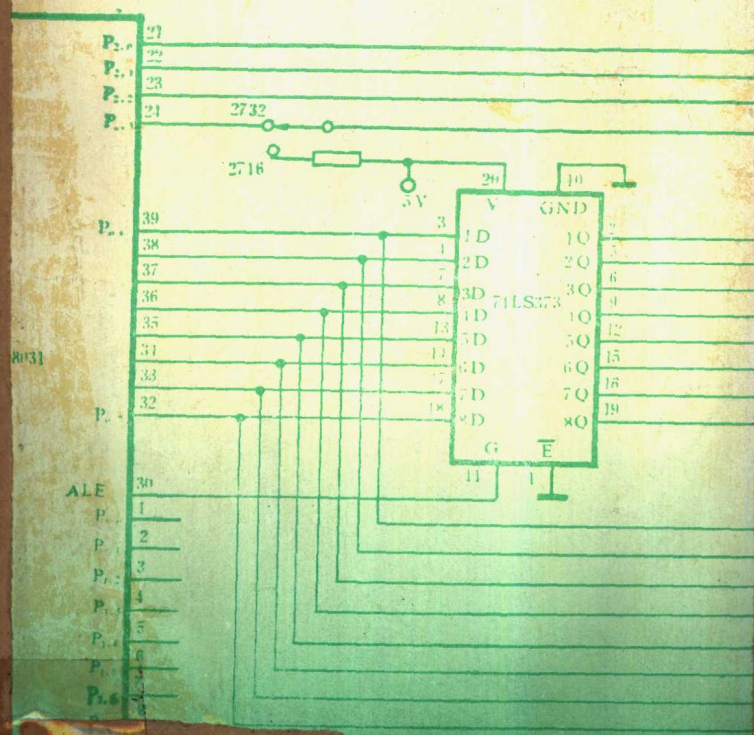


理 · 实验 · 实

希庆 高伟 王福勋 林颐清 杨旭东 林佩南

孟尔熹 审



MCS—51单片计算机

原 理 · 实 验 · 实 例

何希庆

高 伟

王福勋

编著

林颐清

杨旭东

林佩丽

孟尔熹

审

山 东 大 学 出 版 社

内 容 提 要

本书以航空航天部502所研制的ECD—51高级语言单片机开发系统为主线,以MCS—51单片计算机为主机编排了二十五个实验,列举了九个典型实例。同时,对单片机的基本原理和应用知识作了简明扼要的介绍,使本书自成体系,方便了读者。实验内容比较系统、丰富,典型实例有一定的参考价值。

本书可作为大专院校单片机应用技术和各类微机培训班的教材,也可供从事微机应用的工程技术人员学习参考。

MCS—51单片计算机

原 理 · 实 验 · 实 例

何希庆 高伟 等编著

孟尔熹 审

*

山东大学出版社出版发行

山东营南印刷厂印刷

787×1092毫米 1/16开本 31印张 716千

1989年6月第1版, 1989年6月第1次印刷

印数 1—2500

ISBN 7—5607—0266—X/TP·3

定价: 6.00元

前 言

近年来,单片微型计算机以其强大的生命力飞速发展,在工业控制、智能仪器仪表、智能化设备和家用电器等领域得到了广泛的应用,因而引起了各行各业的极大关注,有着广阔的应用前景。

为了进一步普及单片机的基本知识和应用技术,配合单片机应用技术的教学,我们编写了这本教材。

本书是作者近年来在从事单片机教学和科研工作的基础上编写的。它以航空航天部502所研制的ECD—51高级语言单片机开发系统为主线,以MCS—51系列单片机为主机,向读者提供引导性的实验。

ECD—51单片机开发系统是单片机学习和应用技术开发的理想设备,具有功能强、编程可靠、使用方便、价格低廉等优点。ECD—51单片机开发系统可以使用高级语言、MCS—51汇编语言和机器代码语言来编写以及调试MCS—51单片机的应用程序,适合于初级和高级技术人员在工业测控系统方面的软件开发,大大提高实验教学、科技开发的工作效率。

在编写中,我们注重理论与实际紧密结合,力求用通俗的语言和简要的内容,阐述单片机的基本原理;用由浅入深、针对性强的实验,验证单片机的基本理论;用典型实例介绍单片机应用系统的硬件和软件设计方法。各部分内容既有联系,又相对独立,均有简要的原理描述,使本书自成体系,以适应于各种水平的训练和要求。有相当一部分程序都是从教学、科研的实用程序中提取的,读者很容易从这些实例中获取实用的知识。有些实例可直接套用,有些程序则稍加修改即可作为应用程序的一部分,从而为读者提供一定的方便。

