



9.4 程序中断方式与接口

在计算机系统中，中断方式是一个非常重要的处理机制。

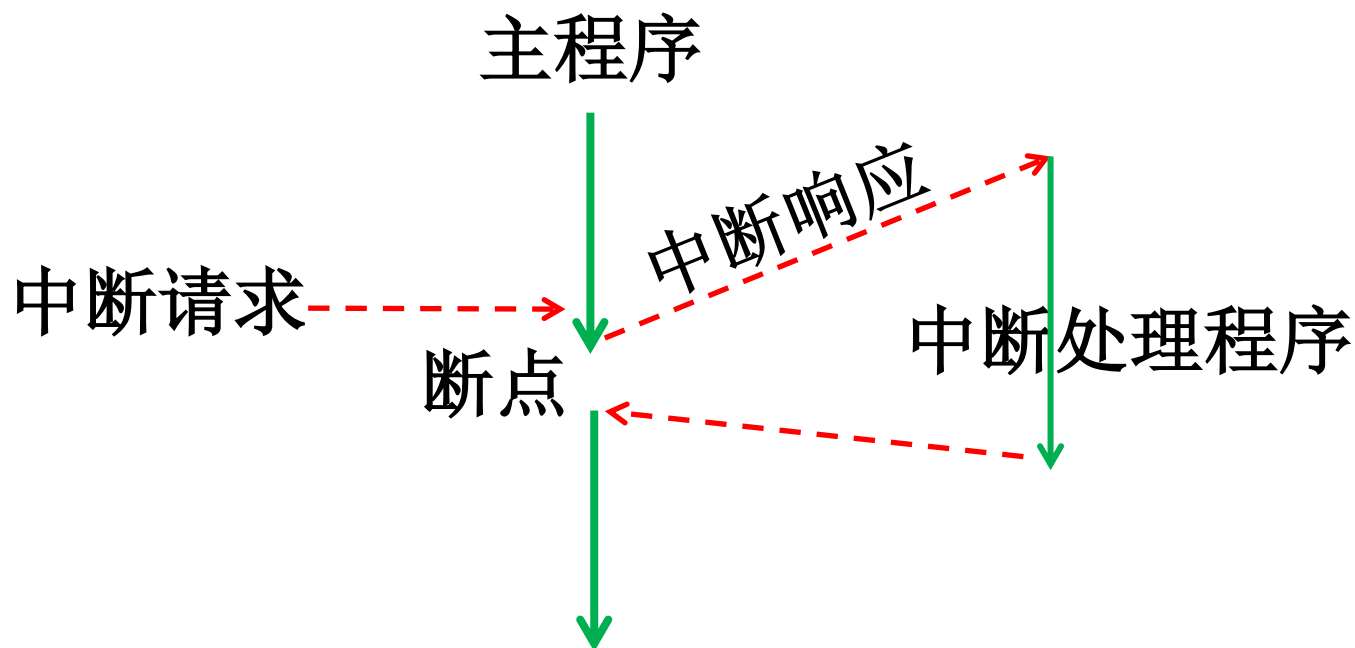
在多任务操作系统、分时操作系统、程序调试、人机交互、故障处理等计算机系统管理方面起着重要的作用。



9.4.1 中断基本概念

1 中断含义

CPU暂时中止现程序的执行，转去执行为某个随机事件服务的中断处理程序。处理完毕后自动恢复原程序的执行。





2 实质与特点

(1) 实质

程序切换 { 方法: 保存断点, 保护现场
恢复现场, 返回断点
时间: 一条指令结束时切换
保证程序的完整性

(2) 特点

随机性 { 随机发生的事态 (按键、故障)
有意调用, 随机请求与处理的事态 (调用打印机)
随机插入的事态 (软中断指令可插入程序任何位置)



注意中断与转子程序的区别：

- 子程序的执行由程序员事先安排,而中断服务程序的执行则是由随机中断事件触发。
- 子程序的执行受主程序或上层程序控制,而中断服务程序一般与被中断的现行程序无关。
- 一般不存在同时调用多个子程序的情况,但可能发生多个外设同时向CPU发出中断服务请求的情况。



3 中断分类

中断源：引起中断的原因或事件

(1) 硬中断与软中断

硬中断：由硬件请求信号引发中断

软中断：由软中断指令（INT）引发中断

(2) 内中断与外中断

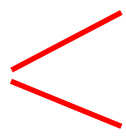
内中断：中断源来自主机内部

比如：除法错、溢出.....

外中断：中断源来自主机外部

比如打印机、键盘等外设

(3) 可屏蔽中断与非屏蔽中断

中断允许标志位：IF  $=1$, 开中断
 $=0$, 关中断

可屏蔽中断：可通过屏蔽字屏蔽请求；关中断时不响应请求。

非屏蔽中断：与屏蔽字无关；请求的响应与开/关中断无关。

(4) 向量中断与非向量中断

根据中断源获取服务程序入口地址

{ 非向量中断：由软件查询提供服务程序入口地址
向量中断：由硬件直接提供服务程序入口地址

向量中断相关的几个概念:

中断类型码: 每个中断源对应的编号

中断向量: 中断服务程序入口地址

中断向量表: 存放各中断服务程序的入口地址的单元

向量地址: 访问中断向量表的地址码,可通过中断类型码计算得到

例.模型机中断向量表

(从主存2#单元开始安排)

M按字编址。一个入口地址16位, 占一个编址单元。

向量地址 = 中断号 + 2

(单元地址)

