



全国高职高专教育“十二五”规划教材

单片机应用技术项目化教程

——基于Proteus与Keil C

杨 杰 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

全国高职高专教育“十二五”规划教材

单片机应用技术项目化教程

——基于 Proteus 与 Keil C

主 编 杨 杰
副主编 余红英 方向红
参 编 杨 静 侯秀丽
向 楠 谭宇硕

东南大学出版社
· 南京 ·

内容简介

本书紧密结合高职高专教育特点,主动适应社会实际需要,突出应用性、针对性,加强实践能力的培养。以项目为载体,以讲清概念、强化应用为重点,循序渐进地阐述了 51 系列单片机的基本结构和各种应用,突出了在不同应用中的硬件电路设计、单片机程序编写。本书共分 8 个项目,具体包括:单片机最小系统构建、LED 循环灯的设计、数码管的显示设计、开关电路设计、LED 点阵显示单元设计、LCD 显示屏设计、单片机通信单元设计和综合项目训练。本书还介绍了 Proteus 仿真软件、Keil 编译软件、程序烧写软件及部分字模软件。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院电子信息类、通信类及相关专业的教学用书,也适用于五年制高职相关专业,并可作为社会从业人士的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术项目化教程:基于 Proteus 与 Keil C /
杨杰主编. ——南京:东南大学出版社,2014.9
ISBN 978-7-5641-4724-2

I. ①单… II. ①杨… III. ①单片微型计算机—高等
职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 320023 号

单片机应用技术项目化教程:基于 Proteus 与 Keil C

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096

出 版 人:江建中

网 址:<http://www.seupress.com>

经 销:全国各地新华书店

印 刷:南京玉河印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:332 千字

版 次:2014 年 9 月第 1 版

印 次:2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

书 号:ISBN 978-7-5641-4724-2

定 价:27.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025—83791830

前言



随着电子技术的发展,单片机在现代电子技术方面得到了广泛的应用。本书在编写过程中结合高等职业教育的特点,力求面向应用、面向职业岗位。融入现代高等职业教育的新理念,更新教学观念和内容,以项目为载体,简化了单片机结构和工作原理的讲述,将基本概念、基本原理和基本分析及设计方法、项目仿真和制作相融合,大大增强了项目的实用性和针对性,调动了学生动手练习的积极性,突出了培养学生能力和学以致用思想。

本书紧密结合高职高专的教育特点,主动适应社会实际需要,突出应用性、针对性,加强实践能力的培养。以项目为载体,能力培养为主线,突出思路与方法的阐述,以讲清概念、强化应用为重点,深入浅出地阐述了 51 系列单片机在实际电路系统中的应用方法。

本书主要内容包括:单片机最小系统构建、LED 循环灯的设计、数码管的显示设计、开关电路设计、LED 点阵显示单元设计、LCD 显示屏设计、单片机通信单元设计和综合项目训练。书中还介绍了 Proteus 仿真软件、Keil 编译软件、程序烧写软件及部分字模软件。项目任务的安排上突出了循序渐进的特点,由浅入深、由易到难,非常容易上手;项目任务的选择上具有很强的针对性和实用性,很好地实现了知识点和项目任务的融合。

本书由芜湖职业技术学院杨杰老师担任主编,芜湖职业技术学院余红英老师、淮南联合大学方向红老师担任副主编,芜湖职业技术学院杨静老师、安徽商贸职业技术学院侯秀丽老师、安徽国防科技职业学院向楠老师和石家庄邮电职业技术学院谭宇硕老师参加了编写工作。编者在本书编写过程中参考了相关文献,还得到了东南大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,疏漏及不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2013 年 10 月

目 录



项目 1 单片机最小系统构建	1
1.1 工作任务	1
1.2 相关知识链接	1
1.2.1 数制、编码等相关知识回顾	1
1.2.2 单片机及基本结构	3
1.2.3 80C51 的存储器组织	6
1.2.4 80C51 的并行口结构与功能	9
1.3 相关软件介绍	12
1.3.1 单片机编译软件 Keil 的使用	12
1.3.2 单片机仿真软件 Proteus ISIS 的使用	18
1.4 项目实施	21
1.4.1 单片机最小系统的构建	21
1.4.2 单片机下载单元电路	27
1.4.3 单片机最小系统的硬件制作	28
1.5 项目小结	34
习题与思考	34
项目 2 LED 循环灯的设计	36
2.1 工作任务	36
2.2 相关知识链接	36
2.2.1 LED 基本原理	36
2.2.3 单片机 C 语言基础	37
2.3 项目实施	47
2.3.1 任务一:静态点亮单个 LED	47
2.3.2 任务二:单个 LED 闪烁控制	49
2.3.3 任务三:8 个 LED 循环点亮	50
2.3.4 任务四:LED 花式循环的实现	52
2.4 项目小结	55

