

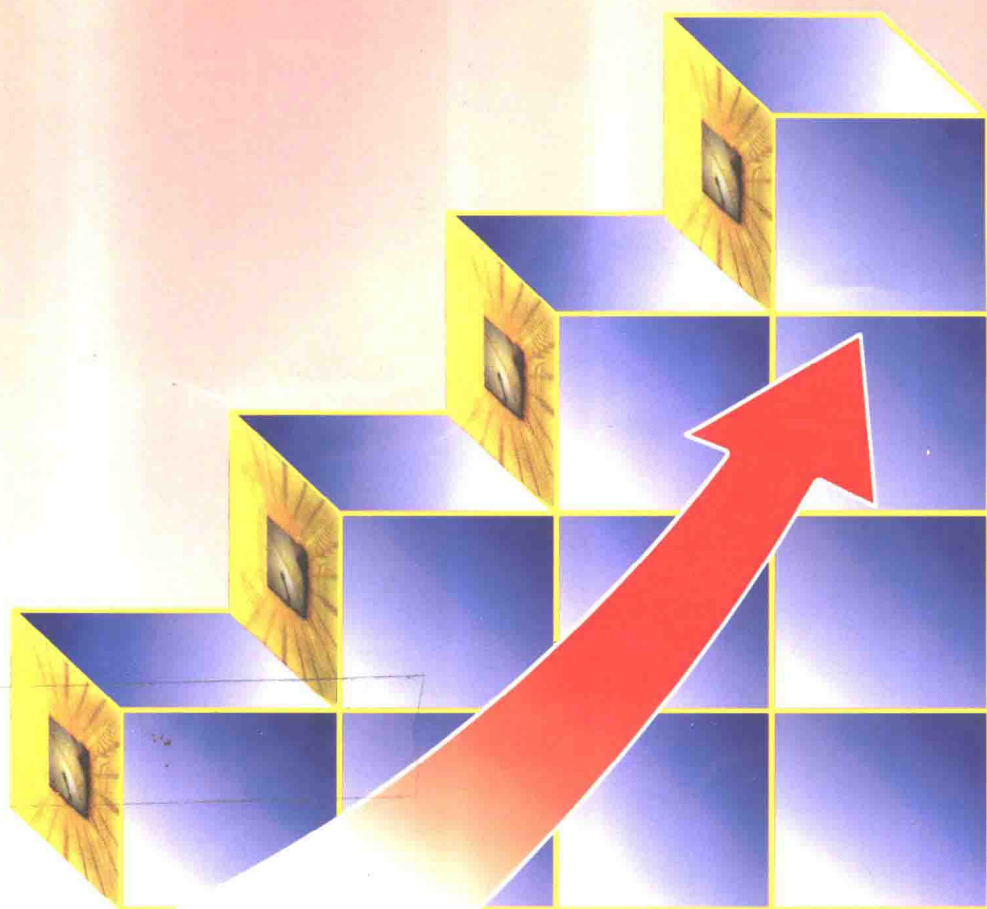
单片机系列教程

主编 何立民

单片机中级教程

——原理与应用——

张俊谟 编著



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.cn.net>

单片机系列教程

主编 何立民

单片机中级教程

—原理与应用—

张俊谟 编著

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.cn.net>

内 容 简 介

本书以 80C51 系列单片机为主,较为系统地介绍了单片机的组成、工作原理和应用技术。全书共分八章,内容包括:单片机的意义和发展;单片机的 CPU 和特殊功能寄存器 hardware;指令系统和使用汇编语言的软件设计;系统扩展和外围接口技术;单片机应用系统实例。本教程结构合理,语言准确、精炼,概念清晰,原理与应用紧密结合。

本书是何立民教授主编的《单片机系列教程》中的中级教程,主要以大学专科、大学本科的学生为讲授对象,可供各大、专院校作为单片机教材,也可供从事微机应用的广大科技工作者作为自学单片机的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机中级教程. 原理与应用/张俊谟编著. —北京:
北京航空航天大学出版社, 2000. 6

ISBN 7-81012-969-4

I. 单... I. 张... III. 单片机微型计算机, 80C51 -
教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14672 号

单片机中级教程

—原理与应用—

张俊谟 编 著

责任编辑 王小青

责任校对 李宝田

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号 邮编 100083 发行部电话 010-82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京市宏文印刷厂 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张 15.75 字数: 403 千字

