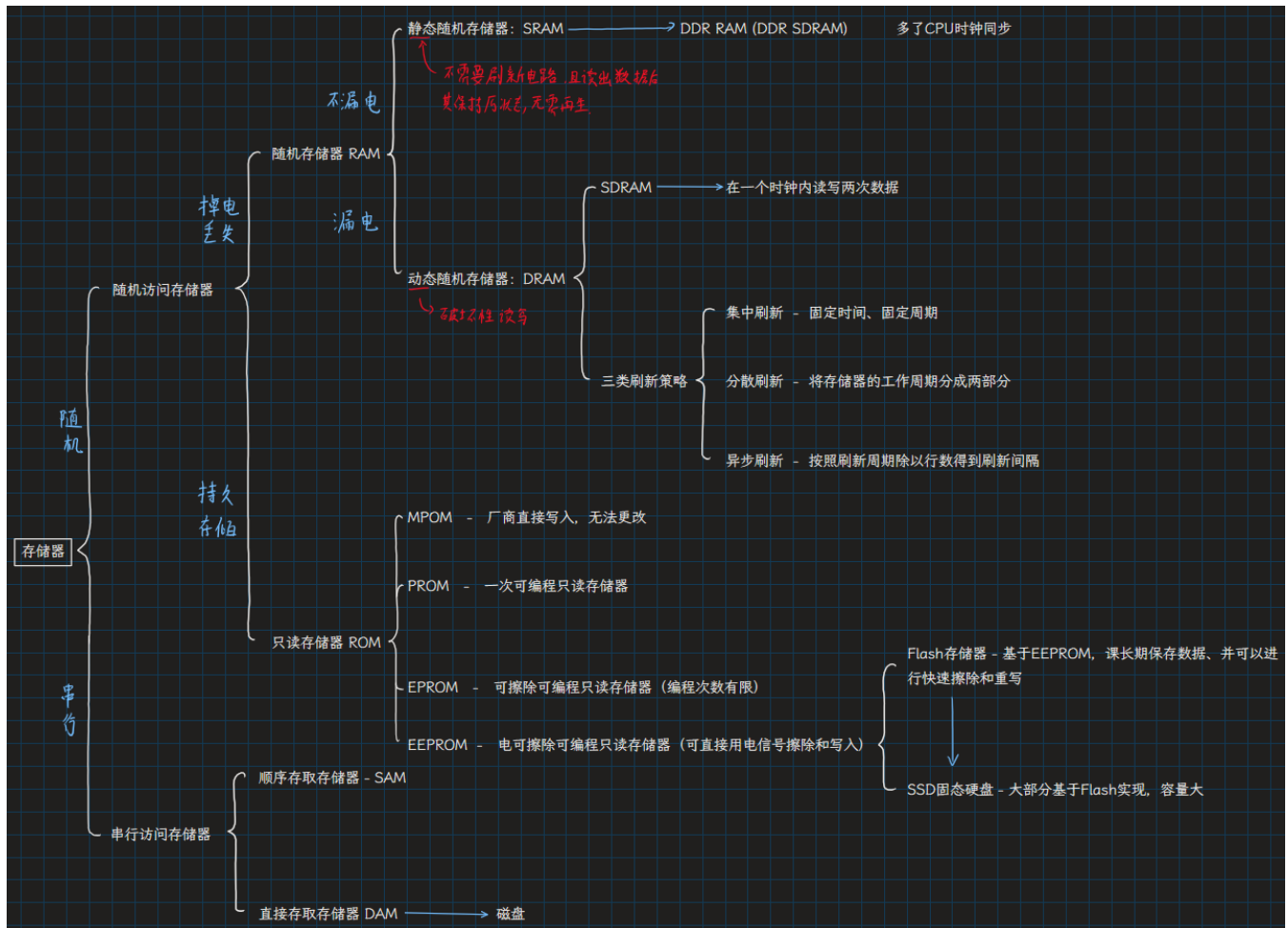


Lecture 8: 知识 - 存储器

存储系统的硬件分类

总结：各类存储器关系



总结：随机存储器、只读存储器、串行访问存储器的特点

- 随机存储器 RAM:
 - 任何一个单元都能随机存取，存取时间与存储单元的位置无关；
 - 主要用途是高速缓存或主存；
 - 分为静态 RAM 和动态 RAM，前者以触发器原理寄存信息，后者以电容充电原理寄存信息；
- 只读存储器 ROM:
 - 数据一次写入存储器后不能修改，只能读取，断电不易失；
 - 通常用来存储不变的常数、程序；
 - 它和 RAM 一起作为主存的一部分，由 ROM 派生出的存储器，有的是可读可写的，但写的速度比读的速度要慢得多；
- 串行访问存储器:
 - 对存储单元的读写要按照物理位置的先后顺序寻址；
 - 它包括顺序存取存储器和直接存取存储器。前者的代表是磁带，后者的代表是磁盘；

总结：虚拟存储器和 Cache 的相同点和不同点

- 相同点：
 - 1、它们的目的是为了提升系统性能。
 - 2、把整个存储器，划分为小的数据块，作为基本的交换单位，虚拟系统信息块更大。
 - 3、都有地址映射、替换算法、更新策略等问题。
 - 4、都是依据局部性原理，将使用频率高的数据放入高速部件中；
- 不同点：
 - 1、Cache 主要解决访问速度问题，虚拟存储解决主存容量问题；
 - 2、Cache 全部由硬件实现，对程序员是透明的。虚拟存储器由操作系统和硬件共同实现，对系统程序员不透明、对应用程序员透明；
 - 3、不命中时，虚拟存储器不命中时对系统效率影响更大。
 - 4、CPU 和 Cache，CPU 和主存都有直接访问通路，而 CPU 和辅助存储器没有直接通路。当虚拟存储器不命中时，需要先把辅助存储器数据块调入主存中，CPU 才能对它访问；

半导体随机存取存储器

引入：半导体存储器分为随机存储器（RAM）和只读存储器（ROM），而 RAM 又分为静态随机存储器（SRAM）和动态随机存储器（DRAM）；

- 主存储器主要由 DRAM 实现；
- 靠近处理器的那一层（Cache）则由 SRAM 实现；
- 它们都是易失性存储器，只有 ROM 是非易失性存储器；

RAM

随机存储器： RAM

- 概念：
 - 存储器的任何一个存储单元都可以随机存取，而且存取时间与存储单元的物理位置无关；
- 优点：
 - 读/写方便；
 - 使用灵活；
- 作用：
 - 主要用作主存或高速缓冲存储器
- 分类：
 - RAM 又分为静态 RAM 和动态 RAM

