

第十一章

DMA控制器及其接口技术



11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.1 8237A的结构与芯片引脚功能

1. 8237A的功能

2. 8237A的结构

- ① 控制逻辑单元。
- ② 优先编码控制逻辑单元。
- ③ 命令控制逻辑单元。
- ④ 数据/地址缓冲器组。
- ⑤ **4个DMA**通道和各类内部寄存器。

11.1 8237A的基本结构与工作原理

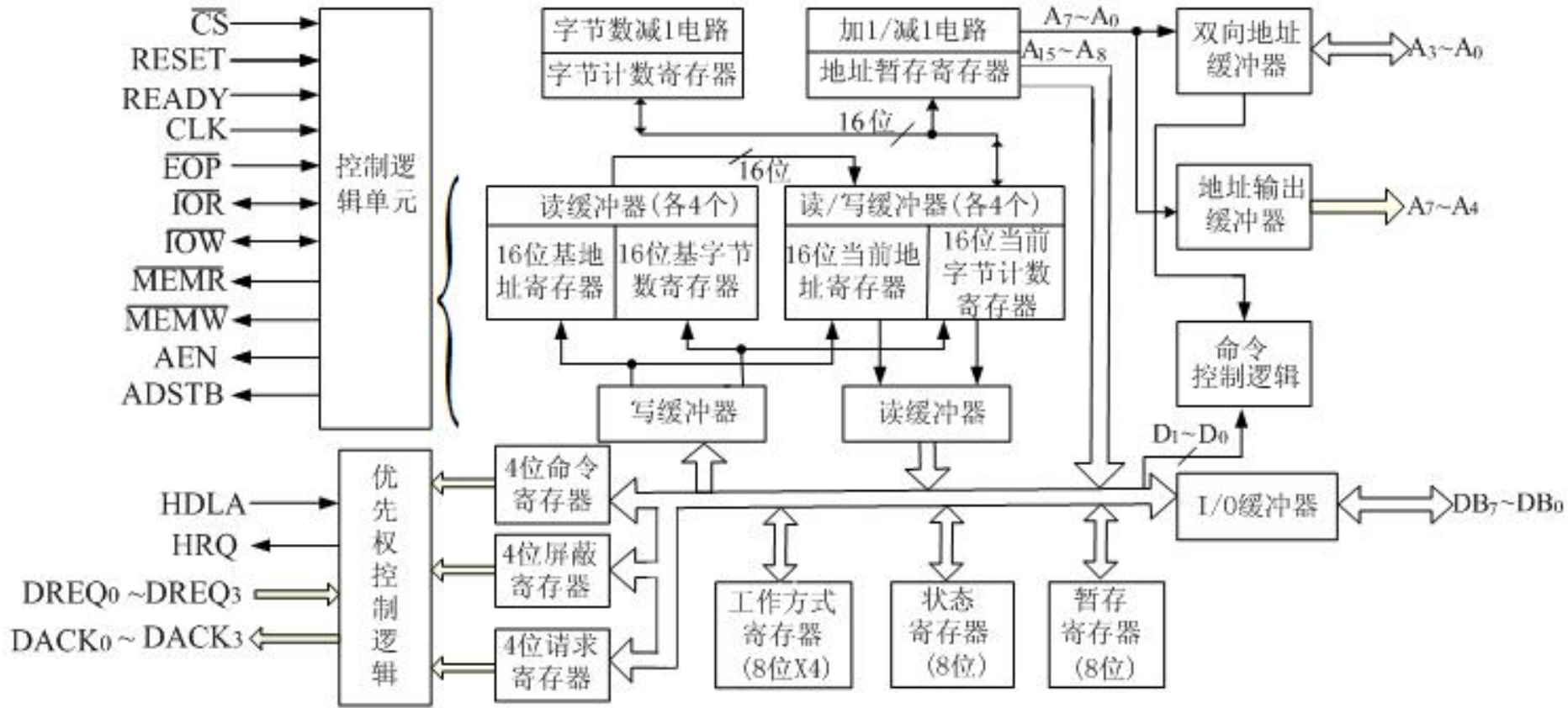


图 11-1 8237A 内部结构图

11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.1 8237A的结构与芯片引脚功能

3. 8237A的外部引脚功能

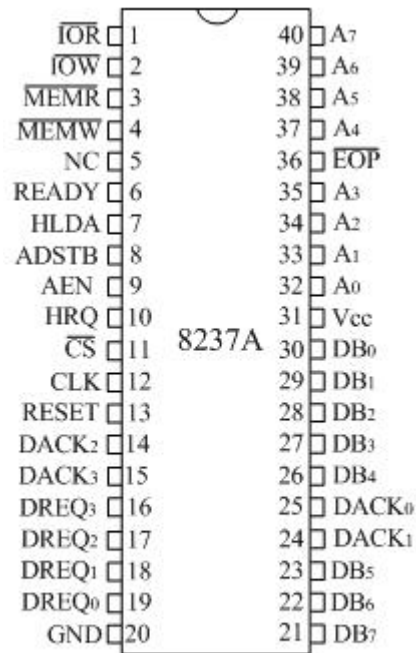


图 11-2 8237A 的引脚图



11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.2 8237A的工作状态和工作过程

1. 被动工作状态
2. 主动工作状态



11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.3 8237A的工作过程