2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷 印数: 5000 册

ISBN 7-81012-969-4/TP·390 定价: 23.00 元

序

在我国,单片机已不是一个陌生的名词,它的出现是近代计算机技术的里程碑事件,因为单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。在单片机诞生之前,为了满足工控对象的嵌入式应用要求,只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系(如舰船)中构成诸如自动驾驶仪、轮机监控系统等。由于通用计算机的巨大体积和高成本,无法嵌入到大多数对象体系(如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等)中。单片机则应嵌入式应运而生。单片机的单芯片的微小体积和极低的成本,可广泛地嵌入到如玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化工具。

计算机两大分支的产生,大大促进了现代计算机技术的飞速发展。通用计算机系统以发展海量高速数值计算为己任,不必兼顾控制功能,其数据总线宽度不断更新,迅速从8位、16位过渡到32位、64位,不断完善其通用操作系统,突出发展高速海量数值计算能力,并在数据处理、模拟仿真、人工智能、图像处理、多媒体、网络通信中得到了广泛的应用;单片机则以面向对象图像控制为己任,不断增强控制能力,降低成本,减小体积,改善开发环境,以空前的速度迅速而广泛地取代经典电子系统。

单片机作为最典型的嵌入式系统,它的成功应用推动了嵌入式系统的发展。近年来,除了各种类型的工控机外,各种以通用微处理器构成的计算机主板模块、以通用微处理器为核片内扩展一些外围控制功能电路单元构成的嵌入式微处理器,甚至单片形态的PC机等,都实现了嵌入式应用,成为嵌入式系统的庞大家族。

作为典型嵌入式系统的单片机,在我国大规模应用已有十余年历史。在全国高等工科学校中,已普遍开设单片机及其相关课程。单片机已成为电子系统中普遍的应用手段。除了单独设课程外,在涉及的许多实践环节,如课程设计、毕业设计、研究生论文课题中,单片机系统都是最广泛的应用手段。近年来,在高校中大力推行的各种电子设计竞赛中,采用单片机系统来解决各类电子技术问题已成趋势。因此,解决好高等工科院校单片机及其相关课程的教材具有十分重要的意义。

目前,许多单片机类课程教材都是以80C51系列为基础来讲授单片机原理及其应用的。这是因为MCS-51系列单片机奠定了8位单片机的基础,形成了单片机的经典体系结构。MCS-51系列中的8051成为许多半导体厂家、电气公司竞相

选用的对象,并以此为基核,推出了许多兼容性的 CHMOS 单片机。这些单片机都具有极好的兼容性,并有很强的生命力,统称为 80C51 系列。本系列教程以 80C51 系列为基础即缘于此。

单片机是现代计算机、电子技术的新兴领域,无论是单片机本身还是单片机应用系统设计方法都会随时代不断发生变化,作为单片机类课程的教材则要突出单片机技术的典型性和教学化特点。因此,单片机教程只提供单片机典型结构体系的基本原理与应用设计的基本方法。教程中的所有应用实例只是为了加深理解单片机基本原理及应用系统设计方法的需要而设置的,并不提供,也不可能提供单片机应用系统设计的最新、最优电路。通过本教程的学习,掌握基本原理和方法后,在未来的工作实践中,要通过各种渠道,如公司产品技术手册和网上查询,以获得最新器件、最佳技术来设计自己的产品系统。

目前,以及未来相当长的一段时间内,单片机相关的系统技术为:

(1) 全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有众多的优点,如极宽的工作电压范围、极佳的本质低功耗及功耗管理特性,已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

(2) 单片机在片 ROM 应用。目前单片机已广泛使用在片程序存储器技术,最广泛的应用状态是 OTP ROM、Flash ROM、Mask ROM。本系列教程中虽然也介绍了外部程序存储器的扩展方法,但实际应用中已很少见。

(3) 以串行方式为主的外围扩展。目前单片机外围器件普遍提供了串行扩展方式。串行扩展具有简单、灵活、电路系统简单、占用 I/O 口资源少等优点,是一种流行的扩展方式。

(4) 8 位机的主流地位。这是由面向对象、大多数嵌入应用对象有限响应时间要求所决定的。从 8 位机诞生至今,乃至今后相当长的时期内,单片机应用领域中 8 位机的主流地位不会改变。

