

全国高等职业教育电类专业研究会审定教材

 高职电类精品课程规划教材

单片机原理与应用技术

DANPIANJI YUANLI YU YINGYONG JISHU

主 编 石建华 李 媛

副主编 陈 卉



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

TP368.1
1012
2

全国高等职业教育电类专业研究会审定教材

高职电类精品课程规划教材

单片机原理与应用技术

主 编 石建华 李 媛
副主编 陈 卉

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书以 8051 为基础,系统而全面地介绍了单片机的应用技术。

全书共分为 11 章,分别介绍了:计算机基础知识和单片机的发展及其应用特点;单片机的结构、硬件和引脚特性;单片机指令功能、编程方法及技术和程序设计;中断、定时/计数器的相关知识及应用;单片机系统的扩展;串行通信接口技术与应用;串行扩展技术;并行接口与应用;常用设备接口技术(键盘、显示、输出、USB 等典型应用);D/A 与 A/D 接口技术及接口电路;系统设计与开发,并结合实际工程的实例讲解了系统设计的方法、内容和步骤。

书中通过各种典型工控实例,进一步阐述了单片机的应用技术;附录中根据编者多年的实训教学经验,采用自制最小系统完成 13 种经典实训,其中有硬件实训和软件实训,使不具备实训硬件条件的学校或个人都可以用较小的成本来完成实训学习,是一本集理论与实训兼顾的应用性教程。

本书内容由浅入深、结构严谨、通俗易懂,具有一定的先进性、系统性和实用性。

本书可作为高职高专院校等电类专业的单片机教材,也可供科研人员、工程技术人员和单片机爱好者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术/石建华,李媛主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978-7-5635-1593-6

I. 单… II. ①石… ②李… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 186527 号

书 名: 单片机原理与应用技术

主 编: 石建华 李 媛

副 主 编: 陈 卉

责任编辑: 张珊珊

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092mm 1 16

印 张: 19.5

字 数: 457 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1593-6

定 价: 28.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

高职电类精品课程规划教材

编审委员会

- 主 任** 高 林(北京联合大学副校长)
- 副 主 任** 鲁宇红(金陵科技学院副院长)
- 鲍 泓(北京联合大学信息学院院长)
- 孙建京(北京联合大学自动化学院院长)
- 郁建中(金陵科技学院信息技术学院副院长)
- 华永平(南京信息职业技术学院电子信息系主任)
- 杜庆波(南京信息职业技术学院通信工程系主任)
- 黄伟文(宁波职业技术学院华建信息学院副院长)
- 刘连青(北京信息职业技术学院电子工程系主任)
- 朱运利(北京电子科技职业学院工程系主任)
- 刘 威(北京电子科技职业学院电信系主任)
- 姚建永(武汉职业技术学院电信学院院长)
- 章 讯(长江职业学院工学院院长)
- 吕玉明(天津电子信息职业技术学院电子系主任)
- 丁学恭(杭州职业技术学院机电工程系主任)
- 韩春光(宁波大红鹰职业技术学院应用电子系主任)
- 李锦伟(浙江交通职业技术学院信息与管理系主任)
- 倪 勇(浙江机电职业技术学院电子信息工程系主任)
- 龚赤兵(广东水利电力职业技术学院计算机系副主任)
- 朱祥贤(淮安信息职业技术学院信息通信系主任)
- 委 员** (排名不分先后)
- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 陈传军 | 许学梅 | 吴志荣 | 楼晓春 | 刘大会 |
| 黄一平 | 王 川 | 石建华 | 万少华 | 冯友谊 |
| 何正宏 | 陈 卉 | 王建生 | 任力颖 | 卢孟夏 |
| 李红星 | 张益农 | 李 媛 | 钱琳琳 | 李永霞 |
| 白桂银 | 马靖宇 | 杨 菁 | 齐连运 | 杨 帆 |
- 执行编委** 王志宇

