

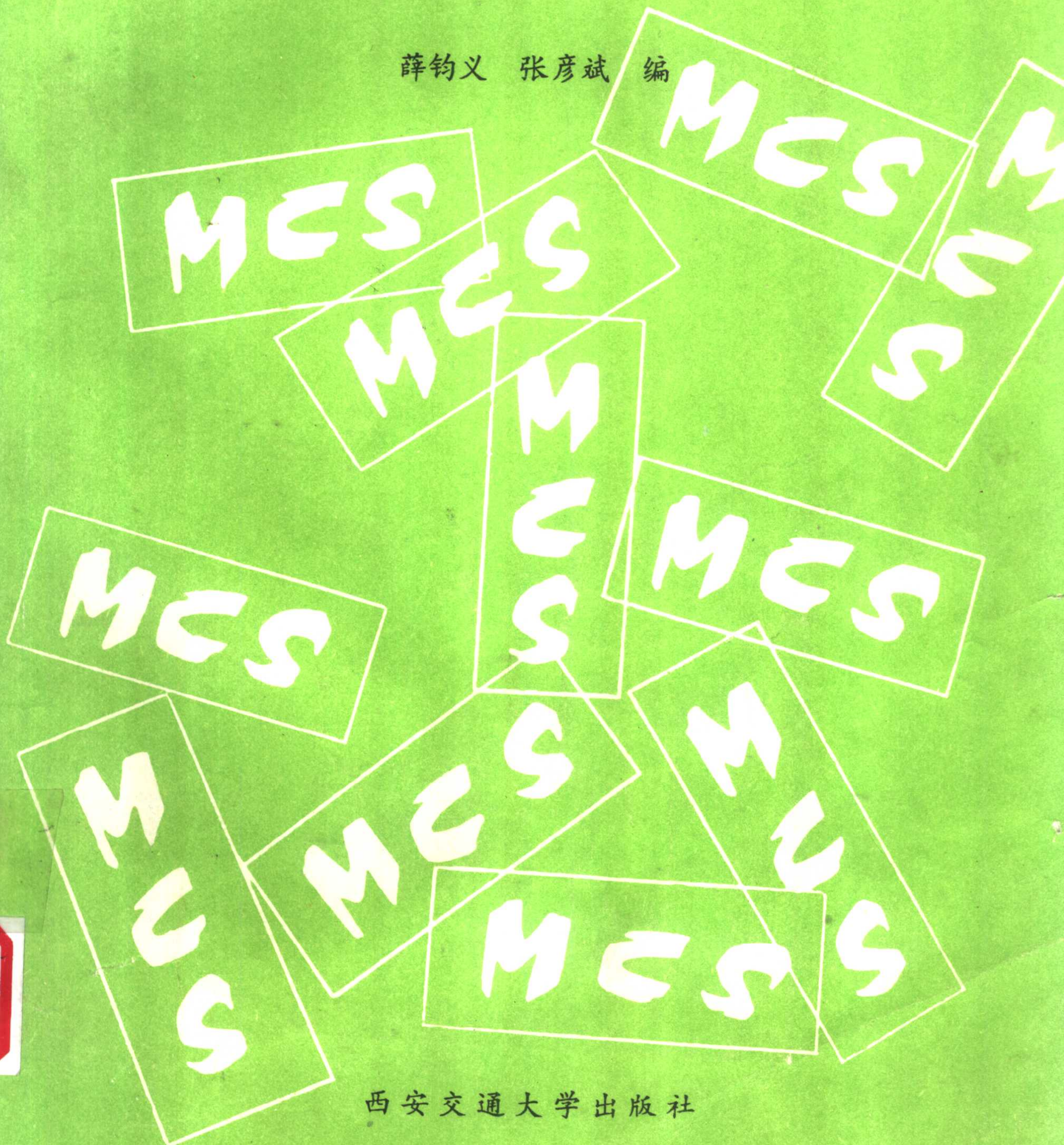
MCS—51系列

96

系列

单片微型计算机及其应用

薛钧义 张彦斌 编



西安交通大学出版社

MCS—51系列

96

单片微型计算机及其应用

薛钧义 编
张彦斌

西安交通大学出版社

714

内 容 提 要

本书比较全面地阐述了 MCS-51 系列单片微型计算机的基本原理和应用技术。其中前六章着重介绍 MCS-51 系列单片机的硬件结构、组成原理和指令系统,后五章主要介绍组成单片机应用系统的硬件扩展、程序设计、以及在数据采集、交直流拖动、PWM 变频调速等方面的应用实例。最后在第 12 章还以相当篇幅介绍了 MSC-96 系列 16 位单片机的原理和应用,使读者对单片机的最新发展也有所了解。

本书采用和 Z-80 微机对比的方法加以叙述,注意到原理介绍和应用实例并重。为照顾广大读者需求,在内容安排和叙述上,力求由浅入深,通俗易懂,并提供了较丰富的应用实例。

本书可作为大专院校有关专业本科生的选修课教材和研究生的教学参考书。也可供从事微机应用方面的工程技术人员阅读、参考。

(陕)新登字 007 号

MCS-51 系列单片微型计算机及其应用
96

· (修订本) ·

薛钧汉 张彦斌 编

责任编辑 李增智

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049 电话:(029)3268316)

西北工业大学印刷厂印装

各地新华书店经销

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.875 字数:460 千字

1990 年 6 月第 1 版

1997 年 8 月第 2 版 1999 年 2 月第 13 次印刷

印数:80 001~85 000

ISBN 7-5605-0293-8/TN·13 定价:16.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话:(029)3268357,3267874

序

我真佩服人类无穷的认识能力与无尽的开创精神。近代光学及射电天文望远镜的成就已使人类的视野扩展到 2000 万亿公里、远达 200 亿光年之遥；电子扫描式显微镜的功绩则使我们的微观洞察力进入到“埃”级水平、细微到原子的内部；32 年前苏联第一颗人造地球卫星发出的滴—滴声好像还在耳边鸣响，几天前运行了 12 年的「旅行者—2 号」探测卫星又为我们掠过了海王星，照下了她的情影；美国加利福尼亚大学利用计算机不仅能模拟三亿七千万年来动植物进化的过程，而且还能推出每隔 100 万年左右出现的一批新的“子代物种”……

