窦轶////yi.dou@njupt.edu.cn

Operating Systems

操作系统

设备管理
基本概念

设备控制方式

本讲内容

1. 设备的典型控制方式
2. 基于询问的设备控制
3. 基于中断的设备控制
4. 基于DMA的设备控制
5. 基于通道的设备控制

设备的典型控制方式

询问方式　　中断方式

DMA方式　　通道方式

差别　中央处理器和外围设备并行工作方式不同，并行工作程度不同

并行程度：询问方式 < 中断方式 < DMA < 通道方式

目标　减少主机对外设的干预，把主机从繁杂的I/O控制中解脱出来

设备控制方式

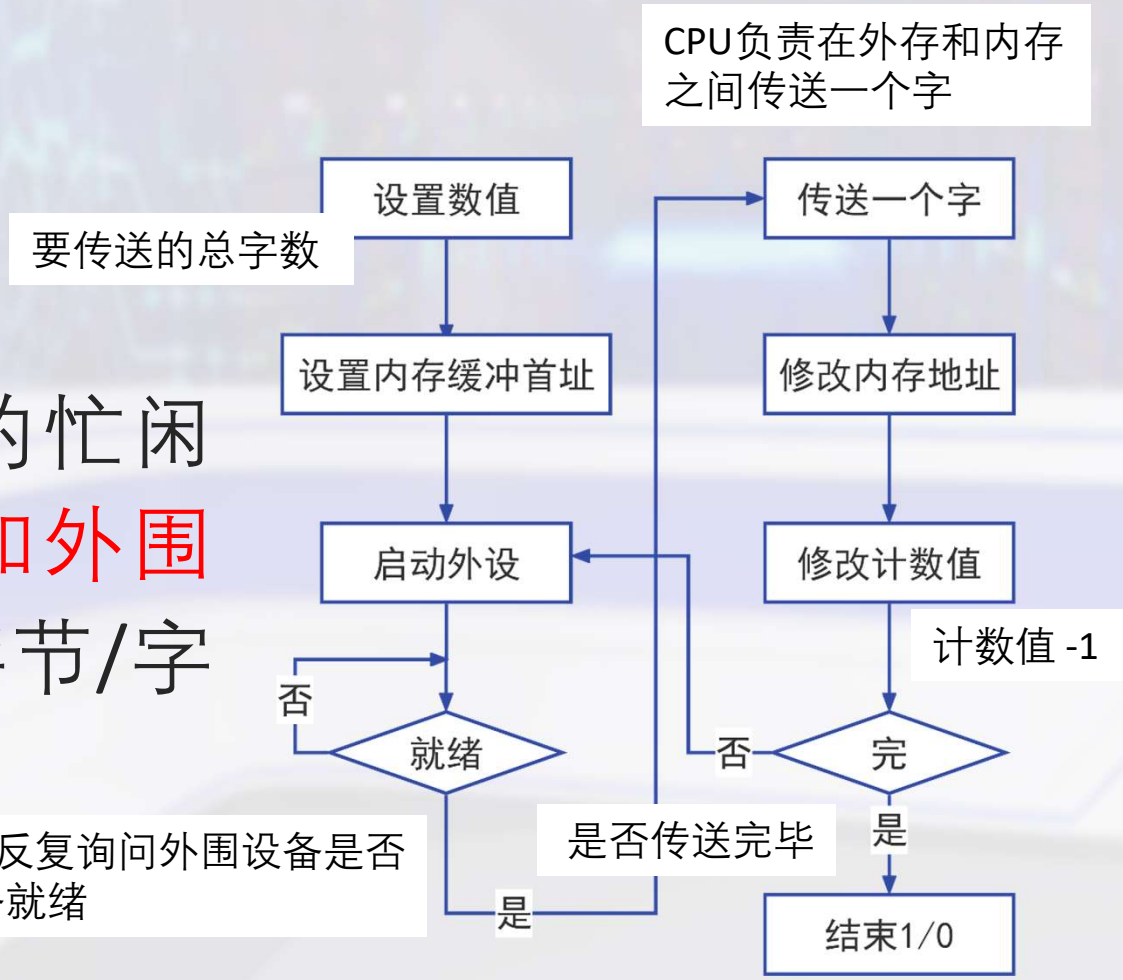
本讲内容

1. 设备的典型控制方式
2. 基于询问的设备控制