习题与思考	55
项目 3 数码管的显示设计	57
3.1 工作任务	57
3.2 相关知识链接	57
3.2.1 数码管基本知识概述	57
3.2.2 中断的基本概念	59
3.2.3 定时/计数器相关基础知识	66
3.3 项目实施	70
3.3.1 任务一:数码管的静态显示	70
3.3.2 任务二:数码管的动态显示	73
3.4 项目小结	76
3.5 拓展训练	76
习题与思考	77
项目 4 开关电路设计	78
4.1 工作任务	78
4.2 相关知识链接	78
4.2.1 常用开关介绍	78
4.2.2 开关抖动现象及消除	79
4.2.3 单片机读取开关信号方法	80
4.2.4 矩阵键盘(4×4)的结构	81
4.3 项目实施	81
4.3.1 任务一:独立按键控制 LED	81
4.3.2 任务二:按键控制数码管显示	85
4.4 项目小结	90
4.5 拓展训练	91
习题与思考	91
项目 5 LED 点阵显示单元设计	92
5.1 工作任务	92
5.2 相关知识链接	92
5.2.1 8×8 单色点阵的基本原理	92
5.2.2 8×8 共阳极单色点阵的引脚判断	93
5.2.3 字模提取软件介绍	94
5.3 项目实施	101
5.3.1 任务一:8×8 单色 LED 点阵显示系统设计	101
5.3.2 任务二:16×16 单色点阵显示系统	110

5.4 项目小结	114
习题与思考	115
项目 6 LCD 显示屏设计	116
6.1 工作任务	116
6.2 相关知识链接	116
6.2.1 LCD1602 基本原理	117
6.2.2 LCD12864 基本原理	123
6.3 项目实施	129
6.3.1 任务一:LCD1602 显示字符串	129
6.3.2 任务二:LCD12864 显示文字或图形	137
6.4 项目小结	149
6.5 拓展训练	149
习题与思考	149
项目 7 单片机通信单元设计	150
7.1 工作任务	150
7.2 相关知识链接	151
7.2.1 数据通信的传输方式	151
7.2.2 与串行口相关的控制寄存器	153
7.2.3 串行口工作方式	155
7.2.4 51 单片机串行口的波特率	159
7.3 项目实施	160
7.3.1 任务一:单片机串行口实现数据移位	160
7.3.2 任务二:单片机串行口扩展 8 位并行输入/输出	163
7.3.3 任务三:单片机双机通信	165
7.4 项目小结	168
7.5 拓展训练	168
习题与思考	168
项目 8 综合项目训练	169
8.1 工作任务 1	169
8.1.1 硬件电路设计部分	169
8.1.2 程序设计	170
8.1.3 仿真与调试	175
8.1.4 任务小结	175
8.1.5 拓展训练	176
8.2 工作任务 2	176

8.2.1	相关知识	176
8.2.2	硬件电路设计	178
8.2.3	程序设计	179
8.2.4	仿真与调试	186
8.2.5	任务小结	186
8.3	工作任务3	186
8.3.1	相关知识	187
8.3.2	任务实施	190
8.3.3	任务小结	194
8.4	工作任务4	194
8.4.1	相关知识	194
8.4.2	任务实施	199
8.4.3	拓展训练	213
8.4.4	任务小结	213
	习题与思考	213
	参考文献	217



项目 1 单片机最小系统构建



学习目标

1. 熟悉单片机的结构组成及存储器组织,理解各并行口的作用;
2. 掌握 Keil、Proteus ISIS 软件的使用;
3. 掌握单片机最小系统的组成,学会搭建单片机最小系统和下载电路,并使用 STC-ISP 软件烧写 STC 单片机程序。

