

本节内容

# I/O控制方式

# 知识总览

## I/O控制方式

即：用什么样的方式来控制  
I/O设备的数据读/写

### 程序直接控制方式

### 中断驱动方式

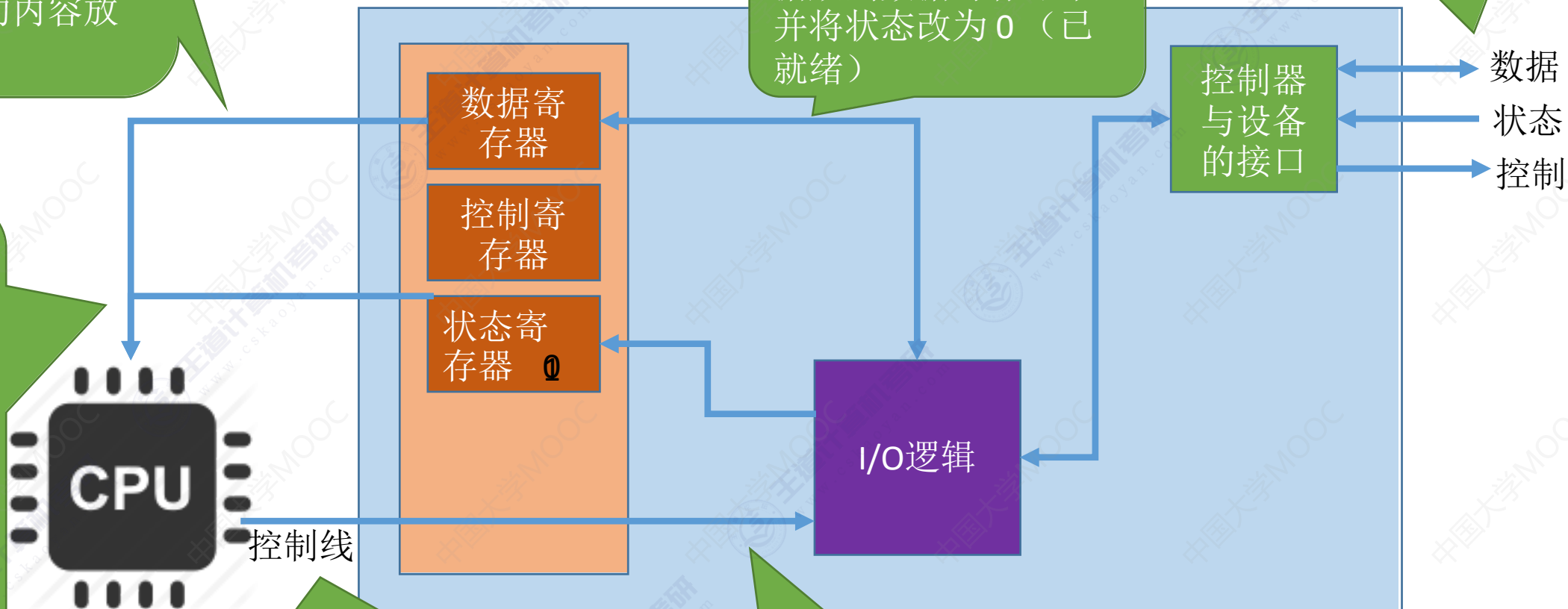
### DMA方式

### 通道控制方式

- 需要注意的问题：
1. 完成一次读/写操作的流程；
  2. CPU干预的频率；
  3. 数据传送的单位；
  4. 数据的流向；
  5. 主要缺点和主要优点。