3. 基于中断的设备控制
4. 基于DMA的设备控制
5. 基于通道的设备控制

基于询问的设备控制

1 基本原理

- 程序直接控制
- 指令测试一台设备的忙闲标志位，决定内存和外围设备是否交换一个字节/字符/字。



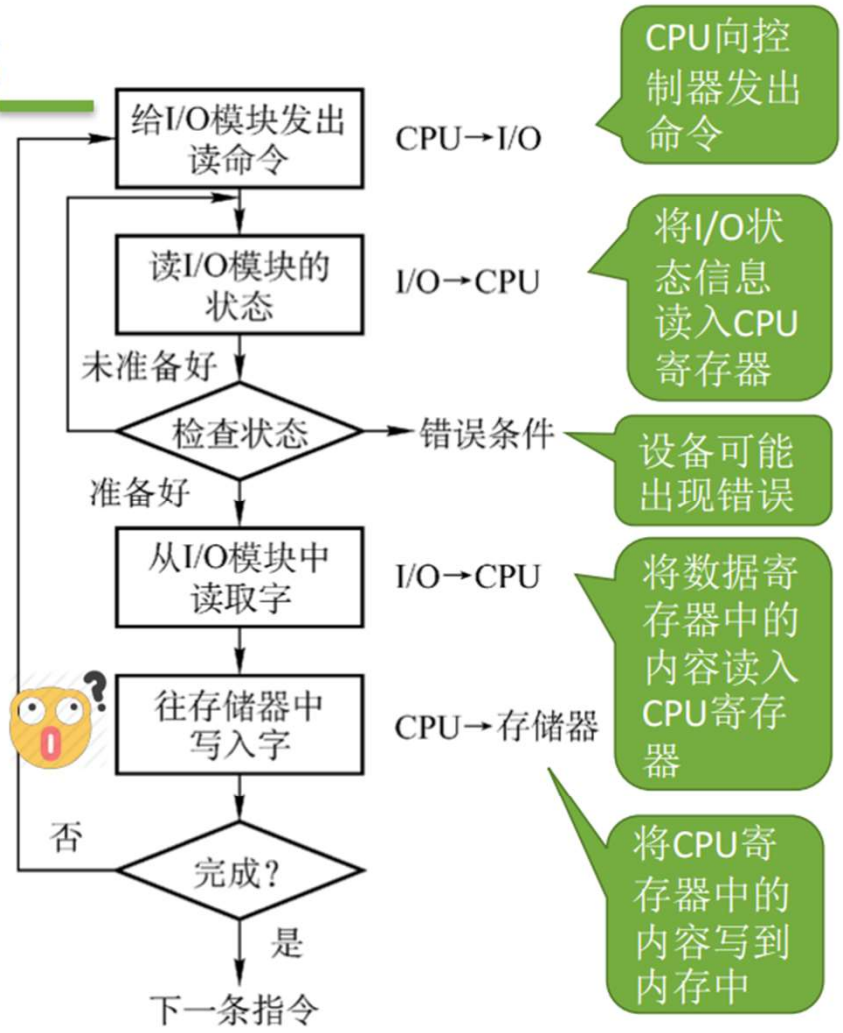
程序直接控制方式

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

设备的典型控制方式

2 技术特点

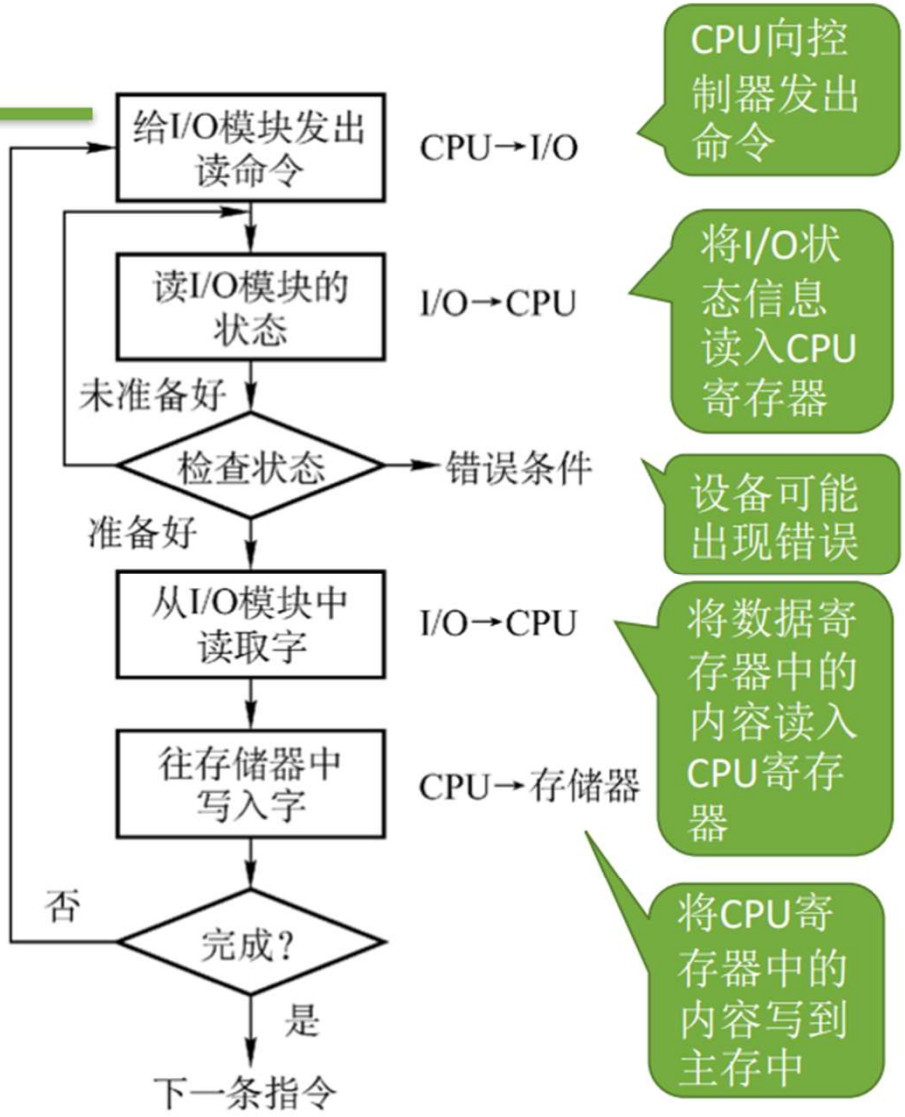
- CPU负责启动I/O设备
- CPU负责不断查询设备的准备情况
- CPU负责数据传送工作
- CPU和设备串行工作，系统效率低