本书共分五部分:第一部分单片机的基础知识,介绍了MCS—51系列单片机的结构、使用方法和指令系统;第二部分基本实验,有助于读者理解和掌握MCS—51系列单片机的汇编语言程序的各种操作命令和各种典型的汇编程序的编制,以及ECD—51单片机开发系统的正确使用;第三部分应用实验,在于学习和掌握常用的接口技术及编程方法;第四部分高级语言及其应用,掌握LANDES高级语言及其插入汇编的编程方法;第五部分典型实例,实际上是综合性实验,以实际应用为主,介绍应用系统的硬件设计方法和软件编程技巧。无论对初学者或是有一定基础的工程技术人员,都是颇有裨益的。

本书内容较丰富、系统,可以作为大专院校各专业学习单片机的理论和实验指导书,也可以作为各种类型的单片机培训班的教材,还可供从事微机应用的工程技术人员学习

参考。

山东大学刘风森、孙浩等同志在本书的编写及其它工作中做了大量工作，在此谨表谢意。

由于编写时间仓促和水平有限，书中难免有许多错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

1989. 1

目 录

第一部分	MCS—51单片机基础知识	
第一节	MCS—51系列概述.....	(1)
第二节	MCS—51系统结构.....	(1)
第三节	MCS—51单片机引脚功能说明.....	(7)
第四节	MCS—51指令系统.....	(10)
第五节	单片机的应用.....	(18)
第二部分	基本实验	
实验一	ECD—51仿真器键盘操作练习.....	(20)
实验二	数据传输指令练习.....	(30)
实验三	算术指令练习.....	(37)
实验四	逻辑操作及位操作指令练习.....	(44)
实验五	控制转移指令练习.....	(49)
实验六	算术逻辑指令在多字节运算中的应用.....	(55)
实验七	算术逻辑指令在数据排序、拼拆、转换中的应用.....	(65)
实验八	定时器/计数器的用法练习.....	(75)
实验九	MCS—51单片机的五种中断源及其练习.....	(85)
实验十	简单的实时控制编程.....	(92)
第三部分	应用实验	
实验十一	MCS—51单片机接口引脚的应用	(97)
实验十二	交通信号灯自动控制.....	(103)
实验十三	MCS—51系统扩展技术(一) 程序存储器和外部数据存储器的设计.....	(107)
实验十四	MCS—51系统扩展技术(二) 输入输出接口的扩展方法.....	(125)
实验十五	8051单片机串行接口的应用.....	(141)
实验十六	显示器接口实验.....	(155)
实验十七	键盘输入电路及程序设计.....	(170)
实验十八	D/A转换实验.....	(178)
实验十九	A/D转换实验.....	(183)
实验二十	微型打印机及其应用.....	(196)
第四部分	LANDES高级语言及其应用	
第一节	LANDES总体结构.....	(228)

第二节	LANDES语句说明.....	(230)
第三节	LANDES语言程序的总体布局.....	(235)
第四节	使用单片机开发系统DESCO操作说明.....	(237)
第五节	LANDES语言插入汇编.....	(242)
第六节	LANDES语言的基本实验.....	(246)
实验一	LANDES语言程序的调试.....	(246)
实验二	LANDES语言插入汇编的应用.....	(255)
实验三	键盘和显示器实验.....	(259)
实验四	定时器/计数器实验.....	(265)
实验五	LANDES语言程序的修补方法及其应用.....	(269)
第五部分 典型实例		
第一节	单片机应用系统设计的基本要求.....	(281)
第二节	MCS—51应用系统的研制方法.....	(282)
第三节	MCS—51应用系统调试.....	(287)
第四节	典型实例介绍.....	(288)
实例一	RC过渡特性实验仪.....	(288)
实例二	简易RC过渡特性实验仪.....	(305)
实例三	谐振电路频率特性测试仪.....	(313)
实例四	实时日历之一 ——(汇编语言编程).....	(318)
实例五	实时日历之二 ——(高级语言编程).....	(353)
实例六	机械手的微机控制.....	(362)
实例七	工业系统实时检测程序.....	(373)
实例八	ZBCY—I型智能标枪速度测试仪.....	(455)
实例九	误差处理和矩阵计算.....	(460)
参考文献		(473)
附录一 ECD—51 II 高级语言使用说明		(474)
附录二 常用芯片引脚		(479)
附录三 MCS—51单片机指令表		(481)

第一部分 MCS—51单片机基础知识

MCS—51系列单片机是INTEL公司于八十年代初,在MCS—48系列单片机的基础上推出的高性能的8位单片机。MCS—51系列单片机适合于实时控制、智能仪表、自动机床、位总线实时分布或控制系统等领域,是控制应用领域中最理想的8位微型计算机。

第一节 MCS—51系列概述

MCS—51系列单片机有8051、8751、8031、8032、8044、8144、8344等十二个产品,它们的引脚和指令系统是兼容的,只在内部结构 and 应用特性上存在一些差异,其中最典型的产品为8051、8751和8031。

