



主要内容

- **中断系统**
 - 中断系统中的名词概念
 - 中断工作方式的特点
 - 中断管理
 - 中断过程
- **8086中断系统**
 - 8086微处理器的中断类型
 - 8086微处理器的中断向量表
 - 8086微处理器的中断响应及返回
- **中断控制器8259A及其应用**
 - 8259A引脚信号与基本构成
 - 8259A工作过程
 - 8259A工作方式
 - 8259A编程方法

8.1 中断系统



一、中断系统中的名词概念

• 中断

中断是指CPU暂停正在执行的程序，转去执行处理中断事件的中断服务程序，待执行完中断服务程序再返回到原被中断的程序继续执行。

• 中断源及分类

通常称引起中断的事件为**中断源**。

- 内部中断源：中断源位于微处理器内部，如程序异常、陷阱中断、软件中断等
- 外部中断源：中断源在微处理器的外部，如外部故障、外部事件、I/O事件等

8.1 中断系统



● 中断类型号

为了能使CPU识别中断源，从而能正确地转向该中断源对应的中断服务程序入口，通常用若干位二进制编码来给**中断源编号**，该编号称为**中断类型号**。

● 中断断点

由于中断的发生，某个程序被暂停执行。该程序中即将执行，但由于中断而没有被执行的那条指令（即中断发生时CPU正在执行指令的**下一条指令**）的地址称为**中断断点**，简称**断点**。

8.1 中断系统



● 中断服务程序

中断服务程序：处理中断事件的程序段称为**中断服务程序**。如除法错中断服务程序、输入输出中断服务程序等。

中断服务程序与一般的子程序对比：子程序的调用是由程序设定，是确定的；而中断服务程序由某个事件引发，它的发生往往是随机的、不确定的。

● 中断系统

为实现计算机的中断功能而配置的相关硬件、软件的集合称为**中断系统**。

8.1 中断系统



二、中断工作方式的特点

- 并行处理能力
- 实时处理能力
- 故障处理能力
- 多道程序或多重任务的运行

8.1 中断系统



三、中断管理

● 对中断全过程的控制

中断全过程：中断源发出中断请求时，微处理器能决定是否响应这一中断。若允许响应这个中断请求，微处理器能在保护断点后，将控制转移到相应的中断服务程序去，中断处理完后，微处理器又能返回到断点处继续执行被中断的程序。

8.1 中断系统



● 中断源的识别

在多个中断源共存的系统中，当有中断发生时，CPU需要识别是那个中断源发出的请求

软件方法：软件查询中断源的状态来识别

硬件方法：需硬件提供中断类型号来识别

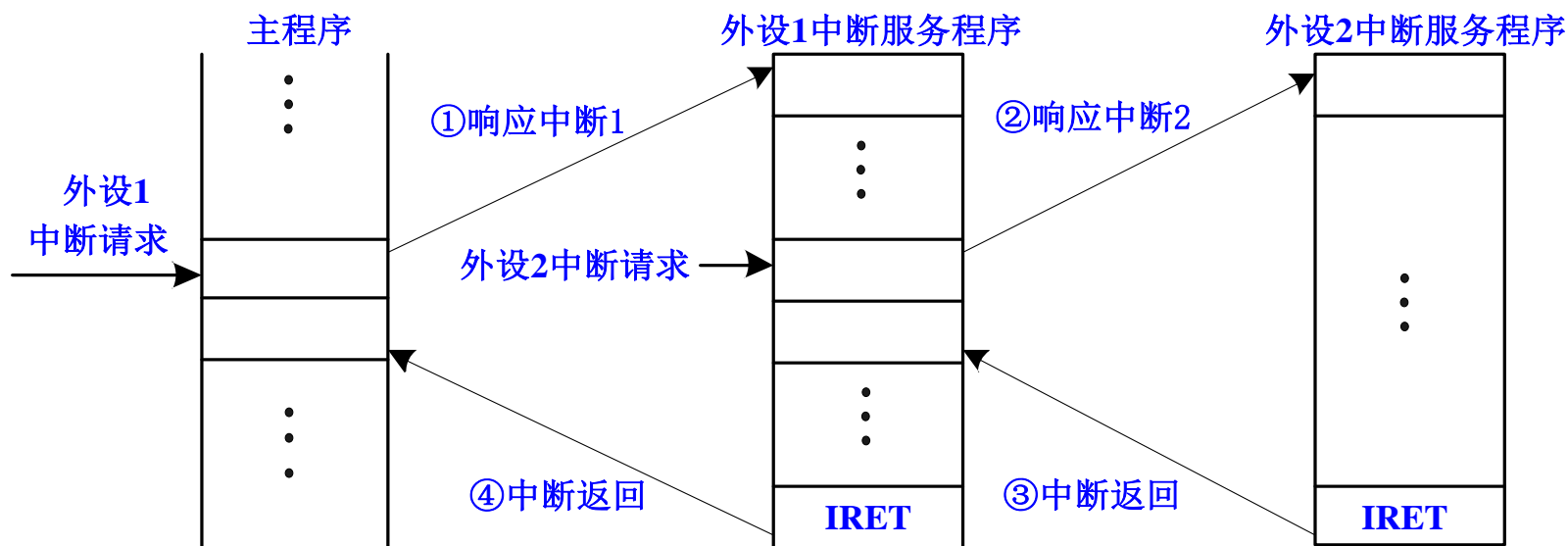
● 中断的优先权

对于系统中的所有中断源，必须根据中断的性质及处理的轻重缓急对中断源进行排队，并给予优先权。所谓**优先权**，是指有多个中断源同时提出中断请求时，微处理器响应中断的优先次序。

