

前 言

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer, 简称单片机)又称微控制器(Microcontroller), 它在一块芯片内集成了CPU、RAM、ROM和多种功能的I/O, 具有体积小、功能强、使用方便和抗干扰能力强等优点, 特别适合自动控制、智能仪器等方面。

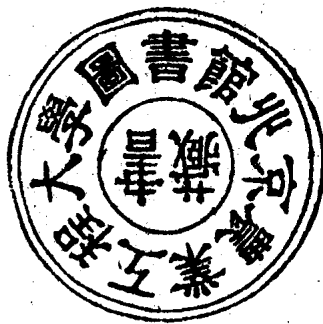
十六位单片机8096是当前功能最强的单片机, 它在一块芯片内有16位CPU、8KB ROM、232 BRAM、全双工串行I/O、多通道10位A/D转换和高速输入/输出等功能。目前已广泛应用于机电控制、过程控制、航天导航、智能仪器、数据处理和高档家用电器等方面。8096单片机已越来越受人注目, 为了使十六位单片机8096能尽早在国内推广和应用, 我们编著了这本书。

本书是一本实用性教科书和技术参考书, 从应用设计的角度出发, 详细地介绍了8096的系统结构和各部件应用的方法。全书共分十一章。第一章介绍了8096的系统结构, 第二章是8096的指令系统, 第三章是8096的中断系统, 第四至七章详细介绍了特殊功能寄存器、高速输入、高速输出和串行I/O等部件的结构和应用方法, 第八章是8096应用系统的设计方法, 第九和第十章是8096四则运算和实用数据计算程序设计, 第十一章提供了8096应用实例。为了通俗易懂, 书中列举了一百多个8096的演示和应用实例。

本书由陈章龙同志组织了复旦大学计算机科学系微机开发与应用研究室同志集体编写, 其中第一章(第二节)、第三章和第八章由朱晓强同志编写; 第二章和第十一章由姚志石同志编写; 第四、五、六、七章和第一章第一节由陈章龙同志编写; 第九、十章由涂时亮同志编写。最后由陈章龙同志统编成书, 由徐君毅、薛家政同志审阅。在编写过程中, 我们力求深入浅出、精炼流畅。但由于水平有限, 错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

1988.5.



目 录

第一章 8096单片机系统结构	(1)	第五章 高速输入HSI的应用	(62)
§1.1 概述	(1)	§5.1 高速输入HSI的结构	(62)
§1.2 8096单片机系统结构	(2)	5.1.1 与高速输入HSI有关的特殊功能寄存器	(63)
1.2.1 MCS-96单片机系列	(2)	5.1.2 先进先出FIFO单元	(65)
1.2.2 8096中的中央处理器(CPU)	(4)	5.1.3 HSI的中断方式	(65)
1.2.3 8096的存储器	(5)	§5.2 高速输入HSI的应用方法	(65)
1.2.4 8096中的I/O功能部件	(9)	5.2.1 高速输入HSI的应用要点	(65)
1.2.5 特殊功能寄存器一览表	(13)	5.2.2 查询方式的高速输入	(66)
1.2.6 系统复位	(19)	5.2.3 中断方式的高速输入	(67)
1.2.7 振荡电路与基本时序	(20)	§5.3 高速输入HSI的几个应用实例	(68)
1.2.8 8096引脚	(21)	5.3.1 高速输入HSI检测事件	(68)
第二章 8096指令系统	(23)	5.3.2 高速输入HSI测量脉冲宽度和周期	(68)
§2.1 操作数类型	(23)	5.3.3 高速输入HSI测量转速	(69)
§2.2 8096寻址方式	(24)	第六章 高速输出HSO的应用	(71)
§2.3 8096程序状态字	(26)	§6.1 高速输出HSO的结构	(71)
§2.4 8096指令系统详解	(27)	6.1.1 与高速输出HSO有关特殊功能寄存器	(71)
第三章 8096单片机的中断系统	(40)	6.1.2 内容定址存储器CAM	(73)
§3.1 8096单片机的中断结构	(40)	6.1.3 高速输出HSO的工作过程	(73)
3.1.1 8096的中断源	(40)	§6.2 高速输出HSO的应用方法	(73)
3.1.2 与8096中断有关的寄存器	(41)	6.2.1 高速输出HSO的应用要点	(73)
3.1.3 8096中断控制处理过程	(42)	6.2.2 高速输出HSO的编程方法	(73)
§3.2 8096的中断请求	(43)	§6.3 高速输出HSO的应用实例	(74)
§3.3 8096中断优先级的改变	(46)	6.3.1 事件的触发执行	(74)
§3.4 8096中断编程示例	(48)	6.3.2 高速输出HSO输出脉冲	(75)
3.4.1 用ACH.7作外部中断源	(48)	6.3.3 高速输出HSO进行PWM输出	(77)
3.4.2 改变中断的返回地址	(48)	§6.4 高速输出HSO的其它应用	(78)
3.4.3 用软件产生EXINT和HSI.0中断	(49)	6.4.1 软件定时器	(78)
3.4.4 HSI中断处理过程	(50)	6.4.2 高速输出HSO启动A/D转换	(79)
第四章 特殊功能寄存器及其应用方法 (51)		6.4.3 高速输出HSO定时复位定时器T2	(80)
§4.1 特殊功能寄存器SFR概述	(51)	第七章 串行口的应用方法	(80)
§4.2 A/D转换的应用方法	(52)	§7.1 串行口的结构与工作原理	(80)
§4.3 PWM寄存器的应用方法	(55)	7.1.1 串行口的工作方式	(80)
§4.4 定时器的应用方法	(58)	7.1.2 与串行口有关的特殊功能寄存器	(81)
4.4.1 监视定时器的应用	(58)	§7.2 串行口的应用方法	(83)
4.4.2 定时器T1的应用	(59)		
4.4.3 定时器T2的应用	(60)		

7.2.1 串行口的应用要点	(83)
7.2.2 串行口的编程方法	(83)
§7.3 串行口的应用示例	(83)
7.3.1 方式0的应用	(83)
7.3.2 方式1的应用	(85)
7.3.3 方式2和方式3的应用	(88)

第八章 应用系统的设计方法 (92)

§8.1 8096单片机应用系统设计方法	(92)
8.1.1 存储器地址译码	(92)
8.1.2 P3口和P4口的重建	(93)
8.1.3 P1口的编程要求及硬件考虑	(93)
8.1.4 噪声防止措施	(94)
§8.2 最基本的8096单片机系统设计	(94)
8.2.1 最基本的8096硬件逻辑	(94)
8.2.2 最小外接EPROM系统	(94)
8.2.3 实用的EPROM最小系统	(95)
§8.3 8096单片机外接RAM/EPROM系统	(95)
8.3.1 外接RAM/EPROM系统结构分析	(96)
8.3.2 32k字节的RAM/EPROM应用系统	(96)
8.3.3 RAM/EPROM系统程序示例	(97)
§8.4 8096单片机外围扩展应用系统	(97)
8.4.1 扩展应用系统的结构	(97)
8.4.2 PP40描绘器接口	(98)
8.4.3 键盘、显示器接口	(99)

第九章 8096四则运算程序设计 (101)

§9.1 定点数运算	(101)
------------	-------

§9.2 浮点数运算	(107)
------------	-------

第十章 8096实用数据计算程序设计 (114)