SRAM

概念：静态随机存储器 SRAM

- 原理：
 - 不需要刷新电路，掉电丢失数据 -> 易失型；
 - 其存储元是用双稳态触发器（六品体管 MOS）来记忆信息的；

- 静态是指即使信息被读出后，它仍**保持其原状态**、不需要再生（非破坏性读出）；
- 特点：
 - **SRAM** 的**存取速度快**，但集成度低，功耗较大，价格昂贵；
- 应用：
 - 一般用于高速缓冲存储器（Cache）；
 - 目前 **SRAM** 基本上只用于 **CPU** 内部的一级缓存以及内置的二级缓存；
 - 仅有少量的网络服务器以及路由器上能够使用 **SRAM**；
- 举例：
 - **S3C2440** 的 **ARM9** 处理器里面就有 **4K** 的 **SRAM** 用来做 **CPU** 启动时用；
- 真题：2018年
 - **TLB** 采用静态存储器（**SRAM**），读/写速度快，但成本高，多用于容量较小的高速缓冲存储器；

概念： **SRAM** 与 **DRAM** 比较

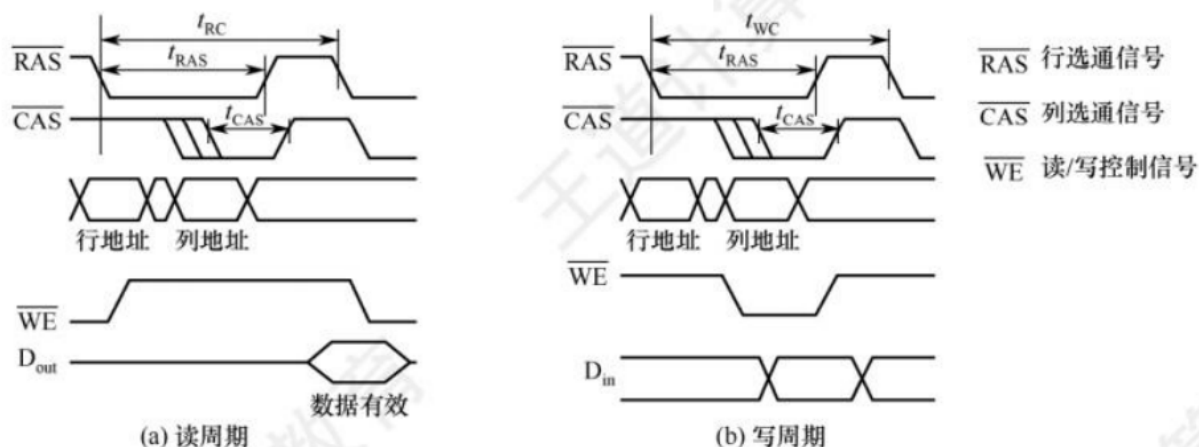
特点 \ 类型	SRAM	DRAM
存储信息	触发器	电容
破坏性读出	非	是
需要刷新	不要	需要
送行列地址	同时送	分两次送（复用）
运行速度	快	慢
集成度	低	高
存储成本	高	低
主要用途	高速缓存	主机内存

DRAM

概念： 动态随机存储器 **DRAM**

- 概念：
 - 掉电丢失数据，每隔一段时间就要**刷新**一次数据，才能保存数据；
- 原理：
 - 存储原理：
 - 动态随机存储器（**DRAM**）是利用 **存储元** 电路中 **栅极** 电容上的 **电荷** 来存储信息的，有电荷代表 1，无电荷代表 0；
 - **DRAM** 的基本 **存储元** 通常只使用一个 **晶体管**，所以它比 **SRAM** 的密度要高的多；
 - 漏电：
 - **栅极** 会漏电，时间一长，0代表 **1** 的电容会放电，代表 **0** 的电容会吸收电荷，这就是数据丢失的原因；
 - 所以每隔一定的时间就需要一个**刷新机构给这些栅电容补充电荷**；
 - 动态刷新：
 - 每读出一数据之后也需要补充电荷，这个就叫**动态刷新**，所以称其为动态随机存储器；

- DRAM 的刷新按照行为单位；
- 刷新操作定期对电容进行检查：
 1. 若电量大于满电量的 $\frac{1}{2}$ ，则认为其代表 1，并把电容充满电；
 2. 若电量小于 $\frac{1}{2}$ ，则认为其代表 0，并把电容放电，藉此来保持数据的连续性；
- 特点：
 - 相对于 SRAM 来说，DRAM 具有集成度高、位价低和功耗低等优点；
 - 但 DRAM 的存取速度比 SRAM 慢，且必须定时刷新和读后再生，不过它还是比任何的 ROM 都要快；
- 应用：
 - 一般用于大容量的主存系统；
- 芯片读取时序图：



补充：SDRAM

- 概念：
 - SDRAM 主要就是在 DRAM 的基础上，比它多了一个与 CPU 时钟同步；
 - DRAM 在和 CPU 工作时，CPU 不能做其他事情，但 SDRAM 因为增加了时钟同步，因此在读写时、CPU 可以做其他事；
- 分析：
 - DRAM 与 CPU 采用异步的方式交换数据：
 - 在 CPU 发出地址和控制信号后，经过一段延迟时间，数据才读出或写入，在读写完成前 CPU 不能做其他事情；
 - SDRAM 与 CPU 采用同步的方式交换数据：
 1. 将 CPU 发出的地址和控制信号锁存起来，CPU 在其读/写完成之前可进行其他操作；
 2. SDRAM 的每一步操作都在系统时钟的控制下进行，支持突发传输方式；
- 概念：SDRAM 的突发传输方式
 - 第一次存取时给出首地址，同一行的所有数据都被送到行缓冲器，因此以后每个时钟都可以连续地从 SDRAM 输出一个数据；
 - 突发 (猝发) 传送方式能够进行连续成组数据的传送，其寻址阶段发送的是连续数据单元的首地址，在传输阶段传送多个连续单元的数据，每个时钟周期可以传送一个字长的信息，但是不释放总线，直到一组数据全部传送完毕后，再释放总线。

- 特点：
 - DRAM 和 SDRAM 由于实现工艺问题，容量较 SRAM 大。但是读写速度不如 SRAM；
- 应用：
 - 一般的嵌入式产品里面、内存使用的是 SDRAM；

补充：DDR RAM

- 概念：
 - Data-Rate Ram，也称作 DDR SDRAM；
 - 这种改进型的 RAM 和 SDRAM 是基本一样的，不同之处在于它可以**在一个时钟读写两次数据，这样就使得数据传输速度加倍了**；
- 应用：
 - 目前电脑中用得最多的内存；
 - 在很多高端的显卡上，也配备了高速 DDR RAM 来提高带宽，这可以大幅度提高 3D 加速卡的像素渲染能力；

DRAM 的刷新策略

策略一：集中刷新

- 概念：
 - 在一个刷新周期内，利用一段固定的时间，依次对存储器的所有行进行逐一再生，在此期间停止对存储器的读/写操作，称为**死时间**，也称**访存死区**；
- 优点：
 - 读/写操作时不受刷新工作的影响；
- 缺点：
 - 在集中刷新期间（死区）不能访问存储器；