8.1 中断系统



● 中断嵌套

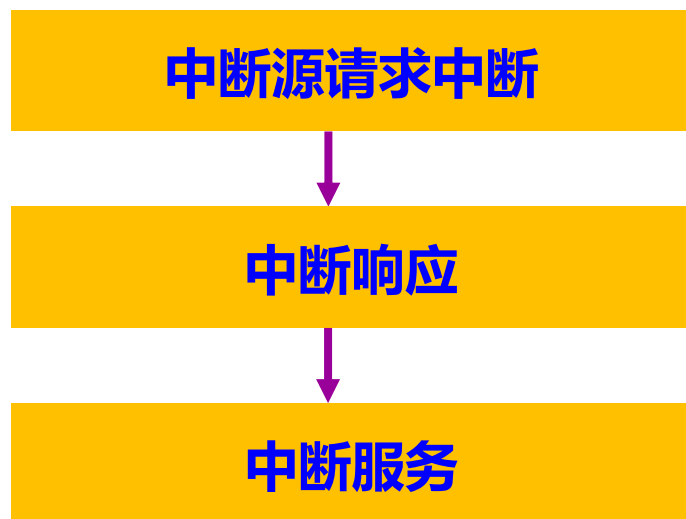


8.1 中断系统



四、中断过程

对于不同类型的中断源，微处理器的响应及处理过程不完全一样，大致过程为



8.1 中断系统



● 中断源请求中断

- 外部中断源：由外部硬件产生屏蔽或不可屏蔽中断的请求信号。
- 内部中断源：在程序运行过程中发生了指令异常或其他情况。

8.1 中断系统



● 中断响应

◆ 响应可屏蔽中断条件：

- 1、微处理器处于中断允许状态 ($IF=1$)
- 2、没有不可屏蔽中断请求和总线请求
- 3、当前指令执行结束

◆ 响应不可屏蔽中断条件：

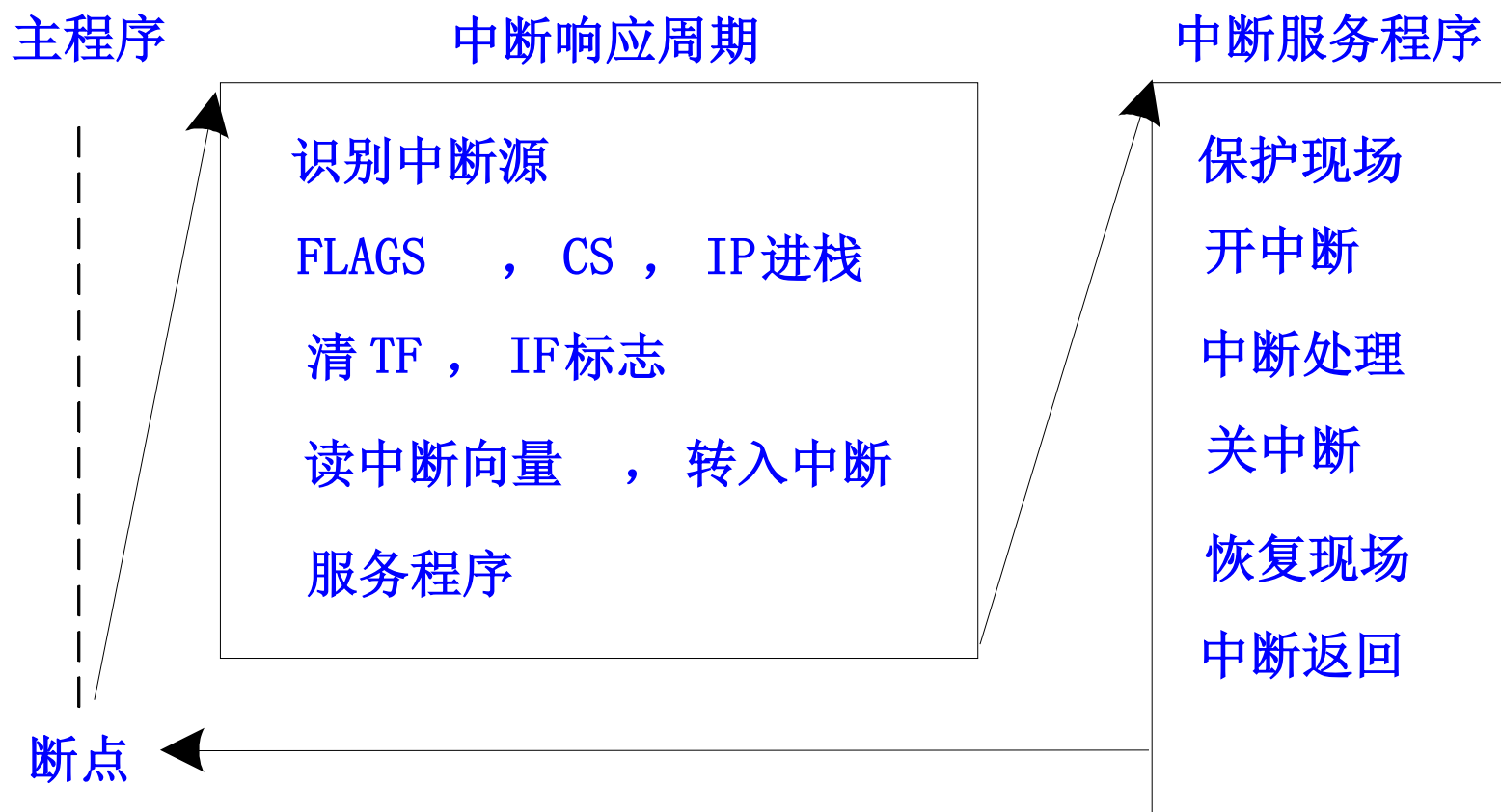
- 1、没有总线请求
- 2、当前指令执行结束

◆ 响应内部中断条件：当前指令执行结束

8.1 中断系统



◆ 中断响应过程如下：

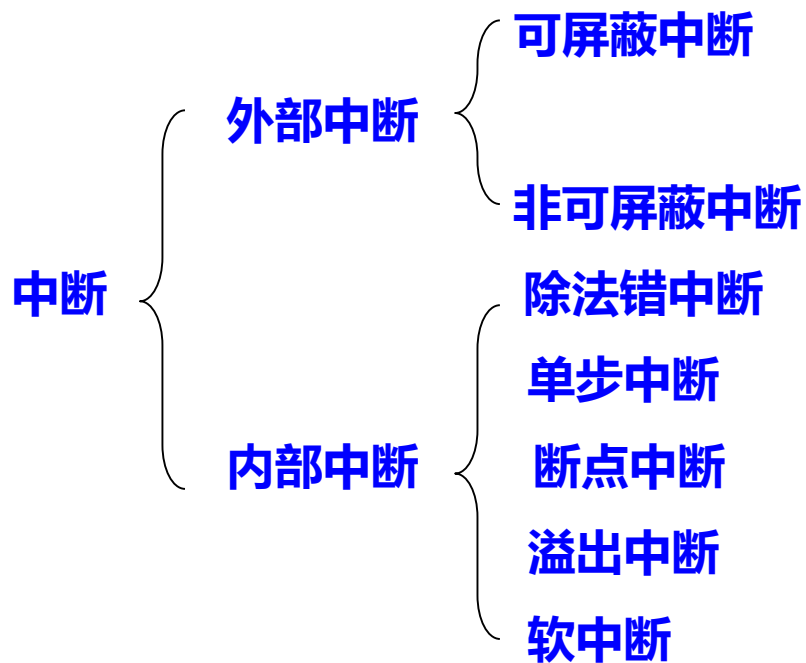


8.2 8086中断系统



一、8086微处理器的中断类型

