

第九章

中断系统及其接口技术

9.1 中断概念与中断机制

9.1.1 中断原理与中断源

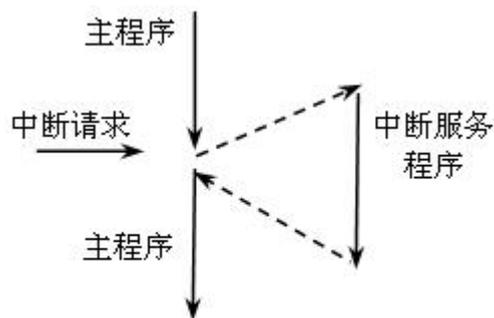


图 9-1 CPU 中断过程

1. 软件查询中断

2. 硬件矢量中断

9.1 中断概念与中断机制

9.1.2 中断系统的功能

1. 具备中断请求、中断响应及中断返回功能
2. 具备中断源优先权排队功能
3. 具备中断嵌套和屏蔽功能

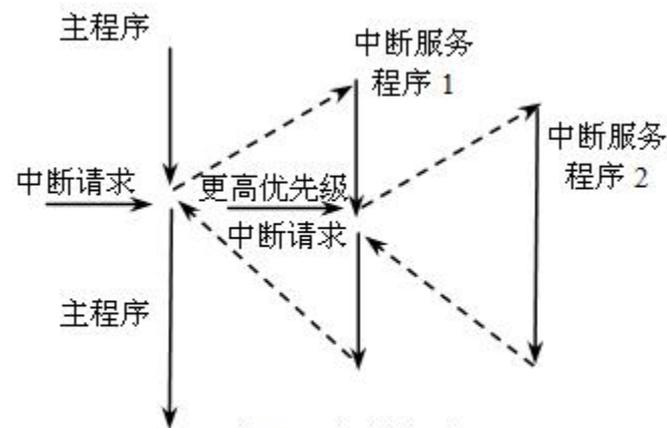


图 9-2 中断嵌套

4. 通过中断实现分时处理

9.1 中断概念与中断机制

9.1.3 中断操作过程

1. 中断请求与中断选优

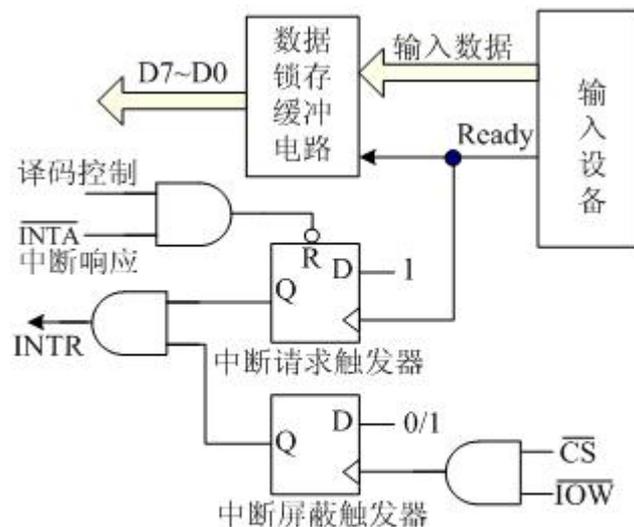


图 9-3 中断请求信号形成电路

9.1 中断概念与中断机制

9.1.3 中断操作过程

2. 中断响应

3. 中断处理

不允许中断嵌套的中断服务程序



(a)

允许中断嵌套的中断服务程序



(b)

图 9-4 的中断服务程序流程图

4. 中断返回

9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.1 外部中断和内部中断

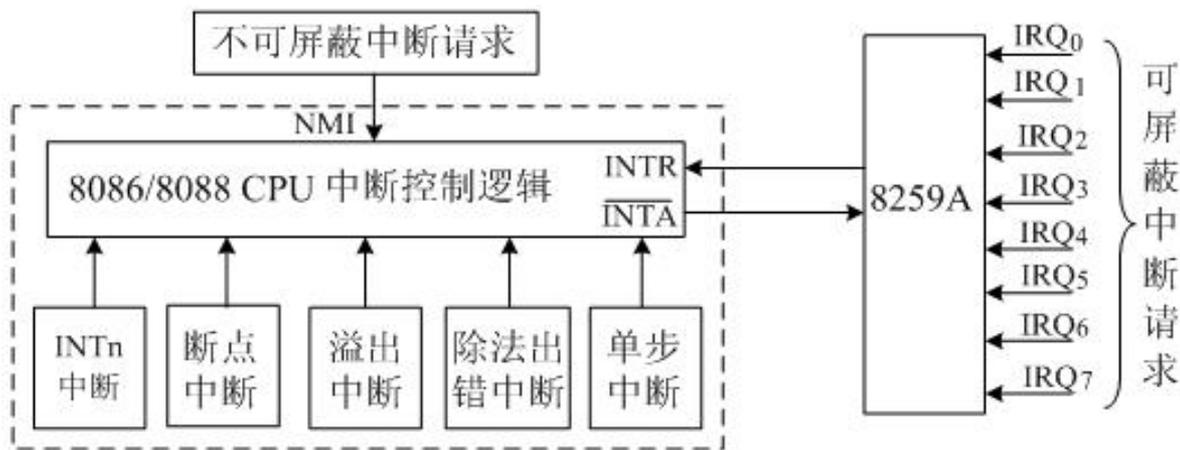
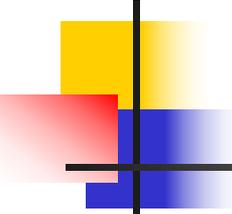


