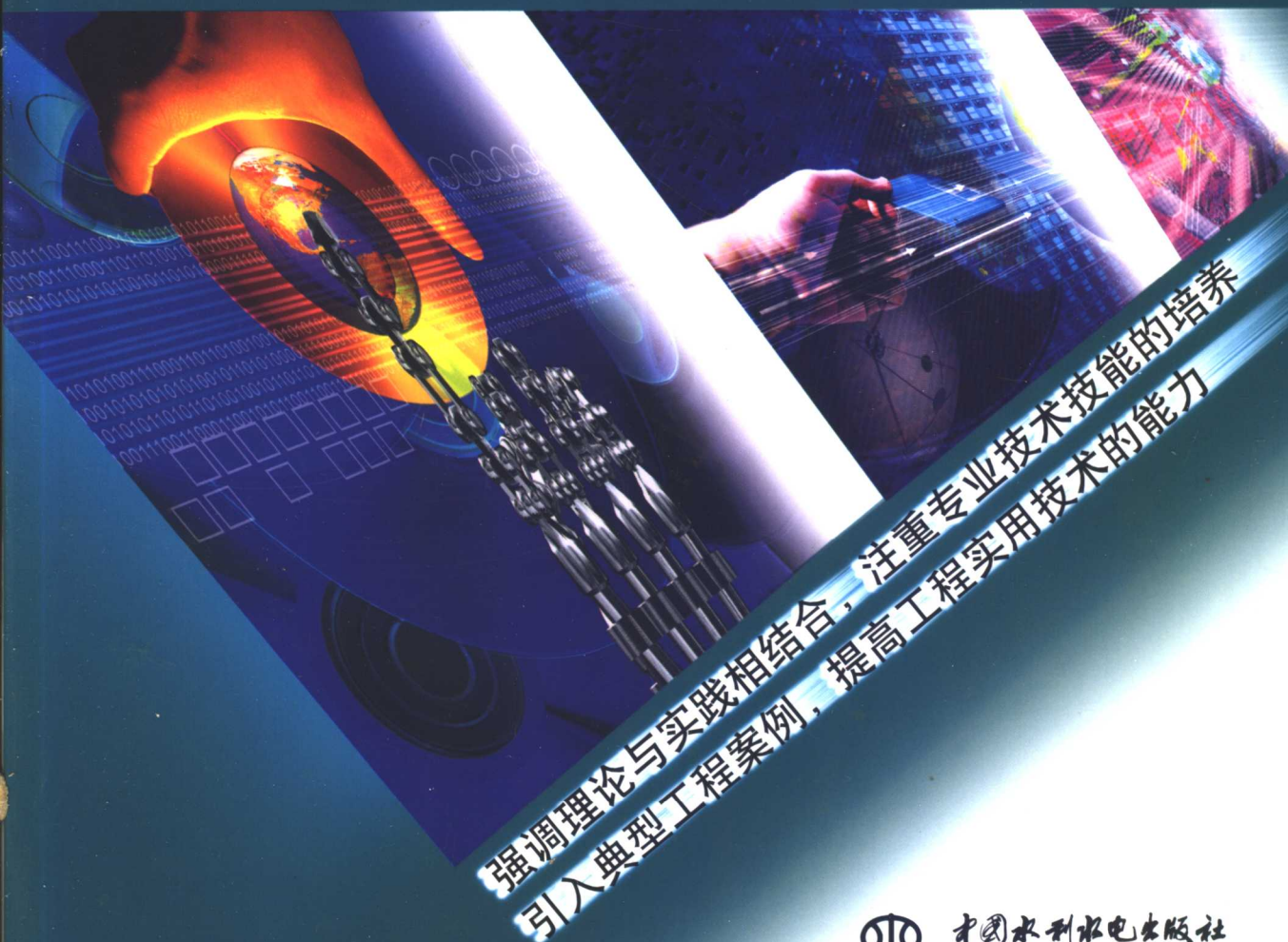




高等院校规划教材

秦实宏 周龙 肖忠 等编著

单片机原理与应用技术



强调理论与实践相结合，注重专业技术技能的培养
引入典型工程案例，提高工程实用技术的能力



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

单片机原理与应用技术

秦实宏 周龙 肖忠 等编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书介绍了单片机原理与应用技术,注重基本概念、基本原理的讲解,突出应用性和实用性。全书共 11 章。第 1 章为概述,第 2 章讲解 MCS-51 单片机系统结构、工作原理及指令系统,第 3 章和第 4 章介绍系统扩展常用芯片、定时器/计数器、中断、I/O 端口及存储器扩展技术,第 5 章介绍 MCS-51 汇编语言与程序设计基础,第 6 章讲解常用的键盘接口、拨盘接口、LED 显示、A/D 及 D/A 常用接口技术、RS-232C 和 RS-485 标准串行总线接口、IC 卡接口、USB 通用串行总线、以太网通信等接口技术,第 7 章讲解单片机 C 语言编程应用实例,第 8 章~第 10 章分别介绍常用控制算法、综合应用系统设计和单片机抗干扰实用技术,第 11 章介绍单片机仿真开发系统和 TOP852 通用编程器应用。

本书可以作为本科自动化、计算机、电子信息工程、通信工程、测控技术与仪器等专业的教材,也可以作为高职高专、成人高校和民办高校同类专业的教材或工程技术人员学习单片机应用技术的参考书。

本书配有免费电子教案,读者可从中国水利水电出版社网站下载,网址:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术 / 秦实宏, 周龙, 肖忠等编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

(21 世纪高等院校规划教材)

ISBN 7-5084-3207-X

I. 单… II. ①秦…②周…③肖… 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 (2005) 第 093006 号

书 名	单片机原理与应用技术
作 者	秦实宏 周龙 肖忠 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京北医印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 20.5 印张 498 千字
版 次	2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨越式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才要求的各类要求,我们成立了“21 世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21 世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才培养的探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了 3 个层面上的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:以计算机学科的科学体系为依托,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现

