



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

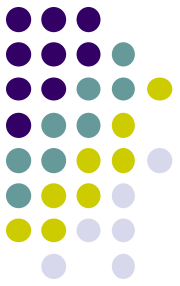
网络空间安全学院

外存与I/O设备



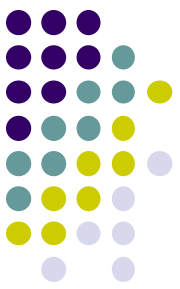
外存与I/O





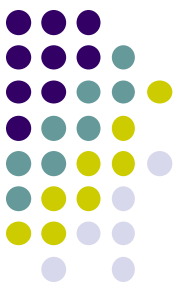
第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
 - 磁盘Cache
 - 磁盘阵列RAID
 - 磁带存储设备
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
- 输入与输出设备



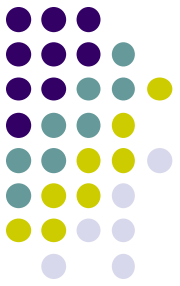
磁盘cache的出现

- 硬盘与主存之间**速度差异显著**
 - 随着微电子技术的飞速发展，CPU的速度每年增长1倍左右，主存芯片容量和磁盘驱动器的容量每1~5年增长1倍左右
 - 但**磁盘驱动器的存取时间**没有出现相应的下降，仍停留在**毫秒(ms)**级。而主存的存取时间为**纳秒(ns)**级，两者速度差别十分突出
 - **磁盘I/O系统成为整个系统的瓶颈**
 - 为了减少存取时间，可采取的措施有
 - 提高磁盘机主轴转速
 - 提高I/O总线速度
 - **采用磁盘cache**



磁盘cache的原理：局部性原理

- 利用了被访问数据的空间局部性和时间局部性原理
 - 现在大多数磁盘驱动器中都使用了预读策略，而根据局部性原理预取一些不久将可能读入的数据放到磁盘cache中
 - 甚至目前固态硬盘中也采用预读原理（Intel 傲腾SSD）
- CPU的cache存取时间一般小于10ns，命中率95%以上，全用硬件来实现。磁盘cache一次存取的数量大，数据集中，速度要求较CPU的cache低，管理工作较复杂，由硬件和软件共同完成。其中cache采用SRAM或DRAM



第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
 - 磁盘Cache
 - 磁盘阵列RAID
 - 磁带存储设备
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
- 输入与输出设备

磁盘阵列RAID

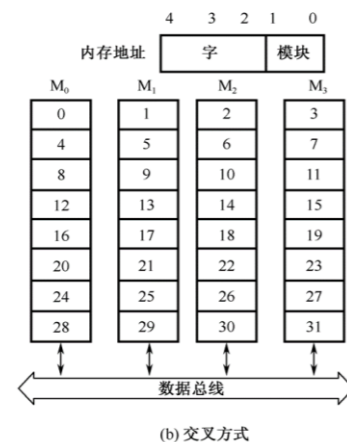
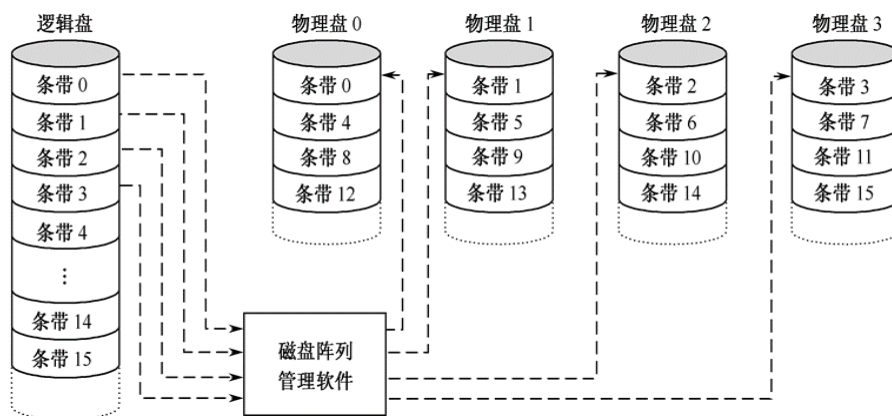