策略二：分散刷新

- 概念：
 - 将一个存储器系统的工作周期分为两部分；
 - 前半部分 -> 用于正常的读/写操作；
 - 后半部分 -> 用于刷新；
- 缺点：
 - **加长了系统的存取周期**
 - 如：存储芯片的存取周期为 $0.5\ \mu\text{s}$ ，则系统的存取周期为 $1\ \mu\text{s}$ ；
- 优点：
 - 没有死区；

策略三：异步刷新

- 概念：
 - 结合了前两种方法，使得在**一个刷新周期内每一行仅刷新一次**；
 - 具体做法是**将刷新周期除以行数**，得到相邻两行之间刷新的时间间隔，每隔时间产生一次刷新请求；

- 特点：
 - 使“死时间”的分布更加分散，避免让 CPU 连续等待过长的时间；

注意

- 1. 刷新对 CPU 是透明的，即刷新不依赖于外部的访问；
- 2. DRAM 的刷新单位是行，芯片内部自动生成行地址；
 - 比如当前是 $2048 * 2048 * 4b$ 的芯片，则只需要 2048 次刷新，便可以将整个存储器刷新一遍；
 - 并且因为是按照行刷新，因此不需要进行列寻址；
- 3. 刷新操作类似于读操作，但并不一样；
- 4. 刷新时不需要选片，整个存储器的所有芯片被同时刷新；
- 5. 虽然 DRAM 的刷新和再生都是恢复数据，但刷新与再生的过程并不完全相同：刷新是以行为单位，逐行恢复数据的，而再生仅需恢复被读出的那些单元的数据；

ROM

概念

- ROM 和 RAM 都是支持随机访问的存储器，但 RAM 是易失性半导体；
 - 因此 SRAM 和 DRAM 均为易失性半导体存储器；
 - 但只有 DRAM 是破坏性读写，需要刷新；
- ROM 中一旦有了信息，就不能轻易改变，即使掉电也不会丢失；
- ROM 具有两个显著的优点：
 - 1. 结构简单，所以位密度比可读/写存储器的高；
 - 2. 具有非易失性 -> 可靠性高；

只读存储器：ROM

- 概念：
 - 存储器的内容只能随机读出而不能写入；
 - 信息一旦写入存储器就固定不变，即使断电，内容也不会丢失；
 - 因此，通常用它存放固定不变的程序、常数和汉字字库等；
- 分析：
 - 由 ROM 派生出的存储器也包含可反复重写的类型；
 - 广义上的 ROM 已可通过电擦除等方式进行写入，其“只读”的概念没有保留，但仍保留了断电内容保留、随机读取特性，但其写入速度比读取速度慢得多；
- 作用：
 - 它与随机存储器可共同作为主存的一部分，统一构成主存的地址域；

ROM 早期类型

类型一：MPOM 掩模式只读存储器

- 概念：

- **MROM** 的内容由半导体制造厂按用户提出的要求，在芯片的**生产过程中直接写入**，写入以后任何人都无法改变其内容；
- 优点：
 - 可靠性高，集成度高，价格便宜；
- 缺点：
 - 灵活性差；

类型二：**PROM** 一次可编程只读存储器

- 概念：
 - **PROM** 是可以实现一次性编程的只读存储器；
 - 允许用户利用专门的设备（编程器）写入自己的程序，一旦写入，内容就无法改变；

类型三：**EPROM** 可擦除可编程只读存储器

- 概念：
 - **EPROM** 不仅可以由用户利用编程器写入信息，而且可以对其内容进行多次改写；
 - 具有可擦除功能，擦除后即可进行再编程，但是缺点是擦除需要使用紫外线照射一定的时间。这一类芯片特别容易识别，其封装中包含有“石英玻璃窗”，一个编程后的 **EPROM** 芯片的“石英玻璃窗”一般使用黑色不干胶纸盖住，以防止遭到阳光直射；
- 特点：
 - **EPROM** 虽然既可读又可写，但它不能取代 **RAM**，因为 **EPROM** 的**编程次数有限**，且写入时间过长；

类似四：**EEPROM** 电可擦除可编程只读存储器

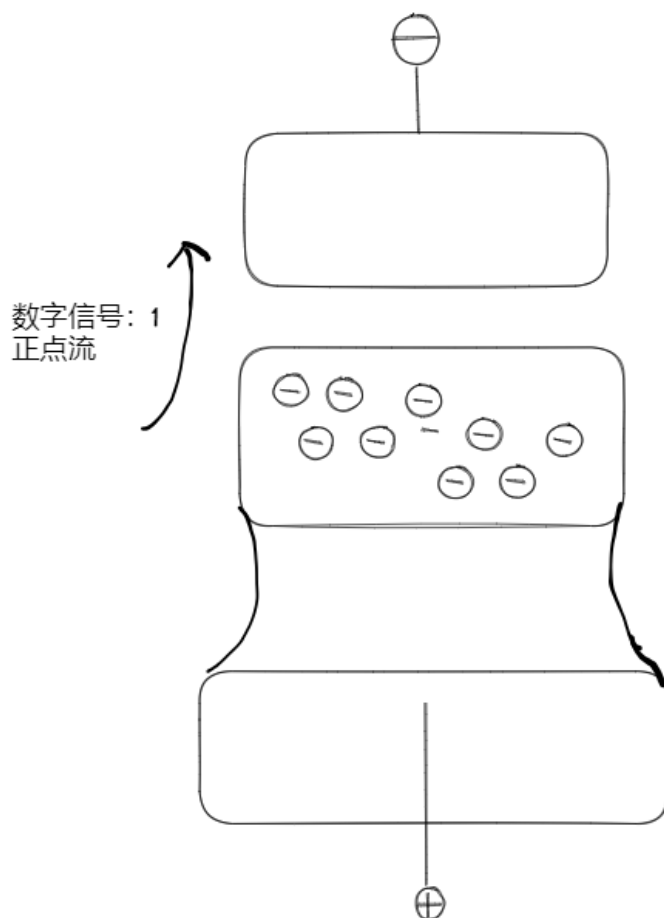
- 概念：
 - **EEPROM**指的是“电可擦除可编程只读存储器”，即 **Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory**；
- 特点：
 - 它的最大优点是**可直接用电信号擦除**，也可用电信号写入；
 - **EEPROM** 不能取代 **RAM** 的原应是其工艺复杂，耗费的门电路过多，且重编程时间比较长，同时其有效重编程次数也比较低；

Flash 存储器

类型五：**Flash** 存储器

- 概念：
 - **Flash** 存储器是在 **EEPROM** 的基础上发展起来的，它兼有 **ROM** 和 **RAM** 的优点，可在不加电的情况下长期保存信息，又能**在线进行快速擦除与重写**；
 - **Flash** 存储器既有 **EPROM** 价格便宜、集成度高的优点，又有 **EPROM** 电可擦除重写的特点，且擦除重写的速度快；
- 原理：
 - 闪存通过**放电与充电**来实现 **1-bit** 信息的存储，通过施加正向电压，把电子吸上来；
- 缺点：

