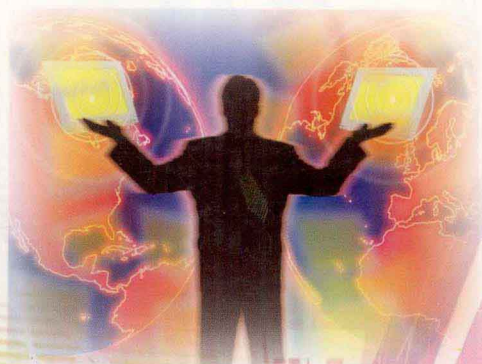


单片机

danpianjiruanyingjianshejiyugongcheng

软硬件设计与工程

崔东剑 秦永左 主编



中国商业出版社

单片机软硬件设计与工程

崔东剑 主 编

中国商业出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机软硬件设计与工程/崔东剑编著. —北京:中国商业出版社, 2002. 8

ISBN 7-5044-4550-9

I. 单… II. 崔… III. 单片微型计算机—基本知识
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 048790 号

责任编辑:孙锦萍

中国商业出版社出版发行
(100053 北京广安门内报国寺1号)
新华书店总店北京发行所经销
北京北商印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开 16.25 印张 370 千字
2002 年 6 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷
定价:24.00 元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

编写说明

为了适应我国社会主义市场经济体制的建立与发展、高等教育深化改革和职业技术教育迅速发展的客观需要,迎接新世纪知识经济和网络化时代的挑战,我们邀请部分高校和职业技术学院的教授、讲师和专业工作者,编写了这套电子商务、计算机应用专业教材。

本套教材适合高等院校和高、中级职业技术学院的电子工程、自动控制及计算机应用等专业使用,也可作为成人高校、函授、自考以及在职人员培训用教材。

本套教材在编写和出版过程中得到有关部门、院校的大力支持,在此一并致谢。

为进一步提高本套教材的质量,更好地适应新世纪培养电子商务管理和计算机应用人才的需要,希望广大读者提出宝贵意见,以便进一步修改和完善。

全国高等商科学科建设指导组

2002年5月

前 言

单片机应用技术多年来在智能化仪器仪表、机电一体化、家用电气、各类数据采集、控制等领域起着无可替代的作用。随着我国职业技术教育的深化,单片机技术必将成为各类专业技术教育的共同科目。

知识经济的到来,极大地促进了教材、教学方式、教学手段的革命。教学效果已不再是学校用来褒贬教师的专用语,它将受市场经济发展的直接制约和严格公正的考核。产品没人要,工厂必然倒闭。毕业生就业无人接收,学校将面临如何办好的严峻挑战。面对这一严酷而公正的社会现实,我们认真总结了多年来单片机教学实践,结合我国当前高校教材改革的需要,和广大读者对单片机技术的渴求,组织编写了以加强基础理论知识和实践技能为内容的《单片机软硬件设计与工程》一书。本书既可用作职业技术学院教材,也比较适合广大读者自学。

该书在结构与内容上力求系统完整。以基础理论、基础实践、基础工程为核心内容,讲解了大量设计实例、习题和答案,力求让读者看到单片机技术的全貌,了解自己在该领域已做些什么,还需要做些什么,怎样去做。

本书的一、二章集中讲解了单片机软硬件基础知识,对硬件电路和指令系统都有详细的电路分析及图示解释和说明。

三、四章是前两章内容的深化和综合,也是单片机技术转向实际应用所必备的一些辅助知识。主要介绍了有代表性的单片机输入输出控制部件和有关使用设计方法。它既是本书的理论向实践过渡,也是单片机向应用技术的过渡。即在基础理论知识、基础实践知识的基础上向工程过渡。

第五章列举了大量系统完整的软硬件设计实例。具体讲解了单片机工程文件的建立和单片机工程所必备的基本知识。即开发机的使用、计算机绘图、手工制版、焊接等知识。本章也是学习单片机技术的最终目的——使单片机技术走向社会,走向市场。