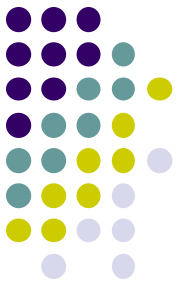
- RAID (Redundant Arrays of Independent Disks)
 - 冗余磁盘阵列，用多台磁盘存储器组成的大容量外存系统。
 - 其构造基础是利用数据分块技术和并行处理技术，在多个磁盘上交错存放数据，使之可以并行存取（对比交叉体存储器）
 - 在RAID控制器的组织管理下，可实现数据的并行存储、交叉存储、单独存储。由于阵列中的一部分磁盘存有冗余信息，一旦系统中某一磁盘失效，可以利用冗余信息重建用户信息。
- 设计理念
 - 多个小容量磁盘代替一个大容量磁盘，并用分布数据的方法能够同时从多个磁盘中存取数据
 - 改善I/O性能，增加存储容量，在超级或大型计算机中使用

磁盘阵列RAID



- **7级RAID标准**(RAID 0 ~ RAID 6)，指出了不同存储容量、可靠性、数据传输能力、I/O请求速率等方面的应用需求
- RAID 0级
 - 考虑到低成本比可靠性更重要，RAID 0未采用奇偶校验等冗余技术。RAID 0用于高速数据传输和高速I/O请求
 - 用户和系统数据分布在阵列中的所有磁盘上
 - 如果两个I/O请求正在等待两个不同的数据块，则被请求的块有可能在不同的盘上。两个请求能够并行发出，减少了I/O排队的时间





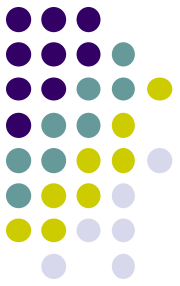
第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
 - 磁盘Cache
 - 磁盘阵列RAID
 - 磁带存储设备
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
- 输入与输出设备



磁带存储设备

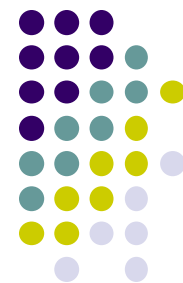
- 磁带机的记录原理与磁盘机基本相同，只是它的载磁体是一种带状塑料，叫做磁带
- 写入时可通过磁头把信息代码记录在磁带上
- 当记录有代码的磁带在磁头下移动时，就可在磁头线圈上感应出电动势，即读出信息代码
- 磁带存储设备由磁带机和磁带两部分组成，它通常用作为海量存储设备的数据备份
- 磁带速度比磁盘速度慢



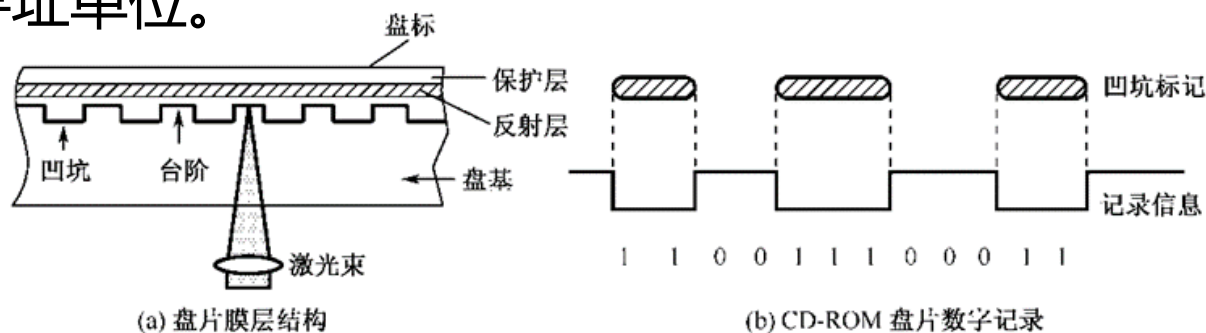
第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
- 输入与输出设备