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



(a) 程序直接控制方式

程序直接控制方式

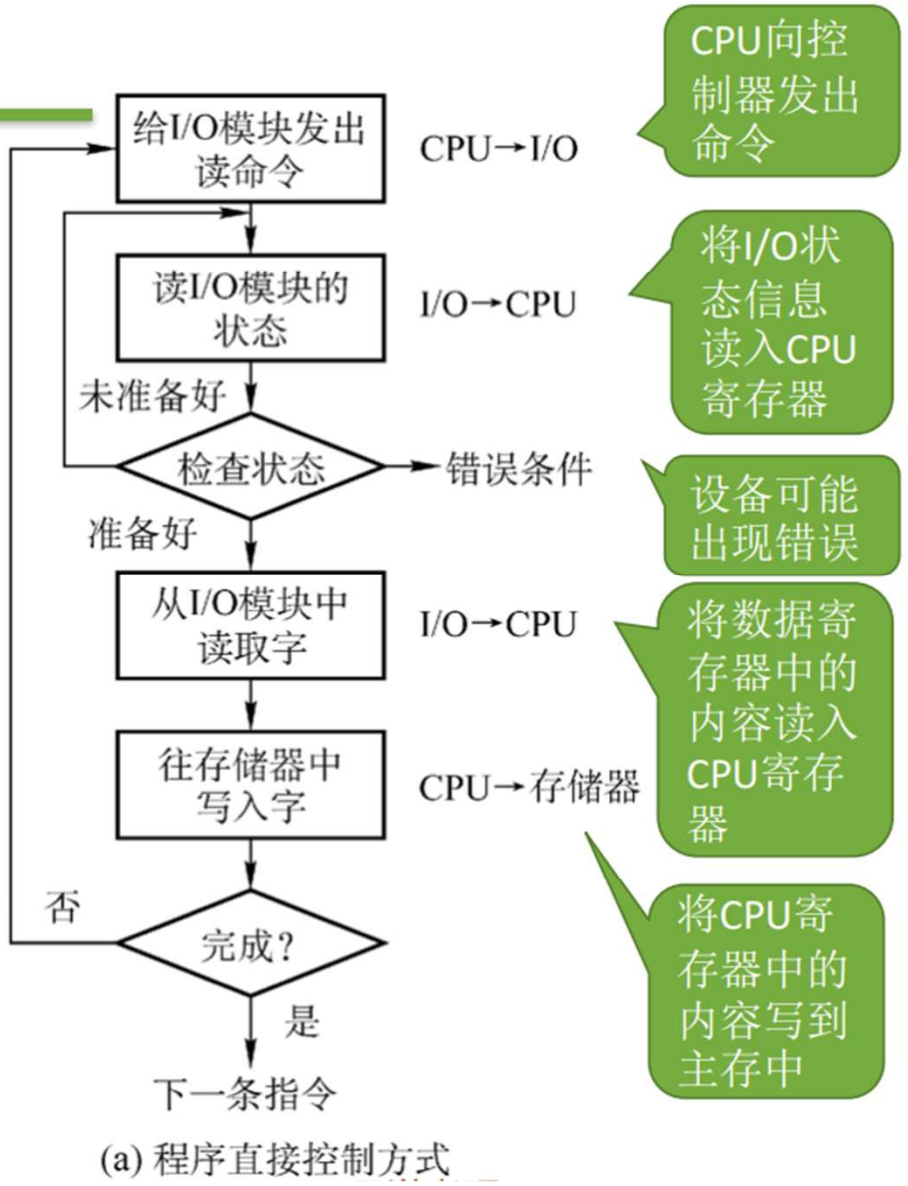
1. 完成一次读/写操作的流程（见右图，Key word：轮询）

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

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

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。



(a) 程序直接控制方式

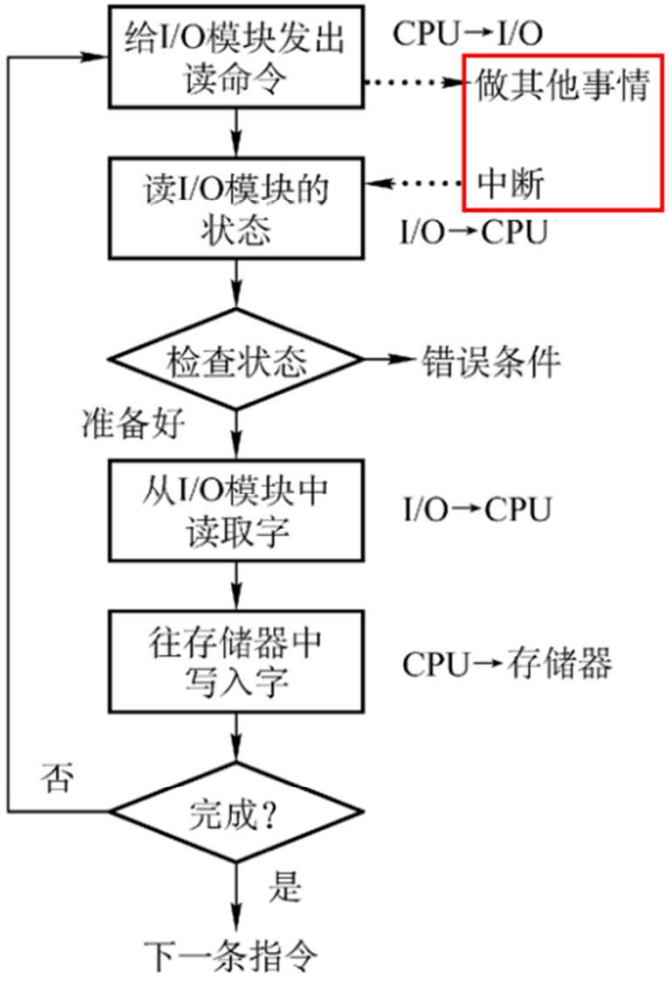
设备控制方式

本讲内容

1. 设备的典型控制方式
2. 基于询问的设备控制
3. 基于中断的设备控制
4. 基于DMA的设备控制
5. 基于通道的设备控制