1. DMA申请阶段

2. DMA响应阶段

3. DMA数据传送阶段

4. DMA传送结束阶段

11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.4 8237A的数据传送方式

1. 单字节传送方式
2. 块字节传送方式
3. 请求传送方式
4. 级连方式

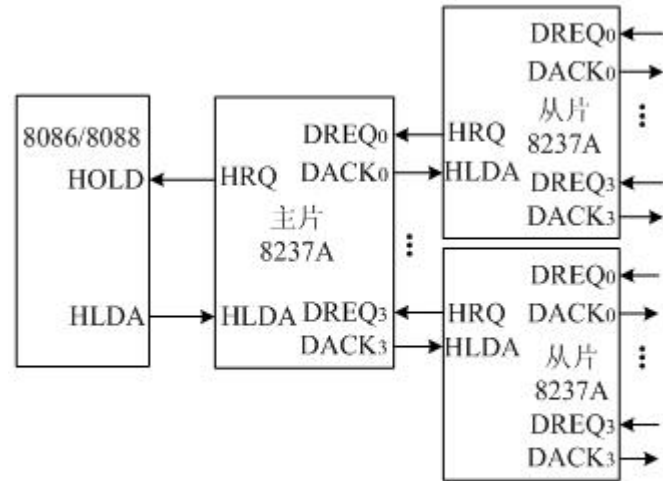


图 11-3 8237A 的级联方式示意图

11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.5 8237A的工作时序

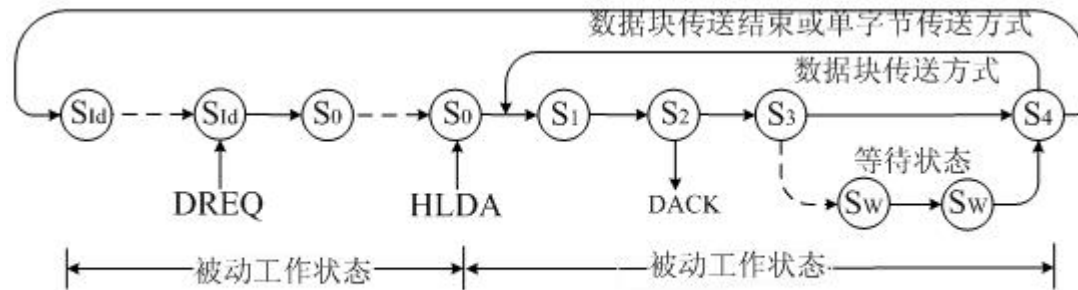


图11-4 8237A工作状态图



11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.5 8237A的工作时序

1. 空闲状态**SId**
2. **DMA**操作初始状态**S0**
3. **DMA**传送初始态**S1**
4. 数据读出状态**S2**
5. 数据写入状态**S3**
6. 等待状态**SW**
7. 传送方式判断状态**S4**