本书由崔东剑负责全部资料的收集、整理、绘制和撰写工作,并担任主编。

本书在编写过程中得到了“全国高等商科学科建设指导组”陈学庸教授的指导,在此表示诚挚的谢意。由于作者水平有限,不妥之处诚望广大读者批评指导。

编 者
2002年4月

目 录

编写说明	1
前 言	1

第 1 章 单片机硬件结构

§ 1.1 单片机定义及应用领域	1
§ 1.2 单片机芯片实例	1
1.2.1 8XC552 系列单片机	1
1.2.2 AT89CX 系列单片机	2
1.2.3 BASIC 语言系列单片机	4
§ 1.3 单片机硬件结构	5
1.3.1 控制部件	5
1.3.2 SFR 专用寄存器	6
1.3.3 存储器	23
1.3.4 外部引脚	25
1.3.5 单片机外部工作条件	26
§ 1.4 AT89C51 技术特点	30
§ 1.5 AT89C2051 技术特点	33
复习思考题	37

第 2 章 指令系统

§ 2.1 指令概述	39
2.1.1 有关指令的定义	39
2.1.2 指令系统中符号的规定	41
§ 2.2 指令寻址方式	42
2.2.1 寄存器寻址	42
2.2.2 直接寻址	42

2.2.3 寄存器间接寻址	43
2.2.4 立即寻址	43
2.2.5 基址寄存器加变址寄存器 间接寻址	44

§ 2.3 指令分析	46
2.3.1 数据传送指令	46
2.3.2 算术运算指令	53
2.3.3 逻辑运算指令	62
2.3.4 控制跳转指令	66
2.3.5 位操作指令	70
2.3.6 伪指令	72
§ 2.4 指令编程实例	74
复习思考题	78

第 3 章 单片机采样输入控制电路

§ 3.1 光电传感器	80
§ 3.2 温度传感器	83
§ 3.3 标准系列传感器 ZZ-995X	84
§ 3.4 开关元件及开关信号的采样	88
复习思考题	93

第 4 章 单片机输出控制电路

§ 4.1 输出驱动电路	95
4.1.1 小信号输出驱动电路	95
4.1.2 线扩展输出驱动电路	96
4.1.3 BCD 码拨盘电路	99

§ 4.2 专用驱动电路	102	第 5 章 单片机软硬件设计实例与工程入门	
4.2.1 MAX7219 8 位数字 LED 显示 驱动电路	102	§ 5.1 软硬件设计实例	177
4.2.2 MAX232 串行接口电路	108	§ 5.2 单片机工程实践入门	210
4.2.3 RS-485 大功率通信驱动电路	113	5.2.1 单片机工程的基本内容	210
4.2.4 TLC2543 电路	115	5.2.2 单片机工程辅助手段	212
4.2.5 X1203 时钟电路	119	5.2.3 电磁干扰问题	218
4.2.6 V/F 转换电路	123	复习思考题	222
§ 4.3 单片机 I/O 接口电路	126	复习思考题参考答案	223
4.3.1 8155 接口电路	126	附录	239
4.3.2 8255A 接口电路	134	1 MCS51 指令操作码速查表	239
4.3.3 PSD211R 单片机可编程外围 集成电路	141	2 MCS51 功能排列指令表	240
4.3.4 显示驱动电路	146	3 MCS51 编码排列指令表	244
4.3.5 功率开关驱动电路	163	4 码制转换	247
复习思考题	174	5 BASIC 指令速查表	248
		主要参考书目	250

第 1 章

单片机硬件结构

§ 1.1 单片机定义及应用领域

单片机是通过微电子技术在一小块硅片上设计完成的,是具有较强的运算功能、控制功能、存储功能和 I/O 口驱动功能的电子线路。通过封装、引脚形成超微型计算机芯片,称之为单片机。

