

计算机组成原理

PRINCIPLES OF COMPUTER ORGANIZATION

第29次课：IO系统概述

杜国栋

信息科学与工程学院计算机科学与工程系

gddu@ysu.edu.cn



燕山大学
YANSHAN UNIVERSITY

假定一台计算机的显示存储器用DRAM芯片实现，
若要求显示分辨率为1024X768，颜色深度为3B，
帧频为72HZ，显示总带宽的50%用来刷新屏幕，
则需要的显存总带宽至少约为（ ）。

作答



假定一台计算机的显示存储器用DRAM芯片实现，若要求显示分辨率为1024X768，颜色深度为3B，帧频为72HZ，显示总带宽的50%用来刷新屏幕，则需要的显存总带宽至少约为（ ）。

➤ 刷新所需带宽=分辨率×色深×帧频

$$=1024 \times 768 \times 3 \times 72 = 1024 \times 256 \times 4 \times 3 \times 3 \times 18 = 162 \text{ MB/s}$$

➤ 显存总带宽的50%用来刷屏

➤ 于是需要的显存总带宽为 $162 / 0.5 = 324 \text{ MB/s}$





CPU和外设的连接





课程目标

- 掌握程序中断输入输出方式；
- 熟悉DMA输入输出方式；
- 了解I/O设备数据传送控制方式。





输入输出(I/O)系统概述

- 输入输出系统包括**外部设备**(输入输出设备和辅助存储器)及其与主机(CPU和存储器)之间的**控制部件**。后者称之为设备控制器，诸如磁盘控制器、打印机控制器等，有时也称为设备适配器或接口，其作用是控制并实现主机与外部设备之间的数据传送。





输入输出设备的编址

- 为了CPU便于对I/O设备进行寻址和选择，必须给众多的I/O设备进行编址，也就是给每一台设备规定一些地址码，称为设备号或设备代码。
- 寻址方法：
 - 专设I/O指令
 - 利用访存(取数/存数)指令完成I/O功能



设备控制器(I/O接口)的基本功能

- 实现主机和外围设备之间的数据传送控制。包括同步控制、设备选择和中断控制等。DMA设备还具有直接访问存储器功能，并给出存储器地址。
- 实现数据缓冲，以达到主机同外围设备之间的速度匹配。在接口电路中，一般设置一个或几个数据缓冲寄存器。在传送过程中，先将数据送入数据缓冲寄存器，然后再送到目的设备(输出)或主机(输入)。
- 接受主机的命令，提供设备接口的状态，并按照主机的命令控制设备。





输入输出接口类型

- 按照数据传送的宽度可分为**并行接口**和**串行接口**。在并行接口中，设备和接口是将一个字节(或字)的所有位同时传送。在串行接口中，设备和接口间的数据是一位一位串行传送的，而接口和主机之间是按字节或字并行传送。接口要完成数据格式的串—并变换。
- 按照数据传送的控制方式可分成**程序控制输入输出接口**，**程序中断输入输出接口**和**直接存储器存取(DMA)接口**等。



I/O设备数据传送控制方式

- 程序直接控制方式
- 程序中断传送方式
- 直接存储器存取（DMA）方式
- I/O通道控制方式
- 外围处理机方式





程序中断输入输出方式

● 定义：

- 中断是指**CPU**正常运行程序时，由系统内/外部非预期事件或程序中预先安排好的指令性事件引起的，**CPU**暂停当前程序的执行，转去为该事件服务的程序中执行，服务完毕后，再返回原程序继续执行的过程。

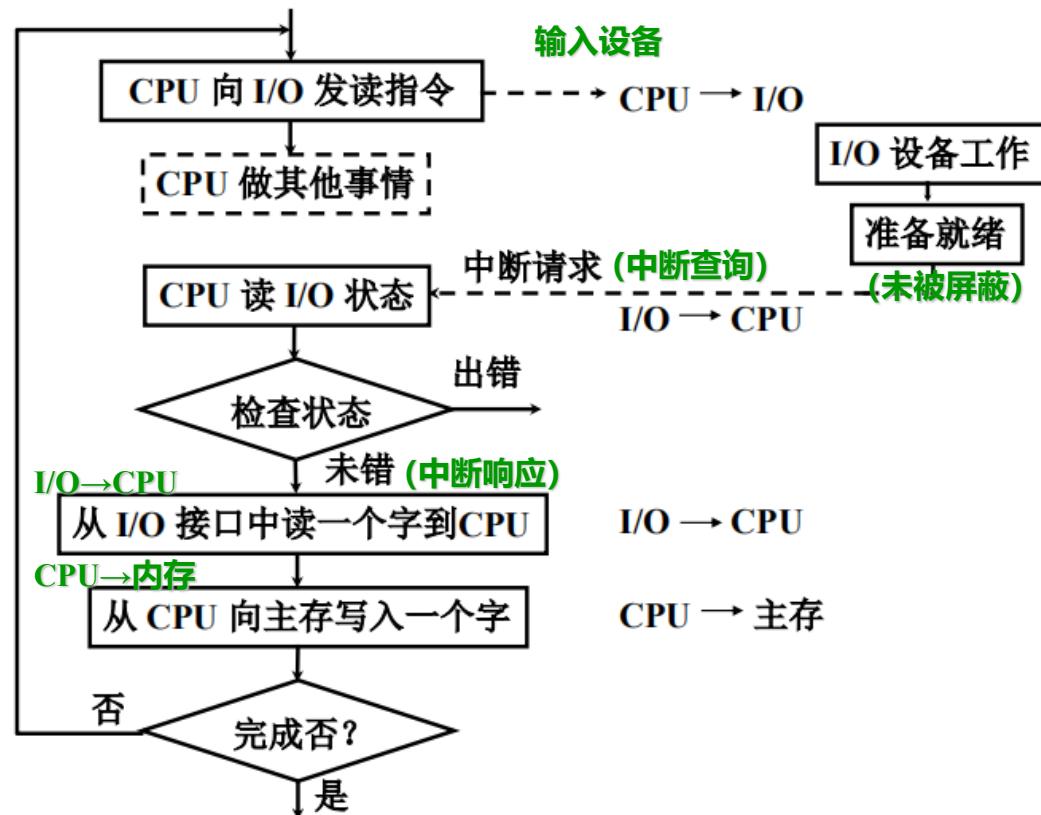
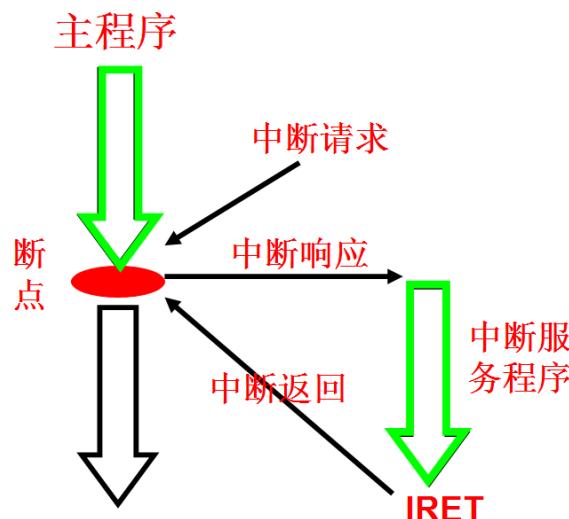
● 注意：