图 9-5 8086/8088 CPU 的中断源



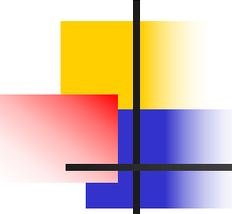
9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.1 外部中断和内部中断

1. 外部中断

① 可屏蔽中断。

② 不可屏蔽中断。



9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.1 外部中断和内部中断

2. 内部中断

- ① 指令中断。
- ② 溢出中断。
- ③ 除法出错中断。
- ④ 断点中断。
- ⑤ 单步中断。

例如若原 TF 为 0，以下程序段可使 TF 置 1:

```
PUSHF
POP     AX
OR      AX, 0100H
PUSH AX
POPF
```

9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.2 中断向量及其生成方法

地址	中断类型	IP CS
000H	类型 0 除法出错	
004H	类型 1 单步	
008H	类型 2 NMI	
00CH	类型 3 断点	
010H	类型 4 溢出	
014H	类型 5	
018H	类型 ...	
07CH	类型 1FH	
080H	类型 20H	
084H	类型 ...	
3FCH	类型 FFH	
3FFH		

图 9-6 8086/8088 的中断向量表

9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.2 中断向量及其生成方法

中断向量地址（中断服务程序入口地址的存放地址）= $4 \times$ 中断类型码

【例 9-1】

MOV	AX, 0	
MOV	DS, AX	; 中断向量表段地址 0 送 DS
MOV	BX, m* 4	; 中断向量地址送 BX
MOV	AX, OFFSET FTEST	; 中断服务程序入口地址的高位(首地址)送 AX
MOV	[BX], AX	; 中断服务程序入口地址首地址填入中断向量表
MOV	AX, SEG FTEST	; 中断服务程序入口地址的段地址 CS 送 AX
MOV	[BX+2], AX	; 段地址被填入中断向量表对应单元的低二字节

9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.2 中断向量及其生成方法

【例 9-2】

```
MOV     AX, SEG FTEST
MOV     DS, AX           ; 中断服务程序的段地址送 DS
MOV     DX, OFFSET FTEST ; 中断服务程序的偏移地址送 DX
MOV     AH, 25H          ; 置中断指令所用的功能号参数
MOV     AL, n            ; 置中断指令所用的中断类型码 n
INT     21H              ; 通过中断指令实现 DOS 功能的调用
```

表 9-1 PC/XT 微机系统常用的中断类型码

类型码	中断源	类型码	中断源	类型码	中断源
00H	除法出错中断	0FH	并口 1 中断	1EH	磁盘参数
01H	单步中断	10H	显示器驱动程序	1FH	图形字符集
02H	不可屏蔽外中断 NMI	11H	设备检测	20H	程序结束
03H	断点中断	12H	存储器检测	21H	DOS 系统调用
04H	溢出中断	13H	软盘驱动程序	22H	结束地址
05H	屏幕打印中断	14H	通信驱动程序	23H	Ctrl-Break 退出键处理
06H	(保留)	15H	盒式磁带机驱动程序	24H	关键性错误处理
07H	(保留)	16H	硬盘驱动程序	25H	磁盘顺序读
08H	定时器中断	17H	打印机驱动程序	26H	磁盘顺序写
09H	键盘中断	18H	BASIC 程序	27H	程序结束且驻留内存
0AH	保留的硬件中断	19H	引导(BOOT)程序	28H	DOS 内部使用
0BH	异步串口 2 中断	1AH	日期定时中断	29~2E	DOS 保留使用
0CH	异步串口 1 中断	1BH	用户键盘	2FH	DOS 内部使用
0DH	并口 2(硬磁盘)中断	1CH	用户定时器时标	30~3F	DOS 保留使用
0EH	软盘中断	1DH	CRT 初始化参数		