## 程序直接控制方式

操作的流程（以读操作为例）



⑤CPU发现设备已就绪，即可将数据寄存器中的内容读入CPU的寄存器中，再把CPU寄存器中的内容放入内存

②轮询检查控制器的状态  
（其实就是在不断地执行程序的循环，若状态位一直是1，说明设备还没准备好要输入的数据，于是CPU会不断地轮询）

①CPU向控制器发出读指令。于是设备启动，并且状态寄存器设为1（未就绪）

④控制器将输入的数据放到数据寄存器中，并将状态改为0（已就绪）

③输入设备准备好数据后将数据传给控制器，并报告自身状态

⑥若还要继续读入数据，则CPU继续发出读指令

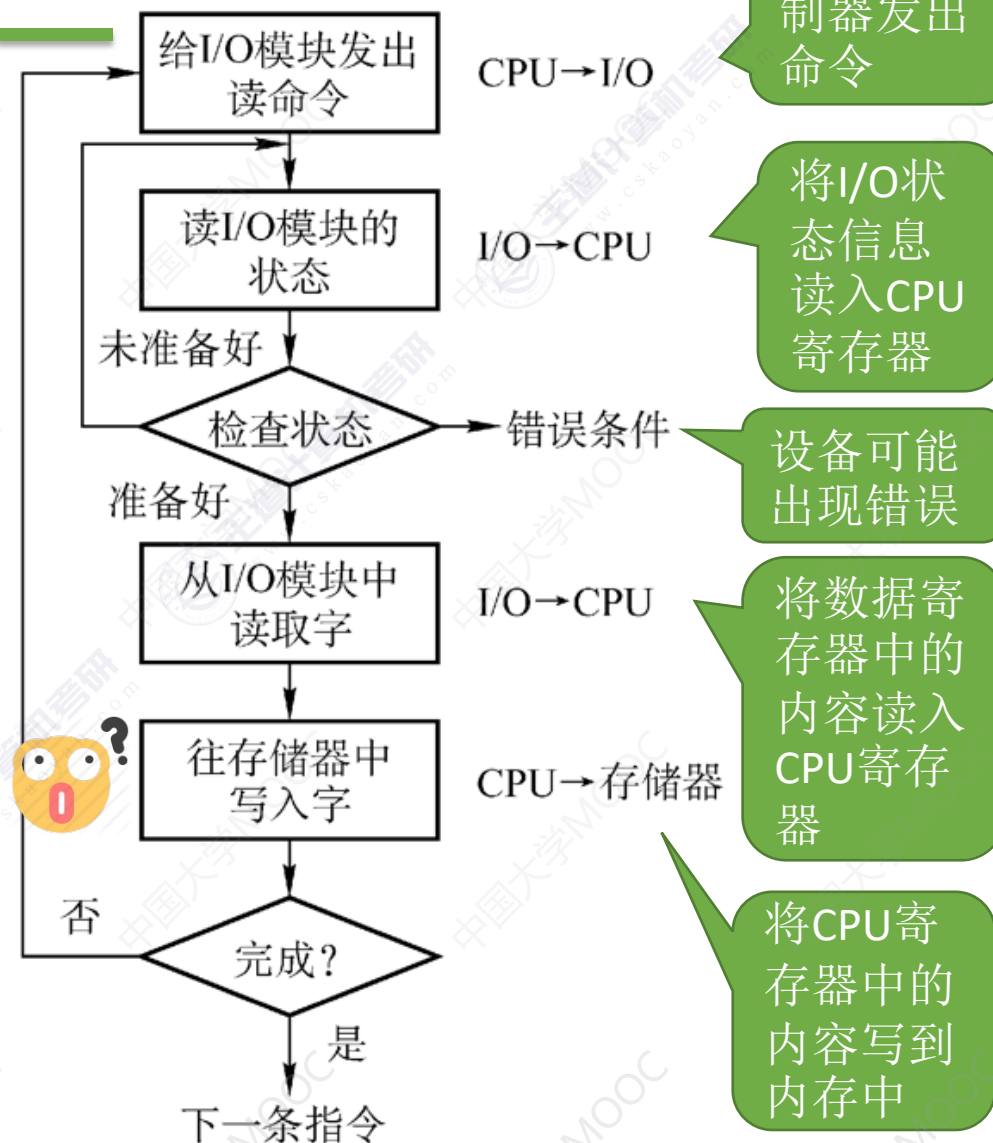
# 程序直接控制方式

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图，Key word: 轮询）

```
01. #include <stdio.h>
02. #include <stdlib.h>
03. int main()
04. {
05.     int a, b, c, d;
06.     scanf("%d", &a); //输入整数并赋值给变量a
07.     scanf("%d", &b); //输入整数并赋值给变量b
08.     printf("a+b=%d\n", a+b); //计算a+b的值
09.     scanf("%d %d", &c, &d); //输入两个整数并分别赋值给c、d
10.     printf("c*d=%d\n", c*d); //计算c*d的值
11.
12.     system("pause");
13.     return 0;
14. }
```

