



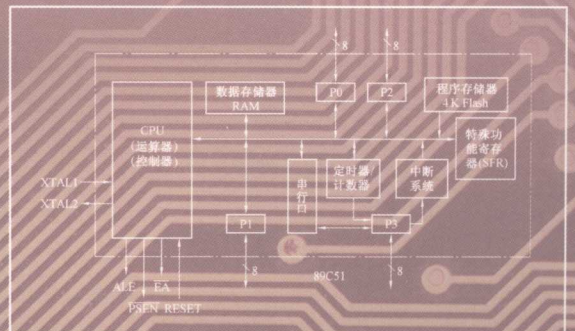
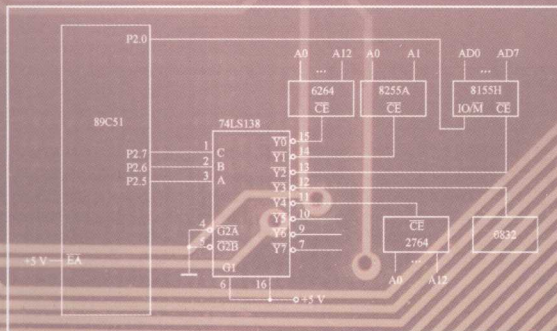
电气工程与电气信息科学技术工程系列丛书

# 单片机原理 与应用设计

张毅刚 彭喜元 编著

## anPianJi

## YuanLi Yu YingYongSheJi



哈尔滨工业大学出版社

电气工程与电气信息科学技术工程系列丛书

内容简介

本书以80C81单片机为对象，全面、系统地介绍了单片机的组成、工作原理、指令系统、并行接口、串行接口、中断系统、定时/计数器等。本书可作为高等院校电气信息类专业及相关专业的教材，也可供从事单片机工作的工程技术人员参考。

# 单片机原理与应用设计

张毅刚 彭喜元 编著

哈尔滨工业大学出版社  
2008年7月第1版

(电气工程与电气信息科学技术工程系列丛书)

ISBN 978-7-269-3205-0

I. 单… II. 张… III. 单片机—专业学校—教材

IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第069327号

责任编辑 王桂芝  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
地址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006  
电话 0451-85414749  
网址 <http://jpress.hit.edu.cn>  
印刷 黑龙江省地质测绘院印刷厂  
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 432千字  
版次 2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷  
书号 ISBN 978-7-269-3205-0  
定价 30.00元

哈尔滨工业大学出版社 (如因印刷质量问题)

1340186

哈尔滨工业大学出版社

## 内容简介

本书是《电气工程与电气信息科学技术工程系列丛书》之一,书中详细介绍了 89C51 单片机内硬件结构、指令系统,并从应用设计的角度介绍了 89C51 单片机的各种硬件接口设计和汇编语言的接口驱动程序设计,最后介绍了 89C51 单片机应用系统的设计。本书紧紧抓住接口设计这一主线,突出了书中内容的实用性和典型性,同时对 89C51 单片机应用系统设计中用到的各种新器件也做了介绍。

本书既可作为各类工科院校、职业技术学院的电子技术、计算机、工业自动化、自动控制、智能仪器仪表、电气工程、机电一体化等各专业单片机课程的教材,也可供从事单片机应用设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用设计/张毅刚编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.7

(电气工程与电气信息科学技术工程系列丛书)

ISBN 978-7-5603-2702-0

I. 单… II. 张… III. 单片微型计算机-专业学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 069357 号

责任编辑 王桂芝 贾学斌

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传真 0451-86414749

网址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 435 千字

版次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5603-2702-0

定价 30.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

9810481

# ◎ 序

Foreword

随着经济全球化、产业国际竞争的加剧和电子信息科学技术的飞速发展,电气工程与电气信息科学技术领域的国际交流日益广泛,因此,对能够参与国际化工程项目的工程师的需求愈来愈迫切,这便对高等学校电气工程与电气信息科学技术领域专业人才的培养提出了更高的要求。