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。

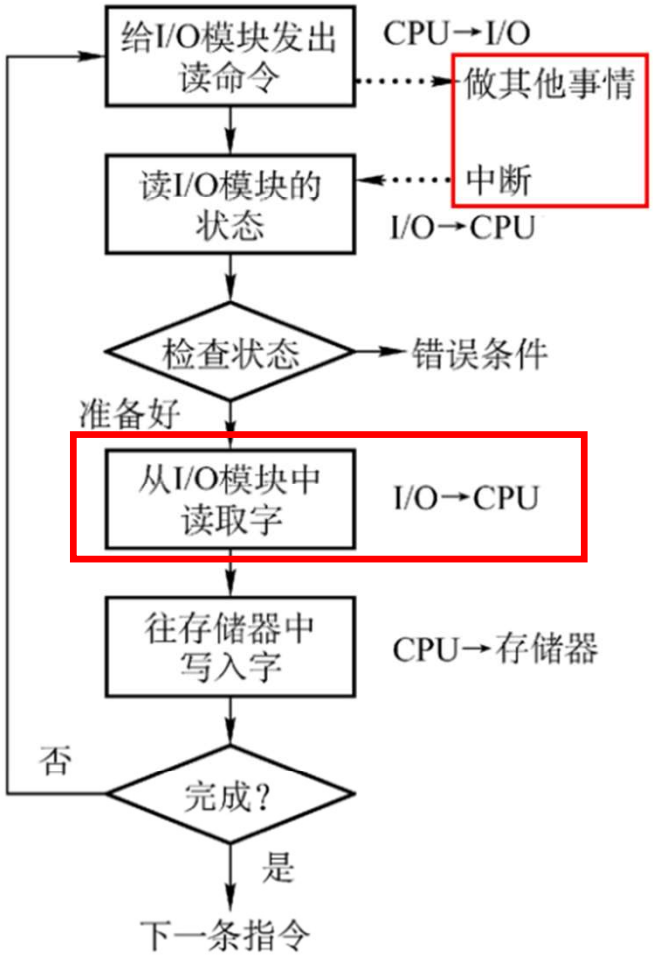


(b) 中断驱动方式

中断驱动方式

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。

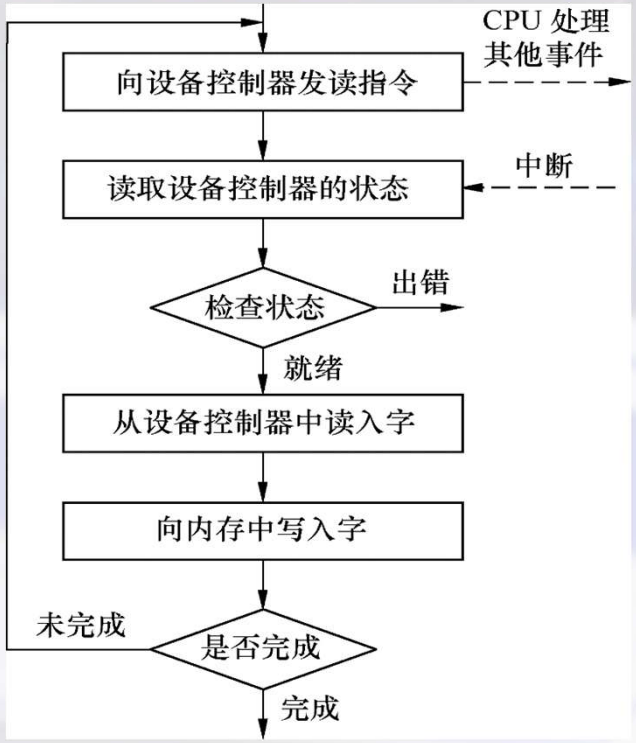
注意：
①CPU会在每个指令周期的末尾检查中断；
②中断处理过程中需要保存、恢复进程的运行环境，这个过程是需要一定时间开销的。可见，如果中断发生的频率太高，也会降低系统性能。



(b) 中断驱动方式

基于中断的设备控制

- 设备利用中断反映其状态，仅当正常或异常结束时才中断CPU，实现并行操作
- CPU启动外设后，继续执行现行程序，对设备是否就绪不加询问，此时主机和外设并行操作
- 外设准备完毕，向CPU发出中断请求，CPU负责完成单位数据传输