学科发展的内在规律；教材内容循序渐进，保证学术深度，减少知识重复，前后相互呼应，内容编排合理，整体结构完整；采取自顶向下设计方法，内涵发展优先，突出学科方法论，强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 面向应用型高等院校，在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度，注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系，根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要，建立新的课程体系，并在教材中反映出来。

(2) 教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求，知识点不要求大而全，但一定要讲透，使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合，使学生通过实践深化对理论的理解，学会并掌握理论方法的实际运用。

(3) 在教材中加大能力训练部分的比重，使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题，既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4) 教材采用“任务驱动”的编写方式，以实际问题引出相关原理和概念，在讲述实例的过程中将本章的知识点融入，通过分析归纳，介绍解决工程实际问题的思想和方法，然后进行概括总结，使教材内容层次清晰，脉络分明，可读性、可操作性强。同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

(5) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进，举一反三，突出重点，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写，如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等，注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6) 大部分教材配有电子教案，以使教材向多元化、多媒体化发展，满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业，也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材，此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献，也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信，随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不断深入，具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见，以便进一步修订，使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

前 言

单片机的种类和生产厂家越来越多,技术发展非常快。就 Intel 公司 51 系列单片机而言,其发展就出现了 8031、8051、8751、80C31、80C51、8751 等系列。近几年来 ATMEL 公司推出了与 MCS-51 兼容的 AT89C 系列单片机。目前,51 系列单片机的产品具有系列齐全、性价比高等优势,是进行系统开发的首选单片机之一。这也是作者将 80C51 单片机系列作为讲述内容的最主要的原因。

作者根据多年从事微机技术、单片机技术以及接口技术等课程的教学和科研经验,综合了同类多种单片机的教材内容,同时参考了许多单片机专业书籍,吸取精华、博采众长,力求使本教材具有科学性、可读性、实用性,使读者获得单片机开发和应用的能力。

本书与现有教材相比具有以下特点:

(1) 注重对概念和原理的讲解,由浅入深,循序渐进。结合例子进行讲述,加深学生对概念的理解和对知识的掌握。基础原理性的章节后都有相应的习题,有助于学生对知识的巩固。

