

第3周 磁盘存储器

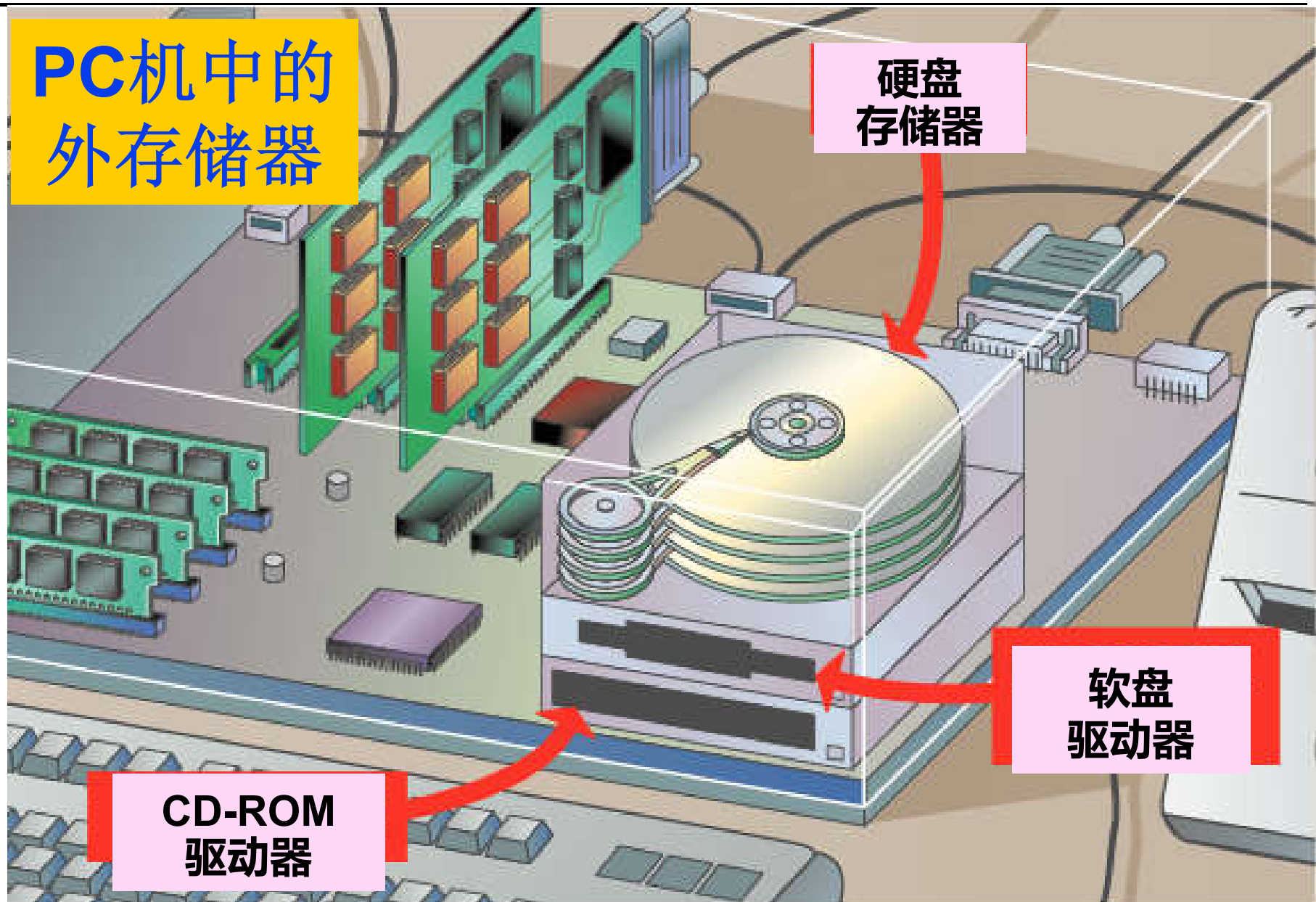
第1讲 磁盘存储器的结构

第2讲 磁盘驱动器以及操作过程

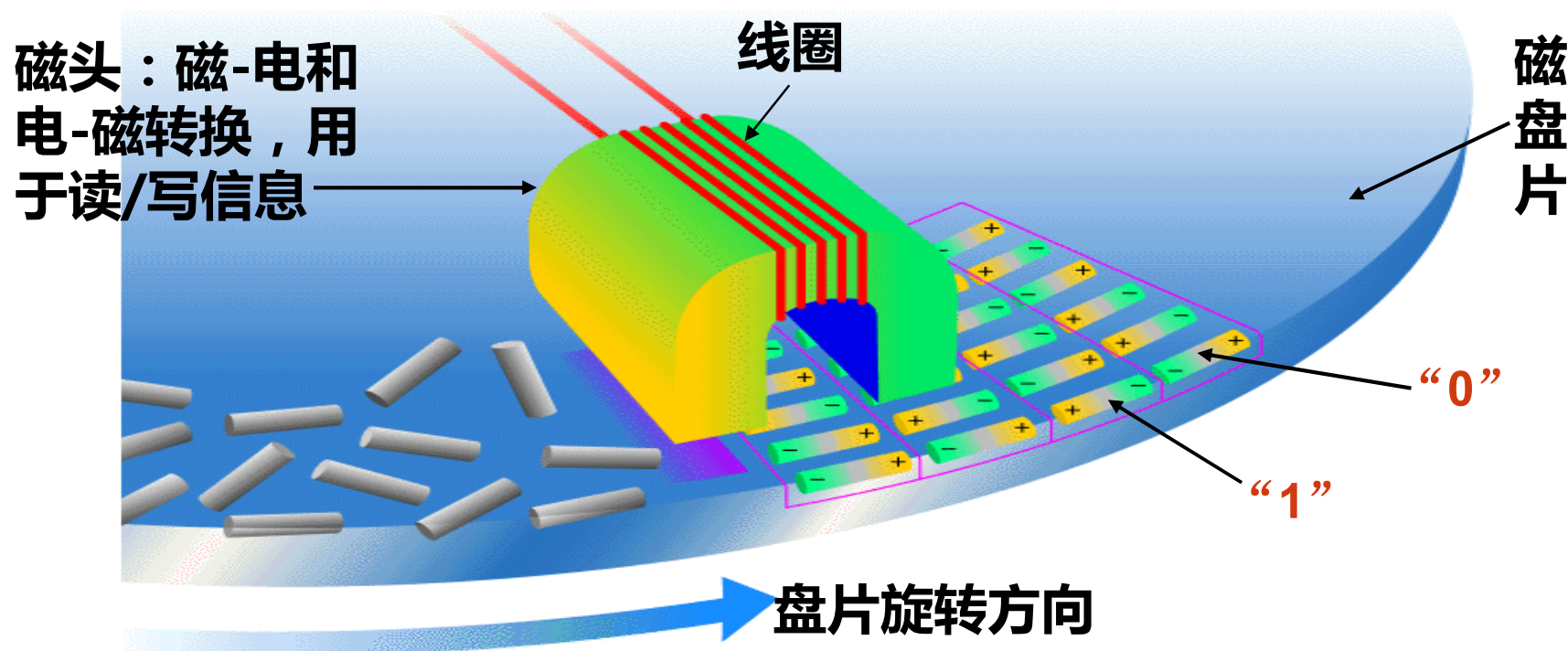
第3讲 磁盘存储器的组成

第4讲 磁盘存储器的连接与操作

PC中的外存储器

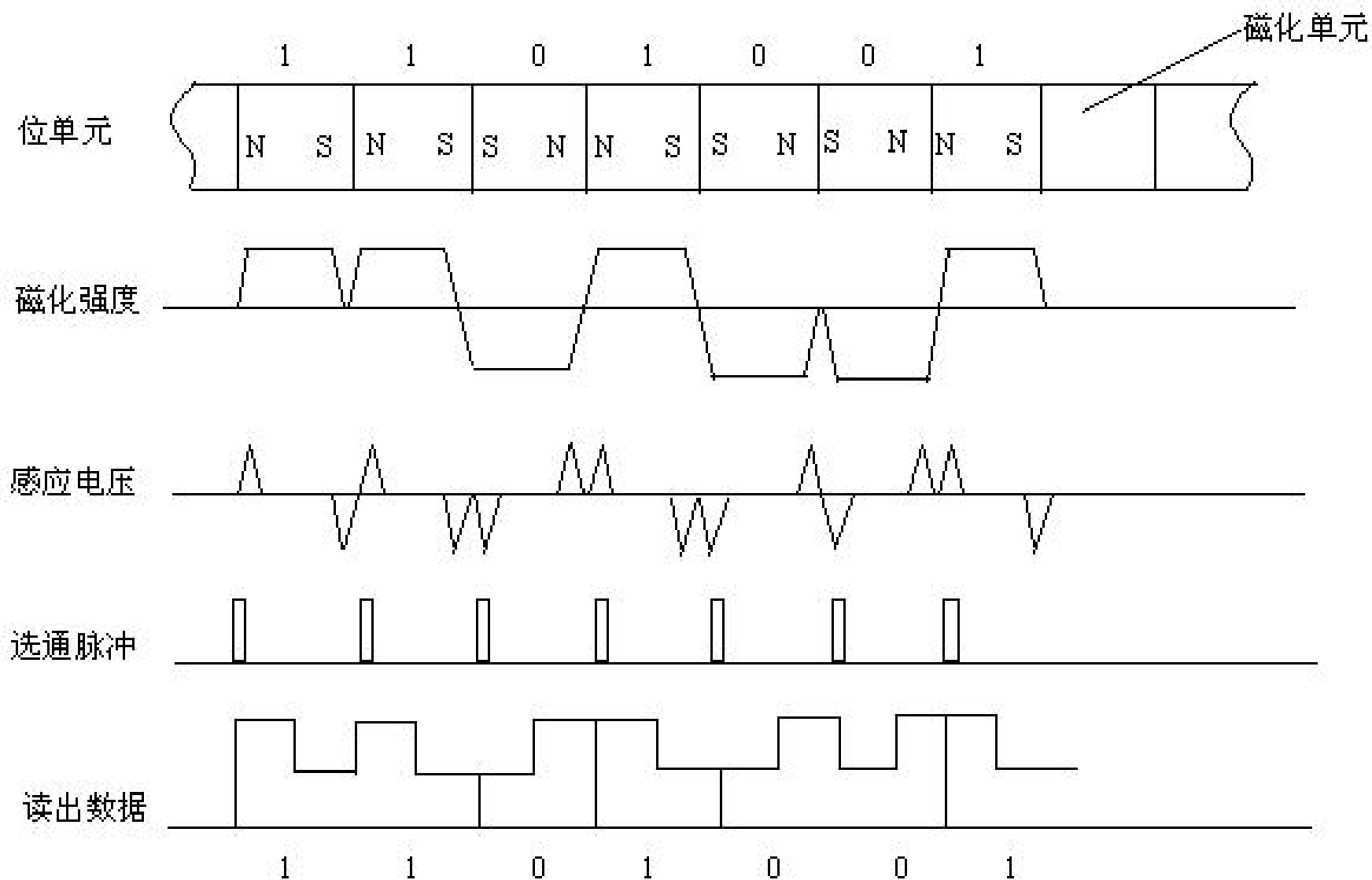