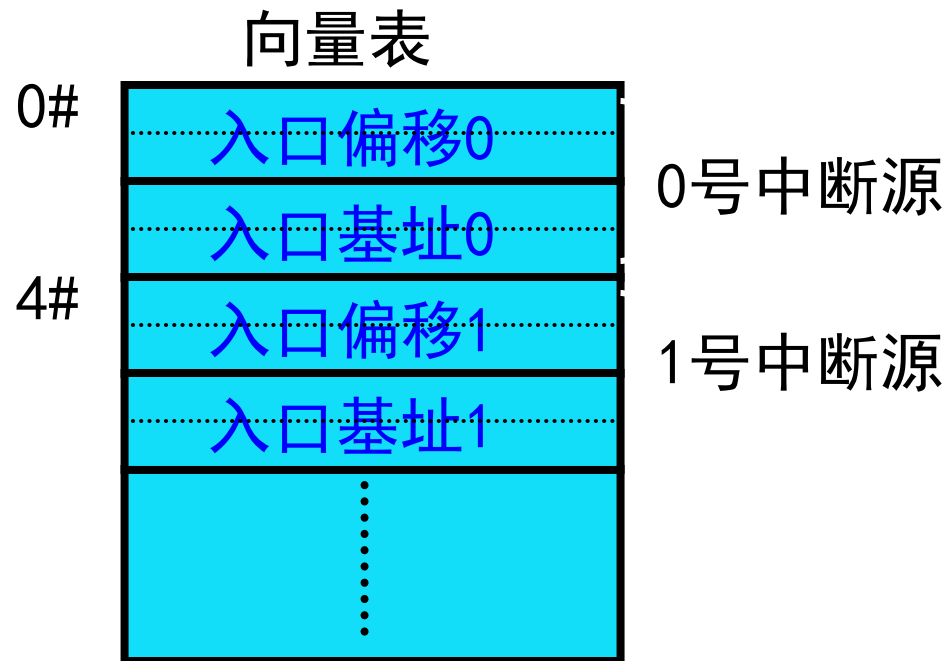
向量表		
2#	入口地址0	0号中断源
3#	入口地址1	1号中断源
	⋮	

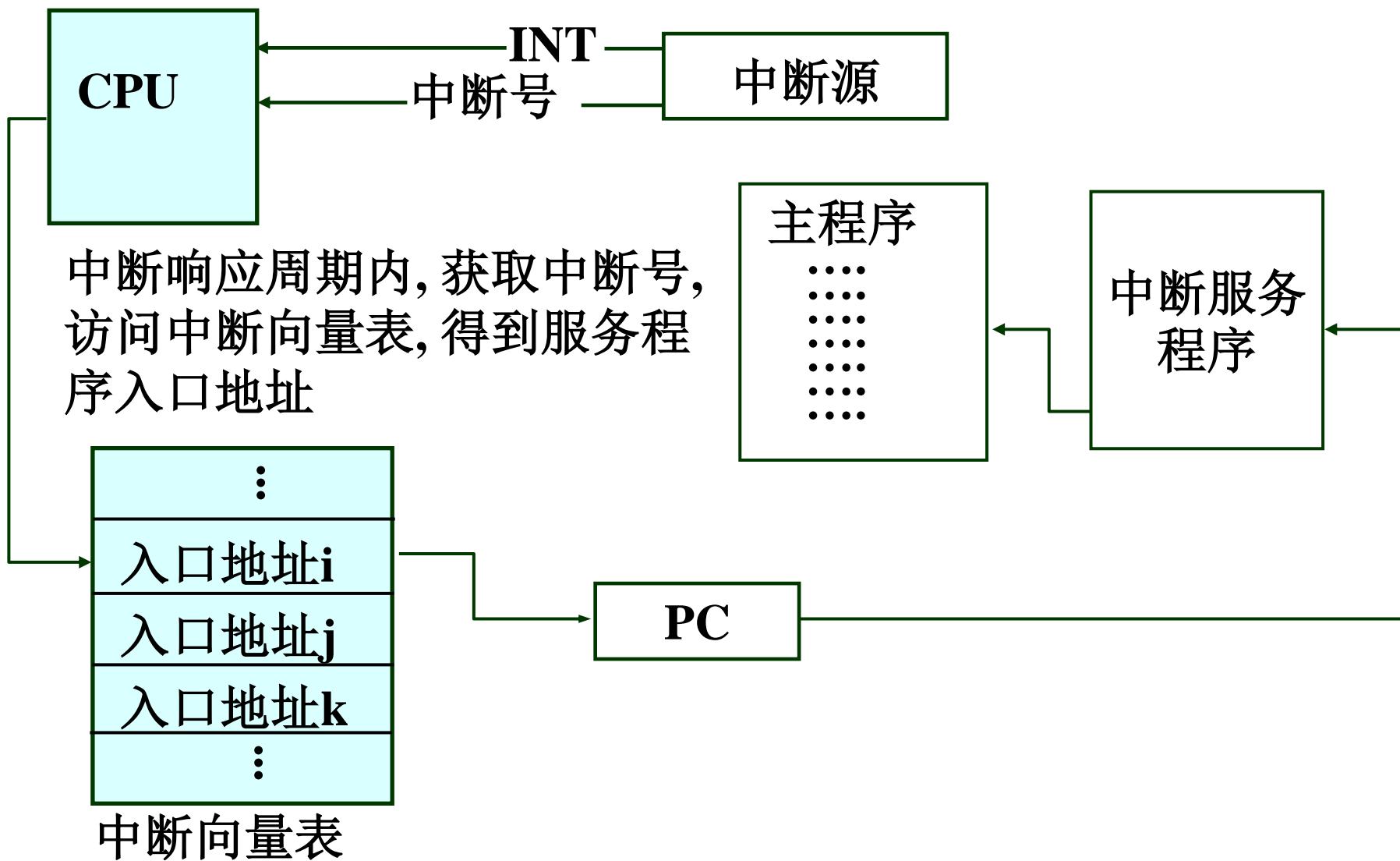


例. IBM PC向量表, (从主存0#单元开始安排)

M按字节编址。一个入口地址32位, 占4个编址单元。

向量地址 = 中断号 \times 4





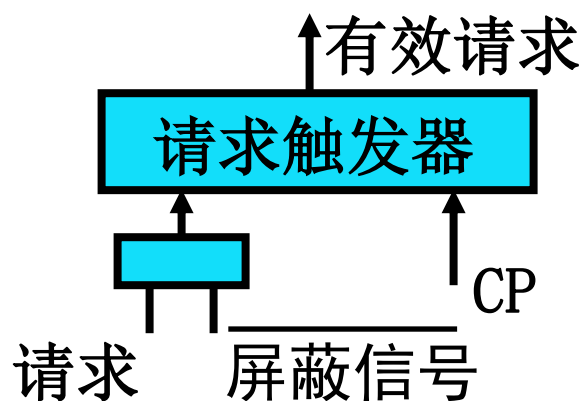


9.4.2 外中断全过程

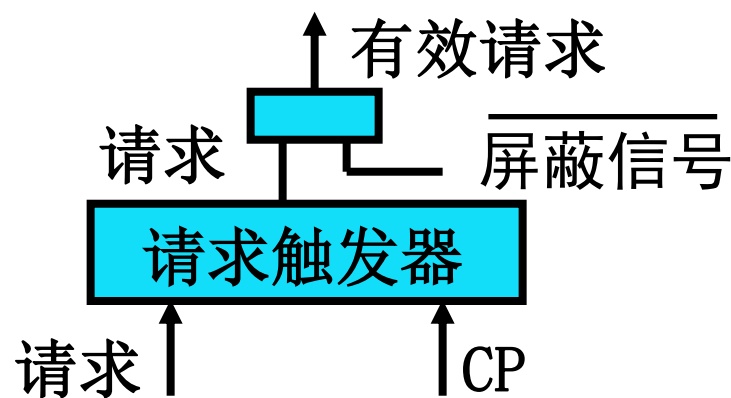
1 中断请求的提出与传递

(1) 中断请求的产生

条件 { 外设中断请求：“请求”标志为1
CPU允许请求，且未被屏蔽，如屏蔽信号为1



先“屏蔽”，后请求

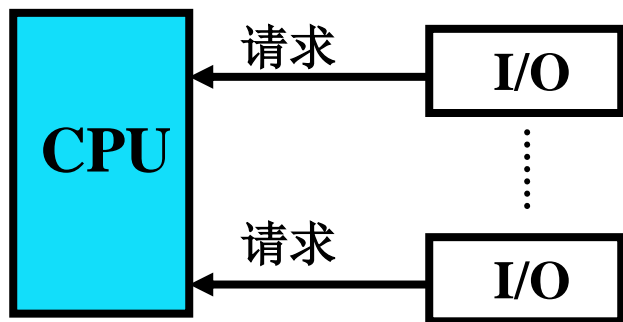


先请求，后“屏蔽”