(2) 内容组织紧凑,并有一定的完整性。增加了一些新技术,如单片机 C 语言编程及 C 语言与汇编语言的混合编程、SPI 总线接口技术和器件(如存储卡、Flash E²PROM 芯片)的应用、以太网卡通信技术、USB 接口技术、VB 和 PC 通信技术、双口 RAM 与 ISA 插槽的应用等。考虑到单片机技术应用的结构体系,增加了单片机控制应用技术、编程器和单片机集成开发软件应用的内容。

(3) 突出应用性、实用性。适当地列举了工程实用例子,结合编程器和开发软件的使用,通过例子让读者掌握如何使用 51 单片机进行系统开发,以及对系统开发有完整和全面的了解。读者可直接借用相关的例程,所提供的实例为实际应用提供一定的参考。

本书作为湖北省高等学校省级教学研究项目“网络环境下电气信息学科研究性学习的方法及实践”(编号:2003247)和“基于微机技术课程教学培养学生动手能力的研究”(编号:20040242)研究成果的一部分,注重引导学生开展研究性学习,在学生学习生活中选取研究专题(课题、主题),培养学生动手的能力,以探究的方式主动地获取知识、应用知识,并获得解决问题的能力。

本书主要由秦实宏、周龙、肖忠和卢亚玲编写完成。由华中科技大学刘乐善教授主审。参与本书编写工作的还有胡胜、张旭、葛洲、秦孟苏、李宁、张磊、王东、杜波等。在成书过程中得到了田随明教授、谢兆鸿教授、李禹生教授的大力支持,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

2005 年 6 月于汉口常青花园

目 录

序

前言

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的基本概念	1
1.2 单片机的发展简史	1
1.3 单片机的发展趋势	2
1.4 单片机的特点及应用	4
1.4.1 单片机的组成及特点	4
1.4.2 单片机的分类	4
1.4.3 单片机的应用	5
1.5 MCS-51 系列单片机	5
第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构、工作原理及指令系统	7
2.1 MCS-51 单片机的内部结构和外部引脚功能	7
2.1.1 MCS-51 单片机的内部结构	7
2.1.2 MCS-51 单片机的外部引脚功能	8
2.2 MCS-51 单片机的存储器结构	9
2.2.1 内部数据存储器及其数据操作	10
2.2.2 特殊功能寄存器及其数据操作	12
2.2.3 程序存储器及其数据操作	14
2.2.4 外部数据存储器及其数据操作	15
2.3 MCS-51 单片机的指令系统	16
2.3.1 寻址方式	17
2.3.2 数据传送类指令	20
2.3.3 算术运算类指令	24
2.3.4 逻辑运算类指令	31
2.3.5 控制转移类指令	33
2.3.6 位操作类指令	38
2.4 输入/输出端口	42
2.4.1 并行端口及应用举例	42
2.4.2 串行端口	48
2.5 定时器/计数器	55
2.5.1 控制寄存器	55

2.5.2	定时器/计数器的工作方式	57
2.5.3	定时器/计数器的设计方法及应用举例	59
2.6	中断的概念及 MCS-51 系列单片机的中断系统	64
2.6.1	中断的概念	65
2.6.2	MCS-51 系列单片机的中断系统	67
2.7	单片机时钟与复位	73
2.7.1	时钟	73
2.7.2	复位	74
2.8	单片机的工作方式	75
2.8.1	程序执行方式	76
2.8.2	单步执行方式	76
2.8.3	掉电和节电方式	76
2.8.4	EPROM 编程和校验方式	77
第 3 章	MCS-51 单片机的系统扩展	78
3.1	系统扩展概述	78
3.2	系统扩展常用芯片	78
3.2.1	译码器	78
3.2.2	缓冲器	79
3.2.3	锁存器	81
3.3	定时器/计数器的扩展	82
3.3.1	8253 的结构和工作原理	82
3.3.2	8253 控制寄存器的格式	84
3.3.3	8253 的工作模式	84
3.4	外部中断源的扩展	87
3.4.1	用定时器/计数器扩展外部中断源	88
3.4.2	用 8259 可编程中断控制器扩展中断源	88
3.5	I/O 端口的扩展	89
3.5.1	I/O 扩展概述	89
3.5.2	用 8255A 可编程并行接口芯片扩展 I/O 口	90
3.5.3	用 8251A 可编程串行接口芯片扩展 I/O 口	98
第 4 章	存储器扩展技术	106
4.1	存储器的分类	106
4.2	RAM、ROM、EPROM 和 E ² PROM 的扩展	106
4.3	E ² PROM 的编程和校验方式	108
第 5 章	MCS-51 汇编语言与程序设计基础	111
5.1	汇编语言简介	111
5.2	伪指令	111

