

测控技术与仪器专业

本科系列教材

# 单片机原理及应用 (嵌入式)

Danpianji Yuanli Ji Yingyong (Qianrushi)

方华 许江淳 主编

CEKONG JISHU YU YIQI



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# 单片机原理及应用 (嵌入式)

方 华 许江淳 主编

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书系统介绍了 MCS-51 系列单片机的结构、基本工作原理、指令系统、汇编语言程序设计方法、定时/计数、中断、串行通信等内部功能的使用方法,常用输入输出接口电路的设计与编程以及基于 C51 的单片机应用程序设计基础、开发环境,并通过典型实例介绍了单片机应用系统的开发过程及软、硬件抗干扰技术,理论与应用并重。

全书内容丰富、结构严谨、系统性强、深入浅出,可作为普通本科测控、自动化、通信工程、计算机应用、机电一体化等相关专业及高职高专的教材用书,也可作为研究人员、工程技术人员及单片机技术爱好者的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用(嵌入式)/方华,许江淳主编. —重庆:重庆大学出版社,2009.10

(测控技术与仪器本科系列教材)

ISBN 978-7-5624-4819-8

I. 单… II. ①方…②许… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 168279 号

## 单片机原理及应用(嵌入式)

方 华 许江淳 主编

责任编辑:周 立 钟加勇 版式设计:周 立

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:20.25 字数:505千

2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4819-8 定价:32.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

## 教师信息反馈表

为了更好地为教师服务,提高教学质量,我社将为您的教学提供电子和网络支持。请您填好以下表格并经系主任签字盖章后寄回,我社将免费向您提供相关的电子教案、网络交流平台或网络化课程资源。

请按此裁下寄回我社或在网上下载此表格填好后 E-mail 发回

书名:		版次	
书号:			
所需要的教学资料:			
您的姓名:			
您所在的校(院)、系:	校(院)	系	
您所讲授的课程名称:			
学生人数:	_____人	_____年级	学时:
您的联系地址:			
邮政编码:		联系电话	(家)
			(手机)
E-mail:(必填)			
您对本书的建议:		系主任签字	
		盖章	

请寄:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)  
重庆大学出版社教材推广部

邮编:400030

电话:023-65112084

传真:023-65112085

网址:<http://www.cqup.com.cn>

E-mail:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn)

# 前言

单片机的出现至今已经有 30 多年的历史了,其作为嵌入式微控制器在工业测控系统、智能仪器和家用电器等中得到了广泛的应用。随着电子制造工艺技术的发展进步,各种高集成度、高性能的新型单片机不断推出,单片机嵌入式技术的发展进入了新的发展阶段。特别是进入 20 世纪 90 年代后,以计算机和软件为核心的数字化技术取得了迅猛发展,不仅广泛渗透到社会经济、军事、交通、通信等相关行业,而且也深入到家电、娱乐、艺术、社会文化等各个领域,并掀起了一场数字化技术革命。多媒体技术与 Internet 的应用迅速普及,消费类电子产品、计算机和通信,即 3C 一体化趋势日趋明显,单片机嵌入式技术再度成为研究的热点,学习、研究、应用、推广单片机非常必要。各大专院校很重视这门技术的教学,纷纷开设有关单片机的课程。在此大背景下,我们编写了这本书。

虽然单片机的种类很多,但 MCS-51 系列单片机仍不失为单片机中的主流机型,同时随着单片机技术及嵌入式技术的不断发展及相互融合,单片机已从 MCU(微控制器)时代走向 SOC(片上系统)时代。本书首先介绍了当今单片机嵌入式技术的应用的现状、发展趋势,以 MCS-51 系列单片机为例,原理和应用并重,并且从实用新型的角度介绍了单片机的应用接口及开发技术,最后介绍了美国 Cygnal 公司的具有 80C51 内核的 C8051F $\times\times\times$ 系列 SOC(System On Chip)单片机。我们希望读者在学习完本书后,既能掌握单片机的一般原理,又能掌握单片机的设计技巧、接口技术、应用系统的设计方法,能很快进入开发单片机应用系统的角色。

本书共分 9 章,第 1 章介绍单片机嵌入式系统的基础知识;第 2 章介绍 MCS-51 系列单片机的内部特性和外部特性及存储器配置;第 3 章介绍 MCS-51 单片机的指令系统及汇编语言程序设计方法;第 4 章介绍 MCS-51 单片机的内部功能与应用;第 5 章介绍 MCS-51 单片机的 I/O 接口技术及设计方法;第 6 章介绍基于 C51 的单片机应用程序设计基础;第 7 章介绍