- 中断是一个**CPU**执行程序的变化过程；
- 所有能引起中断的事件均称为中断源；
- 处理中断事件的**中断服务程序**是预先设置好的；
- 结束中断返回原程序时，要以原状态返回暂停处继续执行。



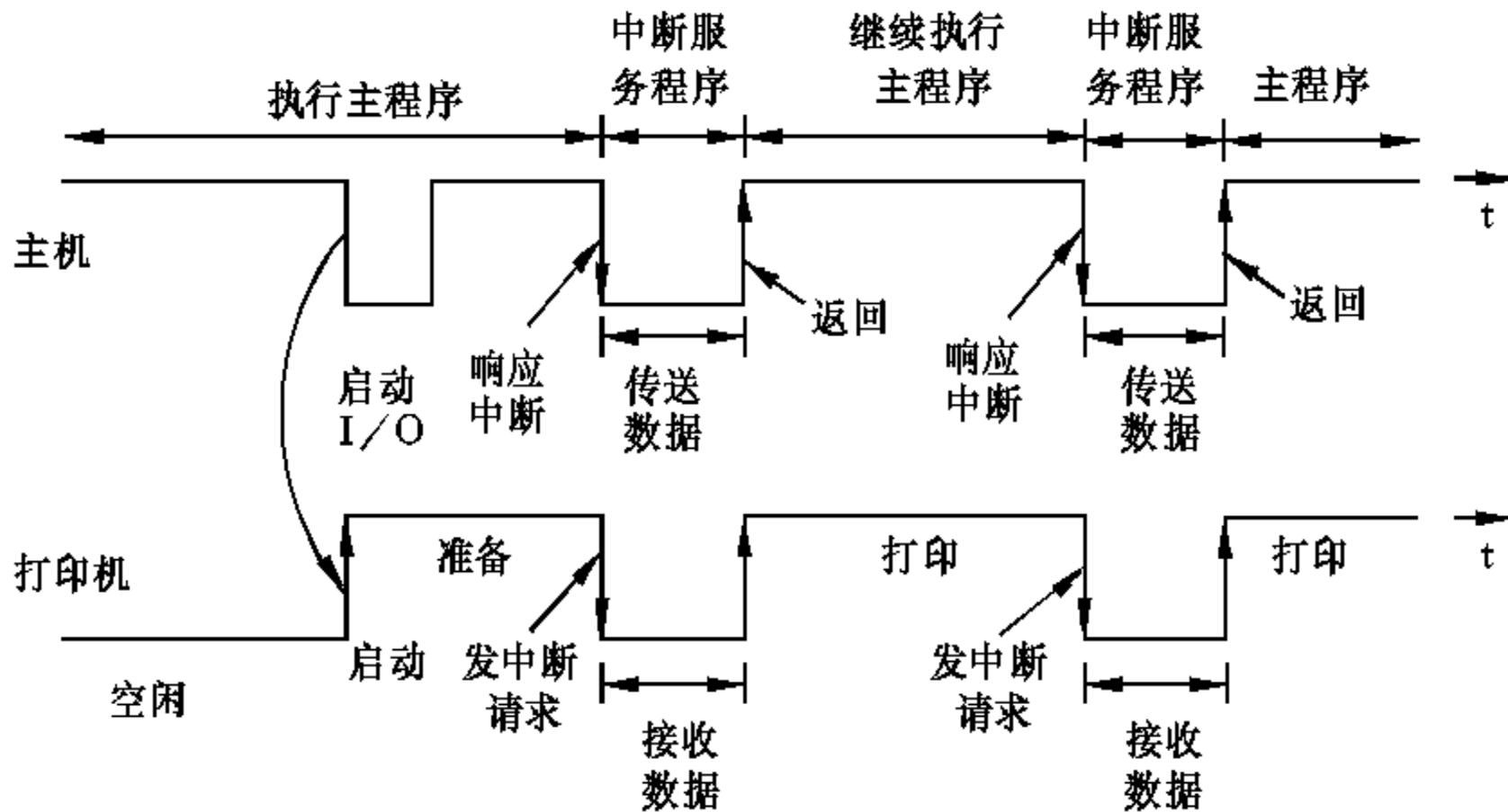


程序中断输入输出方式





程序中断输入输出方式





程序中断输入输出方式





程序中断输入输出方式

内外部中断与可屏蔽/不可屏蔽中断（辨析）：

外部中断（中断）：来自 CPU 执行指令以外的事件，IO 设备中断（可屏蔽中断）、电源掉电（不可屏蔽中断）；

内部中断（异常）：源自 CPU 执行指令内部的事件，各种异常，包括故障和陷阱等，例如奇偶校验错误、除数为 0、数组越界、ALU 溢出、虚存系统的缺页等等，一般情况下，内部中断都是不可屏蔽的；



下列选项中，能引起外部中断的事件是（）

- A 键盘输入
- B 除数为0
- C 浮点运算下溢
- D 访存缺页

提交

下列选项中，能引起外部中断的事件是（）

- A 键盘输入
- B 除数为0
- C 浮点运算下溢
- D 访存缺页

提交



程序中断输入输出方式

- 中断处理过程是由硬件和软件结合来完成的。需要（硬件+软件）实现
- 为什么要使用中断？ 有实际意义

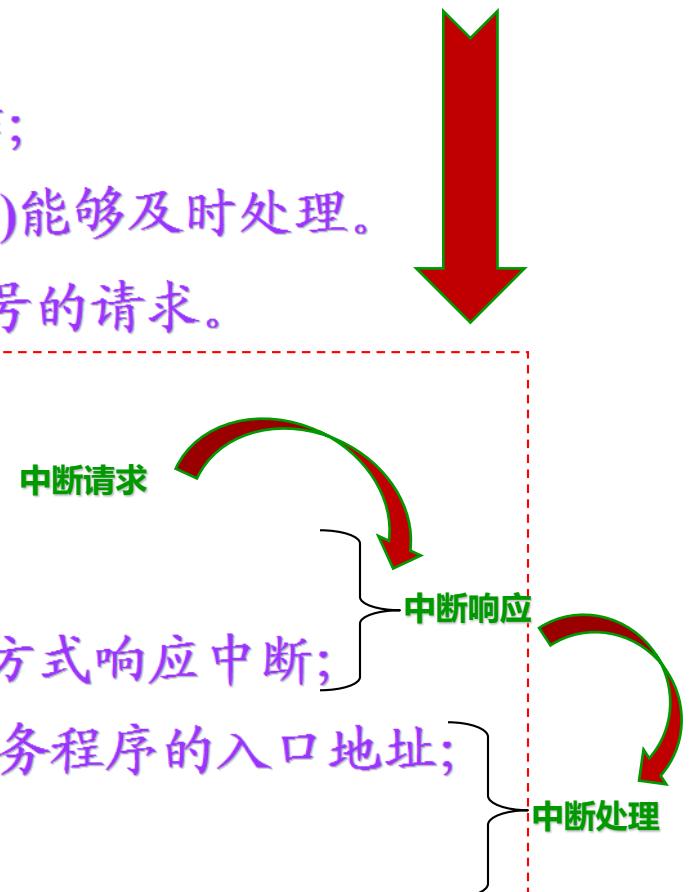
- 解决速度问题，使CPU和I/O并行工作；
- 对意外情况(如磁盘损坏、运算溢出等)能够及时处理。
- 在实时控制领域中，及时响应外来信号的请求。