磁盘存储器的信息存储原理

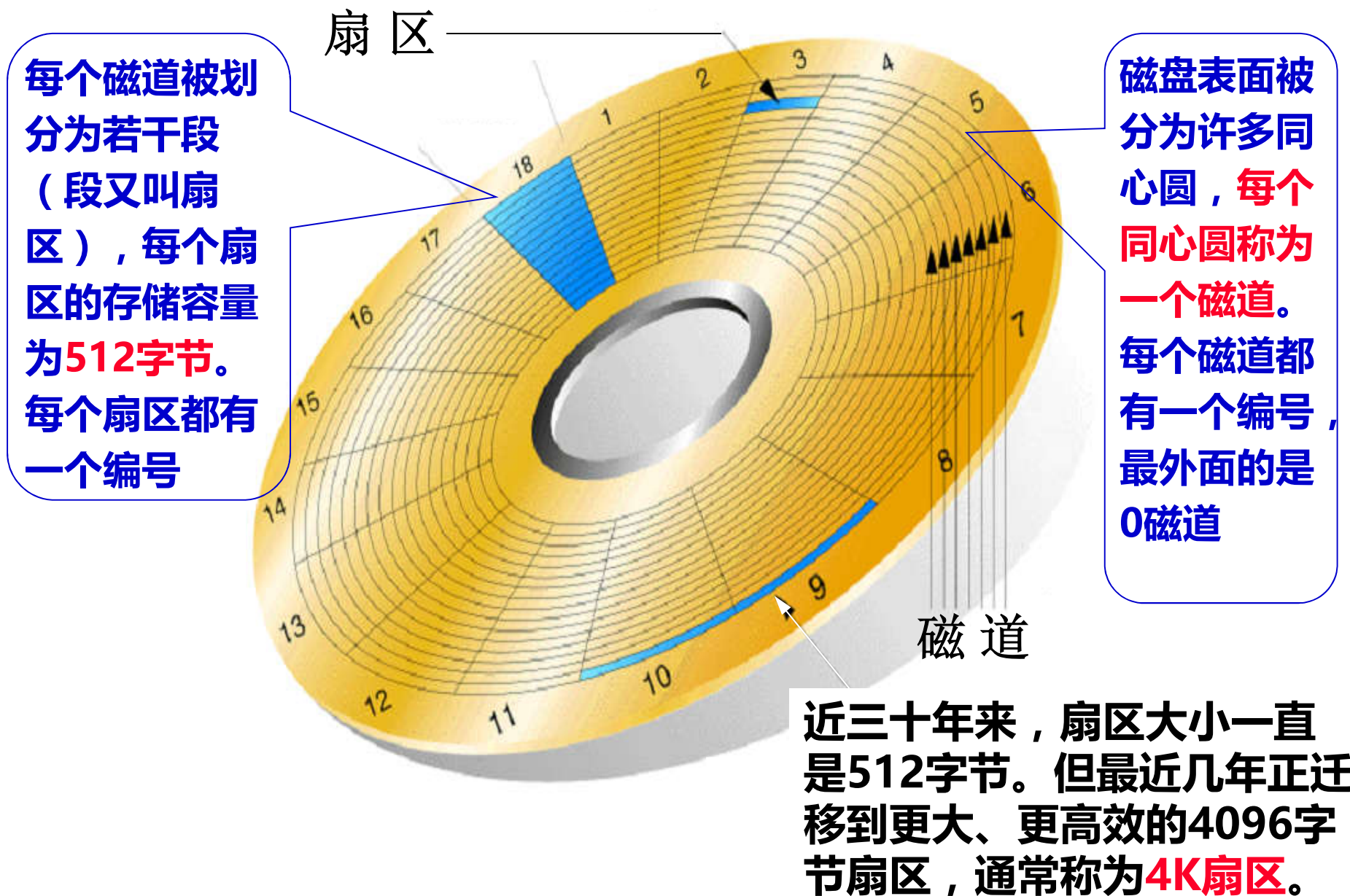


- 写1**：线圈通以正向电流，使呈N-S状态
- 写0**：线圈通以反向电流，使呈S-N状态
- 读时**：磁头固定不动，载体运动。因为载体上小的磁化单元外部的磁力线通过磁头铁芯形成闭合回路，在铁芯线圈两端得到感应电压。根据感应电压的不同的极性，可确定读出为0或1。
- 不同的磁化状态被记录在磁盘表面