11.1 8237A的基本结构与工作原理

11.1.5 8237A的工作时序

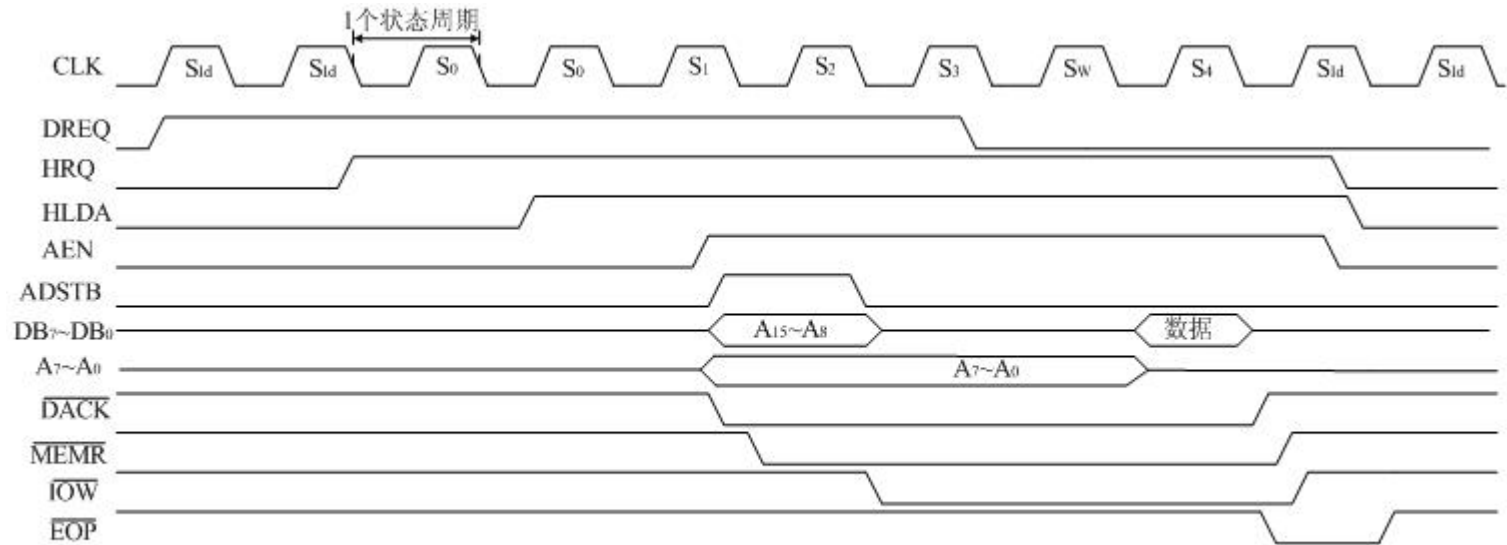


图11-5 8237A的DMA读总线周期时序图

11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.1 8237A的内部寄存器

表 11-1 8237A 内部寄存器

| 寄存器名称 | 位长 | 数量 | 寄存器功能和 CPU 访问形式 |
|-----------|----|----|-----------------------------|
| 基地址寄存器 | 16 | 4 | 只写。寄存对应通道当前地址寄存器的初值 |
| 基字节数计数寄存器 | 16 | 4 | 只写。寄存对应通道当前字数寄存器的初值 |
| 当前地址寄存器 | 16 | 4 | 可读/写。寄存 DMA 传送期间的地址值 |
| 当前字节数寄存器 | 16 | 4 | 可读/写，寄存当前字节数，每传送一个字节后自动减 1 |
| 地址暂存寄存器 | 16 | 1 | 暂存当前地址值，CPU 不可访问，仅供内部使用 |
| 字节计数寄存器 | 16 | 1 | 暂存当前字数，CPU 不可访问，仅供内部使用 |
| 命令寄存器 | 8 | 1 | 只写。寄存 CPU 发出的 8237 工作方式控制命令 |
| 工作方式寄存器 | 8 | 4 | 只写。寄存对应通道的方式控制字，由编程写入 |
| 屏蔽寄存器 | 4 | 1 | 只写。用于选择允许或禁止各通道接收 DMA 请求信号 |
| 请求寄存器 | 4 | 1 | 只写。寄存各通道的 DMA 请求信号 |
| 状态寄存器 | 8 | 1 | 只读。寄存各通道的现行工作状态 |
| 暂存寄存器 | 8 | 1 | 只写。只用于存储器到存储器的传输操作，暂存传输操作 |



11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.1 8237A的内部寄存器

1. 基地址寄存器
2. 当前地址寄存器
3. 基字节数计数器
4. 当前字节计数寄存器

11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.1 8237A的内部寄存器

5. 工作方式寄存器

| | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| D ₇ | D ₆ | D ₅ | D ₄ | D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ |
| 对应通道传送方式 | | 地址增减 | 自动预置 | 数据传送类型 | | 通道选择 | |

图 11-6 8237A 的工作方式控制字格式

6. 命令寄存器

| | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| D ₇ | D ₆ | D ₅ | D ₄ | D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ |
| 应答信号有效电平选择 | 请求信号有效电平选择 | 扩展写选择 | 优先级选择 | 时序选择 | DMA工作允许 | 通道0寻址 | 存储器之间传送 |