近些年,国家教育部对本科生教育提出了“厚基础、宽口径”的要求,使学生掌握了比较扎实的基础知识,拓宽了学生的就业方向和就业广度。但与此同时,也显露出刚毕业的大学生工程实践能力差、难以很快适应工作的问题,对于电类专业的学生来说,缺少工程教育的过程,很多工程实际操作、实用技术,因受学时限制,不能讲深、讲透,出现了“理论基础扎实、工程实践能力欠缺”的问题;而对于那些在校时只接触过类似“电工学”这样的电类基础课程,而工作后却从事电气领域相关工作的非电类专业人员来说,这种问题就显得更为突出。目前,教育部已经认识到并着手解决这方面的问题,开始在工科高等学校开展工程教育专业认证工作,积极推进工程教育改革,以提高学生的工程实践能力和创新能力,培养能够参与国际化工程项目的工程师,在实质等效性的要求下推进全球工程教育的交流。

为了更好地配合高等学校的工程教育改革,我们组织编写了《电气工程与电气信息科学技术工程系列丛书》。该丛书侧重介绍当代电气工程与电气信息科学技术领域的主要知识和应用技术,重点讲述工程实践中的一些具体实例,以使这些学生能够尽快了解该领域内的新知识和新技术,领悟工程概念,提高工程实践能力,使其工作后能够尽快进入角色。该丛书的编写原则是理论上“以必须和够用为度”、“重点突出”;实例选择上“以工程实践为基础”、“实用性强”。

该丛书适合于电类专业的在校本科生,使其在拥有较扎实的理论基础上,加强工程实践教学,较快地了解和掌握工程实践中的一些实际应用技术;也适合于毕业后从事电气领域相关工作的非电类专业学生,使其能够通过该丛书系统地了解该领域的主要知识和实际应用技术,尽快进入工作角色。由于其简练的理论阐述和较强的实用特性,该丛书也可以作为高职高专类相关专业的教材。

该丛书作者队伍阵容强大,既有国内电工学教育界的知名学者,也有哈尔滨工业大学电气工程领域内从事多年教学和科研工作的教授、博导。他们将近年来该领域的新成果和多年来的教学、科研经验,融会于丛书中。相信该丛书必将对广大电气工程与电气信息科学技术人员和在校师生有较大的帮助。



2008年6月



# ◎ 前言

Preface

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,已对人类社会产生了巨大的影响。尤其是美国 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机,由于其具有集成度高、处理功能强、可靠性高、系统结构简单、价格低廉、易于使用等优点,在工业控制、智能仪器仪表、办公室自动化、家用电器等诸多领域得到广泛的应用。虽然 Intel 公司已经放弃了单片机芯片的生产,但是以 MCS-51 单片机内核技术为主导的 8 位单片机的成功,使得许多国际上著名的半导体芯片生产厂家,如 Atmel、Philips、Cygnal 等公司,都在生产与 MCS-51 单片机兼容的各种增强型、扩展型的单片机。

本书详细地介绍了美国 Atmel 公司 AT89C51(简称为 89C51)单片机的内部硬件结构、指令系统、各种接口设计及应用系统的设计。89C51 单片机与 MCS-51 系列单片机完全兼容,它是目前替代 MCS-51 系列单片机的主要芯片之一,具有典型性、代表性,已成为世界上 8 位单片机市场的主流品种。估计在今后若干年内,仍是我国 8 位单片机应用领域的主流机型。

本书在编写时,重点考虑了如下问题:

1. 文字力求精练,通俗易懂,深入浅出,便于自学。
2. 避免仅从原理上去对 89C51 单片机进行介绍,注重了原理与应用的结合,一切都从应用设计角度作为出发点。
3. 突出了选取内容的实用性、典型性。书中所介绍的各种设计方案,均为常用、典型的方案。本书提供了大量的接口设计实例及程序实例,非常有利于提高学生的设计能力和工作效率,使得学生能很快地掌握常用的应用系统设计。
4. 对单片机应用系统设计中用到的新器件也做了详细的介绍。