单片机是微型计算机发展的一个分支,从 1976 年诞生以来,世界各地厂商已推出了几十个系列上百个品种,阵容强大,应用领域十分广泛。小到智能玩具,大到航天控制系统,到处都可以看到单片机的作用。特别是在过程控制、智能仪表、机电一体化和家用电器等领域,单片机发挥着无可替代的作用。

单片机技术及其广泛的实用性,决定了它与提高整个人类科学技术水平、提高社会生产力都具有非常密切的关系。所以学习、使用、推广单片机技术,是每个学子和科技工作者责无旁贷的历史使命。

§ 1.2 单片机芯片实例

MCS-51 系列单片机在我国应用较早,用户拥有量最多,技术也最为成熟。下面是几款在功能、档次、使用特点上都有一定代表性的较新型单片机芯片,其指令系统与 MCS-51 系列完全兼容。

1.2.1 8XC552 系列单片机

83C552—8K 字节掩膜编程 ROM,256 字节 RAM;

87C552—8K 字节 EPROM,256 字节 RAM;

80C552—无 ROM 型 83C552。

8XC552 基本特点如下:

- (1)80C51 CPU,使用 MCS-51 指令系统;
- (2)8K 字节程序存储器,可外扩至 64K 字节;

- (3) 3 个 16 位标准定时计数器, 4 个捕捉寄存器, 3 个比较寄存器;
- (4) 256 字节 RAM, 可外扩至 64K 字节;
- (5) 8 路同步定时输出;
- (6) 一个 8 路模拟输入的 10 位 A/D 转换器;
- (7) 两路 8 位分辨率的脉冲宽度调制输出;
- (8) 五个 8 位 I/O 端口和一个与模拟输入共用的输入端口;
- (9) I²C 总线串行口, 具有针对字节的主从功能;
- (10) 全双工 UART, 与 8051 的 UART 兼容;
- (11) 一个片内监视定时器;
- (12) 扩展温度范围;
- (13) 时钟有: 16MHz、24MHz 和 30MHz;
- (14) 56 个 SFR;
- (15) 工作电压 +5V;
- (16) 两种封装形式, LCC-61 引脚、QFP-80 引脚, 如图 1-1 所示。

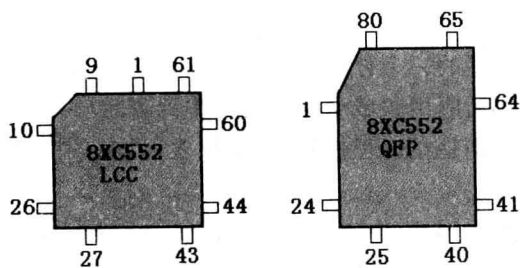


图 1-1 8XC552 引脚与封装方式

该芯片在功能技术方面处于 MCS-51 系列领先地位。使用对象应该是具有一定的单片机基础知识和实践技能的用户。

1.2.2 AT89CX 系列单片机

这是当前新型系列单片机,其特点是可以在线写入程序代码或数据,也可采用编程器通过 PC 机完成器件的调试、仿真和编程。允许重复编程 1000 次以上。编程擦写全部在线通电即可完成。并设有两种可选择的编程模式,即 12V 编程、5V 编程。有超强的加密功能,数据不易挥发,可保存 10 年。可借助电话线进行远距离编程,具有空闲和掉电的节能方式。下面介绍该系列有代表性的几款:

1. AT89C2051 (图 1-2)

- (1) 工作频率 0-24MHz;
- (2) 2 个标准 16 位定时/计数器;
- (3) 可编程 I/O 口线 15 条,中断源 5 个;
- (4) 2K 字节快闪 ROM, 128 字节 RAM;

