

第七章：外存与I/O设备

▼ 外围设备概述

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

外围设备功能：在计算机和其他机器之间、计算机与用户之间提供联系。

▼ 存储设备

▼ 磁表面存储器

包括磁盘存储器和磁带存储器

优点

- 存储容量大，位成本低
- 记录介质可重复使用
- 长期保存不丢失
- 非破坏性读出

缺点：

- 存取速度较慢，机械结构复杂

▼ 磁盘存储器

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：

1. 磁记录介质

2. 磁盘控制器
3. 磁盘驱动器

磁盘的分类：

1. 按盘片结构：可换盘片式、固定盘片式
2. 按磁头类型：可移动磁头、固定磁头

每个扇区记录定长的数据，读写操作以扇区为单位串行进行
磁盘存储器最小读写单位是扇区。

磁盘存储器技术指标

1. 存储密度/容量

$$\text{位密度} = \frac{\text{每道总信息量}}{\text{周长}}$$

2. 数据传输率（单位：B/s or MB/s）

$$\text{数据传输率} = \text{转速} * \text{磁道容量} = \text{位密度} * \text{线速度}$$

3. 平均存取时间

$$\text{平均存取时间} = \text{找道时间} + \text{等待时间} + \text{数据传送时间（+延时）}$$

$$\text{等待时间} = \text{旋转一周所需时间的一半}$$

- $\text{数据传送时间} = \text{传送的字节数} / \text{数据传输率}$

▼ 例题

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：

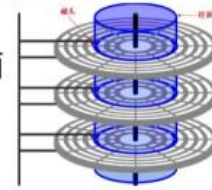
- (1)共有多少柱面？
- (2)盘组总存储容量是多少？
- (3)数据传输率多少？
- (4)如果某文件长度超过一个磁道的容量，应将它记录在同一个存储面上，还是记录在同一个柱面上？

(1)共有多少柱面？（内径→直径）

有效存储区域=16.5 (33/2) -11 (22/2) =5.5(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位/cm $\times 69.08\text{cm} = 27632\text{位} = 3454\text{B}$

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

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

(3)数据传输率多少？

磁盘数据传输率 $Dr = rN$

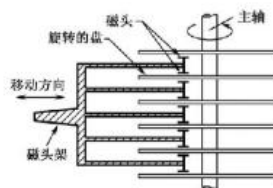
N为每条磁道容量， $N = 3454\text{B}$

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

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

(4)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。



一盘组共11片，记录面为20面，每面上外道直径为14英寸，内道直径为10英寸，分203道。数据传输速率为983040B/s，转速3600转/分。假定每个记录块记录1024字节，且系统可挂多达16台此磁盘

扇区大小
60 r/s
请设计地址格式，并计算总存储容量。

4 bit	8 bit	5 bit	4 bit
台号	柱号 (磁道) 号	盘面号/磁头号	扇区号

地址格式：台数：16台 (4bit)、磁道数：203 (8bit)、记录面：20面 (5bit)、**扇区数**

根据速率与转速计算扇区数

$$C(\text{速率}) = N(\text{磁道容量}) \times r(\text{转数})$$

$$N = C/r = 16384B$$

$$\text{扇区数} = N/\text{扇区大小} (1024B) = 16, 4bit$$

$$\text{单盘总容量} = 20 \times 203 \times 16384 = 66519040B$$

$$\text{系统总容量} = 16 \times 66519040B = 1064304640B$$

转速3000r/min, 共4个记录面, 每道记录信息是12288B,
最小磁道直径是230mm, 共275道, 每个磁道包含8个扇区。
11) 磁盘存储器的存储容量是多少?

$$12288B \times 275 \text{道} \times 4$$

12) 最高位密度是多少?

$$\frac{\text{总信息}}{\text{周长}} = \frac{12288B}{2 \times 3.14 \times \frac{23}{2}}$$

13) 磁盘数据传输率

$$= \text{转速} \times \text{磁道容量} = \frac{3000}{60} \times 12288B$$

14) 平均等待时间

$$\frac{3000}{60} = 50 \text{ r/s}$$

$$\frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = 0.01s$$

15) 给出一个磁盘地址格式方案

2 bit	9 bit	2 bit
盘面号	磁道号	扇区号

某磁盘，平均找道时间为20ms，平均旋转等待时间为7ms，数据传输速率为2.5MB/s。磁盘上随机存放500个文件，每个文件大小1MB，现需要将所有文件逐一读出并检查更新，每个文件平均需要2ms额外处理时间。

问：

- (1) 检查并更新所有文件所需占用时间？
- (2) 磁盘及转速和数据传输速率均提高一倍，检查并更新全部文件时间是多少？

$$(1) \text{ 数据传输时间} = \frac{1 \text{ MB}}{2.5 \text{ MB/s}} = 0.4 \text{ s} = 400 \text{ ms}$$

$$\text{单次读写时间} = 20 \text{ ms} + 7 \text{ ms} + 400 \text{ ms} = 427 \text{ ms}$$

$$\text{一个文件读出更新} = 427 \text{ ms} \times 2 + 2 \text{ ms} = 856 \text{ ms}$$

$$856 \text{ ms} \times 500 = 428000 \text{ ms} = 428 \text{ s}$$

$$(2) 20 \text{ ms} + \frac{1}{2} \text{ ms} + \frac{1 \text{ MB}}{5 \text{ MB/s}} = 223.5 \text{ ms}$$