9.2 8088/8086微机中断系统

9.2.3 8086/8088 CPU响应中断的过程

1. 可屏蔽中断的响应过程

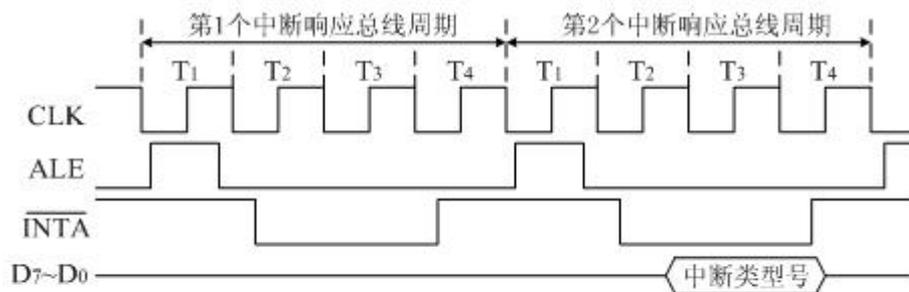


图 9-7 可屏蔽中断响应时序

2. 不可屏蔽中断的响应过程

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.1 8259A的引脚功能

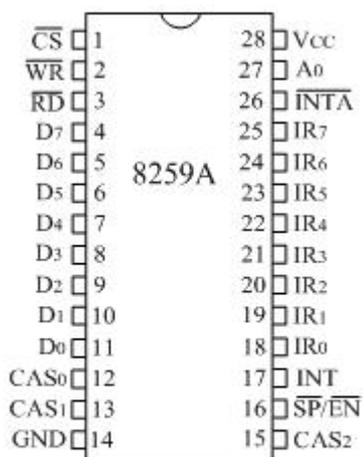


图 9-8 8259A 引脚图

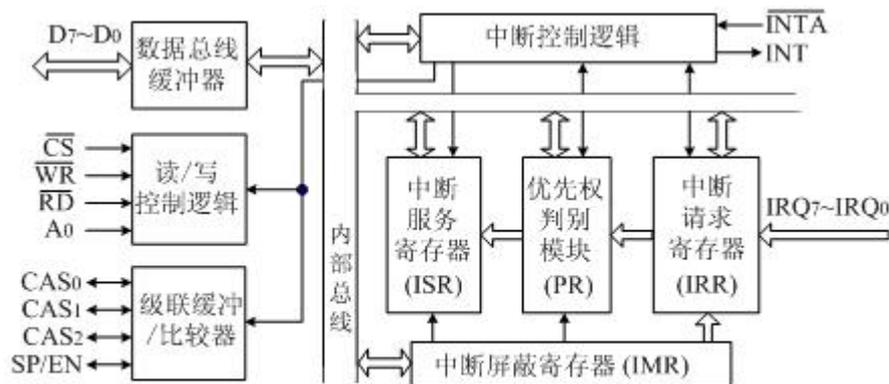
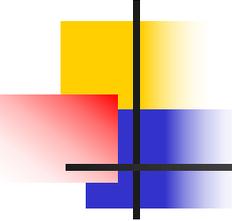


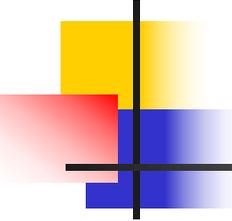
图 9-9 8259A 内部结构示意图



9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.1 8259A的引脚功能

1. 与**CPU**相连的引脚信号
2. 与外设相连的信号
3. 级联扩展信号



9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.2 8259A的内部结构

1. 中断请求寄存器
2. 中断服务寄存器
3. 优先权判别模块
4. 中断屏蔽寄存器
5. 中断控制逻辑
6. 数据总线缓冲器

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.2 8259A的内部结构

7. 读写控制逻辑

表 9-2 8259A 的读写控制逻辑

\overline{CS}	A_0	\overline{RD}	\overline{WR}	D_4	D_3	对 8259A 的读写操作
0	0	1	0	0	0	CPU 写入 OCW2
0	0	1	0	0	1	CPU 写入 OCW3
0	0	1	0	1	x	CPU 写入 ICW1
0	1	1	0	x	x	顺序写入 ICW2, ICW3, ICW4, OCW1
0	0	0	1			IRR 或 ISR 或中断级别编码被读出进入 CPU
0	1	0	1			读出 IMR

8. 级联缓冲/比较器

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.3 8259A的编程

1. 初始化命令字 (ICW)

(1) 芯片特性命令字ICW₁

A ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	X	X	X	1	LTIM	X	SGNL	1

图 9-10 初始化命令字 ICW₁ 格式

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.3 8259A的编程

1. 初始化命令字 (ICW)

(2) 中断向量字ICW₂

A_9	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
1	I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	0	0	0

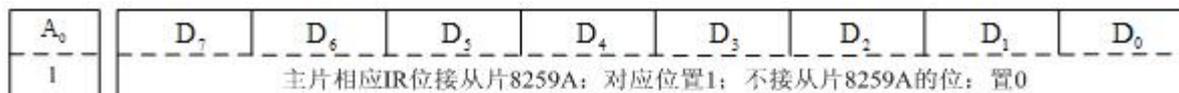
图 9-11 中断向量字 ICW₂ 格式

9.3 8259A可编程中断控制器

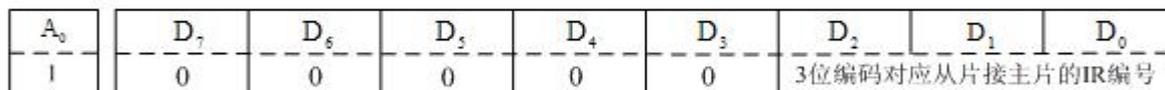
9.3.3 8259A的编程

1. 初始化命令字 (ICW)

(3) 级联控制字ICW₃



(a) 主片 ICW₃



(b) 从片 ICW₃

图 9-12 主从片 8259A 级联控制字 ICW₃ 格式

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.3 8259A的编程

1. 初始化命令字 (ICW)

(4) 工作方式字ICW4

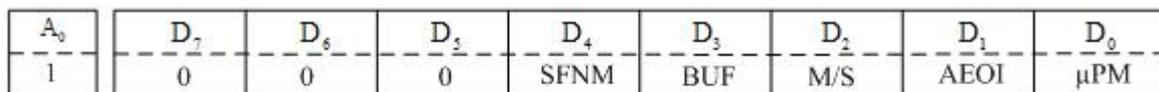


图 9-13 工作方式字 ICW₄

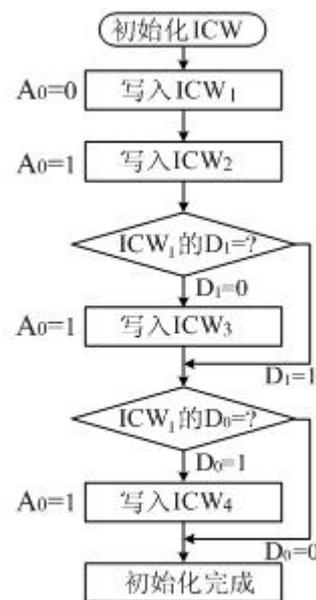


图 9-14 写 ICW 的流程

9.3 8259A可编程中断控制器

【例 9-3】若在某基于 8088CPU 的 IBM PC 系统中，为单片 8259A 初始化，要求中断请求信号电平触发方式，普通全嵌套，普通 EOI，非缓冲工作方式；要求中断类型码是 08H~0FH。设其端口地址为 60H（偶地址）和 61H（奇地址）。