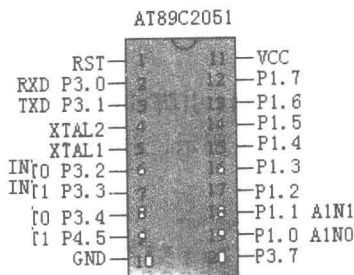


图 1-2 AT89C2051 引脚排列

(5) 工作电压 2.7~6V, 编程电压 12V/5V;

(6) 可电擦写 1000 次;

(7) 低功耗的闲置和掉电模式;

(8) 20 引脚, DIP 封装。

2. AT89C51

(1) 工作频率 0~24MHz;

(2) 2 个标准 16 位定时/计数器;

(3) 可编程 I/O 口线 32 条, 中断源 5 个;

(4) 4K 字节快闪 ROM, 128 字节 RAM;

(5) 工作电压 2.7~6V, 编程电压 12V/5V;

(6) 可电擦写 1000 次;

(7) 低功耗的闲置和掉电模式;

(8) 40 引脚, DIP 封装; 44 引脚, PLCC; 44 引脚, PQFP/TQFP。

3. AT89C52

(1) 工作频率 0~24MHz;

(2) 3 个标准 16 位定时/计数器;

(3) 可编程 I/O 口线 32 条, 中断源 8 个;

(4) 8K 字节快闪 ROM, 256 字节 RAM;

(5) 工作电压 2.7~6V, 编程电压 12V/5V;

(6) 可电擦写 1000 次;

(7) 低功耗的闲置和掉电模式;

(8) 40 引脚, DIP; 44 引脚, PLCC; 44 引脚, PQFP/TQFP。

4. AT89C55

(1) 工作频率 0~24MHz;

(2) 3 个标准 16 位定时/计数器;

(3) 可编程 I/O 口线 32 条, 中断源 5 个;

(4) 20K 字节 PEROM, 256 字节 RAM;

(5) 工作电压 2.7~6V, 编程电压 12V/5V;

- (6)可电擦写 1000 次；
- (7)低功耗的闲置和掉电模式；
- (8)40 引脚,DIP 封装;44 引脚,PLCC;44 引脚,PQFP/TQFP。

AT89C51-52-55 引脚排列如图 1-3 所示,三种封装方式:PDIP;PQFP/TQFP;PLCC/LCC。

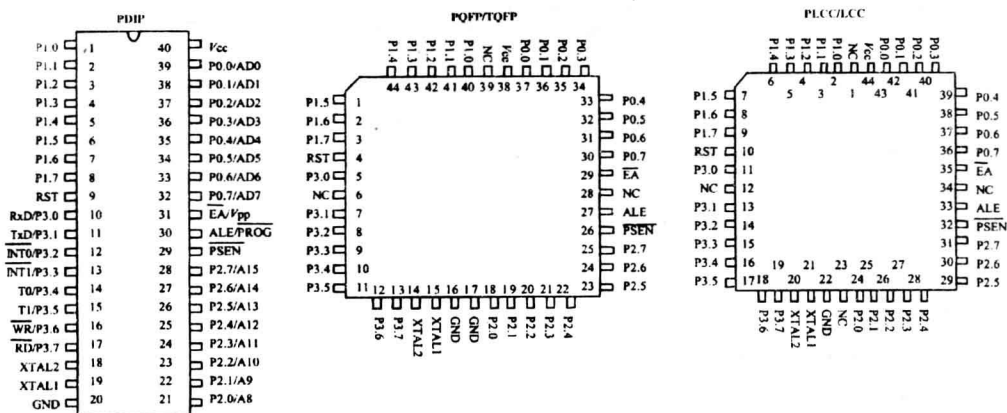


图 1-3 AT89C51-52-55 引脚封装与排列

AT89C2051 最适应完成小规模软硬件工程设计,也最适合初学者使用。AT89CX 系列完全实用于工程实验、调试阶段。当软硬件稳妥之后,进行批量的向芯片拷贝程序时,可以改换对应型号的具有 OTP 特性的芯片,如 GMS90/97 系列等,这样可以大大降低成本。

