

# 一、存储系统 00:05

## 1. 存储系统的层次结构 00:10



- 目的: 构建容量大、速度快、成本低的存储系统。
- 层次关系: 从下到上速度由慢到快, 包括寄存器、CPU内cache、主存储器、磁盘、光盘、磁带等。

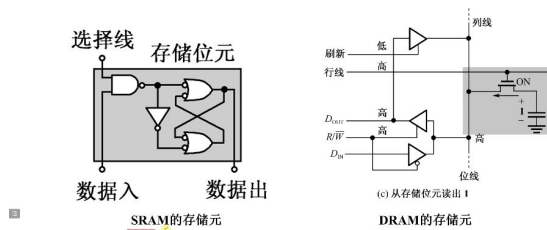
## 2. 存储器的分类 01:51

### 1) 随机存取存储器 02:03

1.2.2 存储系统		
2. 存储器的分类		
按存储器的工作方式可分为:		
●随机存取存储器 (RAM)		
①静态随机存储器SRAM, 用于Cache;		
②动态随机存储器DRAM, 用于主存。		
特性	SRAM	DRAM
存储元	触发器	电容器
主要用途	Cache	主存
操作	读/写	读/写/周期性刷新
存取速度	快	稍慢
存储容量	小	大
成本	稍高	低
芯片集成率	高	低

- 分类: 随机存取存储器(RAM)分为静态随机存储器(SRAM)和动态随机存储器(DRAM)。
- SRAM:
  - 存储元: 触发器
  - 特性: 存取速度快、存储容量小、成本高、芯片集成率高
  - 主要用途: Cache
- DRAM:
  - 存储元: 电容器
  - 特性: 存取速度稍慢、存储容量大、成本低、芯片集成率低、需要周期性刷新
  - 主要用途: 主存
- SRAM与DRAM存储元对比

## SRAM和DRAM的存储元



43

- 
- **SRAM存储元:**
  - 物理结构: 触发器
  - 速度: 快
- **DRAM存储元:**
  - 物理结构: 电容器
  - 速度: 慢 (需充电放电过程)
  - 刷新: 需要周期性刷新以保持电荷不丢失
- 特性对比总结

## 1.2.2 存储系统

### 2. 存储器的分类

#### 按存储器的工作方式可分为:

##### ● 随机存取存储器 (RAM)

① 静态随机存储器SRAM, 用于Cache✓

② 动态随机存储器DRAM, 用于主存✓

特性	SRAM	DRAM
存储元	触发器→6T1C✓	电容器 (1T1C)✓
主要用途	Cache✓	主存
操作	读/写	读/写/周期性刷新
存取速度	快✓	稍慢
存储容量	小↓	大↑
成本	稍高✓	低
芯片集成率	高✓	低

- 
- **存储元:** SRAM使用触发器, DRAM使用电容器。
- **存取速度:** SRAM快, DRAM稍慢。
- **存储容量:** SRAM小, DRAM大。
- **成本:** SRAM高, DRAM低。
- **芯片集成率:** SRAM高, DRAM低。
- **操作:** SRAM仅读写, DRAM需读写及周期性刷新。

### 2) 题型

## 本节练习

- (10) 以下存储器中, \_\_\_\_ 使用电容存储信息且需要周期性地刷新。
  - A. DRAM
  - B. EPROM
  - C. SRAM
  - D. EEPROM

44

### ● 题目解析

- **题目:** 以下存储器中, 使用电容存储信息且需要周期性地刷新。
- **选项分析:**
  - A. DRAM: 符合题目描述, 使用电容器存储信息且需要周期性刷新。

- B. EPROM: 可编程只读存储器, 不符合。
- C. SRAM: 使用触发器存储信息, 不需要刷新, 不符合。
- D. EEPROM: 电擦除可编程只读存储器, 不符合。

○ 答案: A

### 3) 只读存储器



## 1.2.2 存储系统

● 只读存储器 (ROM)

ROM 分类	擦除方式	擦除速度	可编程次数
固定只读存储器 (ROM)	无	无	无
可编程只读存储器 (PROM)	-	较慢	一次
可擦除可编程只读存储器 (EPROM)	紫外线照射	较慢	较少
电擦除可编程只读存储器 (EEPROM)	电擦除	较快	100w 次左右
闪存存储器 (闪存)	电擦除	最快	较少

■

●

●

分类:

- 固定只读存储器(ROM): 不可改写内容。
- 可编程只读存储器(PROM): 可编程一次。
- 可擦除可编程只读存储器(EPROM): 通过紫外线照射擦除。
- 电擦除可编程只读存储器(EEPROM): 通过电擦除, 擦除速度快, 可编程次数多。
- 闪存存储器 (闪存): 常用于U盘, 电擦除, 速度快, 可编程次数较少。

●

闪存特性题目



## 本节练习

- (11)以下关于闪存 (Flash Memory) 的叙述中, 错误的是\_\_\_\_\_。
  - A. 掉电后信息不会丢失, 属于非易失性存储器
  - B. 以块为单位进行删除操作
  - C. 采用随机访问方式, 常用来代替主存
  - D. 在嵌入式系统中可以用 Flash 来代替 ROM 存储器

■

○

○ 题目解析

■ 题目: 以下关于闪存(Flash Memory)的叙述中, 错误的是哪一个?

■ 选项分析:

- A. 掉电后信息不会丢失, 属于非易失性存储器: 正确。
- B. 以块为单位进行删除操作: 正确, 符合闪存特性。
- C. 采用随机访问方式, 常用来代替主存: 错误, 闪存不用来代替主存。
- D. 在嵌入式系统中可以用Flash来代替ROM存储器: 正确, 闪存是ROM的一种。

■ 答案: C

### 3. 高速缓存 15:41

#### 1) Cache的原理 15:50



### （1）Cache的原理

- Cache的功能，解决CPU和主存之间的速度不匹配的问题

- Cache的功能: 解决CPU和主存之间的速度不匹配的问题
- Cache的理论依据: 程序的局部性原理

CPU对主存中的指令和数据的访问,在一小段时间内,总是集中在一小块存储空间里。

- ②**空间局部性**：最近访问过的指令和数据往往集中在一小片存储区域中。



45

- **功能定位:** 位于CPU与主存之间, 存储当前活跃的程序和数据, 解决CPU和主存速度不匹配问题 (CPU速度比主存快5-10倍)。
- **理论依据:** 程序的局部性原理, 表现为:
  - **时间局部性:** 最近访问的指令/数据很可能被再次访问 (如循环变量*i*在for循环中被连续访问100次)
  - **空间局部性:** 访问过的指令/数据往往集中在小片存储区域 (如访问数组元素*a[20]*后, 可能继续访问*a[19]*或*a[21]*)



在CPU工作时，送出的是主存单元的地址，而应从Cache存储器中读/写信息。这就需要将主存地址转换成Cache的地址，这种地址的转换称为地址映像。由硬件自动完成映射。

- 全相联映像：主存中的任意一个块可以与Cache中的任意一行相对应。
- 直接映像：Cache中一行固定对应主存中的多行。如主存块号对Cache总行数求模。
- 组相联映像：前两种方式的结合。将Cache进行分组，**组间采用直接映射方式，组内采用全相联映射方式。**



48

- **映射本质:** 由硬件自动完成主存地址到Cache地址的转换
- 全相联映像 24:04



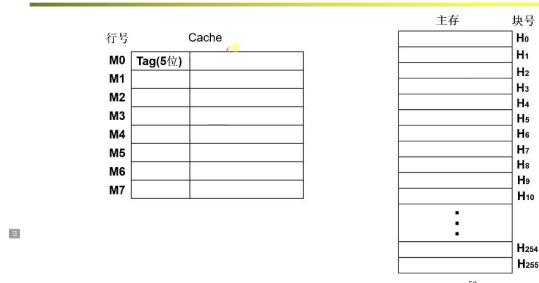
行号	Cache		主存	块号
M0	Tag(8位)			H0
M1				H1
M2				H2
M3				H3
M4				H4
M5				H5
M6				H6
M7				H7
			■	
			■	
			■	
				H254
				H255



45

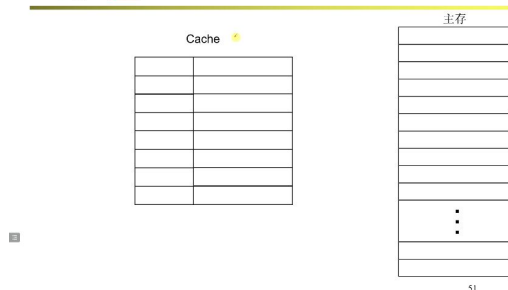
- 
- **映射规则:** 主存任意块可放入Cache任意行（多对多关系）
- **实现特点:**
  - 采用遍历算法（时间复杂度 $O(n^2)$ ）
  - 需要高速相连存储器支持
- **优劣分析:**
  - 优点：冲突概率小，利用率高
  - 缺点：硬件实现困难，适合小容量Cache
- 直接映像 27:24