全书共分 13 章,第 1~7 章着重从应用角度介绍 89C51 单片机的硬件结构、指令系统及片内各功能部件。第 8~11 章介绍了 89C51 单片机与存储器、并行 I/O 接口的扩展,以及与键盘、显示器、微型打印机、D/A 转换器、A/D 转换器的各种接口设计。书中不仅介绍了硬件接口电路的设计,还对各种接口驱动程序的设计也做了介绍。第 12 章介绍了目前流行的单片机串行扩展技术,重点对 I<sup>2</sup>C 接口扩展进行了介绍。第 13 章介绍了应用系统设计的基本方法,并给出了设计实例,同时对应用系统中硬件电路的调试及软件抗干扰等进行了简要介绍。

本书主要由哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院张毅刚教授、彭喜元教授撰写并统稿,此外,参加本书撰写工作的还有梁军、俞洋、彭宇、孙宁、赵光权、刘旺诸位教师。哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所的研究生王军、刘畅、王骥、张兴堂、苏俊高为本书插图工作的完成,付出了辛勤的劳动。在此,对他们一并表示衷心的感谢。

全书参考学时约 40~60 学时,教师可根据实际情况,对各章所讲授的内容进行取舍。

由于时间紧迫,书中疏漏及不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2008 年 3 月

于哈尔滨工业大学

# ◎ 目录

## Contents

第1章 单片机基础	1
1.1 什么是单片机	1
1.2 单片机的发展历史及发展趋势	2
1.2.1 单片机的发展历史	2
1.2.2 单片机的发展趋势	2
1.3 单片机的应用	3
1.4 MCS-51系列与AT89C5x系列单片机	5
1.4.1 MCS-51系列单片机	5
1.4.2 AT89C5x系列单片机	5
思考题及习题	8
第2章 89C51单片机的硬件结构	9
2.1 89C51单片机的片内结构	9
2.2 89C51单片机的引脚	10
2.2.1 电源及时钟引脚	11
2.2.2 控制引脚	11
2.2.3 I/O口引脚	12
2.3 89C51单片机的CPU	13
2.3.1 运算器	13
2.3.2 控制器	14
2.4 89C51单片机存储器的结构	15
2.4.1 程序存储器	15
2.4.2 内部数据存储器	16
2.4.3 特殊功能寄存器(SFR)	17
2.4.4 位地址空间	18
2.4.5 外部数据存储器	20
2.5 时钟电路与时序	20
2.5.1 时钟电路	20
2.5.2 机器周期、指令周期与指令时序	21
2.6 复位操作和复位电路	22
2.6.1 复位操作	22
2.6.2 复位电路	23
思考题及习题	23

第3章 89C51的指令系统 .....	26
3.1 89C51指令系统概述 .....	26
3.2 指令格式 .....	26
3.3 指令系统的寻址方式 .....	27
3.4 89C51指令系统分类介绍 .....	29
3.4.1 数据传送类指令 .....	29
3.4.2 算术操作类指令 .....	33
3.4.3 逻辑运算指令 .....	37
3.4.4 控制转移类指令 .....	39
3.4.5 位操作指令 .....	42
思考题及习题 .....	47
第4章 89C51汇编语言程序的设计与调试 .....	49
4.1 汇编语言程序设计概述 .....	49
4.1.1 机器语言、汇编语言和高级语言 .....	49
4.1.2 汇编语言语句的种类和格式 .....	50
4.1.3 伪指令 .....	51
4.1.4 汇编语言程序设计步骤 .....	53
4.2 汇编语言源程序的汇编 .....	54
4.2.1 手工汇编 .....	54
4.2.2 机器汇编 .....	54
4.3 汇编语言实用程序设计 .....	55
4.3.1 汇编语言程序的基本结构形式 .....	55
4.3.2 子程序的设计 .....	55
4.3.3 查表程序设计 .....	56
4.3.4 关键字查找程序设计 .....	59
4.3.5 数据极值查找程序设计 .....	60
4.3.6 数据排序程序设计 .....	61
4.3.7 分支转移程序设计 .....	62
4.3.8 循环程序设计 .....	66
4.4 汇编语言应用程序的开发与调试 .....	68
4.4.1 仿真开发系统简介 .....	69
4.4.2 程序的开发调试过程 .....	70
思考题及习题 .....	71
第5章 89C51的中断系统 .....	73
5.1 中断的概念 .....	73
5.2 89C51中断系统的结构 .....	74
5.3 中断请求源 .....	74
5.3.1 89C51中断系统的中断请求源 .....	74