1.2.3 BASIC 语言系列单片机

1. PS1008

- (1)33 条指令,由 BASIC 专用语句组成;
- (2)8 路双向独立编程 I/O 口,每路 I/O 驱动/吸收电流可达 20/25mA;
- (3)程序存储器 512 字节,可存放 150-200 条 BASIC 语句;
- (4)RAM 16 字节;
- (5)标准时钟 4MHz,最高可达 10MHz;
- (6)工作电压 2.5V-6V,内设上电复位电路,4MHz 时工作电流小于 3mA;
- (7)设有休眠功能,休眠状态工作电流小于 60 μ A;
- (8)双列直插 16 引脚 DIP 封装;
- (9)设有语音编程功能,A/D 转换功能;
- (10)用户原程序由 PC 机编程、调试和下载。

2. PS1016

- (1)33 条指令,由 BASIC 专用语句组成;
- (2)16 路双向独立编程 I/O 口,支持多种 I/O 操作;
- (3)程序存储器 2KX8 位 EEPROM 程序/数据存储;

- (4)标准时钟 20MHz, 执行速度 8000 条/秒;
- (5)工作电压 2.5V-6V, 内设上电复位电路;
- (6)设有休眠功能, 休眠状态工作电流小于 $60\mu\text{A}$;
- (7)双列直插 28 引脚 DIP 封装;
- (8)设有语音编程功能, A/D 转换功能;
- (9)用户原程序由 PC 机编程、调试和下载。

BASIC 语言单片机非常适用于规模小, 工期短的工程项目。图 1-4 是该芯片外形及引脚排列(指令系统请查看附录 5)。

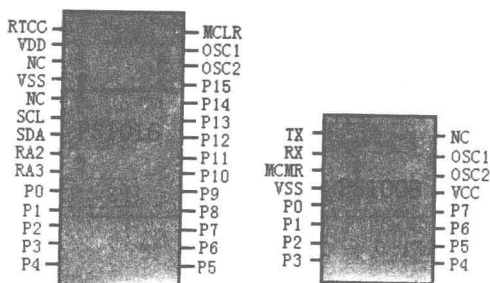


图 1-4 BASIC 语言单片机引脚排列

§ 1.3 单片机硬件结构

本节以 AT89C51 这种新型实用, 颇受欢迎的单片机芯片为例, 讲解其硬件结构, 给初学者一个清晰的印象, 达到精通一种触类旁通的目的。该芯片和早期的 MCS-51 芯片 8031 比, 片内增加了 4K 可在线完成编程擦写的 4K 字节快闪(FLASH MEMORY)程序存储器。最高工作频率可达 24MHz, 是 8031 的两倍。在片内事件等待期间允许工作频率为 0MHz, 并设有超强的加密功能和节电模式。工作电压为 2.7V~5V。图 1-5 是 AT89C51 硬件结构框图。单片机硬件结构, 特别是有关微处理器、PC 地址指针、专用寄存器、存储区、I/O 口、引脚等这些硬件资源与软件编程和硬件电路设计都有着十分密切的关系。对这些部件的名称、作用、特点和使用读者都要很好的去了解 and 掌握。

1.3.1 控制部件

该芯片内部控制部件主要由运算器 ALU、暂存器 TMP1、暂存器 TMP2 构成。通过三总线完成各类数据的加工、调整、存储、传递、扩展等任务。

三总线的名称、作用、特点如下:

地址总线—确定信息位置, 单向;

数据总线—确定信息内容, 双向;