光盘存储设备原理

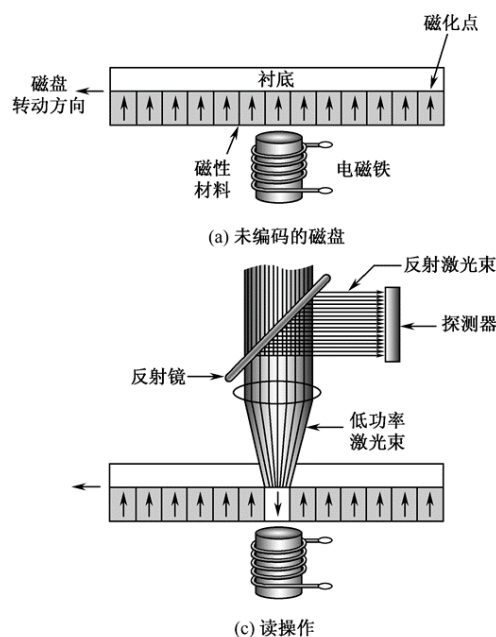


- 光盘上的信息以**坑点形式分布**，有坑点表示为1，无坑点表示为0，一系列的坑点形成信息记录道。
- 必须**采用激光作为光源**，并**采用良好的光学系统**才能实现。
- 光盘的记录信息以凹坑方式永久性存储
- 读出时，当激光束聚焦点照射在凹坑上时将发生衍射，反射率低；而聚焦点照射在凸面上时大部分光将返回。根据**反射光的光强变化**并进行光电转换，即可读出记录信息。
- 信息记录的轨迹称为光道。光道上划分出一个个扇区，它是光盘的最小可寻址单位。



磁光盘存储设备原理

- 利用**热磁效应**写入数据
 - 当激光束将磁光介质上的记录点加热到居里点温度以上时，外加磁场作用改变记录点的磁化方向，而不同的磁化方向可表示数字0和1
- 利用**磁光克尔效应**读出数据
 - 当激光束照射到记录点时，记录点的磁化方向不同，会引起反射光的偏振面发生不同结果，从而检测出所记录的数据



MO盘介质材料发生的物理特性改变是可逆变化，因此**信息是可重写的**



光盘总结

1. 概述

- 采用光存储技术

利用激光写入和读出

第一代光存储技术

采用非磁性介质

不可擦写

第二代光存储技术

采用磁性介质

可擦写

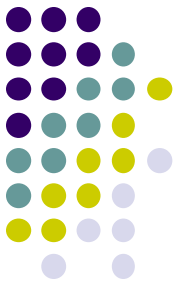
2. 光盘的存储原理

- 只读型和只写一次型

热作用（物理或化学变化）

- 可擦写光盘

热磁效应



第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
 - 显示设备的分类与有关概念
 - 字符显示器
- 输入与输出设备