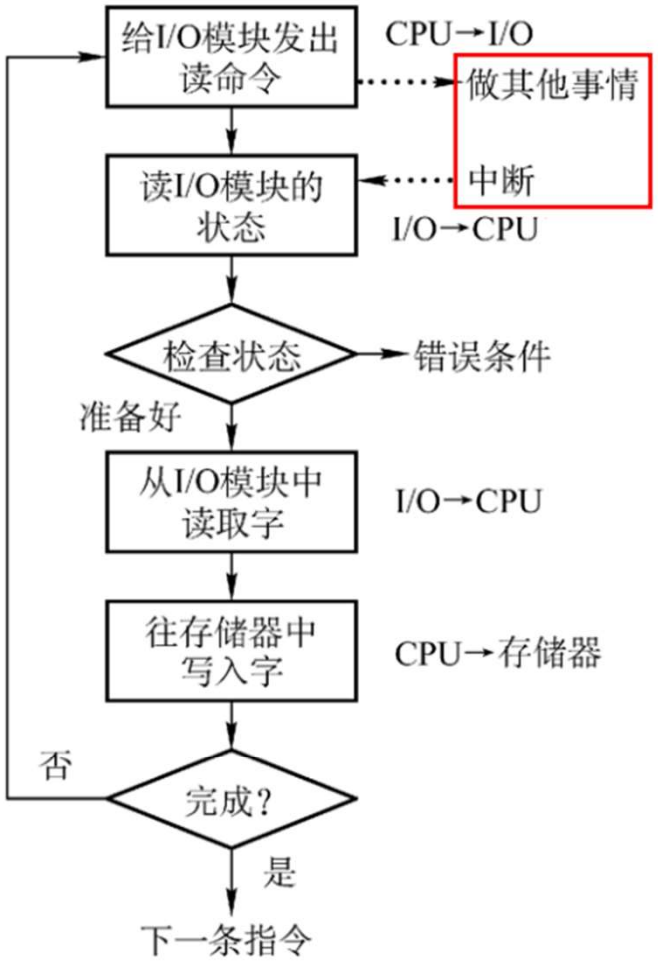


中断驱动方式

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



(b) 中断驱动方式

中断驱动方式

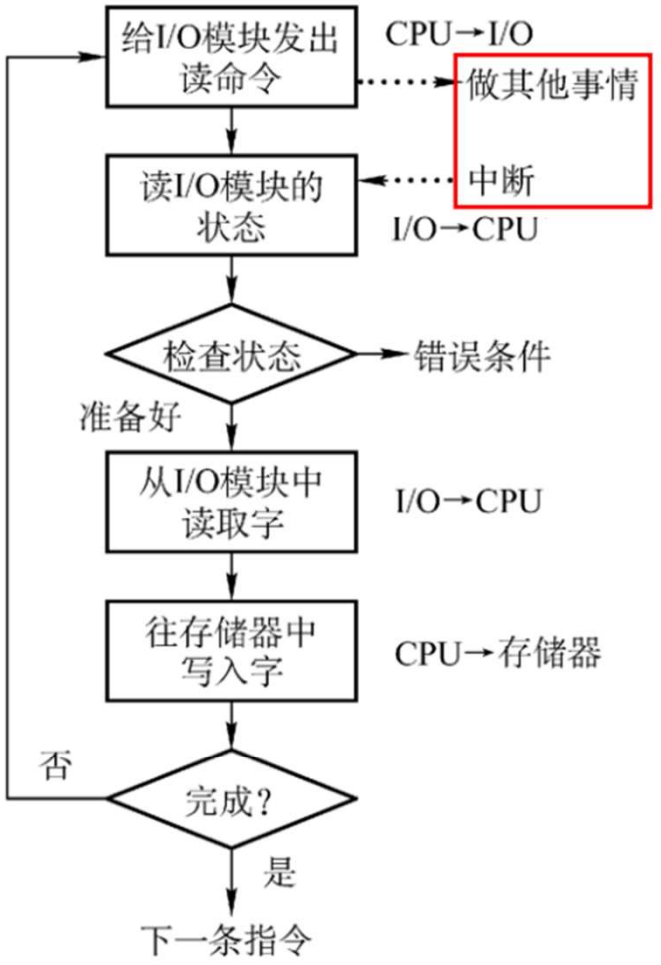
1. 完成一次读/写操作的流程（见右图，Key word：中断）

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

设备控制方式

本讲内容

1. 设备的典型控制方式
2. 基于询问的设备控制
3. 基于中断的设备控制
4. 基于DMA的设备控制
5. 基于通道的设备控制

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。

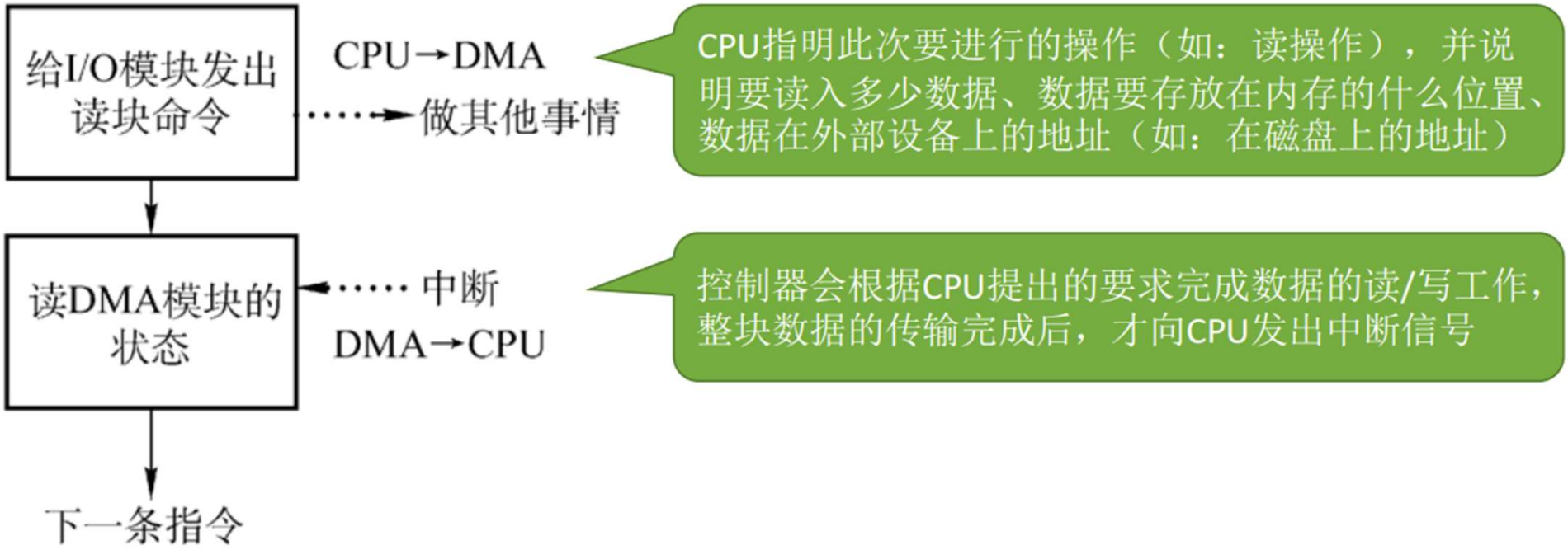
DMA方式

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。

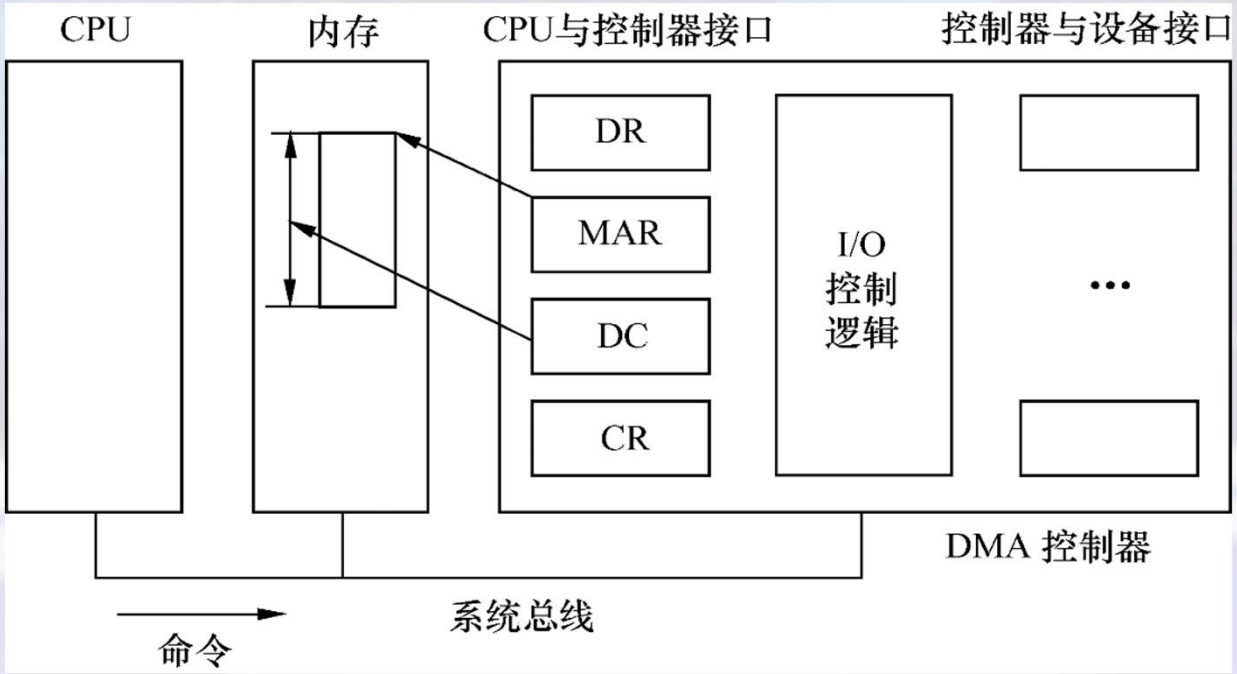