输入的数据最终要放到内存中（a/b/c/d 变量存放在内存中）

同理，输出的数据也存放在内存中，需要从内存取出



(a) 程序直接控制方式



# 程序直接控制方式

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图，**Key word: 轮询**）

2. CPU干预的频率

很频繁，I/O操作开始之前、完成之后需要CPU介入，并且在等待I/O完成的过程中CPU需要不断地轮询检查。

3. 数据传送的单位

每次读/写**一个字**

指的是CPU的寄存器

4. 数据的流向

读操作（数据输入）：I/O设备→CPU→内存

写操作（数据输出）：内存→CPU→I/O设备

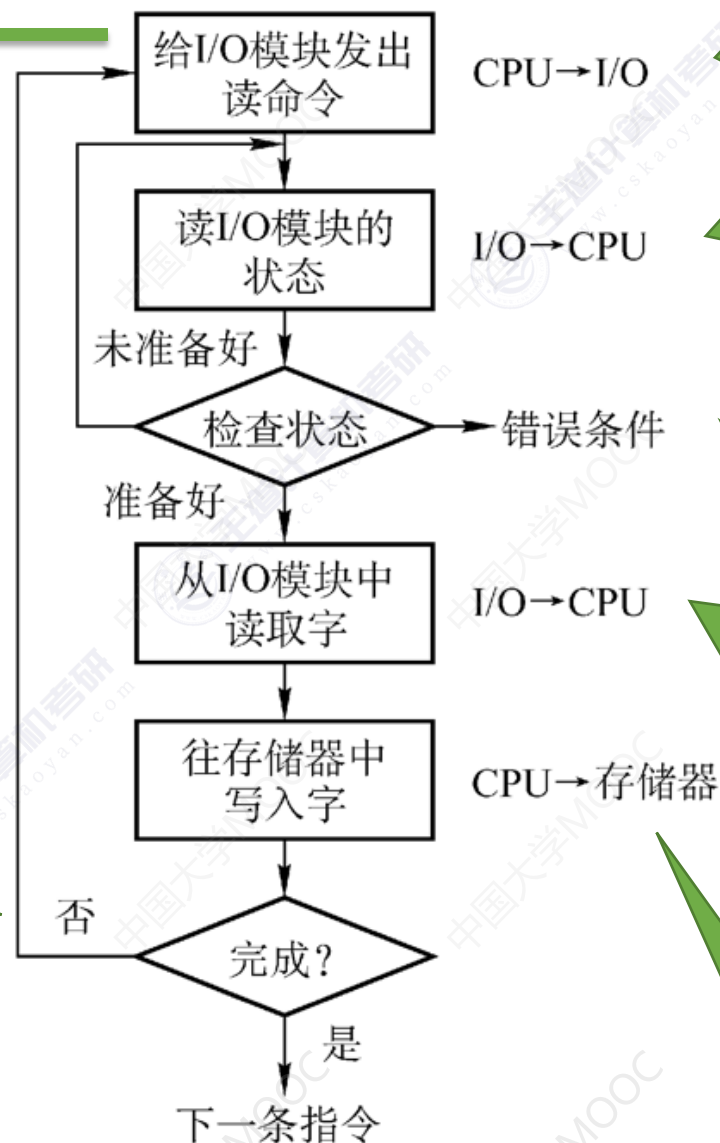
每个字的读/写都需要CPU的帮助

读入下一个字

5. 主要缺点和主要优点

优点：实现简单。在读/写指令之后，加上实现循环检查的一系列指令即可（因此才称为“程序直接控制方式”）