5.3	程序设计	113
5.3.1	顺序结构程序	113
5.3.2	分支程序	115
5.3.3	循环程序设计	116
5.3.4	查表程序设计	118
5.3.5	位操作程序	120
5.3.6	数制转换程序	121
5.3.7	子程序	122
第 6 章	MCS-51 单片机接口技术	125
6.1	单片机接口技术基础	125
6.1.1	单片机接口的主要作用	125
6.1.2	单片机接口的控制方式	126
6.1.3	常用的外设及接口	126
6.2	键盘接口技术	127
6.2.1	开关接口与防抖动	127
6.2.2	小键盘与单片机的接口	128
6.2.3	矩阵键盘与单片机接口	131
6.3	拨盘接口技术	132
6.3.1	拨盘的结构与原理	132
6.3.2	拨盘的接口方法	133
6.4	显示器接口技术	136
6.4.1	LED 显示器的结构与种类	136
6.4.2	LED 显示器的控制方式	137
6.5	A/D 转换电路接口技术	140
6.5.1	A/D 转换原理	140
6.5.2	ADC0809 与单片机的接口	144
6.5.3	AD574A 与单片机的接口	148
6.5.4	5G14433 (MC14433) 与单片机的接口	151
6.6	D/A 转换电路接口技术	153
6.6.1	D/A 转换原理	153
6.6.2	DAC0832 与单片机的接口	154
6.6.3	AD7520 与单片机的接口	159
6.6.4	DAC1208 与单片机的接口	160
6.6.5	应用实例	162
6.7	串行通信总线标准及接口技术	168
6.7.1	RS-232C 标准串行总线接口及应用	168
6.7.2	RS-485 标准串行总线接口及应用	170

6.7.3	SPI 总线接口技术及其实例——X25045 芯片的应用	174
6.8	IC 卡接口技术	180
6.8.1	SLE4442 引脚定义及功能	180
6.8.2	SLE4442 的特点及操作命令	181
6.8.3	SLE4442 的传输协议	181
6.8.4	SLE4442 应用实例	183
6.9	USB 通用串行总线	189
6.9.1	总线拓扑结构	190
6.9.2	USB 的主机	191
6.9.3	USB 的设备	191
6.9.4	USB 的“分时复用”	191
6.9.5	电源	192
6.9.6	总线协议	192
6.9.7	可靠性	192
6.9.8	数据流种类	192
6.9.9	USB 主机：硬件和软件	194
6.10	以太网通信技术	194
6.10.1	以太网与 TCP/IP 协议基础	195
6.10.2	单片机与以太网通信实例	199
第 7 章	单片机 C 语言编程基础及应用	202
7.1	单片机 C 语言编程基础	202
7.1.1	Keil C51 扩展关键字	202
7.1.2	内存区域	203
7.1.3	存储模式	203
7.1.4	存储种类和存储器类型声明	204
7.1.5	变量的数据类型	204
7.1.6	位变量与声明	204
7.1.7	Keil C51 指针	204
7.1.8	Keil C51 函数	205
7.2	C 语言与汇编语言混合编程	206
第 8 章	自动控制规律	211
8.1	常规数字控制器的实现	211
8.1.1	差分变换法	212
8.1.2	零阶保持器法	213
8.1.3	双线性变换法	213
8.2	数字 PID 控制器及其算法	214
8.2.1	基本的 PID 控制器	214