1.1 工作任务

- 🕒 **项目名称** 单片机最小系统的构建。
- 🕒 **功能要求** 构建单片机最小系统,点亮一个发光二极管。
- 🕒 **设计要求**

- (1)用 Proteus ISIS 软件绘制电路原理图;
- (2)使用 Keil 软件编辑源文件,编译、链接生成目标代码文件;
- (3)将目标代码文件载入,在 Proteus ISIS 软件中仿真,验证结果。

1.2 相关知识链接

1.2.1 数制、编码等相关知识回顾

1. 数制

(1) 数制是计数的规则,按进位规则可分为十进制和其他进制等。在单片机学习中,常用的进制有十进制、二进制和十六进制。

- 十进制:是人们生活中普遍采用的计数制,有 0~9 十个数码,逢十进一,常在数值后加字母 D(通常省略)标识;

- 二进制:是计算机系统中使用的计数制,只有 0、1 两个数码,逢二进一,常在数值后加字母 B 标识;



• 十六进制:有0~9、A~F共16个数码;逢十六进一,常在数值后加字母H标识。

(2) 各数制之间的转换原则(仅限整数)

a) 其他进制转换为十进制:按权展开(x 进制的小数点左边第 n 位整数的权是 x^{n-1})。

【例 1-1】将110101B及A5EDH转换成十进制数。

解:110101B= $1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 = 53$

A5EDH= $10 \times 16^3 + 5 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 13 \times 16^0 = 42477$

b) 十进制转换为其他进制:除基数取余数,自下而上(若需转换为 n 进制,其基数即为 n)。

【例 1-2】将79转换成二进制和十六进制数。

解:

2	79	1
2	39	1
2	19	1
2	9	1
2	4	0
2	2	0
2	1	1
	0	

16	79	15
16	4	4
	0	

所以 $79 = 1001111B = 4FH$

c) 二进制与十六进制之间的转换:4位二进制数对应1位十六进制数(见表1-1)。

表 1-1 三种进制数的对应关系

十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
0	0000B	0H	8	1000B	8H
1	0001B	1H	9	1001B	9H
2	0010B	2H	10	1010B	AH
3	0011B	3H	11	1011B	BH
4	0100B	4H	12	1100B	CH
5	0101B	5H	13	1101B	DH
6	0110B	6H	14	1110B	EH
7	0111B	7H	15	1111H	FH

2. 字符的 ASCII 编码

由于计算机能识别的是二进制数,所以大小写英文字母及其他常用字符在计算机中存储和操作时需要转换成二进制编码。常用的是美国信息交换标准代码(American Standard Code for Information Interchange,简称ASCII码),它用一个字节(8位二进制数)编码表示256个字符,当最高位为0时,表示128个标准ASCII码字符(见表1-2);最高位为1时,是扩展ASCII码。



表 1-2 标准 ASCII 码表

$D_6 D_5 D_4$ $D_3 D_2 D_1 D_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	BOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	MAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	[
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	]
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	ST	US	/	?	0	_	o	DEL

3. 计算机中带符号数的表示方法

计算机中带符号数的存储和运算均采用补码形式,那么什么是原码、反码和补码呢?

(1) 原码

带符号数的最高位为符号位(0 表示正数,1 代表负数),其余位为数值的二进制表示形式,如:-85 的原码为 11010101B。

(2) 反码

正数的反码与原码一致,负数的反码等于其符号位不变,其余位按位取反,如-85 的反码是 10101010B。

(3) 补码

正数的补码与原码相同,负数的补码等于反码加 1。如-85 的补码是 10101011B。

已知补码求其原码:可对补码求补。

1.2.2 单片机及基本结构

单片机的“片”是指集成电路芯片,在一片集成电路芯片上集成运算器、控制器、存储器、I/O 接口电路,就构成了单片机。单片机是一种通过编程实现控制的微处理器。



单片机体积小、价格低,功能强大,因此被广泛应用于智能仪器仪表、工业测控、机电一体化产品、家用电器、军事国防等领域。

单片机种类很多,常用的有 MCS-51 系列、PIC 系列和 AVR 系列等,由于 MCS-51 系列 8 位单片机结构简单、应用广泛、资料丰富,非常适合初学者作为入门级芯片学习,如图 1-1 所示。8051 是 MCS-51 中的典型品种,其他型号除了程序存储器结构不同外,其内部结构完全相同。本项目以 80C51 系列(以 8051 为基核开发的 CHMOS 工艺产品)的 40 引脚双列直插式芯片为例[图 1-1(b)],介绍单片机的内部结构和最小系统组成。