- 中断系统需要解决的问题

- 各中断源如何向CPU发出中断请求；
- 有多个中断源时，如何确定优先级；
- CPU在什么条件、什么时候、以什么方式响应中断；
- 如何保护/恢复现场、如何转入中断服务程序的入口地址；
- 如何处理多重中断。



厚德 博学 求是

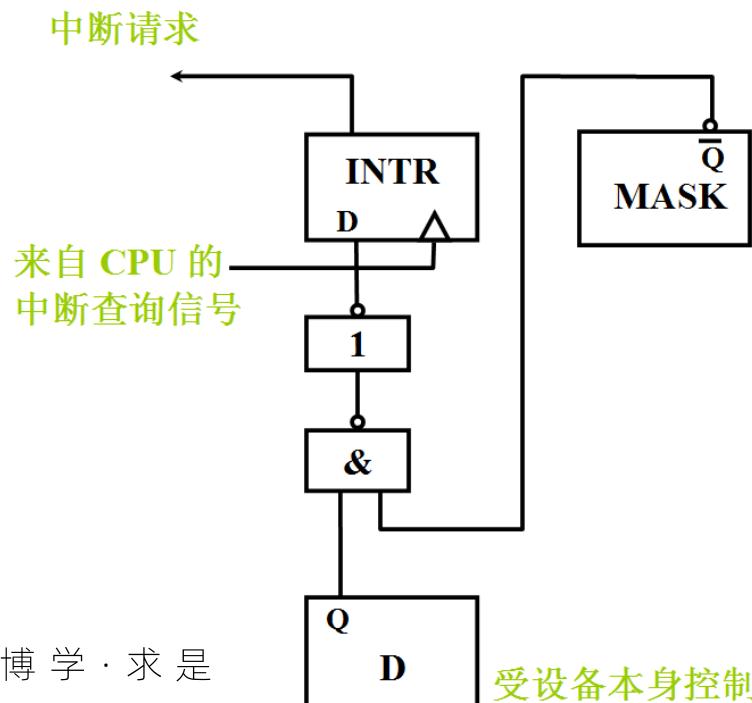




程序中断输入输出方式

中断方式的接口电路：

1. 配置中断请求触发器和中断屏蔽触发器



INTR
中断请求触发器
INTR = 1 有请求

MASK
中断屏蔽触发器
MASK = 1 被屏蔽

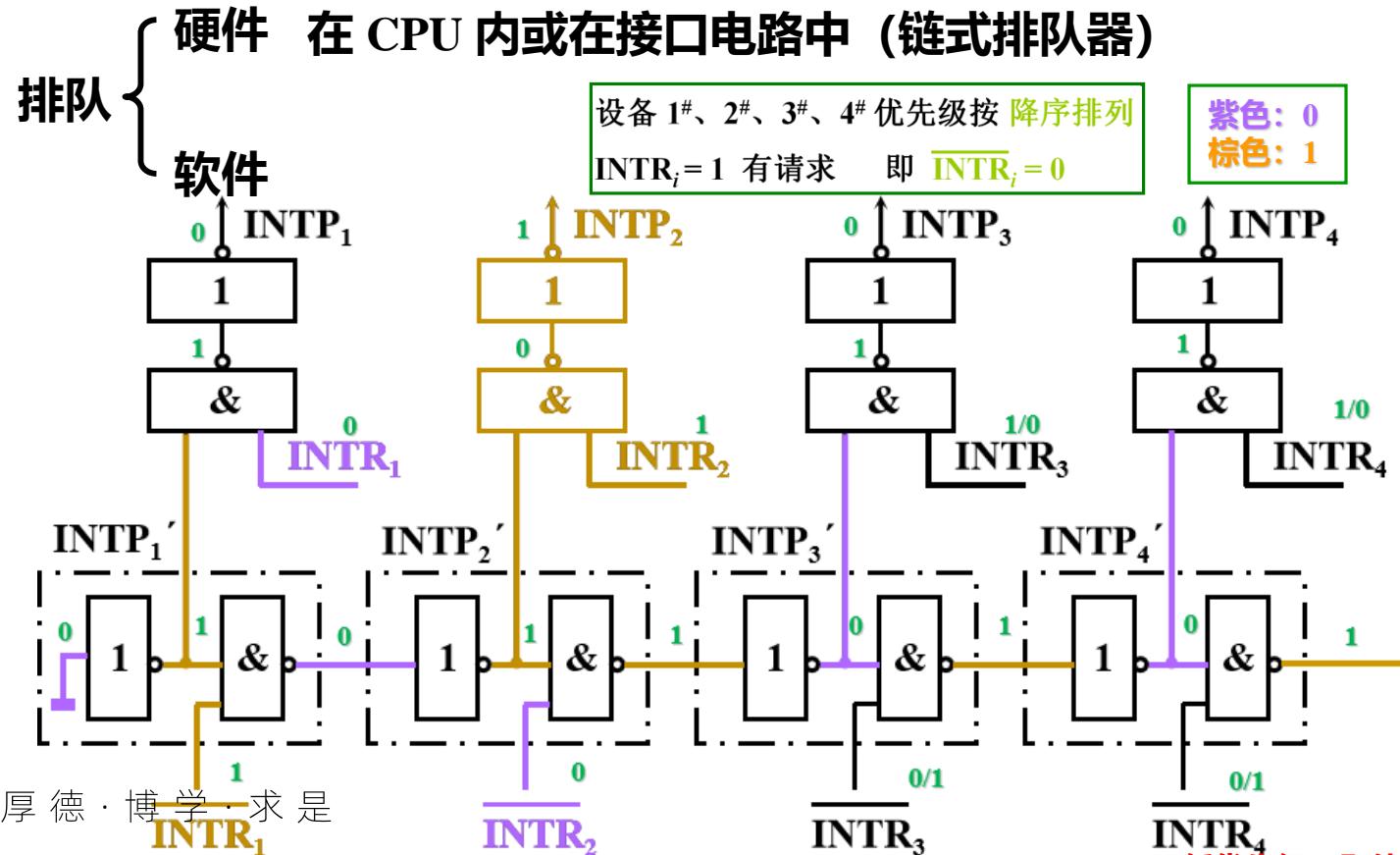
D 完成触发器





程序中断输入输出方式

2. 排队器





程序中断输入输出方式

3. I/O中断请求与CPU中断响应

(1) 条件 ②、在什么条件和什么时间，CPU可以响应I/O的中断请求？

允许中断触发器 **EINT = 1**，且 **中断排队具有优先权**

用 **开中断** 指令将 EINT 置“1”

