序文件、索引文件、索引顺序文件。

#### 顺序文件

一系列记录按照一定顺序排列成的文件。常是定长记录。

- 逻辑记录的排序：
  - 串结构：按存入时间先后排列。有利于记录的追加与变更，搜索性能较差。
  - 顺序结构：按关键字排列。
- 优点
  - 顺序存取速度较快
  - 对定长记录，可方便实现直接存取
- 缺点
  - 对变长记录，直接存取低效

- 不利于文件的动态增长

## 顺序文件记录寻址

- 隐式寻址方式
- 显式寻址方式

对定长记录的文件实现直接或随机访问。可以通过文件中记录的位置或利用关键字。

**变长记录的文件不能利用显示寻址方式实现直接或随机访问。**

## 索引文件

为**变长记录文件**建立一张索引表。

为每条记录设置一表项，以记录该记录的信息。常是变长记录。

- 优点
  - 通过索引表可方便地实现直接存取，具有较快的检索速度。
  - 易于进行文件的增删
- 缺点
  - 索引表的使用增加了存储费用
  - 索引表的查找策略对文件系统的效率影响很大

## 索引顺序文件

为**顺序文件**建立一张索引表。

- 引入了文件索引表，通过该表可以实现对索引顺序文件的随机访问
- 另一个是增加了溢出(overflow)文件，用它来记录新增加的、删除的和修改的记录。

## 直接文件

直接文件，则根据给定的关键字直接获得指定记录的物理地址。换言之，关键字本身就决定了记录的物理地址。

- 哈希文件  
利用Hash函数（散列函数）将关键字转换为相应记录的地址。

## 无结构的流式文件

由字符序列组成的文件，其内部不再划分结构，字符是该文件的基本信息单位。

## 文件的物理结构

---

文件的物理结构称为物理文件，是指文件在物理存储空间中的存取方法和组织关系。

## 基本概念

- 寻道时间  
把磁臂**移动到指定磁道**上所经历的时间。

$$T_s = m \times n + s$$

m为常数，n为移动的磁道数，s为磁盘启动时间。

- 旋转延迟时间

移动之后，旋转磁盘，定位数据所在的扇区。

$$T_r = \frac{1}{2r}$$

r为磁盘转速

- 数据传输时间

$$T_t = \frac{b}{rN}$$

- 磁盘访问时间

$$T_a = T_s + T_r + T_t$$

## 磁盘调度

- 先来先服务FCFS

- 最短查找时间优先SSTF

找距离磁头当前位置最近的

可能引起饥饿

- 电梯调度SCAN

沿着移动臂的移动方向选择距离磁头当前位置最近的。

- 单向扫描C-SCAN

从0号柱面开始往里移动磁臂，直到到达最后一个请求柱面。然后立即返回到0号柱面。

## 外存的组织方式

### 连续组织方式

为每一个文件分配一组相邻接的盘块。

记录该文件第一个记录所在的盘块号和文件长度（块数）。

- 优点

- 顺序访问容易
- 顺序访问速度快

- 缺点

- 产生许多外部碎片
- 必须事先知道文件长度，文件长度估计比实际大造成空间浪费
- 不能灵活地删除和插入记录
- 动态增长的文件造成分配空间困难

### 链接组织方式

消除了磁盘的外部碎片，提高了外存的利用率；对插入、删除和修改记录都非常容易；能适应文件的动态增长，无需事先知道文件的大小。

- 隐式链接

在文件目录的每个**目录项**中，都须含有**指向链接文件第一个盘块和最后一个盘块**的指针。而在**每个盘块**中都含有一个**指向下一个盘块**的指针。

缺点：只适合于顺序访问，对随机访问极其低效；只通过链接指针来将一大批离散的盘块链接起来，可靠性较差。

- 显式链接

把用于链接文件各物理块的指针，显式地存放在内存的一张链接表中。该表在整个磁盘中仅设置一张。

由于查找记录的过程是在内存中进行的，因而不仅显著地提高了检索速度，而且大大减少了访问磁盘的次数。

## 索引组织方式

每个文件分配一个索引块(表)，再把分配给该文件的所有盘块号都记录在该索引块中，因而该索引块是个数组。文件的目录项中填上指向该索引块的指针。

单级索引组织方式的优点是支持直接访问，不会产生外部碎片，对于大文件而言，该方式优于链式分配方式。

## 文件存储空间的管理

- 空闲表法

系统为外存上的所有空闲区建立一张空闲表，每个空闲区对应于一个空闲表项，其中包括表项序号、该空闲区的第一个盘块号、该区的空闲盘块数等信息。再将所有空闲区按其起始盘块号递增的次序排列