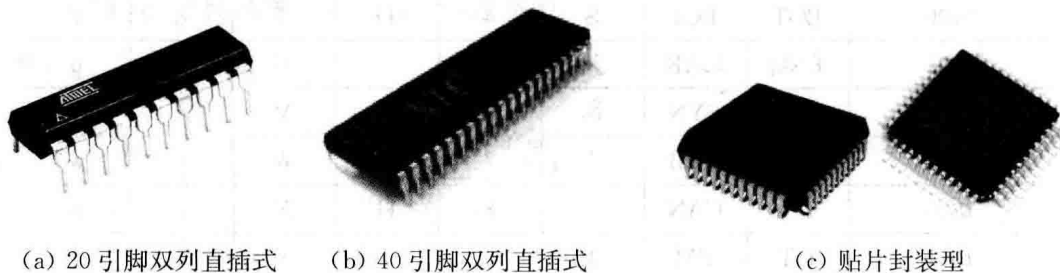


图 1-1 常见 51 系列单片机外形

1. 80C51 单片机的基本结构

80C51 基本型单片机的组成如图 1-2 所示,它主要由中央处理单元(CPU)、程序存储器(ROM/EPROM/Flash)、数据存储器(RAM)及特殊功能寄存器(SFR)、四个并行口、一个串行口组成,此外还包括定时/计数器、中断系统和时钟电路等。其典型产品配置见表 1-3,注意其中 80C31 及 80C32 单片机没有片内程序存储器,所以这两种产品在实际应用中必然要接外部程序存储器。

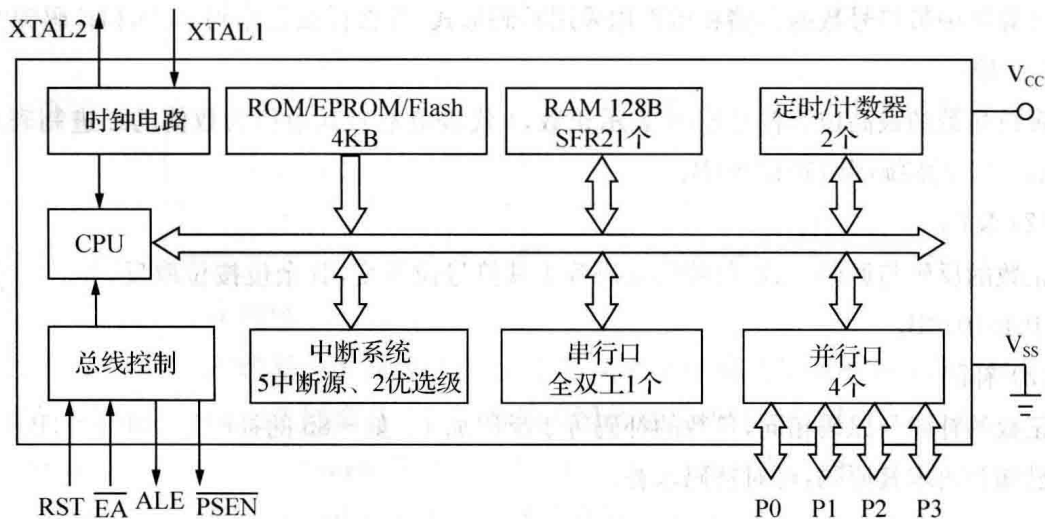


图 1-2 80C51 单片机的组成框图

CPU 是单片机的核心,主要由运算器、控制器组成,运算器包括一个 8 位算术/逻辑运算单元 ALU、累加器 ACC、寄存器 B、暂存器、程序状态字寄存器 PSW 等,控制器由指令寄

寄存器 IR、指令译码及控制逻辑单元组成。

CPU 总是以程序计数器 PC 的内容作为地址,从内存中取指令码的。PC 是一个 16 位的计数器,它总是存放着下一个要取指令的存储单元地址。每取完一个字节后,PC 内容自动加 1;单片机上电或复位时,PC 装入地址 0000H,程序自动从头开始执行。