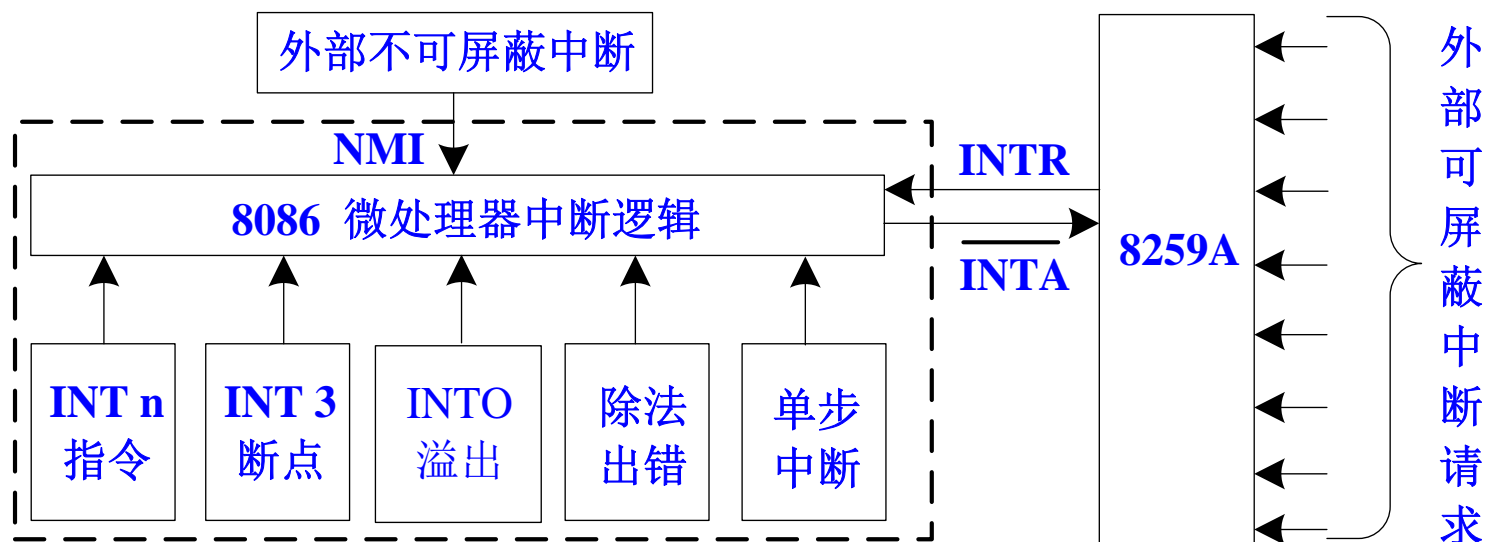
8086用8位二进制码表示一个中断类型，共有256个中断，可分为两大类：



8.2 8086中断系统



8086中断结构



8086/8088中断系统中优先级最高的是内部中断（单步中断除外），其次是外部非屏蔽中断和可屏蔽中断，优先级最低的是单步中断。

优先级按从高到低的顺序排列为：

内部中断（除法出错中断，INT n，溢出中断）→ NMI → INTR → 单步中断

8.2 8086中断系统



- **外部可屏蔽中断**

可屏蔽中断由INTR引入，受标志寄存器中的中断允许标志位IF的控制。IF=0时，微处理器不响应INTR的中断请求，IF=1时，微处理器响应INTR的中断请求。

8086的可屏蔽中断源由可编程中断控制器8259A统一管理，INTR中断的类型码可以是8~255。

- **外部不可屏蔽中断**

不可屏蔽中断由NMI引脚引入，微处理器对NMI中断请求的响应，不受中断允许标志位IF控制。不管IF的状态如何，只要NMI信号有效，8086现行指令执行结束，没有DMA请求，都会立即响应NMI中断请求。NMI中断类型码固定为2。