因此,在学好单片机基本原理和应用方法时,不要忘记单片机在当前实际应用中的这些技术特征,正确处理教学典型性、教学示范内容与实际产品系统设计的差异。

参考上述技术趋势,以及 80C51 系列本身的新发展,选择 80C51 系列为基础的单片机体系结构,既符合教学特点的典型性,又不失内容的先进性。内容的典型性有利于触类旁通,迅速掌握与应用其他的单片机系列;内容的先进性则指 80C51 系列中仍有许多先进的产品型号可供选择。

本系列教程的筹划过程中,充分考虑到单片机的教学特点及先修课基础,根据不同对象、不同使用要求,组织了高校中多年从事单片机教学的老师,编写出这样一套适合于各类、各层次学习与应用的教程。

本系列教程包括“单片机初、中、高级教程”及“单片机实验与实践(一)、(二)”

共5本,先修课基础为数字电路与计算机原理。该系列教程可提供高等工科院校从大专、本科到研究生的讲课用书或综合实践教学用书。

《单片机初级教程——单片机基础》补充了一些数字电路及单片机入门基础,有助于单片机先修课程基础较差的学生掌握单片机原理与基本应用技术。该书适用于大专及非电专业本科单片机基础教学用书。

《单片机中级教程——原理与应用》深入介绍了单片机的基本原理、体系结构、典型功能单元以及系统扩展与配置方法,使学生在深入理解单片机基本原理的基础上,学会怎样构成一个单片机示范应用系统。该书适用于电专业本科作单片机原理及应用教学用书。

《单片机高级教程——应用与设计》在介绍单片机原理、典型结构、基本功能单元的基础上,着重介绍单片机应用系统设计的软、硬件技术。该书适用于电专业本科及研究生作单片机应用系统设计用书。

《单片机实验与实践教程教(一)》、《单片机实验与实践教程教(二)》总结了单片机实验教学与电专业本科、研究生教学成果,可选作单片机课程教学实验用书,也可单独选作单片机相关实践环节和毕业设计、研究生综合实践的参考资料。

“单片机初、中、高级教程”不是三个台阶体系,而是针对不同基础的学生的三种教材选择。在教程内容的编写上,除了注意教学内容的典型性外,还注意了它的实践性与实用性。因此,本教程还可作各类单机技术培训或各类技术人员自学用书。

由于考虑到教学的典型性,教程中有不少教学实例沿用了一些较陈旧的资料。这些实例有利于阐明单片机的基本应用原理,也可充分利用原有单片机的实验器材,但这些软、硬件技术不具有先进性。

“单片机实验与实践教程(一)、(二)”是颇具特色的实验教程。在编写时,并不强调与“单片机初、中、高级教程”的从属性,而是要求尽可能保持多年来单片机实验及综合实践的教学成果。在组织教学时,可根据具体情况选用。这套实验与实践教程也可作为学生课外科技活动、电子技术竞赛、课程设计、毕业设计 & 研究生综合实践的参考用书。

北京航空航天大学出版社在我国单片机界享有崇高的威望,有庞大的单片机专业编辑队伍,与单片机学术团体、单片机专业人士有着密切的联系。使用本系列教程还可以得到从师资培训、实验设备建设到应用设计的咨询服务。

热切希望本系列教程对推动我国单片机技术教育做出有益的成绩。

《单片机系列教程》主编



1999年12月

前 言

在 20 世纪最值得人们称道的成就中,就有集成电路和电子计算机的发展。20 世纪 70 年代出现的微型计算机,在科学技术界引起了影响深远的变革。在 70 年代中期,微型计算机家族中又分裂出一个小小的派系——单片机。随着 4 位单片机出现之后,又推出了 8 位的单片机。MCS-48 系列,特别是 MCS-51 系列单片机的出现,确立了单片机作为微控制器(MCU)的地位,引起了微型计算机领域新的变革。在当今世界上,微处理器(MPU)和微控制器(MCU)形成了各具特色的两个分支。它们互相区别,但又互相融合、互相促进。与微处理器(MPU)以运算性能和速度为特征的飞速发展不同,微控制器(MCU)则是以其控制功能的不断完善为发展标志的。

在品种众多的单片机中,尤以 MCS-51 系列单片机,结构的系统完整、特殊功能寄存器的规范化以及指令系统的控制功能等特色,使其成为单片机中的主流机型。随着集成技术的发展,80C51 系列单片机继承和发展了 MCS-51 系列的技术特色,有逐渐取而代之之势。