§10.1 数制转换	(114)
§10.2 多项式运算及其应用	(116)
§10.3 常用函数的计算程序	(120)
10.3.1 正弦函数SIN计算	(120)
10.3.2 指数函数e ^x 计算	(121)
10.3.3 自然对数函数lnx计算	(122)
10.3.4 平方根计算	(123)

第十一章 8096应用实例 (124)

§11.1 线性频率转换电压	(124)
§11.2 可变电压控制ISO脉冲发生器	(126)
§11.3 频率检测器	(128)
§11.4 平方律检测器	(129)
§11.5 高速可编程控制器	(131)
§1.6 二维高速进给/切削操作	(133)
§11.7 物体的分类和存放	(136)
§11.8 销售终端	(138)
§11.9 使用高速输出部件驱动步进电机	(140)
§11.10 温度控制	(143)
§11.11 远程闭环控制	(144)
§11.12 数字滤波器	(146)
§11.13 智能超声测距仪	(148)
§11.14 信号处理中数字至模拟输出的平滑	(151)

附录一: 8096指令系统表 (154)

附录二: 操作码状态时间表 (156)

第一章 8096单片机系统结构

80年代中期，单片机的应用进入了16位单片机的时代。在目前已公布于世的几种16位单片机中，Intel公司的8096单片机功能最强，应用最广。

§1.1概述

80年代初，Intel公司推出了高档8位单片机8051，它立刻主宰了8位单片机的市场，广泛用于打印机和盒式录象机中。到1984年它已成为工业标准，被广泛应用于安全报警系统、照明和气候控制系统、汽油泵、阵列电路、开关电源等方面。随着应用的深入，人们对单片机的要求越来越高，8位单片机已满足不了需要。如8051只适用于速度为300波特的马达控制，对速率为2400波特的新型马达的控制就无能为力；又如每秒100个至

200个字符的打印机控制可由8051来胜任，而每秒200至400个字符的打印机控制则需要性能更强的单片机。为此Intel推出了16位单片机8096。

Intel公司的16位单片机8096虽然不是第一个公布于世的16位单片机(Mostek公司的68200是第一个推出的16位单片机，由于68200性能的局限和该公司经营不力，68200一直没有得到很好的开发和应用，该公司已被法国的Thomson公司接管)，但却是目前性能最强，应用最广泛的16位单片机。近年来，美国国家半导体公司(NS)和日本的NEC公司也分别推出了16位单片机HPC16040和783xx系列，不过它们的性能仍及不上8096单片机。表1.1是目前已公布于世的四种16位单片机的性能比较。

表1.1 16位单片机性能表

公 司	型 号	片内		中断源	串行口	A/D	PWM 输出	Watch -dog 定时器	定时/ 计数	高速 I/O	DMA
		ROM	RAM								
Thomson (Mostek)	68200	4KB	256B	15	异/同步	无	有	有	3×16位	无	无
Intel	8096	3KB	232B	8	异步	8×10位	有	有	2×16位	HSIO	无
NS	HPC16040	4KB	256B	8	异步	无	有	有	8×16位	有	无
NEC	783××	8KB	156B	15	异步	4×8位	有	有	2×16位	有	8个宏 通道

8096 16位单片机不断发展，逐渐形成系列。1987年推出了80C196，其性能是8096的两倍，如16位×16位乘法仅为2.3μs。图1.1是MCS-96单片机系列的发展示意图。据统计1987年8096单片机的产量已达到20万片，约占当年16位单片机市场的90%。16位单片机目前发展很快，据预测，到1990年16位单片机将达到8位单片机同样的产量

Intel公司自1984年推出了8096，1985年年底又推出了改进型8096BH。它与8096相比，10位A/D转换器带有采样和保持电路，中

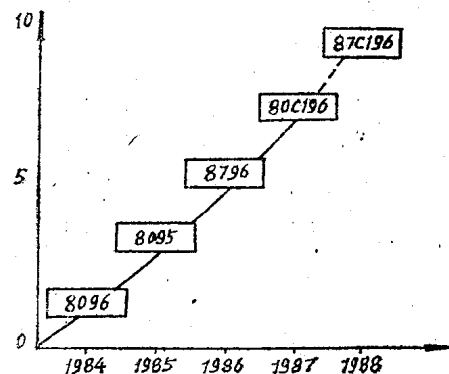


图1.1 MCS-96单片机的发展

断源增至20个,有专用的波特率发生器,可以动态地重新组合8位或16位数据总线,EPROM可在运行时编程并带有各种安全措施,具有灵活可变的READY控制。1988年Intel公司又推出了8位机的价格16位机性能的8098单片机,它类似于8088微处理器,内部的CPU寄存器都为16位,对外数据通路为8位,这样更便于应用和推广。

为了更好地开发和应用8096单片机,Intel公司先后推出了SBE-96、VLSi CE-96和ICE-196仿真器。SBE-96是简易型的单板式仿真器,它可以在Intellec开发系统和IBM-PC微机上开发;VLSiCE-96是独立型在线仿真器,可以通过RS-232串行口直接在IBM-PC微机支持下进行开发;ICE-196是1987年推出的最新型独立型在线仿真器。8096单片机除了配备ASM-96汇编语言外,还配备PL/M-96和C-96高级语言;和其它的微处理器一样,8096单片机也配备了实时多任务执行软件DCX-96(即iRMX-96)。

8096是高性能的单片机,特别适合应用于要求很高的实时控制场合,如工业控制、

表1.2 8096的应用范围

工业方面:	导航与控制方面:
电机控制	导弹制导
工业机器人	鱼雷制导控制
离散与连续过程控制	智能武器装置
数字控制	航天导航系统
智能传感器	数据处理方面:
仪器仪表方面:	图形终端
医疗器械	彩色与黑白复印机
液体和气体色谱仪	温式硬盘驱动
示波器	磁带机驱动
消费品方面:	打印机
录像机	汽车方面:
激光盘驱动	点火控制
高级电视游戏	变速器控制
电讯方面:	燃料控制
调制解调器	防滑刹车
智能线路控制	排气控制

仪器仪表和计算机的智能外设。如8096已成功地应用于汽车上,用于点火和燃料等控制;温式硬盘驱动器和光盘控制器也是8096单片机应用的主要对象。表1.2列出了8096单片机的应用范围。

§1.2 8096单片机系统结构

1.2.1 MCS-96单片机系列

MCS-96整个系列由结构不同的八种类型组成:48引脚和68引脚;带ROM和不带ROM;有A/D转换和无A/D转换。为用户的不同需要,在I/O数量和封装的尺寸方面提供了最好的选择。表1.3列出了MCS-96产品系列的现有规格。

48引脚芯片为双列直插式(DIP)陶瓷或塑料封装。68引脚芯片除陶瓷或塑料封装外,又分为PGA型(Pin Grid Array)和PLCC型(Plastic Leaded Chip Car-

表1.3 MCS-96系列产品

类 别		68引脚	48引脚
数字型I/O	无ROM	8096	8094
	ROM	8396	8394
模拟型与数字型I/O	无ROM	8097	8095
	ROM	8397	8395

