



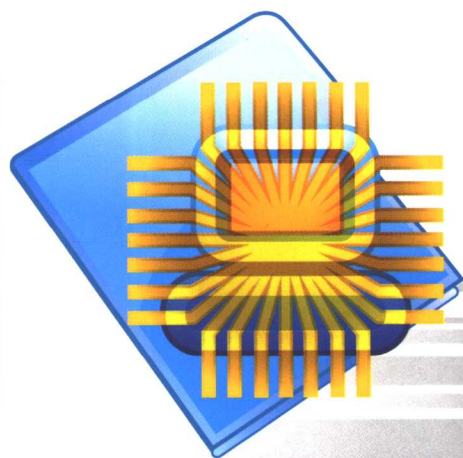
21st CENTURY

十一五规划教材

21世纪全国高等院校

自动化系列

实用规划教材



单片机原理及应用

主 编 刘 刚 秦永左
副主编 朱杰斌 刘兆峰

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材

单片机原理及应用

主 编 刘 刚 秦永左
副主编 朱杰斌 刘兆峰
参 编 李 慧 吴叶兰

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为中心, 介绍单片机的原理及应用。全书共分 7 章。第 1 章 MCS-51 系列单片机基础; 第 2 章单片机指令系统及程序设计; 第 3 章单片机内部硬件资源; 第 4 章单片机系统扩展技术; 第 5 章单片机应用系统设计与开发; 第 6 章 C 语言在单片机中的应用; 第 7 章 80C51 增强核简介。本书在编写过程中参考了各种系列单片机的最新资料, 吸取了单片机开发应用的最新成果。全书具有较强的系统性、先进性和实用性, 便于教学, 内容选材精练, 论述简明, 并配有一定量的习题。

本书可作为高等院校自动化、电子信息工程、计算机科学与技术、机电一体化等本科专业的单片机课程教材, 也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/刘刚, 秦永左主编. —北京: 中国林业出版社; 北京大学出版社, 2006.9

(21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材)

ISBN 7-5038-4413-2

I. 单… II. ①刘… ②秦… 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(2006)第 090836 号

书 名: 单片机原理及应用

著作责任者: 刘 刚 秦永左 主编

策 划 编 辑: 李娉婷

责 任 编 辑: 李 虎 曹 岚 张 敏

标 准 书 号: ISBN 7-5038-4413-2

出 版 者: 中国林业出版社(地址: 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号 邮编: 100009)

<http://www.cfph.com.cn> E-mail: cfphz@public.bta.net.cn

电话: 总编室 66180373 营销中心 66187711

北京大学出版社(地址: 北京市海淀区成府路 205 号 邮编: 100871)

<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com> E-mail: pup_6@163.com

电话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社 中国林业出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16 印张 360 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》

专家编审委员会

主任委员 张德江

副主任委员 (按姓氏拼音顺序排名)

陈 静 丁坚勇 侯媛彬

纪志成 任庆昌 吴 斌

秘书长 于微波

委 员 (按姓氏拼音顺序排名)

陈志新 戴文进 段晨旭 樊立萍

范立南 公茂法 关根志 嵇启春

蒋 中 雷 霞 刘德辉 刘永信

刘 原 马永翔 孟祥萍 孟彦京

聂诗良 王忠庆 吴旭云 燕庆明

杨新华 尤 文 张桂青 张井岗

总 序

我们所处的时代被称为信息时代。信息科学技术的迅速发展和广泛应用,深深地改变着人类生产、生活的各个方面。人类社会生产力发展和人们生活质量的提高越来越得益于和依赖于信息科学技术的发展。自动化科学技术涉及到信息的检测、分析、处理、控制和应用等各个方面,是信息科学技术领域的重要组成部分。在我国经济建设的进程中,工业化是不可逾越的发展阶段。面对全面建设小康社会的发展目标,党和国家提出走新型工业化道路的战略决策,这是一条我国当代工业化进程的必由之路。实现新型工业化,就是要坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的可持续发展的科学发展之路。在这个过程中,自动化科学技术起着不可替代的重要作用,高等学校的自动化学科肩负着人才培养和科学研究的光荣的历史使命。