由于 MCS-51 系列或 80C51 系列单片机的上述特色,我们认为以它作为单片机或微控制器(MCU)教材的主讲机种也是适当的。因而本教程就是以 80C51 系列单片机为主线来进行单片机介绍的。本书是以何立民教授为主编的《单片机系列教程》中的中级教程,主要以大学专科、大学本科的学生为讲授对象。这些读者应该已经具备了电子学和微机原理方面的知识。本教程共有八章:第一章为绪论,介绍单片机的意义和发展;第二、四两章介绍单片机的 CPU 和特殊功能寄存器等硬件;第三、五两章为指令系统和使用汇编语言的软件设计;第六、七两章介绍单片机的系统扩展和外围接口技术;第八章介绍了两个单片机应用系统。张玉红参与了第一、八章部分的编写,张杨参与了第二、三章部分的编写。

本教程的编写是以编者多次讲授单片机的讲稿为蓝本的。在编写过程中得到何立民教授和王小青副总编的指教,在此表示衷心感谢。在这旧的千年即将结束,新的千年即将来临的时候,将本书奉献给读者,心情万分激动。由于编者的学识有限,书中错漏之处在所难免,敬请读者不吝赐教!

编著者

1999.12 于北京工业大学

单片机系列教程

编委会

主 编:何立民

编 委:(按姓氏笔划排列)

王小青	王海虹	何立民	沈德金
杨昌竹	张迎新	张俊谟	满庆丰

目 录

第一章 绪 论

1.1 什么是单片机	(1)
1.2 单片机的发展	(1)
1.3 MCS - 51 和 80C51 系列简介	(3)
1.4 单片机的应用领域和应用模式	(7)
1.5 本教程的特点和教学安排	(8)

第二章 单片机的基本结构与工作原理

2.1 单片机的基本组成	(9)
2.2 80C51 单片机的引脚功能和结构框图	(11)
2.2.1 80C51 的引脚功能	(11)
2.2.2 80C51 的内部结构框图和组成	(13)
2.3 80C51 CPU 的结构和特点	(14)
2.3.1 中央控制器	(14)
2.3.2 运算器	(16)
2.3.3 时钟电路及 CPU 的工作时序	(18)
2.4 存储器结构和地址空间	(22)
2.4.1 程序存储器	(23)
2.4.2 数据存储器	(24)
2.5 布尔(位)处理器	(30)
2.6 80C51 单片机的工作方式	(30)
2.6.1 复位方式	(30)
2.6.2 程序执行方式	(32)
2.6.3 低功耗工作方式	(32)
2.6.4 编程方式	(33)
思考与练习	(36)

第三章 80C51 单片机的指令系统

3.1 概 述	(38)
3.1.1 指令分类	(38)
3.1.2 指令格式	(38)
3.1.3 指令系统中使用的符号	(38)

3.2 寻址方式和寻址空间.....	(39)
3.3 指令系统.....	(44)
3.3.1 数据传送类指令.....	(44)
3.3.2 算术运算类指令.....	(48)
3.3.3 逻辑运算类指令.....	(52)
3.3.4 控制转移类指令.....	(55)
3.3.5 布尔(位)操作类指令.....	(59)
思考与练习	(62)

第四章 80C51 单片机的功能单元

4.1 并行 I/O 接口	(65)
4.1.1 P1 口	(65)
4.1.2 P3 口	(68)
4.1.3 P2 口	(69)
4.1.4 P0 口	(71)
4.2 定时器/计数器	(72)
4.2.1 概 述.....	(72)
4.2.2 定时器/计数器 T0、T1	(73)
4.2.3 定时器/计数器 T2	(79)
4.2.4 看门狗.....	(83)
4.2.5 定时器/计数器的编程和使用	(84)
4.3 串行接口.....	(92)
4.4 中断系统	(107)
4.4.1 中断、中断源及中断优先级.....	(107)
4.4.2 中断的控制和操作	(107)
4.4.3 中断的响应过程 and 中断矢量地址	(110)
思考与练习.....	(111)

第五章 80C51 单片机的程序设计

5.1 概 述	(112)
5.1.1 计算机语言——机器语言、汇编语言与高级语言.....	(112)
5.1.2 汇编语言	(113)
5.2 汇编语言程序设计	(117)
5.2.1 顺序结构程序	(117)
5.2.2 选择结构程序	(122)
5.2.3 循环结构程序	(128)
5.2.4 子程序	(137)
5.2.5 中断服务程序	(142)
思考与练习.....	(145)