图 11-7 8237A 的命令字格式

11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.1 8237A的内部寄存器

7. 请求寄存器

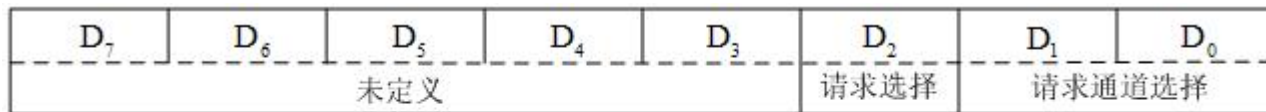


图 11-8 8237A 的请求写入字格式

11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.1 8237A的内部寄存器

8. 屏蔽寄存器（8位）

(1) 单个通道屏蔽寄存器。

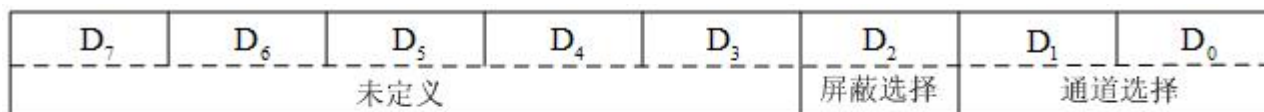


图 11-9 8237A 的单个通道屏蔽字格式

(2) 多通道屏蔽寄存器。

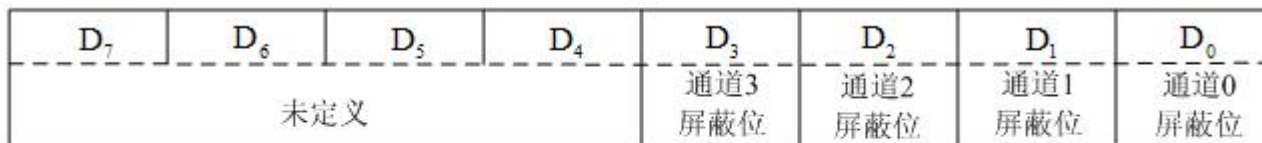


图 11-10 8237A 的多通道屏蔽字格式

11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.1 8237A的内部寄存器

9. 暂存寄存器

10. 状态寄存器

| D ₇ | D ₆ | D ₅ | D ₄ | D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 通道3 DMA 请求标志 | 通道2 DMA 请求标志 | 通道1 DMA 请求标志 | 通道0 DMA 请求标志 | 通道3计数 结束标志 | 通道2计数 结束标志 | 通道1计数 结束标志 | 通道0计数 结束标志 |

图 11-11 8237A 的状态字格式

11. 高/低触发器



11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.2 8237A的软命令

1. 清除高/低触发器

2. 主清除命令

3. 清除屏蔽寄存器命令

11.2 8237A的内部寄存器及用法

11.2.3 8237A的 端口地址分配

表11-2 8237A各端口地址的用途

| 端口地址 | 读 | 写 |
|------|-----------|---------------------|
| 00 H | 通道0 地址寄存器 | 通道0 基地址寄存器与当前地址寄存器 |
| 01 H | 通道0 字节计数器 | 通道0 基字节数计数器与当前字节计数器 |
| 02 H | 通道1 地址寄存器 | 通道1 基地址寄存器与当前地址寄存器 |
| 03 H | 通道1 字节计数器 | 通道1 基字节数计数器与当前字节计数器 |
| 04 H | 通道2 地址寄存器 | 通道2 基地址寄存器与当前地址寄存器 |
| 05 H | 通道2 字节计数器 | 通道2 基字节数计数器与当前字节计数器 |
| 06 H | 通道3 地址寄存器 | 通道3 基地址寄存器与当前地址寄存器 |
| 07 H | 通道3 字节计数器 | 通道3 基字节数计数器与当前字节计数器 |
| 08 H | 状态寄存器 | 命令寄存器 |
| 09 H | | 请求寄存器 |
| 0A H | | 单通道屏蔽寄存器 |
| 0B H | | 方式寄存器 |
| 0C H | | 清除高/低触发器命令 |
| 0D H | 暂存寄存器 | 主清除命令，对 8237A 总清 |
| 0E H | | 清除屏蔽寄存器命令，屏蔽位清 0 |
| 0F H | | 多通道屏蔽寄存器 |



11.3 8237A的编程与应用

11.3.1 8237A的编程步骤

11.3.2 编程举例

【例 11-1】

```
MOV AL, 00000100B
OUT DMA+08H, AL ; AL 内容写入命令寄存器, 禁止 8237A 工作
OUT DMA+0DH, AL ; 执行主清除软件命令, 使 8237A 进入空闲周期
MOV AL, 0FFH ; 以测试数据 0FFH, 准备作赋 1 检测
LP1: MOV BL, AL ; 将测试数据保存在 BL
MOV BH, AL ; 将测试数据保存在 BH
MOV CX, 8 ; 预置读/写次数
MOV DX, DMA ; 将通道起始地址 00 送 DX
LP2: OUT DX, AL ; 将全 1 信息送指定通道的寄存器低 8 位
OUT DX, AL ; 将全 1 信息送指定通道寄存器高 8 位
IN AL, DX ; 将刚写入的低 8 位字节读出
MOV AH, AL ; 将读出的低 8 位字节保存在 AH
IN AL, DX ; 将刚写入的高 8 位字节读出
CMP BX, AX ; 比较读出的 16 位字节
JE LP3 ; 若比较结果一致则转至 LP3
HLT ; 若比较结果不一致则暂停
LP3: INC DX ; 通道地址加 1, 指向下一个通道寄存器
LOOP LP2 ; 若 CX 未减到 0, 回到 LP2, 继续; 若 CX 减到 0, 则转入下一条指令
INC AL ; 原 AL 中数值为 FFH, 加 1 后即为 00H, 用作测试数据
JE LP1 ; 回到 LP1, 进行赋 0 检查
```