5.3.2	特殊功能寄存器 TCON 和 SCON	75
5.4	中断控制	76
5.4.1	中断允许寄存器 IE	76
5.4.2	中断优先级寄存器 IP	77
5.5	响应中断请求的条件	79
5.6	外部中断的响应时间	80
5.7	外部中断的触发方式选择	81
5.7.1	电平触发方式	81
5.7.2	跳沿触发方式	81
5.8	中断请求的撤消	81
5.9	中断服务子程序的设计	82
5.9.1	中断服务子程序设计的任务	82
5.9.2	采用中断时的主程序结构	83
5.9.3	中断服务子程序的流程	83
	思考题及习题	85
<b>第 6 章</b>	<b>89C51 的定时器/计数器</b>	<b>87</b>
6.1	定时器/计数器的结构	87
6.1.1	工作方式控制寄存器 TMOD	88
6.1.2	定时器/计数器控制寄存器 TCON	88
6.2	定时器/计数器的 4 种工作方式	89
6.2.1	方式 0	89
6.2.2	方式 1	90
6.2.3	方式 2	90
6.2.4	方式 3	91
6.3	计数器模式对输入信号的要求	93
6.4	定时器/计数器的编程和应用	93
6.4.1	方式 1 的应用	93
6.4.2	方式 2 的应用	95
6.4.3	方式 3 的应用	97
6.4.4	门控制位 GATE 的应用——测量脉冲宽度	99
6.4.5	实时时钟的设计	99
6.4.6	定时器/计数器作为外部中断源的使用方法	102
	思考题及习题	102
<b>第 7 章</b>	<b>89C51 的串行口</b>	<b>104</b>
7.1	串行口的结构	104
7.1.1	串行口控制寄存器 SCON	104
7.1.2	特殊功能寄存器 PCON	106
7.2	串行口的 4 种工作方式	106



25	7.2.1 方式 0	106
25	7.2.2 方式 1	107
25	7.2.3 方式 2	109
27	7.2.4 方式 3	110
27	7.3 89C51 的多机通信	111
08	7.4 波特率的制定方法	112
18	7.4.1 波特率的定义	112
18	7.4.2 定时器 T1 产生波特率的计算	112
18	7.5 串行口的编程和应用	114
18	7.5.1 双机串行通信硬件接口	114
58	7.5.2 双机串行通信软件编程	116
58	思考题及习题	121
<b>第 8 章 89C51 单片机扩展存储器的设计</b>		<b>123</b>
28	8.1 89C51 系统扩展结构	123
28	8.1.1 系统总线	124
28	8.1.2 构造系统总线	124
28	8.2 地址空间分配和外部地址锁存器	125
38	8.2.1 存储器地址空间分配	125
38	8.2.2 外部地址锁存器	128
28	8.3 程序存储器 EPROM 的扩展	129
28	8.3.1 常用 EPROM 芯片介绍	130
02	8.3.2 程序存储器的操作时序	132
02	8.3.3 89C51 与 EPROM 的接口电路设计	133
12	8.4 静态数据存储器 RAM 的扩展	135
22	8.4.1 常用的静态 RAM(SRAM) 芯片	135
22	8.4.2 外扩数据存储器的读写操作时序	136
22	8.4.3 89C51 与 RAM 的接口电路设计	137
22	8.5 EPROM 和 RAM 的综合扩展	139
22	8.5.1 综合扩展的硬件接口电路	139
22	8.5.2 外扩存储器电路的工作原理及软件设计	141
22	8.6 Atmel89C51/89C55 单片机的片内闪烁存储器	143
201	思考题及习题	144
<b>第 9 章 89C51 扩展并行 I/O 接口的设计</b>		<b>145</b>
101	9.1 并行 I/O 接口扩展概述	145
101	9.1.1 I/O 接口的功能	145
101	9.1.2 I/O 端口的编址	145
101	9.1.3 I/O 数据的几种传送方式	146
101	9.1.4 I/O 接口电路	146