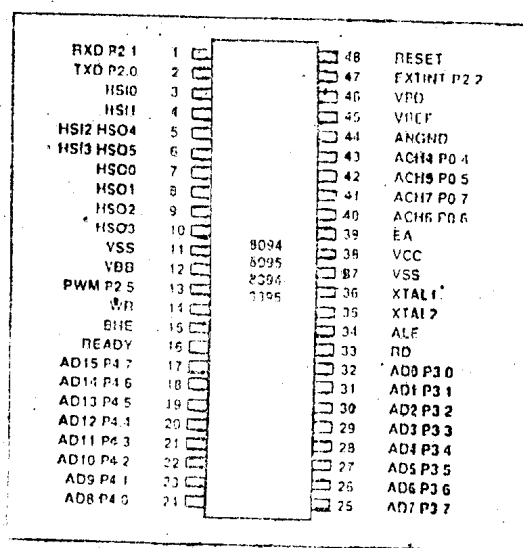


图1.2 48引脚封装

片上。CPU支持位、字节、字操作，指令系统支持32位的双字长操作。在12MHz输入频率下可实现16位加法运算(1μs)，16位×16位乘法运算或32位÷16位的除法运算(6.5μs)，指令执行时间一般平均为1~2μs。

4个高速触发输入用于记录外部事件发生的时间，6个高速脉冲发生器输出用于在预定的时间下触发外部事件。高速输出部件同时还有定时功能，多至4个16位软件定时器能同时工作。

芯片内部A/D转换器具有4个(48引脚)或8个(68引脚)10位模拟输入通道。A/D转换功能仅在8095、8395、8097和8397等芯片中具备，其余芯片都为数字型输入口。

表1.4 MCS-96系列功能特性一览表

功 能	特 性
16位CPU	使芯片功能更强，具有高速的处理能力。
8K字节ROM	为更复杂更庞大的程序提供大的程序空间
232字节RAM	大型的片内寄存器文件
硬件乘、除运算	提供 stronger 的数学运算能力(在12MHz下，6.5μs内能完成16位×16位的乘法运算或是32位÷16位的除法运算)
6种寻址方式	使编程和数据处理有更大的灵活性
高速I/O部件(4条专用I/O线,4条可编程I/O线)	能测量和产生高分辨率的脉冲(在12MHz下为2μs)
10位A/D转换器	读外部模拟输入
全双工串行口	为其他处理器或系统提供异步串行通信
可扩展至40个I/O口	提供与TTL兼容的数字式I/O接口，包括具有标准的8位或16位外设的系统扩展
可编程的8级优先权中断系统	响应异步事件
脉宽调制输出	提供一组能改变脉冲宽度的可编程脉冲串。同时往往产生模拟输出
监视跟踪定时器	能够对软件故障或硬件失灵进行恢复
48脚式(DIP)和68脚式(扁平式引脚、格栅阵列式引脚)	提供各种封装形式以供选择，更好地满足那些需要考虑I/O数量和集成块尺寸的特殊场合。

芯片还提供一个串行口、一个脉宽调制输出器及一个监视跟踪定时器。表1.4为MCS-96系列芯片的特性一览表。

1.2.2 8096中的中央处理器(CPU)

8096的CPU由若干部分组成，其中主要部分是寄存器文件(也称寄存器堆，Register File)和寄存器算术逻辑运算单元(RALU)。CPU既可以通过特殊功能寄存器组(SFR)又可通过存贮控制器(Memory Controller)与外部进行数据传送。RALU未采用其他类型CPU中的累加器，而是直接在组成寄存器文件的256个字节寄存器空间(包括特殊功能寄存器SFR)里进行操作。这些寄存器都具有累加器的特殊功能，使CPU可对运算前后的数据进行迅速变换，同时提供高速的数据处理能力和频繁的输入/输出访问能力，而不存在使用累加器时出现的“瓶颈现象”。通过特殊功能寄存器组(SFR)还可直接控制I/O，使之高效率地运行。

1. CPU总线

CPU内部的一个控制单元和两条总线把寄存器文件和RALU连接起来。图1.6画出了CPU内部两条总线的连接情况。这两条总线是：8位地址总线(A总线)和16位数据总线(D总线)。D总线只能在RALU与寄存器文件或特殊功能寄存器组(SFR)之间传送数据。A总线作为数据传送的地址总线或者作为连接到存贮控制器的多重地址/数据总线。无论是对内部ROM还是外部存贮器的任何访问，都是通过存贮器操作进行的。在8096的存贮器中，不象MCS-48和MCS-51系列那样有程序存贮器和数据存贮器之分。在8096存贮控制器里设有一个跟踪CPU程序计数器(PC)的从程序计数器(Slave PC)，使大多数程序可从程序计数器取出指令地址，从而节省了CPU执行操作时间。

2. 寄存器算术逻辑运算单元(RALU)