【例 11-2】

```
OUT  9DH,  AL      ; 执行主清除软件命令, 使 8237A 进入空闲周期
MOV  AL,  40H
OUT  90H,  AL      ; 将内存地址的低 8 位 (40) 写入基地址和当前地址寄存器
MOV  AL,  70H
OUT  90H,  AL      ; 将内存地址的高 8 位 (70) 写入基地址和当前地址寄存器
MOV  AL,  00H      ; 由于 16KB=4000H
OUT  91H,  AL      ; 将字节数的低 8 位 (00) 写入基字节和当前字节计数器
MOV  AL,  40H
OUT  91H,  AL      ; 将字节数的高 8 位 (40) 写入基字节和当前字节计数器
MOV  AL,  10000100B ; 方式字: 84H
OUT  9BH,  AL      ; 写方式寄存器: 块传送方式、增量传送、不自动预置、写传送、通道 0
MOV  AL,  00H      ; AL ← 00H, 屏蔽字: 00H
OUT  9AH,  AL      ; 写单通道屏蔽寄存器, 允许 0 通道 DMA 请求
MOV  AL,  1100000B ;
OUT  98H,  AL      ; 写命令寄存器: DACK 高电平有效、DREQ 低电平有效、固定优先级
HLT
```



11.4 8088 SOC系统中的8237 IP应用

1. 硬件电路设计

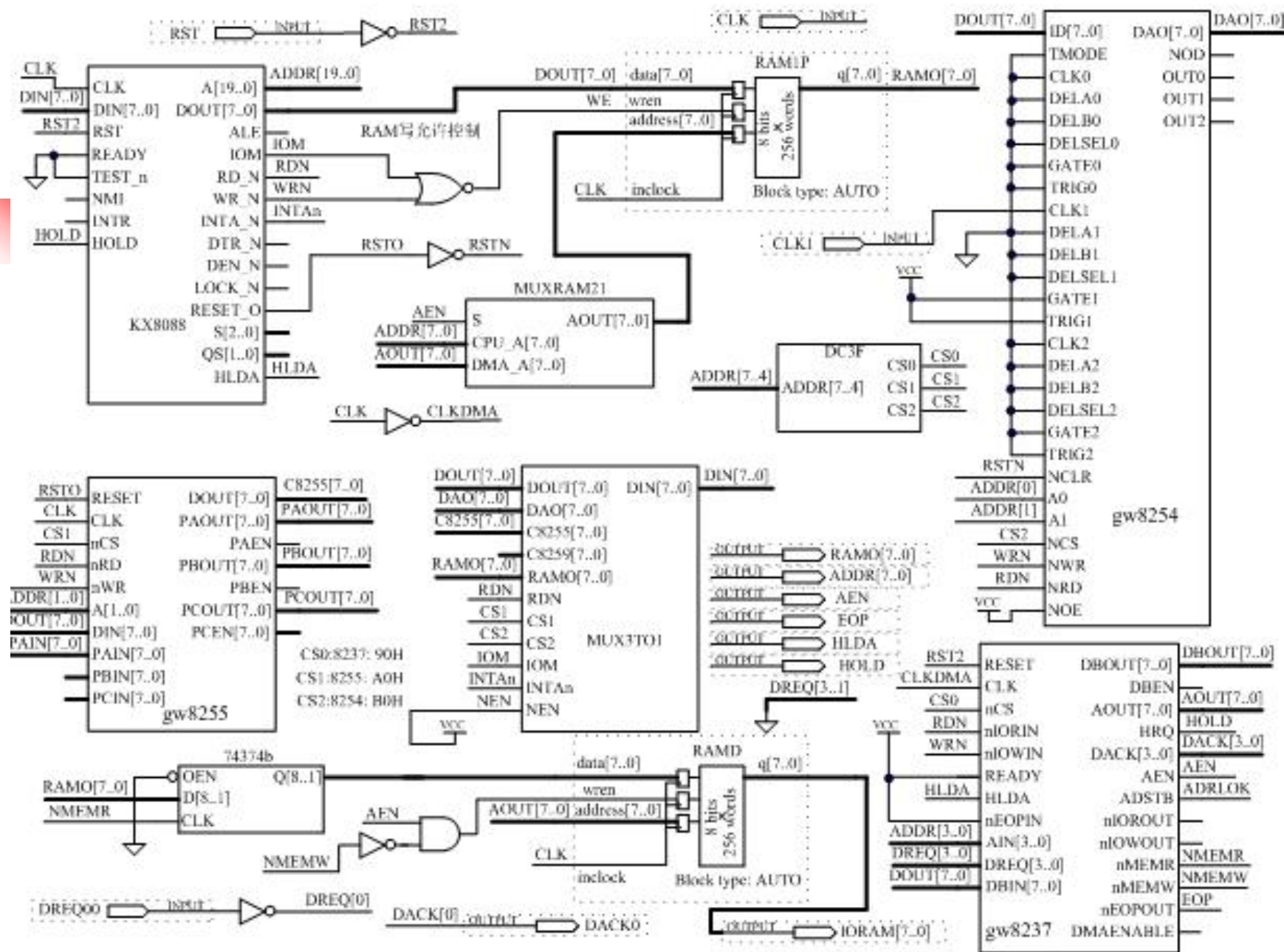


图 11-12 8088 SOC 系统中的 RAM 到 RAM 数据块传输 DMA 控制电路图

11.4 8088 SOC系统中的8237 IP应用

2. 汇编程序设计

【例 11-3】

```
        title TEST_8237 DMA
        .model tiny
        .code
        .8086
        ORG     00010H
result  DB     92H,93H,94H,95H,96H,97H,98H,99H,9AH,9BH,9CH,9DH,9EH,9FH,91H,90H
START : OUT    9DH, AL      ; 执行主清除软件命令, 使 8237A 进入空闲周期
        MOV    AL, 10H     ; 选择存储器到存储器传送, 用通道 0 的地址寄存器存放源地址
        OUT    90H, AL     ; 将内存地址的源地址低 8 位 10H 写入通道 0 的
        MOV    AL, 00H     ; 基地址和当前地址寄存器