控制总线—确定信息流动方向和时间。

该芯片内部还有一个程序计数器 PC 为 16 位, 其功能是保存下次要执行的指令的地址。

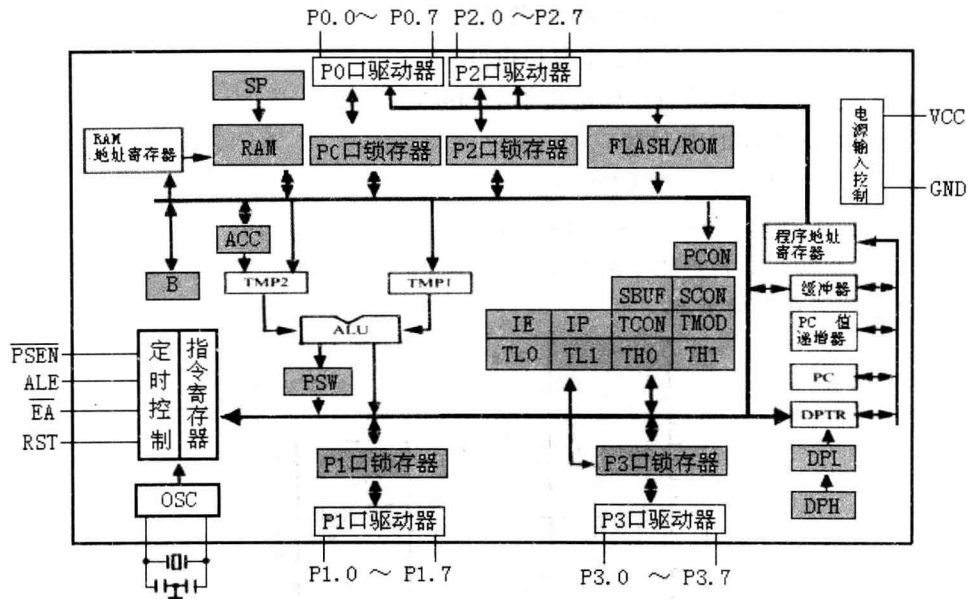


图 1-5 AT89C51 硬件结构

每读取指令的一个字节,PC 值便自动增 1,指向本指令的下一个字节或下一个指令的地址。这是一个用户不可访问的寄存器,因此无地址,亦不属于专用寄存器 SFR,PC 的起始地址永远是 0000H。

1.3.2 SFR 专用寄存器

该芯片内部硬件电路更为丰富的就是各种不同功能的 SFR 专用寄存器,为了便于读者对 21 个专用寄存器系统的了解和记忆,本教材特意将其编成序号,并将其有序的穿插在一起进行讲解。这样比较系统而不零乱,便于读者掌握。

这些专用寄存器分布在 80H~FFH 地址即高 128 个 RAM 存储单元中。该 128 个地址单元中仅有 21 个专用寄存器对应的地址单元是有意义的,其余地址单元待开发,如图 1-6 所示。

1.A 累加器

地址 E0H,具备位寻址功能,它是单片机中使用最频繁的一个寄存器。运算器 ALU 进行各种算术和逻辑运算时,大多要累加器与之配合。累加器在代表直接地址 E0H 时,被记作 ACC,而在专指累加器的指令中,其助记符号只写作 A。

在这些专用寄存器中其地址能被 8 整除的 SFR 均具备位寻址功能。就是说,每个字节地址包括 8 个位地址,可按这些位地址对其任何一位进行访问。图 1-6 中最左一列的 11 个 SFR,就是这样的专用寄存器。