第六章 80C51 单片机的系统扩展

6.1 概 述	(146)
6.1.1 外部并行扩展性能	(146)
6.1.2 外部串行扩展性能	(148)
6.2 单片机的外部并行扩展	(153)
6.2.1 程序存储器的扩展	(153)
6.2.2 片外数据存储器的扩展	(156)
6.2.3 扩展片外程序存储器和片外数据存储器	(160)
6.2.4 通过并行总线扩展 I/O 口	(162)
6.3 单片机的外部串行扩展	(164)
6.3.1 串行扩展 E ² PROM	(164)
6.3.2 串行扩展 I/O 接口	(177)
6.4 外部中断源的扩展	(182)
思考与练习	(183)

第七章 单片机的典型外围接口技术

7.1 键盘接口	(184)
7.1.1 键盘的工作原理和扫描方式	(184)
7.1.2 键盘的接口电路	(185)
7.2 显示接口	(187)
7.2.1 LED 显示器的工作原理	(187)
7.2.2 显示电路的分类与接口	(188)
7.3 DAC 接口	(194)
7.3.1 D/A 转换器及其接口电路的一般特点	(194)
7.3.2 D/A 转换器的接口电路	(195)
7.4 ADC 接口	(207)
7.4.1 A/D 转换器及与单片机的接口	(207)
7.4.2 A/D 转换器与单片机的接口	(208)
思考与练习	(221)

第八章 80C51 单片机的应用系统实例

8.1 数控二维步进电机运行系统	(222)
8.2 油井压力、流速数据采集系统	(225)
思考与练习	(234)

附 录

附表 1 80C51 指令一览表	(235)
附表 2 数据传送类指令汇总	(236)

附表 3	算术运算类指令汇总	(237)
附表 4	控制转移类指令汇总	(237)
附表 5	逻辑运算类指令汇总	(238)
附表 6	布尔(位)操作类指令汇总	(238)

参考文献

第一章 绪 论

1.1 什么是单片机

随着大规模集成电路技术的发展,可以将 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器以及输入/输出(I/O)接口电路等主要计算机部件,集成在一块电路芯片上。这样所组成的芯片级的微型计算机称为单片微型计算机(single chip microcomputer),直译为单片微机或单片机。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上,它已具有了微机系统的含义。

由于单片机从功能和形态来说都是应控制领域应用的要求而诞生的,并且发展到新一代 80C51、M68HCO5、M68HC11 系列单片机时,在其中着力扩展了各种控制功能,如 A/D、PWM、PCA、计数器的捕获/比较逻辑、高速 I/O 口、WDT 等,已突破了微型计算机(microcomputer)的传统内容,所以,更准确地反映单片机本质的叫法应是微控制器(microcontroller)。

根据单片机的结构和微电子设计的特点,虽然应用系统中往往仅以单片机为核心,但是它已完全融入应用系统之中,故而也有将单片机称为嵌入式微控制器(embedded microcontroller)的。

在我国,单片机的叫法仍然有普遍的意义,因而在本教程中还是将其称为单片机;但是我们应把它认为是一个单片形态的微控制器。

目前,按内部数据通道的宽度,又可分 4 位、8 位、16 位及 32 位单片机。

1.2 单片机的发展

1970 年微型计算机研制成功之后,随着就出现了单片机(即单片微型计算机)。美国 Intel 公司 1971 年生产的 4 位单片机 4004 和 1972 年生产的雏型 8 位单片机 8008,特别是 1976 年 MCS-48 单片机问世以来,在短短的二十几年间,经历了四次更新换代,其发展速度大约每二三年要更新一代、集成度增加一倍、功能翻一番。发展速度之快、应用范围之广,已达到了惊人的地步。它已渗透到生产和生活的诸领域,可谓“无孔不入”。

下面列举单片机发展过程中的一些重要事件,对单片机的发展情况作概要说明。

1976 年 Intel 公司首先推出能称为单片机的 MCS-48 系列单片微型计算机。它以体积小、功能全、价格低等特点,赢得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展进程中的一个重要阶段。