如今，我们可以无愧地说，人类已经生活在计算机世界。美国俄勒岗州开发的 T-400000 巨型机已能达到每秒 2620 亿次运算的水平；1976 年出世的 MCS-48、1980 年出生的 MCS-51、1983 年出台的 MCS-96……这些智能机器的细胞正在“无孔不入”地渗透到各个角落。如果把巨型机比喻成参天大树，那么体态轻盈的单片微型机就只是青嫩的小草，她为我们美化了环境、染绿了信息化社会的大地。

当我逐字地审毕全书时，一种清新之感油然而生。它不仅从单片机能集 CPU、ROM、RAM、I/O 接口、定时器、时钟振荡器以及 A/D 转换器于一身的特征出发、详细地叙述了机理，而且结合近期科研的成果，将单片机在电力电子技术（如 PWM 技术等）、交流调速等领域的运用作为实例充实其中。假如把原理与应用比喻成白、红两种颜色的夏荷的话，那么这本书经过作者的栽培，已成为一枝漂亮夺目的“红白莲”了。宋代诗人杜衍对《红白莲》写过这样的赞句：“芙蓉照水弄娇斜，白白红红共一家，近日新花出新巧，一技能着两般花”。

薛钧义和张彦斌同志作编写的这本佳作必将推动着单片机教学与科技的进步，促进计算机事业的发展。我愿更多的读者珍爱这枝＜红白莲＞。让“芙蓉遍四海”，“荷香满人间”！

张问骅

一九八九年九月五日于金城

前 言

单片微计算机以其体积小、功能齐全、价格低廉、可靠性高等方面具有独特的优点,在各个领域获得了广泛的应用。在我国,近几年单片机的应用研究进展很快,特别在工业控制、智能化仪器仪表、产品自动化、分布式控制系统中都已取得一些可喜的成果。现在,一个学习和应用单片机的热潮正在一些工厂、企业、科研单位、高等院校中兴起。在众多的单片机产品中,根据我国实际应用情况看,Intel公司生产的MCS-51及MCS-96系列单片机是目前也是我国单片机应用的主流机种。

但遗憾的是,国内目前单片机方面的教材,特别是MCS-51系列单片机的书籍很少。社会上各种形式的单片机讲习班、培训班需要讲义,高等院校中电类专业高年级学生选修课和非电类专业研究生需要教材,工厂、科研单位的科技人员需要自学参考书,基于这一情况,我们编写了本书。

本书共分为十二章。第一、二章主要介绍什么是单片机,它的特点、组成及结构分析。第三章为指令系统。第四、五章分别介绍单片机的定时、计数器和串行接口。第六章介绍中断系统。第七章介绍组成单片机应用系统常用的一些接口芯片:8155 RAM/IO扩展器、8255并行接口、8253可编程计时器、8279键盘显示器接口。第八、九章主要介绍单片机应用系统的硬件扩展和应用程序设计。第十章专门介绍单片机的开发和开发系统。第十一章分别介绍单片机在数据采集、交直流拖动、PWM变频调速等方面的应用实例。最后对近几年推出的最新产品MCS-96系列16位单片机也作了一般介绍,以期使读者既掌握MCS-51单片机的应用开发,也对MCS-96单片机原理及应用有所入门了解。

本书的特点之一是,针对目前国内微机,特别是Z-80微机应用十分广泛,故采用和TP801单板机对比的方法加以叙述,着眼于应用,力求有一定微型计算机基础的读者花较少的时间就可掌握单片机应用技术。同时,在章节安排上,注意到原理介绍和应用并重,也是本书的另一特点。本书中列举的一些例子大多取自科研实际和大学生、研究生毕业论文中的最新成果,对从事实际工作的工程技术人员,具有一定的参考价值。本书出版后重印多次,好多高校均采用作为教材,深受师生的欢迎。同时也来信函给作者提出许多宝贵建议,在此深表谢意。本次修订本出版时,我们仅增加了可编程键盘显示器8279接口一节,以便使单片机应用系统所用的常用接口芯片更为齐全。因时间关系,对其余部分很少增改。

本书由张彦斌同志编写第一、二、三、四、六、九、十章,薛钧义同志编写第五、七、八、十二章,第十一章由薛钧义、张彦斌同志共同编写。在编著本书过程中,研究生张彤、沈小弟、韩卫光、宋建国等同志也参加了部分工作,对一些程序进行了校验。本书承中国自动化学会理事、甘肃省计算机办公室付主任张问骅教授,西安交通大学计算机系李增智教授审阅了全稿,提出了许多宝贵意见。在此表示衷心感谢。作者还感谢西安交通大学出版社编辑赵丽平、刘淑琴、程文卫等同志的大力协助,使得本书能及时出版。

限于水平和经验,书中难免有不足和错误之处,望读者批评指正。

编著者
于西安交通大学
1997.7

目 录

序

前言

第一章 单片计算机概述

- § 1-1 微型计算机、单板机与单片机 (1)
- § 1-2 单片机的开发与开发工具 (2)
- § 1-3 MCS 单片机的结构特点 (4)
- § 1-4 MCS-51 单片机应用特征 (5)

第二章 MCS-51 单片机的组成及结构分析

- § 2-1 MCS-51 单片机的内部结构框图 (8)
- § 2-2 CPU 结构 (9)
- § 2-3 存储器空间及存储器 (11)
- § 2-4 I/O 口及相应的特殊功能寄存器 (20)
- § 2-5 MCS-51 单片机的引脚信号和 CPU 时序 (26)

第三章 指令系统

- § 3-1 MCS-51 单片机的助记符语言 (31)
- § 3-2 MCS-51 指令格式及分类 (34)
- § 3-3 寻址方式 (35)
- § 3-4 数据传送类指令 (38)
- § 3-5 逻辑操作类指令 (46)
- § 3-6 算术运算类指令 (50)
- § 3-7 位操作指令 (57)
- § 3-8 控制转移类指令 (62)

第四章 定时/计数器

- § 4-1 定时/计数器的结构及工作原理 (72)
- § 4-2 定时/计数器方式和控制寄存器 (73)
- § 4-3 定时/计数器的工作方式 (74)
- § 4-4 定时/计数器编程举例 (76)

第五章 串行通讯及其接口

- § 5-1 串行通讯的一般概念 (80)
- § 5-2 MCS-51 的串行通讯接口 (84)
- § 5-3 串行接口通讯应用举例 (94)

第六章 中断

- § 6-1 中断的概念 (107)
- § 6-2 MCS-51 单片机的中断系统及其管理 (108)
- § 6-3 单片机响应中断的条件及响应过程 (111)
- § 6-4 关于外部中断 (112)