8.2 8086中断系统



- **除法错中断**

在执行DIV（无符号数除法）或IDIV（有符号数除法）指令时，若发现除数为零或商超过寄存器所能表达的范围（商溢出），8086微处理器立即执行中断类型码为0的内部中断。

- **单步中断**

8086标志寄存器中有一个陷阱标志位TF，若TF=1，则微处理器每执行完一条指令就引起一个中断类型码为1的内部中断。它用于实现单步操作，是一种强有力的调试手段。

- **断点中断**

INT 3指令产生一个中断码为3的内部中断，称为断点中断。在程序调试过程中，需要跟踪程序走向、了解程序执行过程的中间结果时，可以用INT 3指令临时替换原有的指令，称为设置断点。

8.2 8086中断系统



- 溢出中断

8086标志寄存器中有一个溢出标志位OF，若上一条指令的执行结果使OF=1，则INTO指令引起中断类型码为4的内部中断；否则此指令不起作用，程序顺序执行下一条指令。

- 软中断

用户可以用INT n指令产生一个中断，n为中断类型码。如DOS系统功能调用INT 21H指令的中断类型码为21H。

8.2 8086中断系统



二、8086微处理器的中断向量表

- **中断向量**：也称为**中断指针**，就是**中断服务程序的入口地址**
- **中断向量表**：它是**中断类型号与它对应的中断服务程序入口地址之间的换算表**。8086的中断向量表占用存储器从00000H开始的最低地址区的1024个单元，每个中断向量占用4Byte，故可存256个中断向量。

8.2 8086中断系统



中断
向量
表
的
结
构

地址	中断向量		IP CS
000H			
004H	— 类型0指针（被0除） —		
008H	— 类型1指针（单步） —		
00CH	— 类型2指针（NMI） —		
010H	— 类型3指针（断点） —		
014H	— 类型4指针（溢出） —		
018H	— 类型5指针 —		
07CH	— ⋮ —		
080H	— 类型3FH指针 —		
084H	— 类型40H指针 —		
3FCH	— ⋮ —		
3FFH	— 类型FFH指针 —		