在 MCS-48 单片机成功的刺激下,许多半导体公司和计算机公司争相研制和发展自己的单片机系列。到目前为止,世界各地厂商已研制出大约 50 个系列、30 多个品种的单片机产品。其中,有 Motorola 公司的 6801、6802, Zilog 公司的 Z-8 系列, Rockwell 公司的 6501、6502 等,此外,日本的 NEC 公司、日立公司及 EPSON 公司等,也都相继推出了各具特色的单片机

品种。

日本日立公司(Hitachi)推出的 H8/300、H8/600 是较新款式的 8 位单片机系列,采用高级语言 C 编写软件,中央处理器工作频率为 10 MHz,16 位寄存器至寄存器加/减(速度 200 ns)、乘/除(速度 $1.4\ \mu\text{s}$ 至 $2.6\ \mu\text{s}$),寻址空间最多有 16 MB。

日本 NEC 公司 78K/11 系列 16 位单片机,由于工作温度在 $-40\ ^\circ\text{C}$ 至 $125\ ^\circ\text{C}$,已作为汽车电子元件之一广泛用于汽车制造业。

美国 Motorola 公司的 LapKat 芯片是 HC05 单片机的新成员之一,也是较为理想的微型功率控制器。LapKat 芯片以 8 位 CPU 为核心配以 8 KB ROM 及 304 B RAM,基本功率控制管理计有 8 条外围设备扫描线、8 条内部工作扫描线、8 个 8 位功率监视及电池侦察 A/D,能仿真 8042、8048 键盘扫描/控制器以及 MC146818 实时时钟(RTC),也可与 HC05 配合或单独使用。

美国 Harriscom 公司 NS 单片机系列产品,其概念核心是将共用的中央处理器结构作为整个系列所有成员的控制中心。这种方式可将各种 E²PROM、寄存器、比较器、模/数转换器及通用异步收发器(UART)等外围功能,较迅速而有效地组合在一起。

对工业控制、智能仪表等诸多较高层次的应用领域,8 位单片机系列在性能、价格两方面有较好的兼顾。

尽管目前单片机的品种很多,但其中最具典型性的当属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。MCS-51 是在 MCS-48 的基础上于 80 年代初发展起来的,虽然它仍然是 8 位的单片机,但其功能有很大的增强。此外,它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点。因此,MCS-51 应用非常广泛,成为继 MCS-48 之后最重要的单片机品种。直到现在 MCS-51 仍不失为单片机中的主流机型。国内尤以 Intel 的 MCS-51 系列单片机应用最广。由于 8 位单片机的高性能价格比(如 Z-8 系列的 Z8600、80C51 系列的 80C31 每片仅售 1~1.5 美元),估计近十年内,8 位单片机将仍是单片机中的主流机型。

在 8 位单片机之后,16 位单片机也有很大发展。例如,1983 年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机就是其中的典型代表。与 MCS-51 相比,MCS-96 不但字长增加一倍,而且还具有 4 路或 8 路的 10 位 A/D 转换功能,此外,在其它性能方面也有一定的提高。在高档智能仪表、彩色复印机、录像机等应用领域,16 位单片机大有用武之地。目前,Intel 公司的 MCS-96 系列单片机在国内已得到较好的应用,它必将以高性能的特点在国内得到大规模推广。

综观二十多年的发展过程,单片机正朝多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、扩大存储容量和加强 I/O 功能及结构兼容方向发展。预计,今后的发展趋势不外乎在以下几个方面:

1. 多功能

在单片机中尽可能多地把应用所需的存储器、各种功能的 I/O 口都集成在一块芯片内,成为名副其实的单片机。如把 LED、LCD 或 VFD 显示驱动器也开始集成在 8 位单片机中了。

2. 高性能

为了提高速度和执行效率,在单片机中开始使用 RISC、流水线和 DSP 等的设计技术,使单片机的性能明显地优于同类型的微处理器。

同时,由于集成度的进一步提高,有的单片机的寻址能力已突破 64 KB 的限制,8 位、16 位的单片机有的寻址能力已达到 1 MB 和 16 MB。片内 ROM 的容量可达 62 KB, RAM 的容量可达 2 KB。

3. 低电压、低功耗

单片机大量应用于携带式产品和家电消费类产品,低电压和低功耗的特性尤为重要。许多单片机已可在 2.2 V 电压下运行,有的已能在 1.2 V 或 0.9 V 电压下工作。功耗已为 μA 级,在一粒钮扣电池下就可长期运行。