缺点：**CPU和I/O设备只能串行工作，CPU需要一直轮询检查，长期处于“忙等”状态，CPU利用率低。**



CPU向控制器发出命令

将I/O状态信息读入CPU寄存器

设备可能出现错误

将数据寄存器中的内容读入CPU寄存器

将CPU寄存器中的内容写到主存中

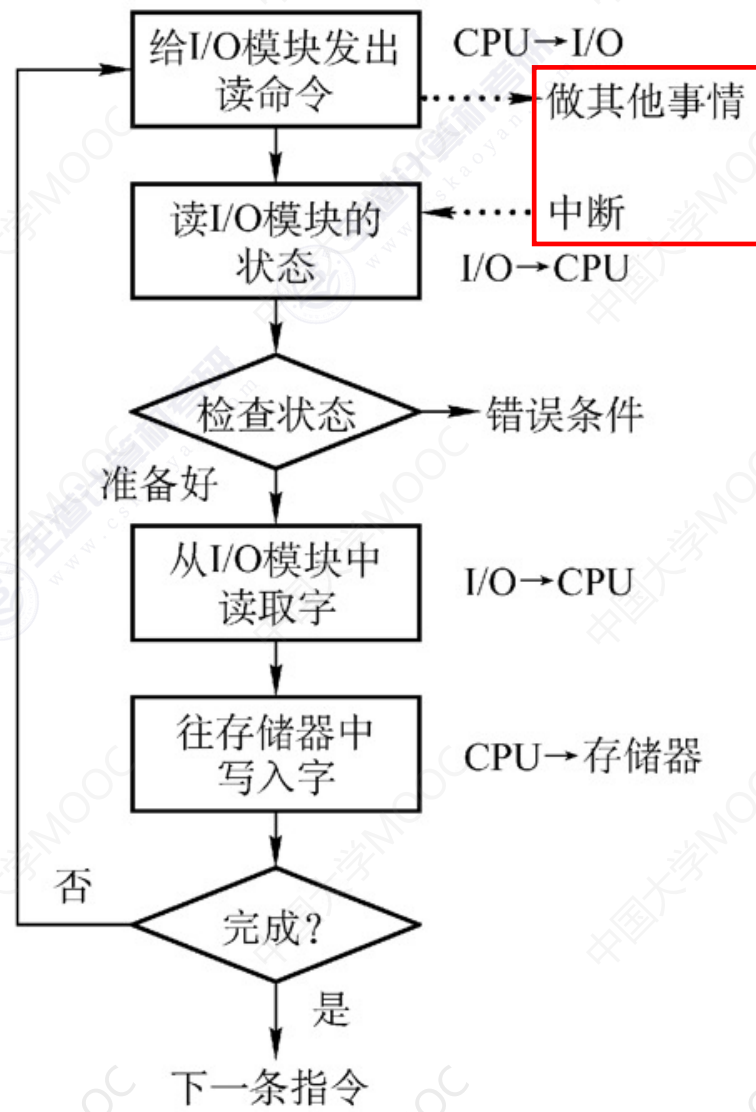
(a) 程序直接控制方式

## 中断驱动方式

引入**中断机制**。由于I/O设备速度很慢，因此在CPU发出读/写命令后，可将等待I/O的进程阻塞，先切换到别的进程执行。当I/O完成后，控制器会向CPU发出一个中断信号，CPU检测到中断信号后，会保存当前进程的运行环境信息，转去执行中断处理程序处理该中断。处理中断的过程中，CPU从I/O控制器读一个字的数据传送到CPU寄存器，再写入主存。接着，CPU恢复等待I/O的进程（或其他进程）的运行环境，然后继续执行。

注意：

- ①CPU会在每个指令周期的末尾检查中断；
- ②中断处理过程中需要保存、恢复进程的运行环境，这个过程是需要一定时间开销的。可见，如果中断发生的频率太高，也会降低系统性能。



