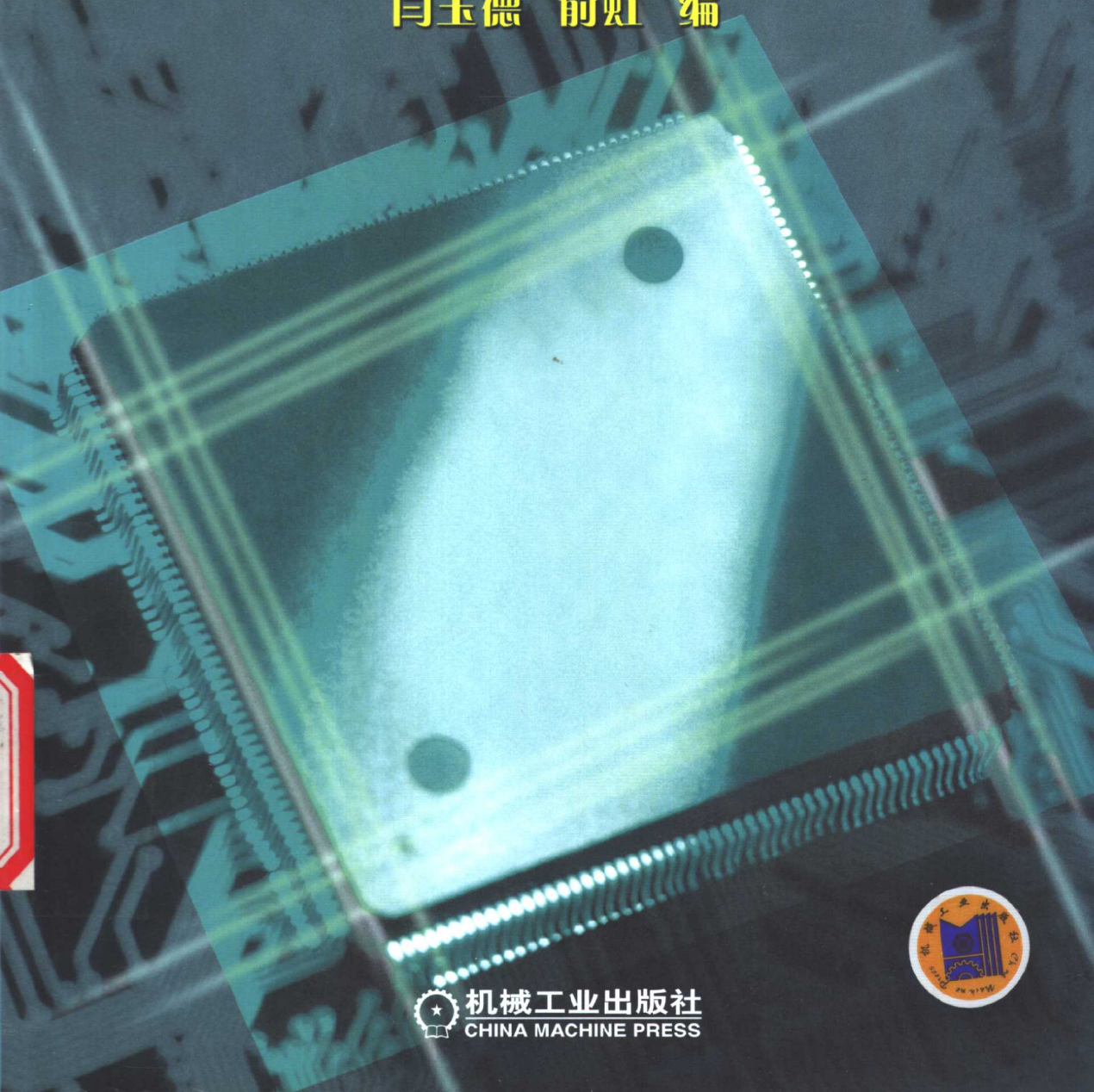


高等学校教材

MCS-51 单片机原理与应用

(C 语言版)

闫玉德 俞虹 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等学校教材

MCS—51 单片机原理与应用

(C 语言版)