- 空闲链表法

将所有空闲盘区拉成一条空闲链。

- 空闲盘块链

将磁盘上所有空闲空间**以盘块为单位**拉成一条链

在为一个文件分配盘块时，可能重复多次操作。分配和回收的效率较低。因为以盘块为单位，相应的空闲盘块链会很长。

- 空闲盘区链

将磁盘上所有空闲空间**以盘区为单位**拉成一条链

- 位示图法

- 成组链接法

文件区中的所有空闲盘块，被分成若干个组，每组盘块数为 $N$ ，用索引表表示。

组时一般按盘块号从后往前分组。

将每一组含有的盘块总数 $N$ 和该组所有的盘块号，记入其前一组的第一个盘块中。

各组间通过链表指针串在一起，构成链表

空闲表法和空闲链表法不适用于大型文件系统，因为会使空闲表或者链表太长。

UNIX采用成组链接法。

## 记录的成组与分解

- 成组操作：若干个逻辑记录凑满一个物理块，才将缓冲区的信息写到存储介质上
- 分解操作：当存储介质上的物理记录被读入缓冲区后，将逻辑记录从块中分离出来的操作

## 文件目录

文件目录的功能：将文件名转换为该文件在外存的物理地址。

目录管理实现如下功能：

- 按名存取
- 提高对目录的检索速度，以加快对文件的存取速度
- 文件共享
- 允许文件重名

## FCB

文件控制块用于描述和控制文件，一个FCB对应一个文件。文件目录即为FCB的集合。文件目录也被看作一个文件，即目录文件。

FCB中常有三类信息：

- 基本信息：文件名、物理位置、逻辑结构、物理结构。
- 存取控制信息：文件主的存取权限、核准用户的存取权限、一般用户的存取权限。
- 使用信息类：文件的建立日期和时间、文件上一次修改的日期和时间、当前使用信息。

## 索引节点

文件名与文件描述信息分开。把**文件描述信息**单独形成一个称为**索引结点**的数据结构，简称*i*结点。

而文件目录项中则包括**文件名和指向*i*结点的指针**。

## 目录结构

- 单级目录
  - 优点：结构简单，能实现按名存取
  - 缺点：查找速度慢、不允许重名、不便于实现文件共享
  - 特点：主要用于单用户操作系统

- 两级目录

将目录分为主文件目录和用户文件目录。

- 优点：检索目录速度快；解决“重名”问题；不同用户可用不同文件名共享系统中的同一文件。
- 缺点：增加了系统开销
- 特点：适用于多用户系统，各用户可有自己的专用目录

- 多级目录

- 优点：层次结构清晰，便于管理和保护；有利于文件分类；解决重名问题；提高文件检索速度；能进行存取权限的控制。
- 缺点：查找一个文件按路径名逐层检查，由于每个文件都放在外存，多次访盘影响速度。

## 目录查询技术

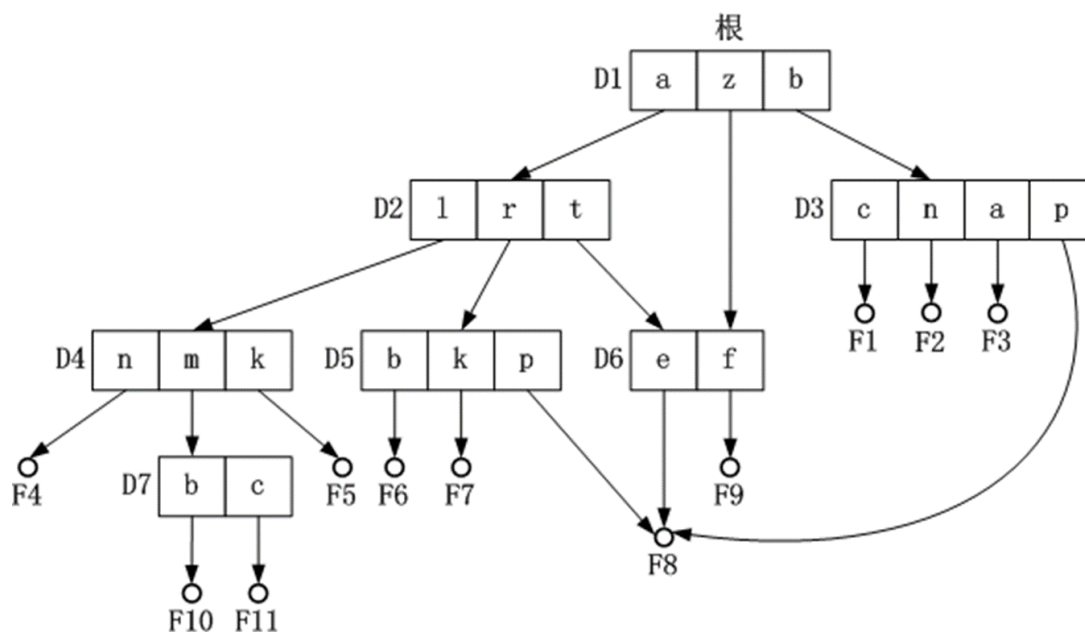
线性检索和Hash法。

## 文件共享

即指系统应允许多个用户(进程)共享同一份文件。

- 有向无循环图共享方式

为每个共享结点设置一个共享计数器，用于记录此时有多少个地方在共享该结点。用户提出删除结点的请求时，只删除该用户的FCB、并使共享计数器减1，不直接删除共享结点。只有共享计数器减为0时，才删除结点。