- 电子放电的时候放不干净；
- 充放电的次数多了之后，无论无何多不能放电放干净了；
- 放电数千万次之后，就永远是充电的状态了
- 图示：原理



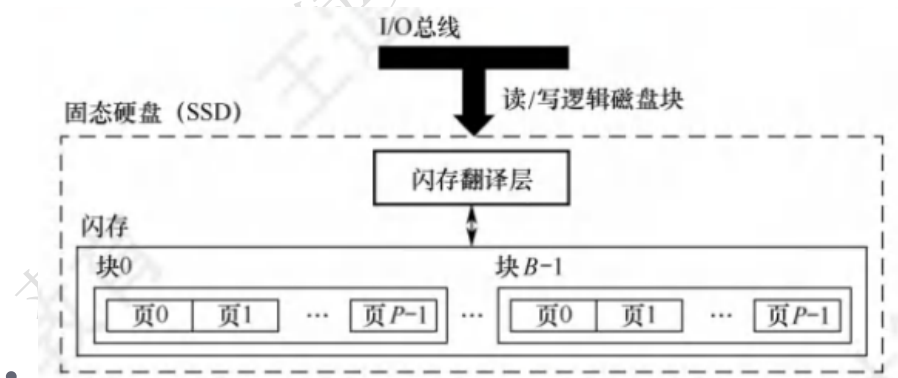
固态硬盘

类型六：固态硬盘

- 概念：
 - Solid State Drive, SSD
 - 基于 Flash 闪存的固态硬盘是用固态电子存储芯片阵列制成的**硬盘**，由控制单元和存储单元 (Flash 芯片) 组成；
 - 保留了 Flash 存储器长期保存信息、快速擦除与重写的特性；
 - 对比传统硬盘也具有**读/写速度快、低功耗**的特性，缺点是价格较高；
 - 固态硬盘 (SSD) 是一种基于**闪存**技术的存储器；
 - 它与 U 盘、Flash 存储器并无本质差别，只是容量更大，存取性能更好；
 - 一个 SSD 由一个或多个 Flash 芯片和闪存翻译层组成；
 - 其读写是以**页**为单位，擦除是以**块**为单位；
- 补充：U 盘、闪存、固态硬盘、SD 卡的关系
 - 最核心的技术：闪存 -> 用的最多的：NAND Flash
 - U 盘：把闪存盘、读取芯片以及 USB 接口全部封装到了同一个电路板上
 - SD 卡：也是一种基于闪存封装出来的；
 - 固态硬盘：由一个或多个闪存芯片和闪存翻译层组成；

- 组成：
 - 闪存芯片：
 - 用于替代传统旋转磁盘中的机械驱动器；
 - 闪存翻译层：
 - 将来自 CPU 的逻辑块读/写请求，翻译成对底层物理设备的读/写控制信号；
- 随机写：
 - 随机写的速度很慢；
 - 原因一：擦除块较慢，通常比访问页高一个数量级；
 - 原因二：若写操作试图修改一个包含已有数据的页 P，则这个块中所有含有有用数据的页都必须被复制到一个新（擦除过的）块中，然后才能进行对页 P 的写操作；
- 优点：
 - 1. 随机访问时间更快：
 - 由半导体存储器构成，没有移动的部件，因而随机访问时间比机械磁盘要快很多；
 - 2. 没有任何机械噪声和振动；
 - 3. 能耗更低，抗震性好，安全性高；
- 举例：
 - 分析：
 - 一个闪存由 B 块组成，每块由 P 页组成；
 - 通常页的大小是 512B~4KB，每块由 32~128 页组成，块的大小为 16 KB~512 KB；
 - 数据是以页为单位读/写的，只有在一页所属的块整个被擦除后，才能写这一页；
 - 一旦一个块被擦除，块中的每个页就都可以直接再写一次；
 - 某个块进行了若干次重复写之后，就会损坏，不能再使用；

- 图示：



磨损均衡

概念：磨损均衡

- 原因：
 - 闪存的擦写寿命是有限的，一般是几百次到几千次；
 - 若直接用普通闪存组装 SSD，则实际的使用寿命表现可能非常令人失望：因为读/写数据时会集中在 SSD 的一部分闪存，这部分闪存的寿命会损耗得特别快；也就损坏了
 - 一旦这部分闪存损坏，整块 SSD；

- 这种磨损不均衡的情况，可能会导致一块 256GB 的 SSD，只因数兆字节空间的闪存损坏而整块损坏；
- 为了弥补 SSD 的寿命缺陷，引入了磨损均衡；
- 分类：
 - (1) 动态磨损均衡：
 - 写入数据时，自动选择较新的闪存块，老的闪存块先歇一歇；
 - (2) 静态磨损均衡：
 - 这种技术更为先进，就算没有数据写入，SSD 也会监测并自动进行数据分配，让老的闪存块承担无须写数据的存储任务，同时让较新的闪存块腾出空间，平常的读/写操作在较新的闪存块中进行；
 - 如此一来，各个闪存块的寿命损耗就都差不多；
 - 有了这种算法加持，SSD 的寿命就比较可观了；
 - 例如，对于一个 256 GB 的 SSD，若闪存的擦写寿命是 500 次，则需要写入 125 TB 数据，才寿终正寝；
 - 就算每天写入 10 GB 数据，也要三十多年才能将闪存磨损坏，更何况很少有人每天往 SSD 中写入 10 GB 数据；