闫玉德 编
俞 虹



机械工业出版社

本书以目前国内最流行的 MCS—51 系列单片机为讲述对象,全面叙述其系统结构、工作原理、内部功能器件的特性及组成单片机应用系统时的设计技术和方法。本书共分六章,第一章介绍 MCS—51 单片机的组织结构和功能。包括 CPU 的组成和与其有关的寄存器、控制信号;存储器的结构、类型和使用特点;I/O 接口的结构、功能和使用特点;MCS—51 单片机的引脚、时钟、复位电路、CPU 时序及最小系统组成等。第二章介绍 MCS—51 单片机的指令系统。首先给出 MCS—51 单片机的寻址方式,然后按指令功能分类简要叙述 MCS—51 单片机的汇编语言指令。第三章介绍 MCS—51 单片机的 C 语言程序设计。首先介绍 MCS—51 的数据存储器结构和寻址方式及 MCS—51 的汇编程序指令系统,在此基础上重点介绍 MCS—51 单片机的 C 语言程序设计,主要介绍与 MCS—51 硬件相关的、与 PC 的 C 语言程序设计不同的内容,其他内容只是简略说明并给出与硬件相关的例子。第四章介绍 MCS—51 单片机内含的功能部件的结构、功能、工作方式及其相关的特殊功能寄存器,它们的应用编程都用 C 语言程序实现。第五章介绍 MCS—51 单片机的系统扩展方法。首先概述系统扩展的任务,系统扩展的总线结构,包括并行总线和串行(I²C)总线。其次介绍程序存储器和数据存储器的扩展方法。最后,重点介绍并行 I/O 接口的扩展。第六章首先说明单片机应用系统的组成结构,单片机的任务,然后依次介绍单片机应用系统的前向通道的特点、数据采集子系统的组成结构和 A/D 变换技术,后向通道的特点和 D/A 变换技术,人机通道的特点、LED 数码显示技术和键盘处理技术。

图书在版编目(CIP)数据

MCS—51 单片机原理与应用: C 语言版/闫玉德,俞虹编. —北京:机械工业出版社, 2002

高等学校教材

ISBN 7-111-11141-9

I. M... II. ①闫... ②俞... III. 单片微型计算机, MCS—51—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 086293 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:韩雪清 卢若薇 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:鞠 杨 责任印制:路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·7.25 印张·278 千字

0 001—4 000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

在许多领域中，嵌入式系统的应用对产品的技术水平和生产过程自动化水平的提高发挥了重要的作用。单片机是嵌入式系统中普遍使用的核心器件，其应用系统开发人才很受欢迎。单片机原理与应用课程是自动化、机电一体化、仪器仪表等专业的学生的必修课程。

MCS—51 系列单片机是国内最流行的机型，许多学校的单片机与应用课程都以该机型为讲授对象，系统的程序设计都以 MCS—51 指令系统汇编语言为工具。目前，在单片机应用系统开发中，大多数的仿真开发系统支持 C51 程序设计语言，开发者普遍使用 C51 进行系统开发的程序设计。

在各大学中，自动化、机电一体化、仪器仪表等专业的学生大多进修过 C 语言课程，对 C 程序设计有一定的基础，学习 C51 容易理解和掌握。因此，我们对单片机的课程做了改革：简要介绍单片机的指令系统，着重讲述 C51 中对硬件依赖较强的内容，对 C51 中与一般 C 语言相同的内容也只做简要讲述，对 C51 的使用在讲解内部功能器件和系统扩展的例子中加以强化。

本教材是对我们的讲义进行整理后推出的，请兄弟院校的同行们和各位热心的读者提出宝贵意见。

本书可供大专院校作教材使用，也可作为单片机应用系统设计的开发人员的参考资料。

本书第一、四、五、六章由闫玉德编写，第二、三两章由俞虹编写。

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一章 MCS—51 单片机的组成及结构分析	3
------------------------	---