- 基于索引节点的共享方式（硬链接）

索引结点中还有一个链接计数count，用于表示链接到本索引结点上的用户目录项的数目。

#### Wang用户文件目录

<b>Test r</b>	•

#### Lee用户文件目录

<b>Test r</b>	•

#### 索引结点

Count=2  
文件物理地址



- 利用符号链接（软链接）

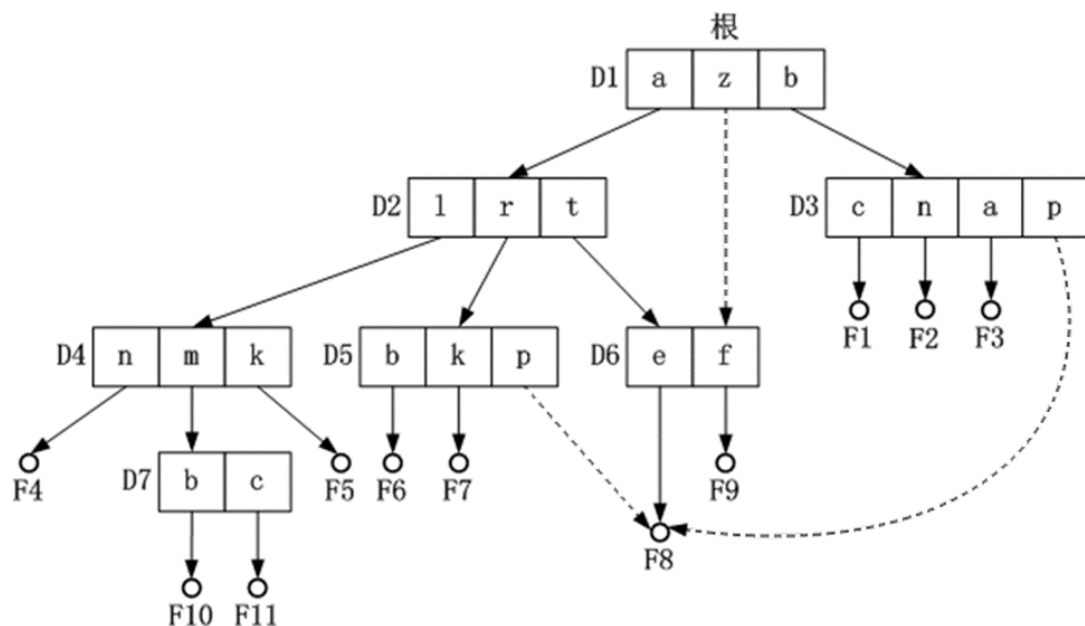
就是快捷方式。由系统创建一个LINK 类型的新文件，也取名为p，并将文件p 写入D5和D3的目录中，以实现D5和D3的目录与文件F8的链接。在新文件中只包含被链接F8的路径名。

文件F8有三个父目录，只有D6是它的主父目录。

文件主拥有指向索引结点的指针；

共享该文件的其他用户只有该文件的路径(符号链接文件)

用户访问被删除的共享文件时会导致访问失败，系统会将符号链接删除；



访问共享文件时，可能需要多次读盘，系统开销大；每个共享用户建立一个符号链（符号链接文件），需要配置一个索引结点，也需要耗费一定的磁盘空间。每一个共享文件都会有几个文件名，每个用户都使用自己的路径名访问共享文件。当遍历整个文件系统时，将会多次遍历到该共享文件。

## 文件保护

- 口令保护

口令放在文件对应的FCB或者索引结点中。

- 优点：空间开销小，口令验证时间开销小
- 缺点：正确口令放在系统内部，不安全

- 加密保护

利用加密算法对文件进行加密。

- 优点：口令不在系统内部，剪安全性强
- 缺点：加解密需要额外的时间

- 访问控制

在每个文件的FCB或者inode中增加一个访问控制列表，记录每个用户可以对该文件执行哪些操作。

## 设备管理

I/O设备由执行I/O操作的**机械部分**（一般的I/O设备）和执行控制I/O的**电子部件**（设备控制器/适配器）组成。

## I/O设备的类型

- 字符设备：I/O传输的单位是字节。传输速率较低、不可寻址、在IO时常采用中断驱动的方式。
- 块设备：I/O传输的单位是块。速率高、可随机访问任一块、通常采用DMA方式驱动。

## I/O控制器

CPU控制IO控制器，IO控制器控制设备的机械部件。

通常由：设备控制器与处理机的接口、设备控制器与设备的接口、IO逻辑三部分组成。

## IO控制方式

- 轮询的可编程I/O方式
- 中断的可编程I/O方式。
  - CPU与I/O设备并行操作
  - 由CPU控制完成
- DMA方式
  - 数据传输的基本单位是数据块
  - 所传送的数据从设备直接送入内存或相反。
  - 仅在传送一个或多个数据块的开始和结束时，才需要CPU干预。整块数据的传送是在控制器的控制下完成的。
- 通道方式
  - 在CPU的控制下独立地执行通道程序，对外部设备的I/O操作进行控制，以实现内存和外设之间成批的数据交换。
  - 通道程序由通道指令组成，一个通道可以分时的方式执行几道程序。
  - 通道程序保存在内存中。通道只能顺序执行程序，不可能执行用户进程。