了 Windows 集成开发环境  $\mu$ Vision2 的使用和调试方法;第 8 章通过实例介绍了单片机应用系统的开发过程;第 9 章介绍了以 MCS-51 单片机为内核的系列单片机。

本书由广西工学院方华和许江淳共同担任主编,蔡启仲、刘春荣任副主编,副丽霞、马兆敏参编。方华编写了第 8 章、第 5 章部分内容;许江淳编写了第 1 章、第 7 章及附录内容;蔡启仲编写了第 9 章内容;刘春荣编写了第 2 章、第 3 章、第 5 章部分内容;副丽霞编写了第 6 章内容;马兆敏编写了第 4 章内容。

本书内容丰富、深入浅出。因此,本书适于应用型计算机专业、测控专业、自动化专业、通信专业、电子信息专业、机电一体化及其他相关专业的学生学习,同时也可作为技术人员的参考用书。

由于作者水平有限,书中的错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

**编著者**

2009 年 1 月

# 目 录

第1章 绪论 .....	1
1.1 微型计算机的结构和工作原理 .....	1
1.2 单片机的发展及应用 .....	5
1.3 常用单片机系列介绍 .....	9
1.4 嵌入式系统概述 .....	14
习题1 .....	20
第2章 MCS-51 系列单片机的内部结构和存储器配置 ...	21
2.1 MCS-51 单片机的内部结构和引脚功能 .....	21
2.2 MCS-51 单片机存储器的结构 .....	26
2.3 并行输入/输出接口 .....	34
2.4 MCS-51 单片机的功能电路 .....	37
2.5 存储器的扩展 .....	42
习题2 .....	50
第3章 MCS-51 单片机的指令系统与汇编语言程序设计 ...	51
3.1 MCS-51 单片机指令系统概述 .....	51
3.2 寻址方式 .....	53
3.3 MCS-51 单片机的指令系统 .....	56
3.4 汇编语言程序设计 .....	71
习题3 .....	79
第4章 MCS-51 单片机的内部功能与应用 .....	82
4.1 MCS-51 单片机的中断功能与应用 .....	82
4.2 MCS-51 单片机的定时计数功能与应用 .....	92
4.3 MCS-51 的串行口 .....	102
习题4 .....	111

<b>第 5 章</b>	<b>MCS-51 单片机的输入输出与接口技术</b> .....	113
5.1	MCS-51 I/O 端口的扩展 .....	113
5.2	键盘及其接口 .....	128
5.3	显示及显示器接口 .....	135
5.4	A/D 转换器及接口电路 .....	145
5.5	D/A 转换器及接口电路 .....	151
5.6	打印机与单片机的接口 .....	159
5.7	基于 I <sup>2</sup> C 总线的芯片与单片机的连接 .....	163
	习题 5 .....	173
<b>第 6 章</b>	<b>单片机的 C 语言程序设计基础</b> .....	174
6.1	C51 对标准 C 语言的扩展 .....	174
6.2	C51 与汇编语言的混合编程 .....	194
6.3	C51 的工程开发案例与技巧 .....	204
	习题 6 .....	219
<b>第 7 章</b>	<b>Windows 集成开发环境 <math>\mu</math>Vision2</b> .....	221
7.1	概述 .....	221
7.2	$\mu$ Vision2 的界面功能及基本操作 .....	231
	习题 7 .....	263
<b>第 8 章</b>	<b>单片机应用系统设计</b> .....	264
8.1	单片机应用系统的设计 .....	264
8.2	单片机应用系统可靠性设计 .....	267
8.3	直流电机单片机多参数检测与调速系统 .....	269
<b>第 9 章</b>	<b>以 MCS-51 单片机为内核的系列单片机</b> .....	288
9.1	以 MCS-51 单片机为内核的单片机概述 .....	288
9.2	C8051F $\times\times\times$ 系列单片机 .....	289
9.3	存储器结构 .....	293
9.4	输入输出端口 .....	297
9.5	A/D, D/A 通道 .....	304
9.6	中断系统 .....	309
9.7	定时器和振荡器 .....	311
	习题 9 .....	313
	<b>参考文献</b> .....	315