高职电类精品课程规划教材

参编院校

北京联合大学

东北电力大学

宁波职业技术学院

北京电子科技职业学院

长江职业学院

天津电子信息职业技术学院

宁波大红鹰职业技术学院

浙江机电职业技术学院

江西九江职业技术学院

常州信息职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

武汉交通职业技术学院

南京交通职业技术学院

金陵科技学院

南京信息职业技术学院

北京信息职业技术学院

武汉职业技术学院

湖北交通职业技术学院

杭州职业技术学院

浙江交通职业技术学院

浙江工商职业技术学院

广东水利电力职业技术学院

淮安信息职业技术学院

沈阳职业技术学院

武汉船舶职业技术学院

南京正德职业技术学院

前 言

随着社会的发展,计算机也越来越小型化,单片机应用技术飞速发展,应用领域越来越广泛,目前理工科高等院校、高职高专普遍开设单片机课程。电类专业的学生对单片机课程有兴趣,但原理性的内容掌握起来又有一定的难度,而且支离破碎,没有一个系统贯穿始终,会使学生很快失去兴趣。因此本书的编写思路以目前普遍应用的 8051 为基础,将单片机基础知识贯穿始终,从理论知识深入到实际应用。

考虑到有些电类专业没有开设计算机专门课程,因此本书内容的安排由基础知识入手,由浅入深逐渐完成 8051 单片机知识的讲解,概念明确,条理性好;本书注重理论联系实际,从应用的角度出发,在讲清基本原理的基础上,强调了接口电路的分析和设计能力的训练;本书例题丰富,多为实际工程解决方案,实用性强;本书配套的实训指导书也是编者在实训教学中多年实践的结晶,可直接用于实训教学。

本书共分为 11 章。第 1 章主要讲解了计算机基础知识和单片机的发展及其应用特点;第 2 章介绍了单片机的结构、硬件和引脚特性;第 3 章阐述了单片机指令功能、编程方法及技术和程序设计;第 4 章介绍了中断、定时/计数器的相关知识及应用;第 5 章介绍了单片机系统的扩展;第 6 章介绍了串行通信接口技术与应用;第 7 章介绍了串行扩展技术;第 8 章介绍了并行接口与应用;第 9 章介绍了常用设备接口技术(键盘、显示、输出、USB 等典型应用);第 10 章介绍了 D/A 与 A/D 接口技术及接口电路;第 11 章介绍了系统设计与开发,并以实际工程的实例讲解系统设计的方法、内容和步骤;附录中配备了实训教材。

本书的第 1 章、附录 1 由石建华编写;第 2 章由黎爱琼编写;第 3 章、附录 2 由熊晓倩编写;第 4 章由陈卉、邓柳编写;第 5 章由夏光蔚编写;第 6 章由徐雪慧编写;第 7 章由杨杰编写;第 8 章由龙浩编写;第 9 章由李永霞编写;第 10 章由李秀丽编写;第 11 章由李媛编写;实训教材由王念桥编写。全书由石建华和李媛任主编,陈卉任副主编。

本书每章都配有相应的练习题。可作为高职高专院校等电类专业的单片机教材,也可供科研人员、工程技术人员和单片机爱好者参考阅读。

本书在编写过程中得到了武汉职业技术学院、北京联合大学、长江职业学院等各位同行和专家建设性的意见和帮助,在此表示感谢。

限于作者水平有限,书中的错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 计算机技术基础

1.1 计算机的发展与分类	1
1.1.1 计算机的发展	1
1.1.2 计算机的分类	2
1.2 单片机概况及应用	3
1.2.1 单片机的概念	3
1.2.2 单片机发展与应用	3
1.2.3 Intel MCS 系统单片机简介	5
1.2.4 单片机的应用	7
1.3 计算机的运算基础	8
1.3.1 进位计数制	8
1.3.2 进位计数制之间的相互转换	8
1.3.3 数的定点与浮点表示	10
1.3.4 带符号的数的表示	11
1.3.5 运算方法	12
1.4 常用编码	14
1.4.1 8421 BCD 码	14
1.4.2 ASCII 码的概念	15
本章小结	15
习题一	15

第 2 章 MCS-51 单片机的结构

2.1 MCS-51 单片机的内部结构	17
2.2 CPU 的结构	18
2.2.1 运算器	18
2.2.2 控制器	20
2.2.3 工作寄存器和特殊功能寄存器	22
2.3 MCS-51 单片机存储系统	24



2.3.1 程序存储器·····	24
2.3.2 数据存储器·····	25
2.3.3 存储器的结构·····	26
2.3.4 存储器的数据操作·····	26
2.3.5 堆栈·····	27
2.4 CPU 的时钟电路、时序及引脚功能·····	28
2.4.1 时钟电路·····	28
2.4.2 时序·····	30
2.4.3 引脚功能·····	31
2.5 输入/输出端口及操作·····	33
2.5.1 P0 口·····	33
2.5.2 P1 口·····	34
2.5.3 P2 口·····	35
2.5.4 P3 口·····	36
2.5.5 P0~P3 口的负载能力及接口要求·····	36
2.6 MCS-51 单片机的工作方式·····	36
2.6.1 复位方式·····	37
2.6.2 程序执行方式·····	38
2.6.3 低功耗操作方式·····	38
2.6.4 编程和加密方式·····	39
2.6.5 单片机最小系统·····	39
本章小结·····	40
习题二·····	40