§ 6-5 中断程序编制举例	(112)
第七章 常用接口芯片	
§ 7-1 可编程的并行输入/输出接口 8255	(116)
§ 7-2 8155 RAM/IO/CTC 扩展器	(130)
§ 7-3 8253 可编程计数/计时器	(140)
§ 7-4 8279 键盘显示器接口芯片	(147)
第八章 单片机系统的扩展	
§ 8-1 系统扩展概述	(163)
§ 8-2 程序存贮器的扩展	(166)
§ 8-3 数据存贮器的扩展	(168)
§ 8-4 并行 I/O 口的扩展	(170)
§ 8-5 串行口 I/O 的扩展	(173)
§ 8-6 A/D、D/A 的扩展	(174)
第九章 汇编语言及应用程序设计	
§ 9-1 伪指令	(178)
§ 9-2 汇编语言源程序的汇编过程	(180)
§ 9-3 MCS-51 汇编语言实用程序举例	(181)
第十章 MCS-51 单片机的开发与开发系统	
§ 10-1 单片机应用系统的软、硬件开发	(198)
§ 10-2 单片机开发装置简介	(201)
第十一章 单片机应用举例	
§ 11-1 注塑机顺序控制系统	(206)
§ 11-2 转速及角位移检测系统	(209)
§ 11-3 数据采集系统	(212)
§ 11-4 单片机在交、直流拖动系统中的应用	(220)
§ 11-5 单片机在 PWM 变频调速中的应用	(230)
第十二章 MCS-96 系列 16 位单片机的原理及应用简介	
§ 12-1 概述	(242)
§ 12-2 MCS-96 系列结构特点	(245)
§ 12-3 高速输入输出部件和定时器	(254)
§ 12-4 A/D 转换器和脉宽调制器 PWM	(258)
§ 12-5 串行口	(259)
§ 12-6 输入/输出(I/O)口及控制、状态寄存器	(262)
§ 12-7 监视跟踪定时器(WDT)和系统复位	(264)
§ 12-8 MCS-96 的指令系统	(266)
§ 12-9 系统的连接	(270)
§ 12-10 汇编及应用程序举例	(272)
附录 I MCS-51 系列单片机的指令表	
附录 II MCS-96 系列单片机的指令表	

第一章 单片计算机概述

§ 1-1 微型计算机、单板机与单片机

当代的计算机是微电子学与计算数学相结合的产物。微电子学的基本元件及其集成电路构成了它的硬件基础;而计算数学的计算方法与数据结构则成为计算机的软件基础。

自从 1945 年底世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 诞生至今,已有 40 多年了,计算机技术取得了异常迅猛的发展。由电子管、晶体管、集成电路以至第四代的超大规模集成电路计算机,都与微电子技术的进步密切相关,且以所采用的逻辑元件作为划分代的标志。微型计算机正是大规模集成电路孕育的产物。

一个典型的数字计算机系统,应包括运算器,控制器,数据与程序存储器,输入输出接口四大部分。如果把运算器与控制器集成在一个块硅片上,则称该芯片为中央处理器 CPU(Central Processing Unit),或微处理器 MPU(Microprocessing Unit 或 Microprocessor)。如果将它与大规模集成电路制成的主存储器,输入输出接口电路用总线结构联系起来,就构成了微型计算机。显然,单硅片的中央处理器 CPU 是微型计算机区别于大、中、小型计算机的主要结构特征。如果在一块晶体芯片上,能容纳上述一台数字计算机的四个基本组成部分,则这种芯片就被称为单晶片微型电脑或单片微型计算机。由此可见,一个只集成了中央处理器 CPU 的 IC 封装,只是微型计算机的一个组成部分,只有在一块硅片上包括了计算机的全部基本要素:CPU,ROM(或 EPROM),RAM 和 I/O 接口,才能称得上是一台单片机。

微型计算机已被广泛地用于数值计算和工业控制之中。用于数据处理时,需要配上相应的外围设备如屏幕显示器(CRT),键盘及打印机等,组成所谓通用微型计算机系统(Microcomputer System)。用于工业控制时,由于控制对象是五花八门的,因而不可能设计出一个通用的控制计算机。一般只提供由上述四部分组成的基本计算机系统以尽量缩小机器的体积,用户则可根据需要增加相应的过程通道如模拟量输入输出通道,开关量输入输出通道等,组成各自的计算机控制系统。国内出现的多种类型的单板计算机,正是出于这种考虑,它们均可直接用于控制系统中。一般单板机还具有简单的开发功能,可用来作为学习机。这种单板机由多片大规模集成电路元件组成,这些芯片都布置在一块印刷电路板上,所以从结构上看,单板机实际上是一个单板、多片的微型计算机小系统。

随着大规模集成电路技术的飞跃发展以及实际应用的刺激,一种集成度更高,性能价格比更为优越,体积、重量大为减小的微型计算机——单片计算机便应运而生了。自 Intel 公司 1976 年 9 月率先推出 MCS-48 系列单片机后,各种类型和型号的单片微型计算机犹如雨后春笋,相继问世。世界上一些著名的器件公司如 Motorola 公司, Zilog 公司等也竞相推出新产品。Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上,又于 80 年推出了 MCS-51 系列单片微型计算机。和 MCS-48 系列相比,无论在片内 RAM, I/O 口的功能、种类和数量上,还是在系统扩展功能、指令系统和 CPU 处理能力等方面都大大地加强了。此后,1983 年,Intel 公司又推出了高性能的 16 位单片机 MCS-96 系列。由于采用了最新的制造工艺,使用了计算机辅助

设计技术,使得集成度高达 12 万管子/片,其运算速度、控制功能也大大提高了一步。由于 Intel 公司的单片机问世早,产品系列齐全,兼容性强,所以在世界各地得到了最广泛的应用。国内 MCS-48 系列单片机的开发也已取得了相当大的成绩。MCS-51 系列也在逐步推广之中,本书主要介绍 MCS-51 系列单片机的原理及应用,最后简要介绍一下 MCS-96 单片机。