RALU完成8096单片机的大多数运算。送RALU的指令从A总线上取得，并暂存在指令寄存器中。控制单元对指令进行译码，产

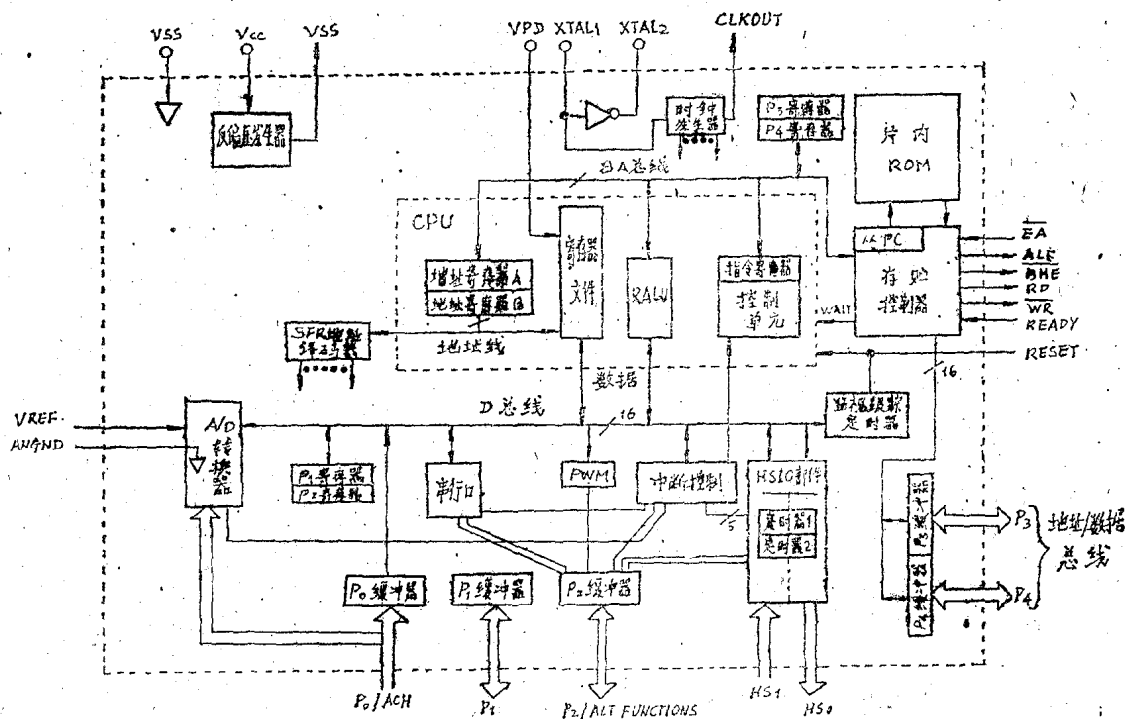


图1.6 8096单片机逻辑框图

生一组准确的信号序列，使RALU去执行所指定的功能。RALU的结构示于图1.7中。它包括一个17位的算术逻辑单元(ALU)，程序状态字(PSW)，程序计数器(PC)，一个循环计数器，以及三个暂存寄存器。所有寄存器都是16位或17位(16位加符号扩展位)的。有的寄存器还能脱离ALU而单独进行一些简单的操作，如为程序计数器设置的增量器。程序的转移必须受到ALU的控制。两个暂存寄存器自带移位逻辑，用于需要进行逻辑移位的那些操作中，如规格化、乘、除操作。低字寄存器仅在双字长数据移位时才使用，而高字寄存器只要进行移位时就要用到，或作为许多指令的暂存器。循环移位时，通过5位循环计数器进行循环计数。第三个暂存寄存器用于存放两操作数指令的第二个操作数，如乘法运算的乘数和除法运算的除数。在执行减法运算时，这个寄存器存放的减数经过变补后才送入ALU的B输入端。

延时环节用于把16位总线上的数据转换成8位总线上的数据。所有地址和指令送到

8位A总线上时,都需要用到这个环节。此外,有几个常数(0.1和2)存放在RALU中,以用于加速某些运算,如地址自动增量,求2的补码,执行加1或减1指令,等等。

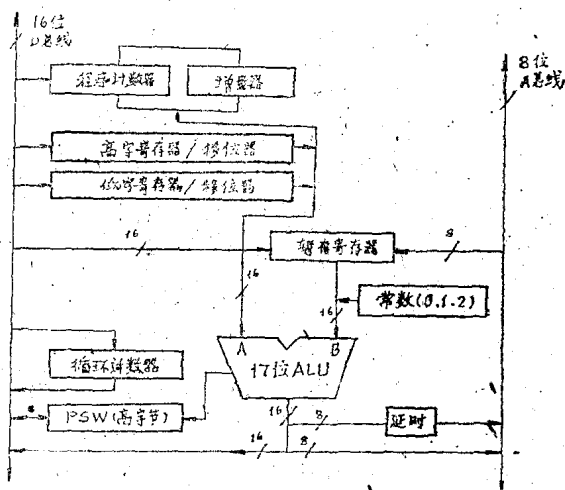


图1-7 RALU逻辑框图

1.2.3 8096的存储器

8096单片机可寻址的存贮空间有64k字节。大部分作为用户的程序存贮器和数据存

存储器使用。其中地址为0000H到00FFH和1FFFH到2010H的存储单元具有特殊用途。其他存储空间既可供存储程序或数据用，也可用作外部设备映象的存储区。存储器空间分布见图1.8。

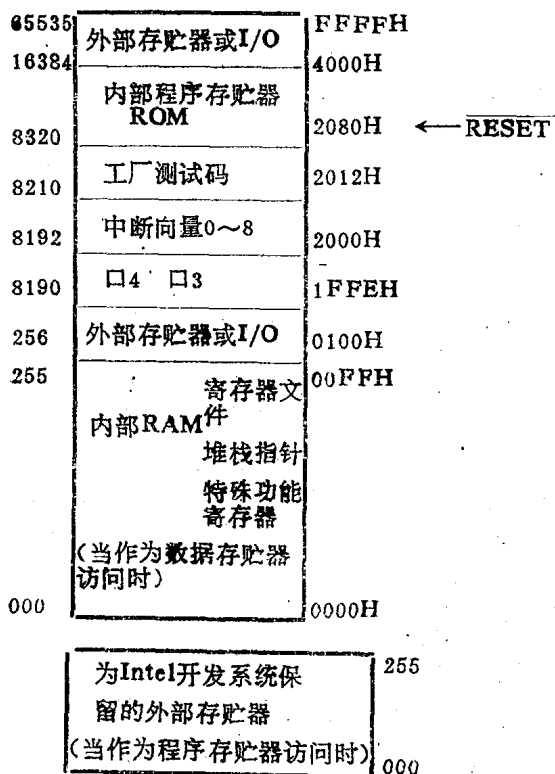


图1.8 存储器映象图

1. 寄存器文件和特殊功能寄存器组 (SFR)

0000H到00FFH存储单元包含有寄存器文件和特殊功能寄存器组。这256个内部寄存器单元按RAM空间统一编址。在指令中，用2位16进制码 (00H~FFH) 对寄存器文件寻址。寄存器算术逻辑单元 (RALU) 能对这256个内部寄存器单元的任何一个单元进行操作。从00H到17H的24个单元作为特殊功能寄存器组。18H和19H两个单元为堆栈指针。剩下的230个单元作为用户通用寄存器使用。图1.9给出了0~255存储单元的映象图。若0000H到00FFH用作外部存储器，则要用四位16进制数来编码。在这一区域里执行指令，程序计数器将指向外部存储器去取指令。外部存储器的这一部分是留给Intel

开发工具使用的，非屏蔽中断 (NMI) 将迫使程序转到外部存储空间 0000H 地址去执行，因此NMI指令也是留给Intel开发系统的。

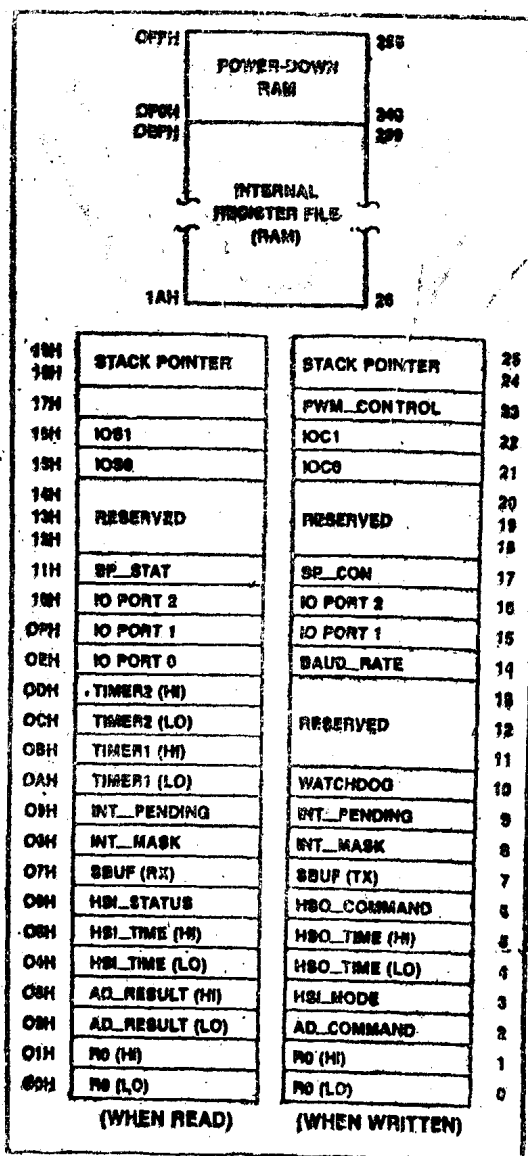


图1.9 寄存器文件存储映象图

(1) 特殊功能寄存器 (SFR)