磁表面信息读出过程



磁盘的磁道和扇区



磁盘磁道的格式

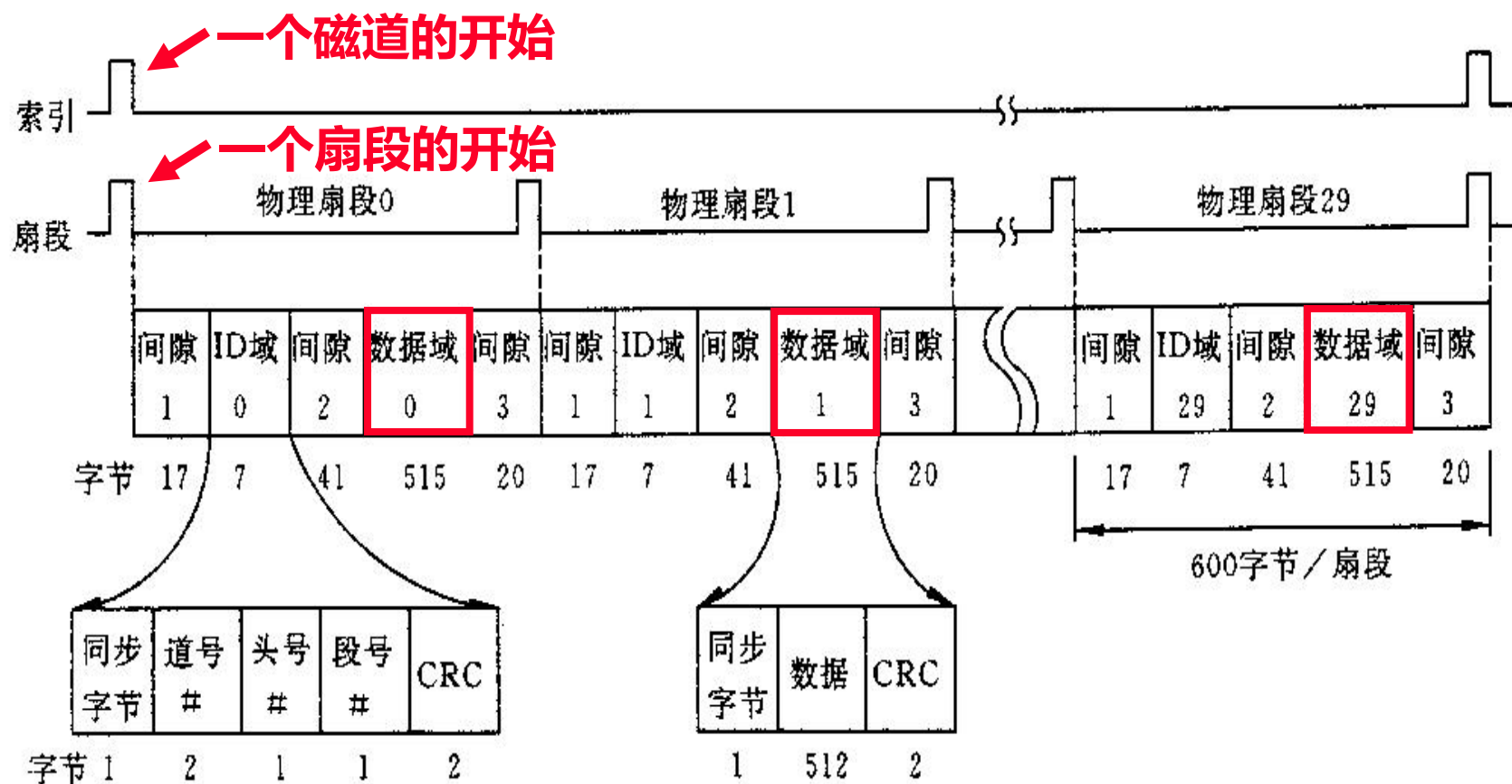
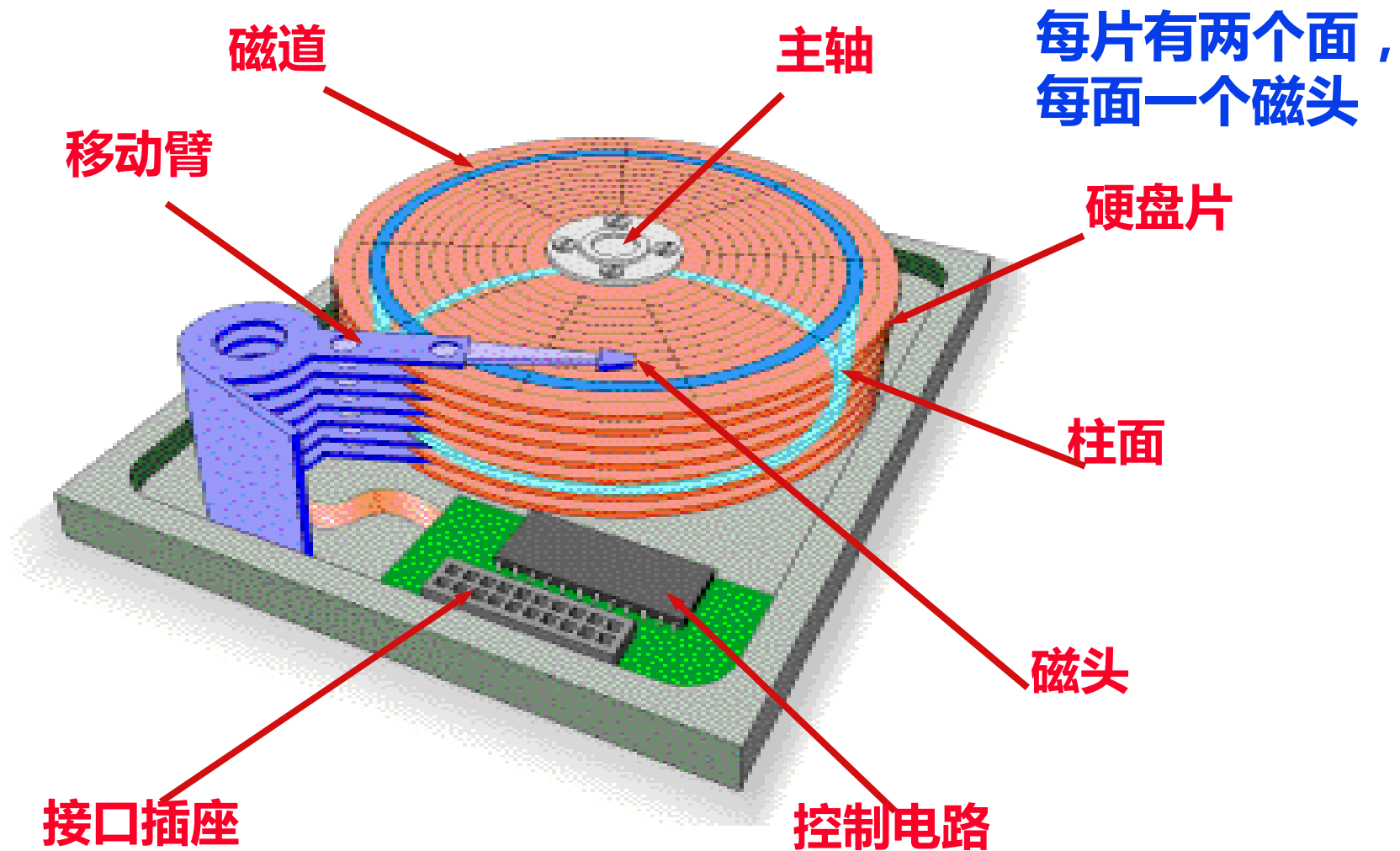