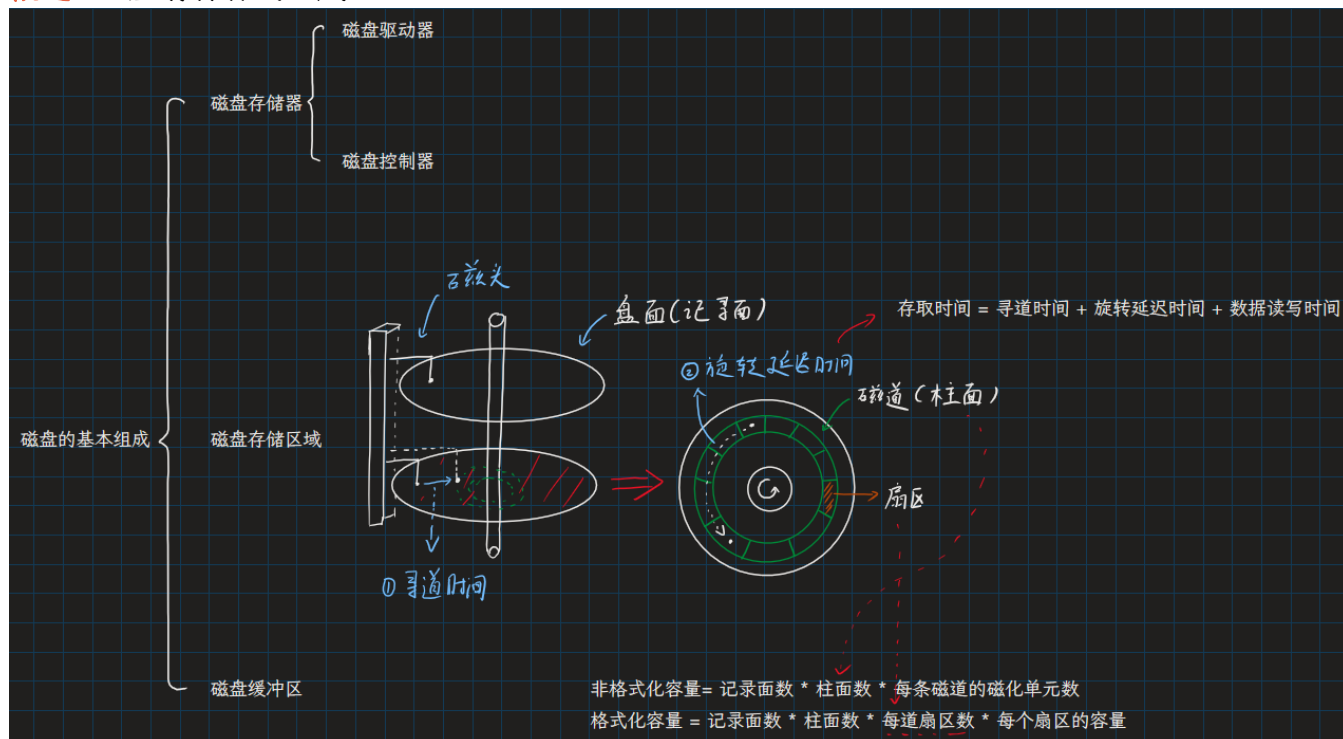
串行访问存储器

概念： 串行访问存储器

- 概念：
 - 不属于半导体随机访问存储器
 - 对存储单元进行读/写操作时，需按其物理位置的先后顺序寻址；
- 分类：顺序存取存储器 SAM：
 - 顺序存取存储器的内容只能按某种顺序存取，存取时间的长短与信息在存储体上的物理位置有关；
 - 存取速度慢；
- 分类：直接存取存储器 DAM：
 - 直接存取存储器既不像 RAM 那样随机地访问任何一个存储单元，又不像顺序存取存储器那样完全按顺序存取，而是介于两者之间；
 - 存取信息时通常先寻找整个存储器中的某个小区域 (如磁盘上的磁道)，再在小区域内顺序查找；
 - 举例：磁盘 是 DAM；

磁盘存储器的组成

概述：磁盘存储器的组成

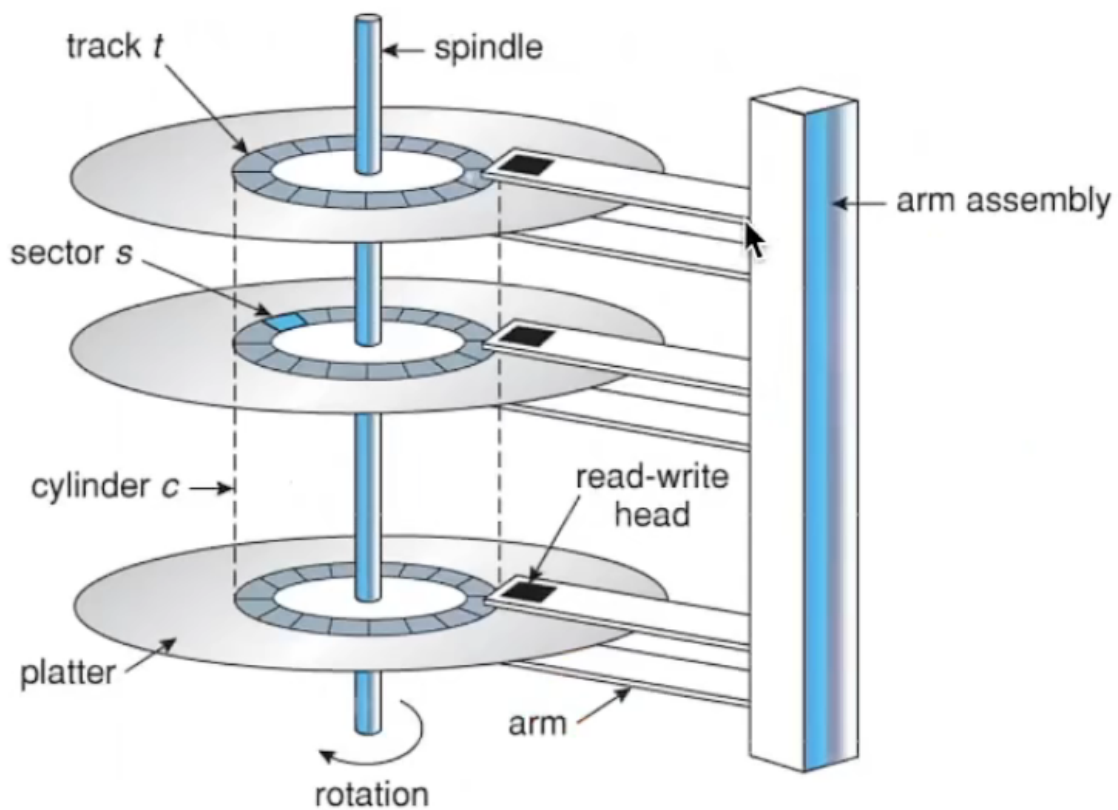


概念：什么是磁盘存储器

- 概念：
 - 磁盘存储器是以**磁盘**为存储介质的存储器；
- 优点：
 - 1. 存储容量大，位**价格低**；
 - 2. 记录介质可重复使用；
 - 3. 记录信息可长期保存而不丢失，甚至**可脱机存档**；
 - 4. **非破坏性读出**，读出时不需要再生；
- 缺点：
 - 1. 存取速度慢；
 - 2. 机械结构复杂，对工作环境要求较高；
- 真题：2019年
 - 磁盘存储器的最小读写单位为**扇区**；
 - 格式化容量为用户真实可用的容量，非格式化容量为磁表面所有可利用的空间，因此格式化容量小于非格式化容量；

概念：磁盘存储器的组成

- 图示：



- 1. 磁盘存储器：
 - 磁盘驱动器：
 - 驱动磁盘转动 `rotation` 并在盘面上通过**磁头**进行读/写操作的装置；
 - 磁盘控制器：
 - 磁盘驱动器**与主机的接口**，负责接收并解释 `CPU` 发来的命令，向磁盘驱动器发出各种控制信号，并负责检测磁盘驱动器的状态；
- 2. 存储区域：
 - 概念：
 - 一个磁盘含有若干记录面，每个记录面划分为若干圆形的磁道，而每条磁道存储区域又划分为若干扇区，**扇区** (也称**块**)是磁盘读/写的最小单位，即磁盘**按块存取**；
 - **位密度从最外道向里道增加**，磁盘的存储能力受限于**最内道的最大记录密度**；
 - 盘面/记录面： `platter`
 - 磁头： `read-write head`
 - 磁头数代表了**记录面数**，表示磁盘共有多少个磁头，磁头用于读取/写入盘片上记录面的信息，**一个记录面对应一个磁头**；
 - 磁道： `track`
 - 磁道数又称之为柱面数；
 - 表示磁盘**每面盘片上有多少条磁道**；
 - 在一个盘组中，不同记录面的相同编号 (位置) 的诸磁道构成一个圆柱面；
 - 扇区： `sector`
 - 扇区数表示每条**磁道**上有多少个扇区；
- 3. 磁盘高速缓冲：
 - 概念：
 - 在**内存**中开辟一部分区域，用于缓冲将被送到磁盘上的数据；