第3章 MCS-51 单片机指令系统及程序设计

3.1 MCS-51 单片机指令系统简介·····	41
3.1.1 MCS-51 单片机指令系统的分类·····	41
3.1.2 指令格式·····	42
3.1.3 指令中的常用符号·····	42
3.1.4 寻址方式·····	43
3.2 MCS-51 单片机指令系统·····	46
3.2.1 数据传送类指令·····	47
3.2.2 算术运算类指令·····	50
3.2.3 逻辑运算类指令·····	51
3.2.4 控制转移类指令·····	52
3.2.5 布尔处理类指令·····	55
3.3 汇编语言及其语句格式·····	56



3.3.1 汇编语言的语句格式	56
3.3.2 伪指令	56
3.4 MCS-51 汇编语言程序设计	57
3.4.1 汇编语言程序设计特点	57
3.4.2 汇编语言程序设计过程	58
3.4.3 汇编语言程序设计方法	59
3.5 MCS-51 汇编语言实用程序设计举例	67
3.5.1 多字节数算术运算程序	67
3.5.2 数制转换程序	71
3.5.3 查表程序	71
3.5.4 散转程序	73
3.5.5 信号产生程序	76
本章小结	76
习题三	77
 第4章 中断、定时/计数器及应用	
4.1 概述	80
4.1.1 中断、定时/计数器基本知识	80
4.1.2 单片机与外围设备的数据传送方式	80
4.2 中断系统	81
4.2.1 中断的概念	81
4.2.2 MCS-51 单片机的中断系统	82
4.2.3 中断控制	83
4.2.4 中断处理过程	85
4.2.5 中断应用举例	86
4.3 定时器/计数器	87
4.3.1 定时器/计数器的结构	87
4.3.2 定时器/计数器的工作方式	89
4.3.3 定时器/计数器对输入信号的要求	92
4.3.4 定时器/计数器编程和应用	92
本章小结	94
习题四	94
 第5章 MCS-51 单片机系统的扩展	
5.1 MCS-51 的外部扩展性能	96
5.1.1 MCS-51 的片外总线结构	96
5.1.2 MCS-51 的系统扩展能力	97



5.1.3 MCS-51 的系统扩展方法	98
5.2 MCS-51 存储器的扩展	99
5.2.1 存储器及存储器扩展的概述	99
5.2.2 程序存储器的扩展	102
5.2.3 数据存储器的扩展	103
5.2.4 程序存储器和数据存储器扩展综合举例	109
5.3 MCS-51 单片机 I/O 口的扩展	112
5.3.1 单片机 I/O 口的直接应用	112
5.3.2 数据总线的扩展	115
5.3.3 串行口的扩展	116
5.3.4 并行口的扩展	116
本章小结	117
习题五	117

第 6 章 串行通信接口技术与应用

6.1 串行通信的基本知识	119
6.1.1 数据通信的基本概念	119
6.1.2 串行通信方式	120
6.2 MCS-51 单片机串行口的结构与工作方式	123
6.2.1 串行口的结构	123
6.2.2 串行口控制寄存器 SCON 和电源控制寄存器 PCON	124
6.2.3 波特率设计	125
6.2.4 串行口的 4 种工作方式	126
6.3 主从式多机通信	128
6.3.1 主从式多机通信原理	128
6.3.2 多机通信协议	129
6.3.3 串行通信实例	129
6.4 PC 机与单片机的通信	134
6.4.1 异步通信适配器	134
6.4.2 PC 与 8051 双机通信技术	137
6.4.3 PC 与 8051 多机通信技术	138
本章小结	139
习题六	139