4. 低价格

单片机应用的另一显著特点是量大面广。因此,世界各个公司在提高单片机性能的同时,也十分注意降低价格。提高性能价格比是各公司竞争的主要策略。

1.3 MCS-51 和 80C51 系列简介

从 MCS-48 单片机发展到如今的新一代单片机,大致经历了三代。如以 Intel 8 位单片机为例,这三代的划分大致如下。

第一代:以 MCS-48 系列单片机为代表。

其主要的技术特征是将 CPU 和计算机外围电路集成到了一个芯片上,在与通用 CPU 分道扬镳、构成新型工业微控制器方面取得了成功,为单片机的进一步发展开辟了成功之路。

第二代:以 MCS-51 系列的 8051、8052 单片机为代表。

MCS-51 系列 8 位高档单片机是在总结 MCS-48 系列单片机的基础上,于 80 年代初推出的新产品。其主要的技术特征是:

(1) 扩大了片内存储容量、外部寻址空间:程序存储器和片外数据存储器的寻址都增加为 64 KB。4K $\times$ 8 位 ROM 作为片内程序存储器,用来存放系统程序、用户的专用程序和固定常数。

在 MCS-51 系列单片机中,8031、8751 与 8051 的内部结构基本相同。其区别仅在于:8031 内部不含有程序存储器,必须由外部扩展;8751 内部程序存储器为可编程、可改写的只读存储器 EPROM,其内部程序由用户自行写入。

在片内数据存储器方面,采用 8 位地址,寻址范围为 256 B。其中,00H~7FH 为 128 B 的片内 RAM,用来存放用户的随机数;在 80H~FFH 范围内离散地分布着 21 个特殊功能寄存器,其中 11 个特殊功能寄存器具有位寻址能力。在片内 RAM 中,00H~1FH 可分为 4 个寄存器工作区。寄存器工作区由选择指令进行切换,从而有效地提高了 CPU 的现场保护能力和实时响应速度。20H~2FH 单元可进行位寻址。

(2) 增强了并行口、增设了全双工串行口 I/O:4 个 8 位并行 I/O 接口,可用于地址和数据的传送,也可与 8243、8155 等连接,进行外部 I/O 接口的扩展;串行 I/O 接口,是一个全双工串行通信口,可用于数据的串行接收和发送,为构成串行通信网络提供了方便。

(3) 增加了定时器/计数器的个数并扩展了长度:定时器/计数器由一个增为两个(8052 为三个),计数长度由 8 位增为 16 位,且有 4 种工作方式。这样,既提高了定时/计数范围,又使用户使用灵活方便。

(4) 增强了中断系统:设置有 2 级中断优先级,可接受 5 个中断源的中断请求,中断优先级可由用户定义。这样,就使 MCS-51 单片机很适合用于数据采集与处理、智能仪器仪表和工业过程控制中。

(5) 具备较强的指令寻址和运算等功能:有 111 条指令,可分为 4 大类,使用了 7 种寻址

方式。这些指令 44% 为单字节指令, 41% 为双字节指令, 15% 为三字节指令。若用 12 MHz 的晶体频率, 50% 的指令可在 $1\ \mu\text{s}$ 内执行完毕, 40% 的指令在 $2\ \mu\text{s}$ 内执行完毕。此外, 还设有减法、比较和 8 位乘、除法指令。乘、除法指令的执行时间仅为 $4\ \mu\text{s}$ 。这样, 大大地提高了 CPU 的运算与数据处理能力。

(6) 增设了颇具特色的布尔处理机: 在指令系统中设置有位操作指令, 可用于位寻址空间, 这些位操作指令与位寻址空间一起构成布尔处理机。布尔处理机对于实时逻辑控制处理具有突出的优点。

可以看出, 这一代单片机主要的技术特征是为单片机配置了完善的外部并行总线 (AB、DB、CB) 和具有多机识别功能的串行通信接口 (UART), 规范了功能单元的特殊功能寄存器 (SFR) 控制模式及适应控制器特点的布尔处理系统和指令系统, 为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。

但是, 无论是第一代还是第二代单片机都还未突破单片微机的内涵。

第三代: 以 80C51 系列单片机为代表。

它包括了 Intel 公司发展 MCS - 51 系列的新一代产品, 如 8XC152、80C51FA/FB、80C51GA/GB、8XC451、8XC452, 还包括了 Philips、Siemens、ADM、Fujitsu、OKI、ATMEL 等公司以 80C51 为核心推出的大量各具特色、与 MCS - 51 兼容的单片机。