- 优点：
 - 写磁盘时是按“簇”进行的，可以避免频繁地用小块数据写盘；
 - 有些中间结果数据在写回磁盘之前可被快速地再次使用；

概念：磁记录原理

- 原理：
 - 磁头和磁性记录介质相对运动时，通过电磁转换完成读/写操作；
- 编码方式：
 - 按某种方案 (规律)，把一连串的二进制信息变换成存储介质磁层中一个磁化翻转状态的序列，并使读/写控制电路容易、可靠地实现转换；
- 磁记录方式：
 - 通常采用调频制 (FM) 和改进型调频制 (MEM) 的记录方式；

磁盘的性能指标

性能指标 1：记录密度

- 概念：
 - 记录密度是指**盘片单位面积上记录的二进制信息量**，通常以道密度、位密度和面密度表示；
- 道密度：
 - 是沿磁盘半径方向**单位长度上的磁道数**；
- 位密度：
 - 是磁道单位长度上能记录的**二进制代码位数**；
- 面密度：
 - 是位密度和道密度的乘积；

性能指标 2：磁盘容量

- 概念：
 - 磁盘容量有非格式化容量和格式化容量之分；
- 非格式化容量：
 - 指磁记录表面**可利用的磁化单元**总数；
 - $$\text{非格式化容量} = \text{记录面数} * \text{柱面数} * \text{每条磁道的磁化单元数}$$
- 格式化容量：
 - 指按照某种特定的记录格式，所能存储信息的总量，格式化后的容量比非格式化容量要小；
 - $$\text{格式化容量} = \text{记录面数} * \text{柱面数} * \text{每道扇区数} * \text{每个扇区的容量}$$

性能指标 3：存取时间

- 概念：

- 存取时间由**1. 寻道时间** (磁头移动到目的磁道的时间)、**2. 旋转延迟时间** (磁头定位到要读/写扇区的时间)和**3. 传输时间** (传输数据所花费的时间)三部分构成;
- 寻找磁道 -> 定位扇区 -> 读取数据;
- 注意:
 - 因为寻道和找扇区的距离远近不一, 所以寻道时间和旋转延迟时间通常取平均值 (平均寻道时间取从最外道移动到最内道时间的一半, 平均旋转延迟时间取旋转半周的时间);

性能指标 4: 数据传输速率

- 概念:
 - 数据传输速率的意义, 是表示磁盘存储器在单位时间内向主机传送数据的**字节数**;
- 公式一: 直接给出磁道容量
 - 假设磁盘**转数**为 r 转/秒, 每条**磁道**容量为 N 字节, 则数据传输速率为:

$$D_r = rN$$

- 公式二: 包含扇区间隙
 - 假设磁盘旋转一周所花的时间为 $T_{\text{磁盘}}$, 磁盘**一个磁道**上的容量为 $N_{\text{磁道}}$, 通过扇区间隙的时间为 $T_{\text{扇区间隙}}$, 一条磁道上的扇区数为 $N_{\text{扇区数}}$, 则数据传输速率为:

$$D_r = \frac{N_{\text{磁道}}}{T_{\text{旋转一周读取一条磁道}}} = \frac{N_{\text{磁道}}}{T_{\text{磁盘}} - T_{\text{扇区间隙}} * N_{\text{扇区数}}}$$

磁盘地址与工作过程

概念: 磁盘地址

- 磁盘地址结构:

柱面 (磁道) 号	盘面 (磁头) 号	扇区号
-----------	-----------	-----
- 举例:
 - 若磁盘有 16 个盘面, 每个盘面有 256 个磁道, 每个磁道划分为 16 个扇区, 则每个扇区地址要 16 位二进制代码:

- 柱面 (磁道) 号 (8 位) | 盘面 (磁头) 号 (4 位) | 扇区号 (4 位)

概念: 磁盘工作方式

- 概念:
 - 磁盘的主要操作是寻址、读盘、写盘, 每个操作都对应一个控制字;
 - 磁盘存储器一般和主存进行数据交换, **不会直接和 CPU 进行数据 IO**;
- 工作过程:
 - 第一步: 取控制字;
 - 第二步: 执行控制字;
 - 因为磁盘属于机械式部件, 其读/写操作是串行的, 不可能在同一时刻既读又写, 也不可能在同一时刻读两组数据或写两组数据;

RAID 磁盘阵列

概念： RAID 独立冗余磁盘阵列

- 概念：

- 将多个独立的物理磁盘组成一个独立的逻辑盘，数据在多个物理盘上分割交叉存储、并行访问，具有更好的存储性能、可靠性和安全性；

Redundant Array of Inexpensive (*Independent*) Disks (RAID)

- 把多个(不可靠的)磁盘虚拟成一块非常可靠且性能极高的虚拟磁盘
 - A case for redundant arrays of inexpensive disks (RAID) (SIGMOD'88)

RAID 是一个“反向”的虚拟化

- 进程：把一个 CPU 分时虚拟成多个虚拟 CPU
- 虚存：把一份内存通过 MMU 虚拟成多个地址空间
- 文件：把一个存储设备虚拟成多个虚拟磁盘

- 措施：

- RAID 的分级如下所示；
- 在 RAID1 ~ RAID5 几种方案中，无论何时磁盘损坏，都可随时拔出受损的磁盘再插入好的磁盘，而数据不会损坏，提升了系统的可靠性；

- RAID 0

- 真题： 2013年
- RAID 0 采用条带化技术，把连续多个数据块交替地存放在不同物理磁盘的扇区中，几个磁盘交叉并行读/写，这样不仅扩大了存储容量，还提高了磁盘存取速度；
 - 因为如果不是交错的放置，则顺序读取时、不能利用上并行读取多块磁盘带来的速度提升；
- RAID0 没有容错能力，因此 RAID0 并没有提高可靠性；
- 图示：