8051内部包含一个8位的微处理器、128个字节的RAM、4k字节的ROM、21个专用寄存器、四个8位并行口、一个全双工的串行口、两个十六位的定时器,因此单片8051就是一个完整的计算机。8751是以4k字节的EPROM代替ROM的8051,8031是内部无ROM的8051,除此之外其它性能结构完全相同。

8031外接一片EPROM电路就相当于8051,它具有价格低、功能强、使用灵活等特点,适合在我国推广,目前应用较多。

第二节 MCS—51系统结构

本节以8051为模型,介绍MCS—51单片机的系统结构。

一、MCS—51的总体结构

MCS—51系列的典型产品8051的结构框图如图1.2—1所示,其功能部件微处理器、存储器和I/O电路等由内部总线紧密地联系在一起。图中的ROM部分用EPROM替代即为8751,去掉ROM部分就是8031的结构框图。

二、微处理器

微处理器是单片机内部的核心部件,它决定了单片机的主要功能特性。微处理器由运算器和控制器等部件构成。

(一) 运算器

运算器模块包括算术逻辑运算单元ALU布尔处理器、累加器ACC、寄存器B、暂存器TMP₁、TMP₂,程序状态字寄存器PSW以及十进制调整电路等。该模块的功能是实现数据的算术逻辑运算、位变量处理和数据传送操作。