        OUT    90H, AL     ; 将内存地址的源地址高 8 位 00H 写入通道 0 的
```


| | | | |
|-----|-----|---------|--------------------------------------|
| | MOV | AL, 0FH | ; 基地址和当前地址寄存器 |
| | OUT | 91H, AL | ; 将传送的源字节数的低 8 位 0FH 写入通道 0 基字节数计数器 |
| | MOV | AL, 00H | |
| | OUT | 91H, AL | ; 将传送的源字节数的高 8 位 00H 写入通道 0 基字节数计数器 |
| | MOV | AL, 20H | ; 选择存储器到存储器传送, 用通道 1 的地址寄存器存放目的地址 |
| | OUT | 92H, AL | ; 将 RAM 的目的址低 8 位 20H 写入通道 1 的 |
| | MOV | AL, 00H | ; 基地址和当前地址寄存器 |
| | OUT | 92H, AL | ; 将 RAM 的目的址低高位 00H 写入通道 1 的 |
| | MOV | AL, 0FH | ; 基地址和当前地址寄存器 |
| | OUT | 93H, AL | ; 将传送的目的字节数的低 8 位 0FH 写入通道 1 基字节数计数器 |
| | MOV | AL, 00H | |
| | OUT | 93H, AL | ; 将传送的目的字节数的高 8 位 00H 写入通道 1 基字节数计数器 |
| | MOV | AL, 88H | ; 写工作方式寄存器: 方式字 88H = 选择通道 0、DMA 读 |
| | OUT | 9BH, AL | ; 传输、禁止自动预置、选择地址加 1 操作、数据块传输方式 |
| | MOV | AL, 00H | ; 写屏蔽字寄存器 |
| | OUT | 9AH, AL | ; 输出屏蔽字: 00H=允许通道 0 的 DMA 请求 |
| | MOV | AL, 89H | ; 写命令字寄存器: 81H=允许存储器到存储器传送、通道 0 源 |
| | OUT | 98H, AL | ; 地址可作增量改变、启动 8237、选择压缩时序、固定优先级、 |
| RT: | NOP | | ; 不扩展写信号、DREQ 和 DACK 都设为高电平有效。 |
| | JMP | RT | ; 等待 DMA 请求 |
| | ORG | 00F0H | ; BOOT CODE |
| | DB | 0EAH | ; JMP FAR PTR start |
| | DW | START | |
| | DB | 00H,00H | |
| | END | | |