两块磁盘的其他拼接方法

- 顺序拼接

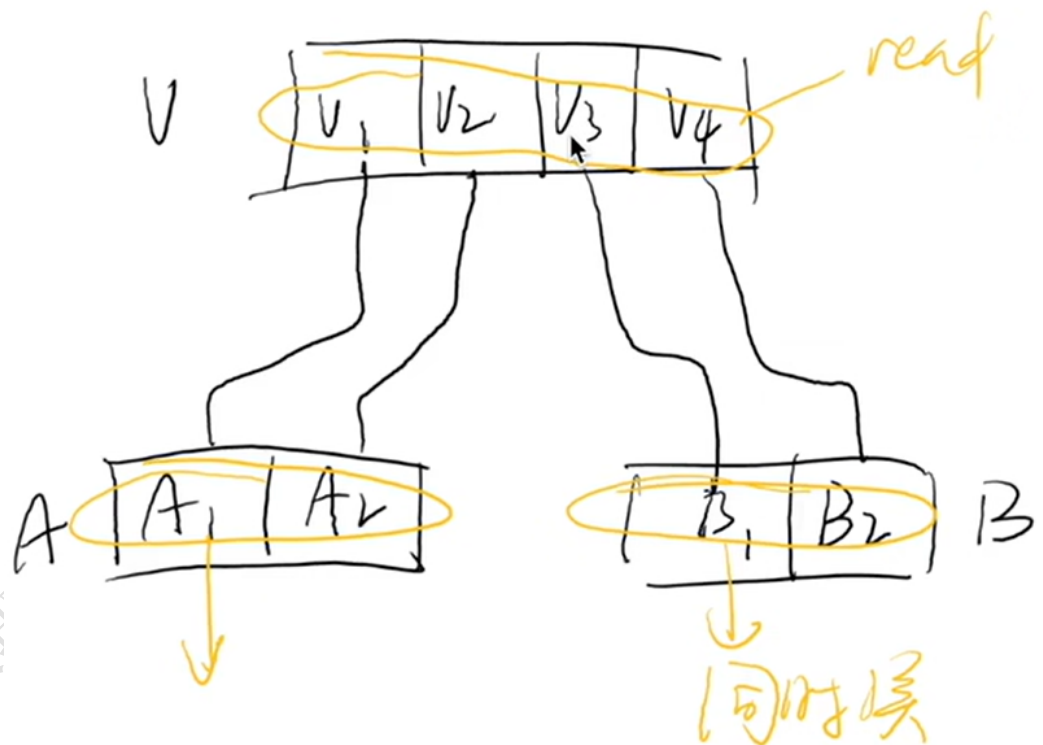
- $V_1 \rightarrow A_1, V_2 \rightarrow A_2, \dots, V_n \rightarrow A_n$
- $V_{n+1} \rightarrow B_1, V_{n+2} \rightarrow B_2, \dots, V_{2n} \rightarrow B_n$

- 交错排列 (RAID-0)

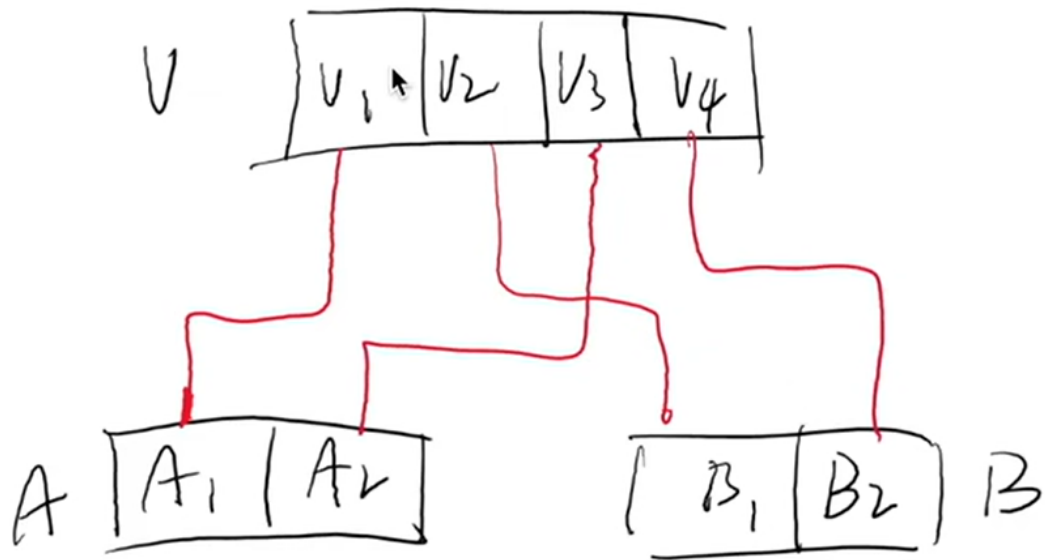
- $V_1 \rightarrow A_1, V_2 \rightarrow B_1$
- $V_3 \rightarrow A_2, V_4 \rightarrow B_2$
- $V_{2i-1} \rightarrow A_i, V_{2i} \rightarrow B_i$