# 第 1 章

## 绪 论

电子计算机的产生和发展是 20 世纪最重要的科技成果之一,进入 20 世纪 70 年代初,微型计算机诞生并迅速得以发展、普及和应用,其应用已深入到社会的各个角落,极大地改变了人们的工作方式、学习方式和生活方式。自从 1971 年微处理器研制成功后,不久就出现了单片微型计算机(简称单片机),单片机技术已成为计算机技术中的一个独特的分支,单片机的应用领域也越来越广泛,在工业控制和仪器仪表智能化中扮演着极其重要的角色,特别是其作为主体在嵌入式系统中的广泛应用,其技术得到了很快的发展,从 20 世纪 70 年代初期诞生至今,历经从单片机微型计算机到微控制器,MPU 和 SOC 的变迁和发展变化。

在本书的第 1 章,将介绍微型计算机的结构和工作原理,单片机和嵌入式系统的发展及应用,常用的单片机系列和嵌入式系统介绍。

### 1.1 微型计算机的结构和工作原理

#### 1.1.1 微处理器及微型计算机的发展过程

1946 年 2 月,在美国宾夕法尼亚大学的莫尔学院,由物理学博士莫克利(J. W. Mauchly)和电气工程师埃克特(J. P. Eckert)领导的小组研制的电子数字积分和计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator)是世界上第 1 台电子计算机,该台计算机逻辑元件采用电子管实现,用电子线路连接的方法来编程,采用字长为 10 位的十进制计数方式,每秒可进行 5 000 次加法运算。该机其最初的研制的目的是用于美国陆军编制各种武器的弹道表。

世界上第 1 台具有存储程序功能的计算机叫 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer),它是由曾担任 ENIAC 小组顾问的著名的美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(Von Neumann)博士领导设计的。EDVAC 从 1946 年开始设计,于 1950 年研制成功。在此之前,冯·诺依曼发表的题为“电子计算机逻辑结构初探”的报告,提出了采用二进制计算,存储程序并在程序控制下自动执行的思想。按照这一思想,新机器中确定了 5 个基本部件:输入器、输出器、运算器、存储器和控制器。另外,程序和数据一样存放在存储器中,并采用二进制

描述。报告中还描述了部件的功能和相互间的联系。这些基本原则至今仍然被现代计算机所采用,因此现代的一般计算机被称为冯·诺依曼结构计算机。

到目前为止,电子计算机的发展已经历了四代,但其基本结构仍未有大的改变。学术界通常根据计算机所采用的逻辑部件来划分计算机的发展史。

第一代(1946—1957)——采用电子管为逻辑部件,以超声波延迟线、阴极射线管、磁芯和磁鼓等为存储手段,软件采用机器语言,后期采用汇编语言。

第二代(1958—1964)——采用晶体管为逻辑部件,用磁芯、磁盘作内存和外存;软件上广泛采用高级语言,并出现了早期的操作系统。

第三代(1965—1971)——采用中、小规模集成电路为主要部件,以磁芯、半导体存储器和磁盘为内、外存储器;在软件上广泛使用操作系统,产生了分时、实时等操作系统和计算机网络。

第四代(1972—现在)——以大规模、超大规模集成电路为主要部件,以半导体存储器和磁盘为内、外存储器;在软件方法上产生了结构化程序设计和面向对象程序设计的思想。另外,网络操作系统、数据库管理系统得到了广泛应用。

目前又提出了第五代计算机,关于这一代机的构想和理论相当活跃,其目标主要是:采用超大规模集成电路,在系统结构上要有根本性的变化,要类似于人脑的神经网络;在材料上作用常温超导材料及光器件;在计算机结构上采用超并行的数据流计算等。

微型计算机是第四代计算机的典型代表,微处理器(Microprocessor)和微型计算机(Micro-computer)也在这一阶段获得了飞速的发展。从20世纪70年代初诞生了第一片微处理器以来,仅仅30多年的时间,微型计算机的发展已经历了4代,并出现了第5代。人们一般以字长和典型的微处理器芯片作为各阶段的标志。

第1代(1971—1972)——主要是4位和低档8位微机。代表产品是美国Inter公司的4004和8008微处理器及由4004组成的MCS-4微型计算机。

第2代(1973—1977)——是中高档8位微机,以Inter公司的8080和8085, Motorola公司的MC6800,美国Zilog公司的Z80等为CPU的8位微机为典型代表。

第3代(1978—1984)——是16位微机,如Inter公司的8086, Zilog公司Z8000和Motorola公司的MC68000为CPU的16位微型机。