(二) 控制器

控制器模块包括时钟电路、复位电路、指令寄存器、译码器以及信息传送控制部

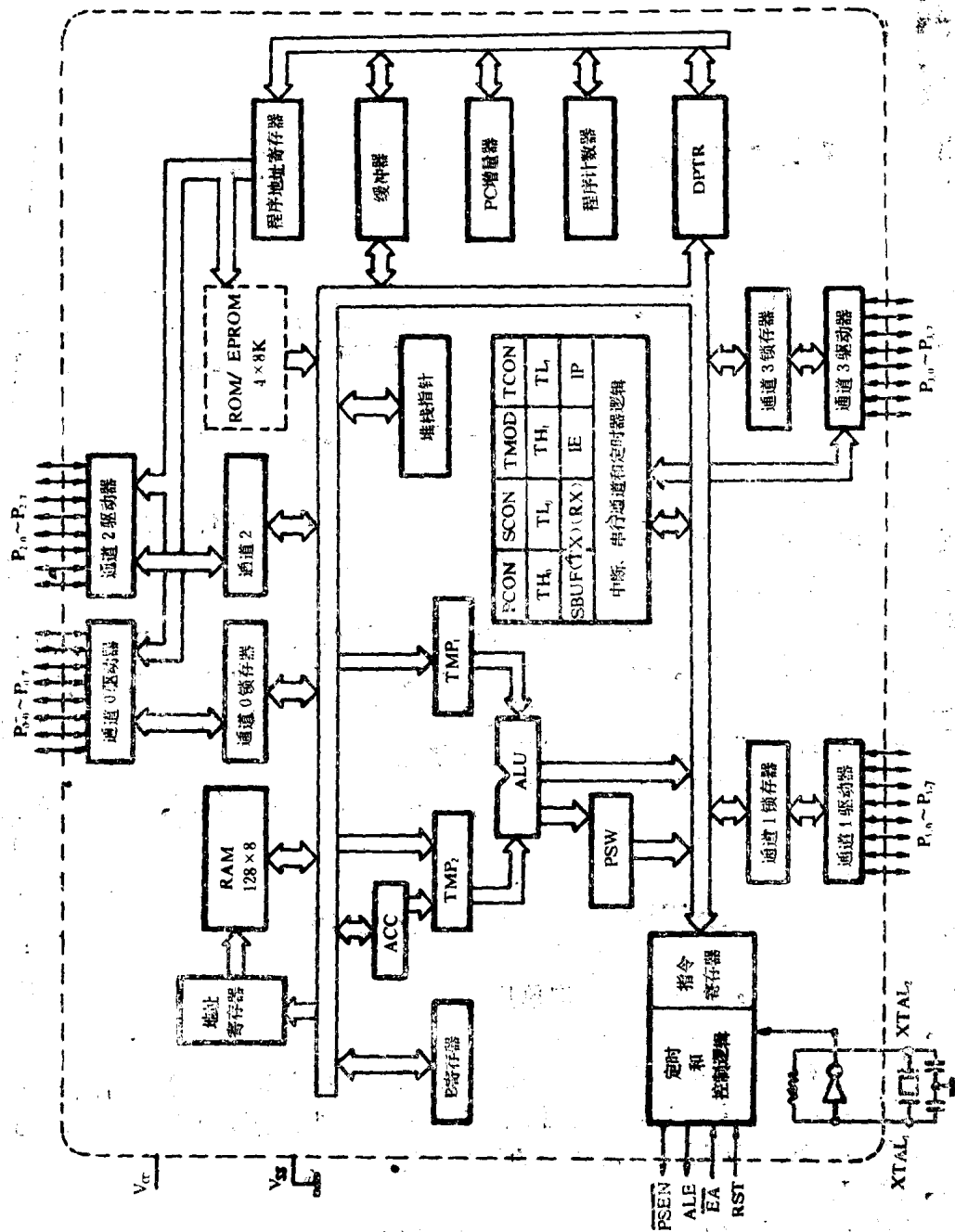


图1.2-1 8051的结构框图

件。该模块是单片机的“心脏”，它产生一系列的定时控制的微操作，用来控制单片机各部分的运行。

1. 时钟电路

时钟是定时的基础，8051片内由一个反相放大器构成的振荡电路，XTAL₁为振荡电路的输入端，XTAL₂为的输出端。可以用两种方式产生单片机所需的时钟：

- 内部方式：利用8051内部的振荡电路，在XTAL₁、XTAL₂的引脚上外接定时

元件，内部振荡器产生自激振荡，具体接法如图1.2—2 (a) 所示。图中石英晶体和电容组成并联谐振回路，晶体频率范围在1.2~12MHz之间任选（一般取为6 MHz），电容可以在5~30pF之间选择，起频率微调作用。

• 外部方式：此时应把XTAL₁接地，XTAL₂接外部振荡源，如图1.2—2 (b) 所示。由于内部时钟发生器是一个二分频的触发器，所以对外部振荡源要求不严，通常是产生1.2~12MHz的方波信号。

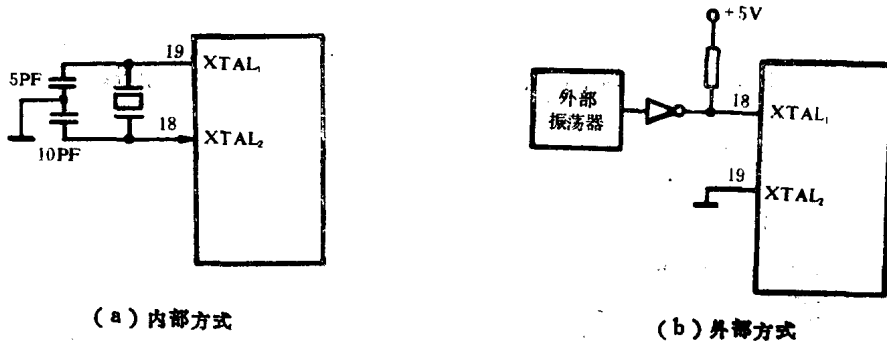


图1.2—2 时钟电路

由于时钟发生器把振荡频率二分频，因此可以向主机提供一个双相信号。第一相信号在每一时钟周期的前半部分有效 (P_1)，第二相信号则在时钟周期的后半部分有效 (P_2)。

2. 时序及有关概念

一条指令可以分解为若干基本的微操作，而这些微操作所对应的脉冲信号在时间上有严格的先后次序，这种次序就是计算机的时序。时序是非常重要的概念，它指明单片机内部以及内部与外部互相联系所遵守的规律。因此，首先简要介绍有关的几个常用概念，以便正确地理解指令系统。

图1.2—3 表明了各种周期的相互关系。

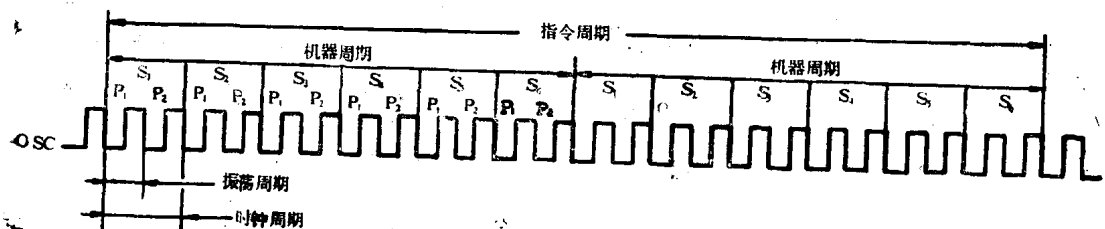


图1.2—3 各种周期的相互关系

- 振荡周期：是指为单片机提供定时信号的振荡源的周期。
- 时钟周期（又称状态周期或S周期）：它是振荡周期的两倍，每个状态分成两半，

在P₁状态,第一相信号有效,这时通常完成算术逻辑操作,在P₂状态,第二相信号有效,内部寄存器与寄存器间的传输一般在此状态发生。

· 机器周期: 一个机器周期由6个状态(12个振荡脉冲)组成,可依次表示为S₁P₁、S₁P₂、…S₆P₁、S₆P₂。可以用机器周期把一条指令划分成若干个阶段,每个机器周期完成某些规定操作。

· 指令周期: 是指执行一条指令所占用的全部时间,一个指令周期通常含有1~4个机器周期。

若外接晶振为6 MHz的频率,则8051单片机的振荡周期 = $\frac{1}{6} \mu S$;