(b) 中断驱动方式

# 中断驱动方式

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图，Key word: 中断）

2. CPU干预的频率

每次I/O操作开始之前、完成之后需要CPU介入。

等待I/O完成的过程中CPU可以切换到别的进程执行。

3. 数据传送的单位

每次读/写一个字

4. 数据的流向

读操作（数据输入）：I/O设备→CPU→内存

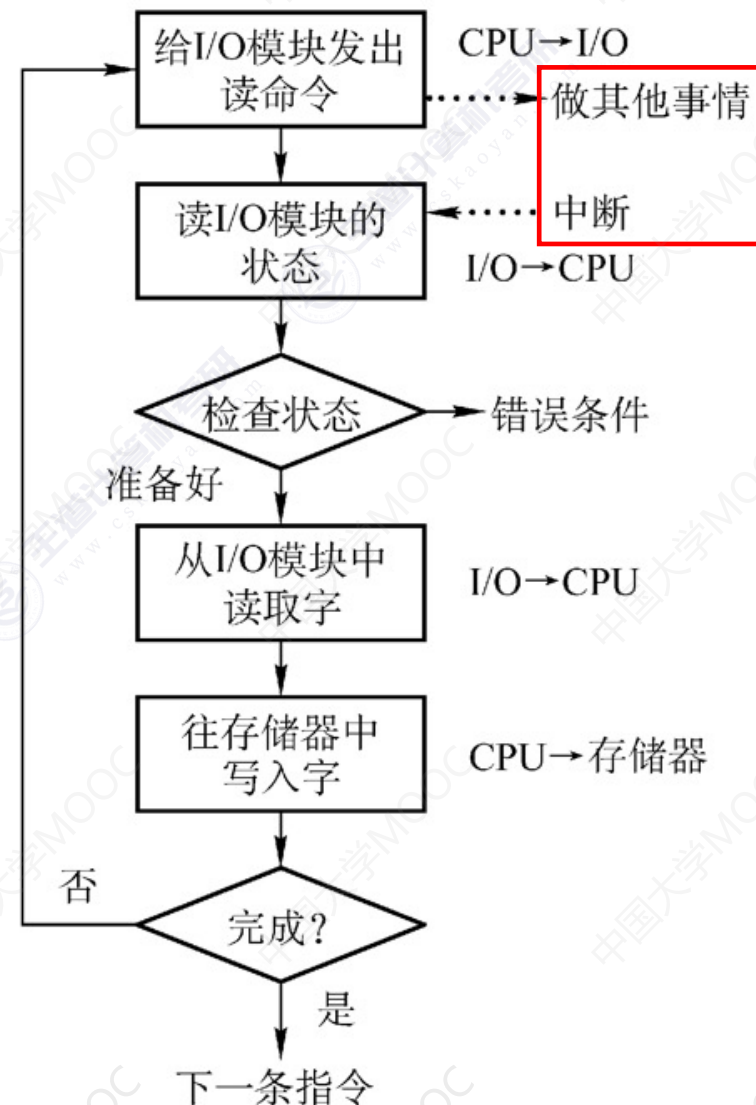
写操作（数据输出）：内存→CPU→I/O设备

5. 主要缺点和主要优点

优点：与“程序直接控制方式”相比，在“中断驱动方式”中，I/O控制器会通过中断信号主动报告I/O已完成，CPU不再需要不停地轮询。

CPU和I/O设备可并行工作，CPU利用率得到明显提升。

缺点：每个字在I/O设备与内存之间的传输，都需要经过CPU。而频繁的中断处理会消耗较多的CPU时间。