用 **关中断** 指令将 EINT 置“0”或硬件自动复位

(2) 时间 ①、在什么条件下，I/O设备可以向CPU提出中断请求？

当 **D = 1**（随机）且 **MASK = 0** 时

在每条指令执行阶段的结束前 （指令周期的最后一个机器周期的最后一个时钟周期）

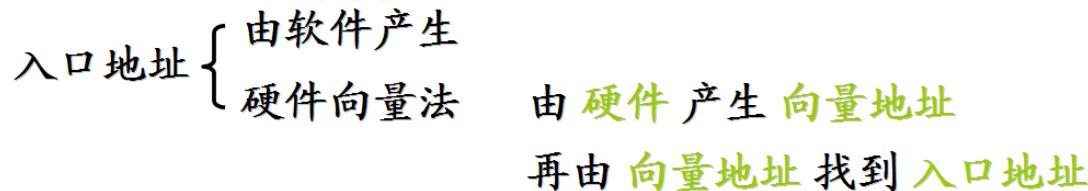
 厚德·博学·求是 CPU 发 中断查询信号（将 **INTR** 置“1”）

（INTR为触发器，需要CLK有效才能工作）



程序中断输入输出方式

4. 中断向量地址形成部件



1. 向量中断

- 由硬件直接产生一个与该中断源对应的向量地址;
 - ◆ 向量地址——中断源的中断服务程序入口地址;
- 要求: 在硬件设计时考虑所有中断源的向量地址。

2. 位移量中断

- 由硬件直接产生一个位移量, 该位移量加上CPU中某寄存器中的基地址, 得到中断处理程序的入口地址。

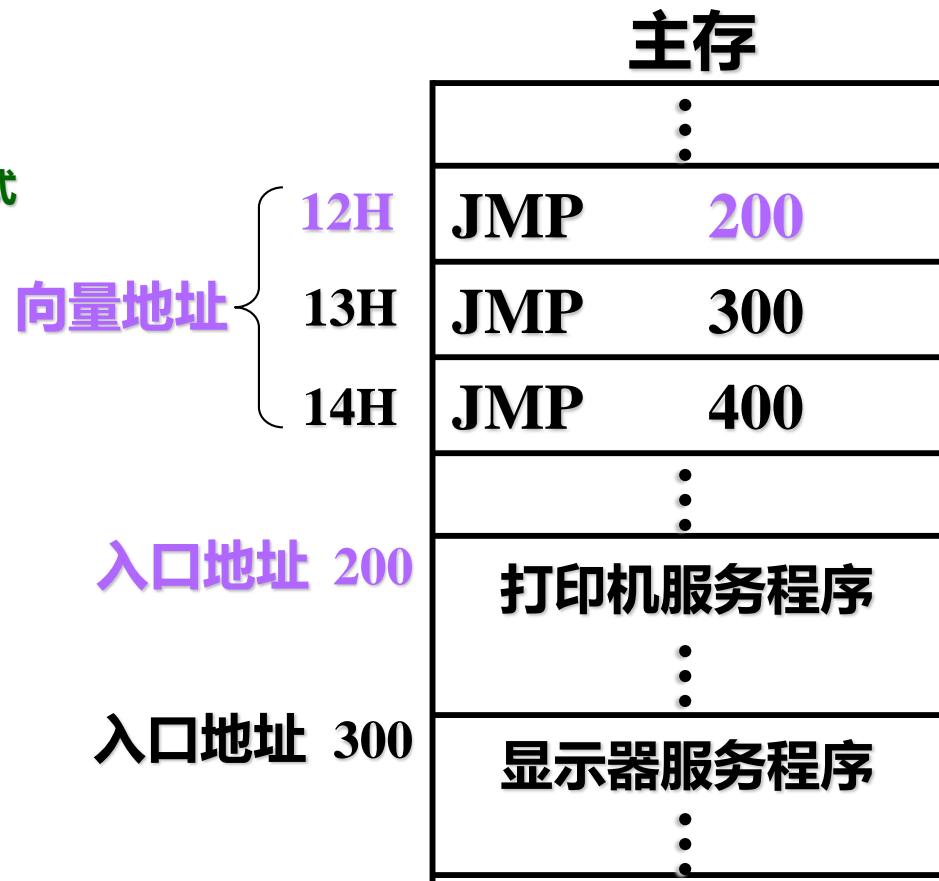
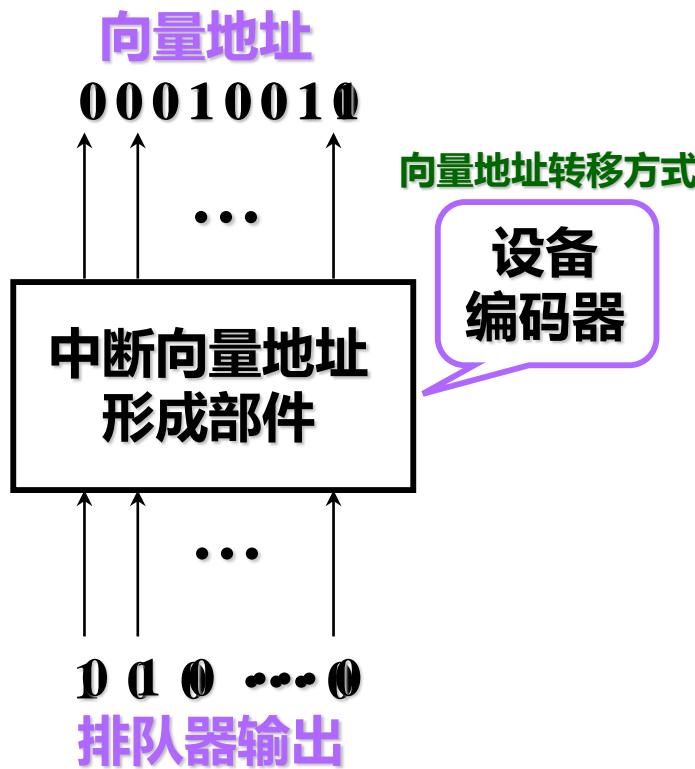
3. 向量地址转移