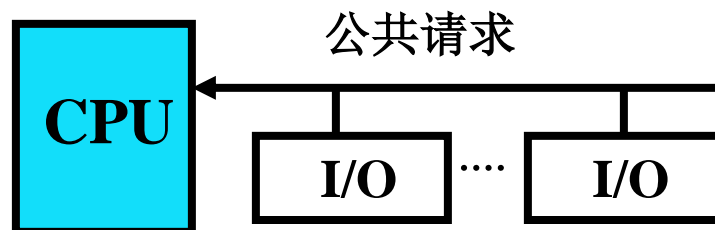


(2) 中断请求的传送

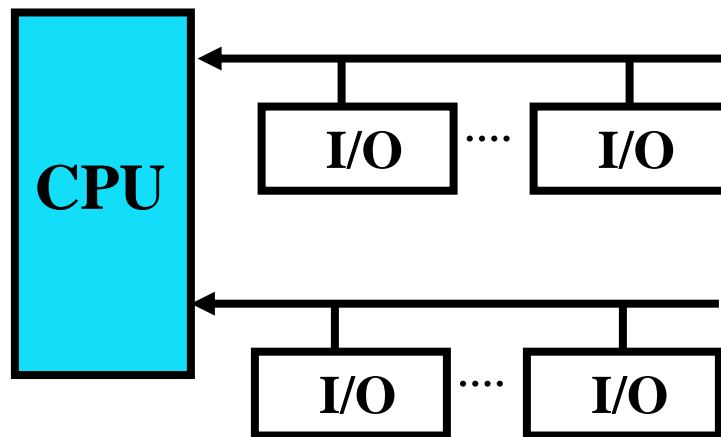
1) 使用单独请求线



2) 使用公共请求线



3) 混合传送方式



2 中断请求优先级判段

(1) 优先顺序： 故障、内中断、DMA、外中断

基本原则： 高速操作优于低速操作，输入优于输出

(2) CPU现行程序与外设请求的判优

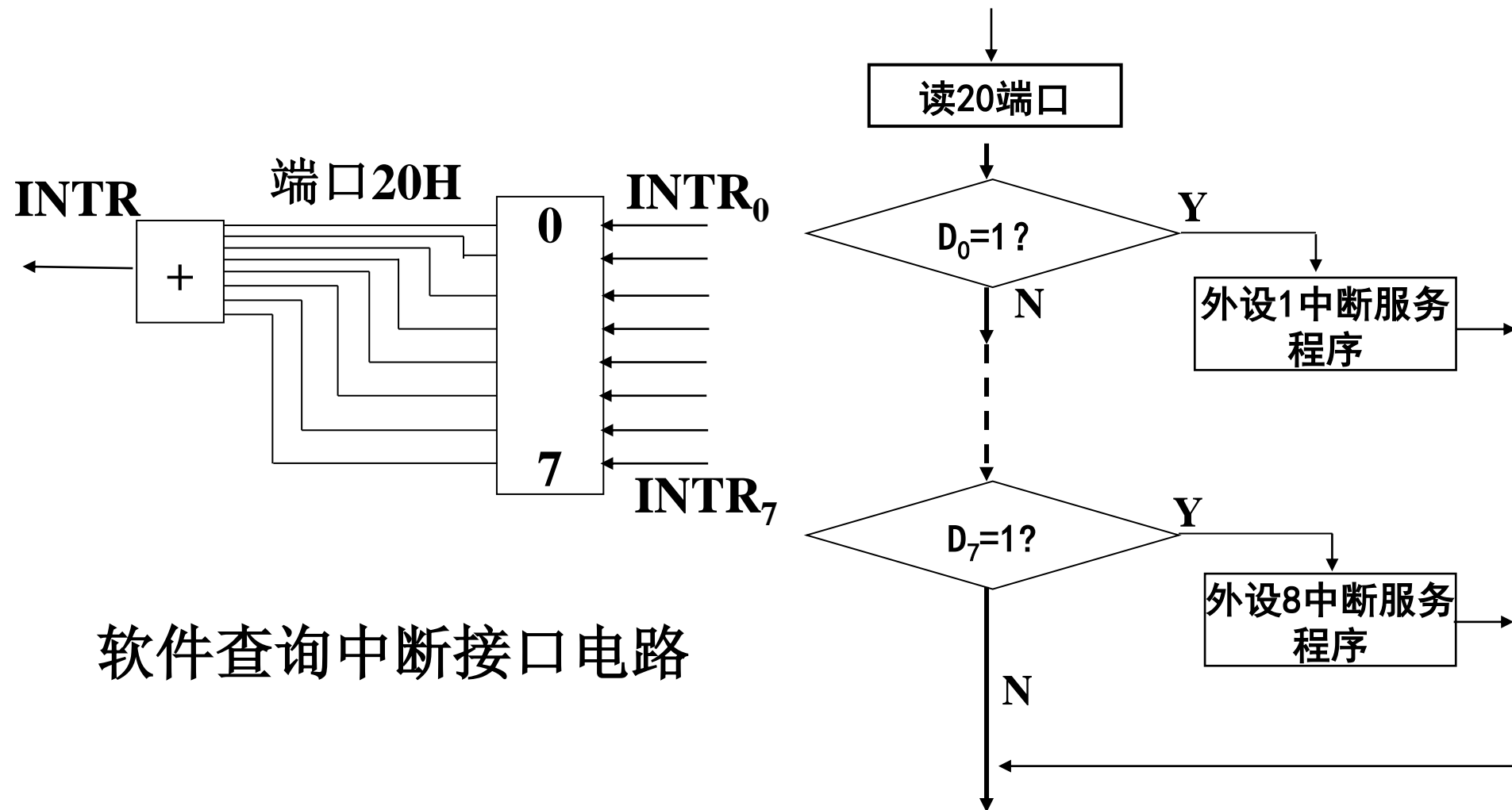
1) CPU设置允许中断标志 $\begin{cases} =1, & \text{开中断} \\ =0, & \text{关中断} \end{cases}$ (模型机)

2) CPU设置程序状态字的优先级字段

为现行程序
赋予优先级 $\begin{cases} < \text{外设请求优先级, 响应} \\ \geq \text{外设请求优先级, 不响应} \end{cases}$