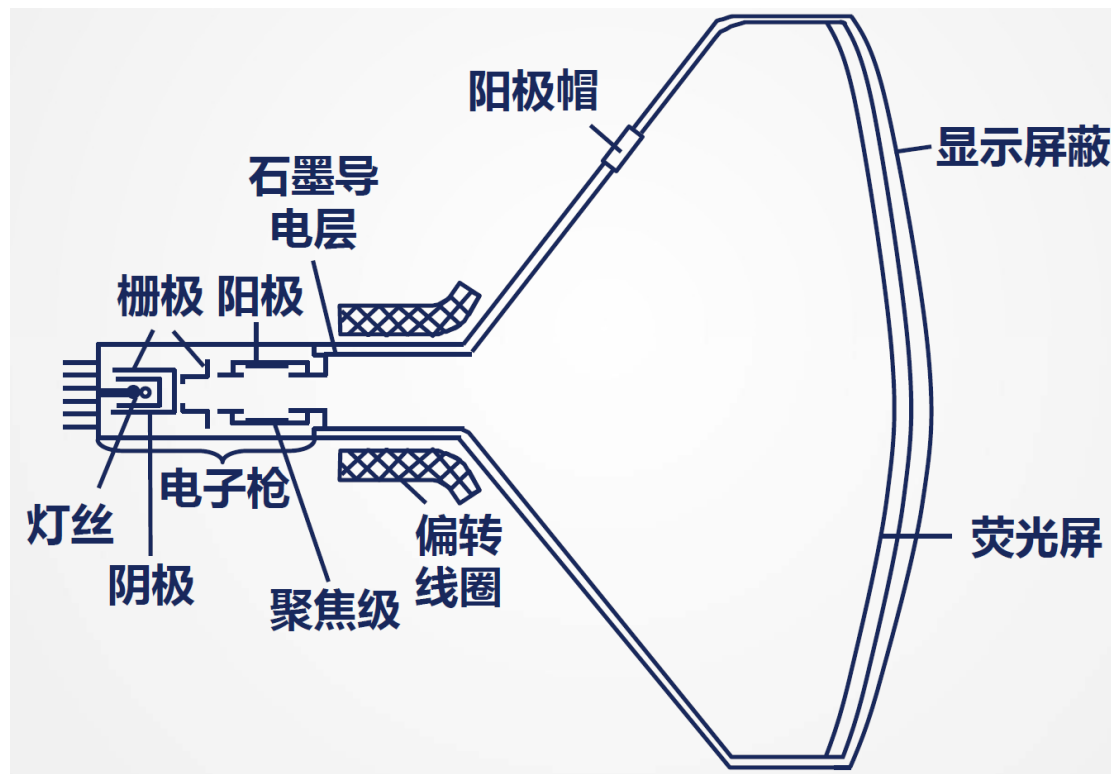
显示设备的分类



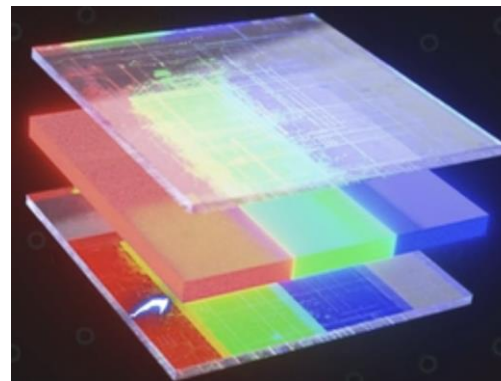
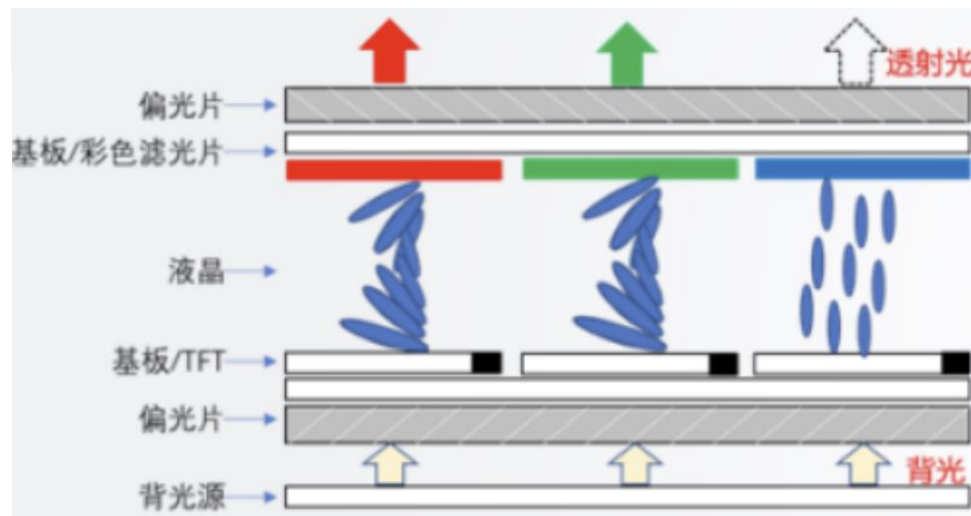
- 以**可见光的形式传递和处理信息的设备叫显示设备**，是目前计算机系统中应用最广泛的人机界面设备。
- 按显示设备所用的**显示器件**分类
 - 阴极射线管(CRT)显示器、液晶显示器(LCD)、等离子显示器
- 按所显示的**信息内容**分类，
 - 字符显示器、图形显示器、图像显示器



