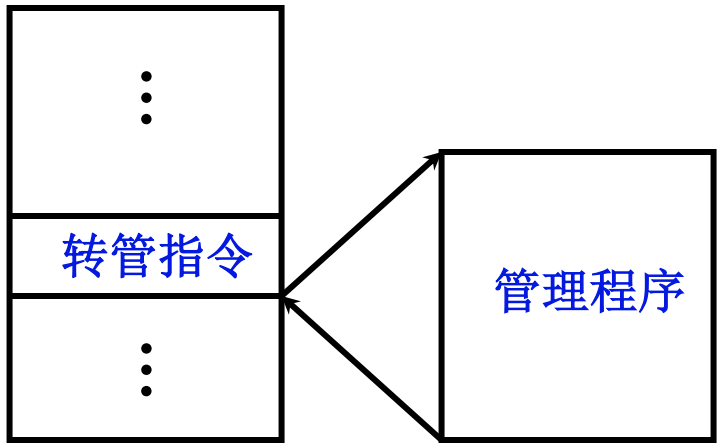
8.4 中断系统

一、概述

1. 引起中断的各种因素

(1) 人为设置的中断

如　转管指令



(2) 程序性事故　溢出、操作码不能识别、除法非法

(3) 硬件故障

(4) I/O 设备

(5) 外部事件　　用 键盘中断 现行程序

2. 中断系统需解决的问题

8.4

(1) 各中断源 如何 向 CPU 提出请求？

(2) 各中断源 同时 提出 请求 怎么办？

(3) CPU 什么 条件、什么 时间、以什么 方式

响应中断？

(4) 如何 保护现场？

(5) 如何 寻找入口地址？

(6) 如何 恢复现场，如何 返回？

(7) 处理中断的过程中又 出现新的中断 怎么办？

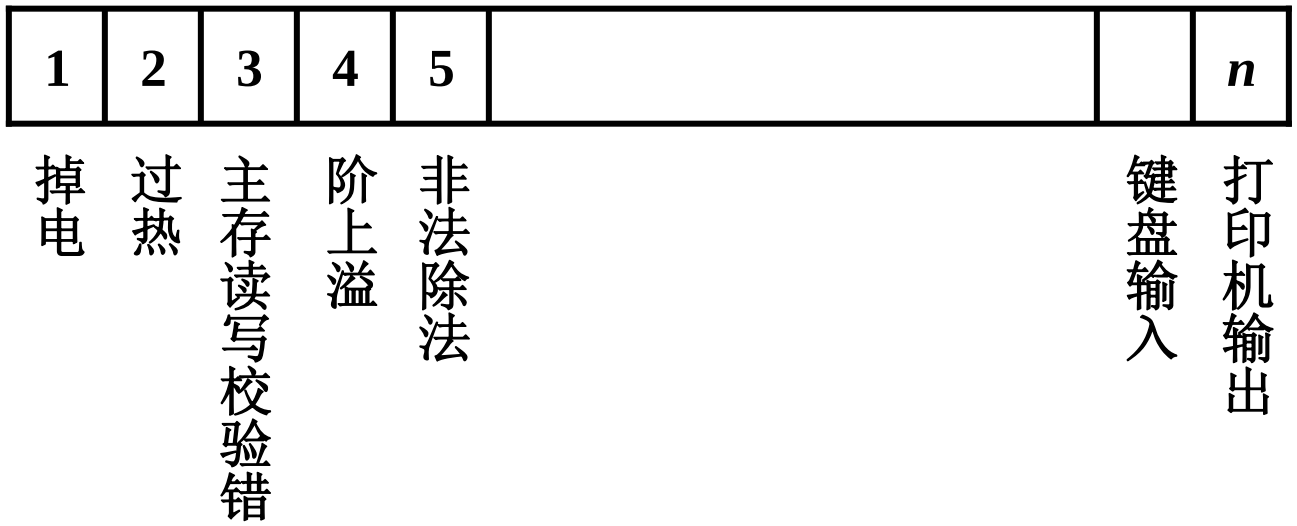