11.4 8088 SOC系统中的8237 IP应用

3. 时序仿真

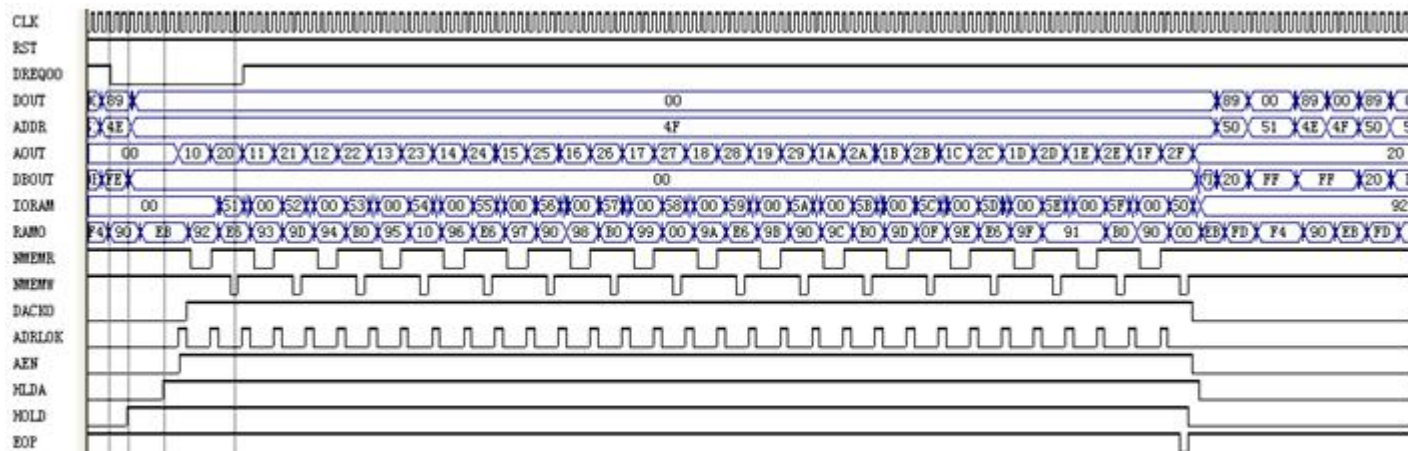


图 11-13 电路图 11-12 针对程序例 11-3 的时序仿真波形图

11.4 8088 SOC系统中的8237 IP应用

3. 时序仿真

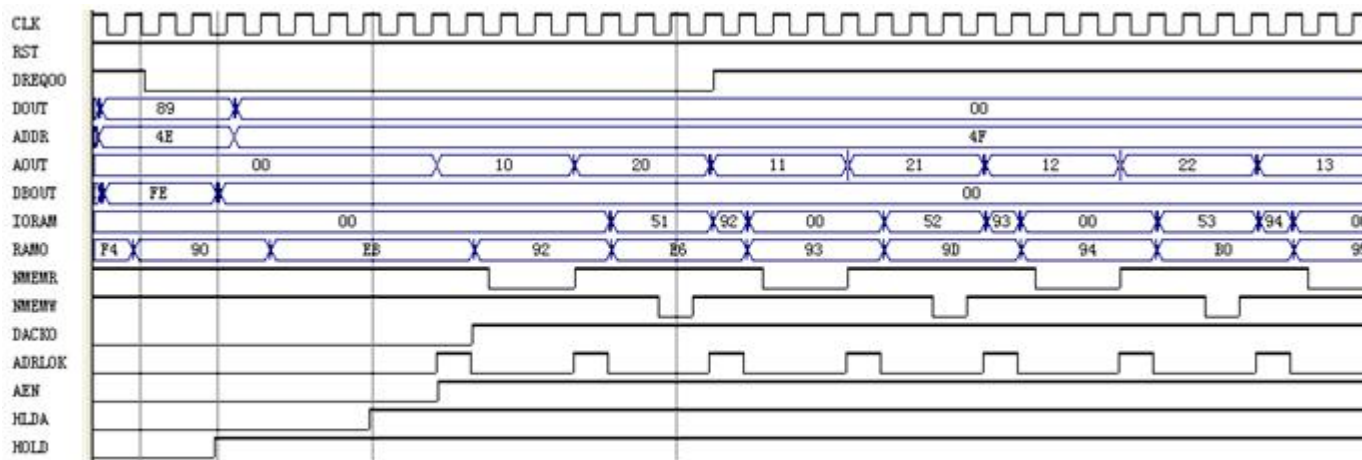