基于DMA的设备控制

- DMA：

  Direct Memory Access，

  直接存储器访问



- DMA能够通过系统总线代替CPU管理数据传输
- 数据在内存与I/O设备间的直接成块传送，CPU在开始时、结束时进行相应处理

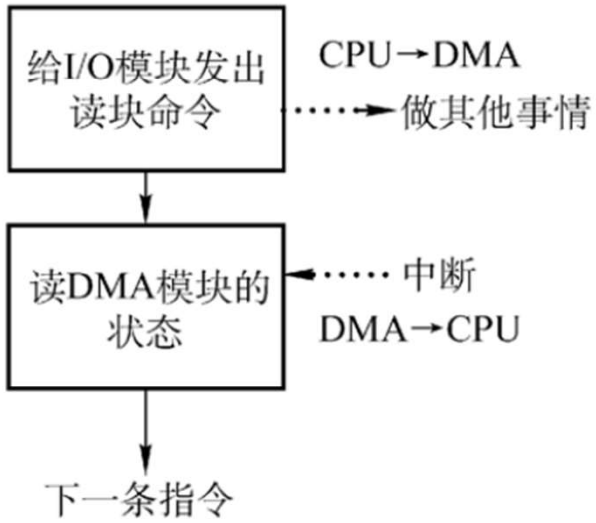
DR （Data Register，数据寄存器）：暂存从设备到内存，或从内存到设备的数据。
MAR （Memory Address Register，内存地址寄存器）：在输入时，MAR 表示数据应放到内存中的什么位置；输出时 MAR 表示要输出的数据放在内存中的什么位置。
DC （Data Counter，数据计数器）：表示剩余要读/写的字节数。
CR（Command Register，命令/状态寄存器）：用于存放CPU发来的I/O命令，或设备的状态信息。

DMA方式

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图）

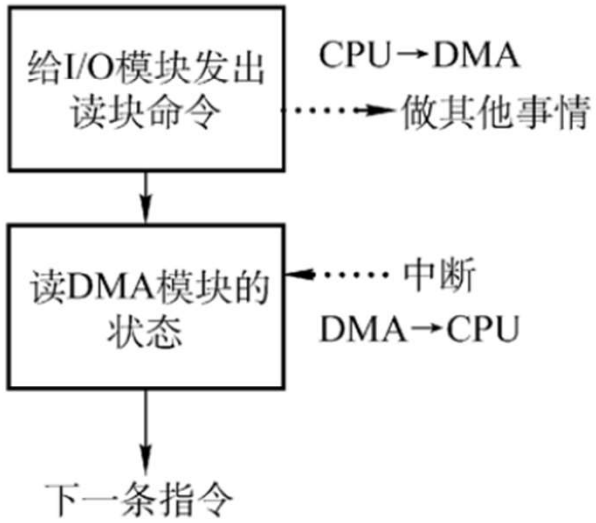
2. CPU干预的频率
仅在传送一个或多个数据块的开始和结束时，才需要CPU干预。