硬件 + 软件

二、中断请求标记和中断判优逻辑 8.4

1. 中断请求标记 INTR

一个请求源 一个 INTR 中断请求标记触发器

多个INTR 组成 中断请求标记寄存器



INTR 分散 在各个中断源的 接口电路中

INTR 集中 在 CPU 的中断系统 内

2. 中断判优逻辑

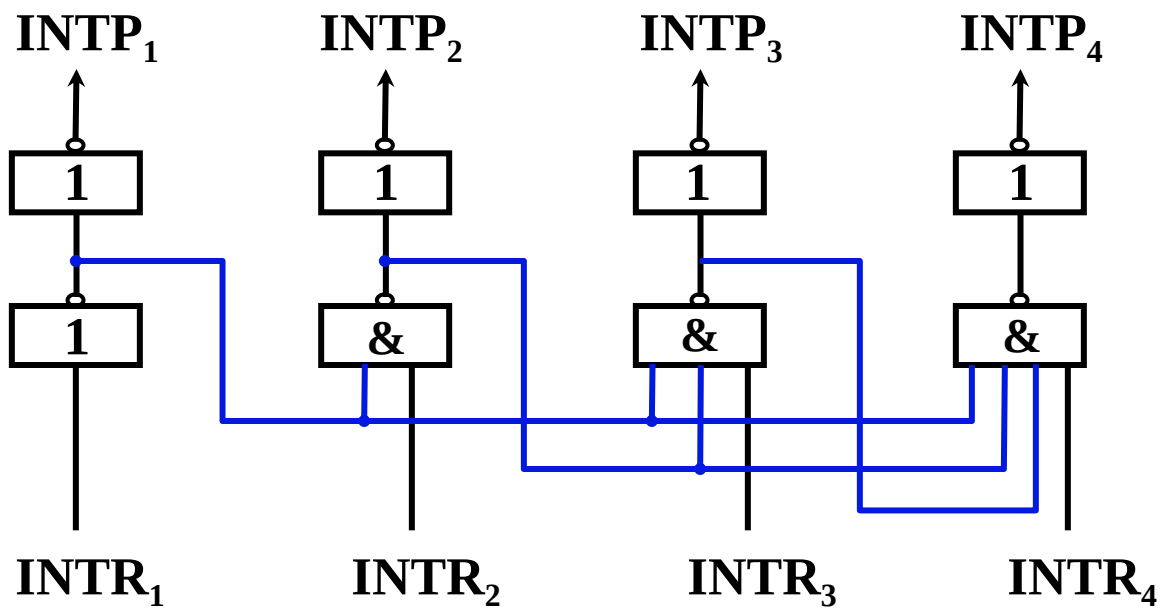
8.4

(1) 硬件实现（排队器）

① 分散 在各个中断源的 接口电路中　链式排队器

参见 第五章

② 集中 在 **CPU** 内



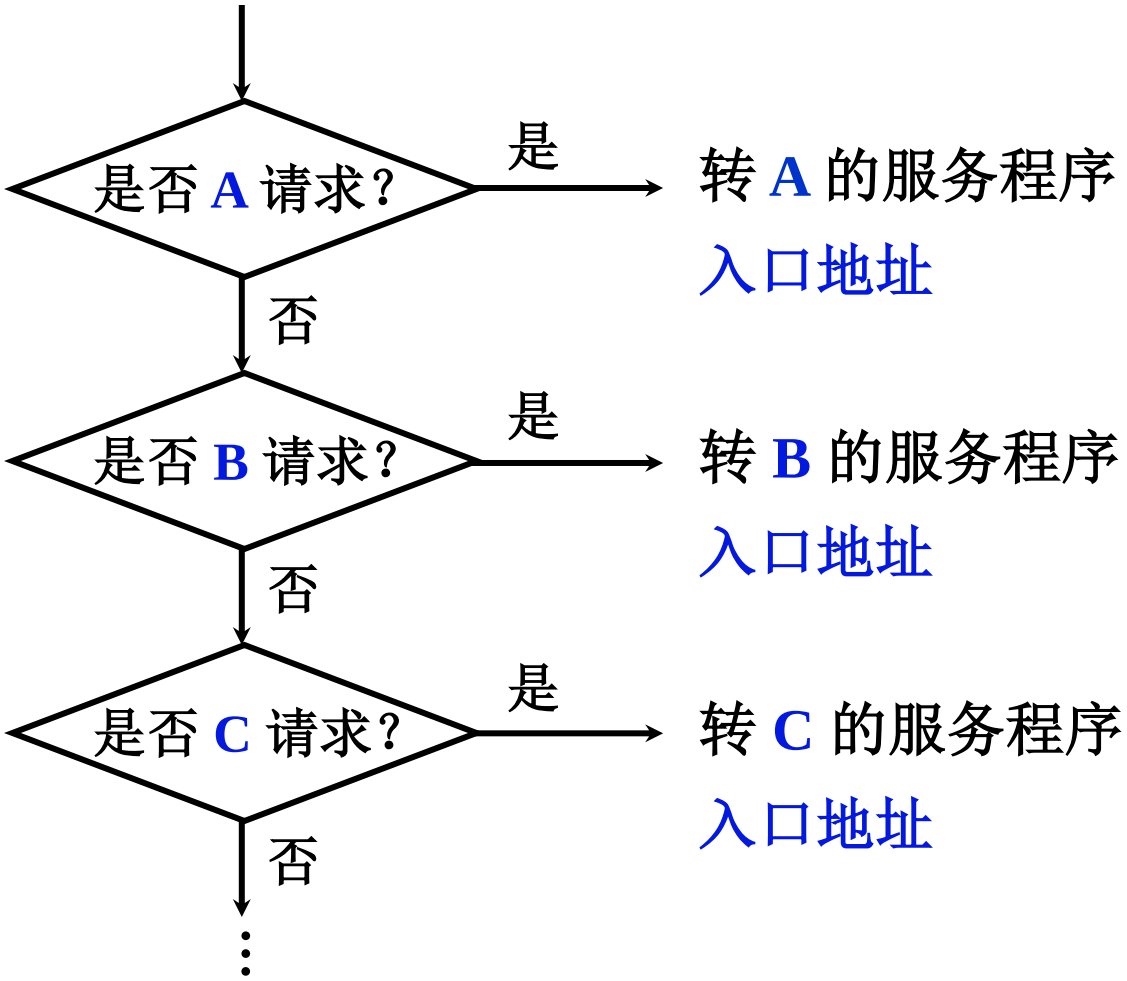
$INTR_1$、$INTR_2$、$INTR_3$、$INTR_4$ 优先级 按 降序 排列