ICW 的初始化程序段如下：

```
MOV AL, 1BH      ; A0=0, ICW1=00011011B
OUT 60H, AL      ; 写入 ICW1
MOV AL, 08H      ; A0=1, ICW2=00001000B
OUT 61H, AL      ; 写入 ICW2
MOV AL, 01H      ; A0=1, ICW4=00000001B
OUT 61H, AL      ; 写入 ICW4
```

9.3 8259A可編程中斷控制器

9.3.3 8259A的編程

2. 操作命令字（OCW）

（1）中斷屏蔽命令字OCW1

A ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
1	M ₇	M ₆	M ₅	M ₄	M ₃	M ₂	M ₁	M ₀

图 9-15 中斷屏蔽命令字 OCW₁

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.3 8259A的编程

2. 操作命令字（OCW）

（2）优先级循环和中断结束命令字OCW₂

A ₀	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	R	SL	EOI	0	0	L ₂	L ₁	L ₀

图 9-16 操作命令字 OCW₂

9.3 8259A可编程中断控制器

表 9-3 R、SL、EOI 组合操作命令

R	SL	EOI	工作方式	
0	0	1	对 ISR 中置 1 的最高级中断清 0	发结束中断命令, 固定优先权。
0	1	1	对 ISR 中 $L_2L_1L_0$ 指定的优先级清 0	
1	0	0	设置优先级为自动循环方式, 开始次序: $IR_0, IR_1 \dots$ 。	不发结束中断命令。 $L_2L_1L_0$ 无效
0	0	0	设置优先级为非循环方式	
1	0	1	设置优先级为自动循环方式, 发结束中断命令, 对本级请求的中断 IR_i 在 ISR 中的标志清 0, 并设置其为最低优先级, 而 IR_{i+1} 为最高优先级。 $L_2L_1L_0$ 无效	
1	1	0	不发结束中断命令。最低优先级由 $L_2L_1L_0$ 决定	设置优先级为特殊循环方式
1	1	1	发结束中断命令。对 ISR 中由 $L_2L_1L_0$ 决定的优先级 IR_i 清 0, 并设其为最低优先级, 设 IR_{i+1} 为最高优先级	
0	1	0	无意义	

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.3 8259A的编程

2. 操作命令字（OCW）

（3）多功能操作命令字OCW3

A_0	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	ESMM	SMM	0	1	P	RR	RIS

(a)

A_0	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
0	1	X	X	X	X	W_2	W_1	W_0

(b)

图 9-17 操作命令字 OCW3 和查询字

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.4 8259A在IBM PC/AT机中的应用

【例 9-4】

```
MOV    AL,    11H    ; ICW1=11H, 边沿触发, 级联方式, 写 ICW1
OUT    20H,   AL
NOP                                ; 延时
MOV    AL,    08H    ; ICW2=08H, 设定起始的中断类型码为 08H
OUT    21H,   AL
NOP                                ; 延时
MOV    AL,    04H    ; ICW3=04H, 主片 IR2端引脚接从片
OUT    21H,   AL
NOP                                ; 延时
MOV    AL,    11H    ; ICW4=11H, 特殊全嵌套方式, 非缓冲, 正常中断结束
OUT    21H,   AL
NOP                                ; 延时
```

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.4 8259A在IBM PC/AT机中的应用

【例 9-5】

```
MOV    AL,    11H    ; ICW1=11H, 边沿触发, 级联方式, 写 ICW1
OUT    0A0H,   AL
NOP                                ; 延时
MOV    AL,    70H    ; ICW2=70H, 设定从片的起始中断类型码为 70H
OUT    0A1H,   AL
NOP                                ; 延时
MOV    AL,    02H    ; ICW3=02H, 接主片的 IR2
OUT    0A1H,   AL
NOP                                ; 延时
MOV    AL,    01H    ; ICW4=01H, 普通全嵌套方式, 非缓冲, 正常中断结束
OUT    0A1H,   AL
NOP                                ; 延时
```