- 由硬件直接产生一个该中断源对应的固定地址码, 该地址码中存放可转入中断服务程序的入口地址。





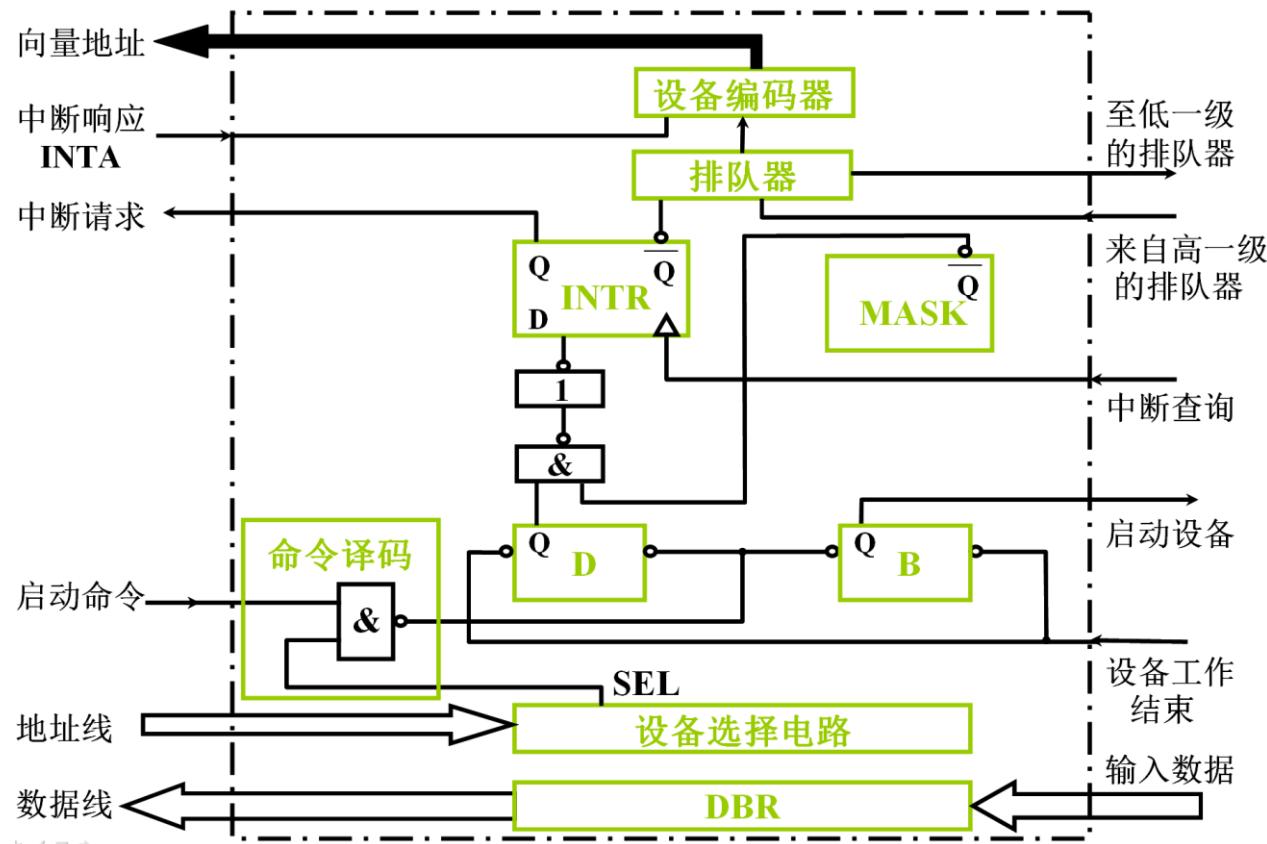
程序中断输入输出方式





程序中断输入输出方式

5. 程序中断方式接口电路的基本组成





向量地址

⑧

中断响应

⑦

INTA

⑥

中断请求

设备编码器

排队器

至低一级
的排队器

Q

INTR

Q

MASK

Q

1

&

Q

D

1

0

Q

B

来自高一级
的排队器

⑤

中断查询

②

启动设备

④

设备工作
结束

③

输入数据

6. 数据传送过程 (以输入为例)

启动命令

①

命令译码

&

SEL

设备选择电路

地址线

厚德·博学·求是

数据线

DBR



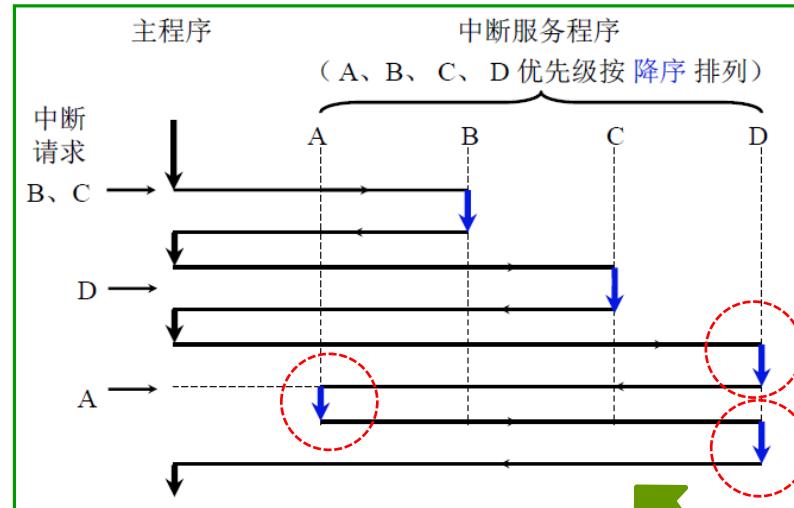
7. 中断处理过程

(1) 中断周期 (硬件)

- ①、中断响应
- ②、程序断点进栈
- ③、关中断
- ④、向量地址→PC

(2) 中断服务程序 (软件)

- ①、保护现场 (CPU中寄存器)
- ②、设备服务 (传送数据) →
- ③、恢复现场 (CPU中寄存器)
- ④、开中断，中断返回



单重中断和多重中断

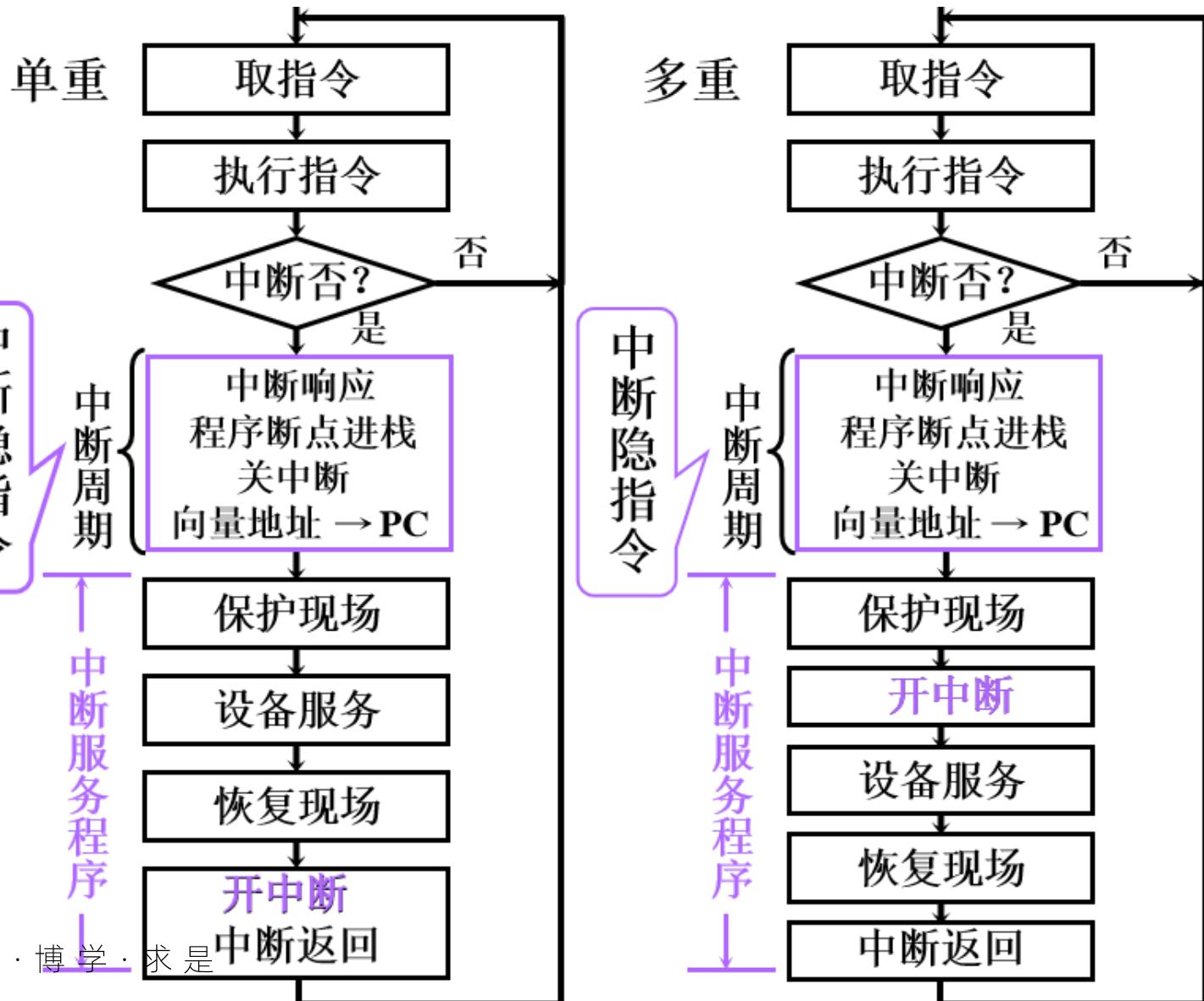
单重中断 不允许中断 现行的 中断服务程序
多重中断 允许级别更高的 中断源
中断 现行的 中断服务程序