1.1 MCS—51 单片机的内部结构框图	3
-----------------------	---

1.2 CPU 结构	4
------------	---

1.2.1 运算器	4
-----------	---

1.2.2 布尔处理机	5
-------------	---

1.2.3 控制器	6
-----------	---

1.3 存储器空间	7
-----------	---

1.3.1 程序存储器	8
-------------	---

1.3.2 外部数据存储器	9
---------------	---

1.3.3 内部数据存储器	9
---------------	---

1.4 I/O 口及相应的特殊功能寄存器	16
----------------------	----

1.4.1 P0 口	16
------------	----

1.4.2 P2 口	18
------------	----

1.4.3 P3 口	19
------------	----

1.4.4 P1 口及各端口的使用特点	20
---------------------	----

1.4.5 利用端口组成的 8031 应用系统举例	21
---------------------------	----

1.5 MCS—51 单片机的引脚信号和 CPU 时序	24
-----------------------------	----

1.5.1 8051 单片机引脚功能说明	24
----------------------	----

1.5.2 CPU 时序	27
--------------	----

1.5.3 程序和数据存储空间的重合	29
--------------------	----

习题和思考题	30
--------	----

第二章 MCS—51 单片机的指令系统	31
---------------------	----

2.1 MCS—51 的寻址方式	31
------------------	----

2.1.1 MCS—51 汇编语言的指令格式	31
------------------------	----

2.1.2 MCS—51 的寻址方式	31
--------------------	----

2.2 MCS—51 的指令说明	33
------------------	----

2.2.1 数据传送类指令	33
---------------	----

2.2.2 逻辑操作类指令	35
---------------	----

2.2.3 算术运算类指令	36
---------------	----

2.2.4 位操作指令	38
-------------	----

2.2.5 控制转移类指令	39
2.3 伪指令	41
2.4 MCS—51 程序设计举例	42
2.4.1 简单程序设计	42
2.4.2 分支程序设计	43
2.4.3 循环程序设计	43
2.4.4 数据转换程序设计	44
2.4.5 查表程序设计	45
第三章 单片机的 C 程序设计	49
3.1 C51 的数据与运算	49
3.1.1 C51 的数据类型	49
3.1.2 C51 数据的存储类型与 8051 存储器结构	49
3.1.3 8051 特殊功能寄存器及其 C51 定义	51
3.1.4 8051 并行接口及其 C51 定义	52
3.1.5 位变量及其 C51 定义	52
3.1.6 C51 运算符、表达式及其规则	53
3.2 C51 流程控制语句	60
3.2.1 C 程序的基本结构及流程图	60
3.2.2 选择语句	61
3.2.3 循环语句	65
3.3 C51 构造数据类型	72
3.3.1 数组	72
3.3.2 指针	76
3.3.3 结构体	82
3.3.4 共用体	86
3.3.5 枚举	88
3.4 函数	88
3.4.1 概述	88
3.4.2 函数的定义	90
3.4.3 函数的调用	90
3.4.4 函数的嵌套调用与递归调用	94
3.4.5 指向函数的指针变量	97
3.4.6 局部变量和全局变量	99
3.5 C51 的库函数	101
3.5.1 字符函数库 CTYPE.H	101
3.5.2 标准函数库 STDLIB.H	101
3.5.3 数学函数库 MATH.H	102
3.5.4 绝对地址访问头文件 ABSACC.H	103

3.5.5 内部函数库 INTRINS.H	103
3.5.6 访问 SFR 和 SFR_bit 地址头文件 REGxxx.H	104
3.6 编程举例	104
第四章 MCS—51 的功能部件	106
4.1 中断	106
4.1.1 中断的概念	106
4.1.2 MCS—51 的中断系统	108
4.1.3 外部中断触发方式选择	112
4.1.4 中断服务程序及例程	113
4.2 定时/计数器	114
4.2.1 定时/计数器方式控制寄存器	114
4.2.2 定时器运行控制位	115
4.2.3 定时/计数器的工作方式	116
4.2.4 定时/计数器应用举例	118
4.3 串行通信接口	125
4.3.1 数据通信概述	125
4.3.2 串行接口的控制寄存器	127
4.3.3 串行接口的四种工作方式	129
4.3.4 多处理机通信	132
4.3.5 波特率的设定	132
4.3.6 应用举例	133
习题和思考题	138
第五章 MCS—51 的系统扩展	140
5.1 系统扩展概述	140
5.1.1 并行总线	140
5.1.2 串行总线	141
5.1.3 系统扩展的内容和方法	146
5.2 程序存储器的扩展	147
5.3 数据存储器的扩展	147
5.3.1 并行扩展方式	147
5.3.2 串行扩展方式	148
5.4 I/O 口的扩展	149
5.4.1 简单的并行 I/O 接口扩展	150
5.4.2 用 8155 扩展并行 I/O 接口	151
5.4.3 用 8255A 扩展并行 I/O 接口	157
习题和思考题	160
第六章 单片机的功能扩展	162

6.1 前向通道的配置与接口技术	162
6.1.1 单片机应用系统中的前向通道	162
6.1.2 前向通道中的 A/D 转换与 A/D 转换器	165
6.2 后向通道的配置与接口技术	175
6.2.1 单片机应用系统中的后向通道	175
6.2.2 后向通道中的常用器件及电路	176
6.2.3 后向通道中的 D/A 转换技术及其接口芯片	181
6.3 人机通道配置与接口技术	184
6.3.1 单片机应用系统中的人机通道	184
6.3.2 显示及显示器接口	186
6.3.3 按键、键盘及其接口	193
6.3.4 单片机应用系统中的典型键盘、显示接口技术	210
习题和思考题	221
参考文献	222

绪 论

随着技术的飞速发展,国民经济各个领域对自动化的要求越来越迫切。计算机在自动化技术中发挥着极其重要的作用。从计算机外围设备、民用电器、医用仪器设备、机电仪一体化产品到航空航天技术,从人工智能、工业机器人到人体工程等领域中,开发计算机应用系统成为一个热门技术。

目前,8位、16位、32位单片机以及具有各种优异性能、特殊功能类型的单片机,如信号处理单片机、USB接口控制单片机、网络通信控制单片机等,可作为广大科技工作者的开发工具。