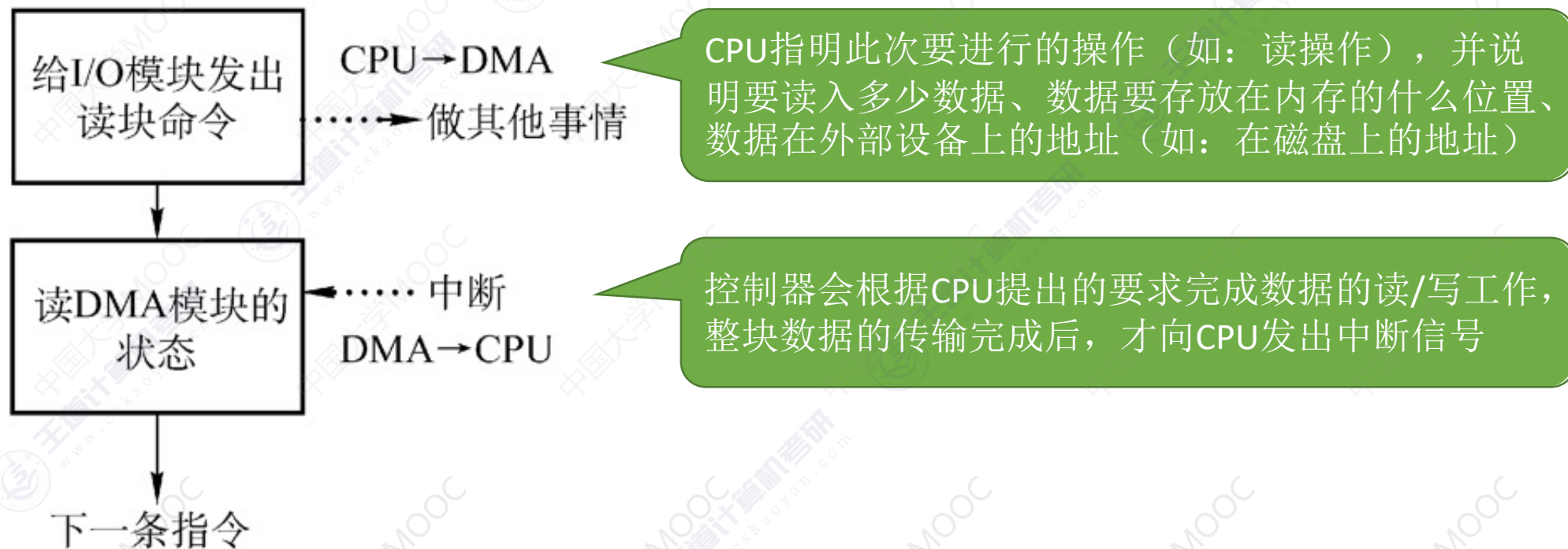


(b) 中断驱动方式

## DMA方式

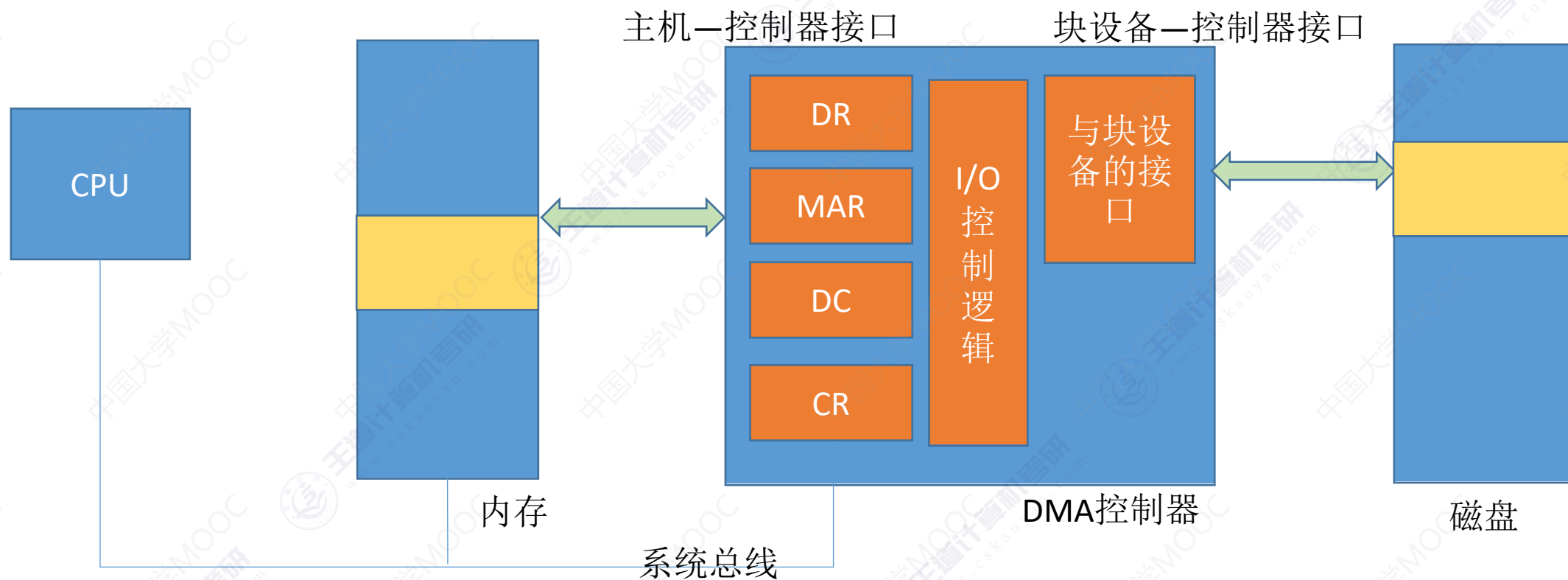
与“中断驱动方式”相比，**DMA方式**（Direct Memory Access，**直接存储器存取**。主要用于块设备的I/O控制）有这样几个改进：

- ①**数据的传送单位是“块”**。不再是一个字、一个字的传送；
- ②数据的流向是从设备直接放入内存，或者从内存直接到设备。不再需要CPU作为“快递小哥”。
- ③仅在传送一个或多个数据块的开始和结束时，才需要CPU干预。





## DMA控制器



DR (Data Register, 数据寄存器): 暂存从设备到内存, 或从内存到设备的数据。

MAR (Memory Address Register, 内存地址寄存器): 在输入时, MAR 表示数据应放到内存中的什么位置; 输出时 MAR 表示要输出的数据放在内存中的什么位置。