第4代(1985—2000)——是32位微机,典型的CPU产品有80386、MC68020,之后Intel公司又陆续推出80486、Pentium(奔腾)、Pentium Pro(高能奔腾)、MMXPentium(多能奔腾)、Pentium II、Pentium III和Pentium IV微处理器芯片。

第5代(2001—至今)——2001年5月29日Intel公司正式发布推出的64位的微处理器芯片Itanium(安腾), Intel和HP公司已联合定义了被称作“显式并行指令计算”(Explicitly Parallel Instruction Computing, EPIC)的IA-64位指令架构。

目前,微处理器及其技术正处于快速发展中,微型计算机的应用正向着生产领域、服务部门和日常生活的各个领域不断渗透,以其很高的性能/价格比优势,其应用会越来越广泛。

### 1.1.2 微型计算机的结构和工作原理

从系统的观点来看,一个微型计算机系统包括硬件和软件两大部分。所谓硬件(Hardware),指的是构成计算机的“硬”设备即实际的物理设备,所谓软件(Software)一般是指在计

计算机上运行的程序,广义的软件还包括由计算机管理的数据及有关的文档资料。

### 1) 微型计算机硬件系统

图 1.1 为典型的微型计算机的基本结构框图,它由微处理器(CPU)、存储器、输入/输出接口电路和系统总线构成。

#### (1) 微处理器(CPU)

微处理器是微型计算机的心脏,不仅把一般计算机中的控制器、运算器等集成在一个芯片上,而且它决定指令、指令系统,它能进行算术运算和逻辑运算,能够执行各种控制等。CPU 及其支持电路构成了微机系统的控制中心,对系统的各个部件进行统一的协调和控制。

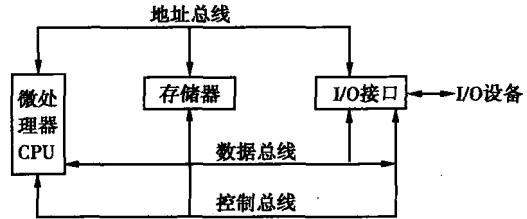


图 1.1 微型计算机的基本结构

#### (2) 存储器

存储器是计算机用来存放程序和数据的记忆部件,是计算机各种信息存放和交流的中心。它的基本功能是在控制器的控制下,按照指定的地址存入和取出信息。存储器可分为内存储器与外存储器,简称内存和外存。

内存是由中央处理器直接访问的存储器,它存放着现在运行的程序和数据,也可以存储计算的结果或中间结果。由于其直接和运算器、控制器交换信息,因此要求存取速度快,但存储容量较小。目前计算机的内存储器都采用大规模集成电路制成的半导体存储器。其又被分为“只读存储器”(Read Only Memory, ROM)和“随机存取存储器”(Random Access Memory, RAM)。前者只允许读操作,即在正常工作时只能读出其中的信息;后者可进行读写操作,除读出外也可写入,所以又称为“读写存储器”。半导体 RAM 芯片断电后原存放信息将会丢失,而 ROM 中的信息可在断电后长期保存。内存储器通常又叫做主存储器。

外存是主机的外围设备,用来存储大量的暂时不参加运算或处理的数据和程序,因而允许速度较慢。一旦需要,可成批地与内存交换信息。它是主存储器的后备和补充,因此叫它为“辅助存储器”,如磁盘存储器、磁带存储器、光盘存储器等。外存的特点是存储容量大,可靠性高,价格低,在脱机情况下可以永久地保存信息。

#### (3) I/O 设备和 I/O 接口

I/O 设备是指微机上配备的输入输出设备,也称外部设备和外围设备(简称外设),其功能是为微机提供具体的输入输出手段。

微机上配置的标准输入设备和标准输出设备是指键盘和显示器,此外常用的外设还包括:打印机、绘图仪、鼠标器、扫描仪、甚至 A/D 与 D/A 转换器等。作为外部存储器驱动装置的磁盘驱动器,既可看作是一个输出设备,又可看作是一个输入设备。

由于各种外设的工作速度、驱动方法、所要求的数据格式和外部设备的结构及要求的电平信号各不相同,并且差别很大,无法与 CPU 直接匹配,所以不可能通过系统总线将它们简单地连接到微处理器。这里需要一个接口电路来充当它们和 CPU 间的桥梁,通过该电路来完成信号变换、数据缓冲与 CPU 联络等工作。在微机系统中,如为标准的外部设备,其 I/O 接口电路一般为专用成形产品,被做成允许插在主机主板上的插槽上的电路插板(又称为卡)。由卡的一侧引出连接外设的插座,另一侧则做成插入端,只要将它们插入主板上的插槽就与系统相连。