时钟周期 = $\frac{1}{3} \mu S$;

机器周期 = $2 \mu S$;

指令周期 = $2 \sim 8 \mu S$ 。

3. 复位及其电路

时钟电路工作以后,在RESET输入端出现二个机器周期以上的高电平,MCS—51被初始化复位,复位以后各专用寄存器的初始状态见表1.2—1。P₀~P₃口输出高电平(0FFH),初值07H写入堆栈指针SP,清“0”程序计数器PC及其余的专用寄存器。初始复位不影响8051内部的RAM状态,只要RESET输入端保持高电平,MCS—51

表1.2—1 MCS—51复位后专用寄存器初始状态

专用寄存器	初始状态	专用寄存器	初始状态
ACC	00H	TCON	00H
B	00H	TH ₀	00H
PSW	00H	TL ₀	00H
SP	07H	TH ₁	00H
DPL	00H	TL ₁	00H
DPH	00H	SCON	00H
P ₀ ~P ₃	0FFH	SBUF	不定
IP	×××0 0000B	PCON	0××× ××××B
IE	0××0 0000B		
TMOD	00H		

将循环复位。在复位有效期间,ALE、PSEN也输出高电平,RESET输入端返回低电平以后,CPU从零地址开始执行程序。

MCS—51通常采用上电自动复位和开关复位两种方式，图1.2—4(a)为上电自动

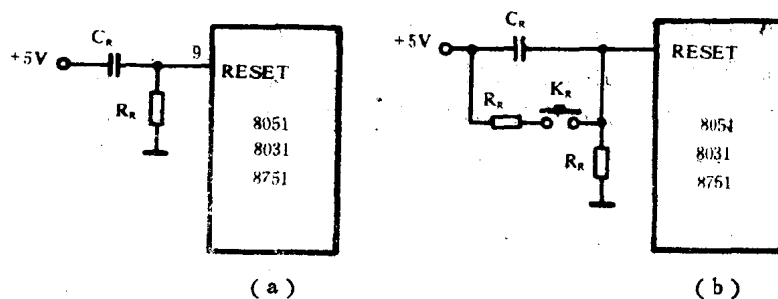


图1.2—4 复位电路

复位电路，通电瞬间，在RC电路的充电过程中，RESET端出现正脉冲，只要RESET端保持10ms以上的高电平，就能使MCS—51单片机有效地复位，从而实现上电复位。当振荡频率选用6MHz、 $C_R = 22\mu F$ 、 $R_R = 1k\Omega$ 时，便能可靠地实现上电自动复位。在图1.2—4(b)中， R_R 常取200 Ω 左右，只要 K_R 闭合，RESET端为高电平时复位有效。

三、存储器

MCS—51的存储器可分为五类：

- 程序存储器
- 内部数据存储器
- 专用寄存器
- 位寻址区
- 外部扩展的数据存储器和I/O口。

MCS—51的存储器结构如图1.2—5所示。

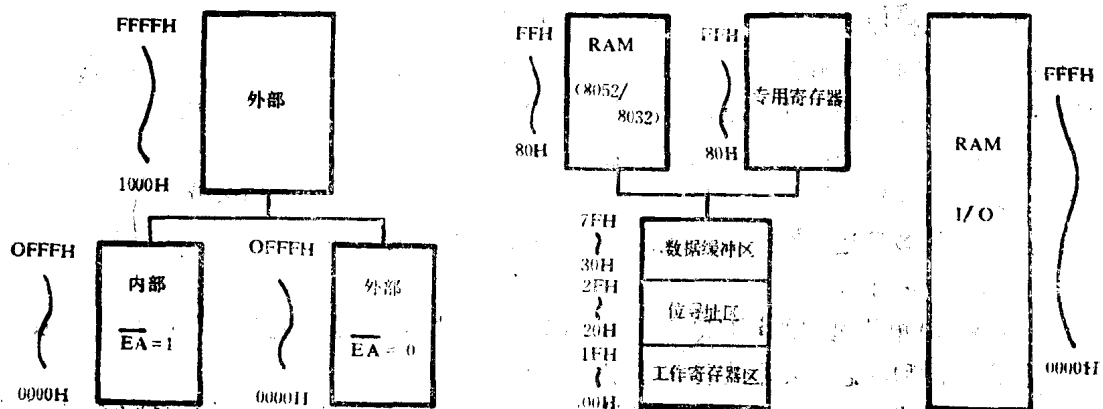


图1.2—5 MCS—51存储器结构

(一) 程序存储器

程序存储器为只读存储器，用来存放程序或写在程序中的固定常数。

8051内部有4k字节的程序存储器ROM，也可以在此基础上外接EPROM，使程序存储器的容量扩展到64k字节。

(二) 数据存储器

数据存储器为随机存取存储器。8051片内有128个字节数据存储器RAM，可作为数

据缓冲器、堆栈和工作寄存器。还可以外接RAM电路，使数据存储器的容量扩大到64k字节。内部RAM存储器编址为00H~FFH，外部RAM编址为0000H~0FFFFH。