MCS-51 是 Intel 公司的新一代 8 位单片机系列。该系列有 8051、8052、8031、8032、8751 等多种产品,其中 8051、8052 带有片内 ROM,8751 带有片内 EPROM,8031、8032 无 ROM,需外接程序存储器。MCS-51 的典型产品为 8051,它有 4K×8ROM,128 字节 RAM。2 个 16 位定时/计数器,4 个 8 位 I/O 口,一个串行口。一片 8051 的功能近似相当于由一片 Z80-CPU、一片 2732 EPROM、一片 RAM、一片 Z80-CTC、二片 Z80-PIO、一片 Z80-SIO 组成的系统。它的指令功能比老一代单片机 MCS-48 有较大的提高,具有各种寻址方式,并有硬件乘法与除法指令。MCS-51 还具有很强的位寻址和运算功能,特别适合于控制应用的场合,因而又叫微控制器(Microcontroller)。使用 MCS-51 来构成各种控制系统,可大大简化硬件结构,降低成本。MCS-51 系列产品中的 8031 单片机使用灵活,价格低廉,更适合推广应用,是本书介绍的重点,所以,书中在不特别使用 MCS-51 名词时,所用单片机一词实际上是指 8031 单片机而言的。

图 1-1 给出了 MCS-51 系列三种典型产品的引脚图及逻辑符号图。

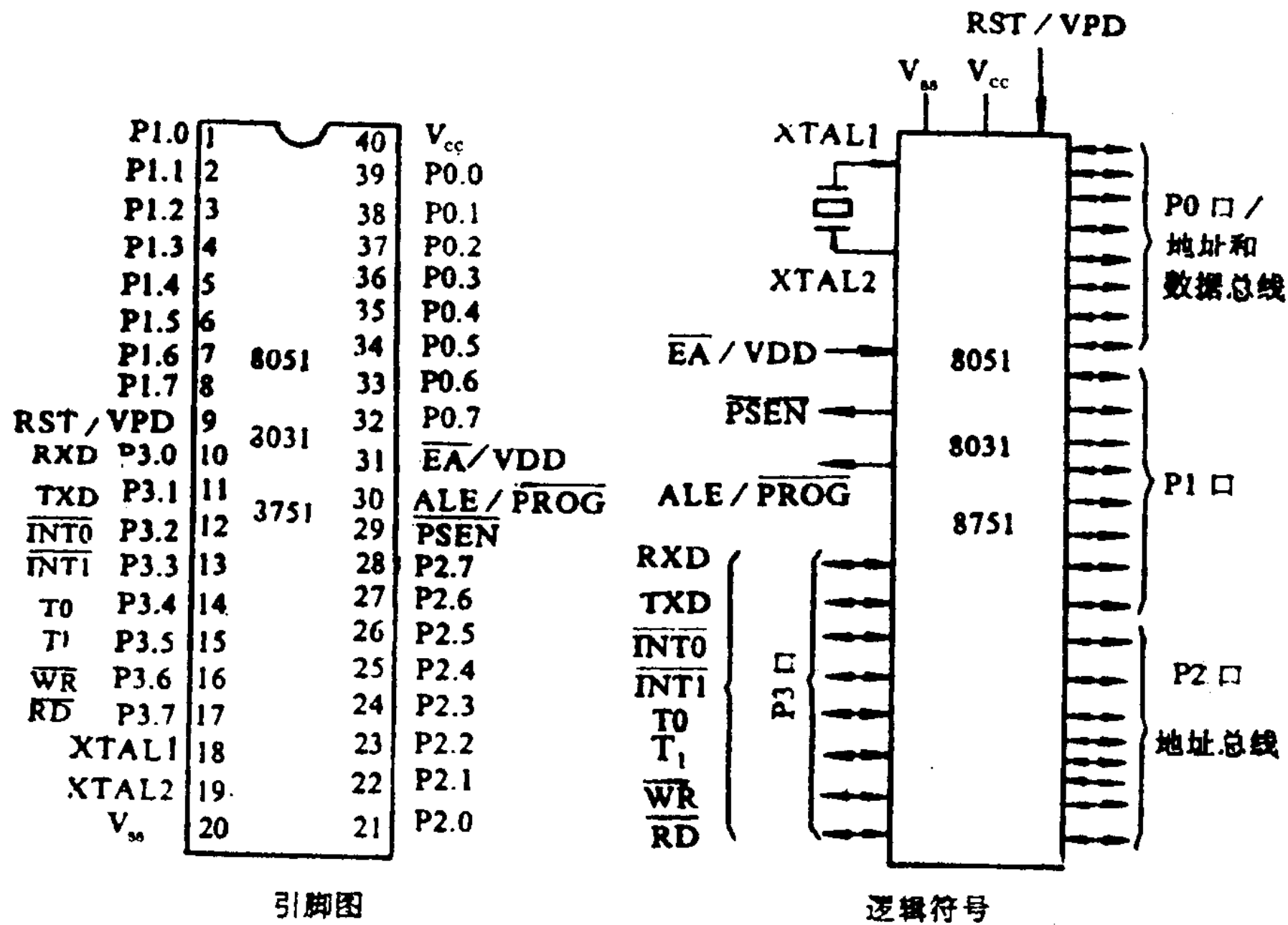


图 1-1

§ 1-2 单片机的开发与开发工具

在工业实际中推广和应用单片机,除了对单片机本身的了解之外,人们最关心的问题就是:单片机化的产品研制和开发具有什么特点?采用何种开发手段?有无得力的开发工具?

本节首先来回答这些问题。由于计算机的开发与开发系统已形成一门专门的学科,并有不少专著论述。所以,本节只从实用的角度作一概要的介绍,使读者对应用开发工具进行单片机化产品的开发研制有一个大概的了解。

对于一个微计算机应用系统(或称微机化产品),从提出任务、定型生产到投入使用的过程称作对微计算机(或微处理机)进行开发。这一过程包括:系统(产品)的总体方案论证,系统设计,硬件与软件开发,目标样机的调试等。实践证明,微机应用系统研制周期的长短主要取决于软、硬件研制和样机调试所花的时间,特别是软件开发时间。这一开发过程所具有的明显特点是:微计算机化产品的软件与硬件是不可分的;由于系统中大部分采用可编程序 LSI 组件,所以在硬件研制中面临的最大问题是测试问题。使用示波器,脉冲发生器和逻辑分析仪等各类测试工具,以及编制适当的测试程序,遇到的问题一般可以得到解决;然而,软件的设计调试不仅需要一些专用的软件工具,而且还需要相应的硬件环境。显然,从研制手段和调试工具来说,就需要一个专用的计算机系统的帮助,这就是微型机开发系统 MDS(Microcomputer Development System)。MDS 是开发微计算机应用软件以至硬件的最有效工具。