我国高等教育中工科在校大学生数占在校大学生总数的 35%~40%,其中自动化类的学生是工科各专业中学生人数最多的专业之一。在我国高等教育已走进大众化阶段的今天,人才培养模式多样化已成为必然的趋势,其中应用型人才是我国经济建设和社会发展需求最多的一大类人才。为了促进自动化领域应用型人才培养,发挥院校之间相互合作的优势,北京大学出版社组织了此套《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》。

参加这一系列教材编写的基本上都是来自地方工科院校自动化学科的专家学者,由此确定了教材的使用范围,也为“实用教材”的定位找到了落脚点。本系列教材具有如下特点:

(1) 注重实用性。地方工科院校的人才培养规格大多定位在高级应用型,对这一大类人才的培养要注重面向工程实践,培养学生理论联系实际、解决实际问题的能力。从这一教学原则出发,本系列教材注重实用性,注意引用工程中的实例,培养学生的工程意识和工程应用能力,因此将更适合地方工科院校的教学要求。

(2) 体现新颖性。更新教材内容,跟进时代,加入一些新的先进实用的知识,同时淘汰一些陈旧过时的内容。

(3) 院校间合作交流的果。每一本教材都有几所院校的教师参加编写。北大出版社事先在西安市和长春市召开了编写计划会和审纲会,来自各院校的教师比较充分地交流了情况,在相互借鉴、取长补短的基础上,形成了编写大纲,确定了编写原则。因此,这一系列教材可以反映出各参编院校一些好的经验和做法。

(4) 这一系列教材几乎涵盖了自动化类专业从技术基础课到专业课的各门课程,到目前为止,列入计划的已有 30 多门,教材门数多,参与的院校多,参加编写人员多。

地方工科院校是我国高等院校中比例最大的一部分。本系列教材面向地方工科院校自动化类专业教学之用,将拥有众多的读者。教材专家编审委员会深感教材的编写质量对教学质量的重要性,在审纲会上强调了“质量第一,明确责任,统筹兼顾,严格把关”的原则,要求各位主编加强协调,认真负责,努力保证和提高教材质量。各位主编和编者也将尽职尽责,密切合作,努力使自己的作品受到读者的认可和欢迎。尽管如此,由于院校之间、编者之间的差异性,教材中还是难免会出现一些问题和不足,欢迎选用本系列教材的教师、学生提出批评和建议。

张德江

2006年1月

前 言

单片机是一种面向控制的大规模集成电路芯片，是微型计算机的一个重要分支。伴随着电子技术的发展和超大规模集成电路设计以及制造工艺的进一步提高，单片机技术得到了迅速发展。目前，单片机技术早已经渗透到国防尖端科技、工业、农业以及日常生活的各个领域。在工业检测控制、机电一体化、电力电子、智能仪器仪表、汽车电子等方面都得到了广泛的应用，并取得了巨大的成果。

本书以 MCS-51 系列单片机为中心，介绍单片机的原理及应用。全书共分 7 章。第 1 章 MCS-51 系列单片机基础；第 2 章单片机指令系统及程序设计；第 3 章单片机内部硬件资源；第 4 章单片机系统扩展技术；第 5 章单片机应用系统设计与开发；第 6 章 C 语言在单片机中的应用；第 7 章 80C51 增强核简介。本书在编写过程中参考了各种系列单片机的最新资料，吸取了单片机开发应用的最新成果。全书具有较强的系统性、先进性和实用性，便于教学，内容选材精练，论述简明，并配有一定量的习题。