如果有多个中断请求怎么办？

响应哪一个？

(2) 软件实现（程序查询）

A、B、C 优先级按 降序 排列

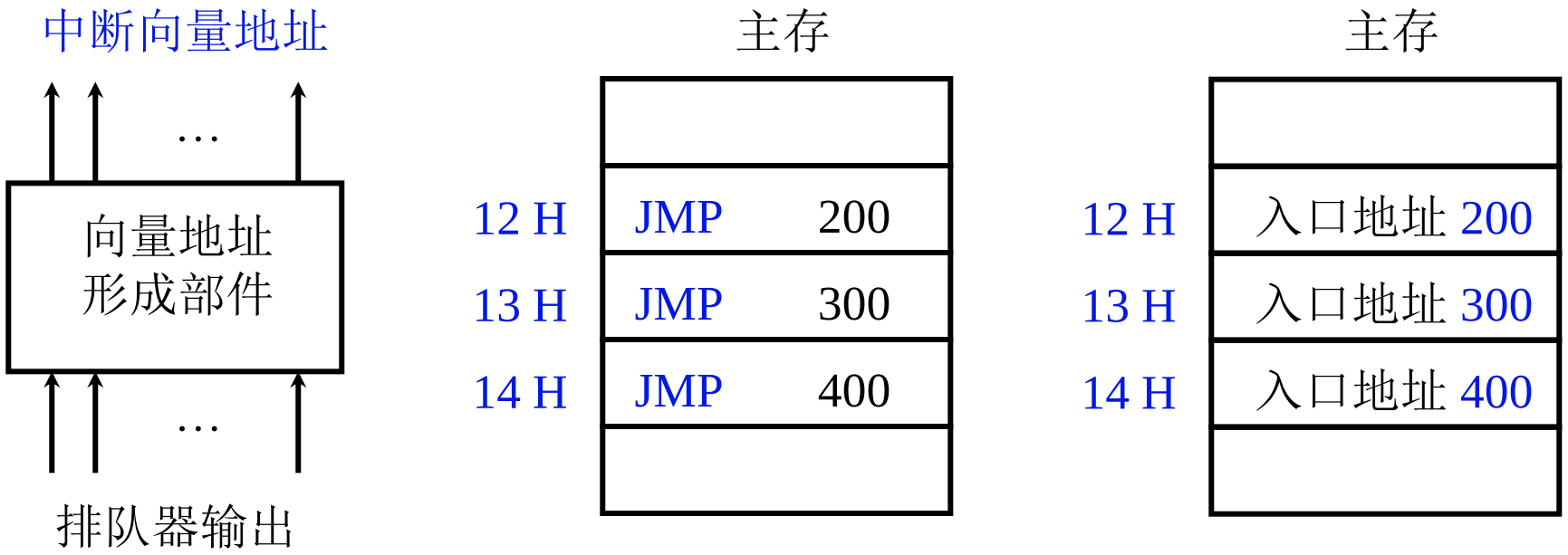


三、中断服务程序入口地址的寻找 8.4

1. 硬件向量法

如何找到中断服务程序的入口地址？

知道了要响应的中断源，才能确定要执行那个中断服务程序



向量地址　12H、13H、14H

入口地址　200、 300、 400

2. 软件查询法

8.4

八个中断源 1，2，…　8 按 降序 排列

中断识别程序（入口地址 M）

地 址	指 令	说 明
M	SKP DZ $1^{\#}$	$1^{\#}$ D = 0 跳（D为完成触发器）
	JMP $1^{\#}$ SR	$1^{\#}$ D = 1 转$1^{\#}$ 服务程序
	SKP DZ $2^{\#}$	$2^{\#}$ D = 0 跳
	JMP $2^{\#}$ SR	$2^{\#}$ D = 1 转$2^{\#}$ 服务程序
	⋮	
	SKP DZ $8^{\#}$	$8^{\#}$ D = 0 跳
	JMP $8^{\#}$ SR	$8^{\#}$ D = 1 转$8^{\#}$ 服务程序