8.2.2	改进的 PID 控制器.....	第 11 章 第 15 页
8.3	自适应控制规律.....	217
8.3.1	自适应控制的概念.....	218
8.3.2	模型参考自适应控制系统.....	218
8.3.3	在线辨识自适应控制系统.....	219
8.4	模糊控制规律.....	219
8.4.1	模糊控制器的组成.....	219
8.4.2	模糊控制器的实现步骤.....	220
8.4.3	模糊控制技术的发展.....	223
第 9 章	单片机应用系统设计.....	227
9.1	单片机应用系统的开发流程.....	227
9.1.1	确定任务.....	227
9.1.2	总体设计.....	228
9.1.3	硬件设计与制作.....	228
9.1.4	软件设计.....	231
9.1.5	应用系统的联机调试.....	232
9.1.6	程序固化.....	233
9.2	应用实例.....	233
9.2.1	MCS-51 单片机数据采集系统.....	233
9.2.2	以 MCS-51 单片机为核心的恒压调速供水系统.....	246
9.2.3	以 MCS-51 单片机为核心的公共汽车电脑报站器.....	253
第 10 章	单片机抗干扰及实用技术.....	256
10.1	干扰的主要来源与分类.....	256
10.1.1	单片机控制系统中干扰的主要来源.....	256
10.1.2	干扰的分类.....	257
10.2	干扰对控制系统造成的后果.....	258
10.3	硬件抗干扰措施.....	259
10.3.1	供电系统的抗干扰措施.....	259
10.3.2	过程通道的抗干扰措施.....	261
10.3.3	抗空间干扰的措施.....	266
10.3.4	印刷电路板的抗干扰设计.....	269
10.3.5	其他抗干扰设计.....	270
10.4	软件抗干扰措施.....	270
10.4.1	软件滤波.....	270
10.4.2	陷阱技术.....	277
10.4.3	“看门狗”(Watchdog) 技术.....	280
10.4.4	数据备份与自恢复技术.....	281

第 11 章 单片机应用系统开发工具	283
11.1 Insight SE-52 Plus 单片机仿真开发系统	283
11.1.1 MedWin 集成开发环境的安装	284
11.1.2 MedWin 集成开发环境的设置	284
11.1.3 用 MedWin 开发应用程序	286
11.1.4 MedWin 调试实例	289
11.1.5 MedWin 的断点功能	295
11.1.6 MedWin 的菜单命令	296
11.1.7 MedWin 窗口中的本地菜单	303
11.1.8 Insight SE 系列仿真器仿真头使用说明	303
11.1.9 Insight SE 系列仿真器的设置	304
11.2 TOP852 通用编程器	305
11.2.1 TOP852 的安装	305
11.2.2 软件操作	307
11.2.3 读写 EPROM、E ² PROM	309
11.2.4 读写单片机	311
11.2.5 测试 SRAM	311
11.2.6 读写串口存储器	312
11.2.7 读写可编程逻辑器件	313
参考文献	314

第 1 章 概述

随着计算机技术的发展，单片机技术已成为计算机技术中的一个独立分支，单片机的应用领域也越来越广泛，特别是在工业控制和仪器仪表智能化中起着极其重要的作用。本章主要对单片机的基本概念、发展、特点与应用情况以及单片机系列产品作一简要介绍，以便读者对单片机有一个初步了解。

1.1 单片机的基本概念

单片机属于计算机的一个种类。从应用领域来看，单片机主要用于控制，所以也称它为微型控制器（Microcontroller）。从单片机的状态来看，它仅是一块集成电路芯片，它的所有功能部件都是集成在一块芯片上，所以称之为单片机（Single-Chip Microcomputer）。单片机的结构和指令系统与通用微型计算机是有差异的。正因如此，本书对相同的原理部分不作重复介绍。

单片机主要是面向控制的，它的组成结构是在包含通用微机的基本组成部分的基础上，增强了具有实时控制能力的一些功能部件。微型计算机由微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口三大功能部分通过总线有机连接而成。各种外部设备是通过 I/O 接口与微型计算机连接的。

单片机的组成如图 1-1 所示。

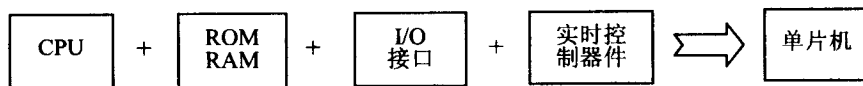


图 1-1 单片机的组成

单片机是这样一种芯片，它把微机的三大组成部分（CPU+存储器+I/O 接口）和一些实时控制所需要的功能器件集成在该芯片上。实时控制器件包括 A/D 转换器、D/A 转换器、脉冲调制器等。实时控制器件配置的多少也是衡量单片机性能的重要方面，不同系列或型号的单片机，其实时控制器件的配置可能不同。大多数单片机芯片上都集成有定时器/计数器。