本书可作为高等院校自动化、电子信息工程、计算机科学与技术、机电一体化等本科专业的单片机课程教材，也可作为相关工程技术人员的参考用书。

本书由长春工业大学刘刚、长春理工大学秦永左担任主编，南昌工程学院朱杰斌、山东建筑工程学院刘兆峰担任副主编，长春工业大学李慧、北京工商大学吴叶兰参加编写。其中朱杰斌编写了第 1 章和第 3 章 3.1、3.3 节，刘刚编写了第 2 章，李慧编写了第 3 章 3.2、3.4 节，秦永左编写了第 4、5 章，刘兆峰编写了第 6 章，吴叶兰编写了第 7 章。全书由刘刚统稿并定稿。

本书是编者多年来教学实践的总结，也是编者从事单片机应用科研工作的总结。同时，本书的编写还参考了许多相关的书籍和资料，编者在此对这些参考文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中的疏漏与错误之处在所难免，恳请广大读者指正。

编 者
2006 年 6 月

目 录

绪论	1	2.4 算术运算类指令	43
第 1 章 MCS-51 系列单片机基础	5	2.4.1 加法	44
1.1 单片机概述	5	2.4.2 减法	45
1.1.1 单片机的特点	5	2.4.3 乘法	46
1.1.2 单片机的主要技术指标	6	2.4.4 除法	46
1.1.3 常用单片机系列介绍	7	2.5 控制转移类指令	47
1.1.4 MCS-51 系列单片机的结构特点	9	2.5.1 无条件转移指令	47
1.2 单片机的基本结构	10	2.5.2 条件转移指令	51
1.2.1 MCS-51 单片机的组成	10	2.6 布尔处理类指令	53
1.2.2 引脚及其功能	14	2.7 汇编语言程序设计	55
1.2.3 时钟电路与时序	16	2.7.1 格式规范	55
1.3 单片机内部的存储器结构	19	2.7.2 程序设计举例	56
1.3.1 程序存储器	20	本章小结	61
1.3.2 数据存储器	21	习题	61
1.3.3 特殊功能寄存器	23	第 3 章 单片机内部硬件资源	64
1.4 复位和复位电路	28	3.1 内部并行 I/O 口	64
1.4.1 复位状态	28	3.1.1 P0 口的结构和功能	64
1.4.2 复位电路	29	3.1.2 P2 口的结构和功能	65
本章小结	30	3.1.3 P1 口的结构和功能	66
习题	30	3.1.4 P3 口的结构和功能	67
第 2 章 单片机指令系统及程序设计	31	3.1.5 并行 I/O 口的应用	68
2.1 指令系统常用符号	31	3.2 定时/计数器	70
2.2 数据传送类指令	32	3.2.1 定时/计数器结构与功能	70
2.2.1 内部 RAM、SFR 数据传送	33	3.2.2 定时/计数器相关寄存器	71
2.2.2 外部 RAM 数据传送	37	3.2.3 定时/计数器工作方式	72
2.2.3 查表	38	3.2.4 定时/计数器应用	75
2.3 逻辑运算类指令	39	3.3 串行 I/O 口	76
2.3.1 逻辑与	40	3.3.1 串行口通信基础	76
2.3.2 逻辑或	41	3.3.2 串行口的结构和功能	81
2.3.3 逻辑异或	41	3.3.3 串行口控制寄存器	81
2.3.4 累加器 A 的逻辑操作	41	3.3.4 串行口的工作方式	83
		3.3.5 串行口的双机通信及应用	87
		3.3.6 串行口的多机通信及应用	91