- 中断处理过程是由硬件和软件结合来完成的；
- 中断周期由硬件实现 (中断隐指令)，中断处理程序由机器指令序列实现。



厚德·博学·求是

中断隐指令：CPU 响应中断之后，经过某些操作，转去执行中断服务程序。这些操作是由硬件直接实现的，把它称为中断隐指令。中断隐指令并不是指令系统中的一条真正的指令，它没有操作码，所以中断隐指令是一种不允许、也不可能为用户使用的特殊指令。





● 工作过程

- CPU有传送要求时，启动外设后可处理其他事件，当外设准就绪后，通过中断的方式和CPU完成数据传送工作。

● 硬件要求

- 需要附加的中断控制电路。

● 特点

- 一定程度上实现了CPU和外设的并行工作；
- 中断操作过程增加了软硬件的开销，且每次数据传送只能传送一个字或一个字节的数据，数据传送效率低。

● 适用场合

- CPU与慢速外设之间的数据传送。
- 实时响应随机发生的主机内外部异常事件处理。



在中断处理过程中，通常用来保存断点及现场信息的是（ ）。

- A 中断向量表
- B 通用寄存器
- C 堆栈
- D 数据缓冲寄存器

 提交

在中断处理过程中，通常用来保存断点及现场信息的是（ ）。

- A 中断向量表
- B 通用寄存器
- C 堆栈
- D 数据缓冲寄存器

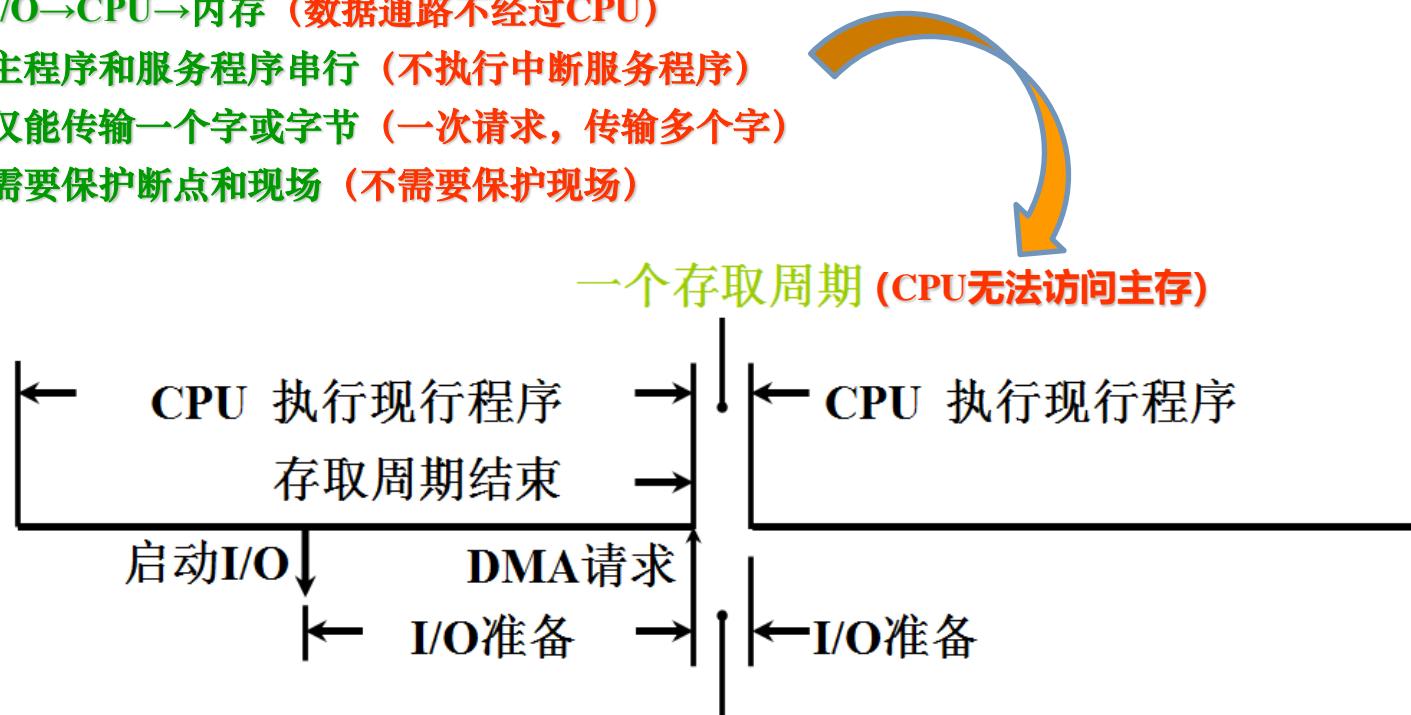
 提交



DMA输入输出方式

中断存在的缺点：

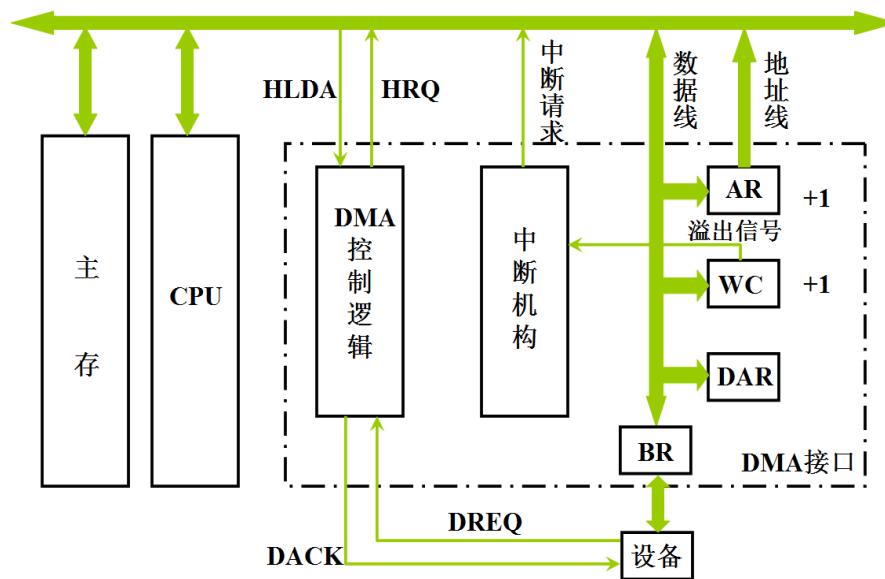
- (1) I/O→CPU→内存 (数据通路不经过CPU)
- (2) 主程序和服务程序串行 (不执行中断服务程序)
- (3) 仅能传输一个字或字节 (一次请求，传输多个字)
- (4) 需要保护断点和现场 (不需要保护现场)