9.2	89C51 与可编程并行 I/O 芯片 82C55 的接口设计	147
9.2.1	82C55 芯片介绍	147
9.2.2	工作方式选择控制字及 PC 口置位/复位控制字	149
9.2.3	82C55 的三种工作方式	150
9.2.4	89C51 单片机和 82C55 的接口	154
9.3	89C51 与可编程 RAM/IO 芯片 81C55 的接口	155
9.3.1	81C55 芯片介绍	156
9.3.2	81C55 的工作方式	158
9.3.3	89C51 与 81C55 的接口及软件编程	161
9.4	利用 74LSTTL 电路扩展并行 I/O 口	162
9.5	用 89C51 的串行口扩展并行口	163
9.5.1	用 74LS165 扩展并行输入口	164
9.5.2	用 74LS164 扩展并行输出口	165
	思考题及习题	165
<b>第 10 章</b>	<b>89C51 与键盘/显示器、微型打印机的接口设计</b>	<b>167</b>
10.1	LED 显示器接口原理	167
10.1.1	LED 显示器的结构	167
10.1.2	LED 显示器工作原理	168
10.2	键盘接口原理	170
10.2.1	键盘输入应解决的问题	170
10.2.2	键盘接口的工作原理	171
10.3	键盘/显示器接口的设计	172
10.3.1	键盘/显示器专用芯片 HD7279A 简介	173
10.3.2	专用芯片 HD7279A 实现的键盘/显示器接口	180
10.4	89C51 与液晶显示器(LCD)的接口	183
10.4.1	LCD 显示器的分类	183
10.4.2	点阵字符型液晶显示模块介绍	183
10.4.3	89C51 与 LCD 的接口及软件编程	187
10.5	89C51 单片机与微型打印机 TP $\mu$ P-40A/16A 的接口	190
10.5.1	TP $\mu$ P-40A/16A 微型打印机	190
10.5.2	主要性能、接口要求及时序	190
10.5.3	字符代码及打印命令	191
10.5.4	TP $\mu$ P-40A/16A 与 89C51 单片机的接口设计	192
	思考题及习题	193
<b>第 11 章</b>	<b>89C51 与 D/A、A/D 转换器的接口</b>	<b>195</b>
11.1	89C51 与 DAC 的接口	195
11.1.1	D/A 转换器概述	195
11.1.2	89C51 与 8 位 DAC0832 的接口	196

11.1.3	89C51 与 12 位电压输出型 D/A 转换器 AD667 的接口	202
11.2	89C51 与 ADC 的接口	207
11.2.1	A/D 转换器概述	207
11.2.2	89C51 与 ADC0809(逐次比较型)的接口	208
11.2.3	89C51 与 AD574A(逐次比较型)的接口	211
11.2.4	89C51 与 A/D 转换器 MC14433(双积分型)的接口	215
	思考题及习题	218
<b>第 12 章</b>	<b>单片机的串行扩展技术</b>	<b>220</b>
12.1	单总线接口简介	220
12.2	SPI 总线接口简介	221
12.3	I <sup>2</sup> C 串行总线的组成及工作原理	222
12.3.1	I <sup>2</sup> C 串行总线概述	222
12.3.2	I <sup>2</sup> C 总线的数据传送	223
12.4	89C51 单片机扩展 I <sup>2</sup> C 总线器件的接口设计	228
12.4.1	I <sup>2</sup> C 总线器件的扩展接口电路	228
12.4.2	I <sup>2</sup> C 总线数据传送的模拟	228
12.4.3	I <sup>2</sup> C 总线模拟通用子程序	231
<b>第 13 章</b>	<b>89C51 单片机应用系统的设计与调试</b>	<b>234</b>
13.1	89C51 单片机应用系统设计的步骤	234
13.2	应用系统的硬件设计	234
13.3	应用系统的软件总体框架设计	235
13.4	89C51 单片机系统设计举例	237
13.4.1	应用系统设计中的地址空间分配与总线驱动	237
13.4.2	89C51 的最小系统	240
13.4.3	应用设计举例——水温控制系统的设计	240
13.5	软件抗干扰设计	244
13.5.1	软件滤波	244
13.5.2	指令冗余及软件陷阱	247
13.5.3	开关量输入/输出软件抗干扰设计	250
13.6	用户样机的硬件调试	250
13.7	AT89 系列单片机各种型号产品介绍	253
13.7.1	低档型 AT89 系列单片机	253
13.7.2	标准型 AT89 系列单片机	255
13.7.3	高档型 AT89 系列单片机	256
	参考文献	258