$$223.5 \text{ ms} \times 2 + 2 \text{ ms} = 449 \text{ ms}$$

$$449 \text{ ms} \times 500 = 224500 \text{ ms} = 224.5 \text{ s}$$

1. 硬盘共有4个记录面，存储区域内半径为10cm，外半径为15.5cm，道密度为60道/cm，外层位密度为600bit/cm，转速为6000转/分。
 $\rightarrow 100 \text{ r/s} \rightarrow \text{转1圈为10ms}$
- 1) 硬盘的磁道总数是多少？
 $(15.5 - 10) \times 60 = 330 \text{ 道/面} \quad 330 \times 4 = 1320 \text{ 道}$
- 2) 硬盘的容量是多少？
 $600 \times 15.5 \times 2\pi \times 330 \times 4 = 9636000 \text{ B}$
- 3) 将长度超过一个磁道容量的文件记录在同一个柱面上是否合理？
 合理，省去找道时间，读写速度快
- 4) 采用定长数据块记录格式，直接寻址的最小单位是什么？寻址命令中磁盘地址如何表示？
 扇区
- 5) 假定每个扇区的容量为512B，每个磁道有12个扇区，磁道的平均等待时间为10.5ms，试计算磁盘平均存取时间。
 $\text{读一个扇区时间} = \text{找道} + \text{等待} + \text{扫一个扇区}$
 $\text{平均存取时间} = 10.5 \text{ ms} + \frac{10.5}{12} + 0.83 \text{ ms} = 16.33 \text{ ms}$

磁盘Cache采用SRAM或DRAM

磁盘阵列RAID（冗余磁盘阵列）

- 改善I/O性能，增加存储容量
- 提高磁盘的磁记录密度和磁盘利用率

▼ 磁带存储设备

磁带记录原理与磁盘基本相同

磁带速度比磁盘速度慢

▼ 光盘存储设备

信息以坑点形式分布，有坑点为1

必须采用激光作为光源

永久性存储

扇区是光盘的最小可寻址单位

▼ 磁光盘存储设备原理

利用热磁效应写入数据

利用磁光克尔效应读出数据

信息可重写

▼ 显示设备

显示设备：以可见光的形式传递和处理信息的设备

按显示器件分类：

- 阴极射线管显示器、液晶显示器、等离子显示器

按信息内容分类：

- 字符显示器、图形显示器、图像显示器

分辨率：

显示器所能显示的像素个数

灰度级

刷新

刷新存储器（视频存储器、显存、VRAM）

- **容量=分辨率*灰度级位数**
- **带宽=分辨率*灰度级位数*帧频（刷新速率）**

字符显示器

VRAM仅存储ASCII码字符

VRAM容量计算：

80列*25行字符显示器

ASCII码：8位

VRAM容量=80*25B

▼ 例题

某显示器分辨率为800*600，灰度级为256色，计算为达到这一显示效果缓存大小需要多少字节

解：

灰度级256：8bit/像素

像素数800*600

总大小：

$$800*600*1B=480000B$$

【例】刷存的重要性能指标是它的带宽。实际工作时显示适配器的几个功能部分要争用刷存的带宽。

假定总带宽的50%用于刷新屏幕，保留50%带宽用于其他非刷新功能。

(1)若显示工作方式采用分辨率为1024×768，颜色深度为3B，帧频(刷新速率)为72Hz，计算刷存总带宽应为多少？

∴ 刷新所需带宽=分辨率×每个像素点颜色深度×刷新速率

$$\therefore 1024 \times 768 \times 3B \times 72/s = 165888KB/s = 162MB/s$$

$$\text{刷存总带宽应为 } 162MB/s \times 100/50 = 324MB/s$$

(2)为达到这样高的刷存带宽，应采取何种技术措施？

- 1 使用高速的DRAM芯片组成刷存；
- 2 刷存采用多体交叉结构；
- 3 刷存至显示控制器的内部总线宽度由32位提高到64位，甚至128位；
- 4 刷存采用双端口存储器结构，将刷新端口与更新端口分开。

某光栅扫描显示器的分辨率为 1280×1024 ，帧频为 75Hz （逐行扫描），颜色为真彩色（24位），显示存储器为双端口存储器。回归和消隐时间忽略。

问：

- (1) 每一像素允许的读出时间是多少？
- (2) 刷新带宽是多少？

$$\begin{aligned} (1) \text{ 扫描1次时间: } & \frac{1}{75} \text{ s} \\ \text{扫描像素时间: } & \frac{1}{75} \times \frac{1}{1280 \times 1024} = 10.27 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ 刷新带宽} &= \text{分辨率} \times \text{颜色 (24bit=3B)} \times \text{刷新率} \\ &= 1280 \times 1024 \times 75 \times 3 = 294912000 \text{ B/s} \end{aligned}$$

若需显示一幅 1024×768 像素，且有 256 种颜色的图像，
试问：

(1) 显示系统的帧存容量是多少？ $1024 \times 768 \times 1\text{B} = 786432\text{B}$

(2) 如要在屏幕上得到逼真的动态图像，刷新频率为 50Hz ，缓存带宽应为多少？ $1024 \times 768 \times 1 \times 50 = 294912000 \text{ B/s}$

(3) 如要显示汉字，机内设有ROM汉字库，存放一级汉字3755个与二级汉字3008个，汉字采用 16×16 点阵，求汉字库容量为多少？

$$\begin{aligned} \text{ROM大小} &= \text{单汉字点阵大小} \times \text{汉字数} \\ &= \frac{16 \times 16}{8} \text{ B} \times (3008 + 3755) = 216416 \text{ B} \end{aligned}$$

▼ 输入设备

图形输入、图像输入、声音输入

键盘、鼠标

打印设备：

按印字原理分：

- 击打式
 - 成本低、印字质量好
 - 噪音大、速度慢
- 非击打式
 - 电、磁、光、喷墨等
 - 速度快、噪声小

- 成本高

按工作方式分：

- 串行打字机：逐字、慢
- 行式打印机：逐行、块