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）



DMA方式

1. 完成一次读/写操作的流程（见右图）



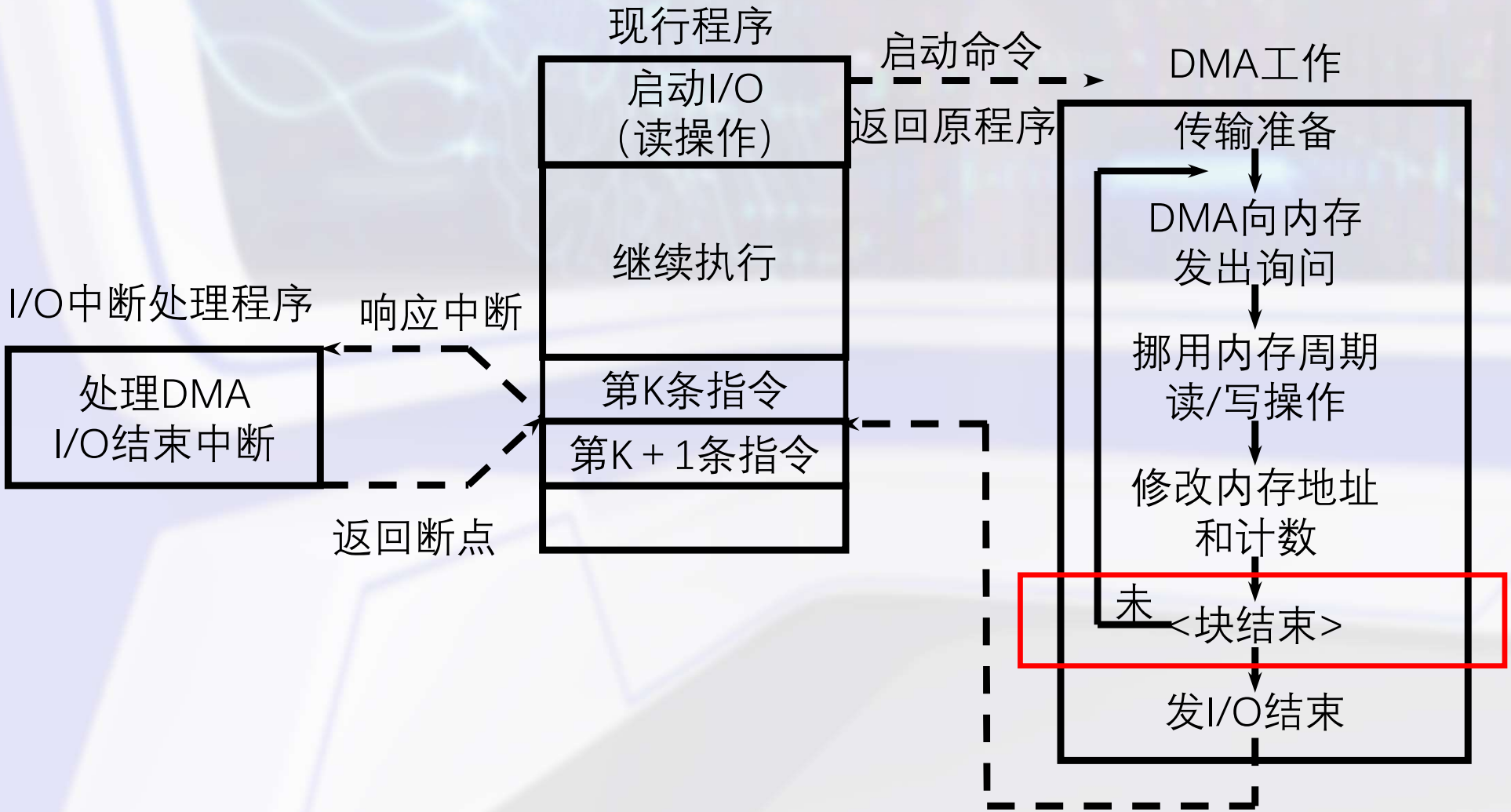
2. CPU干预的频率
仅在传送一个或多个数据块的开始和结束时，才需要CPU干预。

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。

基于DMA的设备控制


现行程序
启动I/O
(读操作)
继续执行
第K条指令
第K＋1条指令
启动命令
返回原程序
DMA工作
传输准备
DMA向内存
发出询问
挪用内存周期
读/写操作
修改内存地址
和计数
未
<块结束>
发I/O结束
I/O中断处理程序
处理DMA
I/O结束中断
响应中断
返回断点