DMA输入输出方式

DMA 接口组成



- (1) AR: 主存地址寄存器
- (2) WC: 字计数器
- (3) BR: 数据缓冲寄存器
- (4) DAR: 设备码/地址码寄存器 (启动设备)
- (5) 中断机构: 当字计数器溢出时, 表示一批数据传送完毕, 向CPU提出后处理中断请求。
- (6) DMA控制逻辑: 管理DMA的传送过程, 由控制电路、时序电路及命令状态控制寄存器等组成。





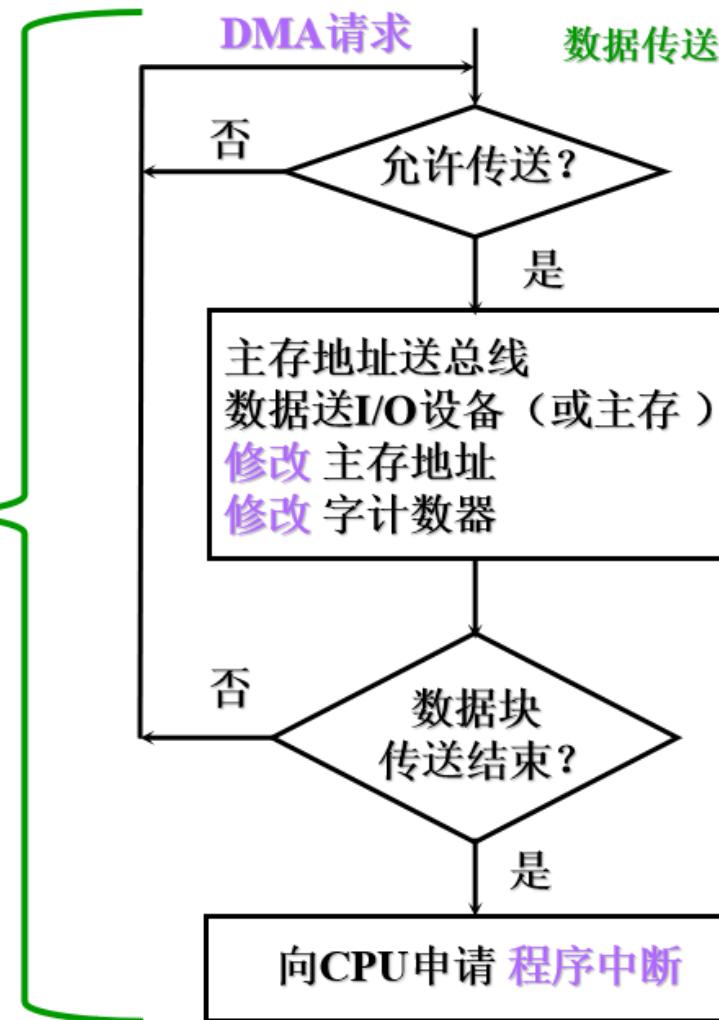
DMA输入输出方式

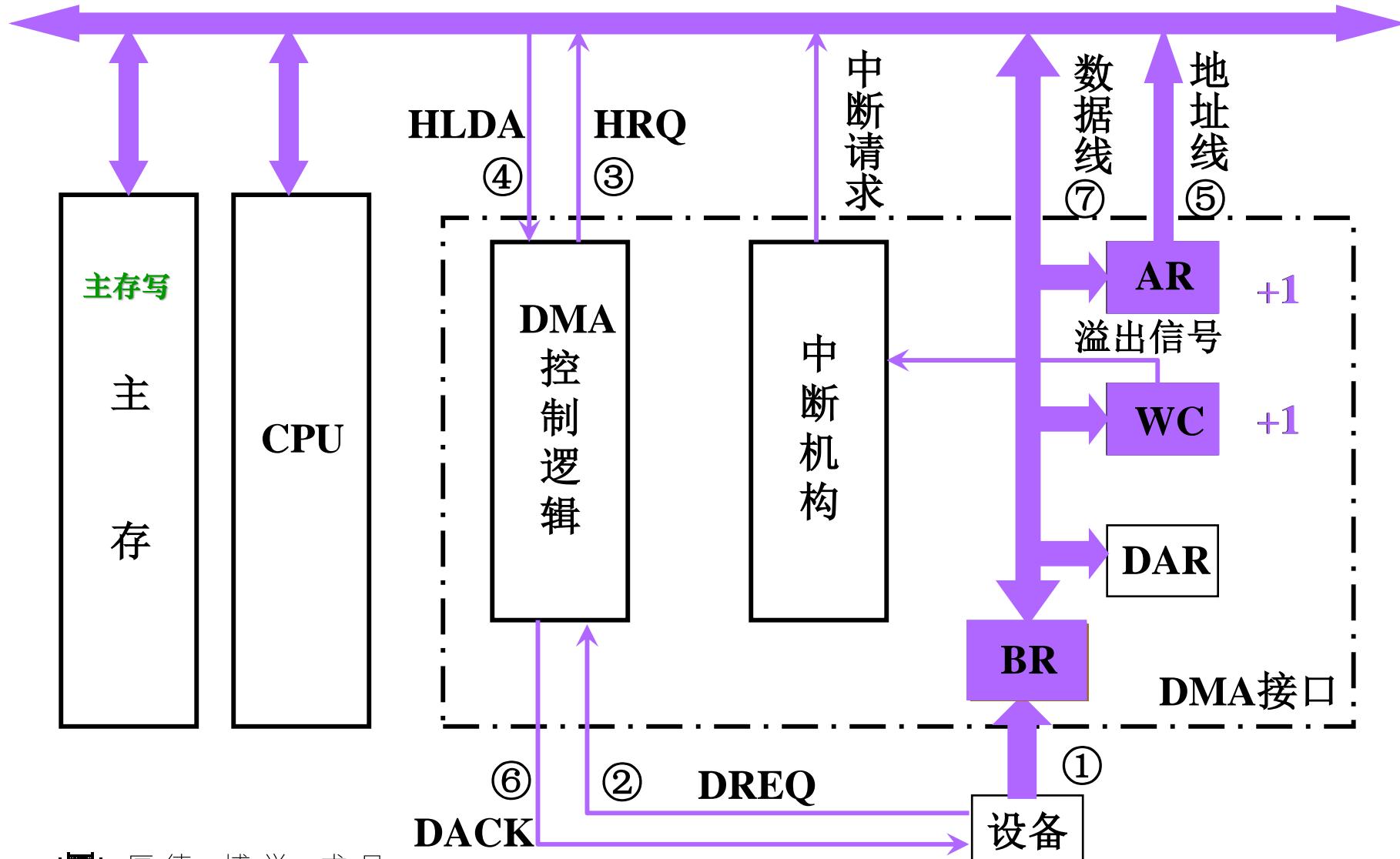
预处理 (CPU)：
主存起始地址 → AR
设备码 (地址) → DAR
传送数据字数 → WC
启动设备