用软件如何实现寻找中断服务程序的入口地址呢？

四、中断响应

8.4

1. 响应中断的 条件

   允许中断触发器　EINT = 1

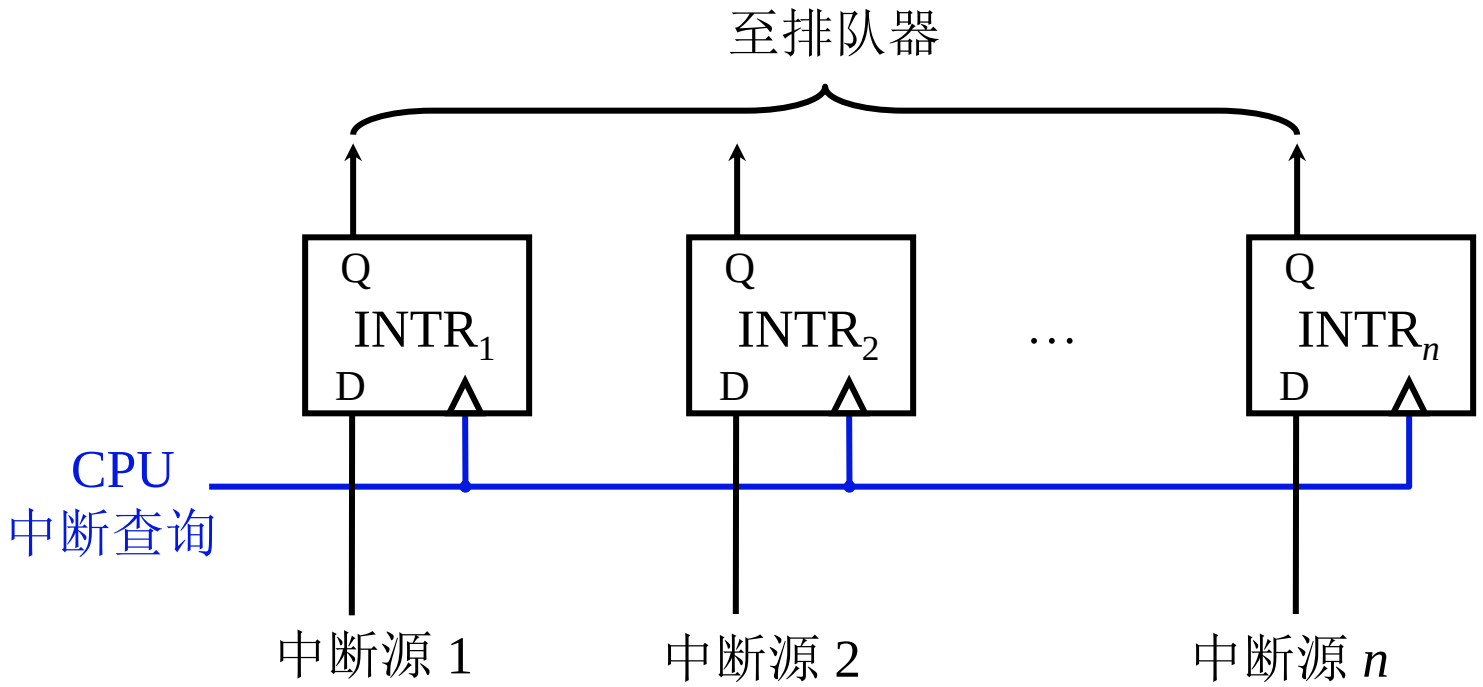
2. 响应中断的 时间

   指令执行周期结束时刻由CPU 发查询信号

CPU在什么时间、什么条件下响应中断？

CPU在任何条件下都要立即响应中断吗？

CPU在任何时间都能响应中断吗？



3. 中断隐指令

8.4

(1) 保护程序断点

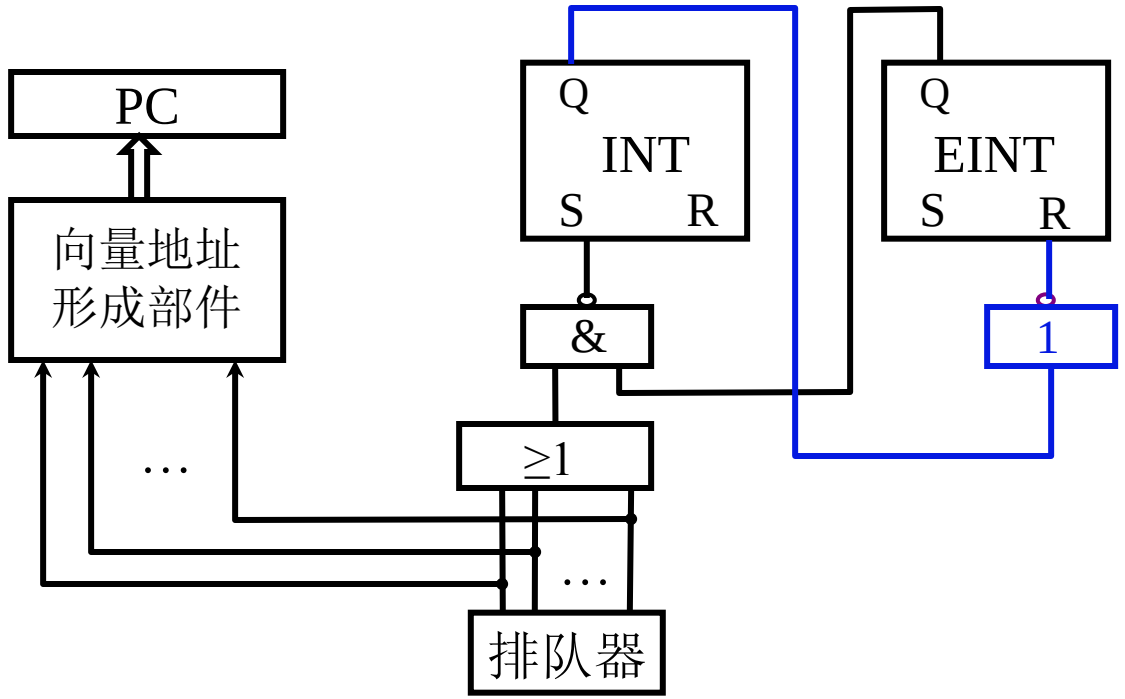
断点存于 特定地址（ 0 号地址） 内　　断点 进栈

(2) 寻找服务程序入口地址

向量地址 ⟶ PC　（硬件向量法）

中断识别程序 入口地址 M ⟶ PC　（软件查询法）