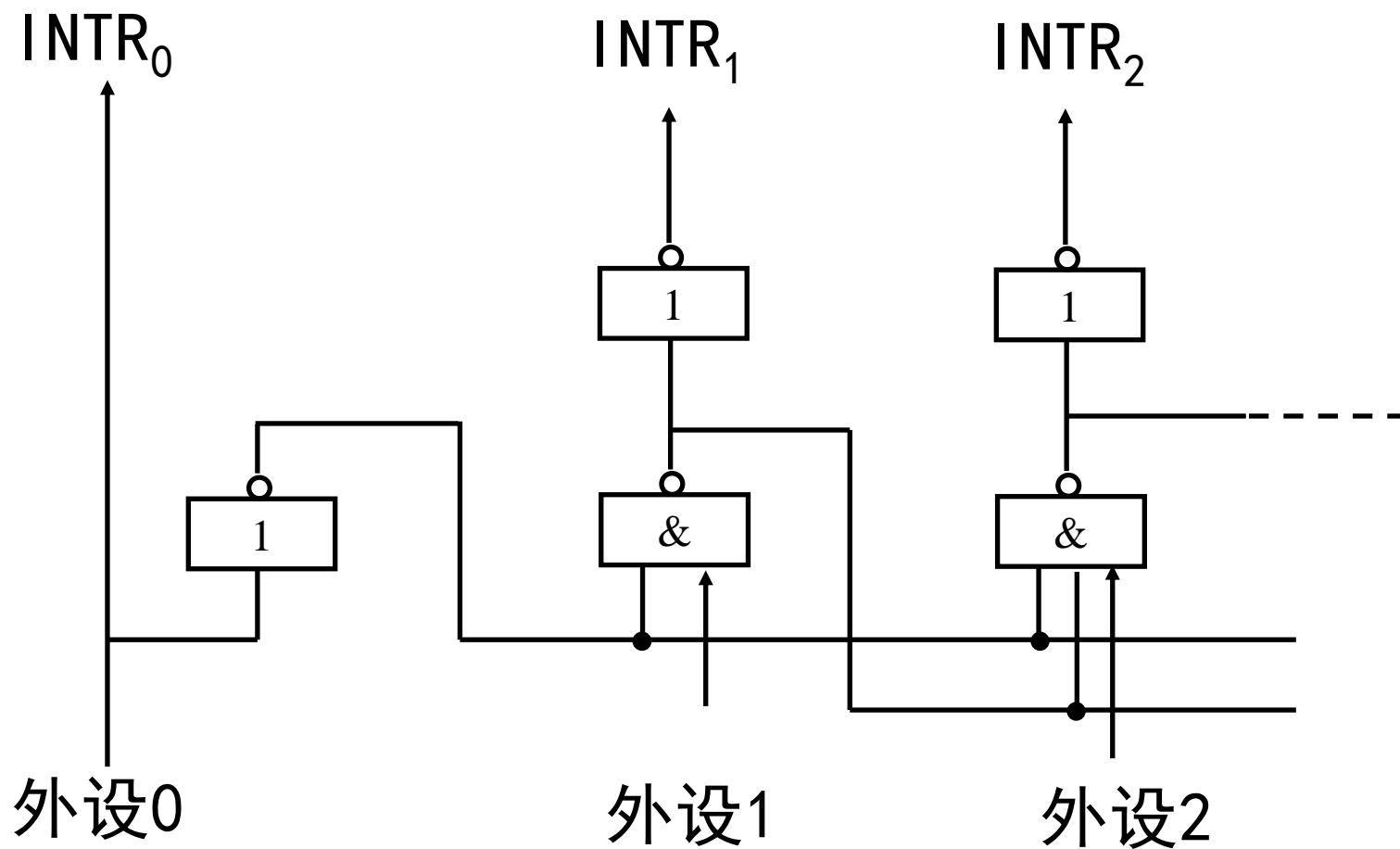
(3) 各外设请求的判优

1) 软件判优：由程序查询顺序确定优先级



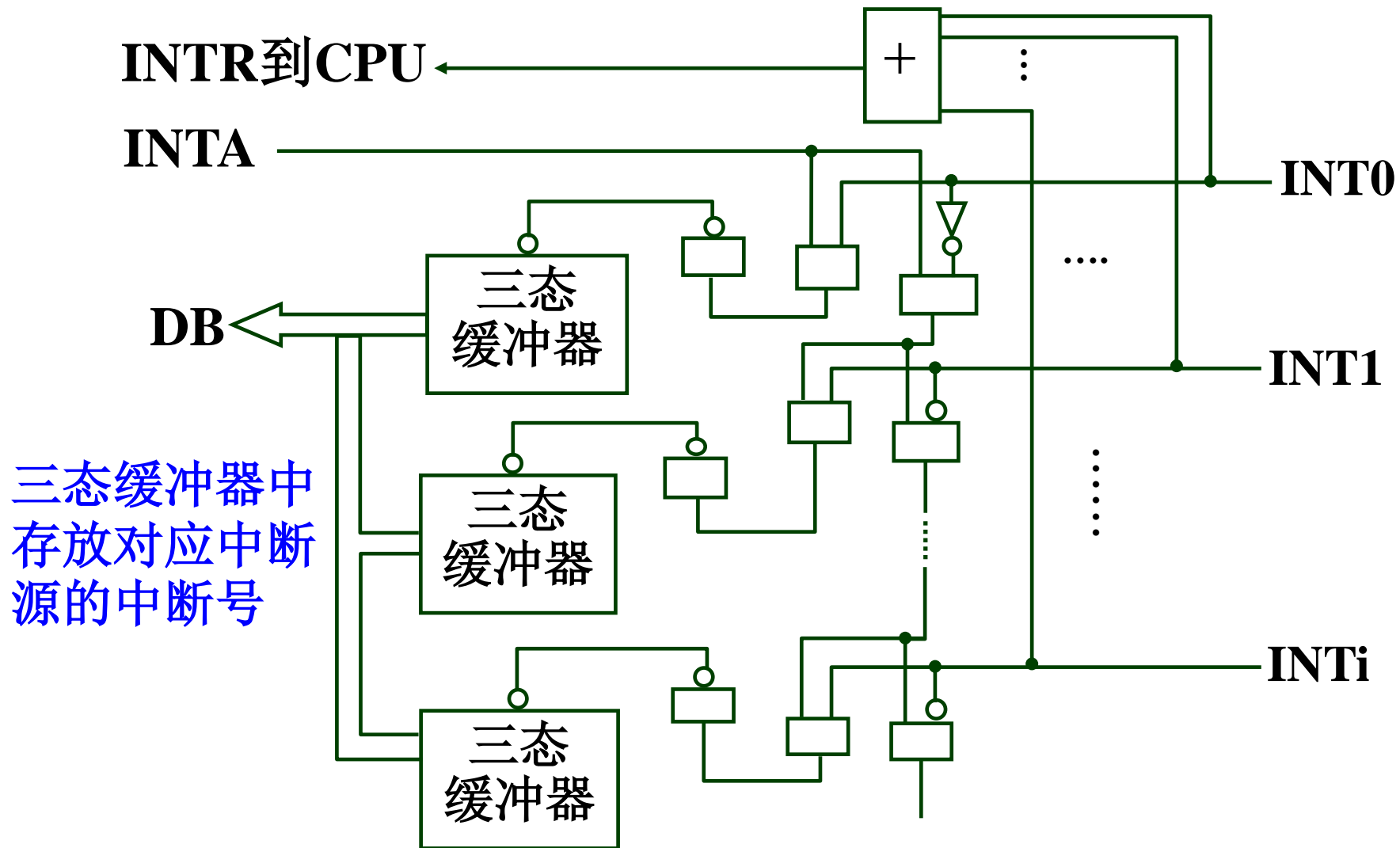
2) 硬件判优

①一种采用独立请求线的并行判优逻辑





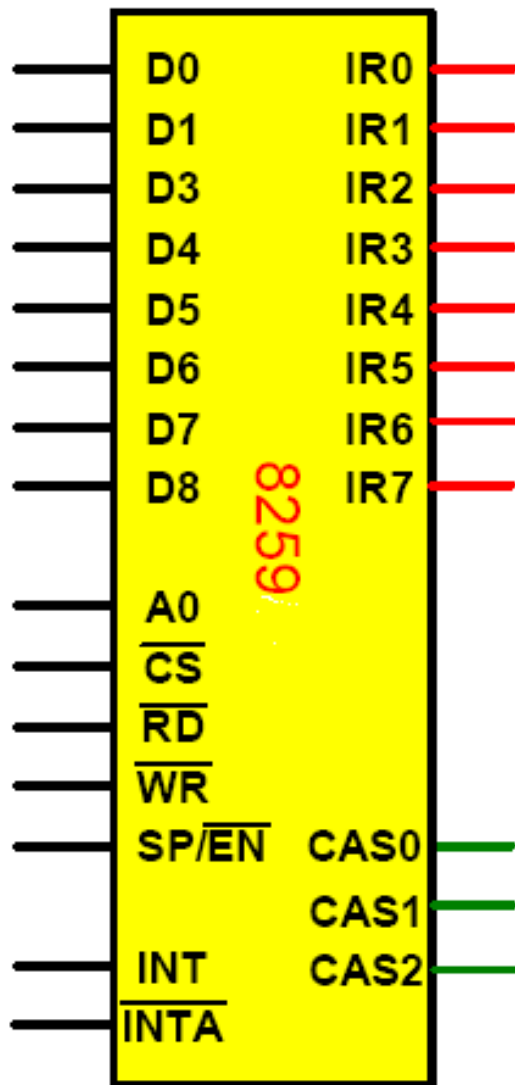
②链式优先权判优逻辑





③专用芯片硬件判优——中断控制器(8259)