# 第 1 章

## 单片机基础

**导读:**本章介绍有关单片机的基础知识、发展历史和发展趋势,以及单片机的应用领域。在世界各公司众多的 8 位单片机产品中,我国使用最多的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机及与其兼容的单片机。在众多的兼容机型中,美国 Atmel 公司的 AT89C5x 系列,尤其是该系列中的 AT89C51 单片机在我国的 8 位单片机应用中占有相当大的市场份额,本章也对 AT89C51 单片机及 AT89C5x 系列产品作以简单介绍,以使读者对 AT89C51 单片机有一个初步了解。

### 1.1 什么是单片机

什么是单片机?单片机就是将微型计算机集成在一片半导体硅片上的微型计算机。在一片半导体硅片上集成了中央处理单元(CPU)、存储器(RAM/ROM)和各种 I/O 接口,这样一块集成电路芯片具有一台微型计算机的属性,因而被称为单片微型计算机,简称单片机。单片机主要应用于测控领域,自 20 世纪 70 年代问世以来,已广泛地应用于工业自动化、自动检测与控制、智能仪器仪表、家用电器、机电一体化设备、汽车电子等各个方面。

在国际上,多把单片机称为微控制器 MCU(Micro Controller Unit)。由于单片机在使用时,通常是处于测控系统的核心地位并嵌入其中,所以,通常也把单片机称为嵌入式控制器 EMCU(Embedded Micro Controller Unit)。而在我国,大部分工程技术人员则比较习惯于使用“单片机”这一名称。

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。

通用型单片机具有比较丰富的内部资源,其内部可开发的资源,如存储器、I/O 等各种功能部件全部提供给用户。用户可根据实际需要,设计一个以通用单片机芯片为核心,再配以外围接口电路及其他外围设备,来满足各种不同需要的测控系统。通常所说的单片机和本书所介绍的都是指通用型单片机。

专用型单片机就是专门针对某些产品的特定用途而制作的单片机。这种“专用”单片机的最大特点是针对某一固定用途,并且用量大。在设计中,已对其系统结构的最简化、可靠性和成本的最佳化等方面都作了全面考虑,所以,“专用”单片机具有十分明显的综合优势。但是,无论“专用”单片机在用途上有多么“专”,其基本结构和工作原理都是以通用单片机为基础的。



## 1.2 单片机的发展历史及发展趋势

### 1.2.1 单片机的发展历史

单片机根据其基本操作处理的二进制位数可分为:8位单片机、16位单片机和32位单片机。

继1971年Intel公司首次宣布4004的4位微处理器的研制成功不久,就出现了单片机。单片机的发展历史可分为四个阶段:

**第一阶段(1974~1976年):**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。1974年12月,仙童公司推出了8位的F8单片机,实际上只包括了8位CPU、64个字节RAM和2个并行口,从此开创了单片机发展的初级阶段。

**第二阶段(1976~1978年):**低性能单片机阶段。1976年Intel公司推出的MCS-48单片机极大地促进了单片机的变革。1977年GI公司推出了PIC1650,但这个阶段的单片机仍然处于低性能阶段。

**第三阶段(1978~1983年):**高性能单片机阶段。1978年Zilog公司推出了Z8单片机,1980年Intel公司在MCS-48单片机的基础上推出了MCS-51系列单片机, Motorola公司推出6801单片机,这些产品使单片机的应用跃上了一个新的台阶。此后,各公司的8位单片机迅速发展起来。由于8位单片机的性能价格比高,被广泛应用,仍是目前应用数量较多的单片机产品之一。