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.4 8259A在IBM PC/AT机中的应用

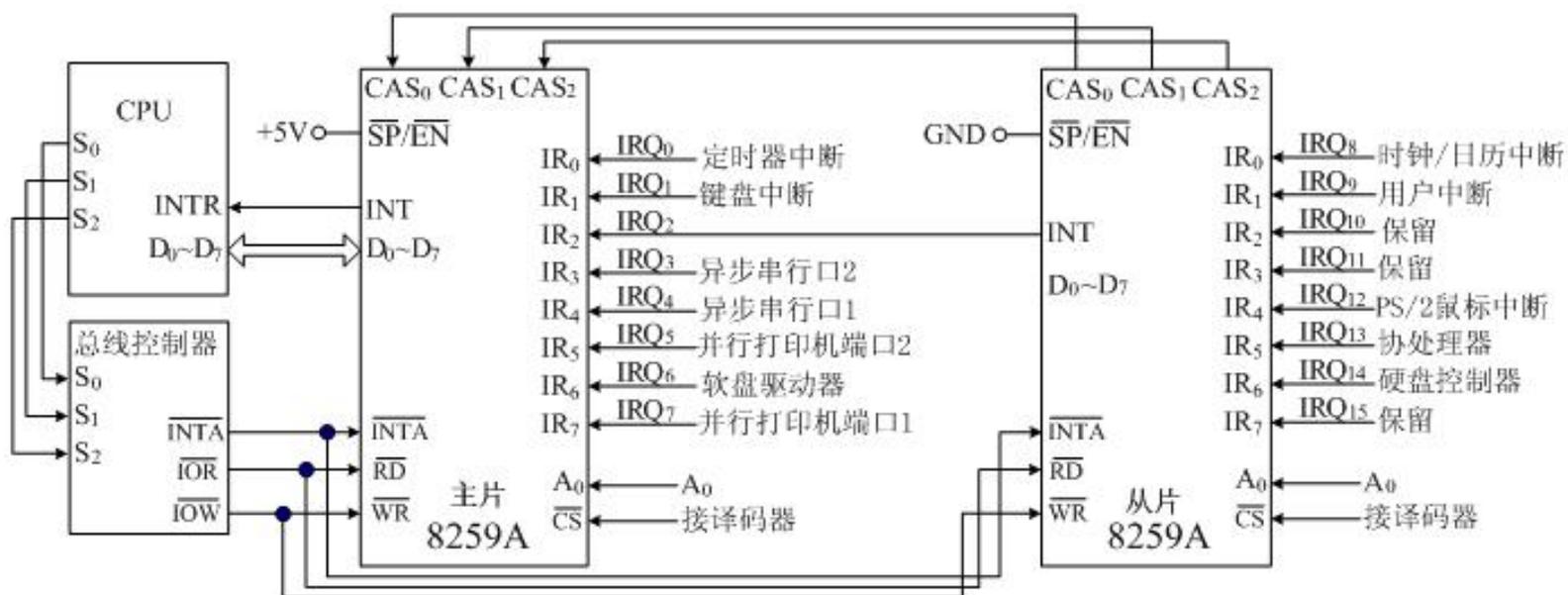


图 9-18 IBM-PC/AT 中 8259A 级联电路图

9.3 8259A可编程中断控制器

9.3.4 8259A在IBM PC/AT机中的应用

【例 9-6】

```
MOV    AL, 20H
OUT    SA, AL          ; 结束从片的中断服务标志
MOV    AL, 0BH        ; 为查询从片的中断服务标志, 写入 OCW3后读 ISR
OUT    SA, AL
NOP
IN     AL, SA         ; 延时, 等待 8259A 操作结束
CMP    AL, 0          ; 读中断服务寄存器 ISR
JNZ    NEXT           ; 判定 ISR 的内容是否全为 0
MOV    AL, 62H        ; 若不为 0, 说明从片还有其它中断服务, 不作操作
OUT    MA, AL         ; 写主片 EOI 命令, 清除主片 IR2 的中断服务标志
NEXT:  ...            ; 不向主片发 EOI 命令
```