80C51 系列单片机是在 MCS - 51 的 HMOS 基础上发展起来的, 它们具有 CHMOS 结构。部分厂家所生产的 80C51 系列或与之相兼容的单片机的特点列于表 1-1、表 1-2、表 1-3 及表 1-4 中。

从表中可以看出, 80C51 系列单片机保留了 MCS - 51 单片机的所有特性, 内部组成基本相同。

80C51 系列单片机增设了两种可以用软件进行选择的低功耗工作方式: 空闲方式和掉电方式。

87C51 单片机是 80C51 含 EPROM 的产品, 89C51 单片机是 80C51 含 E²PROM 的产品。这种单片机有两级或三级程序存储器保密系统, 用于保护 EPROM 或 E²PROM 中的程序, 以防止非法拷贝。另外, 87C51 单片机还可利用智能编程法进行编程, 可使每个字节编程的时间由 50 ms 减少到 4 ms, 速度快、效率高。

新一代的 80C51 系列单片机除了上述的结构特性外, 其最主要技术特点是向外部接口电路扩展, 以实现微控制器 (microcontroller) 完善的控制功能为己任。例如: 为单片机配置了芯片间的串行总线, 如 I² 总线, 为单片机应用系统设计提供了更加灵活的方式; Philips 公司还为 80C51 系列 8XC592 单片机引入了具有较强功能的设备间网络系统总线——CAN 总线 (Controller Area Network BUS) 等。这一系列的单片机为外部提供了相当完善的总线结构, 为系统的扩展与配置打下了良好的基础。

80C51 系列单片机产品中增加了一些外部接口功能单元, 如 A/D、PWM、PCA (可编程计数器阵列)、WDT (监视定时器)、高速 I/O 口、计数器的捕获/比较逻辑等。

此外, 由于 80C51 系列采用了 CMOS 技术制造而成, 较之 MCS - 51 系列集成度高、速度快、功耗低。

虽然, 现在 MCS - 51 仍不失为单片机中的主流机型, 国内仍以 Intel 公司的 MCS - 51 系列单片机应用最广; 但是, 由于 80C51 系列单片机所具有的一系列更加优越的特点, 获得广泛使用将是指日可待, 故而本教程也以 80C51 为主线来加以讲授。

表 1-1 Philips 公司 80C51 系列的部分单片机

型 号			存储器/B		定时器/ 计数器	I/O 脚	串行 口	中断	速度 /MHz	其它 特点
无 ROM	ROM	EPROM	ROM	RAM						
—	83C750	87C750	1K	64	1	19		2	40	20 引脚
—	83C751	87C751	2K	64	1	19	1	2	16	I ² C
	83C752	87C752	2K	64	1	21	1	2		I ² C
80C31	80C51	87C51	4K	128	2	32	1	2		
80CL31	80CL51		4K	128	2	32	1	10	16	
80C32	80C52	87C52 89C52	8K	256	3	32	1	2	33	
	80C550	83C550 87C550	4K	128	3	32	1	2	16	WDT, AD
	80C552	83C552 87C552	8K	256	4	48	2	2		I ² C, WDT, AD, PWM
		83CE559	48K	2 048	4	48	2	2	16	I ² C, WDT, 低干扰
	83C592 80C592	87C592	16K	512	4	48	2	10	16	CAN, WDT

表 1-2 Siemens 公司 C500 系列的部分单片机

型 号			存储器/B		定时器/ 计数器	I/O 脚	串行 口	中 断	速度 /MHz	其它 特点
无 ROM	ROM	EPROM	ROM	RAM						
C501G-L	C501G-1R C501G-E		8K 16K	256	3	32	1	6	40	
C504-L	C504-2R	C504-E	16K	512	4	32	1	12	40	A/D, PWM WDT
C513A-L	C513-1R C513A-R C513A-2R		8K	256 512	3	32	2	7	12	
		C505L-4E	32K	512	3	46	1	12	20	A/D, LCD, PWM, WDT
C505C-L	C505L-2R		16K	512	3	34	1	12	20	A/D, CAN, PWM, WDT
		C505A-4E	32K	1 280	3	34	1	12	20	CAN, PWM, WDT
C515-L	C515-1R		8K	256	3	48	1	12	20	A/D, PWM, WDT