DC (Data Counter, 数据计数器): 表示剩余要读/写的字节数。

CR (Command Register, 命令/状态寄存器): 用于存放CPU发来的I/O命令, 或设备的状态信息。

# DMA方式

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图）

2. CPU干预的频率

仅在传送一个或多个数据块的开始和结束时，才需要CPU干预。

3. 数据传送的单位

每次读/写一个或多个块（注意：每次读写的只能是连续的多个块，且这些块读入内存后在内存中也必须是连续的）

4. 数据的流向（不再需要经过CPU）

读操作（数据输入）：I/O设备→内存

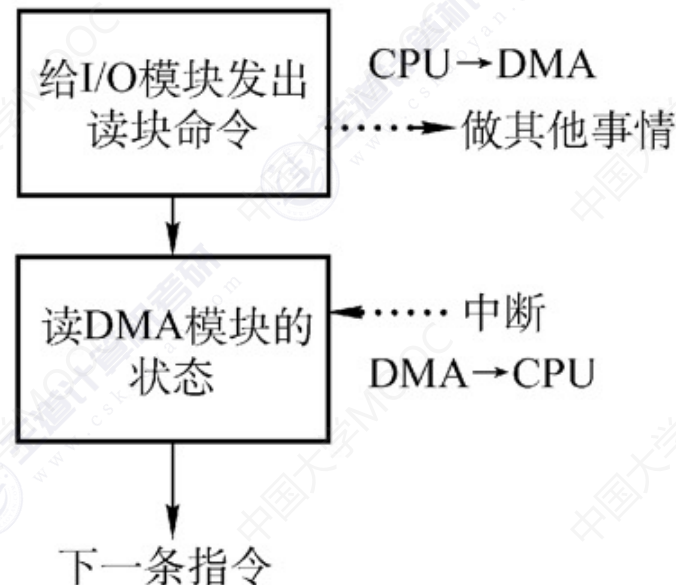
写操作（数据输出）：内存→I/O设备

5. 主要缺点和主要优点

优点：数据传输以“块”为单位，CPU介入频率进一步降低。数据的传输不再需要先经过CPU再写入内存，数据传输效率进一步增加。CPU和I/O设备的并行性得到提升。

缺点：CPU每发出一条I/O指令，只能读/写一个或多个连续的数据块。

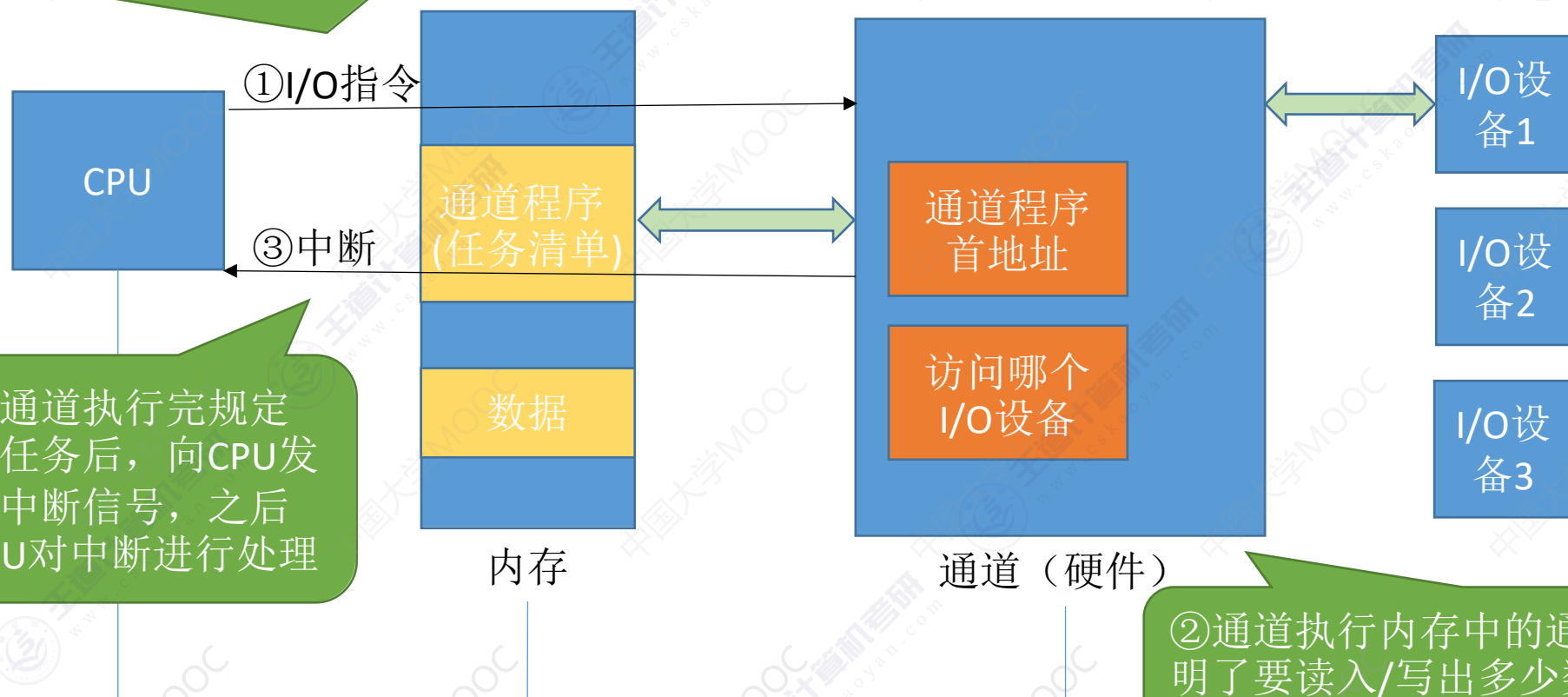
如果要读/写多个离散存储的数据块，或者要将数据分别写到不同的内存区域时，CPU要分别发出多条I/O指令，进行多次中断处理才能完成。