集中解决请求信号的接收、屏蔽、判优、编码等问题





3

中断响应

(1) 响应条件

外设有请求，且未被屏蔽；

CPU开中断；

中断源优先级高于当前程序的优先级；

一条指令(非停机)结束，即ET之后。

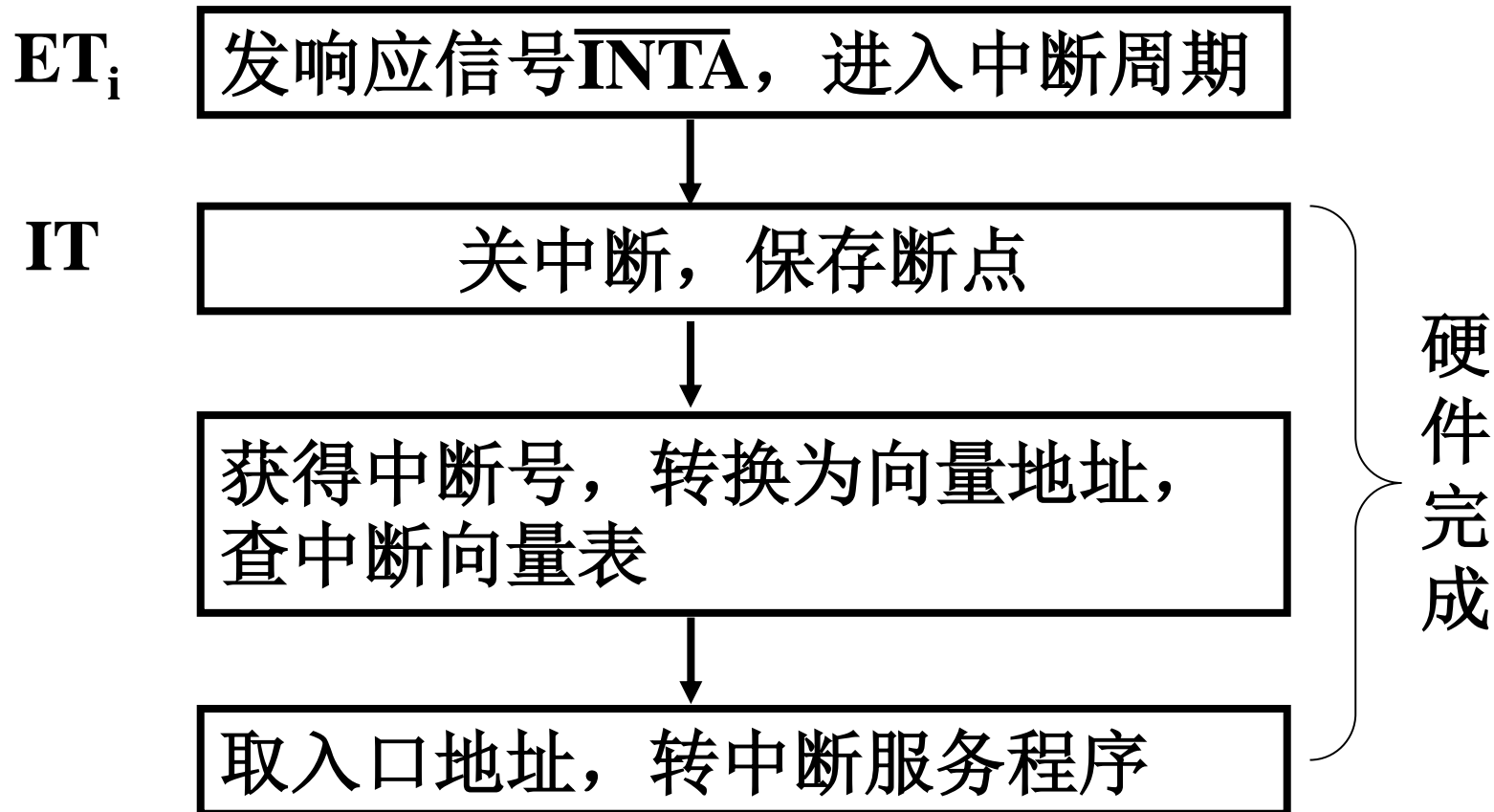
(2) 进入中断周期

安排一个过渡周期，位于主程序与中断服务程序之间，为转到中断服务程序做准备。