从结构上看，单片机不但与通用微型计算机一样，是一个有效的数据处理器，而且是一个功能很强的过程控制机。从某种意义上讲，一块单片机就具有一台微型计算机的功能，只需要加上所需要的输入/输出设备，就可以构成一个完整的系统，以满足各种应用领域的需要。

1.2 单片机的发展简史

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，已发展成为上百种系列的近千个机种。单片机的发展历史可分为五个阶段：

第一阶段（1974~1976）：单片机初级阶段。因工艺限制，单片机采用双片的形式而且功能比较简单。例如，仙童公司生产的 F8 单片机，只包括了 8 位 CPU、64 个字节（Byte）的

RAM 和两个并行口。需加一块 3851 (由 1KB ROM、定时器/计数器和两个并行 I/O 口构成) 才能组成一块完整的单片机。

第二阶段 (1976~1978 年): 单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 系列单片机芯片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等。但无串口, 中断系统比较简单, 片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围内不大于 4KB。MCS-48 的推出是在工控领域的探索, 参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等, 都取得了满意的效果。这就是 MCS 的诞生年代, “单片机”一词即由此而来。

第三阶段 (1978~1982 年): 单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

(1) 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构, 包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有很多种通信功能的串行通信接口。

(2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。

(3) 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

(4) 指令系统趋于丰富和完善, 并且增加了许多突出控制功能的指令。

第四阶段 (1982~1990 年): 8 位单片机的巩固和发展及 16 位单片机的推出阶段, 也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机, 将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中, 体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列单片机的广泛应用, 许多电气厂商竞相使用 80C51 为内核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中, 增强了外围电路的功能, 强化了智能控制的特征。

第五阶段 (1990 年至今): 微控制器的全面发展阶段。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 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。

1.3 单片机的发展趋势

目前, 单片机正朝着高性能和多品种方向发展, 它的趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。下面是单片机的主要发展趋势。

(1) CMOS 化。近年来, 由于 CMOS 技术的进步, 大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外, 还具有功耗的可控性, 使单片机可以工作在功耗精细管理状态。这也是今后以 80C51 取代 8051 为标准 MCU 芯片的原因。因为单片机芯片多数是采用 CMOS (金属栅氧化物) 半导体工艺生产, 因此 CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快, 但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高, 又出现了 HMOS (高密度、高速度 MOS) 和 CHMOS 工艺及 CHMOS 和 HMOS 工艺的结合。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度, 传输延迟时间小于 2ns, 它的综合指标已优于 TTL 电路。因而, 在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

(2) 低功耗化。单片机的功耗已在毫安级, 甚至 $1\mu\text{A}$ 以下; 使用电压在 $3\sim 6\text{V}$ 之间, 完全适应电池工作。低功耗化的效应不仅是功耗低, 而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

(3) 低电压化。几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽, 一般在 $3\sim 6\text{V}$ 范围内工作。低电压供电的单片机电源下限已可达 $1\sim 2\text{V}$ 。目前 0.8V 供电的单片机已经问世。

(4) 低噪声与高可靠性。为提高单片机的抗电磁干扰能力, 使产品能适应恶劣的工作环境, 满足电磁兼容性方面更高标准的要求, 各单片机厂家在单片机内部电路中都采用了新的技术措施。

(5) 大容量化。以往单片机内的 ROM 为 $1\sim 4\text{KB}$, RAM 为 $64\sim 128\text{B}$ 。但在需要复杂控制的场合, 该存储容量是不够的, 必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求, 需运用新的工艺, 使片内存储器大容量化。目前, 单片机内 ROM 最大可达 64KB , RAM 最大为 2KB 。

(6) 高性能化。主要是指进一步改进 CPU 的性能, 加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集 (RISC) 结构和流水线技术, 可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 100MIPS (Million Instruction Per Seconds, 兆指令每秒), 并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度, 可以用软件模拟其 I/O 功能, 由此引入了虚拟外设的新概念。