(3) 硬件 关中断



INT 中断标记

EINT 允许中断

R – S 触发器

如果需要响应某个中断请求，CPU如何响应中断请求？

响应中断，要去执行中断服务程序

为将来的中断返回做准备

（1）保护程序断点

（2）保护程序运行的软硬件状态

单重中断：执行中断服务程序时不允许再发生中断

多重中断：保护程序软硬件状态的过程中，不允许发生中断

五、保护现场和恢复现场

8.4

1. 保护现场
   - 断点　　中断隐指令 完成
   - 寄存器 内容　　中断服务程序 完成

2. 恢复现场　中断服务程序 完成

中断服务程序

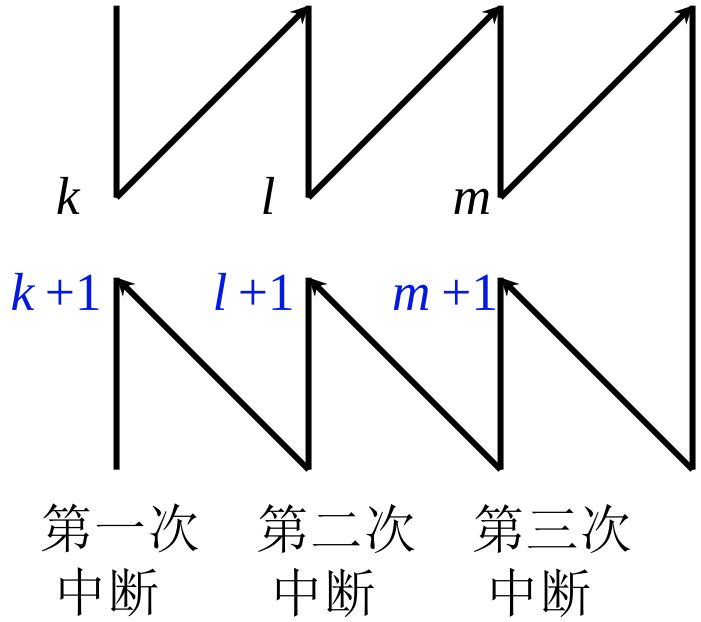
保护现场	PUSH
其它服务程序	视不同请求源而定
恢复现场	POP
中断返回	IRET