3.3.7 串行口的扩展应用.....	98	4.5.3 串行 A/D、D/A 转换器接口.....	147
3.4 中断系统.....	101	本章小结.....	155
3.4.1 中断的概念.....	101	习题.....	155
3.4.2 中断请求源及中断请求标志.....	102	第 5 章 单片机应用系统设计与开发.....	157
3.4.3 中断控制寄存器.....	104	5.1 MCS-51 单片机应用系统设计.....	157
3.4.4 中断优先级结构.....	106	5.1.1 应用系统设计过程.....	157
3.4.5 中断系统的工作过程.....	107	5.1.2 单片机最小系统.....	160
3.4.6 外部中断的响应时间.....	108	5.2 应用系统举例.....	161
3.4.7 中断系统应用.....	108	5.2.1 电子时钟设计.....	161
本章小结.....	109	5.2.2 温度控制系统设计.....	166
习题.....	109	5.3 仿真器用户开发系统的应用.....	172
第 4 章 单片机系统扩展技术.....	112	5.3.1 仿真器介绍.....	172
4.1 MCS-51 单片机外部总线的扩展.....	112	5.3.2 开发系统的应用.....	175
4.1.1 单片机的三总线结构.....	112	5.4 应用系统的抗干扰技术.....	178
4.1.2 典型的低 8 位地址总线的扩展电路.....	113	5.4.1 干扰源及其传播途径.....	178
4.2 存储器扩展技术.....	113	5.4.2 抗干扰措施.....	179
4.2.1 单片机的地址译码方法.....	113	本章小结.....	185
4.2.2 程序存储器的扩展.....	114	第 6 章 C 语言在单片机中的应用.....	186
4.2.3 数据存储器的扩展.....	118	6.1 C51 基本知识.....	187
4.2.4 存储器的综合扩展.....	120	6.1.1 数据类型.....	187
4.3 并行 I/O 口扩展技术.....	122	6.1.2 存储类型及存储区.....	188
4.3.1 简单 I/O 口的扩展.....	122	6.1.3 特殊功能寄存器(SFR).....	192
4.3.2 LED 数码显示器的并行 I/O 口扩展.....	123	6.2 C 语言单片机程序编写举例.....	193
4.3.3 键盘的并行 I/O 口扩展.....	126	6.3 μ Vision2 集成开发环境.....	197
4.3.4 键盘、显示器组合接口.....	129	6.3.1 创建项目实例.....	197
4.4 串行 I/O 口扩展技术.....	130	6.3.2 生成 HEX 文件.....	201
4.4.1 用 74LS165 扩展并行输入/输出.....	131	本章小结.....	202
4.4.2 用 74LS164 扩展并行输入/输出.....	132	第 7 章 80C51 增强核简介.....	203
4.4.3 利用串行口实现键盘/显示器接口.....	132	7.1 增强核的概念.....	203
4.5 A/D、D/A 转换器接口.....	134	7.2 Philips 公司主要产品性能介绍.....	203
4.5.1 D/A 转换器接口.....	134	7.2.1 Philips 公司单片机简介.....	203
4.5.2 A/D 转换器接口.....	139	7.2.2 P89C51X2/P89C52X2/54X2/58X2 系列.....	204
		7.2.3 P89C51RA2/RB2/RC2/RD2 系列.....	207
		7.3 ATMEL 公司主要产品性能介绍.....	213

7.3.1 ATMEL 公司系列单片机简介	213	7.5.3 PCA 模块工作模式	229
7.3.2 AT89 系列单片机	215	7.5.4 PCA 模块初始化	232
7.3.3 AT90 系列单片机	219	本章小结	232
7.4 Cygnal 公司主要产品性能介绍	221	附录 1 MCS-51 单片机指令表	233
7.4.1 CIP-51TM 内核	223	附录 2 MCS-51 单片机指令助记符 注释	235
7.4.2 存储器	224	附录 3 MCS-51 单片机指令对标志位 的影响状况表	236
7.4.3 JTAG 调试和边界扫描	224	附录 4 MCS-51 单片机复位对片内 RAM 和 SFR 的影响状况表	237
7.4.4 可编程数字 I/O 和交叉 开关	224	附录 5 ASCII 码表(美国标准信息 交换码)	238
7.4.5 可编程计数器阵列	225	附录 6 十六进制数与十进制数 转换表	239
7.4.6 串行口	225	参考文献	240
7.4.7 模/数转换器	225		
7.4.8 数/模转换器	226		
7.4.9 比较器	226		
7.5 可编程计数器阵列(PCA)	226		
7.5.1 PCA 定时器/计数器	227		
7.5.2 比较/捕捉模块	228		