8096单片机内部的各功能部件都要受特殊功能寄存器的控制。这些寄存器的作用如表1.5所示。它们共占据了片内RAM中的24个字节。

特殊功能寄存器中的“预留”寄存器留作将来扩展和测试用。对这些寄存器读和写不能保证得到准确结果。例如，对单元000CH

表1.5 特殊功能寄存器组 (SFR) — 一览表

寄存器名称	说 明
R0	零寄存器—只能读零值。变址寻址时,作基数用;运算和比较时作常数。
AD-RESULT	A/D结果寄存器(高位/低位)—存放A/D转换器的低位和高位结果。
AD-COMMAND	A/D命令寄存器—控制A/D转换
HSI-MODE	HSI方式寄存器—设置高速输入部件的工作方式
HSI-TIME	HSI时间寄存器(高位/低位)—存放触发高速输入部件的时间值
HSO-TIME	HSO时间寄存器(高位/低位)—设置高速输出的时间值,以便按此值执行命令寄存器里的命令。
HSO-COMMAND	HSO命令寄存器—决定在装入HSO时间寄存器里的时间值内将发生什么事件。
HSI-STATUS	HSI状态寄存器—标出按HSI时间寄存器里的时间值检测到的HSI脚的状态。
SBUF(RX)	串行口接收缓冲器(寄存器)—保持串行口刚接收到的一个字节数据。
SBUF(TX)	串行口发送缓冲器(寄存器)—保持要输出的内容。
INT-MASK	中断屏蔽寄存器—单独允许或禁止各个中断。
INT-PENDING	中断登记寄存器—标示这时中断信号已出现在中断源上。
WATCHDOG	监视跟踪定时寄存器—为了每经64K个T状态不出现自动复位,需周期性地写入。
TIMER1	定时器1(高位/低位)—具有高字节和低字节的16位定时器。
TIMER2	定时器2(高位/低位)—具有高字节和低字节的16位定时器。
IOPORT0	口0寄存器—口0各脚上的电平值。
BAUD-RATE	波特率寄存器—依次装入波特率值。
IOPORT1	口1寄存器—用于读或写口1。
IOPORT2	口2寄存器—用于读或写口2。
SP-STAT	串行口状态寄存器—标示串行口的状态。

续表

寄存器名称	说 明
SP-CON	串行口控制寄存器—用于设置串行口工作方式。
IOS0	I/O状态寄存器0—存放HSO的状态信息。
IOS1	I/O状态寄存器1—存放定时器HSI的状态信息。
IOC0	I/O控制寄存器0—控制HSI脚;定时器2复位源和定时器2时钟源的功能。
IOC1	I/O控制寄存器1—控制口2脚、定时器中断和HSI中断的功能。
PWM-CONTROL	脉宽调制控制寄存器—设置PWM脉冲宽度。

进行写操作,将会把两个定时器设置成0F-FFXH,而这样的特点只有在测试时才有用。

在读和写时,同一特殊功能寄存器可表现为不同的寄存器。例如,对0EH单元读时,是P0口的数据状态,而对0EH单元写时,则是写入串行口的波特率。

对特殊功能寄存器的操作,有些是按字节进行的,如脉宽调制输出(PWM)的时间控制常数寄存器(17H)。有些是按字进行的,如高速输出部件HSO的时间常数,在写入常数时,只要指出该字寄存器的低字节地址(04H)就行了。再有如A/D转换结果(10位)分放在两个寄存器中(02H, 03H),但每次读出时,则按字节读出才行。而串行口的波特率常数(一个字)是往同一字节寄存器(0EH)分别写入两次来完成的。

在特殊功能寄存器中还有两个零寄存器(00H, 01H),这两个字节的内容固定为0,它们可给运算和比较提供常数零,这在指令中的长变址寻址中特别有用。

8096单片机既已提供了232个寄存器作为通用寄存器,就没有必要再把特殊功能寄存器用作通用寄存器,否则将会产生不必要的错误。

(2)通用寄存器文件

内部的通用寄存器文件地址范围从18H到0FFH,其中18H和19H用作栈指示器,0F0H~0FFH为电源下降RAM寄存器。这些寄存器文件可供用户存放数据和存贮器的地址。寄存器文件中相邻的两个寄存器单元可作为一个字来使用。此时偶地址寄存器放数或地址的低字节,奇地址寄存器放数或地址的高字节。例如存放地址码3050H时,50H放在1AH,30H放在1BH的寄存器中。寄存器文件中所有寄存器的功用同其他CPU中的累加器A一样,这给用户编程提供了方便,既节约了存贮空间,又提高了运算速度。同时,栈区也可设置在内部寄存器文件中,其操作速度比设置在外部存贮器中要快2到4个T周期。

2. 口3、口4和中断向量单元地址

单元1FFE H和1FFF H分别配给口3和口4。如果在系统中使用外部存贮器,则口3和口4作多重总线用。如果需要重新编制这两个口(和多重总线不矛盾),可参见第八章。此时口3和口4既用于多重总线,用硬件又恢复出另一套口3和口4,使用户增加了V的资源。

9个中断向量存放在地址为2000H至2011H的单元里。每个中断向量占用两个字节。其中有一个中断向量(TRAP软件中断)供Intel开发系统用。内部单元2012H至207FH保留给Intel的工厂测试码用,但也可以作为外部存贮器供用户使用。

复位8096芯片,将使PC从2080H取指令执行程序。

3. 内部ROM

在MCS-96系列中,只有8396、8397、8394、8395芯片才含有ROM。含ROM芯片的 $\overline{EA}$ 要接高电平,地址范围在2000H至3FFFH之间,其中2080H至3FFFH提供给用户程序使用。CPU既可以从内部RAM(寄存器文件),也可以从外部存贮器里读写数据,和从外部存贮器取得指令。

4. 存贮器读写控制

(1)存贮控制器

RALU通过存贮控制器访问存贮器(寄存器文件及SFR除外),存贮控制器以A总线和几条控制线与RALU相连接。由于A总线只有8位宽,因而存贮控制器使用了一个从程序计数器(SPC),以避免总是从RALU获得指令地址再去取指令。从程序计数器每执行一次取指令之后加1。当出现转移或调用指令时,程序计数器必须从A总线装入新的值之后才能让取指令操作继续进行下去。此外,存贮控制器还设有一个三字节队列,以加速程序的执行。这个队列对RALU和用户来说是透明的,除非在外部总线周期时强迫进入等待状态。

(2)存贮器读写

8096单片机的口3和口4组成了一条16位的多重(地址与数据)总线AD0~15,通过它可以对外部存贮器进行寻址。为了把总线上的地址与数据信号分离开,可利用地址锁存允许(ALE)线上信号的下降沿给锁存器74LS373提供一个时钟脉冲,以锁存一个16位的地址。由于8096的外部存贮器可以按字节和字进行寻址,对译码控制就需要用两条线:一条是总线高字节允许(BHE),另一条是地址/数据线0(AD0)。显然,BHE线也必须象地址线那样能锁存,通常,这采用74LS74D型触发器来实现。