六、多重中断

8.4

1. 多重中断的概念

如果在执行中断服务程序的过程中，出现了更重要的，需要及时处理的新事件，怎么办呢？



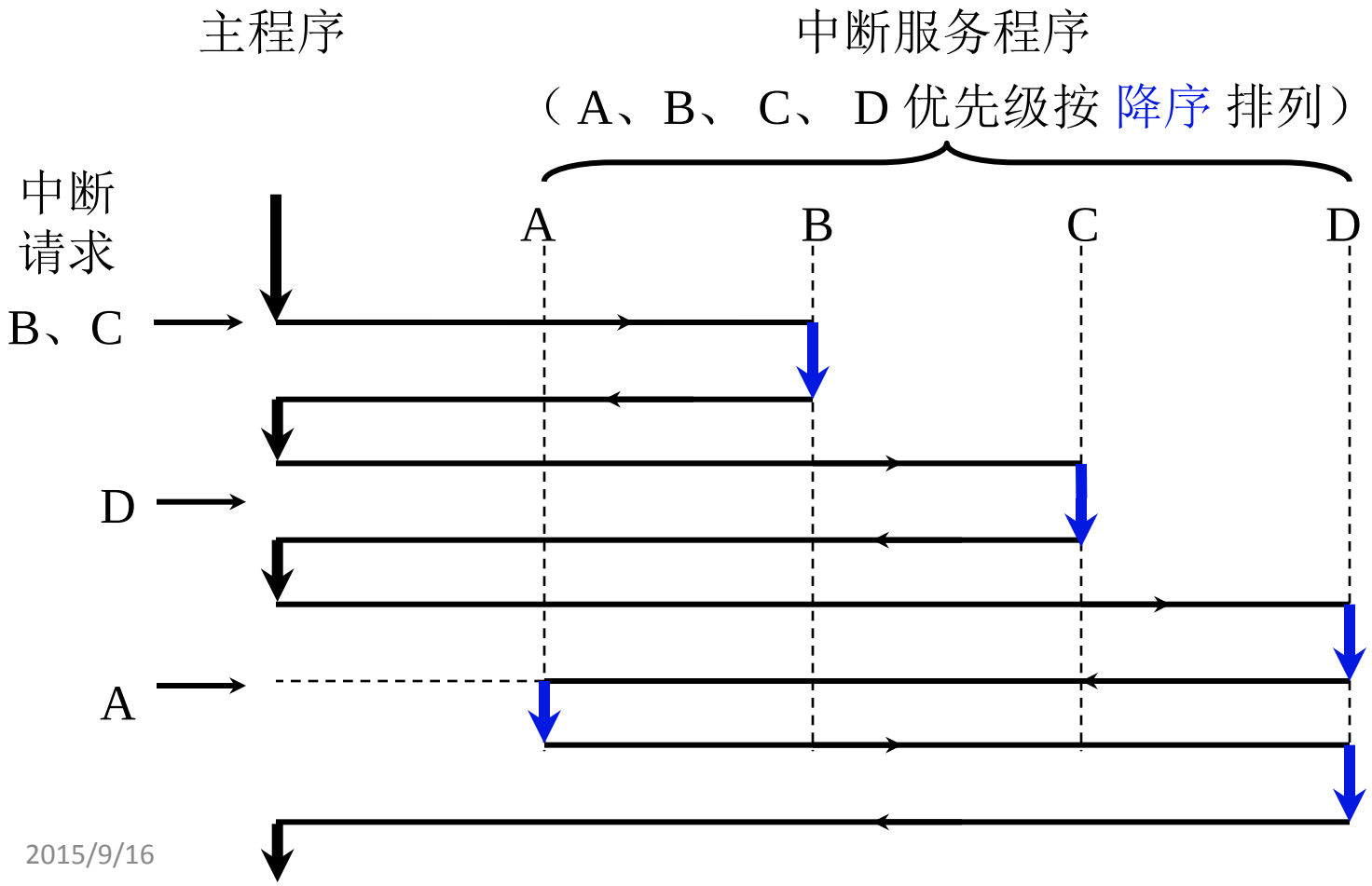
程序断点 $k+1$， $l+1$， $m+1$

2. 实现多重中断的条件

8.4

(1) 提前 设置 开中断 指令

(2) 优先级别高 的中断源 有权中断优先级别低 的中断源



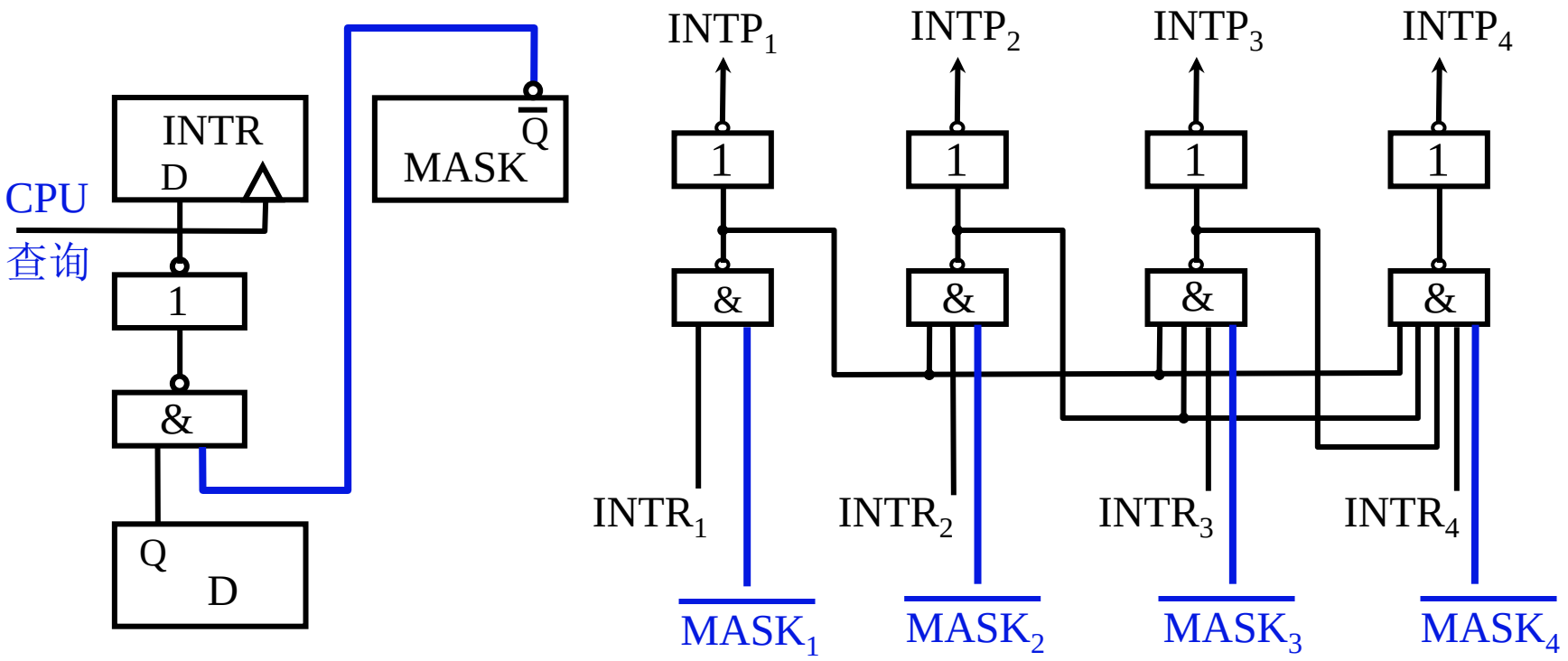
要允许CPU在执行某个中断服务程序时，响应新的中断请求

是不是任何一个新的中断请求，均能中断正在进行的中断服务？

3. 屏蔽技术

8.4

(1) 屏蔽触发器的作用



MASK = 0（未屏蔽）　　$MASK_i$ = 1 （屏蔽）

INTR　能被置 “1”　　$INTP_i$ = 0 （不能被排队选中）

(2) 屏蔽字

16个中断源 1，2，3，⋯ 16 按 降序 排列

优先级	屏 蔽 字
1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