图 5.2 温彻斯特磁盘磁道格式(Seagate ST506)

磁盘格式化操作指在盘面上划分磁道和扇区，并在扇区中填写ID域信息的过程

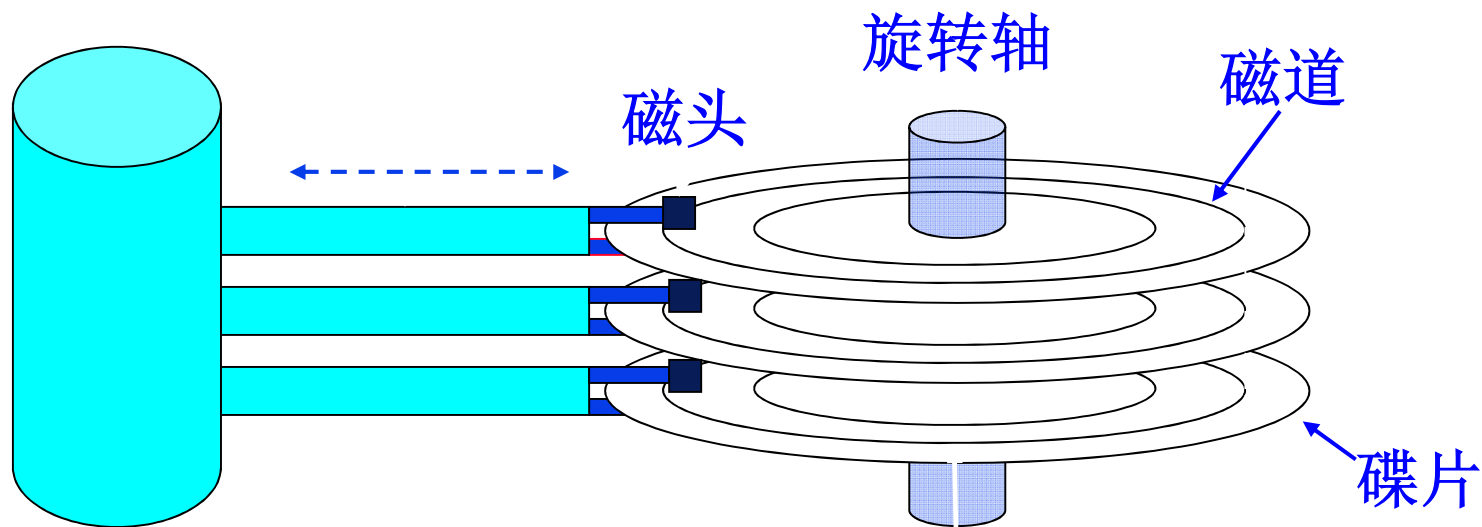
在此例中，每个磁道包含30个固定长度的扇段，每个扇段有600个字节 (17+7+41+515+20=600)。

磁盘驱动器



磁道号就是柱面号、磁头号就是盘面号

平均存取时间



硬盘的操作流程如下：

所有磁头同步寻道（由柱面号控制）→ 选择磁头（由磁头号控制）→
被选中磁头等待扇区到达磁头下方（由扇区号控制）→ 读写该扇区中数据

◦ 磁盘信息以扇区为单位进行读写，平均存取时间为：

$T = \text{平均寻道时间} + \text{平均旋转等待时间} + \text{数据传输时间（忽略不计）}$

- 平均寻道时间——磁头寻找到指定磁道所需平均时间 (约5ms)
- 平均旋转等待时间——指定扇区旋转到磁头下方所需平均时间
(约4~6ms) (转速：4200 / 5400 / 7200 / 10000rpm)
- 数据传输时间——(大约0.01ms / 扇区)

磁盘响应时间计算举例

- 假定每个扇区512字节，磁盘转速为5400 RPM，声称寻道时间（最大寻道时间的一半）为12 ms，数据传输率为4 MB/s，磁盘控制器开销为1 ms，不考虑排队时间，则磁盘响应时间为多少？

$$\begin{aligned}\text{Disk Response Time} &= \text{Queuing Delay} + \text{Controller Time} + \\ &\text{Seek time} + \text{Rotational Latency} + \text{Transfer time} \\ &= 0 + 1 \text{ ms} + 12 \text{ ms} + 0.5 / 5400 \text{ RPM} + 0.5 \text{ KB} / 4 \text{ MB/s} \\ &= 0 + 1 \text{ ms} + 12 \text{ ms} + 0.5 / 90 \text{ RPS} + 0.125 / 1024 \text{ s} \\ &= 1 \text{ ms} + 12 \text{ ms} + 5.5 \text{ ms} + 0.1 \text{ ms} \\ &= 18.6 \text{ ms}\end{aligned}$$