图 11-14 图 11-13 中部分波形的展开图

11.4 8088 SOC系统中的8237 IP应用

4. 硬件测试

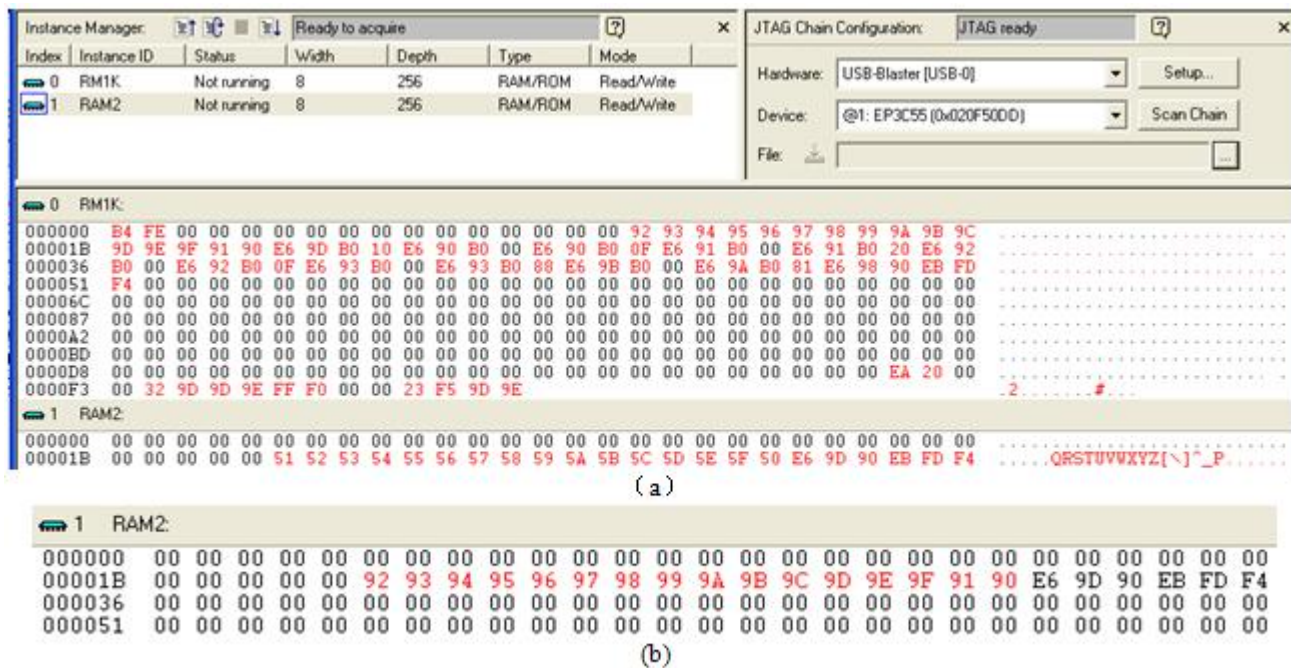


图 11-15 对图 11-12 所示电路进行在系统实测的两个 RAM 中的情况

实验

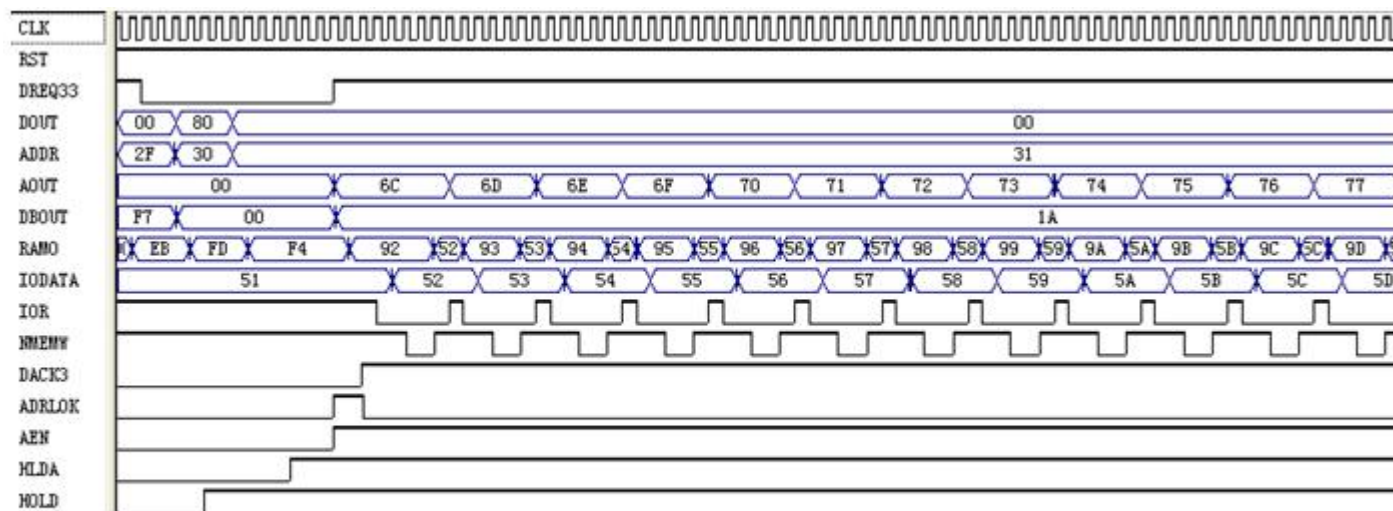


图 11-16 实验 6-2 仿真波形参考图