(7) 小容量、低价格化。与上述相反, 以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化也是发展动向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化, 可广泛用于家电产品。

(8) 外围电路内装化。这也是单片机发展的主要方向。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。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器以外, 片内集成的部件还有模/数转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

(9) 串行扩展技术。在很长一段时间里, 通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP (One Time Programmable) 及各种类型片内程序存储器的发展, 加之外围接口不断进入片内, 推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 $I^2\text{C}$ 、SPI 等串行总线的引入, 可以使单片机的引脚设计得更少, 单片机系统结构更加简化及规范化。

随着半导体集成工艺的不断发展, 单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将更强。在单片机家族中, 80C51 系列是其中的佼佼者, 加之 Intel 公司将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给全世界许多著名 IC 制造厂商, 如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦等, 这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性。这样, 80C51 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百品种的大家族, 现统称为 80C51 系列。80C51 单片机已成为单片机发展的主流。专家认为, 虽然世界上的 MCU 品种繁多, 功能各异, 开发装置也互不兼容, 但是客观发展表明, 80C51 可能最终形成事实上的标准 MCU 芯片。

1.4 单片机的特点及应用

1.4.1 单片机的组成及特点

单片机是微型机的一个主要分支,在结构上的最大特点是把 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台计算机。

1. 单片机的组成

图 1-1 为单片机的典型组成框图。由图可见,它通过内部总线把计算机的各主要部件接为一体,其内部总线包括地址总线、数据总线和控制总线。其中,地址总线的作用是在进行数据交换时提供地址,CPU 通过它们将地址输出到存储器或 I/O 接口;数据总线的作用是在 CPU 与存储器或 I/O 接口之间,或存储器与外设之间交换数据;控制总线包括 CPU 发出的控制信号线和外部送入 CPU 的应答信号线等。单片机中的 CPU、存储器等部件将在后面章节陆续介绍。

2. 单片机的特点

由于单片机的这种结构形式及它所采用的半导体工艺,使其具有很多显著的特点,因而在各个领域都得到了迅猛的发展。单片机主要特点如下:

(1) 有优异的性能价格比。

(2) 集成度高、体积小,有很高的可靠性。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,减少了各芯片之间的连线,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,适合在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般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功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 外部总线增加了 I²C (Inter-Integrated Circuit) 及 SPI (Serial Peripheral Interface) 等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。

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

1.4.2 单片机的分类

单片机作为计算机发展的一个重要领域,应有一个较科学的分类方法。根据目前发展情况,从不同角度单片机大致可以分为通用型/专用型、总线型/非总线型及工控型/家电型。

1. 通用型/专用型

这是按单片机适用范围来区分的。例如,80C51 是通用型单片机,它不是为某种专门用途设计的;专用型单片机是针对一类产品甚至某一个产品设计生产的,例如,为了满足电子体温计的要求,在片内集成 ADC 接口等功能的温度测量控制电路。

2. 总线型/非总线型

这是按单片机是否提供并行总线来区分的。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、数据总线、控制总线,这些引脚用以扩展并行外围器件都可通过串行口与单片机连接,另外,许

多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成在一片内,因此在许多情况下可以不要并行扩展总线,大大减少封装成本和芯片体积,这类单片机称为非总线型单片机。

3. 控制型/家电型

这是按照单片机大致应用的领域进行区分的。一般而言,工控型寻址范围大,运算能力强;用于家电的单片机多为专用型,通常是小封装、低价格,外围器件和外设接口集成度高。

显然,上述分类并不是惟一的和严格的。例如,80C51类单片机既是通用型又是总线型,还可以作工控用。

1.4.3 单片机的应用

由于单片机具有显著的优点,它已成为科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面。

1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

2. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

3. 单片机在实时控制中的应用

单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

4. 单片机在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

5. 单片机在人类生活中的应用

自从单片机诞生以后,它就步入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,倍受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

综上所述,单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。另一方面,单片机应用的重要意义还在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术,是传统控制技术的一次革命。

1.5 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机有三个基本产品,它们是 8031、8751、8051。它们的引脚和指令系统