绪 论

单片机是一种集成电路芯片,采用超大规模技术把具有数据处理能力(如算术运算、逻辑运算、数据传送、中断处理)的微处理器(CPU),随机存取数据存储器(RAM),只读程序存储器(ROM),输入输出电路(I/O口),可能还包括定时/计数器,串行通信口(SCI),显示驱动电路(LCD 或 LED 驱动电路),脉宽调制电路(PWM),模拟多路转换器及 A/D 转换器等电路集成到一个单块芯片上,构成一个最小然而完善的计算机系统。这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。

1. 单片机的应用是控制技术的一次革命,是一座重要的里程碑

单片机有着微处理器所不具备的功能,它可单独地完成现代工业控制所要求的智能化控制功能,这是单片机最大的特征。然而单片机又不同于单板机,芯片在没有开发前,它只是具备功能极强的超大规模集成电路,如果赋予它特定的程序,它便是一个最小的、完整的微机控制系统。它与单板机或个人电脑(PC 机)有着本质的区别,单片机的应用属于芯片级应用,需要用户了解单片机芯片的结构和指令系统以及其它集成电路应用技术和系统设计所需要的理论和技术,用这样特定的芯片设计应用程序,从而使该芯片具备特定的智能。

不同的单片机有着不同的硬件特征和软件特征,即它们的技术特征均不尽相同,硬件特征取决于单片机芯片的内部结构,用户要使用某种单片机,必须了解该产品是否满足需要的功能和应用系统所要求的特性指标。这里的技术特征包括功能特性、控制特性和电气特性等等,这些信息需要从生产厂商的技术手册中得到。软件特征是指指令系统特性和开发支持环境,指令特性即单片机的寻址方式、数据处理方式、逻辑处理方式、输入输出特性及对电源的要求等等。开发支持的环境包括指令的兼容及可移植性,支持软件(包含可支持开发应用程序的软件资源)及硬件资源。要利用某型号单片机开发自己的应用系统,掌握其结构特征和技术特征是必须的。

单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统,可以软件控制来实现,并能够实现智能化,现在单片机控制范畴无所不在,例如通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等等,单片机的应用领域越来越广泛。单片机的应用意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益,更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想,是控制技术的一次革命,是一座重要的里程碑。

2. 单片机发展史

1946 年第一台电子计算机诞生至今,只有 60 年的时间,依靠微电子技术和半导体技术的进步,从电子管——晶体管——集成电路——大规模集成电路,现在一块芯片上完全可以集成几百万甚至上千万只晶体管,使得计算机体积更小,功能更强。特别是近 20 年时间里,计算机技术获得飞速的发展,计算机在工农业、科研、教育、国防和航空航天领域获得了广泛的应用,计算机技术已经是一个国家现代科技水平的重要标志。

单片机诞生于 20 世纪 70 年代, 1976 年 INTEL 公司推出了 MCS-48 单片机, 这个时期的单片机才是真正的 8 位单片微型计算机, 并推向市场。它以体积小, 功能全, 价格低赢得了广泛的应用, 为单片机的发展奠定了基础, 成为单片机发展史上重要的里程碑。

在 MCS-48 的带领下, 其后, 各大半导体公司相继研制和发展了自己的单片机, Zilog 公司的 Z8 系列, INTEL 公司的 MCS-51 系列, Motorola 公司的 6801 和 6802 系列, Rokwell 公司的 6501 及 6502 系列等等, 约有几十个系列, 几百个品种, 此时的单片机均属于真正的单片化, 大多集成了 CPU、RAM、ROM、数目繁多的 I/O 接口、多种中断系统, 甚至还有一些带 A/D 转换器的单片机, 功能越来越强大, RAM 和 ROM 的容量也越来越大, 寻址空间甚至可达 64KB, 可以说, 单片机发展到了一个全新阶段, 应用领域更广泛, 特别是家用电器从此走上了利用单片机控制的智能化发展道路。