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.1 对8259核单独仿真测试

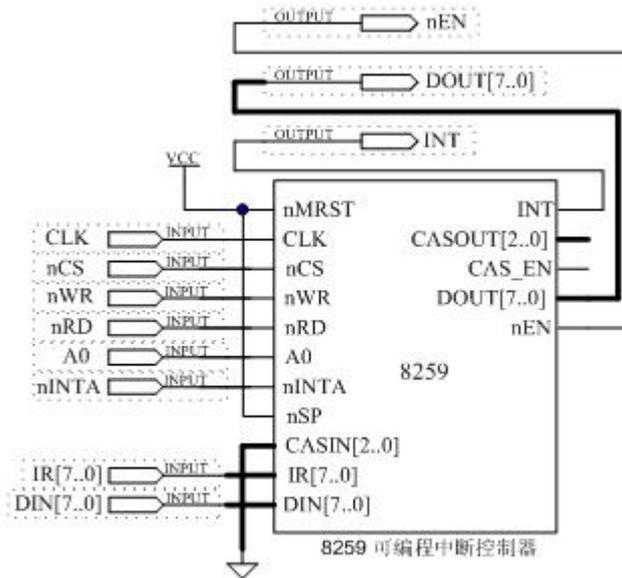


图 9-19 对 8259 核进行单独仿真的电路图

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.1 对8259核单独仿真测试

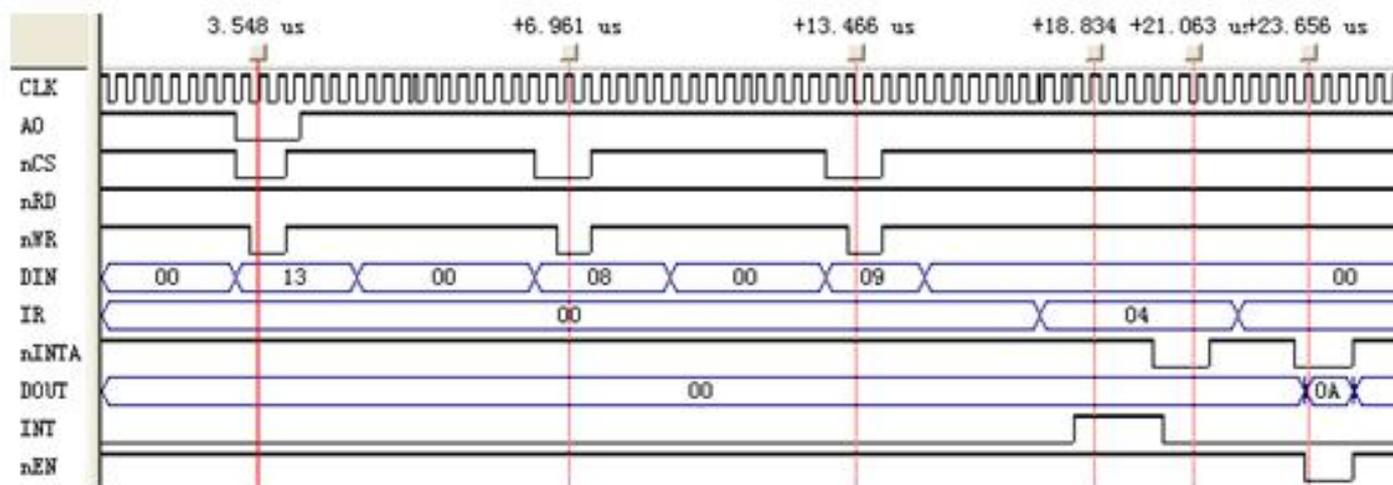


图 9-20 针对图 9-19 电路的时序仿真波形图

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.1 对8259核单独仿真测试

【例 9-7】8259 初始化程序

```
MOV AL, 13H ; 设置 ICW1=13H=00010011B, 边沿触发方式, 单片 8259(SNGL=1),  
OUT 20H, AL ; 要求 A0=0。需设置 ICW4  
MOV AL, 8 ; 设置 ICW2, 置初始中断向量码 8, 8 至 F  
OUT 21H, AL ; 要求 A0=1  
MOV AL, 9 ; 设置 ICW4, 要求 A0=1, 设置缓冲方式, 非自动结束, 8086 模式  
OUT 21H, AL
```

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

1. SOC硬件系统构建

【例 9-8】

```
library ieee; --VHDL 文件名: DCOD3.vhd
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
entity DCOD3 is
    port (ADDR    : in  std_logic_vector(7 downto 4); --地址总线 ADDR[7..4]输入端口
          CS0, CS1, CS2 : out std_logic           ) ; --译码输出
end DCOD3 ;
architecture structural of DCOD3 is
begin
    CS0 <= '0' when ADDR = "1001" else '1'; --8259 片选信号: 地址 90H~91H
    CS1 <= '0' when ADDR = "1010" else '1'; --8255 片选信号: 地址 A0H~A3H
    CS2 <= '0' when ADDR = "1011" else '1'; --8254 片选信号: 地址 B0H~B3H
end structural;
```


9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

【例 9-9】

```
library ieee; --VHDL 文件名: MUX3TO1.vhd
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
entity MUX3TO1 is
    port (
        DIN : out std_logic_vector(7 downto 0); --接 CPU 数据总线输入端口
        DOUT, DAO, C8255, C8259, RAMO : in std_logic_vector(7 downto 0);
        RDN, CS1, CS2, IOM, INTAn, NEN : in std_logic );
end MUX3TO1 ;
architecture str1 of MUX3TO1 is
begin
process( CS1, CS2, C8255, NEN, IOM, INTAn, C8259, RAMO, DAO )
begin
    if CS1 = '0' and (IOM = '1' and RDN = '0') then DIN <= C8255 ; --8255
    elsif CS2 = '0' and (IOM = '1' and RDN = '0') then DIN <= DAO ; --8254
    elsif (NEN = '0' and IOM = '1') AND (INTAn = '0') then DIN <= C8259 ; --8259
    elsif (IOM = '0' and RDN = '0') then
        DIN <= RAMO ; --RAM
    else DIN <= "00000000" ;
    end if ;
end process ;
end str1 ;
```

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

2. 汇编程序软件

【例 9-10】

```
title TEST1
.model tiny
.code
.8086
ORG      0024H           ; 8259 IRQ1, 8254 Timer1 Interrupt
dw       Timer1         ; IP : 9X4=36=24H, 中断向量首地址
dw       0000h          ; CS
STACKR \ ; DEFINE STACK
db       32 dup (0)
stacke dw 0000h
START : MOV     AX, 0000H   ; segment address
        MOV     CS, AX
        MOV     DS, AX
        MOV     ES, AX
        MOV     SS, AX
        MOV     SP, OFFSET stacke
```

```

MOV     AL,13H           ; 初始化 8259: ICW1=1BH,边沿触发,SNGL,要 ICW4
OUT     90H,AL           ; 8259 偶地址
MOV     AL, 8           ; ICW2=08H,中断类型码 8(8-F)
OUT     91H,AL
MOV     AL,9            ; SETUP ICW4=9, 8086 MODE
OUT     91H,AL           ; 完成 8259 初始化
MOV     AL,01010000B    ; 8254 初始化: 计数器 1, 方式 0
OUT     0B3H,AL         ; 送计数器 1 控制字
MOV     AL,12H
OUT     0B1H,AL         ; 写 1 计数器口计数初值 12H
MOV     AL,10010000B    ; 8255 控制字
OUT     0A3H,AL         ; 写 8255 控制字
MOV     BL,0
STI                               ; 开中断, IF=1
RR1: IN  AL,0B1H         ; 读 8254 计数器 1 口数据
OUT     0A1H,AL         ; 写 8255 的 B 口输出显示
MOV     AL,BL
OUT     0A2H,AL         ; 写 8255 的 C 口输出,输出 4AH 表明已从中断服务程序返回
JMP     RR1              ; 等待中断
Timer1: PUSH AX         ; 中断服务程序
MOV     AL,3CH
OUT     0A0H,AL         ; 8255 的 A 口输出 3CH 表示进入了中断服务程序
MOV     BL,4AH          ; BL=4AH 证明进入过中断服务程序
POP     AX
STI
IRET                               ; 中断返回
ORG     00F0H           ; 8088 BOOT CODE
DB     0EAH            ; 等效于指令: JMP     FAR PTR  START
DW     START
DB     00H,00H
END