#### (4) 总线及总线结构

在图 1.1 中我们看到,计算机中的各部件是通过所谓的“总线”联在一起的,其联接线路的结构为总线结构。它是一个独特的结构,有了总线结构以后,系统中各功能部件之间的相互关系变为各部件面向总线的单一关系。一个部件只要符合总线标准,就可以连接到采用这种总线标准的系统中,使系统功能得到扩展。

所谓“总线”,是指传递信息的一组公共导线。尽管各种微型机的总线类型和标准有所不同,但大体上都包含 3 种不同功能的总线,即数据总线 DB(Data Bus)、地址总线 AB(Address Bus)和控制总线 CB(Control Bus)。

数据总线用来传输数据。从结构上看,数据总线为双向的,即数据既可以从 CPU 送到其他部件,也可以从其他部件送到 CPU。数据总线的位数(也称为宽度)是微型机的一个很重要的指标,它和微处理器的位数相对应。数据线上传送的不一定是真正的数据,也可能是指令代码、状态量,有时还可能是一个控制量。

地址总线专门用来传送地址信息。地址总是由 CPU 送出去的,所以地址总线是单向的。地址线上传送的信息为访问存储器及外设进行读写的存储器单元地址或 I/O 端口地址。地址总线的位数决定了 CPU 可以直接寻址的内存范围。如 8 位微型机的地址总线一般是 16 位,因此最大内存容量为  $2^{16} = 64 \text{ K}$  字节,16 位微型机的地址总线为 20 位,所以,最大内存容量为  $2^{20} = 1 \text{ M}$  字节。

控制总线用来传输控制信号。其中包括 CPU 送往存储器和输入/输出接口电路的控制信号,如读/写信号和中断响应信号等;可包括其他部件送到 CPU 的信号,如:时钟信号、中断请求信号和准备就绪信号等。

#### 2) 微型计算机的软件系统

软件(Software),是相对于硬件而言的。计算机软件是指在计算机硬件上运行的各种程序及有关的文档资料,如操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序、数据库管理系统、专用软件包、各种维护使用手册、程序流程图和说明等。微机的软件分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件包括操作系统、各种语言处理程序、服务支撑软件和数据库管理系统等。应用软件是围绕某项应用、面向某些用户的一大类软件,从大的方面讲,可以是面向数据库管理、面向计算机辅助设计、面向文字处理的软件或软件包;从小的方面说,可以是为某个单位、某项工作的具体需要而开发的用户程序。

通常,把不装备任何软件的微型计算机称为硬件计算机或裸机。裸机是不能工作的。但用户所面对的一般都不是裸机,而是在裸机之上配置若干软件之后所构成的计算机系统。在计算机技术的发展过程中,微型计算机软件随硬件技术的迅速发展而发展;反过来,软件的不断发展与完善,又促进了硬件的新发展;两者的发展密切地交织着。实际上计算机某些硬件的功能可以由软件来实现,而某些软件的功能也可以由硬件来实现。图 1.2 为微型计算机软件系统的构成框图。

微型计算机的发展趋向,一方面向微巨型化方向发展,面向更加复杂的数据处理、OA、DA 科学计算等,其特点是大量采用最新技术成果,在 IC 技术、体系结构等方面向高性能、多功能的方向发展,以获得基于微型机的巨型机体系结构;另一方面向小型化、微型化方向发展,例如发展单片微型计算机及片上系统等。

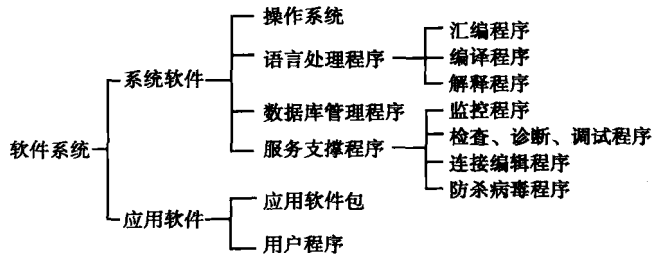


图 1.2 微型计算机软件系统框图

## 1.2 单片机的发展及应用

### 1.2.1 单片机的基本概念

单片机是大规模集成电路技术发展的产物,属第四代电子计算机。

所谓单片机是指在一块硅片上集成了构成计算机的基本要素。即把中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)、只读存储器 ROM (Read Only Memory)、定时器/计数器及 I/O (Input/Output) 接口电路等主要计算机部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。一块芯片就相当于一台计算机,称为单晶片计算机 (Single Chip Microcomputer), 简称 SCM。