3	0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
4	0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
5	0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
6	0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
⋮	⋮
15	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
16	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

(3) 屏蔽技术可改变处理优先等级 8.4

响应优先级　　不可改变

处理优先级　　可改变（通过重新设置屏蔽字）

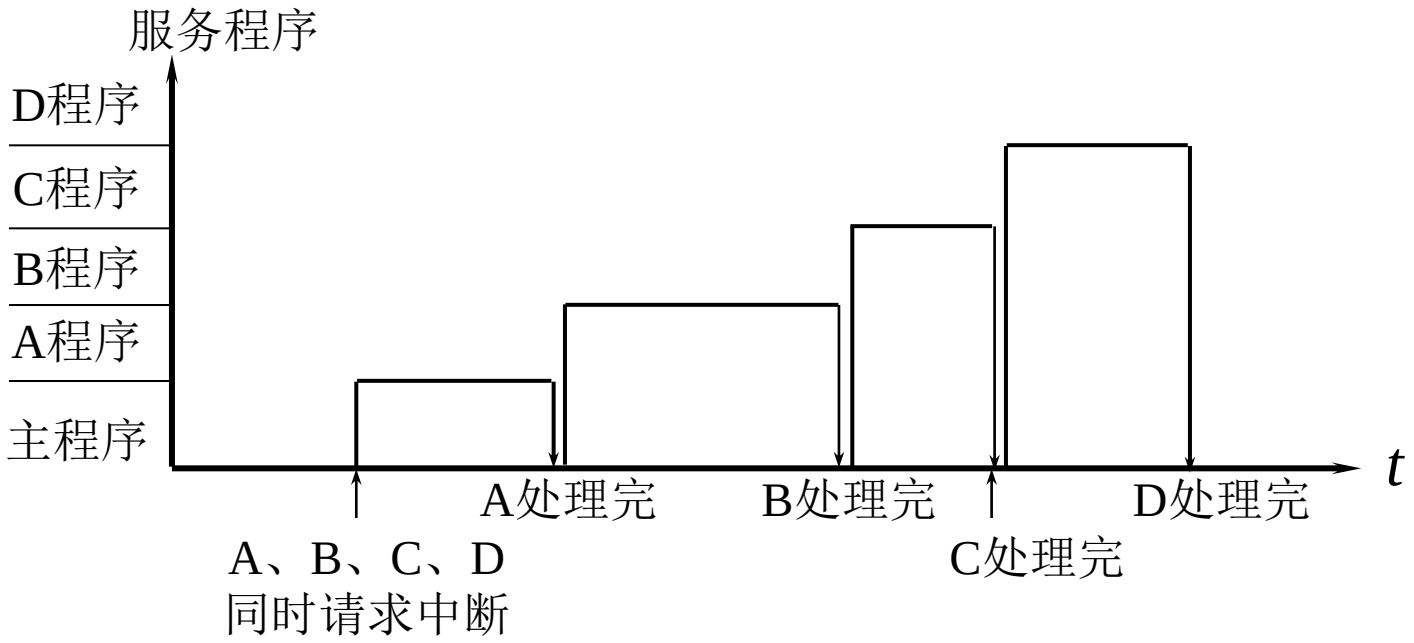
中断源	原屏蔽字	新屏蔽字
A	1 1 1 1	1 1 1 1
B	0 1 1 1	0 1 0 0
C	0 0 1 1	0 1 1 0
D	0 0 0 1	0 1 1 1