与一般微机应用系统相同,单片机应用也必须要有开发工具,只不过单片机集成度更高,硬件设计和调试相对来说更容易些。所以,常常采用的开发方法是设计一种通用的调试程序工具,把开发机中的 CPU 和 RAM 暂时出借给控制系统(控制板),利用开发系统进行调试,然后把调好的程序固化到 EPROM 中。如图 1-2 所示,调试前把控制板上 8031, EPROM 芯片拿掉,由开发机上 8031 插头和 RAM 取而代之,调试完后再把已固化的 EPROM 和 8031 插到控制板上。有时又把该过程叫作仿真。

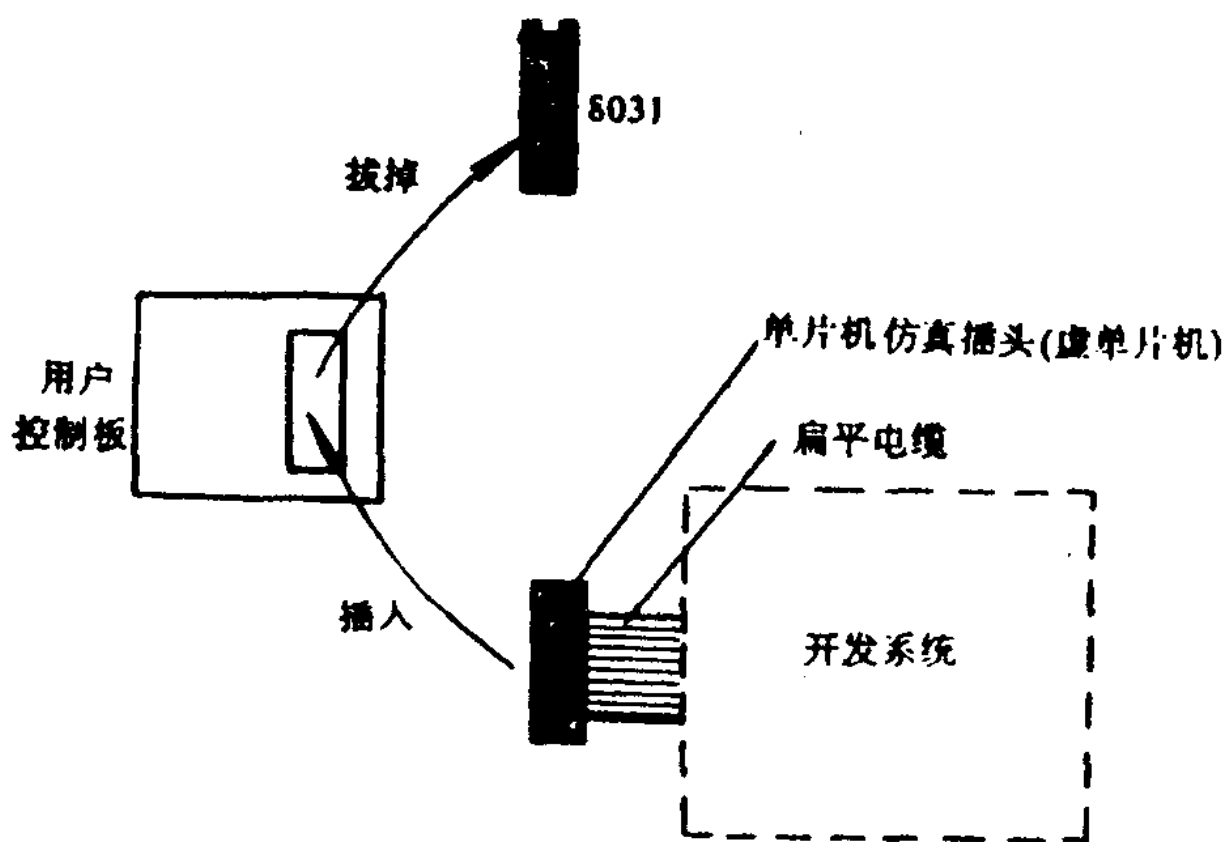


图 1-2 单片机的开发过程

单片计算机开发系统一般应具有四方面的基本功能:1) 系统硬件电路的诊断与检查;2) 用户程序的输入与修改;3) 程序的运行与调试,单步运行,设断点运行等;4) 程序能固化到 EPROM 芯片上。对于较完善的开发系统,还应能进行程序的汇编、反汇编、程序文本打印及转贮,具有全速跟踪调试、运行的能力以及配备了丰富的子程序库等。为实现上述功能,可以采用不同的开发手段和工具,如单板机开发,EPROM 仿真器开发,以及在线仿真器(ICE)开发等。然而,由于单片机本身结构局限,如引脚有双重定义,无常规的应答信号,芯片集成度高和引脚的限制等,一般来说,单片机开发工具的研制要难于普通微处理机。

国内现在已有多种单片机开发系统。如复旦大学 DSG-51 仿真器,其资源出借功能为 12K RAM,不占用外部数据存储器空间,能进行一次性仿真,无须修改地址。调试手段丰富,有读写、插入、删除、程序块搬家、转录、固化等。可设断点或单步、连续运行程序,能随时检查修改 8031 寄存器, I/O 口, RAM 的内容,并可和 IBM-PC 计算机相连,构成 IBM-PC——MCS-51 在线仿真器,完成 PC 机向 MCS-51 单片机的单向通讯。另一类较多的是利用单片单板机进行开发,如江苏启东计算机厂的 DVCC-51-I 到 DVCC-51-III 型单片单板机,与 DSG-51 相

比,键盘功能,调试手段都有所增强,特别是Ⅲ型机,可提供用户 RAM 16K,增加了 RS-232 接口,可以和 PC 机双向通讯。这样用户程序就可利用 PC 机运行,通过 DVCC-51 单板机来控制用户系统板。同时该单片单板机还可对 8751 EPROM 写入,并可读出 8051 ROM 中的内容。目前国内许多厂家都竞相推出该类产品,这就使得单片机用户有了充分的选择余地。另外还有一种可以称作增强型 MDS 的开发装置。它的基本思想是利用通用微计算机系统丰富的软、硬件功能,只需增加一块简单的开发板(在线仿真器 ICE)插入机内扩充槽上,并配上交叉仿真软件,就构成一种开发系统。这种开发功能可看作是对原系统机功能的加强,而又不影响原系统机的工作。比如针对国内 IBM-PC 机用户量很大的特点,设计出一种开发板,充分利用 PC 机的 CRT、打印机、键盘、磁盘等资源作为开发手段,并配有包括汇编程序、动态调试程序、EPROM 固化程序、文本编辑程序在内的支持软件,就使得 IBM-PC 机具有一定的开发单片机的功能。这类产品的突出优点是投资较少,不需要单独的电源,不需另设键盘、显示器,且程序调试方法与 IBM-PC 机相同或相似,使熟悉 PC 机的用户易于掌握,给 PC 机用户提供了一个低成本,高性能的单片机开发装置。为使读者对软件开发过程有个大致的了解,下面给出了该产品软件开发的流程图。