## 直接映像



- 映射规则: Cache行固定对应主存多行 (主存块号对Cache总行数求模)
- 典型场景: 访问数组元素 $a[1]$ 、 $a[9]$ 、 $a[17]$ 会映射到同一Cache行
- 优劣分析:
  - 优点: 硬件易实现 (求模运算), 成本低
  - 缺点: 冲突概率高 (如 $h_1$ 、 $h_9$ 、 $h_{17}$ 都映射到 $m_1$ 行), 适合大容量Cache
- 组相联映像 30:03

## 组相联映像



- 混合策略:
  - 组间直接映射 (主存块对组数求模)
  - 组内全相联映射 (组内行任意放置)
- 设计优势: 平衡前两种方式的优缺点, 实际应用最广泛
- 3) 应用案例 31:44

- 例题:高速缓存设置目的

## 本节练习

- (12)在CPU内外常需设置多级高速缓存 (Cache), 主要目的是\_\_\_\_\_。
  - A. 扩大主存的存储容量
  - B. 提高CPU访问主存数据或指令的效率
  - C. 扩大存储系统的容量
  - D. 提高CPU访问内外存储器的速度

- 题目解析

- 核心考点: Cache解决CPU与主存速度不匹配问题
- 选项分析:
  - 正确项B: 提高CPU访问主存数据/指令的效率 (根本目的)
  - 错误项辨析:
    - A/D: Cache不改变存储容量 (主存几十GB vs Cache几十MB)
    - C: CPU无法直接访问外存

- **易错提醒:** 注意区分"提高效率"与"扩大容量"的本质区别
4. 虚拟存储器、磁盘 33:22

### 1) 虚拟存储器 33:25

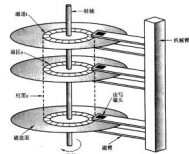
#### 1.2.2 存储系统

##### ■ 4. 虚拟存储器、磁盘

##### ■ 虚拟存储器由主存、辅存和软件组成。

##### ■ 磁盘:

- 存取时间: 寻道时间+旋转等待时间+数据传送时间
- 寻道时间: 将磁头定位至所要求的磁道上所需的时间
- 旋转等待时间: 寻道完成后至磁道上需要访问的信息到达磁头下的时间, 平均等待时间为磁盘旋转一周所需时间的一半
- 数据传送时间: 读取数据所需的时间



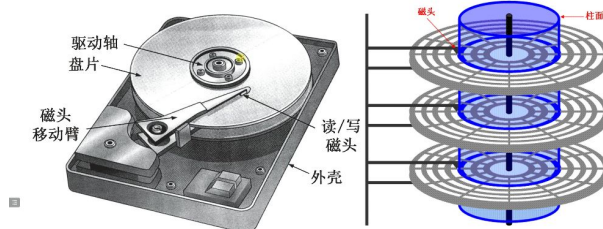
53

- **背景:** 主存容量 (8G/16G等) 常不足以满足现代软件需求
- **实现原理:** 操作系统将辅存当作主存使用, 但实际数据可能并未真正存入主存
- **组成要素:** 主存+辅存+管理软件三者协作完成
- **用户视角:** 操作系统向用户"虚拟"呈现程序和数据已存入主存的假象
- **核心目的:** 解决主存容量不足的问题, 扩展可用内存空间

### 2) 磁盘 35:03

#### ● 机械硬盘结构

#### 1.2.2 存储系统



54

- **盘片组件:** 多个盘片叠层组成, 每个盘片有上下两个盘面
- **读写机构:**
  - 移动臂带动磁头在盘面移动
  - 每个盘面对应独立磁头
- **数据组织:**
  - **磁道:** 盘面上的同心圆轨迹
  - **扇区:** 磁道上存储数据的最小单位 (通常512B或4KB)
  - **柱面:** 不同盘面相同半径磁道组成的虚拟圆柱面
- **存取时间构成**