- 虽然不能容错，但可以利用好磁盘的带宽

- 不交错：

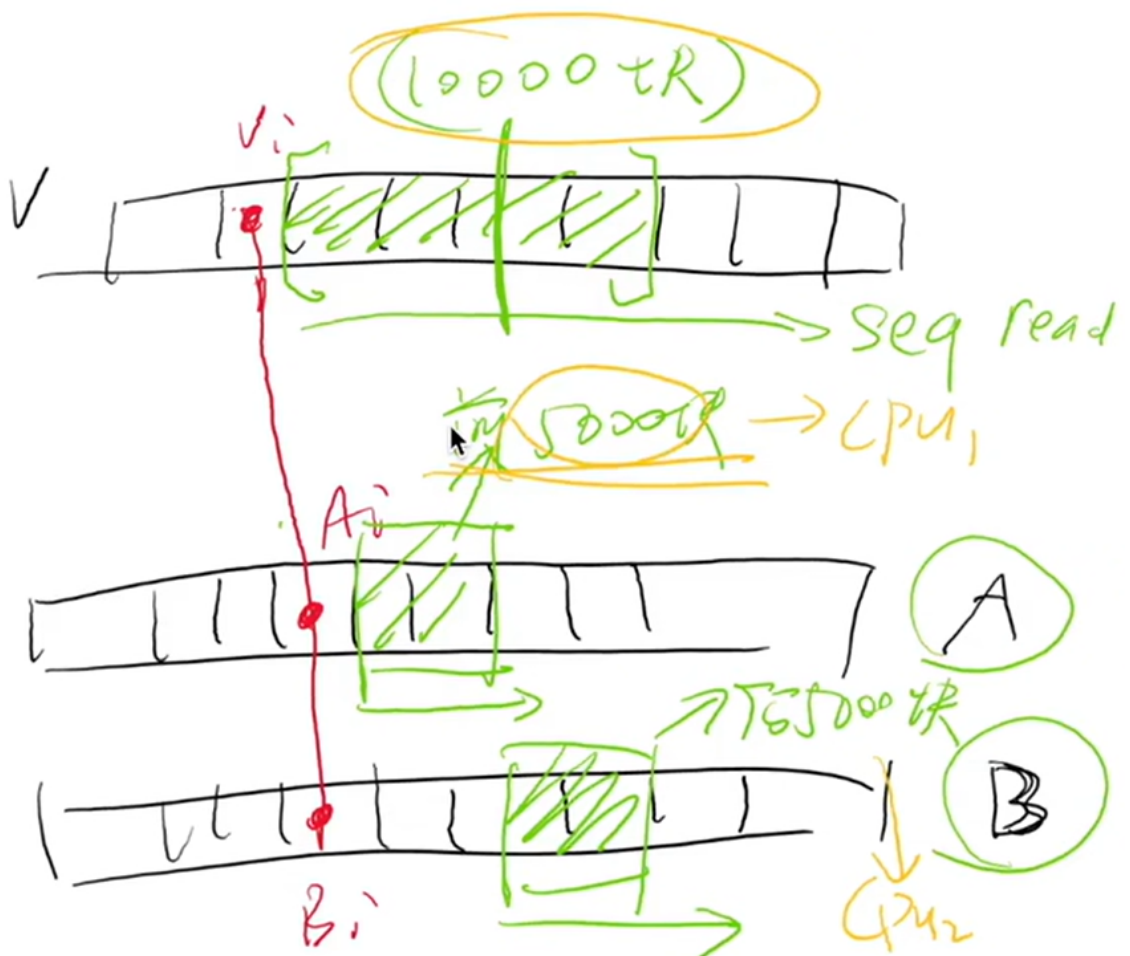


- 交错：

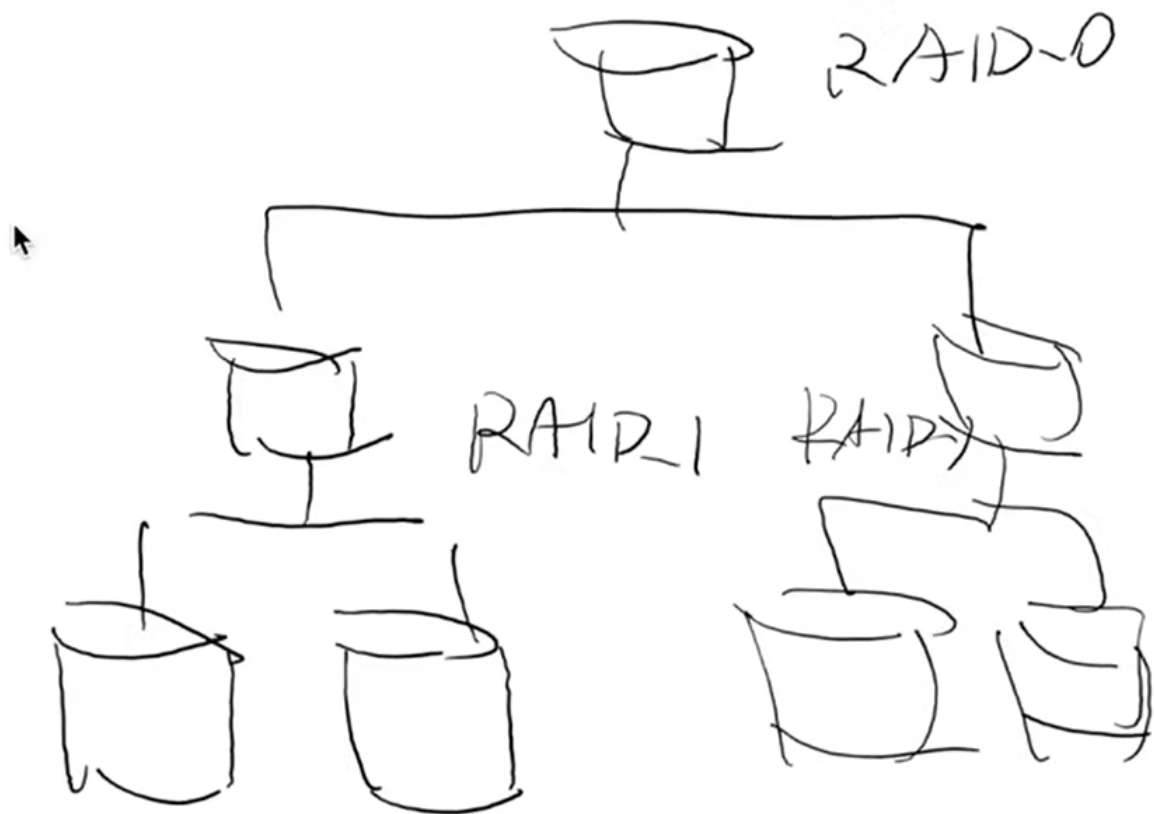


• RAID 1

- 为了提高可靠性，RAID 1 使两个磁盘同时进行读/写，互为备份，若一个磁盘出现故障，可从另一磁盘中读出数据；
- 两个磁盘当一个磁盘使用，意味着容量减少一半；
- 使用 RAID1 时，可以**提升读取速率**（并且不论是顺序还是随机读取，都可以提升），提升一倍的速度；但是写入的时候还是原本的速度（因为要同时对两块盘写入一样的内容）；



• 补充: RAID-10



• RAID2

- 采用纠错的**海明码**的磁盘阵列；

• RAID3

- 采用**位交叉奇偶校验**的磁盘阵列；

• RAID4

- 采用**块交叉奇偶校验**的磁盘阵列；

• 总结：

- RAID 通过同时使用多个磁盘，提高了传输速率；
- 通过在多个磁盘上并行存取来大幅提高存储系统的数据吞吐量；
- 通过镜像功能，提高安全可靠；
- 通过数据校验，提供容错能力；

存储器芯片的内部结构

概念

• 分类：

- 存储器芯片由 存储体、I/O 读/写电路、地址译码器和控制电路 等部分组成；

• 构成：

• 存储体：

- 又称之为存储矩阵；
- 存储体是存储单元的集合，它由**行**选择线（X）和**列**选择线（Y）来选择所访问单元，存储体的相同行、列上的多位（**位平面数**）同时被读出或写入；

• 地址译码器：

- 将地址转换为译码输出线上的高电平，以便驱动相应的读/写电路；
- 单译码法 ->
 - 只有一个**行译码器**，同一行中所有存储单元的字线连在一起，同一行中的各单元构成一个字，被同时读出或写入；
 - 缺点是地址译码器的输出线数过多；
- 双译码法 ->
 - 地址译码器分为 **X** 和 **Y** 方向两个译码器，在选中的行和列交叉点上能确定一个存储单元，这是 **DRAM** 芯片目前普遍采用的译码结构；
- **I/O 控制电路**：
 - 用以控制被选中的单元的读出或写入，具有放大信息的作用；
- 片选控制信号：
 - 单个芯片容量太小，往往满足不了计算机对存储器容量的要求；
 - 因此需用一定数量的芯片进行存储器的扩展，在访问某个字时，必须“选中”该存储字所在的芯片，而其他芯片不被“选中”，因此需要有片选控制信号；
- 读写控制信号：
 - 根据 CPU 给出的读命令或写命令，控制被选中单元进行读或写；

• 图示：