	完成一次读/写的过程	CPU干预频率	每次I/O的数据传输单位	数据流向	优缺点
程序直接控制方式	CPU发出I/O命令后需要不断轮询	极高	字	设备→CPU→内存 内存→CPU→设备	每一个阶段的优点都是解决了上一阶段的最大缺点。总体来说，整个发展过程就是要尽量减少CPU对I/O过程的干预，把CPU从繁杂的I/O控制事务中解脱出来，以便更多地去完成数据处理任务。
中断驱动方式	CPU发出I/O命令后可以去做其他事，本次I/O完成后设备控制器发出中断信号	高	字	设备→CPU→内存 内存→CPU→设备	
DMA方式	CPU发出I/O命令后可以去做其他事，本次I/O完成后DMA控制器发出中断信号	中	块	设备→内存 内存→设备	
通道控制方式	CPU发出I/O命令后可以去做其他事。通道会执行程序以完成I/O，完成后通道向CPU发出中断信号	低	一组块	设备→内存 内存→设备	

难点理解：  
通道=弱鸡版CPU  
通道程序=任务清单

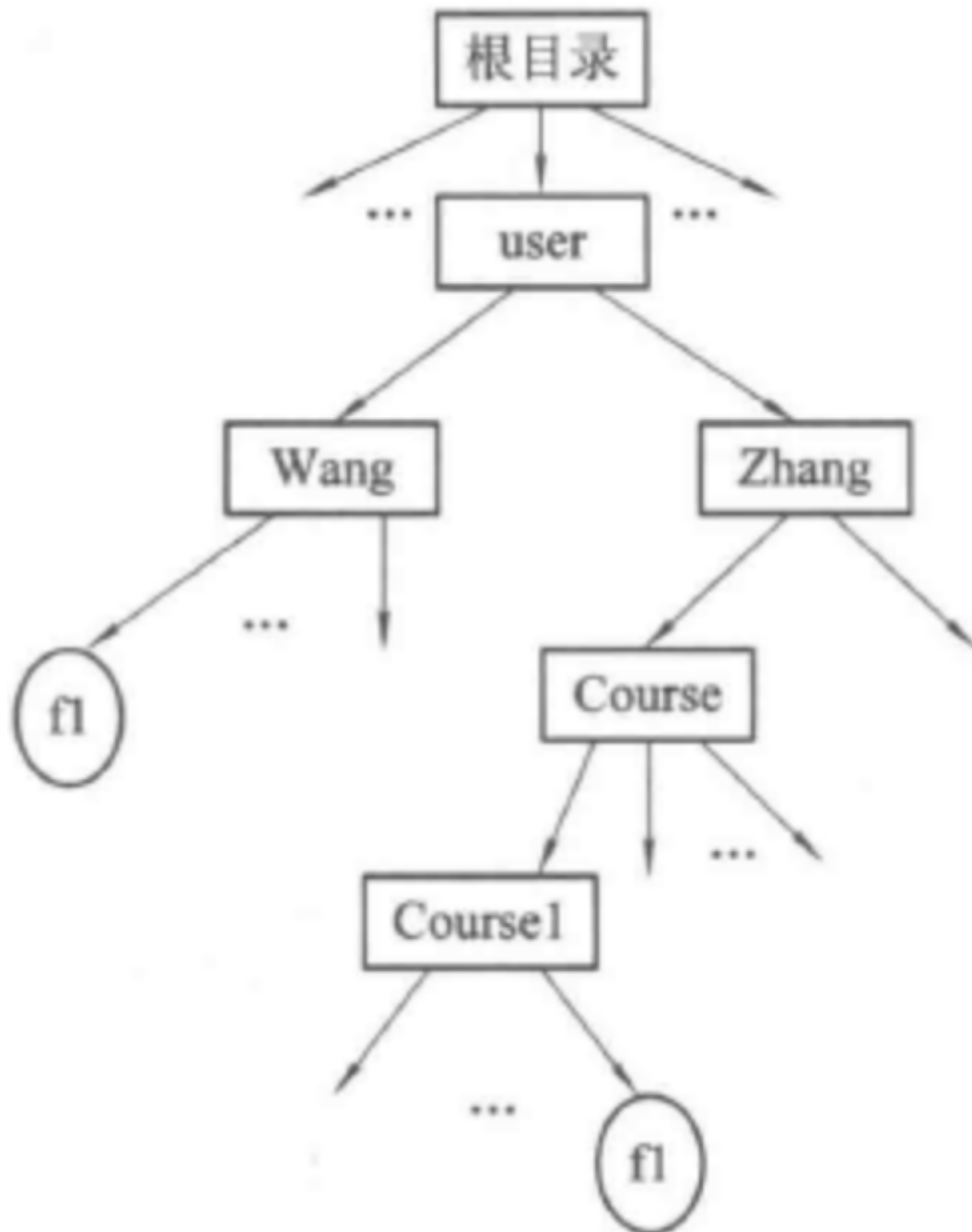
## 习题

1. 文件的存储空间管理实质上是对（ ）的组织和管理。
  - A. 文件目录
  - B. 外存已占用区域
  - C. 外存空闲区
  - D. 文件控制块



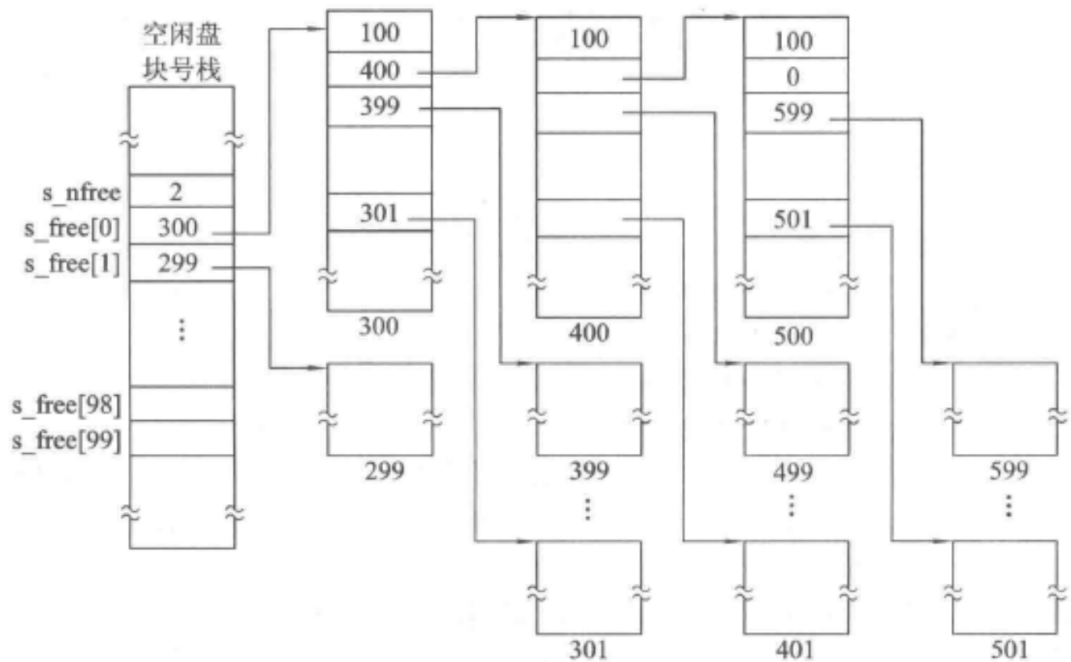
2. 在对换技术中，对外存文件区管理的主要目标是：
- A. 降低存储费用
  - B. 提高换入换出速度
  - C. 提高存储空间的利用率
  - D. 提高系统吞吐量
3. 下述有关文件管理的叙述中，正确的是（ ）。
- A. 一个文件不能同时多次建立
  - B. 在一级目录结构中，不同用户可以用相同的文件名