在单片机诞生之初,因为它的组成与原理都基于计算机,所以单片机是一个准确的、流行的称谓。随着单片机在技术上、体系结构上的不断进步,使其控制功能不断扩展,它的主要作用已经不是计算机,而是控制了,国际上也逐渐采用“MCU”(Micro Controller Unit),即微控制器来代替 SCM,形成了单片机界公认的,最终统一的名词。

### 1.2.2 单片机的发展概况

目前计算机硬件技术向巨型化、微型化和单片三个方向发展。从 1975 年美国 TEXAS 仪器公司发表 TMS1000 系列 4 位单片机开始,到现在 30 多年的时间,单片机技术已发展成为计算机技术中一个非常有活力的分支,种类已有几百种,从 4 位、8 位发展到 16 位、32 位单片机,从单片机、微控制器到 SOC。集成度愈来愈高,功能愈来愈强,应用也愈来愈广。

#### 1) 4 位及低档 8 位单片机阶段

自 1975 年美国德克萨斯仪器公司首次推出 4 位单片机 TMS1000 后,各个计算机生产公司竞相推出 4 位单片机。例如美国国家半导体公司 (National Semiconductor) 的 COP402 系列、日本电气公司 (NEC) 的  $\mu$  PD75  $\times$   $\times$  系列、美国洛克威尔公司 (Rockwell) 的 PPS/1 系列,日本松下公司的 MN1400 系列、富士通公司的 MB88 系列等。4 位单片机主要用于家用电器、电子玩具等。

1976 年 9 月,美国 Intel 公司推出的 MCS-48 系列 8 位单片机以后,单片机发展进入了一个新的阶段,8 位单片机纷纷应运而生。例如:Motorola 公司的 6801 系列,Zilog 公司的 Z-8 系

列,Rokwell公司的6501、6502等,此外,日本的NEC公司、日立公司等也推出了具有特色的单片机产品。

在1978年以前各厂家生产的8位单片机,由于受集成度(几千支管/片)的限制,一般没有串行接口,并且寻址的范围小(小于8KB),从性能上看属于低档8位单片机。

### 2) 高档8位及16位单片机阶段

随着集成电路工艺水平的提高,在1978到1983年期间,集成度提高到几万支管/片,因而一些高性能的8位单片机相继问世。尽管单片机品种繁多,但其中最具典型的当属Intel公司1980年推出的MCS-51系列。MCS-51是在MCS-48的基础上发展起来的,虽然它仍然是8位单片机,但其功能较MCS-48有很大的增强,属高档8位单片机,此外,它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点。现在,MCS-51仍不失为单片机中的主流机型。

在高档8位单片机的基础上,单片机的功能进一步得到提高,近年来推出了超8位单片机。如Intel公司8X252、UPI-45283C152,Zilog公司的Super8,Motorola公司的MC68HC等,它们不但进一步扩大了片内ROM和RAM的容量,同时还增加了通信功能、DMA传输功能以及高速I/O功能等。1983年以后,集成电路的集成度可达十几万只管/片,16位单片机逐渐问世。这一阶段的代表产品有1983年Intel公司推出的MCS-96系列,1987年Intel公司又推出80C96,美国国家半导体公司推出的HPC16040和NEC公司推出的783××系列等。16位单片机把单片机的功能又推向了一个新的阶段。如MCS-96系列的集成度为12万只管/片,片内含16位CPU、8KB ROM、232字节RAM、5个8位并行I/O口、4个全双工串行口,4个16位定时/计数器、8级中断处理系统。MCS-96系列还具有多种I/O功能,如高速输入/输出(HSIO),脉冲宽度调制(PWM)输出、特殊用途的监视定时器(Watchdog)等。

### 3) 微控制器发展阶段

单片机的首创公司Intel将其MCS-51系列中的8051CPU内核使用权以专利互换或出售形式转让给世界许多著名IC制造厂商,如Philips、Atmel、Dallas、NEC、SST华邦等,这些公司的产品都在保持与8051单片机兼容的基础上增强了8051的许多特性,为了满足测控系统要求的各种外围电路与接口电路,突出其智能化控制能力,这些厂商在8051基本结构的基础上,加强了外围电路的功能,突出了单片机的控制功能,将一些用于测控对象的模数转换器、数模转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳于芯片中,体现了单片机的微控制器特征。