为了避免在解释存贮器系统时出现混乱,必须给地址/数据信号分别命名。以MA0~15作为地址信号(表示此时多重总线上的信息是存贮器的地址),以MD0~15作为数据信号(表示此时多重总线上的信息是存贮器的内容)。当BHE有效(低电平)时,连接到数据总线高字节的存贮单元被选中;当MA0为低电平时,连接到数据总线低字节的存贮单元被选中。欲访问16位宽的存贮单元时,可以MA0和BHE的状态位来选择。

MA0 = 0, BHE = 1: 访问低字节(偶数地址)

MA0 = 1, BHE = 0: 访问高字节(奇数地址)

MA0=0, $\overline{\text{BHE}}=0$; 同时访问高、低字节

当对存储器做读操作时, $\overline{\text{BHE}}$ 和 MA0 不必译码, 也就是说读操作不分高、低字节, 而是一次读入16位。

当对一个外部存储单元进行读操作时, 地址锁存允许 (ALE) 线呈高电平, 地址码被送到AD0~15线上, 并且 $\overline{\text{BHE}}$ 被置成所需状态。然后, ALE下降为低电平, 地址码被74LS373锁存。当读信号 $\overline{\text{RD}}$ 出现低电平时, AD0~15线上的地址码变无效, 被选中的存储单元的数据内容送至线上。此时, 若就绪线READY为低电平, 则处理器保持该状态达几个附加的T_{周期}时间。

在取指令期间, INST (取指令) 信号在地址输出期内为有效 (高电平), 表示现在为取指令周期。对于其他任何形式的存储器访问, INST线在地址输出期内为低电平。因此, INST信号可送逻辑分析仪, 供调试系统用, 可根据它确定取得的是指令还是数据, 大大方便了程序跟踪。

(3) 外部存储器读、写时序

图1.10示出了8096外部存储器读、写时序。

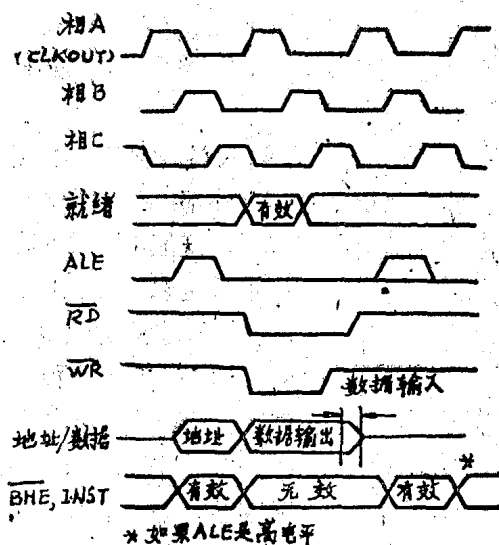


图1.10 外部存储器读、写时序

在读外部存储器期间, 从外部存储器来的数

据必须在 $\overline{\text{RD}}$ 信号上升沿出现之前放到总线上并稳定下来, 这一段稳定时间称为数据建立时间。 $\overline{\text{RD}}$ 的上升沿把数据锁存在8096芯片内。如果是读数据, 则INST引脚在地址为有效期间将是低电平; 如果是取指令, 这时INST引脚将是高电平 (48引脚产品没有INST引脚)。

在对外部存储器进行写期间, 所需要的时序与读操作大致相同。 $\overline{\text{WR}}$ 信号在下降沿出现之前与 $\overline{\text{RD}}$ 相同, 但在地址/数据总线上出现的是地址。在 $\overline{\text{WR}}$ 信号下降沿时刻, 8096处理器从总线上撤去地址而把数据送上, 当 $\overline{\text{WR}}$ 信号进入高电平时, 数据应当被锁存在外部存储器里。在写操作期间, INST信号始终是低电平。

当处理器访问某个存储单元, 而该单元不能在规定的标准时间内响应时, 需要使用READY线产生等待状态。READY线维持低电平时, 8096处理器进入循环之中, 等待READY线变成高电平。这样便允许访问低速的存储器或进行直接存储器访问 (DMA)。如有些存储器映象的外围地址也可能需要等待状态。在A相时钟 (即CLKOUT) 第二个周期的高电平期间, 处理器内部对READY线进行采样。

1.2.4 8096中的I/O功能部件

8096内部的I/O功能部件不仅扩大了8096的应用领域, 而且使8096的应用系统无论体积、功耗、成本还是可靠性都优于其他的16位CPU和同系列的任何8位单片机。本节主要对8096内部I/O功能部件作一个概述。详细的内容见后面几章。

1. 定时器

8096芯片内部有两个16位硬件定时器可供使用, 分别记作定时器T1和定时器T2。这两个定时器都可从相应的特殊功能寄存器 (0AH和0CH) 读取定时值, 但不能向其中写入定时时间常数。两定时器共用一个中断向量入口地址。

定时器T1主要用于HSI部件，使事件的发生与实时同步。HSI通过定时器T1记录外部事件到达的时间值。定时器T2可作计数器。它的时钟来源可以从外部源得到。它既可用于HSI部件，也可用于HSO部件。定时器T1和T2在HSI和HSO部件中都起着时间基准部件的作用，但T2的使用比T1更加灵活，功能也较多。

在8096芯片中，还有一个定时器称之为监视跟踪定时器（Watchdog Timer），简称WDT，它的作用是修复系统软件。例如在一个8096应用系统运行期间发生了外界电网干扰（电机火花短路等）而造成8096系统程序的错误执行（如处于“死”状态）。如果此时应用系统正在控制一个重要的过程，则将产生严重后果。监视跟踪定时器可帮助修复8096的系统软件，在最短时间内让8096恢复正常运行。

2. 模拟/数字(A/D)转换部件

MCS-96系列中8097、8397和8395等产品都具有A/D转换功能部件。

8097芯片内的A/D转换器具有8个输入通道(8095仅4个通道)。可用命令控制A/D转换器一个通道一个通道地进行转换。任何一个通道上的输入模拟量（电压值）将产生一个10位的数字结果。转换过程是利用逐次逼近法来实现的，所得的结果正比于输入电压与模拟电源电压之比值。如果电源电压与模拟量电压之比值等于1.00，那么其结果将全为1（指转换后的10位数字量）。下面的表达式为A/D转换结果的计算公式：

$$= 1023 \times (V_{IN} - ANGND) / (V_{REF} - ANGND)$$

其中， V_{IN} ——输入电压（V）； $ANGND$ ——对地参考电压（V），标称值同 V_{SS} ； V_{REF} ——基准电压即模拟电源电压V，标称值为5V。

从这个公式可以看出， V_{REF} 或 $ANGND$ 的变化会影响转换器的输出。如果需要较高的绝对精度，最好用一个单独的电源供电。

由于芯片内部无采样保持电路，输入电压必须在A/D转换周期内保持不变，否则转换会得到预期的结果。

A/D转换器的8个通道都可采用中断方式来实现转换。通过命令可把它们置于立即启动转换或HSO部件控制的定时启动转换方式。

A/D转换部件的8个通道与P0 I/O口共享8个引脚，因此，它们除作A/D转换用外，也可作一般I/O的输入口之用。此外，A/D转换通道7(ACH.7)还可用于外部中断。8096引脚的这种多功能特性，使用户在使用中可收到最佳的效果。