第 7 章 串行扩展技术

7.1 串行扩展概述	141
7.1.1 串行扩展特点	141



7.1.2 串行扩展方式分类	142
7.1.3 虚拟串行扩展	143
7.2 移位寄存器扩展技术	144
7.2.1 移位寄存器串行扩展方式	144
7.2.2 串行方式 0 归一化子程序	145
7.2.3 MCS-51 I/O 虚拟串行口	147
7.2.4 移位寄存器串行扩展应用	149
7.3 I ² C 总线扩展技术	151
7.3.1 I ² C 总线扩展概述	151
7.3.2 8051 单主系统虚拟 I ² C 总线软件包	154
7.4 虚拟 I ² C 总线扩展 I/O 口	159
7.4.1 I ² C 总线扩展 I/O 口通用器件 PCF8574	159
7.4.2 PCF8574 应用实例	161
本章小结	162
习题七	162

第 8 章 并行接口与应用

8.1 并行接口的基本概念	163
8.2 可编程并行接口芯片 8255A	164
8.2.1 8255A 的内部结构及引脚	164
8.2.2 8255A 的工作方式	166
8.2.3 MCS-51 单片机与 8255A 的接口	168
8.3 可编程并行接口芯片 8155	169
8.3.1 8155 的内部结构及引脚	169
8.3.2 8155 的工作方式	171
8.3.3 MCS-51 单片机与 8155 的接口	172
本章小结	174
习题八	174

第 9 章 常用接口技术

9.1 单片机键盘扩展接口	175
9.1.1 键盘接口技术	175
9.1.2 独立式按键扩展接口	177
9.1.3 矩阵式键盘扩展接口	181
9.1.4 功能键散转程序设计	185
9.2 开关量接口电路	186
9.2.1 开关量输入接口电路	186



9.2.2 开关量输出接口电路	187
9.2.3 光电耦合器件接口技术	188
9.2.4 步进电机驱动接口技术	189
9.3 单片机与数码显示管 LED 接口	194
9.3.1 LED 结构与工作原理	194
9.3.2 LED 接口电路	196
9.4 单片机与液晶显示器 LCD 接口	198
9.4.1 LCD 显示器结构与工作原理	198
9.4.2 LCD 显示器的驱动方式	199
9.4.3 LCD 显示器的驱动接口	201
9.5 USB 接口技术	205
9.5.1 USB 接口	205
9.5.2 基于 USB 接口的数据采集系统设计	205
本章小结	206
习题九	206

第 10 章 A/D 与 D/A 接口技术及接口电路

10.1 A/D 转换及接口技术	208
10.1.1 A/D 转换原理	208
10.1.2 A/D 转换器的主要技术指标	209
10.1.3 ADC0809 与 MCS-51 单片机接口技术	210
10.1.4 MC14433 与 MCS-51 单片机接口技术	213
10.2 D/A 转换及接口技术	216
10.2.1 D/A 转换原理	216
10.2.2 D/A 转换器的主要技术指标	217
10.2.3 DAC0832 与 MCS-51 单片机接口技术	218
10.2.4 AD7520 与 MCS-51 单片机接口技术	223
本章小结	225
习题十	225

第 11 章 单片机控制系统设计与开发

11.1 单片机控制系统概述	226
11.2 单片机控制系统的设计步骤和方法	227
11.2.1 单片机控制系统的设计步骤	228
11.2.2 单片机控制系统的设计方法	228
11.3 单片机控制系统抗干扰技术	234
11.3.1 硬件抗干扰	234



11.3.2 软件抗干扰·····	235
11.4 控制系统设计举例·····	241
11.4.1 液位控制系统·····	241
11.4.2 交通信号灯单片机控制系统·····	242
本章小结·····	250
习题十一·····	250
附录1 ASCII 码表·····	251
附录2 MCS-51 指令系统表·····	252
附录3 实训教材·····	256
参考文献·····	296

计算机技术基础

【本章重点】

1. 单片机的概念及组成;
2. 进位计数制:计数原理;
3. 进位计数制之间的转换:二与十转换;二与十六转换;
4. 原码、反码、补码的应用;
5. 基本运算方法:算术运算与逻辑运算;
6. 常用编码:BCD。

1.1 计算机的发展与分类

随着科学技术的进步,计算机在国民经济生活中发挥了越来越大的作用,计算机的应用可以说是无处不在的。计算机广泛地应用于科学计算、数据与信息处理、过程检测与实时控制、辅助设计、人工智能仿真、计算机通信和多媒体应用等各个方面。它帮助人们完成更为复杂的工作、简化工作流程、节省大量工作时间,是现代信息技术发展的支柱产业。