为了进一步缩小单片机体积,出现了为满足串行外围扩展要求的串行总线及接口,如I<sup>2</sup>C、SPI、MICROWIRE等串行总线及接口。同时带有这些接口的各种外围芯片也应运而生,例如存储器、A/D、时钟等,出现了较高性能的16位单片机。

### 4) 单片机全面发展阶段

很多大的半导体和电气厂商都开始加入单片机的研制和生产,单片机世界出现了百花齐放,欣欣向荣的景象。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的8位、16位、32位的通用及专用单片机。

## 1.2.3 单片机的特点及应用

### 1) 单片机的特点

单片机与通用微机相比较,在结构、指令设置上均有其独特之处,其主要特点如下:

(1)单片机的存储器ROM和RAM是严格区分的

ROM 称为程序存储器,只存放程序、固定常数及数据表格。RAM 则为数据存储器,用作工作区及存放用户数据。这样的结构主要是考虑到单片机用于控制系统中,有较大的程序存储器空间,把开发成功的程序固化在 ROM 中,而把少量的随机数据存放在 RAM 中。

(2) 采用面向控制的指令系统,控制功能强

为了满足控制的要求,单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理的功能。

(3) 集成度高、体积小、有很高的可靠性及优异的性价比

单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了总线内部之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合于在恶劣环境下工作,同时随着集成度的越来越高,生产规格越来越大、性价比越来越高。

(4) 低功耗、低电压便于生产便携式产品。

(5) 增加 I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) 串行总线方式、SPI (Serial Peripheral Interface) 串行接口等,进一步缩小了体积,简化了结构。

(6) 单片机的系统扩展、系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

## 2) 单片机的应用

单片机的应用范围十分广泛,主要的应用领域有:

(1) 工业控制。单片机面向控制,能针对性地解决从简单到复杂的各种控制任务,因而能获得最佳的性能价格比;由于电子集成电路制造工艺技术的发展及进步,片内集成度的增加,将其原微型计算机系统中与外部总线相连的构成计算机基本要素的部分集成在片内,使得其抗干扰能力强。单片机系列产品分为军用级、工业用级及民用级三个等级系列,其适用温度范围宽,在各种恶劣的环境下都能可靠地工作,这是其他类型计算机无法比拟的。单片机可以构成各种工业控制系统、数据采集系统等,同时可以方便地实现多机和分布式控制,使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

(2) 仪器仪表。由于单片机体积小、成本低、运用灵活,可于产品化,它能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器,做到机电一体化。其主要用于工业用智能仪器仪表、医疗器械、数字示波器等。

(3) 计算机外部设备与智能接口。如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘/磁带机、智能终端机等。

(4) 商用产品。如自动售货机、电子收款机、电子称等。

(5) 家用电器。如微波炉、电视机、空调、洗衣机、录像机、音响设备等。

(6) IT 方面的应用。随着单片机的全面发展,以单片机为主的嵌入式系统在互联网和多媒体技术方面得到很大发展,其做成嵌入式的网络新产品,移动语言和手持数据、音视频和数字图像等消费类产品。第一个热点产品——手机已经在我们日常生活中迅速成为普及的时尚。可视电话、MP3、MP4、数码相机、数码摄像机已在我们身边,无线局域网、无线家居网不用多久就会进军市场。

### 1.2.4 单片机的发展趋势

现在可以说单片机是百花齐放、百家争鸣的时期,世界上各大芯片制造公司都推出了自己

的单片机,从8位、16位到32位,数不胜数,应有尽有。纵观单片机的发展过程,今后单片机的发展趋势将是进一步向着CMOS化、低功耗、微型化、大容量、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。

### 1) CMOS化、低电压及低功耗

MCS-51系列的8031推出时的功耗达630 mW,而现在的单片机普遍都在100 mW左右,随着对单片机功耗要求越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)工艺。像80C51就采用了HMOS(即高密度金属氧化物半导体工艺)和CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS虽然功耗低,但由于其物理特征决定其工作速度不够高,而CHMOS则具备了高速和低功耗物特点,这些特点,更适合于在要求低功耗,像电池供电的应用场合。随着超大规模集成电路技术由3 μm工艺发展到1.5、1.2、0.8、0.5、0.35进而实现0.2 μm工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十兆任选,都使功耗不断下降。