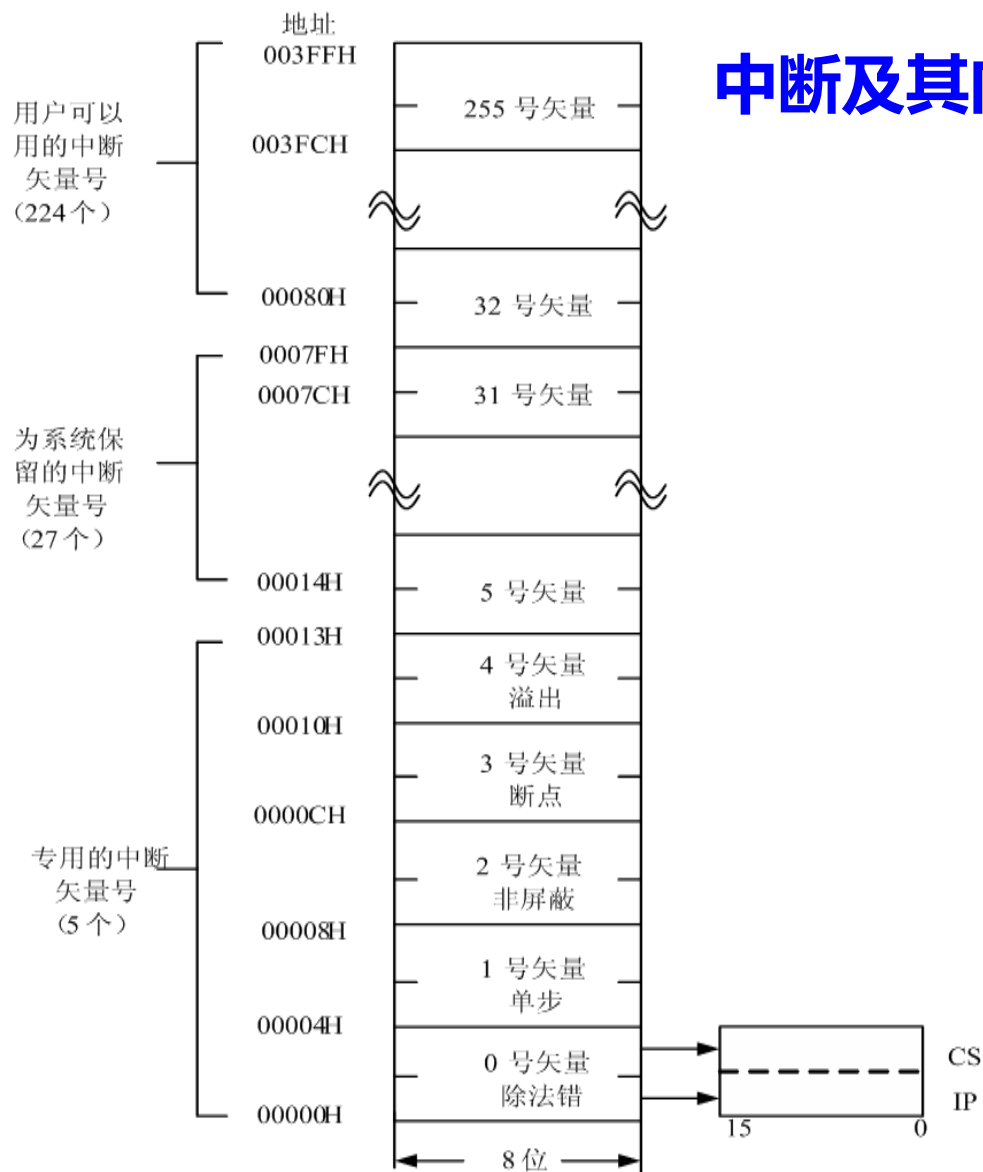
8.2 8086中断系统

余下的224个中断向量供用户使用。

该类中断中，有的系统已分配有固定用处，如类型号20H-3FH为DOS软中断，用户应避免。

接下来的27个中断向量供系统使用，用户一般不要自行定义。

前5个中断向量是8086规定的专用中断，有固定意义和處理工作。



8.2 8086中断系统



应用举例

例：要开发一条INT 40H软件中断指令，该指令完成的功能为光标回车换行。设中断服务程序的入口地址为INTRUP，编写完成此功能的主程序和中断服务程序。

中断程序：

```
INTRUP:  PUSH  AX
          PUSH  BX          ;保护现场
          MOV   AH, 02H    ;显示回车
          MOV   DL, 0DH
          INT    21H
          MOV   AH, 02H    ;显示换行
          MOV   DL, 0AH
          INT    21H
          POP   AX          ;恢复现场
          POP   BX
          IRET
```

8.2 8086中断系统



应用举例

中断向量形成程序片段：

```
...  
PUSH    DS  
MOV     AX, 0  
MOV     DS, AX      ;使DS指向中断向量表的段基址  
MOV     BX, 40H*4 ;使BX指向中断向量表的段内40H*4偏移地址  
MOV     AX, OFFSET INTRUP  
MOV     [BX], AX    ;将中断向量的偏移地址存入向量表的40H*4单元  
MOV     AX, SEG INTRUP  
MOV     [BX]+2, AX ;将中断向量的段基址存入向量表的40H*4+2单元  
POP     DS  
...  
...  
INT     40H  
...
```

8.2 8086中断系统



例：主程序中向量的建立方法还可以利用DOS 25H号功能调用来实现，具体做法如下：

- **AH中预置入功能号25H；**
- **AL中预置要设置的中断类型号n；**
- **DS：DX中预置入中断服务程序的入口地址（两个寄存器分别置入段地址和偏移地址）**

8.2 8086中断系统



设置中断向量的程序判断：

...

MOV DX, OFFSET INTRUP

PUSH DS

MOV AX, SEG INTRUP

MOV DS, AX

MOV AL, 40H

MOV AH, 25H

INT 21H

POP DS

...

8.3 中断控制器8259A及其应用



中断控制器的功能

- 接收外部中断请求，向微处理器发送中断请求；
- 进行优先权级别的判断，把当前优先权最高的中断源的中断类型号送往微处理器；
- 处理器响应中断，进入中断服务后，当优先权更高的外部中断请求产生时，中断控制器能够实现中断的嵌套；对于优先权较低的中断请求则予以屏蔽。