随着单片机应用领域的不断扩大,开发装置的功能也越来越强,价格却越来越低,这就为进一步推广应用单片机提供了有力的工具。

§ 1-3 MCS 单片机的结构特点

对于许多想熟悉单片机而又具有一定微型计算机基础的读者来说,开始想急于了解的是:单片机较之一般计算机,在结构上有什么特点?在学习时应注意掌握什么?这样就可以在原有基础上,通过学习、比较,尽快熟悉单片机的原理和应用技术。本节以 MCS-51 单片机和国内应用最广的 Z80 单板微型机比较,来具体介绍 MCS-51 系列单片机的结构特点。

就 CPU 结构来说,Z80 CPU 内部有一个专门的寄存器阵列,而单片机则在数据 RAM 区开辟了一个寄存器工作区,该区内共有 4 组,每组八个寄存器,共计可提供 32 个工作寄存器。除此之外,单片机中还有颇具特色的 21 个专门功能寄存器 SFR。要理解 MCS-51 系列单片机的工作,就必须对专门功能寄存器 SFR 的工作有清楚的了解,SFR 使一个四十脚封装的单片微处理机系统的功能有很大的扩展,由于这些 SFR 的作用,每个通道口在程序控制下都可以有第二功能,从而使得有限的引出脚能衍生出更多的功能。而且,利用 SFR 可完成对定时器、

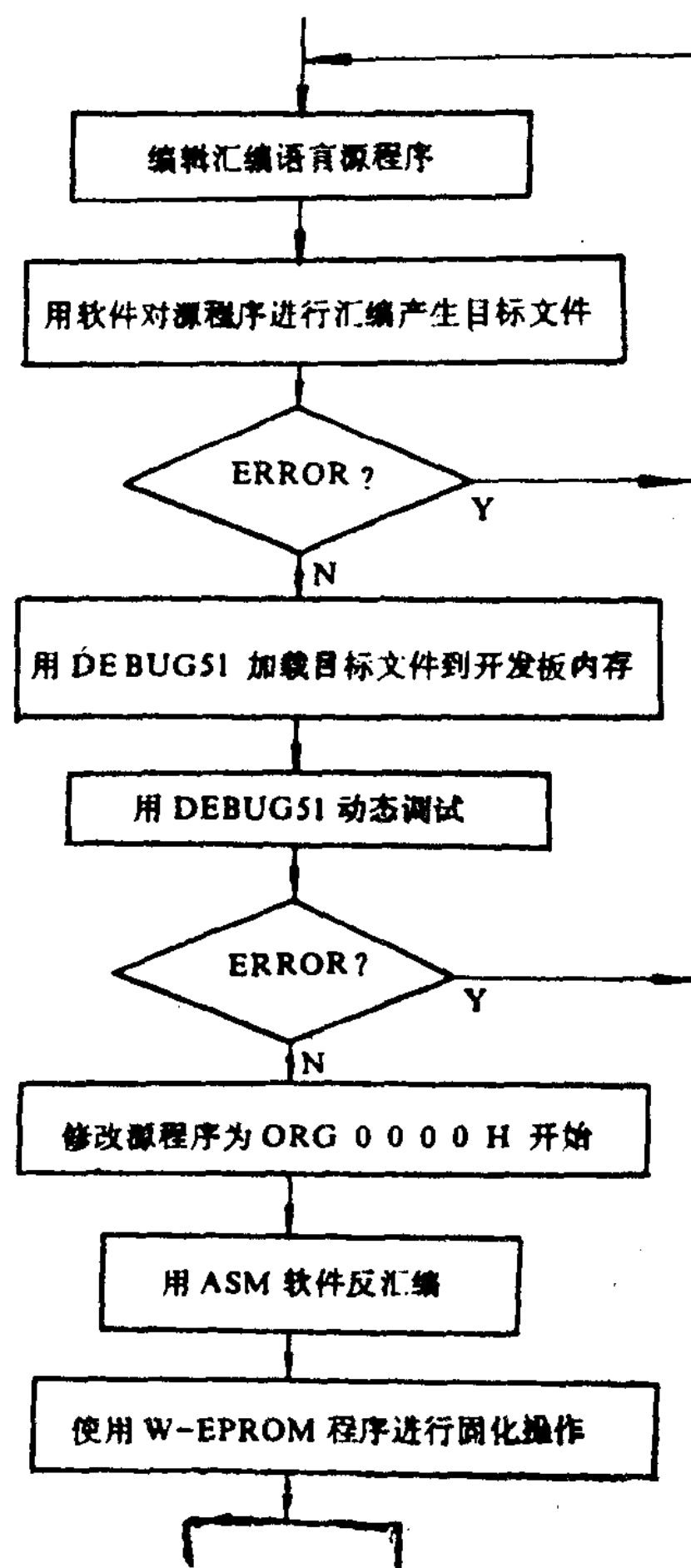


图 1-3 软件开发流程图

串行口、中断逻辑的控制,这就使得单片机可以把定时/计数器、串行口、中断逻辑等集成在一个芯片上,而不须像 Z-80 单板机那样,要外加专门的接口芯片和由硬件组成的中断优先级串行链结构。

单片机在存贮器结构上的不同之处是把程序存贮器和数据存贮器在空间上分开,采用不同的寻址方式,使用两个不同的地址指针,PC 指向程序存贮器,DPTR 指向数据存贮器。采用这种结构主要是考虑工业控制应用的特点,一般它需要较大的程序存贮器空间和较少的随机数据存贮空间,不同于通用计算机需要较大的数据存贮空间。当然,用户根据需要把它们都可扩充到 64K,这时 CPU 可以操作的存贮器就分成四个区域,即:内部程序存贮器,外部程序存贮器,内部数据存贮器和外部数据存贮器(8031 无内部程序存贮器)。并且内、外程序存贮器的地址是不重复的,而内、外数据存贮器的地址是可以重复的。这就为存贮器资源的扩展和灵活使用提供了很大的方便。