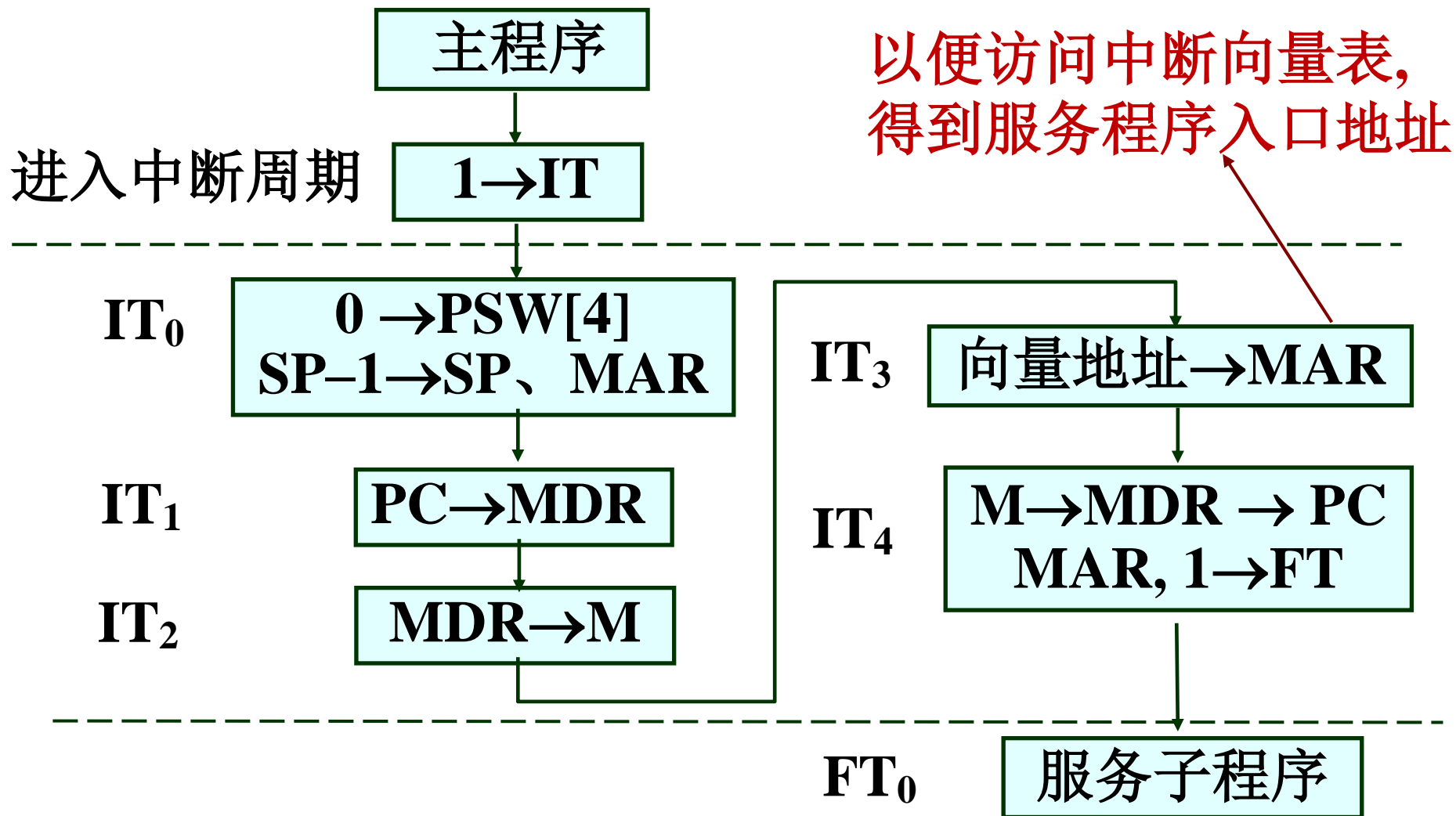
(3) 响应过程（硬件自动完成）

以向量中断方式（单级中断）为例：





中断周期 IT（过渡周期依靠硬件实现）



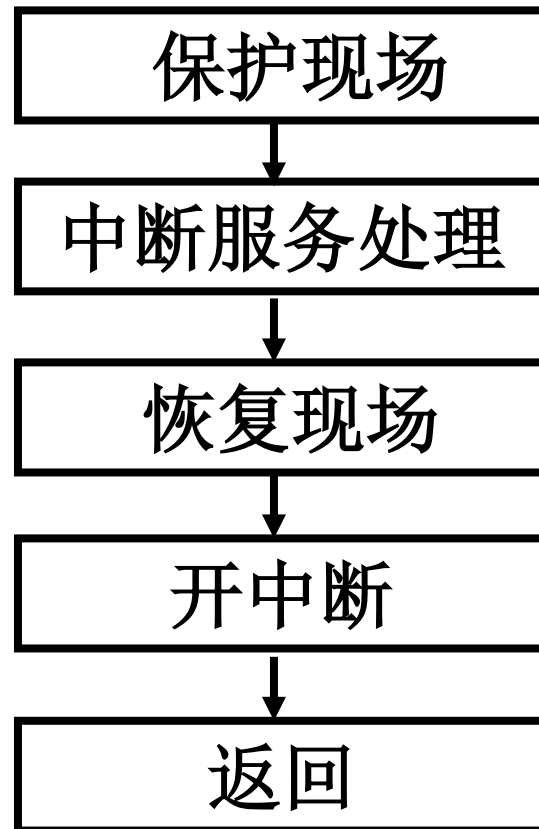


4

中断处理

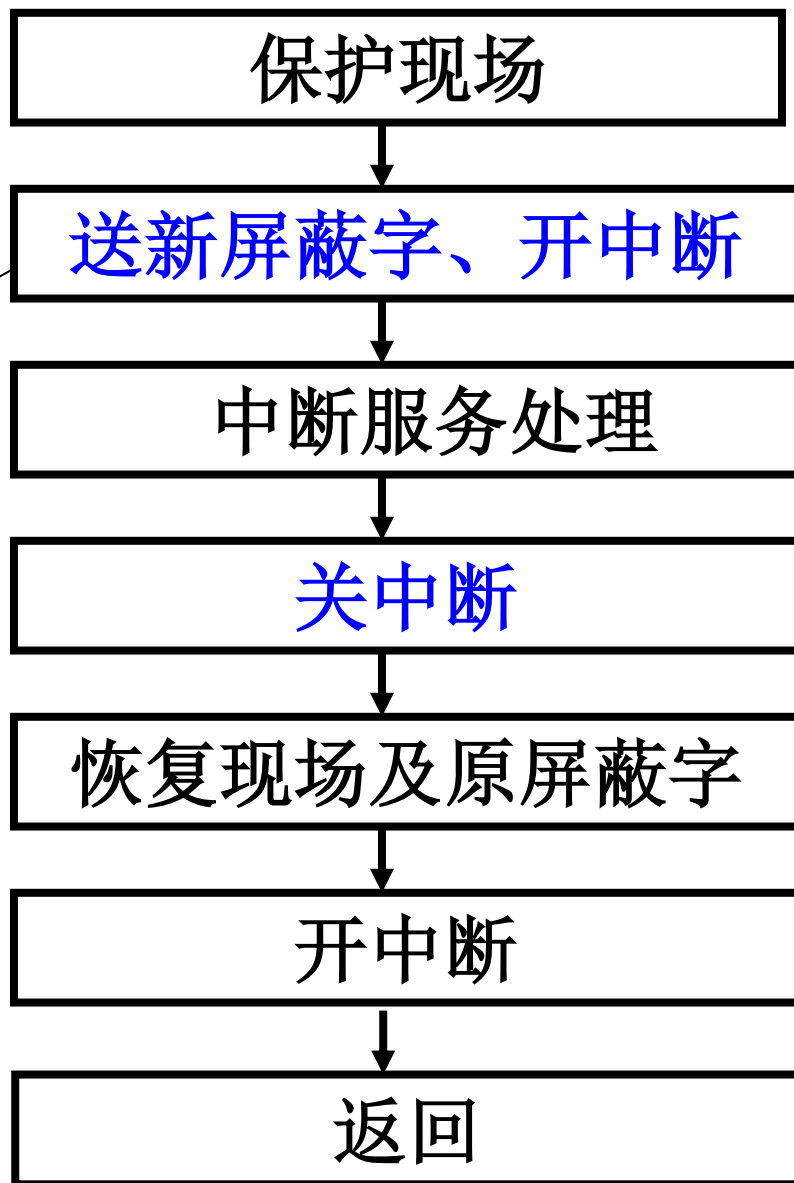
主要任务：**CPU**执行中断服务程序

单级中断流程：



多重中断流程:

禁止同级或更低级别的请求,
开放更高级别的请求



9.4.3 中断接口模型

1.组成（寄存器级）

（1）寄存器选择电路

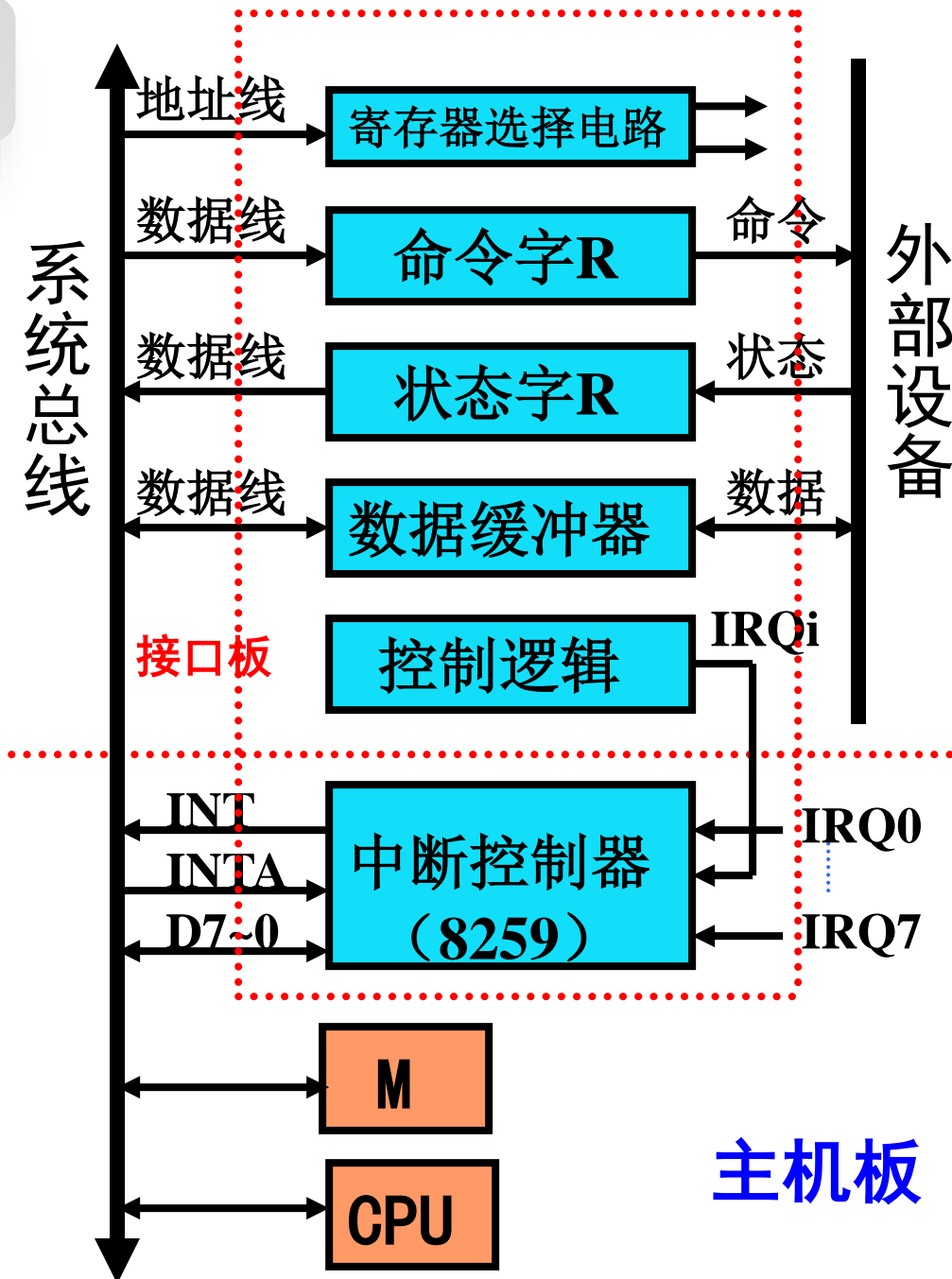
对接口寄存器寻址。

（2）命令字寄存器

接收CPU发向外设的命令字，转换为相应操作命令送外设。

命令字格式的拟定：

用代码表示各种命令



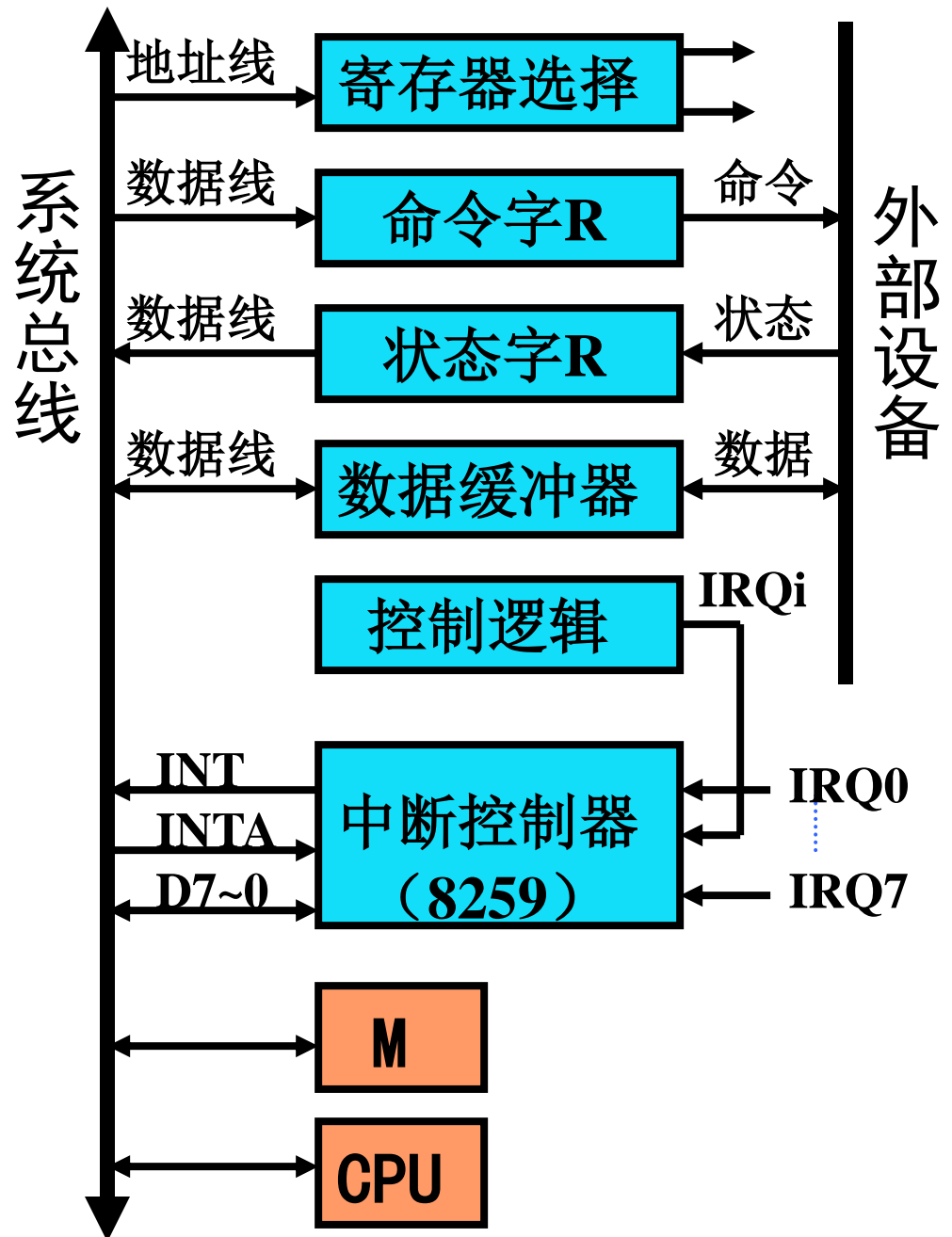


(3) 状态字寄存器

反映设备和接口的运行状态。

(4) 数据缓冲器

传送数据，实现缓冲





(5) 控制逻辑