8.3 中断控制器8259A及其应用

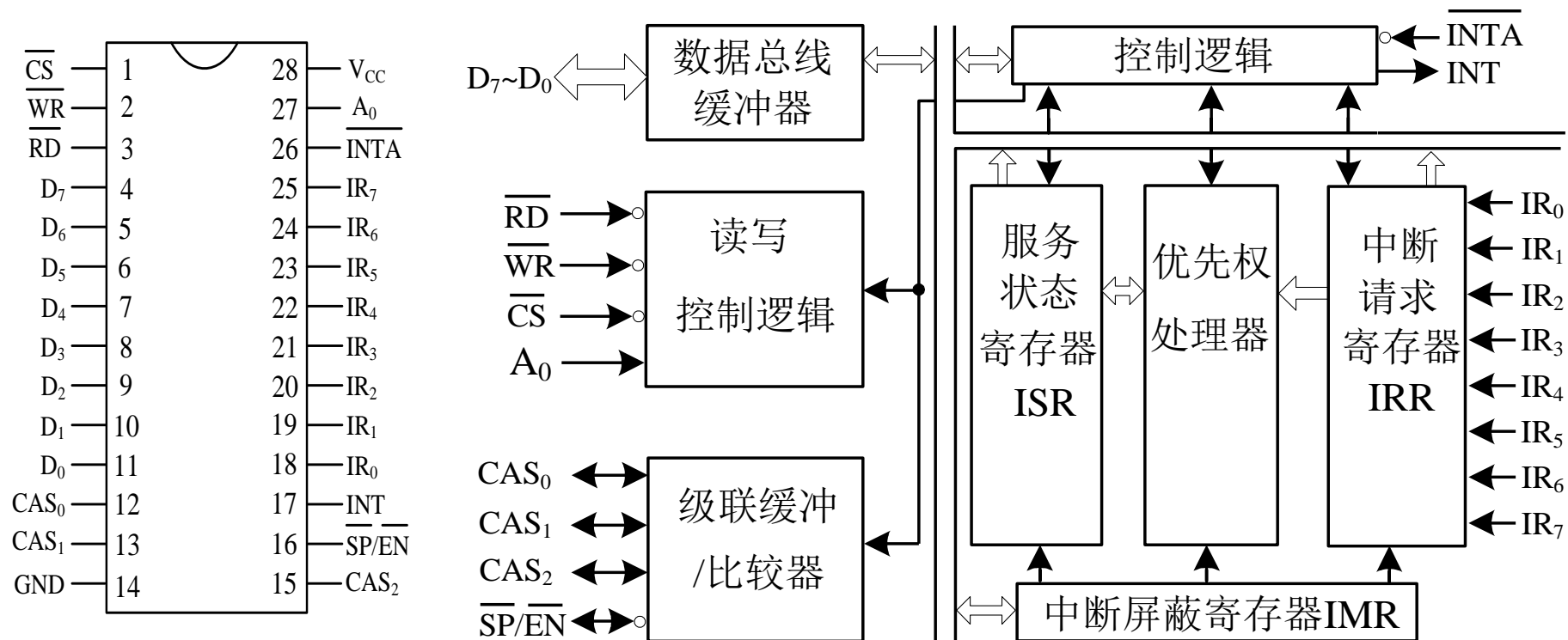


1. 8259A引脚信号与基本构成
2. 8259A工作过程
3. 8259A工作方式
4. 8259A编程方法

8.3 中断控制器8259A及其应用



1. 8259A引脚信号与基本构成



8.3 中断控制器8259A及其应用



引脚功能

引脚	说明
IR7-IR0	中断请求输入线，接收来自外设或8259A从片的中断请求信号
D7-D0	双向三态数据线，可与系统数据总线直接相连，称为非缓冲工作方式；也可通过总线缓冲器与系统数据总线相连，称为缓冲工作方式
INT	中断请求线，输出信号，通常与CPU的可屏蔽中断输入端INTR相连，向CPU发送中断请求信号
/INTA	接收CPU在中断响应周期发来的中断响应信号，8259A接到此信号后，送上中断类型码（中断类型码由编程设定）
/CS	由CPU的高位地址线控制，低电平时表示8259A被选中，允许CPU对8259A进行读或写操作
A0	地址线，用来选择8259A内部不同寄存器

8.3 中断控制器8259A及其应用



/RD	当读信号低电平时，允许8259A将中断请求寄存器IRR、中断服务寄存器ISR、中断屏蔽寄存器IMR的内容送上数据总线，供CPU读取
/WR	写信号，低电平时，允许CPU将命令字写入8259A
CAS2-CAS0	<p>级联线，在主从式中中断管理系统中，全部8259A的CAS2-CAS0与对应端相连；</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 主片：其CAS2-CAS0为输出线，在CPU响应中断时，用来输出级联设备编号，选中对应的从片；➤ 从片：其CAS2-CAS0为输入线，接收来自主片的设备编号
$\overline{\text{SP}}$/$\overline{\text{EN}}$	<p>从片编程/缓冲使能，与CAS2-CAS0实现8259A的级联非缓冲工作方式，作为输入线</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 高电平：表示该8259A为主片➤ 低电平：表示该8259A为从片 <p>缓冲工作方式时，作为输出线，用于控制缓冲器接收和发送。</p>

8.3 中断控制器8259A及其应用



中断控制器8259A基本构成

– 中断请求寄存器IRR

保存从IR0 ~ IR7来的中断请求信号，某位=1表示对应的IR_i有中断请求

– 中断服务寄存器ISR

保存所有正在服务的中断源，某位=1表示对应的IR_i中断正在被服务

– 中断屏蔽寄存器IMR

存放中断屏蔽字，某位=1表示对应的IR_i输入被屏蔽

– 中断优先权判别电路

确定是否向CPU发出中断请求，中断响应时确定ISR的哪位应置位及把相应中断的类型码放到数据总线上

8.3 中断控制器8259A及其应用



2. 8259A工作过程

- (1) **中断请求寄存器IRR**接收外部中断请求并锁存，当**中断屏蔽寄存器IMR**为0时，则中断请求进入**优先权判别器PR**，由PR判断是否当前优先权最高。如果是，则8259A的INT为1，向CPU的INTR发出中断请求；
- (2) 当CPU的中断允许标志IF=1，CPU响应中断，发回/INTA信号；8259A使**中断服务寄存器ISR**的相应位置1，并将**中断请求寄存器IRR**的相应位清零，再送入中断类型码；
- (3) 若允许中断嵌套，则由8259A的PR依据ISR中的状态，判断新的中断请求优先权是否高于正在服务的中断，若是，则送出INT=1，向CPU的INTR发中断请求信号，从而实现中断嵌套；
- (4) **当中断服务结束时，CPU送出中断结束命令，使8259A清除ISR的相应位，从而结束一个中断服务。**