与通用计算机不同,单片机是专为智能仪器仪表与自动化领域设计开发的专用计算机,在一片芯片上集成了组成一个计算机所需的五个主要部件:运算器、控制器、存储器、输入接口和输出接口,具有体积小、功能强、可靠性好、容易扩展、使用简单、价格便宜等特点。

有两种结构的单片机体系。一种是单总线结构,如Intel公司、Motorola公司和Zilog公司的系列产品。另一种是双总线哈佛结构,如Microchip公司的PIC系列产品和Atmel公司的AVR系列产品。单总线结构的单片机大多是复杂指令集计算机,而双总线哈佛结构的单片机大多是精简指令集计算机。

在国内,主流产品是Intel公司的MCS—51系列单片机。PIC单片机和AVR单片机由于速度快、功耗低、采用精简指令集,受到许多开发者的重视。

从20世纪70年代初期开始,Intel公司开始开发单片机产品。MCS—48和MCS—51系列产品奠定了Intel公司在单片机领域的主导地位。随后,PHILIP公司和ATMEL等公司对MCS—51产品作了进一步的发展,丰富了MCS—51产品,提高了产品的功能和速度,增强了MCS—51产品在智能仪器仪表与自动化领域应用的主导地位。

本书主要介绍Intel公司的单片机产品MCS—51系列单片机产品的结构、功能、系统扩展与应用。表0-1是MCS—51系列单片机的主要机型性能表。

表 0-1 MCS—51 系列单片机主要机性能表

器件号	OTP EPROM	ROM	RAM	振荡频率 f _{osc} /MHz	8 位 并行口	串行 I/O 接口	定时器	A/D		特 点
								位数	通道数	
8031/8X51	4KB	4KB	128	12	4	UART	2	—	—	
8032/8X52	8KB	8KB	256	12	4	UART	3	—	—	
8XC51GB	8KB		256	12	6	UART+SEP	3+2PCAs	8	8	PWM 15 中断
8XC552	8KB	8KB	256	16	6	UART+I ² C	2+PCA	10	8	PWM WDT
8XC752	2KB	2KB	64	16	2+5/8	UART	1	8	5	PWM
8XCE598	32KB	32KB	512	16	6	UART	3	10	8	CANbus WDT
8XC750	1KB	1KB	64	40	2+3/8	—	1	—	—	24 引脚
AT89C51	4KBFLASH		128	24	4	UART	2	—	—	
AT89C52	8KBFLASH		256	24	4	UART	3	—	—	
AT89C2051	2KBFLASH		128	24	1+7/8	UART	2	—	—	

80CXXX 为无 ROM 83CXXX 为 ROM 87CXXX 为 EPROM FLASH 为 FLASH ROM

OTP 为一次性写入芯片 WDT 为看门狗电路 PWM 为脉宽调制输出 I²C 为串行接口 PCA 为可编程定时/计数器阵列

第一章 MCS—51 单片机的组成及结构分析

本章首先给出单片机的硬件结构框图,然后分别介绍其各组成部分:CPU,存储器, I/O 口,最后给出 MCS—51 单片机引脚信号及 CPU 时序。除串行口和定时器在后面章节中介绍外,学完本章,应对 MCS—51 单片机的硬件结构及各部分的工作原理有一个基本的了解。