CRT显示器



LCD显示器

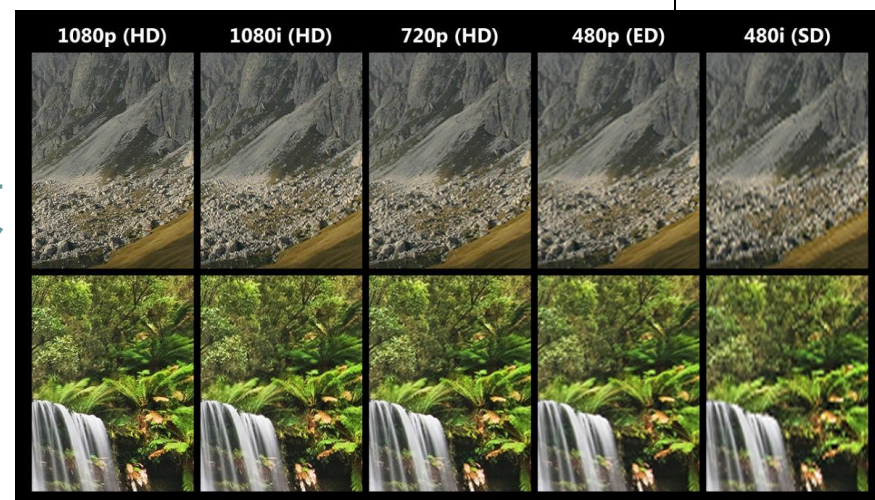


OLED



显示设备的有关概念

- **分辨率**
 - 显示器所能显示的像素个数 (1920*1080)
 - 分辨率越高，越清晰
- **灰度级**
 - 像素点的亮暗差别（黑白）颜色的不同（彩色，RGB）
 - 灰度级越多，层次越清楚越逼真
 - 取决于每个像素对应的刷新存储器的位数以及显示器本身的性能



256个层次的图像



64个层次的图像



16个层次的图像





显示设备的有关概念

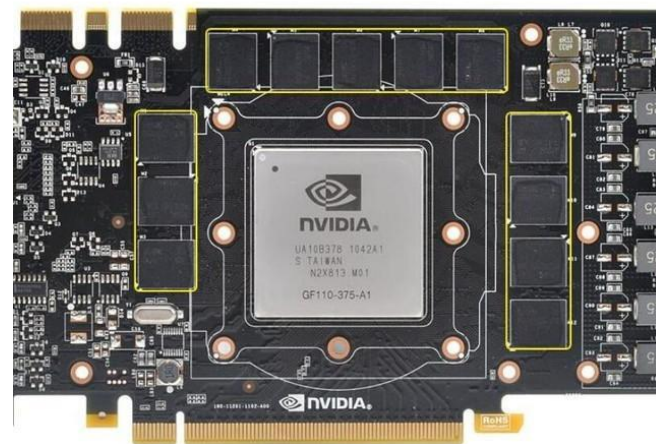
- **刷新**
 - 电子束打在荧光粉上引起发光只能维持几十毫秒的时间
 - 反复不断地扫描整个屏幕，该过程称为刷新
 - 刷新频率越高，显示越没有闪烁
- **刷新存储器（视频存储器、显存、VRAM）**
 - 为刷新提供信号的存储器，典型容量（4-12GB，DDR6）

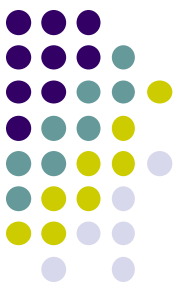
144Hz的显示器每秒能刷新144张画面，在肉眼看来，画面之间的过度更佳细腻，看清更多的动作细节



144Hz刷新率

60Hz刷新率





刷新存储器相关计算（重点）

- 刷新存储器（视频存储器、显存、VRAM）
 - 容量取决于分辨率和灰度级
 - 容量计算（最小容量）
 - 如 $1024*768$ ，32位真彩色，需要 $1024*768*32/8B=3MB$ ，其存取周期必须满足刷新频率的要求
 - 带宽计算
 - 设上例中要求刷新频率为75Hz，则刷新存储器的总带宽为 $75*3MBPS=225MBPS$ （Mega Bytes per Second）

VRAM容量 = 分辨率 × 灰度级位数

VRAM带宽 = 分辨率 × 灰度级位数 × 帧频



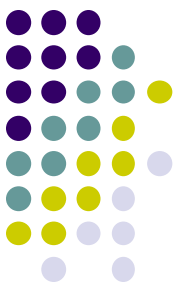
显示器例题

【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？

(2)为达到这样高的刷存带宽，应采取何种技术措施？



显示器例题

【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。

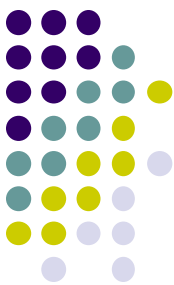
假定总带宽的50%用于刷新屏幕，保留50%带宽用于其他非刷新功能。

(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

∴ $1024 \times 768 \times 3\text{B} \times 72/\text{s} = 165888\text{KB/s} = 162\text{MB/s}$