90 年代以后, 单片机获得了飞速的发展, 世界各大半导体公司相继开发了功能更为强大的单片机。美国 Microchip 公司发布了一种完全不兼容 MCS-51 的新一代 PIC 系列单片机, 引起了业界的广泛关注, 特别它的产品只有 33 条精简指令集吸引了不少用户, 使人们从 INTEL 公司 MCS-51 单片机的 111 条复杂指令集中走出来。PIC 单片机获得了快速的发展, 在业界中占有一席之地。ATMEL 公司则把单片机技术与先进的 Flash 存储技术完美地结合起来, 发布了性能相当优秀的 AT89 系列单片机。包括中国的台湾 HOLTEK 和 WINBOND 等公司也纷纷加入了单片机发展行列, 凭着其廉价的优势, 占有一部分市场。

自 1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机之后, 迄今为止, 单片机经历了由 4 位机到 8 位机, 16 位机再到 32 位机的发展过程。单片机制造商很多, Intel 公司凭着其雄厚的技术、性能优秀的机型和良好的基础, 目前仍是单片机的主流产品。除了 Intel 公司之外, 还有 Philips、Siemens、AND、OKI、MATRA-MHS、Atmel、Dallas 公司都生产各种 8051 及其派生型单片机。

3. 单片机的应用领域

单片机有着体积小、功耗低、功能强、性能价格比高、易于推广应用等显著特点, 具体体现在以下几个方面: 智能化仪器仪表、自动化装置、家用电器、医用设备、计算机网络和通信领域等领域, 大致可分如下几个范畴:

1) 在智能仪器仪表上的应用

可实现如电压、功率、频率、温度、流量、重量、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化, 且功能更强。例如精密的测量设备中电子称、功率计、数字示波器等。

2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。如智能传感器、数控机床、工业机器人、电梯智能化控制、自动生产线控制系统等。

3) 在家用电器中的应用

可以这样说, 现在的家用电器基本上都采用了单片机控制, 如电饭煲、微波炉、洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、DVD 机、游戏机、录像机、音响设备等。

4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片普遍具备通信接口, 可以很方便地与计算机进行数据通信, 为在计算机

网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件, 现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制, 从调制解调器、集群移动通信、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信, 再到日常工作中随处可见的电话机、移动电话和无线电对讲机等。

5) 单片机在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛, 例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

6) 其它领域的应用

此外, 单片机在工商、金融、交通、教育、国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。如自动售货机、电子收款机、银行统计机; 交通指示灯、加油机、汽车内部的自动装置; 传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘驱动器、显示器、图形终端机、智能终端机; 导弹制导、雷达、目标识别、跟踪、航天事业等。

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, 有与主流 C51 系列兼容的, 也有不兼容的, 但它们各具特色, 互成互补, 为单片机的应用提供广阔的天地。纵观单片机的发展过程, 可以预示单片机的发展趋势, 大致包括:

1) 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630mW, 而现在的单片机普遍都在 100mW 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了 CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。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 虽然功耗较低, 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的特点, 这些特征, 更适合于在要求低功耗如电池供电的应用场合。所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

2) 微型单片化

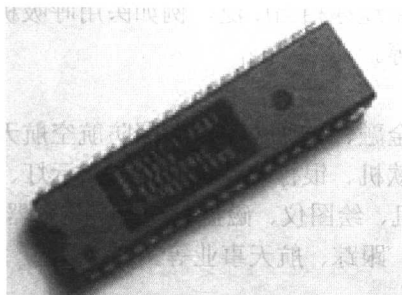
现在常规的单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存取数据存储(RAM)、只读程序存储器(ROM)、并行和串行通信接口, 中断系统、定时电路、时钟电路集成在一个单一的芯片上, 增强型的单片机集成了如 A/D 转换器、PMW(脉宽调制电路)、WDT(看门狗), 有些单片机将 LCD(液晶)驱动电路都集成在单一的芯片上, 这样单片机包含的单元电路就更多, 功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做, 制造出具有个性特色的单片机芯片。