1.1 MCS—51 单片机的内部结构框图

8051 单片机的内部总体结构框图如图 1-1 所示。其基本特性如下:
8 位 CPU, 片内振荡器。

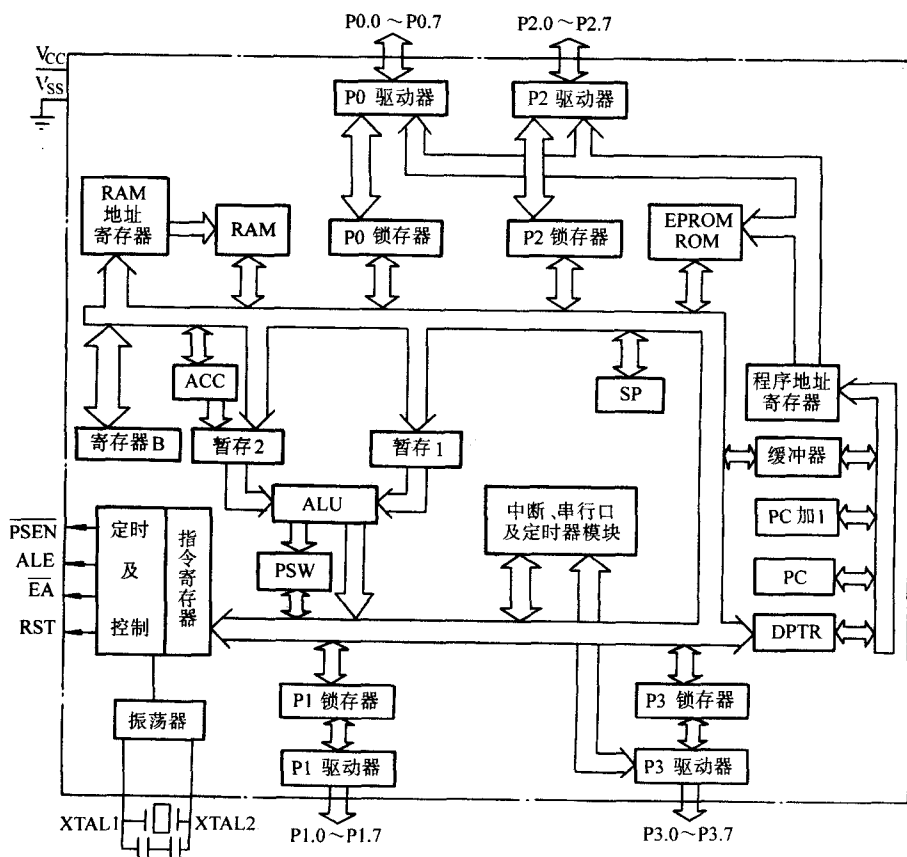


图 1-1 MCS—51 总体结构框图

4K 字节 ROM, 128 字节 RAM。

21 个特殊功能寄存器。

32 根 I/O 线。

可寻址各 64K 字节的外部数据、程序存储器空间。

2 个 16 位的定时器/计数器。

中断结构：五个中断源，两个优先级。

一个全双工串行口。

有位寻址功能，适于布尔运算的位处理机。

由框图可知，除 128 字节×8 的片内 RAM，4K 字节×8 的 ROM 和中断、串行口及定时器模块外，就是分布在框图上、下两侧的 4 个 I/O 口 P0~P3。剩余部分则是中央处理器 CPU 的全部组成。而 CPU、存储器、I/O 口（输入输出接口）这三部分则由内部总线紧密地联系在一起。由图可以看出，单片机的基本组成和一般微型计算机是相同的，它只不过是多片微型计算机的单片化而已。

把框图中 4K 字节 ROM 换为 EPROM，就是 8751 的结构框图，如去掉 ROM/EPROM 部分即为 8031 的框图。

1.2 CPU 结构

单片机的中央处理器 CPU 由运算器和控制器组成。与一般多片微机中的 CPU 不同，该 CPU 运算器内包含有一个专门进行位数据操作的布尔处理机，所以下面分三部分介绍。

1.2.1 运算器

图 1-1 中以 8 位的算术/逻辑运算部件 ALU 为核心，加上通过内部总线而挂在其周围的暂寄存器 TEMP1、TEMP2、累加器 ACC、寄存器 B、程序状态标志寄存器 PSW 以及布尔处理机，就组成了整个运算器的逻辑电路。

算术逻辑单元 ALU 用来完成二进制数的四则运算和逻辑运算。累加器 ACC 是一个 8 位的寄存器，它是 CPU 中工作最频繁的寄存器，在算术逻辑类操作时，累加器 ACC 往往在运算前暂存一个操作数，而运算后又保存其结果。B 寄存器用于乘法和除法操作，对于其他指令，它只能作一个暂寄存器用。标志寄存器 PSW 也是一个 8 位的寄存器，用来存放运算结果的一些特征。其每位的具体含义见表 1-1。

程序状态字寄存器 PSW

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

表 1-1 PSW 寄存器各位功能、标志符号、位地址

进位标志	CY	PSW. 7
辅助进位标志	AC	PSW. 6
溢出标志	OV	PSW. 2
奇偶标志	P	PSW. 0
用户标志	F0	PSW. 5
寄存器区选择	MSb RS1	PSW. 4
寄存器区选择	LSb RS0	PSW. 3
保留		PSW. 1

对用户来讲，最关心的是以下 4 位。

1) 进位标志 CY：它表示了运算是否有进位（或借位）。如果操作结果在最高位有进位（在加法时）或有借位（在减法时），则该位为‘1’状态，否则清‘0’。

2) 辅助进位标志 AC：即所谓半进位标志。它反映了两个 8 位数运算低四位是否有进位，即低 4 位相加（或减）有否进位（或借位），如有，则 AC 为‘1’状态，否则 AC 清‘0’。辅助进位标志 AC 主要用于 BCD 码加法后的调整。

3) 溢出标志位 OV：反映运算结果是否溢出，溢出时 OV 为‘1’状态，否则为‘0’。溢出和进位标志 CY 是两种不同性质的标志。溢出是指在两个有符号正数相加时，得到负的结果，或两个有符号负数相加时，得到正的结果，OV 等于第六位向第七位的进位与第七位向上的进位（进位位）相异或。而进位位是指两个无符号数作加减运算时有否进位（或借位）。用此两个标志位时应注意场合。