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



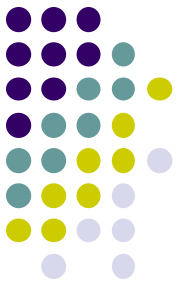
显示器例题

【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。

(2)为达到这样高的刷存带宽，应采取何种技术措施？

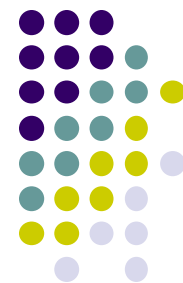
- 1 使用高速的DRAM芯片组成刷存；
- 2 刷存采用多体交叉结构；
- 3 刷存至显示控制器的内部总线宽度由32位提高到64位，甚至128位；
- 4 刷存采用双端口存储器结构，将刷新端口与更新端口分开。



第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
 - 显示设备的分类与有关概念
 - 字符显示器
- 输入与输出设备

字符显示器



- 显示字符：预存字符点阵
 - 点阵是由 $m \times n$ 个点组成的阵列，并以此来构造字符
 - 将点阵存入由ROM构成的字符发生器中，从字符发生器中依次读出某个字符的点阵，按照点阵中0和1代码，在屏幕上显示出字符

RA ₃ ~RA ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	
0000									FEH
0001									10H
0010									10H
0011									10H
0100									10H
0101									10H
0110									10H
0111									10H
1000									FEH
1111									OOH

(a) 字符 I 的点阵表示



字符显示器

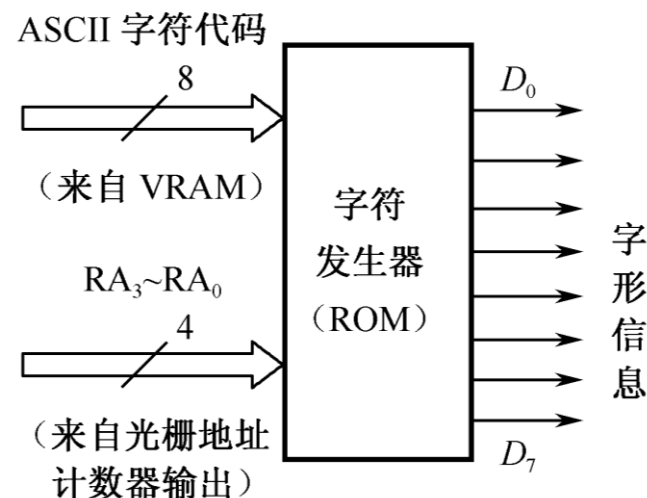


- 显示器自带字符发生器

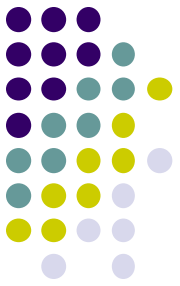
- 功能：ASCII码转换为字符点阵
- VRAM仅存储ASCII码字符（作为输入）
- 降低VRAM容量/带宽需求，降低成本

- VRAM容量计算

- 80列*25行字符显示器
- ASCII码：8位
- VRAM容量大小：80*25= 2000B



(b) 字符发生器的结构



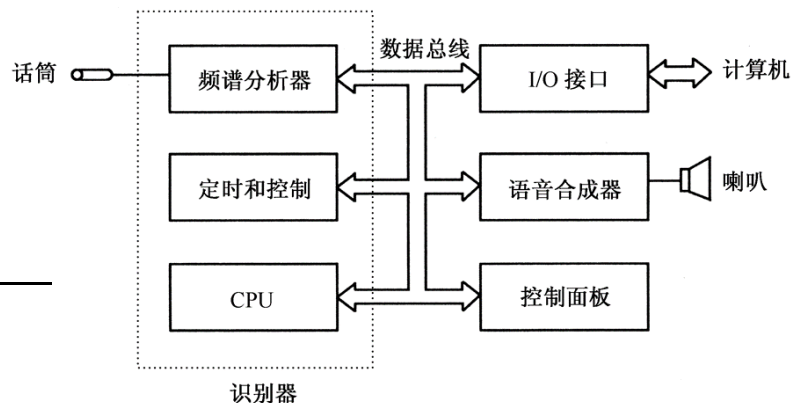
第七章 外存与I/O设备

- 磁盘存储设备的技术发展
- 光盘和磁光盘存储设备
- 显示设备
- 输入与打印设备

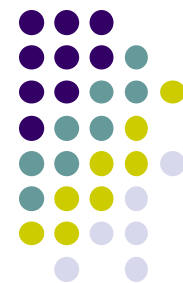
输入设备



- 常用的计算机输入设备分为
 - 图形输入
 - 计算机将结果显示给人，人根据看到的显示决定下一步操作，并通过输入设备告诉计算机
 - 例如，键盘/鼠标输入
 - 图像输入
 - 数字摄像机（图像较大，压缩—恢复技术）
 - 声音输入
 - 目标：人机对话
 - 结构如右图