响应优先级 A→B→C→D 降序排列

处理优先级 A→D→C→B 降序排列

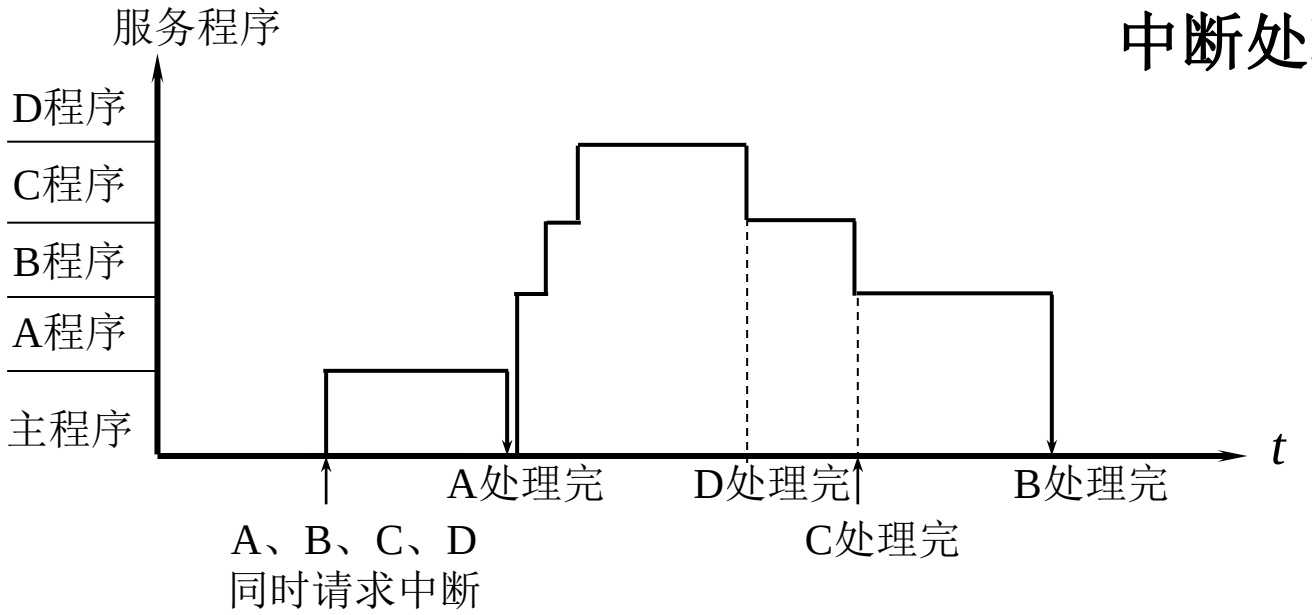
(3) 屏蔽技术可改变处理优先等级

8.4



CPU 执行程序轨迹（原屏蔽字）

(3) 屏蔽技术可改变处理优先等级



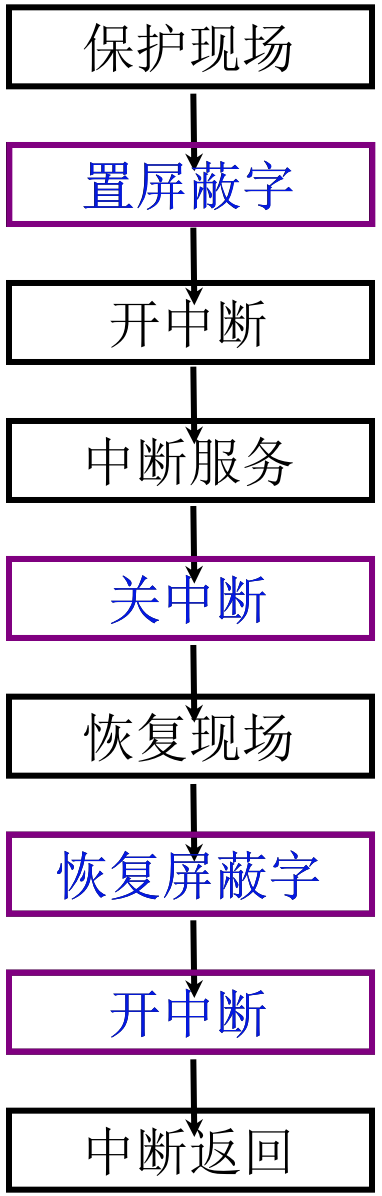
中断处理的优先级为A、D、C、B

CPU 执行程序轨迹（新屏蔽字）

(4) 屏蔽技术的其他作用

可以 人为地屏蔽 某个中断源的请求

(5) 新屏蔽字的设置



4. 多重中断的断点保护

8.4

(1) 断点进栈　　中断隐指令 完成

(2) 断点存入“ 0 ” 地址　　中断隐指令 完成

中断周期　　0 ⟶ MAR

命令存储器写

PC ⟶ MDR　　断点 ⟶ MDR

(MDR) ⟶ 存入存储器

三次中断，三个断点都存入 “ 0 ” 地址

？ 如何保证断点不丢失？

(3) 程序断点存入“0”地址的断点保护 8.4

地　址	内　　容	说　　明
0	××××　　存程序断点	
5	JMP　SERVE	5 为向量地址
SERVE	STA　SAVE	保护现场
	⋮	
置屏蔽字	LDA　0	} 0 地址内容转存
	STA　RETURN	} 0 地址内容转存
	ENI	开中断
	⋮	} 其他服务内容
	LDA　SAVE	恢复现场
	JMP　@　RETURN	间址返回
SAVE	××××　　存放 ACC 内容	
RETURN	××××　　转存 0 地址内容	