```

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

3. 时序仿真波形分析

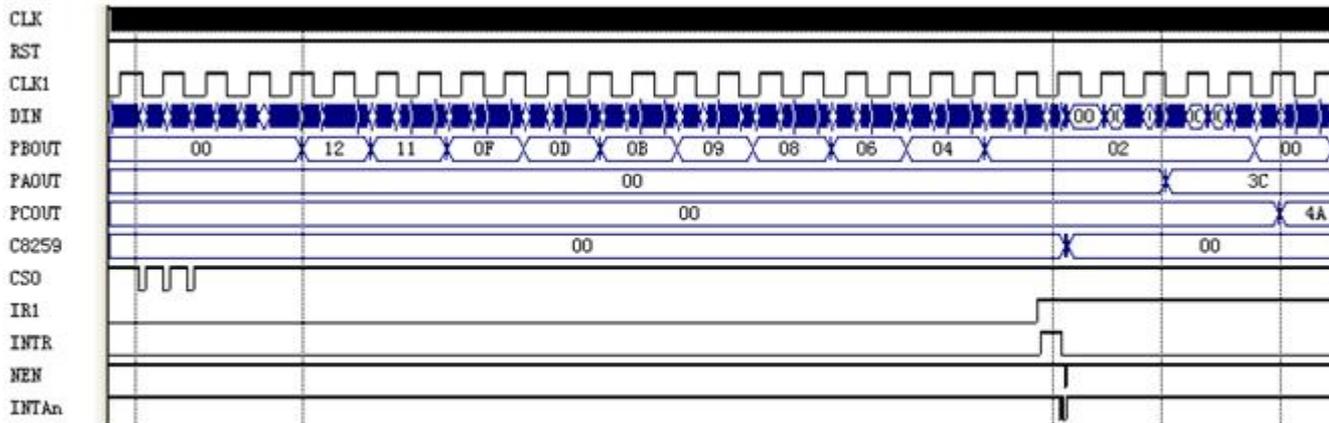


图 9-22 图 9-21 系统针对例 9-10 程序的时序仿真波形图

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

3. 时序仿真波形分析

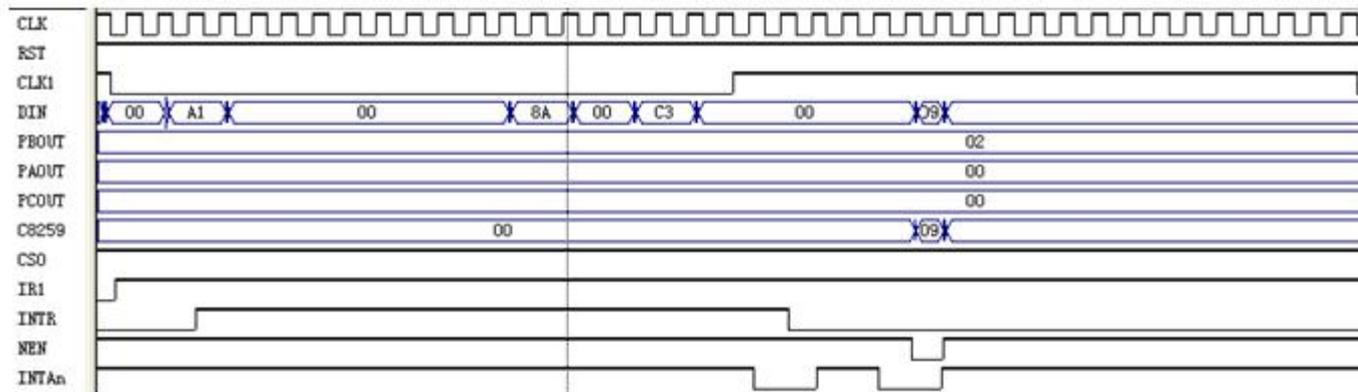
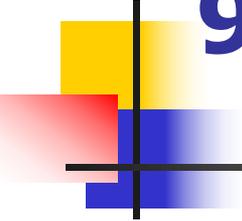