键盘与鼠标



键盘

键盘是最常用的输入设备，通过它可发出命令或输入数据。键盘通常以矩阵的形式排列按键，每个键用符号标明它的含义和作用。每个键相当于一个开关，当按下键时，电信号连通；当松开键时，弹簧把键弹起，电信号断开。

键盘输入信息可分为3个步骤：

- ①查出按下的是哪个键；
- ②将该键翻译成能被主机接收的编码，如ASCII码；
- ③将编码传送给主机。

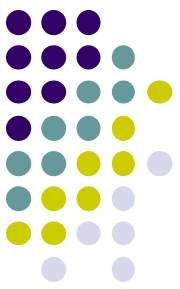
鼠标

鼠标是常用的定位输入设备，它把用户的操作与计算机屏幕上的位置信息相联系。常用的鼠标有机械式和光电式两种。

工作原理：

当鼠标在平面上移动时，其底部传感器把运动的方向和距离检测出来，从而控制光标做相应运动。





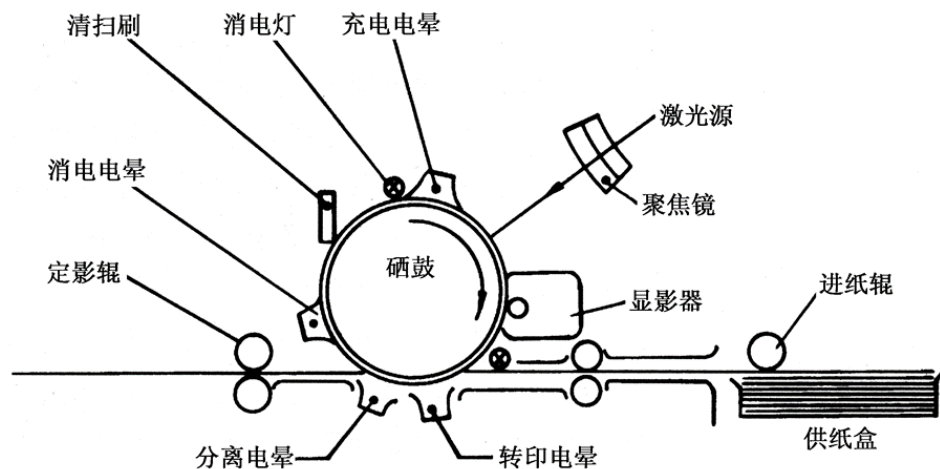
打印设备（1）

- 按印字原理分为
 - 击打式
 - 利用机械作用使印字机构与色带和纸相撞击而打印字符
 - 优点：成本低、印字质量好
 - 缺点：噪音大、速度慢
 - 非击打式
 - 采用电、磁、光、喷墨等物理、化学方法印刷字符
 - 优点：速度快、噪声小
 - 缺点：成本高

打印设备 (2)



- 按工作方式分为
 - 串行打字机
 - 特点：逐字打印，速度慢
 - 行式打印机
 - 特点：逐行打印，速度快
- 激光印字机





显示例题1

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：

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

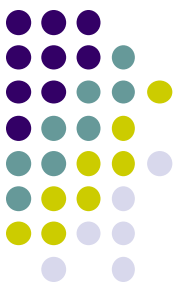


显示例题2

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？



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：

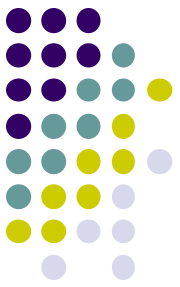
(1) 每一像素允许的读出时间是多少？

扫描1次时间： $1/75$

扫描像素时间： $1/75 / (1280 \times 1024) = 10.2\text{ns}$

(2) 刷新带宽是多少？

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



显示例题3

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？
- (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？
- (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？