8.3 中断控制器8259A及其应用

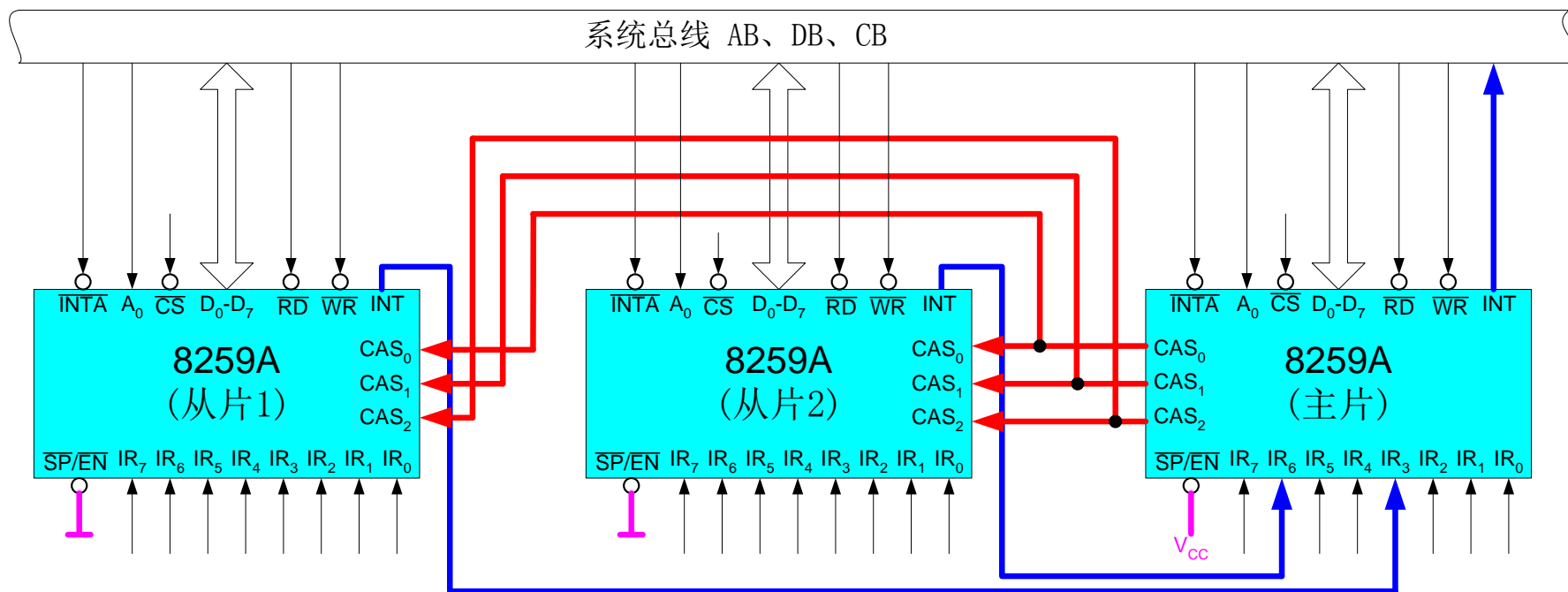


3. 8259A的工作方式

级联工作方式

- 单片8259A可支持8个中断源；
- 采用多片8259A级连，可最多支持64个中断源。n片8259A可支持 $7n+1$ 个中断源；
- 级连时只能有一片8259A为主片，其余的均为从属片；
- 涉及到的8259A引脚包括：
 - CAS_0-CAS_2
 - $SP\#/EN\#$
 - IR_i
 - INT

8.3 中断控制器8259A及其应用



8.3 中断控制器8259A及其应用



4. 8259A编程方法

- 8259A的控制命令分为
 - 初始化命令字ICW
 - ICW1 ~ ICW4
 - 向8259A写入ICW的过程称为初始化编程
 - 操作命令字OCW
 - OCW1 ~ OCW3
 - 向8259A写入OCW的过程称为操作方式编程

8.3 中断控制器8259A及其应用



8259A内部寄存器的寻址方法

需要CS#、A₀、RD#、WR#和D₄、D₃的配合

内部寄存器的访问方法如下表：

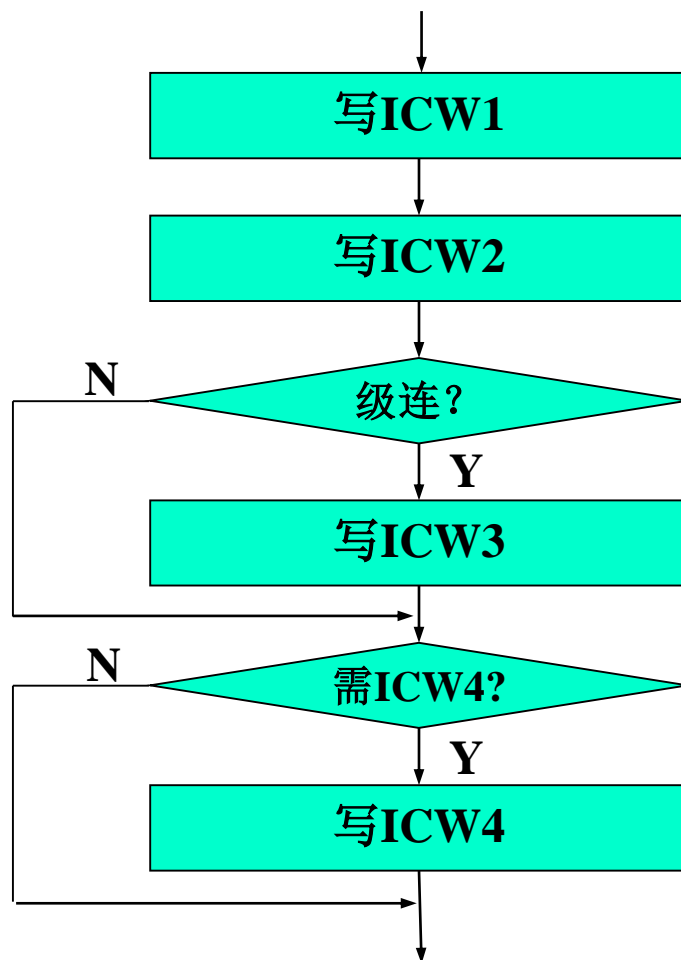
CS#	RD#	WR#	A ₀	D ₄	D ₃	读写操作
0	1	0	0	0	0	写OCW2
			0	0	1	写OCW3
			0	1	x	写ICW1
			1	x	x	写ICW2,ICW3,ICW4,OCW1(顺序写入)
0	0	1	0	x	x	读出IRR、ISR
			1			读出IMR