  - C. 文件系统主要是实现按名存取
  - D. 逻辑记录的大小与存储介质块的大小必须一一对应
4. 文件系统实现按名存取主要是通过( )来实现的。
- A. 查找作业表
  - B. 查找位示图
  - C. 查找文件目录
  - D. 内存地址转换
5. 文件目录由若干目录项组成，每个目录项记录一个文件的管理和控制信息。下列不属于文件目录项包括内容的是（ ）
- A. 文件控制块的物理地址
  - B. 文件名
  - C. 文件建立的日期和时间
  - D. 文件的物理地址
6. 索引结构为每个文件建立一张索引表，用来存放（ ）。
- A. 逻辑记录的逻辑地址
  - B. 部分数据信息
  - C. 主键(查找关键字项)内容
  - D. 逻辑记录存放位置的指针
7. 有一个顺序文件含有10000条记录，平均查找的记录数为5000个，采用索引顺序文件结构，则最好情况下平均约仅需查找（ ）次记录。
- A. 1000
  - B. 10000
  - C. 100
  - D. 500
8. 一个文件系统中，FCB占64B，一个盘块大小1KB，采用一级目录，假定文件目录中有3200个目录项，则查找一个文件平均需要（ ）次访问磁盘。
- A. 50
  - B. 54
  - C. 100
  - D. 200
9. 若文件F1的硬链接为F2，两个进程分别打开F1和F2，获得对应的文件描述符为FD1和FD2，则下面叙述正确的是（ ）
- I. F1和F2 的读写指针位置保持相同
  - II. F1和F2共享同一个内存索引结点
  - III. FD1和FD2分别指向各自的用户打开文件表中的一项
- A. 仅III
  - B. 仅II、 III
  - C. 仅I、 II
  - D. I、 II和III