2.B 寄存器

地址 F0H,具备位寻址功能。执行乘除运算指令时,要用到 B 寄存器。除法运算时用来

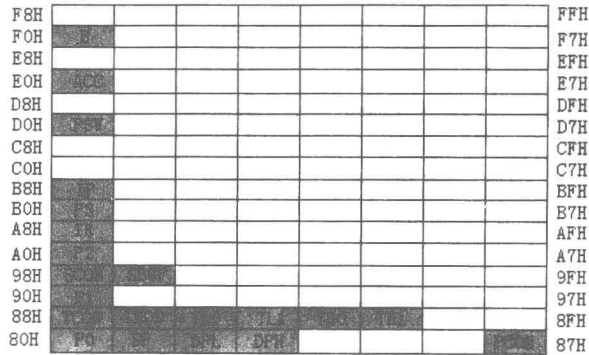


图 1-6 各专用寄存器地址分布图

存放余数,乘法运算时用来存放积的高位字节。在其他情况下,它可被用作数据寄存器。

3. PSW 程序状态字寄存器

地址 D0H,具备位寻址功能。用来存放程序运行时的动态信息。其位定义如图 1-7 所示。



图 1-7 PSW 状态寄存器

CY(PSW.7)—进位标志:在加减法指令执行时,若最高位产生进位或借位,则 CY 位由硬件自动置 1,否则被清 0。此外,CY 也是布尔处理器的位累加器,参与位传送和位运算等操作。

AC(PSW.6)—半进位标志:在执行加减法指令时,若低半字节向高半字节进位或借位时,AC 位被硬件自动置 1,否则被清 0。

F0(PSW.5)—用户通用标志:由用户定义使用。

RS1 和 RS0(PSW.4 和 PSW.3)—通用寄存器组选择位:用软件修改这两位值的组合即可对四个通用寄存器组进行选择。表 1-1 给出了 RS1 和 RS0 两位值不同组合的选择结果。

表 1-1 通用寄存器组控制选择编号

RS1	RS0	通用寄存器组
0	0	0 组
0	1	1 组
1	0	2 组
1	1	3 组

复位后,该两位值为 00,程序默认第 0 组通用寄存器为当前工作寄存器。

OV(PSW.2)—溢出标志:在进行带符号数的加减运算时,若运算结果超出 8 位二进制数所能容纳的范围(-128~+127),则 OV 位被自动置 1,否则被清 0。带符号整数相加时:两正数之和为负数;两负数之和为正数这两种情况 OV 置 1。无符号数相加,位 7 和位 6 只有一个

有进位,OV置1,否则为0。减法时位7、位6只有其中的一位有借位,OV置1。两者都需借位或两者都不需借位,OV置0。

PSW.1—用户标志:由用户定义使用。

P(PSW.0)—奇偶标志:P标志在每个指令周期中由硬件置1或清0,以指示累加器中“1”的个数系偶数或奇数。在MCS-51中,规定用偶校验,即累加器和本标志中“1”的总数必须为偶数。

4.SP堆栈指针

地址81H,不可位寻址。随时保护有关数据和中断返回地址。MCS-51的堆栈可以设置在片内RAM的任何一个区域,并且向高地址方向生成。平时SP内默认值为07H,被保存数据的首地址为08H。先进后出,入栈时地址先加一,出栈时数据取走后地址再减一。复位后SP的内容为07H。

5.DPH高8位数据指针

地址83H,不可位寻址。

6.DPL低8位数据指针

地址82H,不可位寻址。与DPH组成一个对片外RAM进行数据存取用的16位地址指针。因此,其内容是一个16位地址。诚然,在ROM中查表和间接跳转时也要用到DPTR。DPTR有时以16位寄存器进行操作,也有必须分成两个8位寄存器进行操作的情况。