# 通道控制方式

**通道**：一种**硬件**，可以理解为是“**弱鸡版的CPU**”。通道可以识别并执行一系列**通道指令**

①CPU向通道发出I/O指令。指明通道程序在内存中的位置，并指明要操作的是哪个I/O设备。之后CPU就切换到其他进程执行了



③通道执行完规定的任务后，向CPU发出中断信号，之后CPU对中断进行处理

②通道执行内存中的通道程序（其中指明了要读入/写出多少数据，读/写的的数据应放在内存的什么位置等信息）

# 通道控制方式

**通道**：一种**硬件**，可以理解为是“**弱鸡版的CPU**”。通道可以识别并执行一系列**通道指令**

与CPU相比，通道可以执行的指令很单一，并且通道程序是放在主机内存中的，也就是说通道与CPU共享内存

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图）

2. CPU干预的频率

极低，通道会根据CPU的指示执行相应的通道程序，只有完成一组数据块的读/写后才需要发出中断信号，请求CPU干预。

3. 数据传送的单位

每次读/写**一组数据块**

4. 数据的流向（**在通道的控制下进行**）

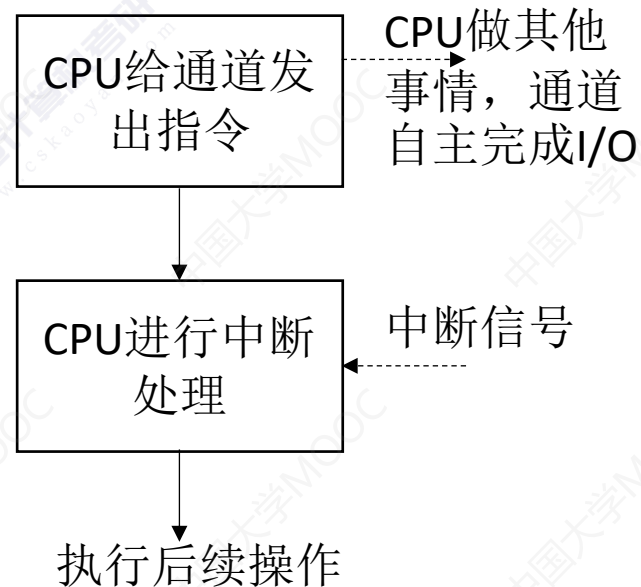
读操作（数据输入）：I/O设备→内存

写操作（数据输出）：内存→I/O设备

5. 主要缺点和主要优点

缺点：实现复杂，需要专门的通道硬件支持

优点：**CPU、通道、I/O设备可并行工作，资源利用率很高。**





## 知识点回顾与重要考点

	完成一次读/写的过程	CPU干预频率	每次I/O的数据传输单位	数据流向	优缺点
程序直接控制方式	CPU发出I/O命令后需要不断轮询	极高	字	设备→CPU→内存 内存→CPU→设备	每一个阶段的优点都是解决了上一阶段的 最大缺点。 总体来说，整个发展过程就是要尽量减少 CPU对I/O过程的干预，把CPU从繁杂的I/O控制 事务中解脱出来，以便更多地去完成数据 处理任务。
中断驱动方式	CPU发出I/O命令后可以去做其他事，本次I/O完成后设备控制器发出中断信号	高	字	设备→CPU→内存 内存→CPU→设备	
DMA方式	CPU发出I/O命令后可以去做其他事，本次I/O完成后DMA控制器发出中断信号	中	块	设备→内存 内存→设备	
通道控制方式	CPU发出I/O命令后可以去做其他事。通道会执行程序以完成I/O，完成后通道向CPU发出中断信号	低	一组块	设备→内存 内存→设备	

难点理解：  
 通道=弱鸡版CPU  
 通道程序=任务清单



公众号：王道在线



b站：王道计算机教育



抖音：王道计算机考研