10. 在Linux中，设文件F1的当前链接计数为1，先建立F1的符号链接文件F2，再建立F1的硬链接文件F3，然后删除文件F1。此时文件F2和F3的链接计数值分别是：
- A. 0, 1  
B. 1, 1  
C. 1, 2  
D. 2, 1
11. 在下图所示的树形目录结构中，Wang用户需要经常性地访问Zhang用户的 /Zhang/Course/Course1/fl文件，他可以通过( )来提高检索速度并简化操作过程。



- A. 将这个文件拷贝到Wang目录下,并仍使用原来的文件名  
B. 将这个文件拷贝到Wang目录下,但不能使用原来的文件名  
C. 将这个文件链接到Wang目录下,并仍使用原来的文件名  
D. 将这个文件链接到Wang目录下,但不能使用原来的文件名
12. 下面的描述中错误的是：
- A. 一个文件在同一系统中、不同的存储介质上的拷贝，应采用同一种物理结构。  
B. 文件的物理结构不仅与外存的分配方式相关，还与存储介质的特性相关，通常在磁带上只适合使用顺序结构。  
C. 采用顺序结构的文件既适合进行顺序访问，也适合进行随机访问。  
D. 虽然磁盘是随机访问的设备，但其中的文件也可使用顺序结构。

13. 下面关于顺序文件和链接文件的论述中，正确的是：
- 顺序文件适合于建立在顺序存储设备上，而不适合于建立在磁盘上。
  - 在显式链接文件中是在每个盘块中设置一链接指针，用于将文件的所有盘块都链接起来。
  - 顺序文件必须采用连续分配方式，而链接文件和索引文件则可采用离散分配方式。
  - 在MS-DOS中采用的是隐式链接文件结构。
14. 假定盘块的大小为1KB，对于16GB的硬盘，其文件分配表FAT需占用（ ）存储空间。
- 96M
  - 48M
  - 24M
  - 12M
15. 某个系统采用成组链接法来管理磁盘的空闲空间，目前磁盘的状态如下图所示：



- 该磁盘中目前还有（ ）个空闲盘块。
- 299
  - 300
  - 301
  - 302
16. 某磁盘地址用16位表示，共有600000个块，其中有300000个空闲块，如果用一个位示图来实现该磁盘的空闲块表，那么存储空闲表需要（ ）个二进制位。
17. 设有一个记录文件，采用链接分配方式，逻辑记录的固定长度为100 B，在磁盘上存储时采用记录成组分解技术。盘块长度为512 B。若该文件的目录项已经读入内存，则对第22个逻辑记录完成修改后，共启动磁盘（ ）次？
- 3
  - 4
  - 5
  - 6
18. 设某文件A由100个物理块组成，现分别用连续文件、链接文件(隐式)和索引文件来构造，针对三种不同的结构，
- 将物理块加到连续文件正中间，需要（ ）次磁盘I/O？
  - 将物理块加到链接文件(隐式)正中间，需要（ ）次磁盘I/O？
  - 如果索引表已经在内存中，将物理块加到索引文件正中间，需要（ ）次磁盘I/O？

19. 存放在某个磁盘上的文件系统，采用混合索引分配方式，其FCB中共有13个地址项，第0~9个地址项为直接地址，第10个地址项为一次间接地址，第11个地址项为二次间接地址，第12个地址项为三次间接地址。如果每个盘块的大小为512字节，若盘块号需要用3个字节来描述，而每个盘块最多存放160个盘块地址，试分析该文件系统允许文件的最大长度是多少字节？（给出计算过程，结果也可用K字节表示）
20. 假定一个盘组有100个柱面，每个柱面有16个磁道，每个磁道分为4个扇区。
- (1) 整个磁盘空间有多少个存储块？
  - (2) 若用字长32位的单元来构造位示图，共需要多少个字？
  - (3) 字长32位的位示图中第18个字的第16位对应的块号是多少？（位示图中i和j从1开始编号，盘块号从1开始编号）
21. 设磁盘的I/O请求队列中的柱面号按49、176、155、134、18次序达到，磁头的起始位置为100，若采用SCAN（电梯调度）算法（磁头运行向大磁道号方向移动），则磁头总共移动多少个柱面？若每移动一个柱面需8ms，则总的寻道时间是多少？
22. 设备的打开、关闭、读、写等操作是由（ ）完成的。
- A. 编译程序
  - B. 设备驱动程序
  - C. 用户程序
  - D. 设备分配程序
23. 使用户编制的程序与实际使用的物理设备无关是由（ ）功能实现的。
- A. 设备分配
  - B. 设备驱动
  - C. 中断
  - D. 设备独立性
24. 为了实现设备无关性，应该：
- A. 用户程序必须使用物理设备名进行I/O申请
  - B. 系统必须设置系统设备表
  - C. 用户程序必须使用逻辑设备名进行I/O申请
  - D. 用户程序必须指定设备名
25. 下面关于设备属性的论述正确的是：
- A. 字符设备的一个基本特征是可寻址的，即能指定输入时的源地址和输出时的目标地址
  - B. 共享设备是指在同一时刻，允许多个进程同时访问的设备
  - C. 共享设备必须是可寻址的和随机访问的设备
  - D. 在分配共享设备和独占设备时，都可能引起进程死锁
26. 以下（ ）是CPU与I/O之间的接口，它接收从CPU发来的命令，并去控制I/O设备的工作，使CPU从繁杂的设备控制事务中解脱出来
- A. 中断装置
  - B. 系统设备表
  - C. 逻辑设备表
  - D. 设备控制器
27. 在一般大型计算机系统中，主机对外围设备的控制可通过通道、控制器和设备三个层次来实现。下述叙述中正确的是（ ）
- A. 通道控制控制器，设备在控制器控制下工作
  - B. 控制器可控制通道，设备在通道控制下工作
  - C. 通道和控制器分别控制设备
  - D. 控制器控制通道和设备的工作