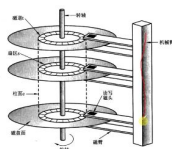
## 1.2.2 存储系统

### 4. 虚拟存储器、磁盘

虚拟存储器由主存、辅存和软件组成。

#### 磁盘：

- 存取时间：寻道时间+旋转等待时间+数据传送时间
- 寻道时间：将磁头定位至所要求的磁道上所需的时间
- 旋转等待时间：寻道完成后至磁道上需要访问的信息到达磁头下的时间，平均等待时间为磁盘旋转一周所需时间的一半
- 数据传送时间：读取数据所需的时间



53

- 寻道时间：磁头移动到目标磁道所需时间（机械臂径向移动）
- 旋转等待时间：盘片旋转使目标扇区到达磁头下方的时间
  - 平均需旋转半周 ( $t_{avg} = 1 / 2r$ ,  $r$ 为转速)
  - 与转速成反比关系
- 数据传输时间：实际读写数据的时间
- 总时间公式：  $T_{access} = T_{seek} + T_{rotation} + T_{transfer}$

### 3) 应用案例 42:31

#### 例题:磁盘转速提高的影响

### 本节练习

- (13)若磁盘的转速提高一倍，则\_\_\_\_\_。
  - A.平均存取时间减半
  - B.平均寻道时间加倍
  - C.旋转等待时间减半
  - D.数据传输速率加倍

■

55

### 本节练习

- (13)若磁盘的转速提高一倍，则\_\_\_\_\_。
  - A.平均存取时间减半
  - B.平均寻道时间加倍
  - C.旋转等待时间减半
  - D.数据传输速率加倍

■

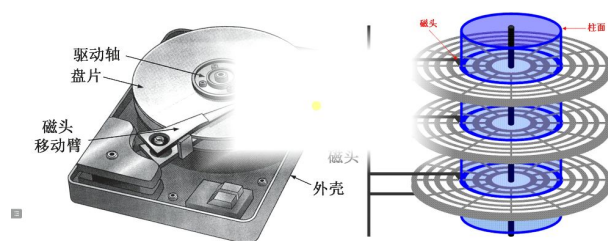
55

#### 题目解析

- 关键分析：转速 $r$ 加倍直接影响旋转等待时间  $T_{rotation} = 1 / 2r$
- 选项验证：
  - A：平均存取时间包含不受转速影响的寻道时间
  - B：寻道时间与机械臂移动速度相关，与转速无关
  - C：正确，旋转等待时间与转速成反比
  - D：传输速率取决于接口带宽，不受转速直接影响
- 结论：仅旋转等待时间减半（选项C正确）



## 1.2.2 存储系统



54

## 二、知识小结

知识点	核心内容	考试重点/易混淆点	难度系数
存储系统层次结构	计算机存储系统金字塔（寄存器→Cache→主存→磁盘/光盘/磁带），速度由快到慢，成本由高到低	<b>寄存器与Cache的区别</b> ：寄存器集成于CPU，Cache分多级（L1/L2/L3）	★★
存储器分类（RAM vs ROM）	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>RAM</b>（随机存取）：SRAM（触发器存储，用于Cache）、DRAM（电容器存储，需刷新，用于主存）</li> <li>- <b>ROM</b>（只读）：PROM/EPROM/EEPROM/闪存（U盘）</li> </ul>	<b>DRAM刷新机制 vs SRAM无需刷新</b> <b>闪存特性</b> ：电擦除、块删除、非易失性	★★★
高速缓存（Cache）原理	解决CPU与主存速度不匹配，基于 <b>局部性原理</b> （时间局部性：循环变量复用；空间局部性：数组连续访问）	<b>地址映射方式对比</b> ： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 全相连（冲突小，硬件复杂）</li> <li>- 直接映射（易冲突，硬件简单）</li> <li>- 组相连（折中方案）</li> </ul>	★★★★
虚拟存储器	通过软件+主存+辅存组合， <b>解决主存容量不足</b> ，操作系统将辅存“虚拟化”为主存	虚拟存储本质是 <b>逻辑扩展</b> ，非物理扩容	★★
机械硬盘结构	盘片→磁道→扇区（最小存储单位）； <b>存取时间</b> =寻道时间+旋转等待时间（与转速相关）+数据传输时间	<b>转速提高一倍→旋转等待时间减半</b> 柱面=同半径磁道的虚拟集合	★★★
注：高亮部分为高频考点或易混淆概念。			