如果实际的寻道时间只有1/3的话，则总时间变为10.6ms，这样旋转等待时间就占了近50%！

$$12/3 + 5.5 + 0.1 + 1 = 10.6 \text{ ms}$$

为什么实际的寻道时间可能只有1/3？ 磁盘转速非常重要！

访问局部性使得每次磁盘访问大多在局部几个磁道，实际寻道时间变少！

能否算出每道有多少扇区？ $4\text{MB} \times 60 / 512\text{B} \times 5400 \approx 87$ 个扇区

硬盘存储器的组成

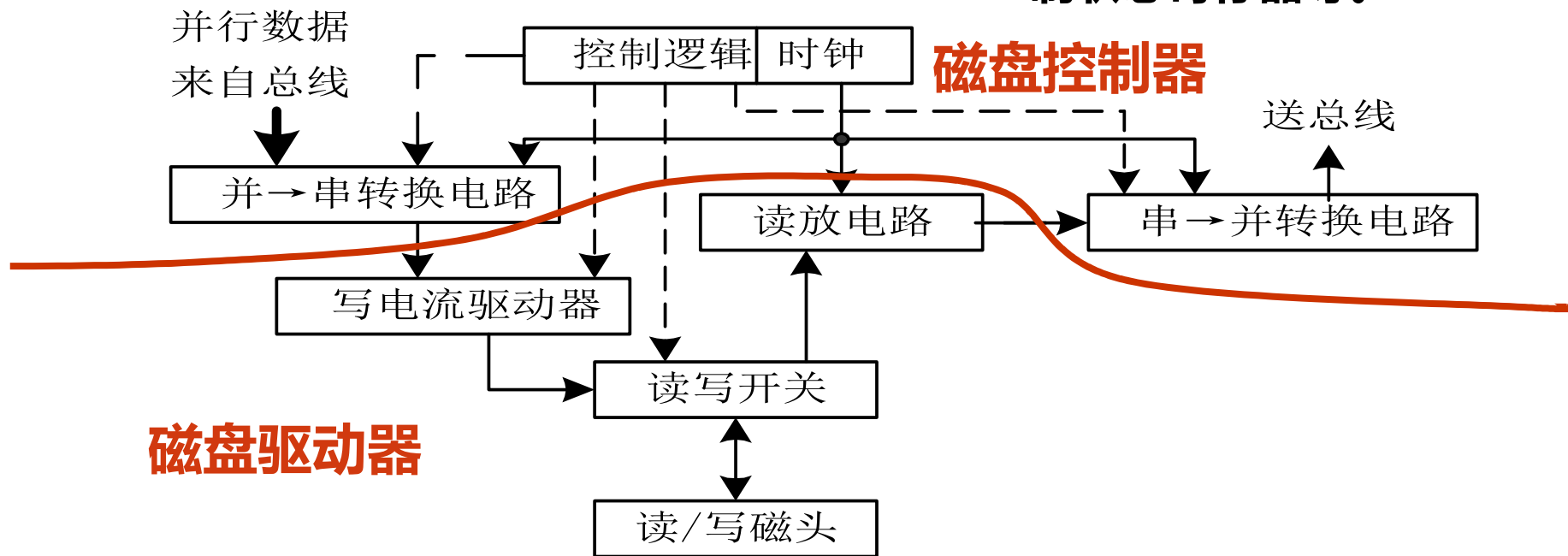
硬盘存储器的基本组成

磁记录介质：用来保存信息

磁盘驱动器：包括读写电路、读\写转换开关、磁头与磁头定位伺服系统等

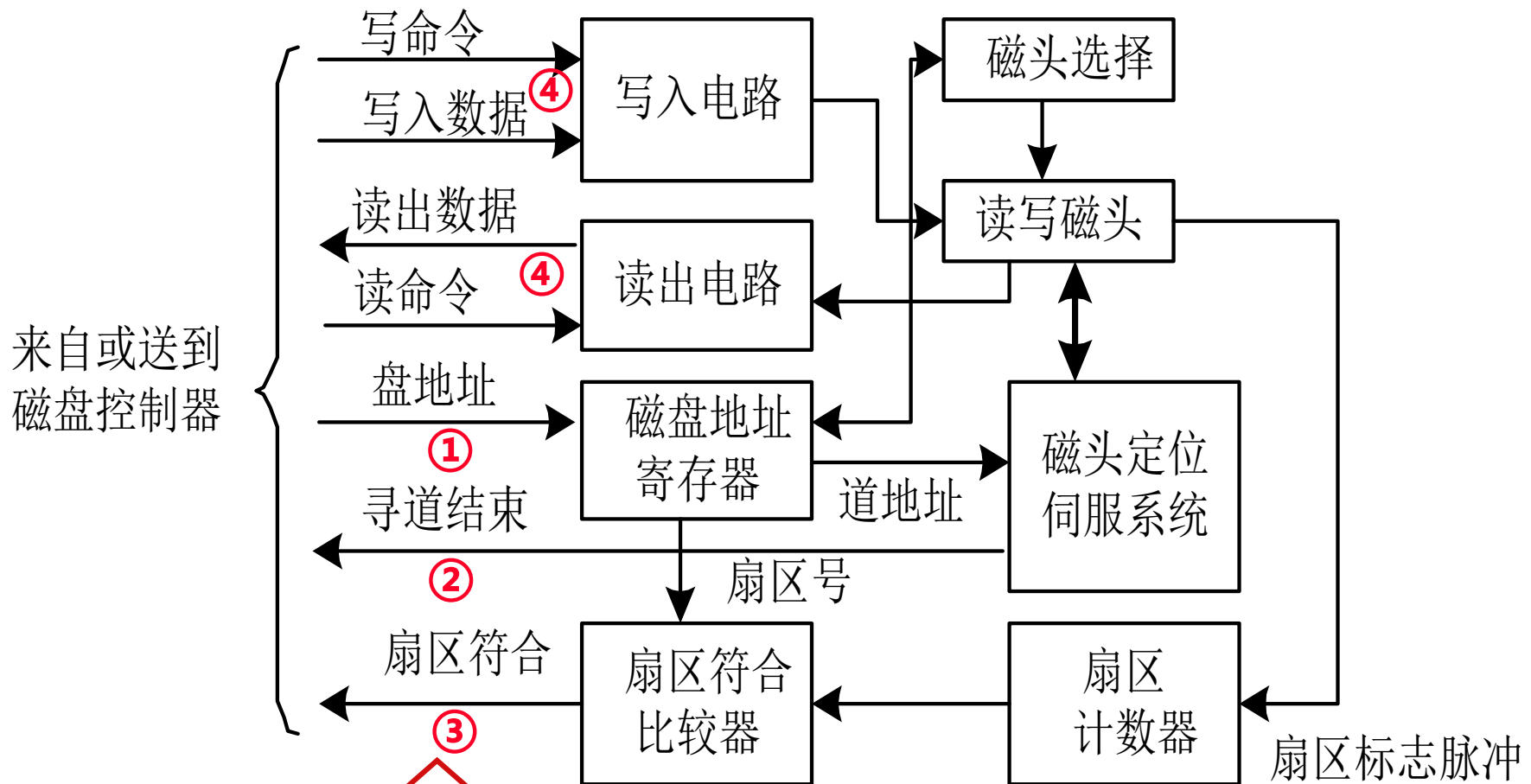
磁盘控制器：包括控制逻辑、时序电路、“并→串”转换和“串→并”转换电路等。（用于连接主机与盘驱动器）