**第四阶段(1983年~现在):**8位单片机巩固发展及16位单片机、32位单片机推出阶段。16位单片机的典型产品为Intel公司生产的MCS-96系列单片机。而32位单片机除了具有更高的集成度外,其数据处理速度比16位单片机提高许多,性能比8位、16位单片机更加优越。20世纪90年代,是单片机制造业大发展的时期,这个时期的Motorola、Intel、Atmel、德州仪器(TI)、三菱、日立、飞利浦、韩国LG等公司又开发了一大批性能优越的单片机,极大地推动了单片机的应用。

### 1.2.2 单片机的发展趋势

单片机的发展趋势将是向大容量、高性能化和外围电路内装化等方面发展。为满足不同的用户要求,各公司竞相推出能满足不同需要的产品。

#### 1. CPU的改进

- (1)采用双CPU结构,以提高处理能力。
- (2)增加数据总线宽度,在8位单片机内部采用16位数据总线,其数据处理能力明显优于一般8位单片机。

#### 2. 存储器的发展

- (1)加大存储容量。单片机片内程序存储器容量可达128 K字节。
- (2)片内程序存储器采用闪烁(Flash)存储器。闪烁存储器能在+5 V下读写,既有静态RAM读写操作简便,又有在掉电时数据不会丢失的优点。片内闪烁存储器的使用,使得单片机可以不用外扩程序存储器,大大简化了应用系统的设计工作。

### 3. 片内 I/O 的改进

(1) 增加并行口的驱动能力。这样可减少外部驱动芯片。有的单片机能直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动 LED 和 VFD(荧光显示器)。

(2) 有些单片机设置了一些特殊的串行接口功能,为构成分布式、网络化系统提供了方便条件。

### 4. 低功耗化

8 位单片机中的多数产品已 CMOS 化,CMOS 芯片的单片机具有功耗小的优点,而且为了充分发挥低功耗的特点,这类单片机普遍配置有等待状态、睡眠状态、关闭状态等工作方式,非常适合应用于便携式、电池供电的仪器仪表中。

### 5. 外围电路内装化

随着集成电路技术及工艺的不断发展,把所需的众多外围电路全部装入单片机内,即系统的单片化是目前单片机发展趋势之一。例如,美国 Cygnal 公司的 C8051F020 8 位单片机,内部采用流水线结构,大部分指令的完成时间为 1 或 2 个时钟周期,峰值处理能力为 25 MIPS。片上集成有 8 通道 A/D、两路 D/A、两路电压比较器,内置温度传感器、定时器、可编程数字交叉开关和 64 个通用 I/O 口、电源监测、看门狗、多种类型的串行总线(两个 UART、SPI)等。

综观单片机几十年的发展历程,单片机今后将向多功能、高性能、高速度(时钟达 40 MHz)、低电压(2.7 V 即可工作)、低功耗、低价格(几元钱)、外围电路内装化及片内数据存储容量增加和片内程序存储器的 Flash 化发展。

## 1.3 单片机的应用

单片机的出现使计算机从海量数值计算飞跃进入到智能化控制领域。单片机体积小、价格低、应用方便、稳定可靠,因此,单片机的发展和普及带来了自动化测试与控制领域中的一场重大革命和技术进步。仅从体积小方面来说,由于单片机的体积要比一般计算机体积小很多,因此,单片机几乎可以在任何设施或任意装置上做成非常小的、功能比较完善的单片机嵌入系统置于其中,以实现各种方式的检测、计算或控制,因此,只要在单片机的外围适当加一些必要的外围扩展接口电路,就可以构成各种应用系统,如工业控制系统、数据采集系统、自动控制系统、自动检测监视系统、智能仪器仪表等。随着集成电路技术的发展,大量的外围功能电路集成在单片机芯片内,直接就可构成一个系统。

为什么单片机能够获得大量的应用? 主要是因为以单片机为核心构成的应用系统具有以下优点:

(1) 功能齐全,应用可靠,抗干扰能力强。

(2) 简单方便,易于普及。由于单片机技术是一门非常适合于专业、非专业人员掌握的一门普及技术,单片机的应用系统设计、组装、调试已经是一件很容易的事,广大工程技术人员通过学习都能很快地掌握其应用设计技术。