28. 有关设备管理概念的下列论述中，不正确的是：
- A. 编制好的通道程序是存放在主存储器中的
  - B. 所有外围设备的启动工作都由系统统一来做
  - C. 来自通道的I/O中断时间由设备管理负责处理
  - D. 通道是处理输入输出的软件
29. 通道对CPU的请求形式是：
- A. 自陷
  - B. 中断
  - C. 通道命令
  - D. 跳转指令
30. CPU对通道的请求形式是：
- A. 自陷
  - B. 中断
  - C. 通道命令
  - D. 转移指令
31. 主机、外设不能并行工作的方式是：
- A. 程序轮询方式
  - B. 程序中断方式
  - C. DMA方式
  - D. 通道方式
32. 在DMA方式下，数据从内存传送到外设经过的路径是：
- A. 内存→外设
  - B. 内存→数据总线→外设
  - C. 内存→CPU→总线→外设
  - D. 内存→DMA控制器→外设
33. 数组多路通道数据的传送是以（ ）为单位进行的。
- A. 字节
  - B. 字
  - C. 位
  - D. 数据块
34. 在中断处理中，输入输出中断是指：
- A. 设备出错
  - B. 数据传输结束
  - C. 设备出错或数据传输结束
  - D. 数据传输开始
35. 下列选项中，不能改善磁盘设备I/O性能的是：
- A. 重排I/O请求次序
  - B. 优化文件物理的分布
  - C. 预先读和滞后写
  - D. 在一个磁盘上设置多个分区
36. 采用假脱机技术，将磁盘的一部分作为公共缓冲区以代替打印机，用户对打印机的操作实际上是对磁盘的存储操作，用以代替打印机的部分是：
- A. 独占设备
  - B. 共享设备
  - C. 虚拟设备
  - D. 一般物理设备

37. 缓冲是在两个不同速度的设备之间传输信息，用于平滑传输过程的一种手段。以下不属于操作系统引入缓冲的原因的选项是（ ）
- A. 减少设备的运行成本
  - B. 缓解CPU与I/O设备之间速度不匹配的矛盾
  - C. 减少中断CPU的次数
  - D. 提高CPU与I/O设备之间的并行性
38. 假定把磁盘上的一个数据块中的信息输入到一个双缓冲区的时间为T为 $100\mu\text{s}$ ，将缓冲区中的数据传送到用户区的时间M为 $50\mu\text{s}$ ，而CPU对这一数据进行计算的时间C为 $50\mu\text{s}$ ，这样系统对每一块数据的处理时间为（ ）？
- A.  $50\mu\text{s}$
  - B.  $100\mu\text{s}$
  - C.  $150\mu\text{s}$
  - D.  $200\mu\text{s}$
39. 下列说法错误的是：
- A. 打印机通过SPOOLING技术改造后，可以成为供多个用户同时使用的虚拟设备。
  - B. 缓冲区是外设在进行数据传输期间专门用来暂存这些数据的主存区域。
  - C. 虚拟设备是通过SPOOLING技术实现的。
  - D. 设备分配的方式有两种，即静态分配和动态分配，无论哪种都存在死锁问题。

## 答案

1-5 CCCCCA

6 D

7 最好情况 $10000\sqrt{100}$ 组，每组100条记录，因此折半之后平均查找记录为 $50+50=100$

8 C 3200个目录项，占用盘块为 $3200 \times 64\text{B}/1\text{KB}=200$ 个。因为一级目录，平均访盘次数为 $1/2$ 盘块数。 $200/2=100$ 。

9 B 硬链接指通过索引节点进行连接。一个文件在物理存储器上有一个索引结点号。存在多个文件名指向同一个索引节点的情况。II对。两个进程各自维护自己的文件描述符，III对。而I错误。

10 B 建立符号链接，引用计数直接复制；建立硬链接，引用计数值加1。删除文件时，删除符号对符号链接不可见，因此不影响文件系统。当以后再通过符号链接访问时，发现文件不存在，直接删除符号链接。硬链接不可直接删除，引用计数值减1，若值不为0，则不能删除此文件，因为还有其他硬链接指向此文件。当建立F2时，F1和F2的引用计数值都为1。再建立F3时，F1和F3的引用计数值都变为2。当删除F1时，F3的引用计数值减1。F2的引用计数值不变。所以为1,1