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？

容量=分辨率*色深

$$=1024*768*8\text{bit} \text{ (256种)} =786432\text{B}$$

(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？

刷新带宽=单帧大小*刷新频率

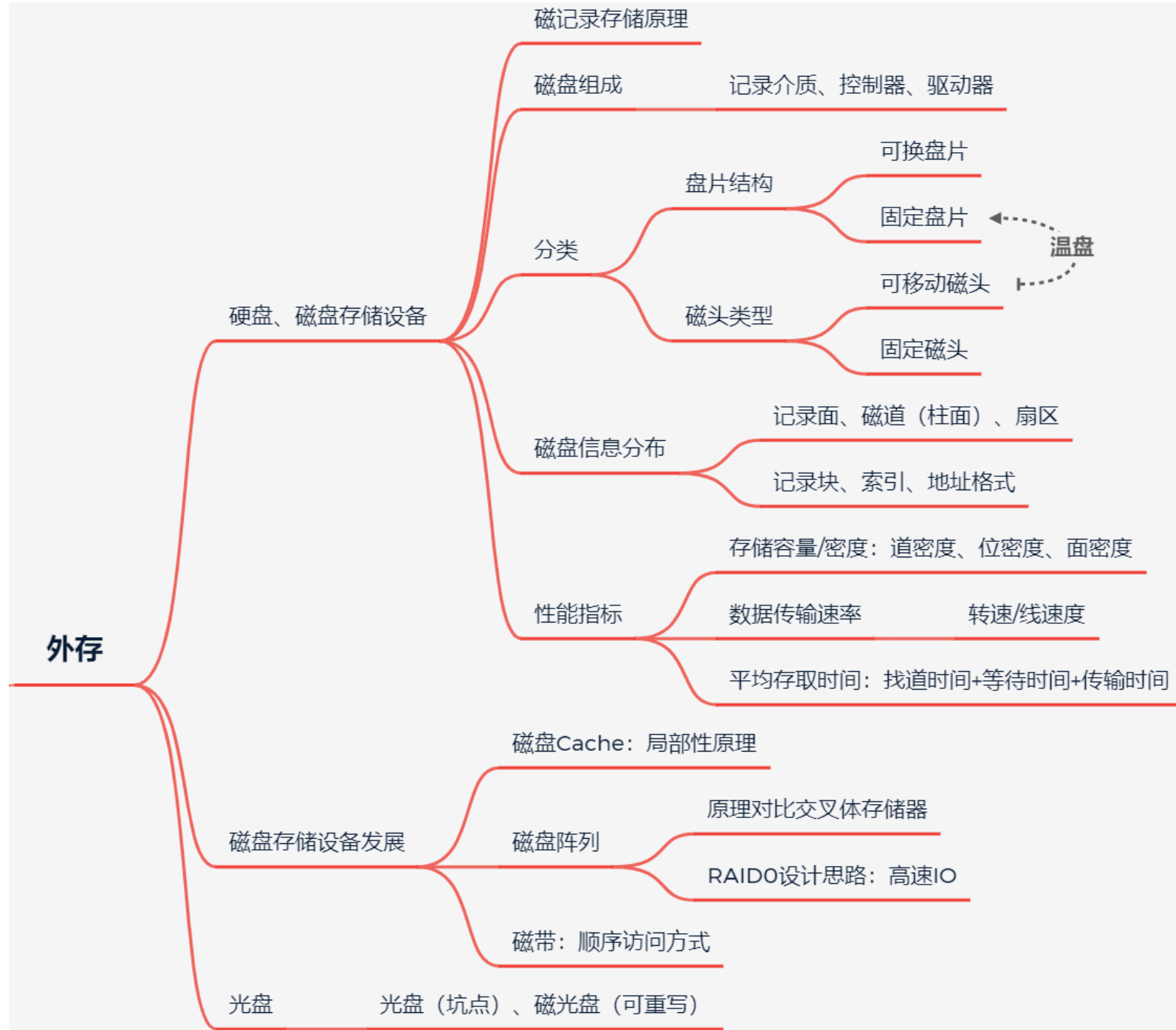
$$=786432*50=294912000\text{B/s}$$

(3) 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？

ROM大小=单汉字点阵大小*汉字数

$$=16*16/8 \text{ (B)} * (3008+3755)$$

$$=216416\text{B}$$





I/O设备

显示设备

分类

CRT、LCD、等离子

字符、图形、图像

性能指标

分辨率、灰度级

刷新率

显存

容量：分辨率*灰度位数

带宽：分辨率*灰度位数*帧率

图形显示标准：VESA等

输入输出设备

输入设备

图形输入：键盘、鼠标等

图像输入、声音输入

打印机

打字原理：击打、非击打

工作方式：串行、行式