内部RAM存储器中不同的区域其功能和用途不完全相同。00H~1FH为工作寄存器区，分为四个区，每个区有8个工作寄存器。当前程序使用的工作寄存器由程序状态字PSW的RS₁和RS₀位选择，对应关系见表1.2—2。

表1.2—2 工作寄存器选择

PSW. 4 (RS ₁)	PSW. 3 (RS ₀)	所选工作寄存器区	对应RAM地址
0	0	0区 R ₀ ~R ₇	00H~07H
0	1	1区 R ₀ ~R ₇	08H~0FH
1	0	2区 R ₀ ~R ₇	10H~17H
1	1	3区 R ₀ ~R ₇	18H~1FH

由程序修改PSW. 4、PSW. 3两位的状态，就可以任意选一组工作寄存器。如果实际应用并不需要四组工作寄存器，那么剩下的工作寄存器区所对应的单元可以作为一般的数据缓冲器使用。

内部RAM的20H~2FH为位寻址区域，这16个单元的每一位都有一个8位地址，编址为00H~7FH。位寻址区的每一位都可以视作软件触发器，由程序直接进行位处理，通常把各种程序标志和位变量设置在这个区域。同样，位寻址区的RAM单元也可以作为一般的数据缓冲器使用。

8051的堆栈原则上可以设在内部RAM的任一区域内，但一般设在30H~7FH的范围内，栈顶的位置由栈指针SP指出，堆栈是向上生成的。进栈时，SP指示的栈顶地址递增；退栈时，栈地址递减。一般应在初始化程序中对栈指针设置初值。

在分配好工作寄存器区、位标志区和堆栈区以后，剩下的RAM区作为数据缓冲器使用。如果数据缓冲器需要量比较大而内部RAM不能满足要求，那么就可以外接RAM电路，这样最多可达64k字节。外部RAM只能作为数据缓冲器使用。

(三) 专用寄存器

MCS—51单片机内的I/O口锁存器、串行口数据缓冲器、定时器/计数器以及各种控制寄存器和状态寄存器均称为专用寄存器。

专用寄存器共有21个，它们离散地分布在内部RAM80H~FFH的地址空间范围（实际上只有21个单元有用）。

1. 属于CPU范围的有

- 累加器ACC (E0H)：用来存放数据或运算结果，实现某些特殊操作等。
- B寄存器 (F0H)：用于乘法和除法操作。对其它指令而言，它可用作数据寄存器。
- 程序状态字寄存器PSW (D0H)：用来保存指令执行结果的标志，供程序查询和判别。