3. 高速输入部件HSI

HSI部件可以用来记录一个外部事件出现时的时间值。由于HSI部件用定时器T1作为基准时间定时器，所以，当外部事件有效时，定时器T1记录了这个外部事件到来的一个16位时间值。HSI部件有四条高速输入线（HSI.0~HSI.3）可供使用，能记录的事件总数达8个。

由于芯片封装的原因，HSI.2和HSI.3分别与HSO（高速输出）部件的HSO.4和HSO.5共享一个引脚，也就是说，当HSI部件的四个输入端全部用上时，HSO将减少两个通道。这些引脚可通过I/O控制寄存器（IOC0和IOC1）的某些控制位来选择使用。

HSI部件的四个输入端从宏观上看犹如四个外部中断。当一个外部事件（信号的上升沿或下降沿）到来时，既能响应该事件的到来，还记录了该事件的到来时间。所以，HSI对信号的测试和记录是非常有用的。

HSI部件可以对外部事件的上升沿或下降沿作出响应，也可对这两种沿都作出响应。如果采用外部事件上跳变有效的方式，则可达到测试两个外部事件的间隔时间。当第一个事件到来时（上升沿有效）记录下时间 t_1 ，第二个事件来到时记录下时间 t_2 。 $t = t_2 - t_1$ 就是两个事件上升沿之间的时间。如果采

用下降沿有效的方式,测得的时间就应该是两个事件下降沿之间的时间。用上升沿和下降沿都有效的方式时,可以测出一个事件的延续时间。可见,HSI部件对外部事件的测试是非常行之有效的。

4. 高速输出部件HSO

HSO部件用于在特定的时刻触发事件,其过程同HSI部件正好相反。HSO部件通过控制命令既可选择定时器T1又可选择定时器T2作为基准时间定时器。当选择定时器T1时,T1的时钟源来自8096芯片内部,并且T1的计数时间(2 μ s)总是固定的。定时器T2的时钟源来自外部,所以T2可作为计数器用。无论是使用T1还是T2,HSO部件对事件的触发总是根据设置的触发时间值与基准时间的比较。一旦两者符合,则触发一个事件。

HSO部件对事件的触发可分为外部事件触发和内部事件触发。外部事件的触发是通过HSO部件6个输出端(HSO.0~HSO.5)去实现,其中HSO.4和HSO.5分别同HSI部件的HSI.2和HSI.3共享一个引脚。如果选定某个通道,向HSO送入命令特征,同时再送入一个16位时间值,则当定时器的基准时间同该时间值相符时,在该通道的引脚上便产生一个由控制命令设定的“1”或“0”电平信号,从而达到对外部事件的触发。

内部事件的触发包括定时启动A/D转换,复位定位器T2和四个软件定时器。

无论是外部事件触发或内部事件触发,程序员只要向HSO部件送入一个命令特征和一个16位的时间值,而以后的工作都由HSO部件完成。HSO部件每触发一个事件就产生一次中断。HSO部件一次可设置8个事件,当完成一个事件后,程序可设置一个新的事件。

HSO部件通过软件的控制,还可以实现脉冲宽度调制波的输出,该波形除具有调宽的能力外,还具有调频的能力,所以,HSO部件调制波形可用于更广泛的应用场合。

5. 脉宽调制输出PWM

脉宽调制输出PWM的工作原理类似HSO部件。在PWM部件内部也有一个计数器(8位),当计数器溢出时,PWM输出为“1”;当计数器值同程序设置的时间常数相符时,PWM输出为“0”。计数器不断地计数,比较和溢出,使PWM的输出端产生一个周而复始的波形。改变时间常数,则输出波形的宽度(周期不变)随之改变,从而达到输出一个具有不同占空比的脉宽调制波。由于输出波形的周期不变(取决于PWM计数器的溢出周期),PWM输出的波形只能调宽而不能调频。如果需要既调宽又调频的波形,只能采用HSO部件来实现。PWM主要用于对电机的转速控制。

PWM输出的波形,由于调制的宽度不同,其直流分量也不同,如果在PWM输出端连接一个滤波电路,则可产生一个具有直流分量的电平。由此,PWM也可实现D/A转换的功能,但转换精度只有8位,而且速度也比较慢(12MHz下为64 μ s),只能用于要求不很高的场合。

6. 串行口

8096的串行口属于全双工制,即能同时发送和接收数据,而且在接收时还能进行缓冲,即在已接收的前一个字节在接收寄存器里未被取走前,又着手接收第二个字节。8096的串行口可工作在四种方式下。方式0是移位寄存器方式;方式1是以10位数据组成一帧来完成通信;方式2和方式3都以11位数据为一帧来完成通信。将方式2和方式3结合起来使用,可完成多处理器的通信。

从工作方式来看,8096的串行口与8051串行口兼容。但由于8051采用2分频时钟而8096采用3分频时钟,如要在较高的波特率下实现与8051兼容,8096的串行口必须采用另外的时钟电路。串行口的波特率发生器由内部和外部时钟控制,内部时钟由XTAL1提供。当串行口使用外部时钟时,则要通过T2CLK引脚来提供时钟。T2CLK引脚的最大时钟速率为两个XTAL1周期。最小的

周期为16个XTAL1周期, 8096 串行口最大的通信速率可达187.5K波特。

7. 输入/输出(I/O)口

8096芯片内有五个8位I/O口。这些口中有的只能输入, 有的只能输出, 有的具有输入输出双向功能, 有的具有可交换的多功能。输入口通过输入缓冲器连向内部总线。输出口通过输出缓冲器连向具有输出位的内部寄存器。双向口由一个内部寄存器、一个输出缓冲器和一个输入缓冲器组成。

(1) P0口

P0口只能作为输入口, 它与A/D转换器的模拟输入共用8个引脚。既可以读取P0口输入的数字值, 也可以通过把相应的控制位写入A/D命令寄存器来选择P0口中的一个引脚作为A/D转换器的输入通道, 甚至可以做到同时有数字输入和模拟输入。当A/D转换在进行时, 选中的那条通道的阻抗比正常状态要低。

P0口与其他数字口不同。它是A/D转换器的一部分, 每8个T周期采样一次。A/D转换时, 以相同的频率对比较器充电。如要使用这个口, 引脚上的输入信号必须在读出特殊功能寄存器(SFR)的内容之前稳定8个T周期的时间。

(2) P1口

P1口是一个“准双向”I/O口。从用户的观点来说, 准双向的主要特点在于: 当外部维持低电平时, 准双向输入提供源电流; 而外部的低电平消失时, 又会自动地使自己拉向高电平。

(3) P2口

P2口是一个多功能口, 其中6个引脚与8096内部别的功能共用, 有2个引脚是准双向I/O, 见表1.6。

P1口和P2口中的准双向I/O引脚用作输入时, 其上的数据必须对读SFR前稳定一个T周期的时间。这也适用于P2口中只作输入的引脚。当一条指令把一个双向口作为一个

源寄存器来访问时, 往往出现这样一个问

表1.6 P2口的多功能引脚

口2引脚号	基本功能	其他功能	控制信号
P2.0	输出	TXD(串行发送)	IOC1.5
P2.1	输入	RXD(串行接收)	
P2.2	输入	EXTINT(外部中断)	IOC1.1
P2.3	输入	T2CLK(定时器2输入)	IOC0.7
P2.4	输入	T2RST(定时器2复位)	IOC0.3
P2.5	输出	PWM(脉冲调制)	IOC1.0
P2.6	准 双 向		
P2.7	准 双 向		