表 1-3 80C51 系列典型产品配置

分类	芯片 型号	存储器类型及字节数		片内其他功能单元数量			
		ROM	RAM	并口	串口	定时/计数器	中断源
基本型	80C31	无	128	4 个	1 个	2 个	5 个
	80C581	4K 掩模	128	4 个	1 个	2 个	5 个
	87C51	4K	128	4 个	1 个	2 个	5 个
	89C51	4K Flash	128	4 个	1 个	2 个	5 个
增强型	80C32	无	256	4 个	1 个	3 个	6 个
	80C52	8K 掩模	256	4 个	1 个	3 个	6 个
	87C52	8K	256	4 个	1 个	3 个	6 个
	89S52	8K Flash	256	4 个	1 个	3 个	6 个

2. 80C51 的引脚(图 1-3)

(1) 并行口引脚 32 个

- P0.0~P0.7:P0 口。
- P1.0~P1.7:P1 口。
- P2.0~P2.7:P2 口。
- P3.0~P3.7:P3 口,除作为一般 I/O 口,还有以下功能:RXD、TXD 构成串口;INT0、INT1 为外部中断引脚;T0、T1 为定时/计数器引脚;WR 是读允许, RD 是写允许。

(2) 电源引脚 2 个

- V_{CC}:电源接入引脚;
- V_{SS}:接地引脚。

(3) 时钟引脚 2 个:XTAL1、XTAL2

(4) 控制引线引脚 4 个:(只介绍常用功能)

- RST:复位信号输入引脚;
- ALE:地址锁存允许信号输出引脚;
- EA:内外程序存储器选择引脚;
- PSEN:外部程序存储器选通信号输出引脚。

各引脚的含义在后续内容中还会涉及,这里只需简单了解即可。

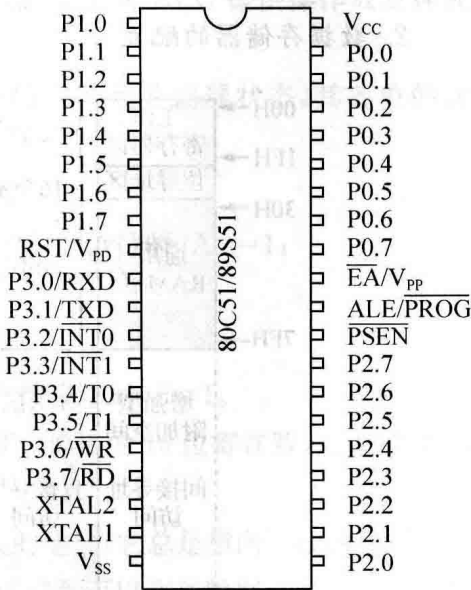


图 1-3 40 引脚单片机封装



1.2.3 80C51 的存储器组织

1. 程序存储器配置

- $\overline{EA}$ 的作用:片内外 ROM 的选择端。

$\overline{EA}=1$:先内后外,即当程序存储地址在 0000H~0FFFH 时,选择内部 ROM,而当地址超过 0FFFH 时,选择外部 ROM;

$\overline{EA}=0$:选外部 ROM。80C31、80C32 由于无内部 ROM,必须这样接。

- $\overline{PSEN}$ 作用:片外 ROM 芯片的选通端, $\overline{PSEN}=0$ 时,选通外部 ROM。

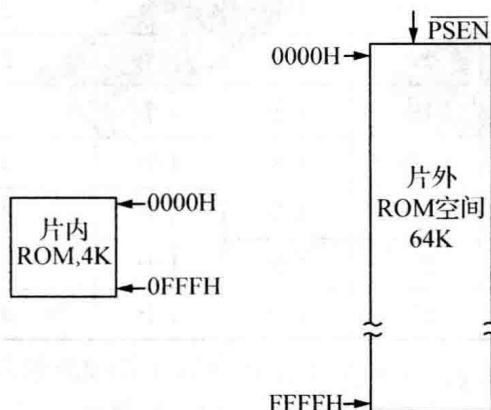
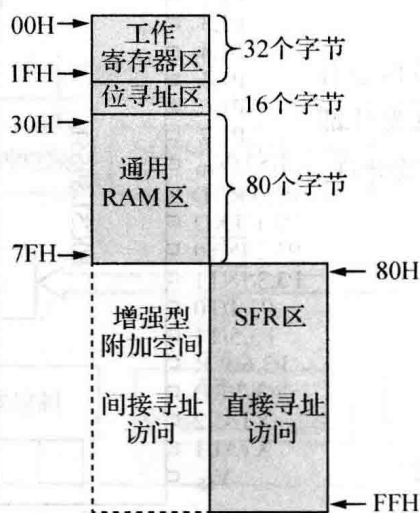
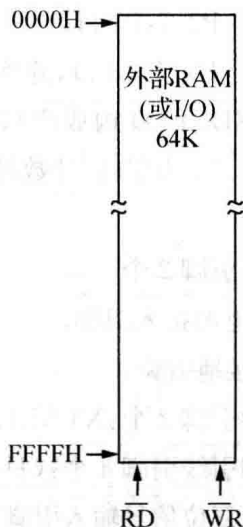