还包括数据缓存器、控制状态寄存器等。



硬盘存储器的简化逻辑结构

硬盘驱动器的逻辑结构



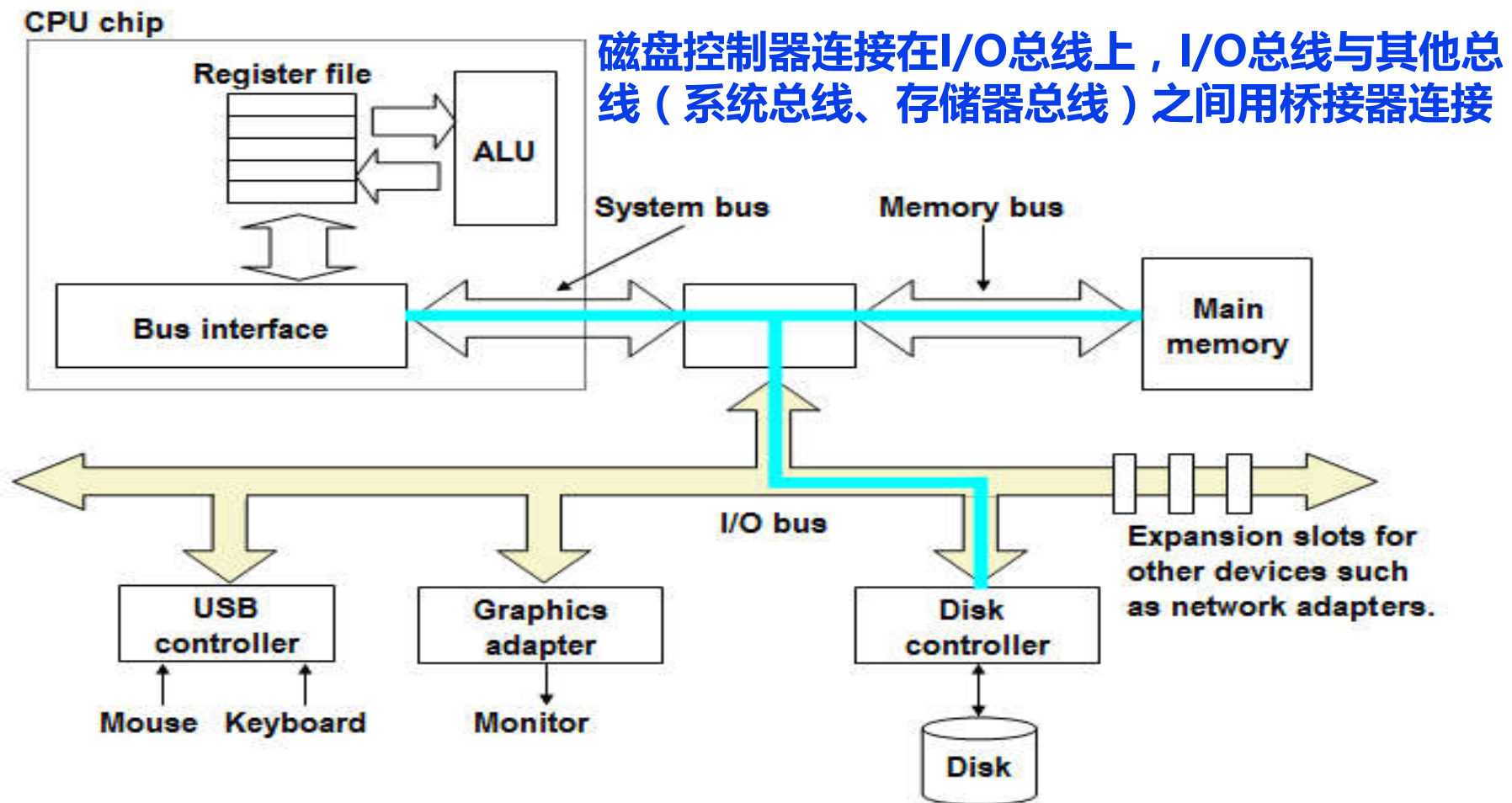
与磁盘控制器之间的接口

如何定位磁盘上的数据（磁盘地址格式）？

柱面(磁道)号、磁头（盘面）号、扇区号

操作过程？ 寻道、旋转、读/写

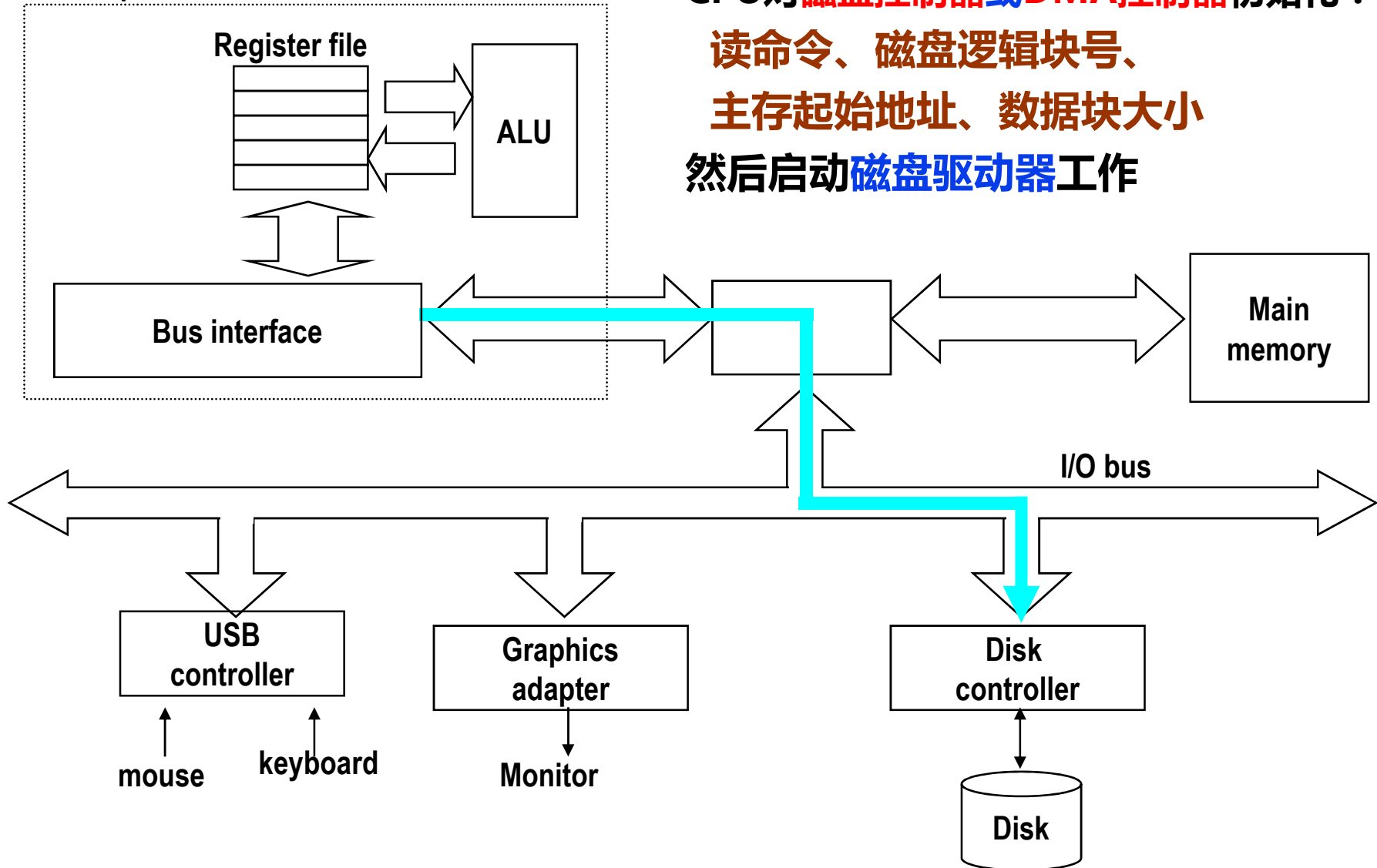
磁盘存储器的连接



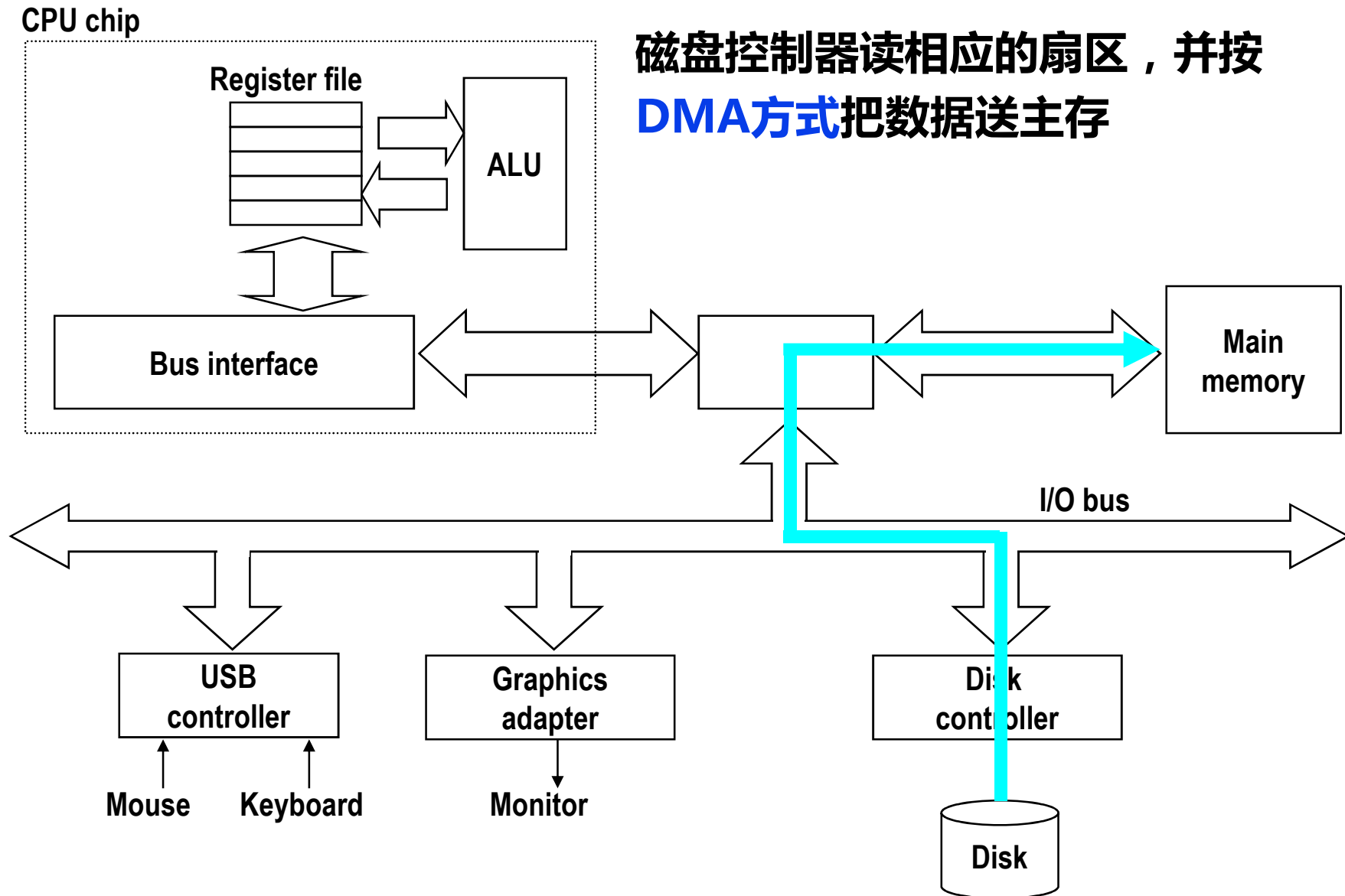
磁盘的最小读写单位是扇区，因此，磁盘按**成批数据交换**方式进行读写，采用**直接存储器存取（DMA，Direct Memory Access）**方式进行数据输入输出，需用专门的DMA接口来控制外设与主存间直接数据交换，数据不通过CPU。通常把专门用来控制总线进行DMA传送的接口硬件称为**DMA控制器**