1.1.1 计算机的发展

自1946年2月15日,世界上第一台通用数字电子计算机ENIAC在美国的宾夕法尼亚大学研制成功以来,计算机技术得到迅速发展。根据计算机所采用的电子元器件的不同,计算机技术的发展被分为以下几个阶段。

1. 第一代电子计算机(从ENIAC问世至20世纪50年代后期)

1946—1958年期间的计算机,主要电子元件是电子管,通常称之为电子管计算机时代。这一代计算机体积庞大,耗电量大,运算速度低,而且价格昂贵,所以当时仅用于军事研究及科学运算。其主要特点是:

- (1) 采用电子管作为逻辑开关元件;
- (2) 存储器使用水银延迟线、静电存储管、磁鼓等;
- (3) 外部设备采用纸带、卡片、磁带等;
- (4) 使用机器语言,20世纪50年代中期开始使用汇编语言,但还没有操作系统。

2. 第二代电子计算机(20世纪50年代中期至60年代中期)

1959—1964年间的计算机,用晶体管取代了电子管,通常称之为晶体管计算机时代。



计算机的运算速度提高了,体积变小了,成本降低了,同时耗电量大大减少,可靠性则大大提高。其主要特点是:

- (1) 使用半导体晶体管作为逻辑开关元件;
- (2) 使用磁芯作为主存储器,辅助存储器采用磁盘和磁带;
- (3) 输入/输出方式有了很大改进;
- (4) 开始使用操作系统,有了各种计算机高级语言。

3. 第三代电子计算机(20世纪60年代中期至70年代初期)

1965—1970年间的计算机,随着半导体工艺的发展,成功地制造了集成电路,计算机也采用了中、小规模集成电路作为计算机的主要元件,通常称这一时期为集成电路计算机时代。其主要特点是:

- (1) 使用中、小规模集成电路作为逻辑开关元件;
- (2) 开始使用半导体存储器,辅助存储器仍以磁盘、磁带为主;
- (3) 外部设备种类和品种增加;
- (4) 开始走向系列化、通用化和标准化;
- (5) 操作系统进一步完善,高级语言数量增多。

4. 第四代电子计算机(20世纪70年代初期至现在)

1971年起,大规模集成电路制作成功,使计算机进入第四代——大规模、超大规模集成电路计算机时代,至今仍在继续发展。其主要特点是:

- (1) 使用大规模、超大规模集成电路作为逻辑开关元件;
- (2) 主存储器采用半导体存储器,辅助存储器采用大容量的软、硬磁盘,并开始引入光盘;
- (3) 外部设备有了很大发展,采用光字符阅读器(OCR)、扫描仪、激光打印机和各种绘图仪;
- (4) 操作系统不断发展和完善,数据库管理系统进一步发展,软件行业已发展成为现代新型的工业部门。

目前新一代的计算机正在研发之中。新一代计算机的研究领域大体包括人工智能、系统结构、软件工程和支援设备,以及对社会的影响等。它的系统结构将突破传统的冯·诺依曼机器的概念,实现高度并行处理,但至今仍未有突破性进展。

1.1.2 计算机的分类

如果按规模划分,通常将计算机分为以下几类。

1. 巨型计算机(Super computer)

一般把运算速度在每秒1亿次以上的计算机称为巨型计算机,主要用于天气、气象、地质及核反应堆、航天飞机、卫星轨道计算等尖端科学技术领域。

2. 大型计算机(Mainframe computer)

大型计算机的运算速度可达每秒数千万次,常用于宇航事业、国防科技,以及气象预报、油田计算或国际金融等方面。



3. 中小型计算机(minicomputer)

在规模、运算速度、存储容量等方面与大型机相比都较小,称为中小型计算机。常用于国家机关和科研机构的信息处理系统、大型报业系统及企业的现代化管理等。

4. 微型计算机(microcomputer)

微型计算机是指由大规模集成电路组成的、体积较小的电子计算机,又称为微机或微电脑。在各类计算机中微机发展最快,应用最广。由于价格低、操作方便、通用性强、适应环境能力强,学校、企事业单位大多配置这种计算机。

1.2 单片机概况及应用

现代计算机都是大规模集成电路计算机,具有功能强、结构紧凑、系统可靠等特点。其发展趋势是微型化、巨型化、智能化、多媒体化和网络化,其中微型化是计算机发展的重要方向,而单片机是计算机微型化发展的一个里程碑。

1.2.1 单片机的概念

一个最基本的微型计算机主要由以下几个部分组成:

- (1) 中央处理器(CPU),包括 ALU、控制器和寄存器组;
- (2) 存储器,包括只读存储器 ROM 和随机存储器 RAM;
- (3) 输入/输出(I/O)接口,与外部输入/输出设备连接。

单片机(single-chip computer)是把中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM、定时器/计数器及 I/O(Input/Output)接口电路等一些计算机的主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机,也称为微处理器(Microcomputer Unit)。

单片机中集成了定时器与计数器的主要原因是由于在自动控制领域,一般不要求单片机具有很高的运算速度,但要求其具有较强和较精确的控制能力,因而单片机内部大都集成有定时/计数器。

虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看,它已具有了微型计算机系统的含义。单片机把微型计算机的各主要部分集成在一块芯片上,大大缩短了系统内信号传送距离,从而提高了系统的可靠性及运行速度。因而在工业测控领域,单片机系统是最理想的控制系统。同时,单片机是典型的嵌入式系统,是嵌入式系统低端应用的最佳选择。由于它的结构和功能均是按工业控制要求设计的,所以其确切的名称应是单片机微控制器(single-chip-microcontroller)。

单片机的特点是:高性能、高速度、体积小、价格低廉、应用广泛。

1.2.2 单片机发展与应用

自 20 世纪 70 年代,美国的 Fairchild(仙童)公司首先推出了第一款单片机 F-8 以来,单片机以其体积小、功能全和价格低等特点赢得了广泛的关注。迄今为止,单片机技术已经成为计算机技术的一个独特的分支。而单片机的发展也经历了探索、完善、MCU 化和百花齐放 4 个阶段。



1. 单片机初级阶段

这一阶段又称为芯片化探索阶段。由于受工艺及集成度的限制,此阶段的单片机采用双片的形式,而且功能比较简单。例如1974年美国的Fairchild(仙童)公司首先推出了第一款单片机F-8,随后Intel公司推出了影响面大、应用更广的MCS-48单片机系列。MCS-48单片机系列的推出标志着在工业控制领域,智能化嵌入式应用的芯片形态的计算机已进入到探索阶段。参与这一探索阶段的还有Motorola、Zilog和Ti等大公司,它们都取得了满意的探索效果,确立了在SCMC的嵌入式应用中的地位。这就是Single-Chip-Micro Computer的诞生年代,单片机一词即由此而来。这一时期的特点是:

- (1) 嵌入式计算机系统的芯片集成设计;
- (2) 少资源、无软件,只保证基本控制功能。

2. 结构体系的完善阶段

在MCS-48探索成功的基础上很快推出了完善的、典型的单片机系列MCS-51。MCS-51系列单片机的推出标志着Single-Chip-Micro Computer体系结构的完善。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机的体系结构。

(1) 完善的总线结构

① 并行总线:8位数据总线、16位地址总线及相应的控制总线,两个独立的地址空间。

② 串行总线:通信总线、扩展总线。

(2) 完善的指令系统

① 具有很强的位处理功能和逻辑控制功能,以满足工业控制等方面的需要。

② 功能单元的SFR(特殊功能寄存器)集中管理。

(3) 完善的MCS-51成为单片机的经典体系结构

现在,许多电气商在MCS-51的内核和体系结构的基础上,生产出各具特色的单片机。

3. 从SCMC向MCU(Micro Controller Unit)化过渡阶段

Intel公司推出的MCS-96单片机,将一些用于测控系统的模数转换器(ADC)、程序运行监视器(WDT)、脉宽调制器(PWM)、高速I/O口纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。由于MCS-51系列单片机的广泛影响,许多电气商使用80C51为核,将测控系统中的电路技术、接口技术、可靠性技术等扩展到单片机中,增强了单片机内的外围功能电路,强化了智能控制器特征。微控制器(Microcontroller)成为单片机较为准确表达的名词。其特点如下。

- (1) 满足嵌入式应用要求的外围扩展,如WDT、PWM、ADC、DAC、高速I/O口等。
- (2) 众多计算机外围功能集成,例如:
 - ① 提供串行扩展总线:SPI、I²C、BUS、Microwire;
 - ② 配置现场总线接口:CAN BUS。
- (3) CMOS化,提供功耗管理功能。
- (4) 提供OTP供应状态,利于大规模和批量生产。

4. MCU的百花齐放阶段

单片机发展到这一阶段,表明单片机已成为工业控制领域中普遍采用的智能化控制