图 9-23 图 9-21 系统针对例 9-10 程序的时序仿真波形图



9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.3 含8259核的SOC实用系统构建和应用示例

4. 硬件验证

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

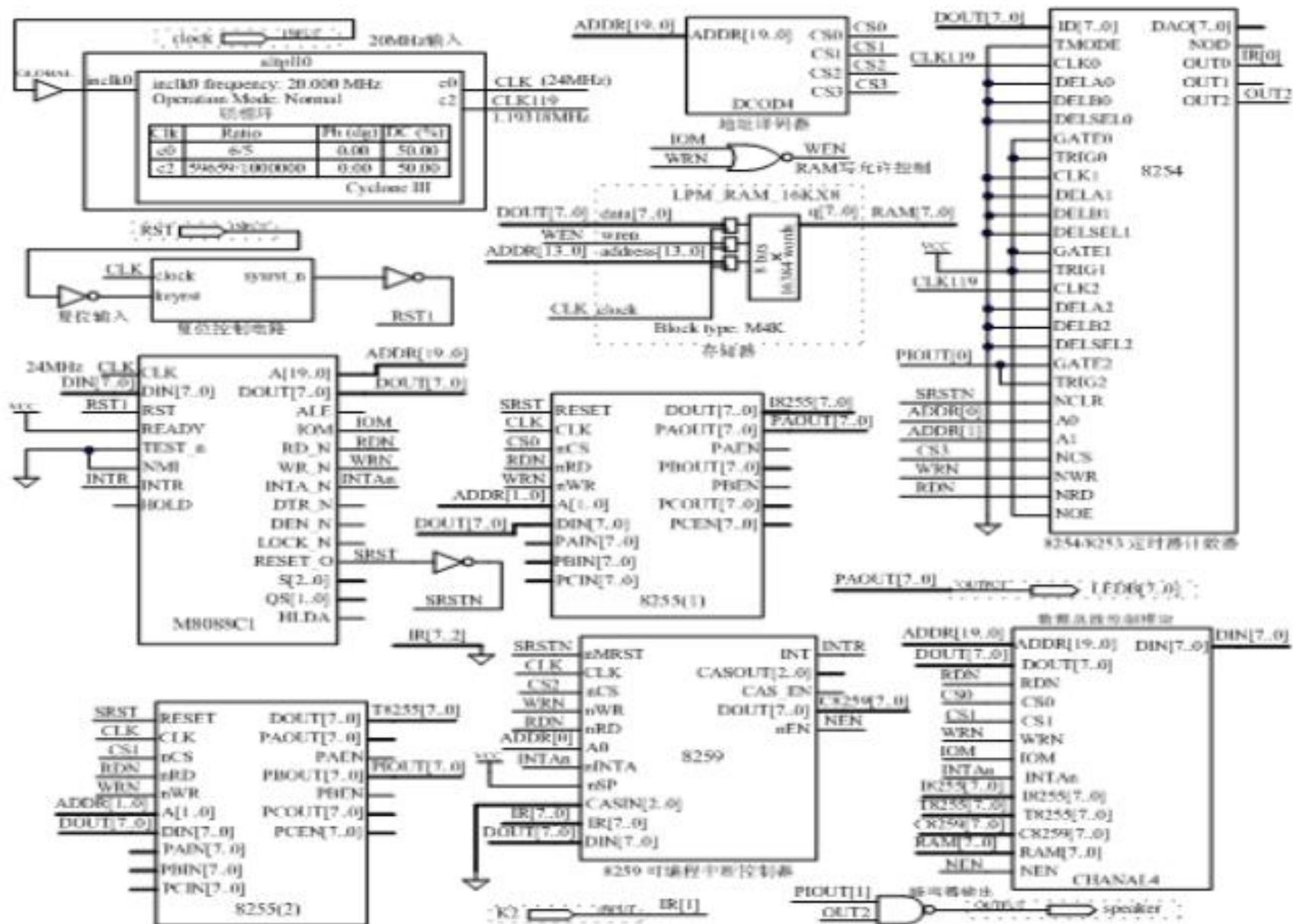


图 9-24 8088 SOC 微机系统电路图

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

1. 硬件系统构建

2. 设计工作原理

```
mov    dx, PIC_ICW1
mov    al, 13h           ;ICW1: 边沿触发,单 8259,需 ICW4
out    dx, al
mov    dx, PIC_ICW2
mov    al, 8           ;ICW2: 中断类型码(8-F)
out    dx, al
mov    dx, PIC_ICW4
mov    al, 9           ;ICW4: 缓冲 BUF,8086 模式
out    dx, al
sti
```

9.4 含8259核的SOC微机系统的构建

9.4.2 对含有8259核的SOC系统的完整软硬件测试

2. 设计工作原理

表 9-4 初始化命令字 ICW1~ICW4 数据格式:

命令字	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ICW1	0	X	X	X	1	LTIM	ADI	SNGL	IC4
ICW2	1	T7	T6	T5	T4	T3	X	X	X
	D7~D3 为中断类型码的高 5 位								
IC3 主片	1	IR7	IR6	IR5	IR4	IR3	IR2	IR1	IR0
IC3 从片	1	0	0	0	0	0	ID2	ID1	ID0
IC4	1	0	0	0	SFNM	BUF	M/S	AEOI	uPM

操作命令字数据格式:

OCW1	1	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	M0
OCW2	0	R	SL	EOI	0	0	L2	L1	L0
OCW3	0	0	ESMM	SMM	0	1	P	RR	RIS

实验

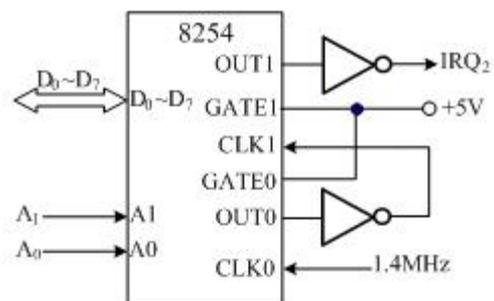


图 9-25 8254 应用电路