单片机在输入输出接口方面的特点是通道口引线在程序控制下都可有第二功能,由用户系统设计者灵活选择。比如数据线和地址线低八位可分时合用通道口 0,而地址线高八位与其它信号也可合用通道口 2。由于存贮器及接口都在片内,就给应用提供了方便,往往只要在其 I/O 管脚处增加驱动器即可,简化了接口设计工作,提高了单片机与外设数据交换的处理速度。同时,功能变换和选择都由相应的指令来控制实现,而不是靠硬件上的跳线短接等方法来实现。单片机 I/O 引脚一线多功能的特点方便了用户,但在组成应用系统时,也应依据其特点分时使用。

单片机的另一显著特点是内部有一个全双工的串行接口,即可同时发送和接收。有两个物理上独立的接收、发送缓冲器 SBUF,发送缓冲器只能写入不能读出,接收缓冲器只能读出不能写入。在程序控制下,串行口能工作于 4 种方式,用户可根据需要,设定为移位寄存器方式以扩展 I/O 口和外接同步输入输出设备,或用作异步通讯口以实现双机或多机通讯,极为方便地组成分布式控制系统。

最后还值得一提的是单片机内部有专门的位处理机,因而具有较强的位处理功能。Z-80 微处理机在各种微处理机中可以公认是具有最强的位处理功能的,它有 SET,RESET,及测试各寄存器和全部存贮器的所有位的指令,而 MCS-51 单片机中能进行位操作的不是全部存贮器,而是一部分,含专门功能寄存器在内共有 221 位,对绝大多数情况来说已经足够。它的位处理功能比 Z-80 更多一些。除有 CLR,SETB,JB,JNB,JBC 外,还有 CPL(取补),ANL C,bit (CARRY 位与指定位求 AND),ANL C,/bit(CARRY 位与指定位内容取反求 AND)ORL C,bit(求 OR),ORL C,/bit 及 MOV C,bit 和 MOV bit,C 等指令。

当然,单片机和 Z-80 微机相比还有许多不同点,本节只能列举一些主要特点,读者从开始就应该注意这些主要区别,这对于后面所学内容的掌握是十分重要的。

§ 1-4 MCS-51 单片机应用特性

从应用的角度看,单片计算机具有集成度高,系统结构简单,应用灵活,处理功能强,速度快等一系列优点,这就使以单片机为基础的应用系统容易做到体积小,性能好,价格便宜,易于产品化。表 1-1 给出了 Intel 单片机性能表,读者可以和自己所熟悉的八位微机作比较。

在实际使用时,人们往往更关注产品的可靠性。微处理器及其有关元、器件过去分为两

级,商用品和军用品,商用级微处理器产品主要限于机房及办公室环境,温度范围是 $0^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{C}$,军用品的环境条件苛刻,要求运行的温度范围为 $-50^{\circ}\sim +125^{\circ}\text{C}$,但是工业应用的环境,温度范围介于商用品和军用品之间,为满足微处理器产品在工业环境下应用,出现了工业级产品,它的运行温度范围为 $-40^{\circ}\sim +85^{\circ}\text{C}$ 。单片计算机属于工业品,在可靠性方面较商用品(如 Z80 微机)为高,在价格上较军用品为低,对于一般应用,已完全可以满足要求了。

通常对数据处理的应用要求有按字节处理功能强的处理机,对控制方面的应用要求有位处理功能强的处理机。以往的微处理机很少兼有这两种功能,Z-80 在这方面跨出了一步,而 51 系列单片机比 Z-80 又有所提高(有乘、除指令和位逻辑功能),这就使得它的适用范围更广。

对 MCS-51 系列单片机来说,现在已有十多种产品,但典型的为 8051、8031、和 8751 三种不同版本,这三种版本管脚完全兼容,主要区别在程序存贮器上,一般来说,8751 具有片内 EPROM,但价钱是 8051 的 10~15 倍,所以适合于开发样机,小批量生产和需要在现场进一步完善的场合。8051 适用于低成本,大批量生产,但 EPROM 程序是 INTEL 公司制作芯片时代为用户烧制的,因此在国内很难采用 8051 型产品。而 8031 片内无 ROM,适于需外接能在现场进行修改和更新程序存贮器的应用场合,其价格低,使用灵活,更适合于在我国推广应用。这也是本书为什么将它选为重点介绍的原因之一。

Intel 公司单片机系列产品如表 1-1 所示。

表 1-1 Intel 单片机系列性能表

特性 系列	ROM 形式			片内 ROM (字节)	片内 RAM (字节)	寻址 范围(字节)	I/O				中断 源	备 注
	片内 ROM	片内 EPROM	外接 EPROM				计数器	并行 I/O	串行 I/O	A/D		
MCS-48	8048	8748	8035	1K	64	4K	1×8 位	32(16*)位			2	
	80C48		80C35	1K	64	4K	1×8 位	32(16*)位			2	CHMOS
	8049	8749	8039	2K	128	4K	1×8 位	32(16*)位			2	
	80C49		80C39	2K	128	4K	1×8 位	32(16*)位			2	CHMOS
	8050	8750	8740	4K	256	4K	1×8 位	32(16*)位			2	
	8020			1K	64	1K	1×8 位	8 位			0	
	8021			1K	64	1K	1×8 位	8 位			0	已不作推荐
	8022			2K	64	2K	1×8 位	8 位		2×3 位	2	
	8041	8741		1K	64	4K	1×8 位	32 位			2	
	8042	8742		2K	128	4K	1×8 位	32 位			2	I/O 处理器
MCS-51	8051	8751	8031	4K	128	64K+64K	2×16 位	32(16*)位	1		5	87C51 有两级程序
	80C51	87C51	80C31	4K	128	64K+64K	2×16 位	32(16*)位	1		5	保密系统和智能编
	8052		8032	8K	256	64K+64K	3×16 位	32(16*)位	1		6	程
	83C252	87C252	80C252	8K	256	64K+64K	2×16 位	32(16*)位	1		7	两级程序保密系统
	8044	8744	8344	4K	192	64K+64K	2×16 位	32(16*)位	HDLC/ SDLC		5	·HSIO 功能
MCS-96 * * *	8396	8796	8096	8K	232	64K	4×16 位**	40(24*)位	1		8	64 引脚
	8394	8794	8094	8K	232	64K	4×16 位**	40(24*)位	1		8	40 引脚
	8397	8797	8097	8K	232	64K	4×16 位**	40(24*)位	1	8×10 位	8	64 引脚
	8395	8795	8095	8K	232	64K	4×16 位**	40(24*)位	1	4×10 位	8	48 引脚