图 1-4 程序存储器配置

2. 数据存储器的配置



(a) 片内 RAM 及 SFR

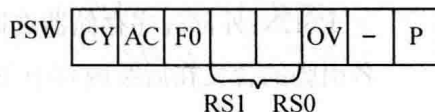


(b) 片外 RAM

图 1-5 数据存储器与特殊功能寄存器的组成

片内数据存储器共 128 字节,分为三个区:

- 工作寄存器区(00H~1FH)共 32 个字节,每个字





节作为一个工作寄存器,分成四个组,每个组都有 8 个寄存器,分别用 R0~R7 表示。任一时刻,CPU 只能使用其中一组寄存器(被称为当前寄存器组)来存放操作数及中间结果。当前工作寄存器组的选择由特殊功能寄存器 PSW 中的 RS1、RS0 的组合来决定(见表 1-4)。

表 1-4 RS1、RS0 与当前工作寄存器组的选择

RS1	RS0	当前工作寄存器组
0	0	第 0 组
0	1	第 1 组
1	0	第 2 组
1	1	第 3 组

- 位寻址区(20H~2FH):这个区内的每个字节的每一位都有自身的位地址,因而可以位操作。

- 通用 RAM 区:可以作为数据缓存器使用。一般应用中,常把堆栈开辟在此区。

片外程序存储器最多可扩展容量为 64KB,其数据的读/写由 RD 和 WR 控制(低电平有效)。

凡字节地址能被 8 整除的(即十六进制地址尾数为 0 或 8)的单元是具有位地址的特殊功能寄存器。

下面介绍几个常用的 SFR,其他寄存器的具体含义和应用见以后各项目。

- 累加器 ACC:它是 80C51 中工作最繁忙的寄存器,用于向 ALU 提供操作数及存放运算结果。

- 程序状态字寄存器 PSW:保存 ALU 运算结果的特征和处理器状态,其各位的含义为:

CY——进位(或借位)位,有进位(或借位)时,CY=1;

AC——半进位(或借位)标志,低半字节向上有进位或借位时,AC=1;

F0——用户自定义位;

OV——溢出标志位,有溢出时,OV=1;