4) 奇偶标志 P：反映累加器 ACC 的奇偶性。如果累加器的 8 位的模 2 和是 1（奇），则 P 为‘1’状态，否则 P 为‘0’（偶）。它完全由 A 累加器中运算结果‘1’的个数为偶数还是奇数来决定。

运算器 ALU 主要完成下列功能：

算术运算：加、带进位加、带借位减、乘、除、加 1、减 1 及 BCD 加法的十进制调整。

逻辑运算：与、或、异或、求反、清 0。

移位功能：对累加器 ACC 或带进位位 C 进行逐位的循环左、右移位。

微处理器指令系统的优劣决定了运算器功能的强弱，MCS—51 系列单片机较之 MCS—48 系列单片机功能更为强大，其原因在于它的运算器功能更全面、更丰富。

1.2.2 布尔处理机

布尔处理机是单片机 CPU 中运算器的一个重要组成部分。它有相应的指令系统，可提供 17 条位操作指令，硬件有自己的“累加器”（进位位 CY）、自己的

位寻址 RAM 和位 I/O 空间, 所以是一个独立的位处理机。和 8 位操作指令相同, 大部分位操作均围绕着位累加器——进位位 C 完成。位操作指令允许直接寻址内部数据 RAM 里的 128 个位和特殊功能寄存器里的位地址空间。对任何可直接寻址的位, 布尔处理机可执行置位、取反、等于 1 转移、等于 0 转移、等于 1 转移并清 0 和送入/取自进位位的位操作。在任何可寻址的位 (或该位内容取反) 与进位位标志之间, 可执行逻辑与、逻辑或操作, 其结果送回到进位标志 C。

由于布尔处理机给用户提供了丰富的位操作功能, 用户在编程时可以利用指令完成原来单凭复杂的硬件逻辑所完成的功能以及可方便地设置标志等。

1.2.3 控制器

控制器是 CPU 的大脑中枢, 它包括定时控制逻辑, 指令寄存器, 译码器, 数据地址指针 DPTR, 程序计数器 PC, 堆栈指针 SP, 以及 RAM 地址寄存器, 16 位地址缓冲器等。

8051CPU 从程序存储器取出的指令字节放在指令寄存器中寄存, 使整个分析执行过程一直在该指令控制下。指令寄存器中的指令代码被分析译码成一种或几种电平信号, 这些电平信号与外部时钟脉冲 (系统时钟) 在 CPU 定时与控制电路中组合, 形成各种按一定时间节拍变化的电平和脉冲, 即是控制信息, 在 CPU 内部协调寄存器之间进行数据传送、数据运算等操作, 对外部发出地址锁存 ALE, 外部程序存储器选通 ($\overline{\text{PSEN}}$) 以及外部数据存储器的读 ($\overline{\text{RD}}$)、写 ($\overline{\text{WR}}$) 等控制信号。

控制器的定时功能是由时钟和定时电路完成的, 它产生 CPU 的操作时序。8051 的时钟可以由两种方式产生, 一种是内部方式, 另一种是外部时钟方式, 如图 1-2a、b 所示。

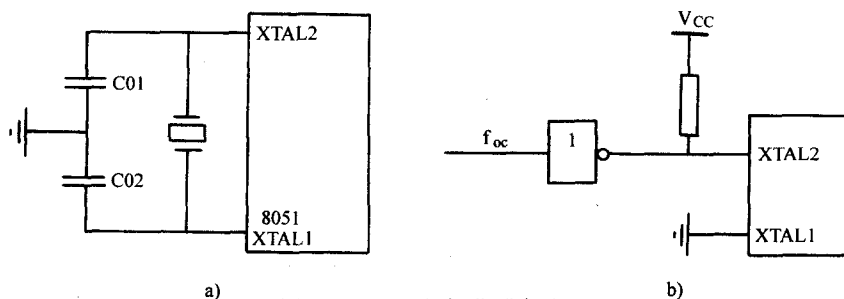


图 1-2 8051 的振荡器方式

a) 内部振荡器方式 b) 外部振荡器方式

图中 XTAL1 为芯片内部振荡电路 (单级反相放大器) 输入端, XTAL2 为芯片内部振荡电路输出端。若采用内部方式, 则利用芯片内反相器和电阻组成的振荡电路, 在 XTAL1、XTAL2 引脚上外接定时元件, 如压电晶体和电容组成的并联谐振回路, 则在内部可产生与外加晶体同频率的振荡时钟。一般晶体可以在 1.2

~12MHz 之间任选, 电容 C01、C02 在 5~30pF 之间选择, 对时钟频率有微调作用。若采用外部时钟方式, 此时把 XTAL1 接地, 振荡频率由 XTAL2 引脚提供, 一般当整个单片机系统已有时钟源或者在多机系统中为取得时钟上的同步, 可考虑使用此方式。