此外, 现在的产品普遍要求体积小、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。

3) 主流与多品种共存

现在虽然单片机的品种繁多, 各具特色, 但仍以 80C51 为核心的单片机占主流, 兼容其结构和指令系统的有 PHILIPS 公司的产品、ATMEL 公司的产品和中国台湾的 Winbond 系列单片机。所以 80C51 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简

指令集(RISC)也有着强劲的发展势头,中国台湾的 HOLTEK 公司近年的单片机产量与日俱增,与其低价质优的优势,占据一定的市场份额。此外还有 MOTOROLA 公司的产品。在一定的时期内,这种情形将得以延续,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补,相辅相成,共同发展的道路。



综上所述,由于 8 位单片机在性能价格比上占有绝对优势,而且 8 位增强型单片机在速度和功能上向现在的 16 位单片机挑战,因此在未来相当长的时期内,无论是从全国范围还是全球范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 单片机,8 位单片机仍是单片机的主流机型。正是基于这一事实,本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机 8051 为研究对象,介绍 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的硬件结构、工作原理、指令系统及应用系统的设计。

第 1 章 MCS-51 系列单片机基础

单片机，也称单片微控制器(MCU)，是把一个计算机系统集成在一块芯片上的微机。片内含有微处理器(CPU)、只读存储器(ROM)、随机存取存储器 RAM、并行 I/O 口、串行 I/O 口、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线等。

1.1 单片机概述

单片机按内部数据通道的宽度，可分为 4 位、8 位、16 位及 32 位单片机。因此，单片机的发展先后经历了 4 位、8 位、16 位和 32 位等阶段。虽然如此，从实际使用情况看，却并没有出现推陈出新、以新代旧的局面。4 位、8 位、16 位和 32 位单片机仍各有应用领域，8 位单片机由于功能强，被广泛用于工业控制、智能接口、仪器仪表等各个领域，8 位单片机在中、小规模应用场合仍占主流地位，代表了单片机的发展方向，在单片机应用领域发挥着越来越大的作用。本书主要以 MCS-51 系列单片机中的 8051 单片机为主，讲述单片机的原理及应用。

1.1.1 单片机的特点

单片机的特点可归纳为以下几个方面：

1) 集成度高

单片机尽可能把实际应用所需要的 CPU、RAM、ROM、I/O 口及定时器/计数器都集成在一块芯片内，使之成为名副其实的单片机。内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连接，大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。与常规的计算机系统相比，具有体积小、集成度高的特点。

2) 存储容量大

采用了 16 位地址总线的 8 位单片机 8051 可寻址外部 64KB 数据存储器 and 64KB 程序存储器。有的单片机为了提高速度和执行效率，采用了 RISC 流水线和 DSP 的设计技术，使单片机的性能明显优于同类微处理器，单片机的寻址已突破 64KB 的限制，8 位和 16 位单片机寻址可达 1MB 和 16MB。

3) 外部扩展能力强

在单片机内部的各种功能部分不能满足应用需求时，均可在外部进行扩展(如扩展 ROM、RAM、I/O 口、定时/计数器，中断系统等)，给应用系统设计带来极大的方便和灵活性。

4) 控制功能强

采用面向控制的指令系统，能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务。为满足控制的需要，单片机有很强的逻辑控制能力，特别是具有很强的位处理能力。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。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。

5) 低电压、低功耗

单片机大量应用于便携式产品和家用电器产品，低电压和低功耗的特性尤为重要。采用 CHMOS 制造工艺，集 HMOS 的高速、高集成度和 CMOS 的低功耗技术于一体，使单片机的功耗进一步降低，适应电压范围更宽(2.6~6V)。

6) 性能价格比高

单片机另一个显著特点是成本低，运用灵活，易于产品化，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。因此世界上各大公司在提高单片机性能的同时，进一步降低价格，提高性能价格比是各公司竞争的主要策略。