读一个磁盘扇区 - 第一步

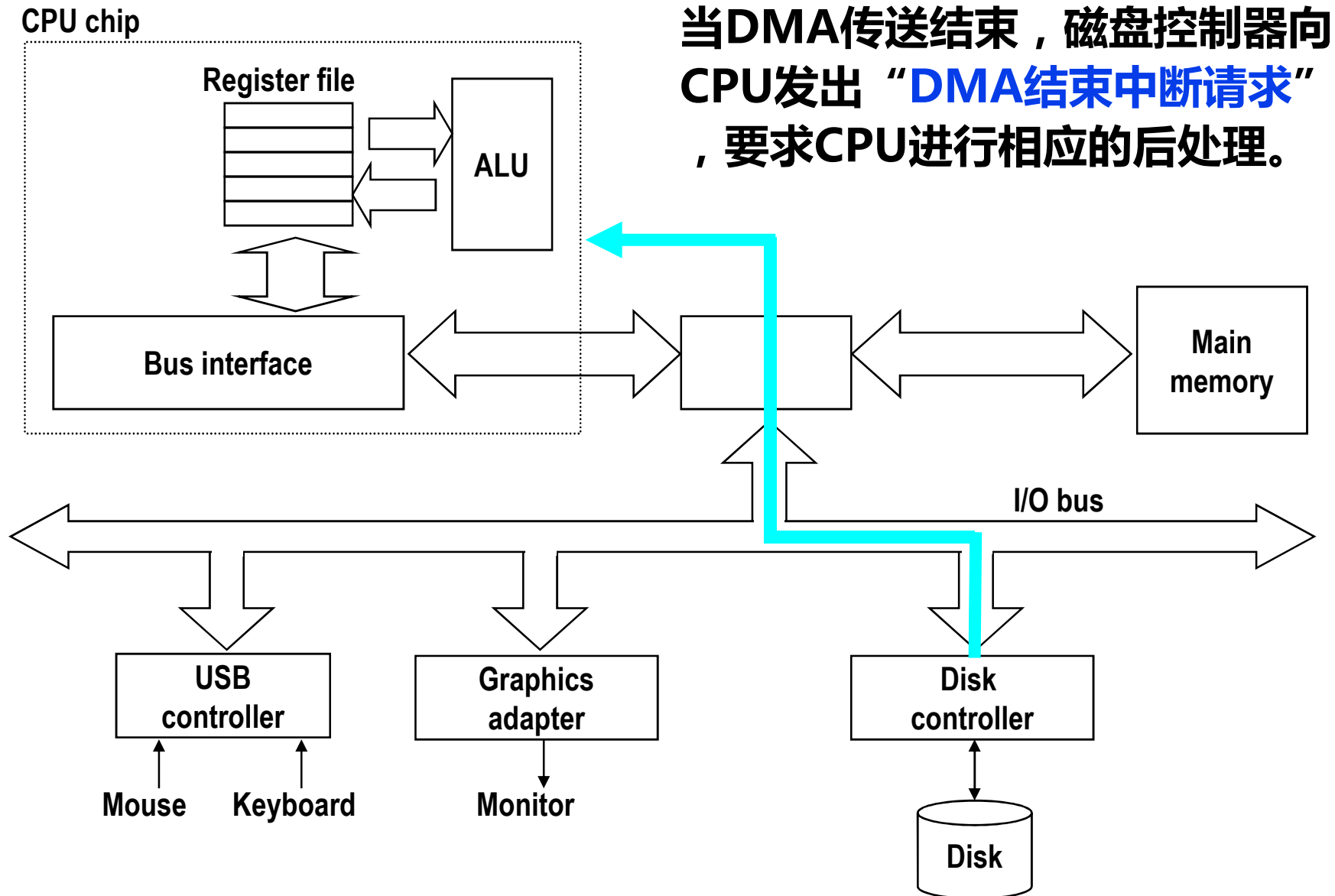
CPU chip



读一个磁盘扇区 - 第二步



读一个磁盘扇区 - 第三步

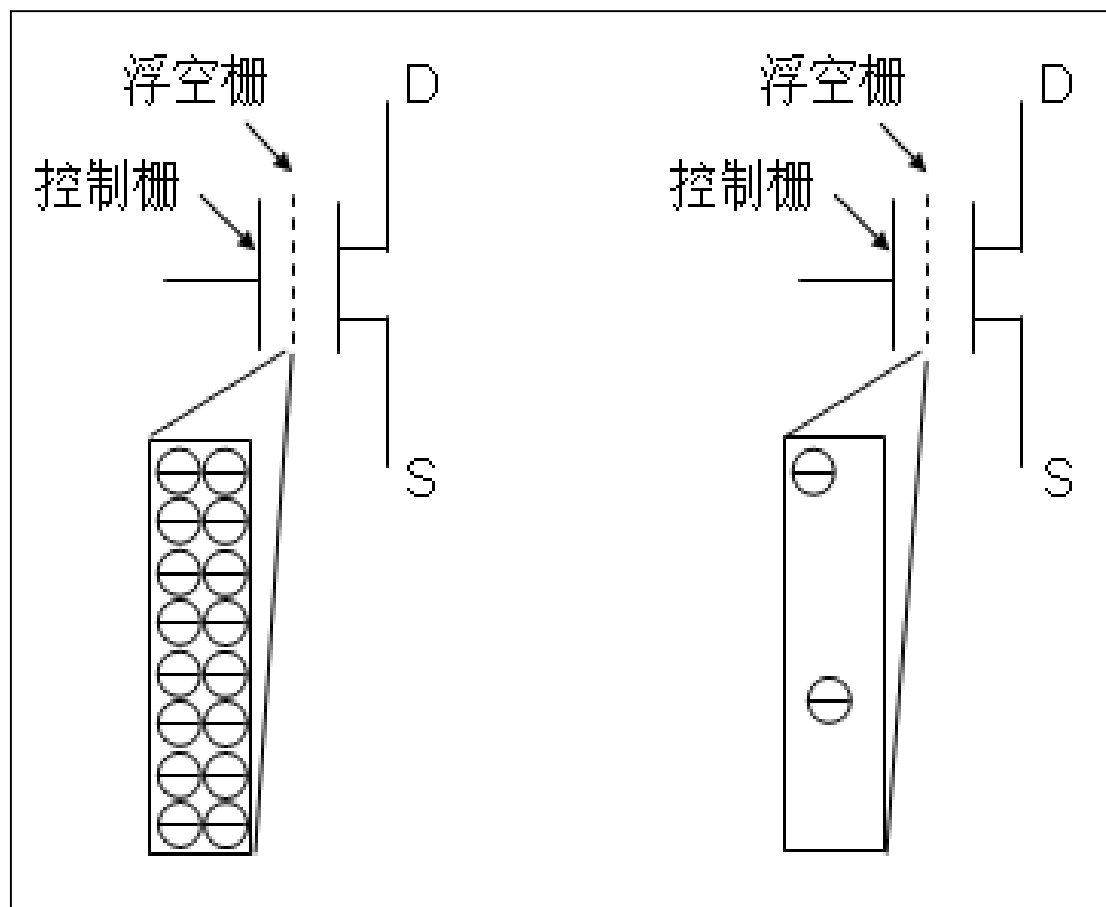


固态硬盘（SSD）

- 固态硬盘（Solid State Disk，简称SSD）也被称为**电子硬盘**。
- 它并不是一种磁表面存储器，而是一种**使用NAND闪存组成的外部存储系统**，与U盘并没有本质差别，只是容量更大，存取性能更好。
- 电信号的控制使得固态硬盘的内部**传输速率远远高于常规硬盘**。
- 其接口规范和定义、功能及使用方法与传统硬盘完全相同，在产品外形和尺寸上也与普通硬盘一致。目前接口标准上使用USB、SATA和IDE，因此SSD是**通过标准磁盘接口与I/O总线互连的**。
- 在SSD中有一个**闪存翻译层**，它将来自CPU的逻辑磁盘块读写请求**翻译成对底层SSD物理设备的读写控制信号**。因此，这个闪存翻译层相当于磁盘控制器。
- 闪存的**擦写次数有限**，所以频繁擦写会降低其写入使用寿命。

闪存 (Flash Memory)

Flash 存储元:

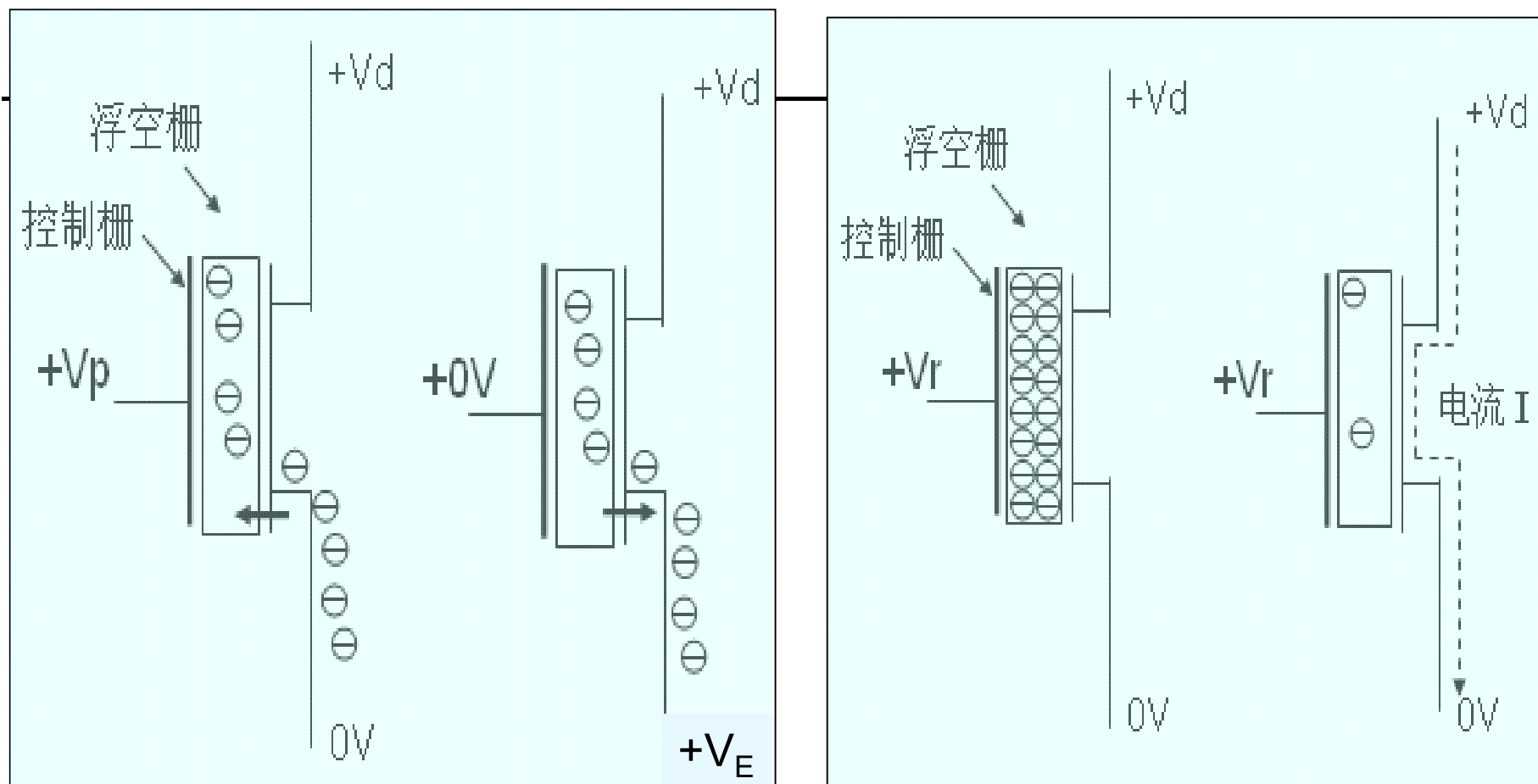


(a) “0”状态

(b) “1”状态

控制栅加足够正电压时，
浮空栅储存大量负电荷，
为 “0” 态；