请求信号产生逻辑

电平转换逻辑

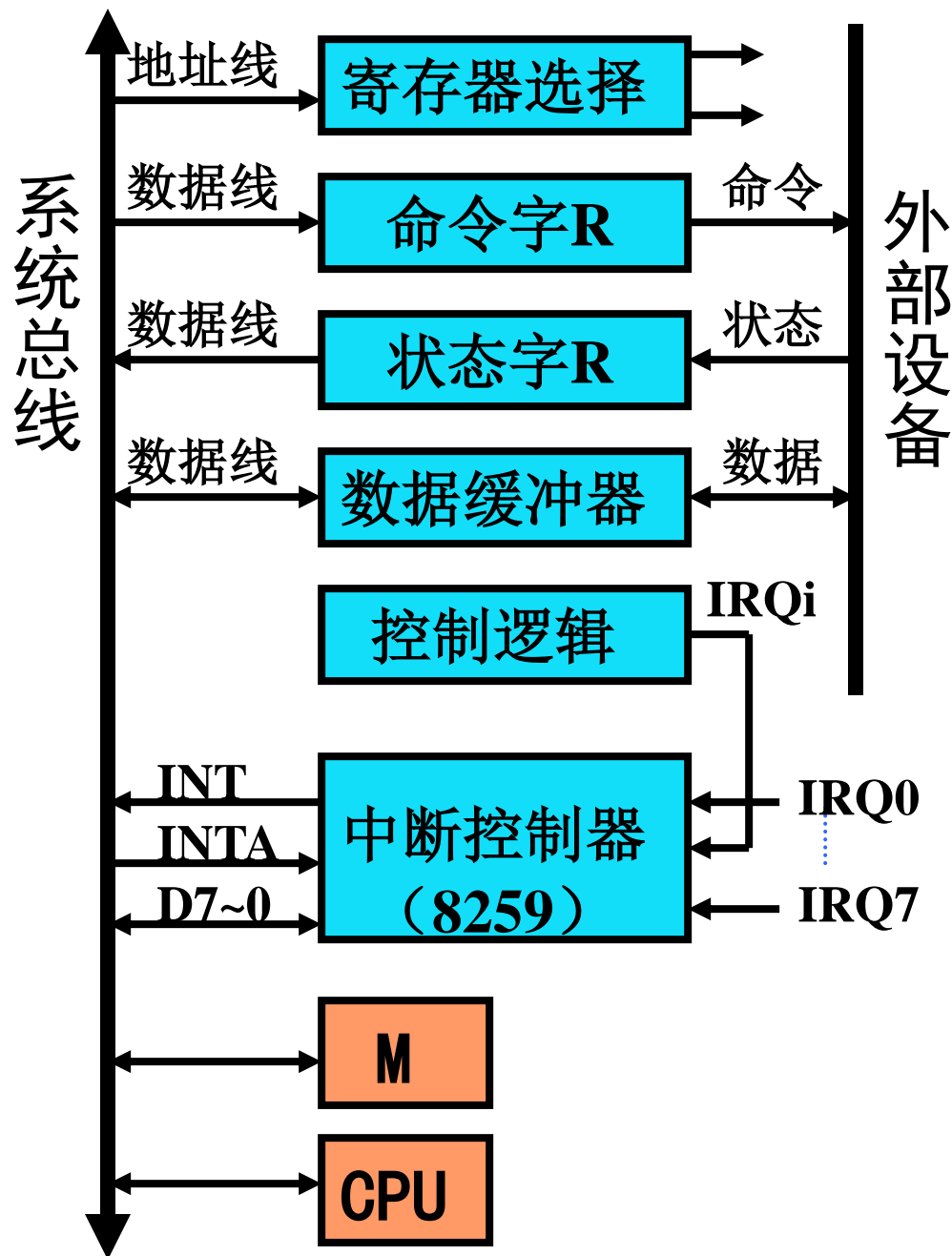
串-并转换逻辑(串口)

扩展中断源

(6) 公用中断控制器

接收外设请求，判优，
送出公共请求INT；

接收中断批准INTA，
送出中断号（中断类型码）



2.工作过程（外中断）

(1)初始化:设置工作方式、屏蔽字、分配中断类型码等

(2)启动设备(送命令字)

(3)设备请求中断

(4)中断控制器汇集各请求,向CPU送INT

(5)CPU响应,发INTA

(6)中断控制器送出中断号

(7)CPU执行中断隐指令,转中断服务程序