P——奇偶标志位,存于 ACC 中的运算结果有奇数个 1 时,P=1。

- 数据指针 DPTR:由两个 8 位寄存器 DPH 和 DPL 构成的 16 位寄存器,用来存放 16 位地址。

- 堆栈指针 SP:是一个 8 位寄存器,用于存放堆栈的地址,它总是指向堆栈的顶部。

- 并行口寄存器 P0~P3:通过对这四个寄存器的读/写,可以实现数据从对应并行口的输入/输出。



表 1-5 SFR 位地址及字节地址表

SFR 名称	符号	位地址/位定义名/位编号								字节地址
		D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	
B 寄存器	B	F7H	F6H	F5H	F4H	F3H	F2H	F1H	F0H	(F0H)
累加器 A	ACC	E7H	E6H	E5H	E4H	E3H	E2H	E1H	E0H	(E0H)
		ACC. 7	ACC. 6	ACC. 5	ACC. 4	ACC. 3	ACC. 2	ACC. 1	ACC. 0	
程序状态字寄存器	PSW	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H	(D0H)
		CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	
		PSW. 7	PSW. 6	PSW. 5	PSW. 4	PSW. 3	PSW. 2	PSW. 1	PSW. 0	
中断优先级控制寄存器	IP	BFH	BEH	BDH	BCH	BBH	BAH	B9H	B8H	(B8H)
					PS	PT1	PX1	PT0	PX0	
I/O 端口 3	P3	B7H	B6H	B5H	B4H	B3H	B2H	B1H	B0H	(B0H)
		P3. 7	P3. 6	P3. 5	P3. 4	P3. 3	P3. 2	P3. 1	P3. 0	
中断允许控制寄存器	IE	AFH	AEH	ADH	ACH	ABH	AAH	A9H	A8H	(A8H)
		EA			ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
I/O 端口 2	P2	A7H	A6H	A5H	A4H	A3H	A2H	A1H	A0H	(A0H)
		P2. 7	P2. 6	P2. 5	P2. 4	P2. 3	P2. 2	P2. 1	P2. 0	
串行数据缓冲器	SBUF									99H
串行控制寄存器	SCON	9FH	9EH	9DH	9CH	9BH	9AH	99H	98H	(98H)
		SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	
I/O 端口 1	P1	97H	96H	95H	94H	93H	92H	91H	90H	(90H)
		P1. 7	P1. 6	P1. 5	P1. 4	P1. 3	P1. 2	P1. 1	P1. 0	
定时/计数器 1 (高字节)	TH1									8DH
定时/计数器 0 (高字节)	TH0									8CH
定时/计数器 1 (低字节)	TL1									8BH
定时/计数器 0 (低字节)	TL0									8AH
定时/计数器方式选择	TMOD	GATE	C/ $\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/ $\overline{T}$	M1	M0	89H



续表

SFR 名称	符号	位地址/位定义名/位编号								字节地址
		D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	
定时/计数器控制寄存器	TCON	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H	(88H)
		TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
电源控制及波特率选择	PCON	SMOD				GF1	GF0	PD	IDL	87H
数据指针(高字节)	DPH									83H
数据指针(低字节)	DPL									82H
堆栈指针	SP									81H
I/O 端口 0	P0	87H	86H	85H	84H	83H	82H	81H	80H	(80H)
		P0. 7	P0. 6	P0. 5	P0. 4	P0. 3	P0. 2	P0. 1	P0. 0	

1.2.4 80C51 的并行口结构与功能

80C51 有四个并行 I/O 口 P0、P1、P2、P3,各口均由口锁存器、输入缓冲器和输出驱动器构成,除可作为一般的 I/O 口使用外,还有各自的结构特点和应用特性。

1. P0 口

如图 1-6 所示为 P0 口的位结构,实际的 P0 口由八个同样的位结构构成。电路由一个输出 D 锁存器、一个可控混合开关 MUX、两个三态缓冲器、输出驱动电路、一个反相器和一个与门组成。输出驱动电路由场效应管 T0 和 T1 组成,当栅极加高电平时,场效应管截止,栅极加高电平,场效应管导通。P0 口由于漏极开路,因此必须外接上拉电阻。

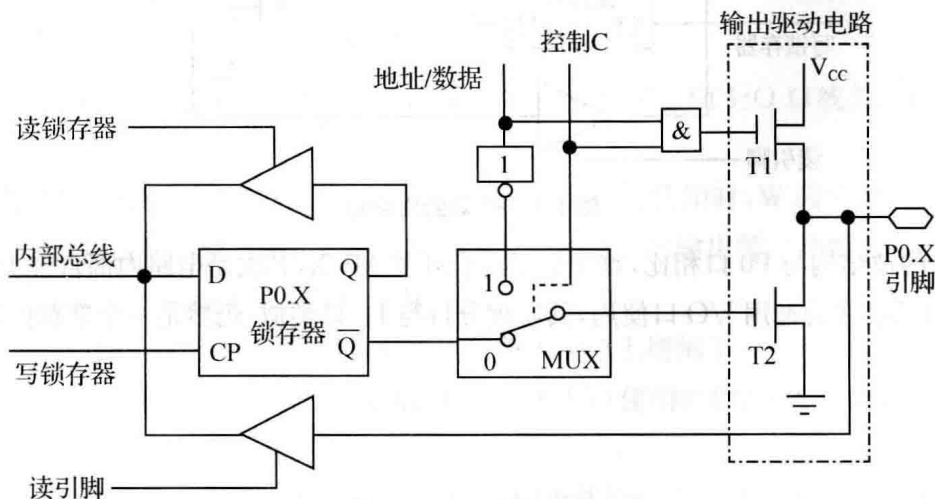


图 1-6 P0 口的位结构