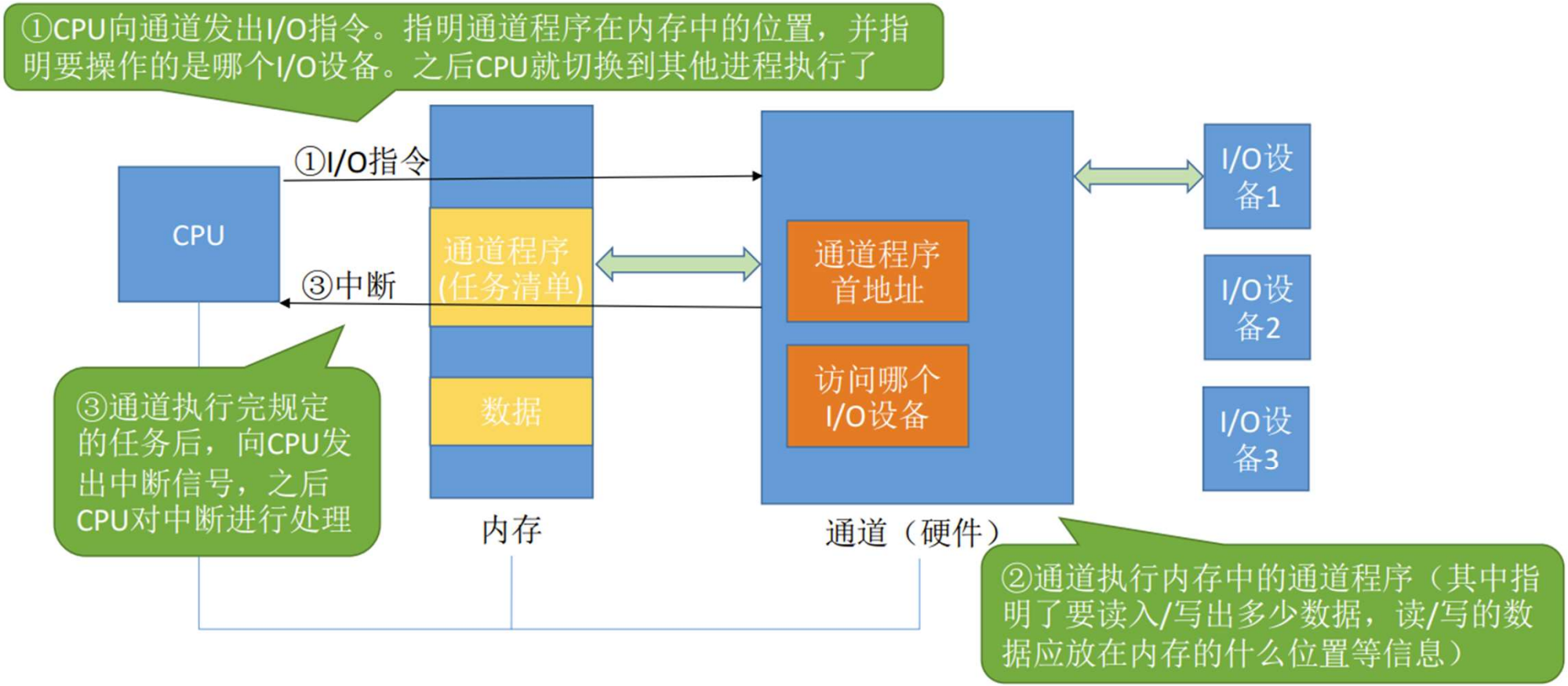
设备控制方式

本讲内容

1. 设备的典型控制方式
2. 基于询问的设备控制
3. 基于中断的设备控制
4. 基于DMA的设备控制
5. 基于通道的设备控制

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



通道控制方式

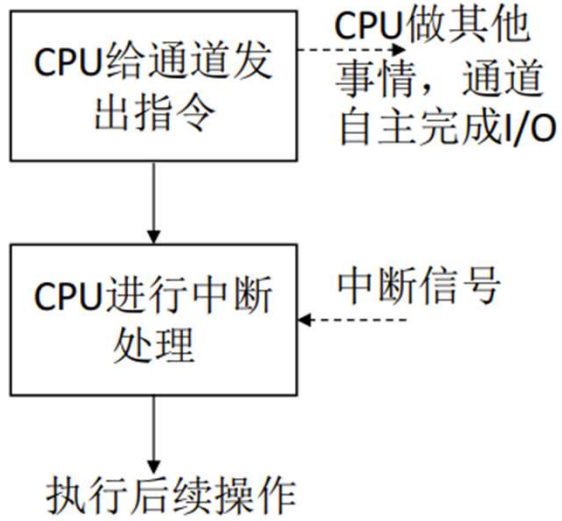
通道：一种硬件，可以理解为是“弱鸡版的CPU”。通道可以识别并执行一系列通道指令

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

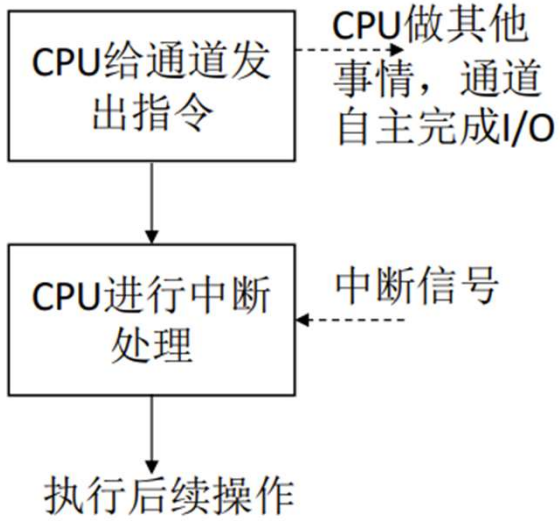


通道控制方式

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。

基于通道的设备控制

1 通道原理

- 通道，输入输出处理器，是独立于CPU的专门实现输入输出工作的处理机
- 通道直接控制设备和内存之间进行数据传送，把CPU从琐碎的输入输出操作中解放出来

基于通道的设备控制

2 通道特点

- 指令单一。

  通道硬件比较简单，其所能执行的指令主要是与输入输出操作有关的指令。

- 没有内存。

  通道所执行的通道程序是放在计算机内存中的，通道与CPU共享系统的内存。

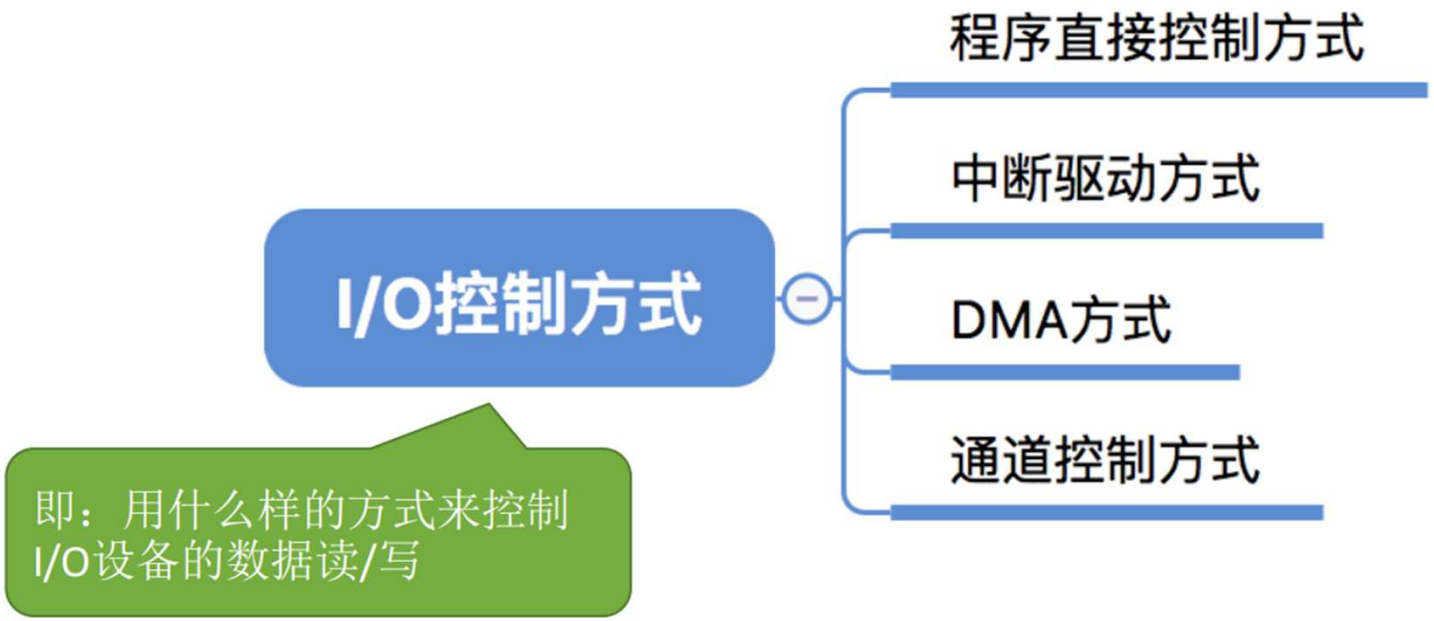
知识点回顾与重要考点

	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命令后可以做其他事。通道会执行通道程序以完成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

并行程度：询问方式 < 中断方式 < DMA < 通道方式

知识总览



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。

设备管理
基本概念