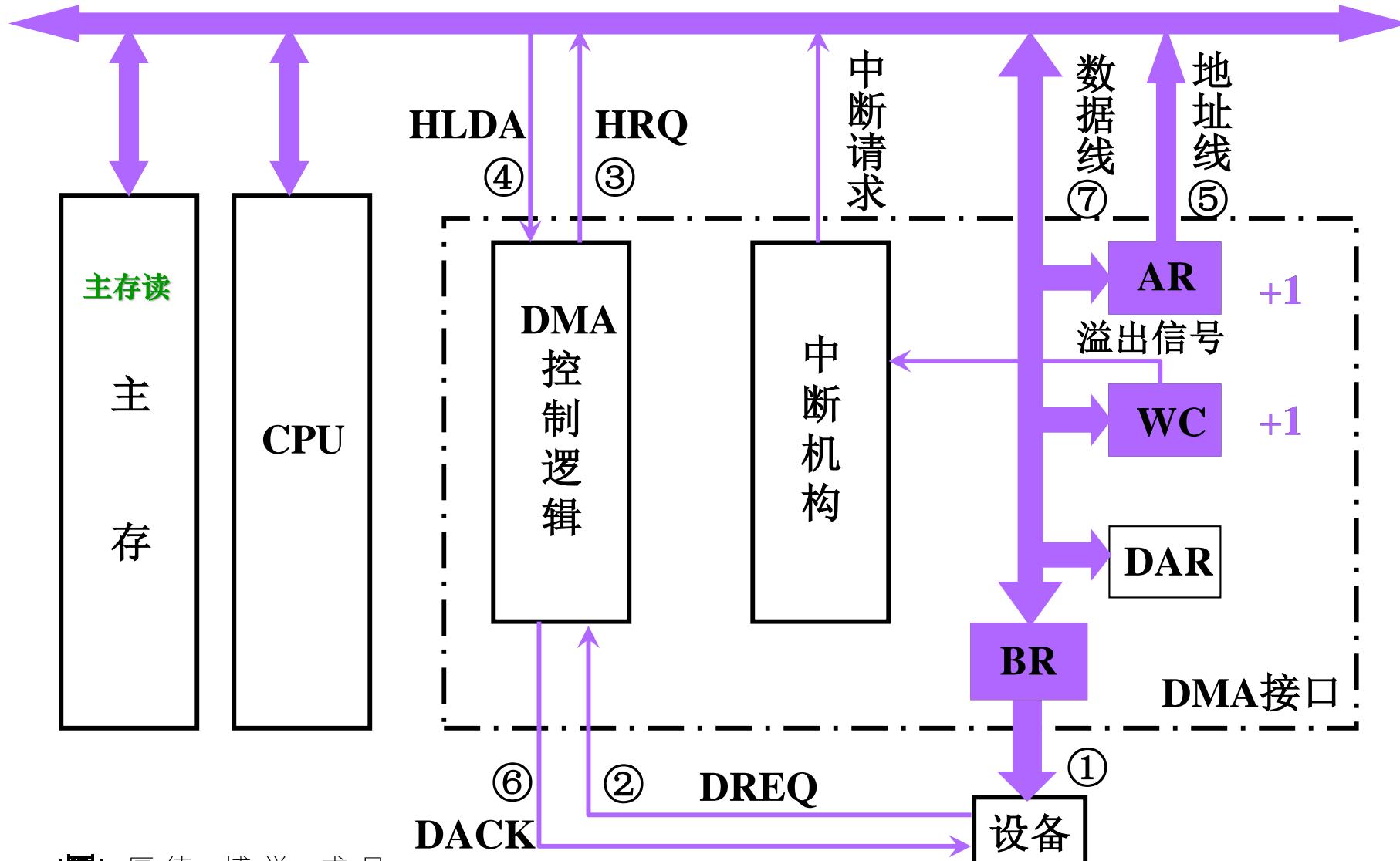
数据传送：
继续执行主程序
同时完成一批数据传送

后处理：
中断服务程序 数据校验
做 DMA 结束处理

继续执行主程序









DMA输入输出方式

● 工作过程

- CPU分配总线使用权之后，在硬件DMA控制器（DMAC）的控制下完成存储器与高速外设之间的大量数据的传送。

● 硬件要求

- 需要相应的DMA控制器及数据通路，电路结构复杂，硬件开销大。

● 特点

- 数据传送不需要经过CPU，直接由硬件控制；
- 外设与存储器之间的数据传送量大。

● 适用场合

- 包含有高速外设的系统中。



以下叙述中正确的是（ ）。

- A 中断方式一般用于处理随机出现的服务请求
- B 外部设备发出中断应立即得到CPU的响应
- C 中断方式可用于CPU向外部设备的请求
- D DMA也可用于在主存与主存之间传送数据

提交

以下叙述中正确的是（ ）。

- A 中断方式一般用于处理随机出现的服务请求
- B 外部设备发出中断应立即得到CPU的响应
- C 中断方式可用于CPU向外部设备的请求
- D DMA也可用于在主存与主存之间传送数据

提交

以下I/O控制方式中，主要由硬件而不是软件实现数据传送的方式是（ ）。

- A 程序查询方式
- B 程序中断方式
- C DMA方式
- D 无条件程序控制方式

 提交

以下I/O控制方式中，主要由硬件而不是软件实现数据传送的方式是（ ）。

- A 程序查询方式
- B 程序中断方式
- C DMA方式
- D 无条件程序控制方式

 提交

下列关于中断I/O方式和DMA方式比较的叙述中，错误的是()。

- A 中断I/O方式请求的是CPU处理时间，请求的是总线使用权
- B 中断响应发生在一条指令执行结束后，DMA响应发生在一个总线事务完成后
- C 中断I/O方式下数据传送通过软件完成，DMA方式下数据传送通过硬件完成
- D 中断I/O方式适用于所有外部设备，DMA方式仅适用于快速外部设备

下列关于中断I/O方式和DMA方式比较的叙述中，错误的是()。

- A 中断I/O方式请求的是CPU处理时间，请求的是总线使用权
- B 中断响应发生在一条指令执行结束后，DMA响应发生在一个总线事务完成后
- C 中断I/O方式下数据传送通过软件完成，DMA方式下数据传送通过硬件完成
- D 中断I/O方式适用于所有外部设备，DMA方式仅适用于快速外部设备



有问题欢迎随时跟我讨论

办公地点：西校区信息馆423

邮 箱：gddu@ysu.edu.cn