7.PCON电源控制器

电源控制器PCON地址87H,不可位寻址。可完成串口通讯波特率及节能方式的设置和有关中断的监测。其位定义如图1-8所示。

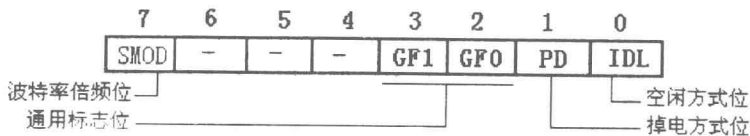


图 1-8 PCON 寄存器

$\overline{\text{SMOD}}$ 波特率倍频位:SMOD=1,串口方式1、2和3的波特率比SPOD=0增加一倍。

$\overline{\text{GF0}}$ 、 $\overline{\text{GF1}}$ 标志位:各中断程序对该位的检查即可判断中断发生的时间。

$\overline{\text{PD}}$ 掉电方式位:PD=1,启动掉电方式,时钟冻结,内存不工作。

$\overline{\text{IDL}}$ 空闲方式位:IDL=1,启动空闲方式,CPU无时钟而停止工作,节能80%。

如果同时使PD、IDL=1,则PD优先。CHMOS器件PCON复位值为0xxx000B。

8.SBUF 串行口数据缓冲器

地址为99H,不可位寻址。完成串口通讯数据收、发暂存任务。

串行口数据缓冲器SBUF图1-9所示,该缓冲器实际上是发送缓冲器和接收缓冲器两个独立的寄存器。发送到SBUF的数据,进入发送缓冲器,并从那里串行发送出去;接收SBUF的数据是来自接收缓冲器的数据,两个物理实体一个地址。该口在接收数据时具有缓冲的作用,即上一个字节尚未从接收寄存器读出之前,就可开始接收下一个字节。但若第二个字节接

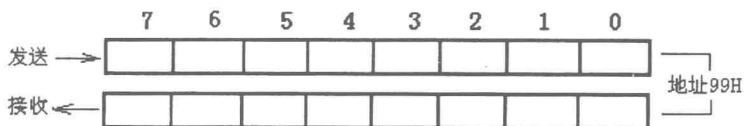


图 1-9 SBUF 串口数据缓冲器

收完毕时,第一个字节仍未读出,则两者必有一失。这要由串口控制寄存器来协调。

9. SCON 串口控制寄存器

(1)特点与功能。地址为 98H,具备位寻址功能。完成串口通讯双方协议的设置,其位定义如图 1-10 所示。



图 1-10 SCON 串口控制寄存器

SM0 和 SM1(SCON.7 和 SCON.6)—方式选择位:四种工作方式选择如表 1-2 所示。

表 1-2 串口工作方式选择

SM0	SM1	方式	功 能	波特率
0	0	0	移位寄存器	$F_{osc}/12$
0	1	1	8 位 UART	可变
1	0	2	9 位 UART	$F_{osc}/64$; $F_{osc}/32$
1	1	3	9 位 UART	可变

SM2(SCON.5)—方式 2 和方式 3 的多机通讯控制位:在这两种方式下,若 $SM2=1$,则当所接收第 9 数据位 RB8 为 0 时,RI 不置 1。在方式 1 下,如 $SM2=1$,则未收到有效的停止位时,RI 就不会被置 1。对于方式 0,SM2 应该为 0。

REN(SCON.4)—接收允许位:由软件置 1 即允许接收;由软件清 0 便禁止接收。

TB8(SCON.3)—发送的第 9 数据位:在方式 2 与方式 3 之下,欲发的第 9 数据位即由此提取。此位由用户根据需要置 1 或清 0。

RB8(SCON.2)—方式 2 和方式 3 下所接收的第 9 数据位:对于方式 1,在 $RI=0$ 的情况下,或 $SM2$ 为 0,或所收到的停止位确实为 1 时,停止位方能进入 RB8,而 8 位数据进入 SBUF,并且 RI 置 1。方式 0 不用 RB8。

TI(SCON.1)—发送中断标志:方式 0 的第 8 位发送结束时,或其它方式下,停止位一开始发送,TI 即被硬件置 1。TI 标志必须由软件清 0。

RI(SCON.0)—接收中断标志:方式 0 的第 8 位接收完毕时,或其他方式下,如 $SM2$ 允许,则在接收停止位的中途由硬件置 1。RI 也必须由软件清 0。

(2)串口工作方式,串口有四种工作方式:

①方式 0。在这种方式下,串行数据的发送与接收均通过 $RxD(P3.0)$ 引脚进行。 $TxD(P3.1)$ 引脚用来输出移位脉冲。方式 0 以 8 位数据为一帧,先发送或接收最低位,每个机器周