控制栅不加正电压时，浮
空栅少带或不带负电荷，
为 “1” 态。



(a) 编程:写 “0” **(b) 擦除:写 “1”**

(a) 读“0” (b) 读“1”

有三种操作：擦除、编程、读取

读快、写慢！

写入：快擦（所有单元为1）-- 编程（需要之处写0）

读出：控制栅加正电压，若状态为0，则读出电路检测不到电流；若状态为1，则能检测到电流。

固态硬盘（SSD）

- 它用闪存颗粒代替了磁盘作为存储介质，利用闪存的特点，以**区块写入和抹除的方式**进行数据的写入。
- 写操作比读操作慢得多。顺序读比顺序写大致快一倍，而随机读比随机写大致快10倍。随机读写延时比硬盘低两个数量级（随机读约为几十微秒，随机写约为几百微秒）
- 一个闪存芯片由**若干个区块**组成，每个区块由**若干页**组成。通常，页大小为512B~4KB，每个区块由32~128个页组成，因而区块大小为16KB~512KB，数据可以**按页为单位进行读写**。
- 当需要写某页信息时，必须**先对该页所在的区块进行擦除操作**。一旦一个区块被擦除过，区块中的每一页就可以直接再写一次。**若某一区块进行了大约100 000次重复写之后，就会被磨损而变成坏的区块，不能再被使用**。因此，闪存翻译层中有一个专门的**均化磨损（wear leveling）逻辑电路**，试图将擦除操作平均分布在所有区块上，以最大限度地延长SSD的使用寿命。由此可见，对于物理区块的写优化是由SSD中的硬件实现的，无需软件进行写优化。