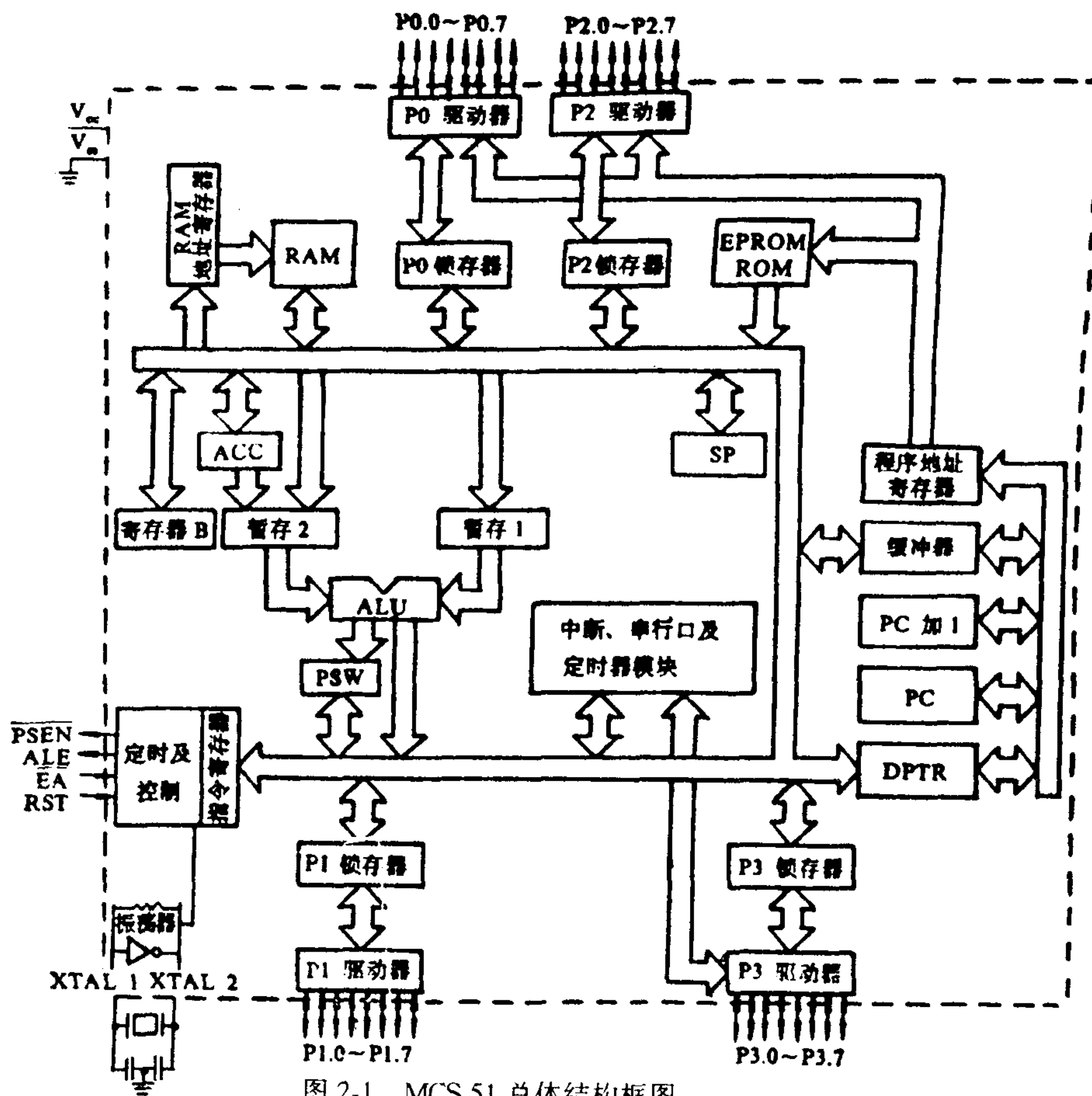
注 * 片外接 EPROM * * 软件定时器 * * * 有高速输入/输出(HSIO)功能

第二章 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,然后分别介绍其各部分组成: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。

§ 2-1 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 2-1 所示。其基本特性如下:



- 8 位 CPU,片内振荡器;
- 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 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：具有两个优先级，五个中断源；

一个全双工串行口

有位寻址功能，适于布尔处理的位处理机。

由框图可知，除 128×8 的片内 RAM， $4K \times 8$ 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 $\text{port}_0 \sim \text{port}_3$ 。剩余部分则是中央处理器 CPU 的全部组成。而 CPU、M(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 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。

§ 2-2 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。

一、运算器

图 2-1 中以八位的算术/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存器 TMP1, TMP2, 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布尔代数的逻辑运算。累加器 A 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 A 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。其每位的具体含义如下图所示：

CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

程序状态字

表 2-1 则给出了 PSW 寄存器每位的功能、标志符号和位地址。

表 2-1 PSW 寄存器各位功能、标志符号、位地址。

功 能	标 志	位 地 址
进位标志(也是 C 寄存器)	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	FO	PSW.5
保 留		PSW.1
寄存器区选择 MSb	RS1	PSW.4
寄存器区选择 LSb	RS0	PSW.3

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 位数运算低四位有否半进位,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。

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。溢出是指在有正负号的两个数运算时,结果数超过了 $+127 \sim -128D$ 。而进位位是指两个数最前一位(第七位)相加(或相减)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 A 累加器的奇偶性。如果累加器的八位的模 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 的个数为奇数还是偶数来决定。

除位操作由专门的位处理机完成外,运算器主要完成下列功能:

算术运算——加(带进位加)、减(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——对某一数进行逐位的左移、右移、循环移位。

微处理器的指令系统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优越,其原因在于它的运算器功能更全面,更丰富。

二、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 C)和自己的位寻址 RAM 和 I/O 空间,所以是一个独立的位处理机。

和八位操作指令相同,大部分位操作均围绕着其累加器——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)和进位位标志之间,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。

三、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,地址指针 DPTR 及程序计数器 PC,堆栈指针 SP,以及 RAM 地址寄存器,16 位地址缓冲器等。

8031 CPU 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中,一直在该指令控制下。然后指令寄存器中的指令代码被分析译码成一种或几种电平讯号,这些电平讯号与外部时钟脉冲(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的数据传送、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 $\overline{PSEN}$ 以及读写等控制信号。

该电路的定时功能是由时钟和定时电路完成,它产生 CPU 的操作时序。8031 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 2-2(a)、(b)所示。