题: 进入CPU的值是从内部寄存器来的, 还是通过输入缓冲器从端口的引脚进来的? 在8096芯片里, 进入CPU的值始终是从口的引脚进来的, 而决不会从内部寄存器来。

(4) P3口与P4口

P3口与P4口具有两种功能, 即既可以作为具有漏极开路输出的双向口, 也可作为系统总线脚。当芯片需要访问片外的存储器时就要用到这个总线, 这时P3口和P4口就作为8096的16根地址线及16根数据线用。

这两个口的引脚与其系统总线功能示于表1.7中。

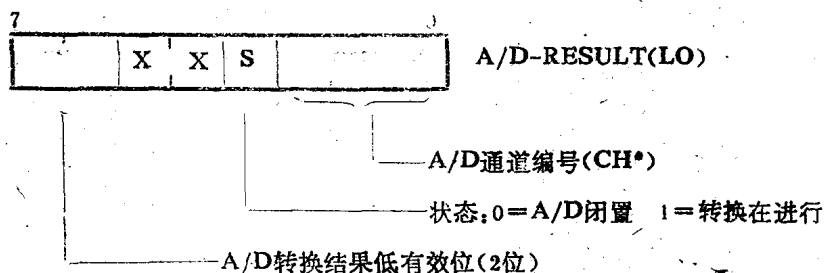
表1.7 P3口与P4口功能

引脚号	系统总线号	引脚号	系统总线号
P3.0	AD0	P4.0	AD8
P3.1	AD1	P4.1	AD9
P3.2	AD2	P4.2	AD10
P3.3	AD3	P4.3	AD11
P3.4	AD4	P4.4	AD12
P3.5	AD5	P4.5	AD13
P3.6	AD6	P4.6	AD14
P3.7	AD7	P4.7	AD15

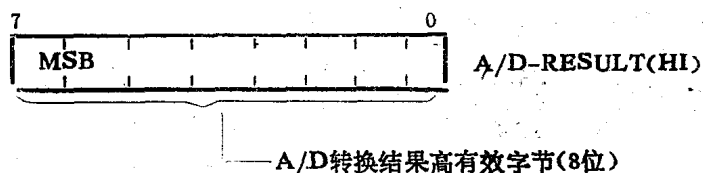
1.2.5 特殊功能寄存器一览表

1. 读特殊功能寄存器

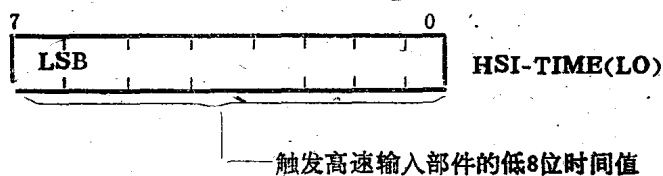
(1) 02H单元—A/D转换结果低字节寄存器



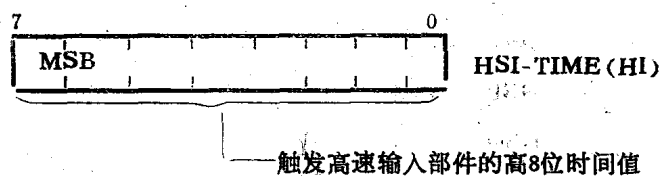
(2) 03H单元—A/D转换结果高字节寄存器



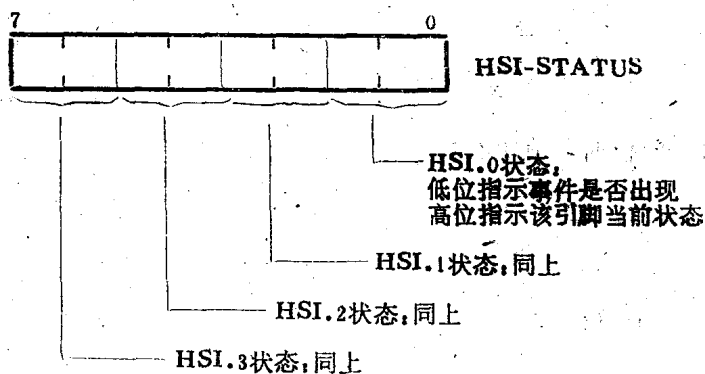
(3) 04H单元—HSI低8位时间值寄存器



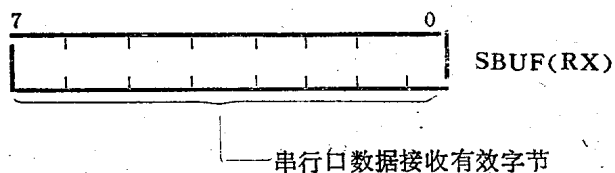
(4) 05H单元—HSI高8位时间值寄存器



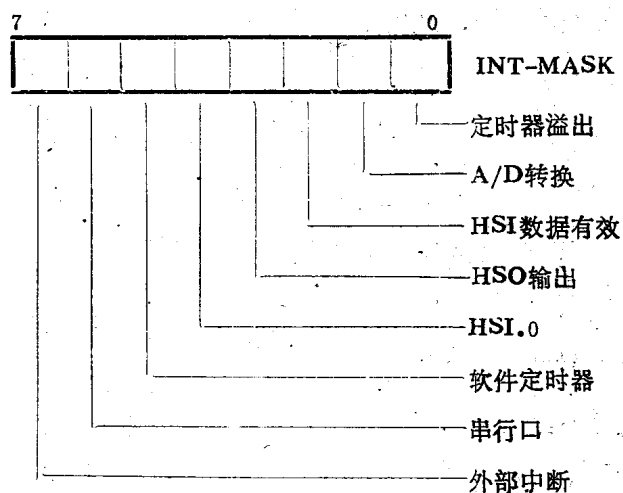
(5) 06H单元—HSI状态寄存器



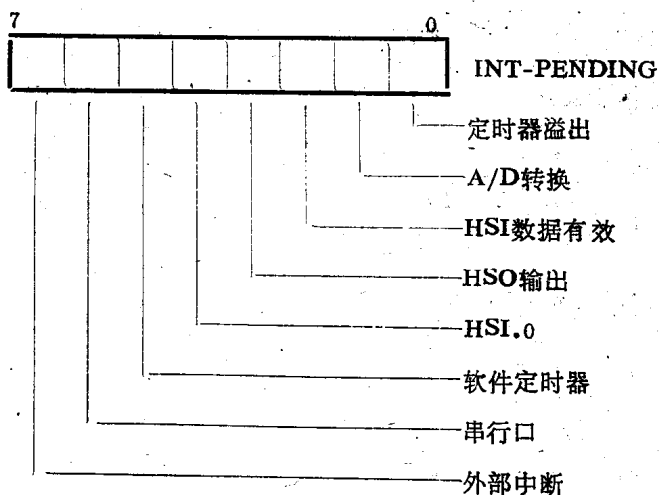
(6) 07H单元—串行口数据接收缓冲寄存器



(7) 08H单元—中断屏蔽寄存器



(8) 09H单元—中断登记寄存器



(9) 0AH—单元定时器1低8位时间值寄存器