至于 16 位的程序计数器 PC 和 8 位的堆栈指针 SP 等, 其作用和一般微机是相同的。CPU 利用程序计数器 PC 指出下一条指令字节所在程序存储器地址。而用堆栈指针 SP 在片内 RAM128 个字节中开辟栈区, 并随时跟踪栈顶地址。MCS—51 的堆栈是向上生成的, 即将一字节数据压入堆栈时, 堆栈指针 SP 增一, 将一字节数据弹出堆栈时, 堆栈指针 SP 减一。初始化时, 单片机栈底地址 (即 SP 的内容) 为 07H。由于 MCS—51 系列单片机存储器组织将程序存储器和数据存储器分开, 所以又增设了一个 16 位的地址指针 DPTR, 用以指示外部数据存储器或 I/O 口的地址。通过后面结合指令系统介绍, 对它们的作用将会有更深的体会。

1.3 存储器空间

单片机存储器结构的主要特点是程序存储器和数据存储器的寻址空间是分开的。对 MCS—51 系列 (8031 和 8032 除外) 而言, 有 4 个物理上相互独立的存储器空间: 内、外程序存储器, 内、外数据存储器, 如图 1-3 所示。

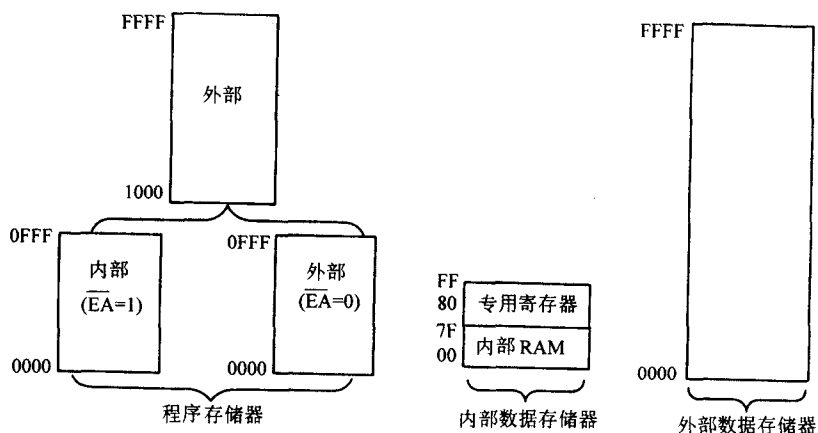


图 1-3 MCS—51 存储器的配置图

程序存储器是用于存放程序指令的。其中 8051 片内有 4K 字节 ROM, 8751 片内则为 4K 字节 EPROM, 而 8052、8752 的片内存储器容量则为 8K 字节。8031、8032 无片内程序存储器。所以片内程序存储器的有无和种类是区别 MCS—51 系列产品 8031, 8051 和 8751 的主要标志。至于片外程序存储器的容量, 用户可根据需要任意选择, 但片内片外的总容量合起来不得超过 64K 字节。

用于存放数据的片内随机存储器容量为 128 字节 (8032、8052 等为 256 字

节)；片外随机存储器的容量一般为 64K 字节。这对于 MCS—51 系列中的 8031、8051 和 8751 单片机都是相同的。

从逻辑空间上看，实际上存在三个独立的空间。片内片外的程序存储器在同一逻辑空间中，它们的地址从 0000H~FFFFH 是连续的。片内、片外的数据存储器各占一个逻辑空间，其中片内数据存储器为 00H~FFH，而片外为 0000H~FFFFH。单片机存储器空间的这种配置方法与一般微处理机是不相同的，对一般微机比如 Z—80 微计算机来说，只有一个统一的逻辑空间为 0~64K 字节，在这统一的空间中任意分配程序存储器和数据存储器的地址及其容量。所以，有必要对单片机三个独立的逻辑空间分别加以讨论。

1.3.1 程序存储器

程序是指挥计算机动作的一系列命令，计算机所能认识并执行的命令是一串由‘0’、‘1’代码组成的所谓机器指令。在计算机处理问题之前，必须事先把编好的程序和所需表格常数存入机器内存之中，单片机中完成这一存储任务的物理器件就是程序存储器。