7) 可靠性高

抗干扰能力强，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。

1.1.2 单片机的主要技术指标

MCS-51 系列单片机品种很多，一般采用 40 引脚的双列直插式塑料封装。

1) 按片内程序存储器配置分：

(1) 片内无 ROM: 80(C)3X	8031	
(2) 片内有 ROM: 80(C)5X	8051	4KB(0000H~0FFFFH)
(4) 片内有 EPROM: 87(C)5X	8751	4KB(0000H~0FFFFH)
(4) 片内有 FLASH E ² PROM: 89C5X	89C51	4KB(0000H~0FFFFH)

2) 按制造工艺分：

(1) HMOS：高密度短沟道 MOS 工艺，与 TTL 电平兼容。

(2) CHMOS：互补金属氧化物的 HMOS 工艺，与 TTL 电平、CMOS 电平兼容。

CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合，既具有 CMOS 低功耗的特点，又保持了 HMOS 的高速度和高密度的特点。如产品型号中带有“C”的即为 CHMOS 芯片，没有“C”的即为 HMOS 芯片。

3) 按功能分：

(1) 基本型(如 8031、8051、8751、89C51)。

- ① 8 位 CPU；
- ② 128B 的数据存储器；
- ③ 32 根 I/O 线；
- ④ 64KB 的片外程序存储器寻址能力；
- ⑤ 64KB 的片外数据存储器寻址能力；
- ⑥ 1 个全双工的异步串行口；
- ⑦ 2 个 16 位定时/计数器；
- ⑧ 5 个中断源，2 个优先级；
- ⑨ 4KB 的程序存储器(8051、8751、89C51)；
- ⑩ 21 个特殊功能寄存器；
- ⑪ 1 个片内时钟振荡器和时钟电路。

(2) 增强型(如 8032、8052、8752、89C52)。此类单片机在基本型的基础上, 内部 ROM、RAM 容量增大一倍, 同时定时器增为 3 个。

- ① 256B 的数据存储器;
- ② 8KB 的片内程序存储器(8052、8752、89C52);
- ③ 3 个 16 位定时/计数器;
- ④ 6 个中断源, 2 个优先级。

(3) 多并行口型(如 83C451、80C451)。此类单片机在 80C51 基础上, 新增了与 P1 口相同的 8 位准双向口 P4、P5 和一个特殊的内部具有上拉电阻的 8 位双向口 P6(既可作为标准的双向输入输出口, 又可进行选通方式操作)。

(4) A/D 转换型(如 83C51GA、80C51GA、87C51GA)。此类单片机带有 8 路 8 位 A/D 转换。半双工同步串行口, 拥有 16 位监视定时器, 扩展了 A/D 中断和串行口中断, 使中断源达到 7 个, 具有振荡器失效检测功能。

1.1.3 常用单片机系列介绍

以 1980 年 Intel 公司推出的 MCS-51 系列为代表产品, 高性能单片机阶段。其技术特点是完善了外部总线, 并确立了单片机的控制功能。外部并行总线规范化为 16 位地址总线, 用以寻址外部 64KB 的程序存储器和数据存储器空间; 8 位数据总线及相应的控制总线, 形成完整的并行三总线结构。Intel 公司单片机系列共有十几种芯片, 见表 1-1。

表 1-1 Intel 公司单片机系列

系列	型号	片内存储器 (字节)		片外存储器直接 寻址范围		I/O 口线		中 断 线	定时/计数 器(个×位)	封装 DIP	其他
		ROM /EPR OM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行				
MCS-48 (8 位机)	8048	1K/	64	256	4K	27		2	1×8	40	
	8748	/1K	64	256	4K	27		2	1×8	40	
	8035	—	64	256	4K	27		2	1×8	40	
	8049	2K/	128	256	4K	27		2	1×8	40	
	8749	/2K	128	256	4K	27		2	1×8	40	
	8039	—	128	256	4K	27		2	1×8	40	
	8051	4K/	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	40	
MCS-51 (8 位机)	8751	/4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	40	
	8031	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	40	
	8052AH	8K/	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	40	
	8752AH	/8K	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	40	
	8032AH	—	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	40	
	80C51BH	4K/	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	40	
	80C31BH	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	40	
	87C51BH	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	40	CHMOS