11 D

12 A

13 C

14 B FAT以链接方式记录磁盘分配和空白磁盘块。整个磁盘设一张FAT表，每个表项中存放下一个盘块号。从条件可知，硬盘大小16GB，磁盘块大小1KB，因此磁盘共有磁盘块数量为： $16\text{GB}/1\text{KB}=16\text{M}$ 个。 $16\text{M}=2^{24}$ ，因此16M个盘块号需用24位二进制（3个字节）来表示。所以FAT需要占用的存储空间总数为 $3 \times 16\text{M}=48\text{M}$

15 C 首先看空闲盘块号栈，此时 $N=2$ ，表示有两个空闲盘块299、300，而盘块300号上面又写着有100个空闲盘块：301-400，它还有下一个链接的盘块400；在盘块400中，记录有100个空闲盘块401-500；然后又链接到500号盘块，在500号盘块中，虽然 $N=100$ ，但是第一个是0，它表示空闲盘块链的结尾。因此，总共的空闲盘块有：299、300、301-400、401-500、501-599；即301个空闲盘块。

方法二：目前系统共有四组空闲盘块，第一组为2块，第二、三组分别为100块，第四组虽记为100块，但除去结束标记0后实际只有99块，故空闲盘块总数为301块。

16 600000 位示图中每个二进制位表示一个盘块的状态。位示图中的二进制位与块数相对应。

17 第22个逻辑记录要读入第五个物理块 ( $22 \times 100 / 512 = 4 \text{ 余 } 152$ )。因为文件采用物理结构是链接文件，因此从目录项所指的第一个物理块开始读入，依次读到第四块的时候才能读到第五块的物理地址，因此启动5次磁盘。修改还需要写回操作，由于写回时已获得该块的物理地址，只需要1次访问磁盘。因此同需要启动磁盘6次。

18 (1) 101次 连续文件，文件正中间没有空间拓展文件，需要把一个物理块加到文件中间，先查找文件控制块找到文件的第一个物理块，从而计算出文件第100块的位置。接下来，将第100块读入内存，再将它写到磁盘的下一块中。这样一个物理块需要两次访问磁盘（一次读，一次写）。一半的物理块读写完毕后，完成100次的读写即100次IO操作。最后，将新加入内容从内存中写入物理块中，为1次IO操作。因此共101次磁盘IO操作。

(2) 52次 链接文件，链接文件需要读出前50块，找出第50块的链接指针（访问磁盘50次），然后将新加入的内容从内存中写到新分配的物理块中，将新分配的物理块的链接指针指向第51块（访问磁盘1次），再将第50块的连接指针指向新插入的物理块（访问磁盘1次）。因此共52次磁盘IO操作。

(3) 1次 索引文件，设索引表已内存中，将新的内容从内存中写到磁盘物理块中，因此访问磁盘1次。修改索引表信息在内存中进行。

19 该文件系统中一个文件的最大长度可达： $10 + 160 + 160 \times 160 + 160 \times 160 \times 160 = 4,121,770$ 块

允许文件最大字节数为块数\*块大小= $4121770 \times 512$ 字节= $2110346240$ 字节

在混合索引分配方式中，文件FCB的直接地址中登记有分配给文件的前n块(第0到n-1块)的物理块号(n的大小由直接地址项数决定，本题中为10)；

一次间址中登记有一个一次间址块的块号，而在一次间址块中则登记有分配给文件的第n到第n+k-1块的块号(k的大小由盘块大小和盘块号的长度决定，本题中虽然 $512/3=170$ ，但给出最多只能存放160个盘块)

二次间址中登记有一个二次间址块的块号，其中可给出k个一次间址块的块号，而这些一次间址块被用来登记分配给文件的第n+k块到第n+k+k2-1块的块号

三次间址中则登记有一个三次间址块的块号，其中可给出k个二次间址块的块号，这些二次间址块又可给出k2个一次间址块的块号，而这些一次间址块则被用来登记分配给文件的第n+k+k2块n+k+k2+k3-1块的物理块号。

因此，该文件系统中一个文件的最大长度可达： $2110346240$ 字节(或2060885K)字节

20 (1) 整个磁盘空间存储块的数目 $4 \times 16 \times 100 = 6400$ 个

(2) 位示图为6400位。若字长位32位的单元来构造位示图。需要 $6400/32=200$ 个字。

(3) 字长32位的位示图中i和j从1开始编号，盘块号从1开始编号。那么对应块号为： $32 \times (18-1) + 16 = 560$

21 柱面号排序：18, 49, 134, 155, 176

100-134-155-176-49-18

共 $76+127+31=234$ 个柱面

寻道时间： $8 \times 234 = 1872$ ms

22-37 BDCCD ADBCA DDCD

38 C 单缓冲区：缓冲区数据传到用户区后，再读取数据。系统处理一块数据的时间是 $\text{Max}(C,T)+M$ ；  
双缓冲区，缓冲区数据传到用户区的同时，也能从磁盘读取数据。系统处理一块数据的时间是  $\text{Max}(C,T)$

39 D