各类单片机的程序存储器对比见本书绪论的表 0-1。对 8051、8751 等产品可以由片内和片外两部分组成，若要使用片内程序存储器，则必须占用由 0000H~0FFFH 的最低 4K 字节。这时片外扩充的程序存储器地址编号应由 1000H 开始。单片机程序存储器的这种结构并未限制用户一定要使用片内程序存储器，它提供的 $\overline{EA}$ 信号，使得用户可作出两种选择：若 $\overline{EA}$ 脚保持高电平（接 V_{cc} ），在地址小于 4K 字节时，CPU 访问内部的程序存储器，在地址大于 4K 字节时（对 8052 来说则为 8K 字节），CPU 自动访问外部程序存储器。在 $\overline{EA}$ 脚为高电平情况下，用户既可使用内部程序存储器，也可使用外部程序存储器。由于由片内到片外程序存储器的总线扩展是自动进行的，所以地址空间是连续的；若 $\overline{EA}$ 引脚接地，CPU 的取指操作只对外部程序存储器进行，不用内部程序存储器。显然，对 8031 来说，由于无片内程序存储器，所以 $\overline{EA}$ 信号引脚必须接地。

由于程序计数器 PC 为 16 位，使得程序存储器可使用 16 位地址，这就决定了外部扩充程序存储器的容量。若使用内部程序存储器，则外部可扩充容量最大为 60K 字节，若不使用内部存储器，则外部扩充程序存储器容量可达 64K 字节。实际应用中，程序存储器的容量，用户可根据需要扩展。而其地址空间原则上也可由用户任意安排。但由于单片机复位后程序计数器的内容为 0，使得单片机必然从 0 单元取指令，执行程序。而 0003H 到 0023H 单元又分别固定用于 5 个中断服务子程序的入口地址。所以，往往把该存储区间作为保留单元，而由 0000H 开始存放一条绝对跳转指令，用户设计的程序则由跳转后的地址开始安放。

外部程序存储器一般由 EPROM、EEPROM、FLASH ROM 组成，单片机访问时，至少需要提供两类信号，一类是地址信号，用来确定选中某一单元，另一

类是控制信号,一般接在外部程序存储器的数据允许输出端 $\overline{OE}$ 和片选端 $\overline{CE}$ 。由于单片机无专门的地址总线 and 数据总线,一般用口 P2 输出地址的高 8 位,而用口 P0 分时输出地址的低 8 位和数据。并由 ALE 信号把低 8 位地址锁存在地址锁存器中。而单片机提供的另一程序存储器输出允许信号 $\overline{PSEN}$,则往往与存储器芯片的数据允许输出端相连。关于这个信号的有关说明及使用在后面 CPU 时序引脚信号中还要做详细介绍。由于程序存储器和数据存储器在逻辑上截然分开,所以尽管 CPU 可通过 MOV_C 指令遍访 64K 字节程序存储器空间,但没有指令可控制程序由程序存储器空间转到数据存储器空间。也没有任何其他指令可以用来更改程序区的内容,即向程序存储器执行写入操作。因此,单片机的程序存储器是只读的,这也是和多片系统不同点。

1.3.2 外部数据存储器

单片机的外部数据存储器由随机存取存储器 RAM 组成。其最大可扩展到 64K 字节,用于存储数据。实际使用时应首先充分利用内部数据存储器空间,只有在实时数据采集和处理或数据存储量较大的情况下,方才扩充数据存储器。最常采用的存储器芯片是半导体静态 RAM 电路。

访问外部数据存储器,可以用 16 位数据存储器地址指针 DPTR,同样用口 P2 输出地址高 8 位,用口 P0 输出地址低 8 位,用 ALE 作为地址锁存信号。但和程序存储器不同,数据存储器的内容既可读出也可写入。在时序上则产生相应的 $\overline{RD}$ 和 $\overline{WR}$ 信号,并以此来选通存储器。也可以用 8 位地址访问外部数据存储器,这不会与内部数据存储器空间发生重叠。单片机指令中设置了专门访问外部数据存储器的指令 MOV_X,使得这种操作既区别于访问程序存储器的指令 MOV_C,也区别于访问内部数据存储器的 MOV 指令,这在时序上和相应的控制信号上都得到了保证。

显然,当外部数据存储区不超过 256 字节(一个页面)时,8 位地址已足够使用,若要扩展较大的 RAM 区域,则应在使用 8 位地址时预先设置 P2 口的内容,以确定页面地址(高 8 位),而再用 8 位地址指令执行对该页面内某存储单元的操作。

1.3.3 内部数据存储器

从应用的角度讲,搞清内部数据存储器的结构和地址空间分配是十分重要的。因为读者在将来学习指令系统和程序设计中会经常接触到它们。内部数据存储器由地址 00H~FFH 共有 256 个字节的地址空间组成。这 256 个字节的地址空间被分为两部分,其中内部数据 RAM 地址为 0~127 (即 00H~7FH),特殊功能寄存器(SFR)的地址为 128~255 (即 80H~FFH)。此外,在这 256 个字节中,还有一个可以按位寻址的“位地址”空间,供布尔处理机执行位操作指令时使用。所以在内部数据存储器中,存在着这样一些单元,CPU 既可以对其执行按字节的操作,