Motorola最近推出任选的M.CORE可在1.8 V电压下以50M/48MIPS全速工作,功率约为20 mW。几乎所有的单片机都有Wait,Stop等省电运行方式。允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在3~6 V范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由2.7 V降至2.2 V、1.8 V。0.9 V供电的单片机已经问世。

### 2) 微型化及外围电路内装化

现在的单片机普遍要求体积小、重量轻,这就要求单片机除了功能强和功耗低外,还要求其体积要小。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中SMD(表面封装)越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、并行和串行通信接口,中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。例如:片内可集成的部件有模/数、数/模转换器、脉宽调制器PWM,监视定时器WDT、液晶显示驱动电路等。这样单片机包含的单元电路越多,功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自己特色的单片机芯片。

### 3) 大容量、低价格、高性能化

以往单片机内的ROM一般为1 KB~4 KB,RAM为64 B~128 B,在很多场合,存储容量不够,不得不外接扩充。为了简化结构,需要加大存储器容量。目前,单片机片内ROM最大已可达64 KB,RAM最大为2 KB,而专用的存储器芯片容量已达4 GB;同时单片机的体积越来越小,价格更便宜;CPU的性能得到进一步的改善,有些单片机采用了精简指令集(RISC)结构和流水线技术,大幅度提高了运行速度。现指令速度最高者已达100MIPS(Million Instruction Per Seconds即兆指令/秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。

### 4) ISP及基于ISP的开发环境

由于快闪存储器(FLASH)的出现及使用,推出了ISP(IN System Programmable;在片编程技术)技术的发展。其在PC机上编好的程序通过所建立的3根SPI接口线直接传输并且烧录到单片机的闪存上。



### 5) 8 位、16 位、32 位单片机共同发展

长期以来,单片机技术的发展是以 8 位机为主的,随着移动通讯、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭,32 位单片机,特别是 32 位的嵌入式结构 RISC-DSP 双核的单片机得到了长久的发展。以 Motorola 68 K 为 CPU 的 32 位单片机 1997 年的销售量达 8 千万枚。过去认为由于 8 位单片机功能越来越强,32 位机越来越便宜,使 16 位单片机生存空间有限,但现在 16 位单片机的发展无论从品种和产量方面,近年来都有较大幅度的增长。

## 1.3 常用单片机系列介绍

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。自单片机诞生至今的 30 多年中,已发展为几百个系列的上万个机种,使用户有较大的选择余地。随着集成电路的发展,单片机从 4 位发展到 8 位、16 位、32 位,就当前市场看,市场主流为 8 位产品,32 位产品市场正在逐步成长。

8 位单片机主要功能是做控制,大部分应用在通信产品、PC 外围设备、消费类电子以及一般通用型产品之中。8 位产品具有低廉的生产成本、巨大的整体出货量、简洁的程序代码等优势,因此设计人员在综合考虑成本、功能、设计时效等因素之后大部分选择 8 位产品,在市场上 8 位单片机的应用依然占据微处理器市场近六成以上的市场份额,并且还在不断增长中,要求低成本和小尺寸器件的嵌入式应用是使 8 位单片机仍然是主流的主要因素;而针对 32 位的单片机产品,随着日渐增长的高性能新应用,包括数码相机、手机等便携式数码产品市场以及功能更复杂、应用更先进的信息家电、汽车电子、电子玩具市场则促进 32 位单片机产品需求的增长。鉴于以上原因,目前教学的首选机型仍然是 8 位单片机,因而本书重点介绍 8 位单片机系列概况。

### 1) MCS51 系列产品

MCS 系列单片机是 Intel 公司生产的单片机的总称。Intel 公司是生产单片机的创始者,其产品在中单片机的各个发展阶段具有代表性。但使用最广泛的该属 MCS-51 单片机。基于这一事实,本书将主要讲述 MCS-51 系列单片机的硬件、软件及其应用。

MCS-51 系列单片机共有十几种芯片,如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址 范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4 KB	128 B	2 × 64 KB	2 × 16	4 × 8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4 KB	128 B	2 × 64 KB	2 × 16	4 × 8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8 KB	256 B	2 × 64 KB	3 × 16	4 × 8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8 KB	256 B	2 × 64 KB	3 × 16	4 × 8	1	6

表中列出了 MCS-51 单片机系列的芯片型号以及它们的技术性能指标,使我们对它们的