8.3 中断控制器8259A及其应用



8259的初始化流程如图

— 注意次序不可颠倒



8.3 中断控制器8259A及其应用



ICW1——初始化字

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	x	x	x	1	LTIM	x	SNGL	IC4

- LTIM: 触发方式
=1 高电平触发
=0 上升沿触发
- SNGL: 级连控制
=1 单片
=0 级连
- IC4: ICW4控制
=1 要写ICW4
=0 不写ICW4 (默认ICW4为全0)

8.3 中断控制器8259A及其应用



ICW2——中断向量码

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	T ₇	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	X	X	X

- T₇ ~ T₃: 中断向量码的高5位
- T₂ ~ T₀: 最低3位为中断源的序号IR_n
 - 000 ~ 111分别对应IR₀ ~ IR₇
 - 由8259A根据中断源的序号自动填入

例如：

若ICW2命令字为48H，则IR₀的中断向量码为48H，IR₇的中断向量码为4FH，等等。

8.3 中断控制器8259A及其应用



ICW3——级联控制字

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	S_7	S_6	S_5	S_4	S_3	S_2	S_1	S_0

- 主片的级联控制字
 - $S_i=1$ 对应 IR_i 线上连接了从片

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	ID_2	ID_1	ID_0

- 从片的级联控制字
 - $ID_2 \sim ID_0$ 标识码，说明本从片连接到主片的哪个IR引脚上。000 ~ 111分别对应 $IR_0 \sim IR_7$ 。

8.3 中断控制器8259A及其应用



ICW4——中断结束方式字

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	SFNM	BUF	M/S	AEOI	1

- SFNM: 特殊全嵌套
 - 1 特殊全嵌套方式
 - 0 一般全嵌套方式

- AEOI: 自动EOI
 - 1 自动EOI方式
 - 0 非自动EOI方式

BUF: 缓冲方式

M/S: 主/从缓冲选择

BUF	M/S	
1	1	缓冲方式/主PIC
1	0	缓冲方式/从PIC
0	x	非缓冲方式/正常

缓冲方式: 指在多片8259A级联的大系统中8259A通过总线驱动器和数据总线相连的一种方式, 在此方式下, 将8259A的SP/EN端和总线驱动器的允许端相连, 利用SP/EN端输出的低电平, 可以作为总线驱动器的启动信号。

8.3 中断控制器8259A及其应用



- OCW用于设置8259的工作状态
- 在初始化后写入
- OCW的写入顺序可任意
- 写入地址要求：
 - OCW1必须写入奇地址端口($A_0=1$)
 - OCW2 , OCW3必须写入偶地址端口($A_0=0$)

8.3 中断控制器8259A及其应用



OCW1——中断屏蔽字

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	M_0

- $M_i=1$ 中断请求线 IR_i 被屏蔽(不允许中断)
=0 允许该 IR_i 中断
- OCW1将写入IMR寄存器。
- $A0=1$ 时读OCW1可读出设置的IMR内容。

8.3 中断控制器8259A及其应用



OCW2——中断结束和优先级循环

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	R	SL	EOI	0	0	L ₂	L ₁	L ₀

- L₂ ~ L₀: 优先级编码
- R: 优先级自动循环
- SL: 指定优先级
- EOI: 结束中断命令

R SL EOI

0 0 1 非指定EOI 命令(NSEOI), 即普通EOI

0 1 1 指定EOI 命令(SEOI), (L₂~0有效, 指定结束的是哪一级中断, 并清ISR)

1 0 1 NSEOI 命令, 优先级自动循环

1 0 0 自动EOI, 设置优先级自动循环

0 0 0 自动EOI, 取消优先级自动循环(固定优先级)

1 1 1 SEOI 命令, (L₂~0有效, 清L₂~0指定级别ISR, 并赋予其最低优先级)

1 1 0 置位优先权命令, 向8259A发置位优先权命令, 最低优先级赋予L₂~0指定的IR_i, 其它中断源按循环方式分别赋予

8.3 中断控制器8259A及其应用



OCW3——屏蔽方式和读出控制字

A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	ESMM	SMM	0	1	P	RR	RIS

- ESMM: 允许使能特殊屏蔽方式
- SMM: 特殊屏蔽方式

ESMM	SMM
------	-----

1	1	特殊屏蔽方式置位
1	0	特殊屏蔽方式复位
0	x	无效

RR: 读寄存器

RIS: ISR/IRR选择

RR	RIS
----	-----

1	1	读ISR
1	0	读IRR
0	x	无效

P(Polling): =1 查询方式
=0 非查询方式

8.3 中断控制器8259A及其应用



- 查询方式允许8259A不工作于中断方式，而是以查询方式工作。
 - CPU先写一个 $D_2=1$ 的OCW3，再对同一地址读入，即可得到如下状态字节：

I x x x x R_2 R_1 R_0

I=1表示有中断请求，中断请求号为 R_2-R_0

此查询步骤可反复执行，以响应多个同时发生的中断。

- 读IRR/ISR：写入此命令后，随后再对同一地址读，即可得到IRR或ISR的内容。