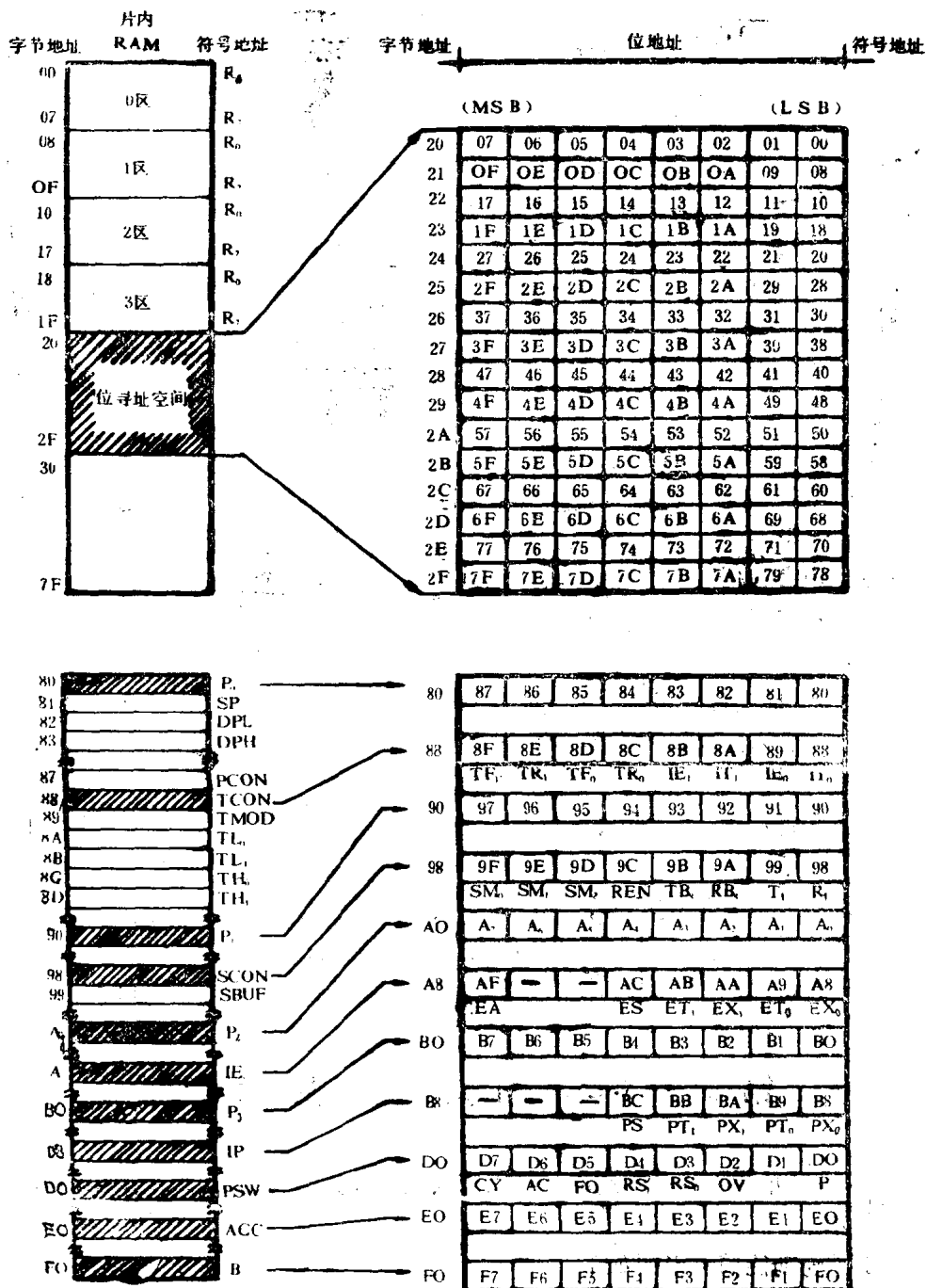


图1.2—6 8051的位地址空间

• 堆栈指示器SP(81H): 用来存放堆栈地址代码。若执行PUSH或CALL指令时, 则SP先加1再存数; 若执行POP、RET或RETI指令时, 则先读出栈指再减1。

• 数据指示器DPTR(82H, 83H): 专门用来存放16位的地址, 常用作数据存放处的地址指针。

2. 属于接口范围的有:

• $P_0 \sim P_3$ (80H, 90H, A0H, B0H): P_0 口 $\sim P_3$ 口的锁存器。

• TMOD(89H)、TCON(88H)、TH₀(8CH)、TL₀(8AH)、TH₁(8DH)、TL₁(8BH): 定时器T₀和T₁的控制寄存器。

• SCON(98H)、SBUF(99H): 串行口控制寄存器和串行口数据缓冲器, 用于串行口的控制。

• IP(B8H)、IE(A8H): 中断优先级寄存器和中断允许寄存器, 用于中断系统控制。

(四) 位寻址空间

MCS—51的位寻址空间划分成两部分。一部分在RAM中, 其字节地址是20H~2FH(对应于16个字节), 相应的位地址是00H~7FH(共占128位)。另一部分位地址空间在专用寄存器区。但不是所有的专用寄存器都能按位寻址, 只有其字节地址能被8整除的专用寄存器, 才可按位寻址。位地址空间如图1.2—6所示。

四、I/O接口

8051单片机内有四个双向的8位I/O口, 共有32根I/O线, 其中P₁、P₂、P₃为准双向口(用作输入时, 口锁存器必须为“1”, 故称为准双向口); P₀为三态双向口, 既可输入又可输出。接口每一位由一个锁存器(专用寄存器P₀~P₃)、一个输出驱动器和一个输入缓冲器组成, 这些口都是多功能的。

在单片机不需要扩展时, P₀口可当作一般的I/O口使用; 在单片机需要扩展时, P₀口担任地址/数据多用的总线口, 即它的8根线既是数据线又是地址线(低8位), 在这种情况下, 扩展部分所需的高位地址线由P₂口提供。

P₃口可作一般的I/O口使用, 必要时, 它还可用作串行通信接口。

第三节 MCS—51单片机引脚功能说明

MCS—51单片机的外形结构为40引脚双列直插式封装, 其引脚及逻辑符号框图如图1.3—1所示。

各引脚的功能简要说明如下:

V_{ss}: 电路接地端。

V_{cc}: 正常运行和编程校验(8051/8751)时为+5V电源。

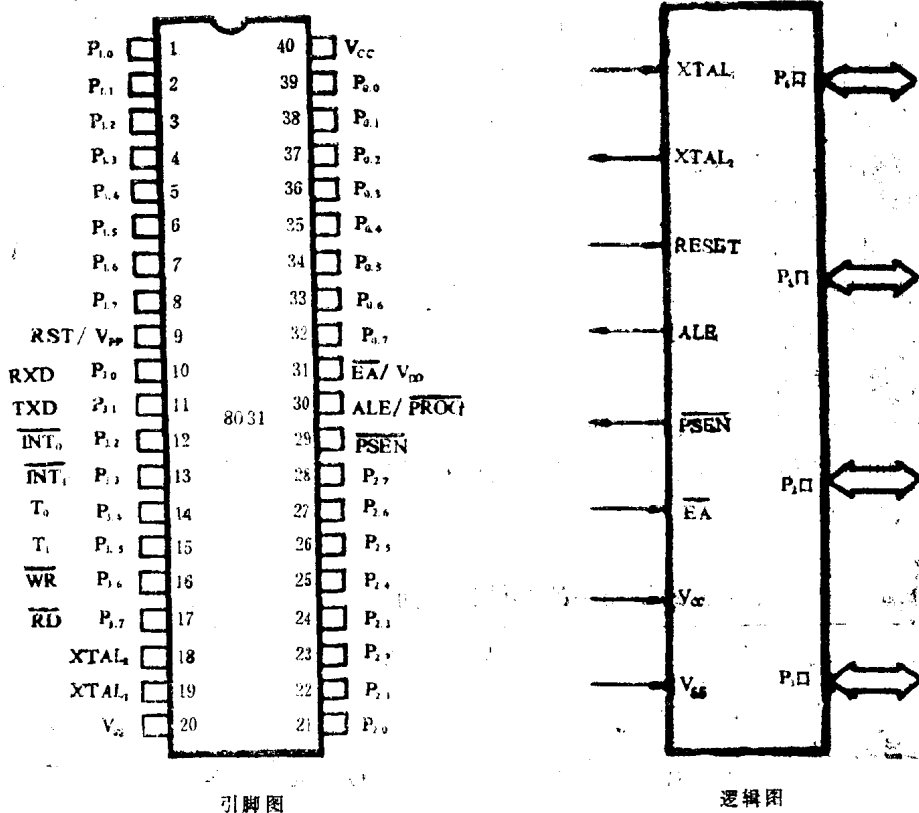


图1.3-1 MCS-51引脚及逻辑符号图

RST/V_{PP}: 振荡器工作时,该引脚上出现2个机器周期以上的高电平,MCS-51被初始化复位。

ALE/PROG: 地址锁存信号输出端。

CPU访问外部存储器时,P₀口输出的低8位地址由ALE端输出的信号锁存到外部的地址寄存器中。

$\overline{PSEN}$: 8031外部程序存储器的选通信号,在对外部程序存储器读取指令时, $\overline{PSEN}$ 每个机器周期产生二次有效;在执行内部程序存储器取指时, $\overline{PSEN}$ 无效。

$\overline{EA}/V_{DD}$: 当 $\overline{EA}$ 为高电平且PC值小于0FFFH时,CPU执行内部程序存储器程序,当 $\overline{EA}$ 为低电平时,CPU仅执行外部程序存储器程序,因而使用8031单片机时, $\overline{EA}$ 必须外接低电平。

XTAL₁: 振荡器反相放大器输入端,使用外部振荡器时接地。

XTAL₂: 振荡器反相放大器输出和内部时钟发生器的输入端,使用外部振荡器时,用于输入外部振荡器信号。

P₀~P₃口已在前面作过简单的介绍,具体的功能将在第三部分中详细给出。

第四节 MCS—51指令系统

MCS—51指令系统包括111条指令。按字节分类,单字节指令占49条,双字节指令占45条,三字节指令占17条。按指令执行时间分类,单周期指令64条,双周期指令45条,4个机器周期指令2条。按功能可划分为五类:

- 数据传送指令28条
- 算术指令24条
- 逻辑指令25条
- 位操作指令17条
- 控制转移指令17条

一、寻址方式

MCS—51指令操作数的寻址主要有五种方式:寄存器寻址、直接寻址、寄存器间接寻址、立即寻址和基寄存器加变址寄存器间接寻址。每一种寻址方式可存取的存储器空间见表1.4—1。

表1.4—1 寻址方式及相关的存储器空间

寻址方式	寻址范围
寄存器寻址	$R_0 \sim R_7$
	A、B、C、AB(双字节)、DPTR(双字节)
直接寻址	内部RAM低128字节
	专用寄存器
	内部RAM位寻址的128位
	专用寄存器中可寻址的位
寄存器间接寻址	内部数据存储器RAM($@R_0$, $@R_1$, $@SP$)
	内部数据存储器单元的低4位($@R_0$, $@R_1$)
	外部RAM或I/O($@R_0$, $@R_1$, $@DPTR$)
立即寻址	程序存储器(操作码常数)
基寄存器加变址寄存器间接寻址	程序存储器($@A+PC$, $@A+DPTR$)

(一) 寄存器寻址

寄存器寻址方式用以对所选寄存器组的8个工作寄存器 $R_0 \sim R_7$ 进行存取操作。指