(3) 发展迅速,前景广阔。在短短的 20 多年时间里,单片机就经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几大发展阶段。尤其是形式多样、功能日臻完善的单片机不断问世,更使得单片机在工业控制领域获得长足的发展和大量应用。近几年,单片机的内部结构愈加完美,配套的片内功能器件越来越完整和简单,为向更高层次和更大规模的发展奠定了坚实的基础。

(4) 嵌入容易,用途广泛。单片机以其性能价格比高、应用灵活性强等特点,在嵌入式微控制系统中占有十分重要的地位。在单片机出现以前,人们要想制作一套自动控制系统,往往采用大量的模拟电路、数字电路、分立元件来完成,以实现计算、控制功能。这样,不仅系统的体积庞大,而且因为线路复杂、连接点太多,极易出现故障。单片机出现以后,电路的组成和控制方式都发生了很大的变化。在单片机应用系统中,这些控制功能的绝大部分都已经由单片机的软件程序实现,其他电子线路则由片内的外围接口电路来替代。原来必须由电子线路实现的计算、比较、判断等功能,现在已经由单片机和软件及片内的外围功能电路取代。

总之,单片机软硬件结合,体积小,很容易嵌入到各种应用系统中。因此,嵌入式控制系统少不了单片机,以单片机为核心的嵌入式控制系统在下述的各个领域中得到了广泛的应用。

### 1. 工业方面

在工业方面,单片机的主要应用有:工业过程控制、智能控制、设备控制、数据采集、数据传输、测试、测量、监控等。在工业自动化领域中,机电一体化技术已发挥愈来愈重要的作用,在这种集机械、微电子和计算机技术为一体的综合技术(例如机器人技术)中,单片机发挥了非常重要的作用。

### 2. 仪器仪表方面

目前,对仪器仪表自动化和智能化的要求越来越高。在智能仪器仪表中,单片机应用十分普及。单片机的使用有助于提高仪器仪表的精度和准确度,简化结构,减小体积以便于携带和使用,加速仪器仪表向数字化、智能化、多功能化方向发展。

### 3. 消费类电子产品

单片机在一般家用电器中的应用已经非常普及。目前家电产品的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度。例如,洗衣机、电冰箱、空调机、电风扇、电视机、微波炉、加湿机、消毒柜、手机、IC卡等,在这些设备中嵌入了单片机后,其功能和性能大大提高,并实现了智能化和最优化控制。

### 4. 通信方面

在调制解调器、各类手机、传真机、程控电话交换机、信息网络及各种通信设备中,单片机已经得到了广泛的应用。

### 5. 武器装备

在现代化的武器装备中,如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航天飞机导航系统等,都有单片机嵌入其中。

### 6. 各种终端及外部设备控制

计算机网络终端设备,如银行终端,以及计算机外部设备,如打印机、硬盘驱动器、绘图机、传真机、复印机等,都使用了单片机。

### 7. 汽车方面

单片机也应用于各种汽车电子设备:汽车安全系统、汽车信息系统、智能自动驾驶系统、卫星汽车导航系统、汽车紧急请求服务系统、汽车防撞监控系统、汽车自动诊断系统及汽车黑匣子等。

### 8. 多机分布式系统

利用多片单片机构成分布式测控系统,这使单片机的应用上升到一个新的水平。

综上所述,从工业自动化、自动控制、智能仪器仪表、家用电器等方面,直到国防尖端技术领域,单片机都发挥着十分重要的作用。

## 1.4 MCS-51 系列与 AT89C5x 系列单片机

### 1.4.1 MCS-51 系列单片机

20 世纪 80 年代以来,单片机的发展非常迅速,世界上一些著名厂商投放市场的产品就有几十个系列,数百个品种。其中有 Intel 公司的 MCS-48、MCS-51, Motorola 公司的 6801、6802。Zilog 公司的 Z8 系列, Rockwell 公司的 6501、6502 等。此外,荷兰的 Philips 公司、日本的 NEC 公司、日立公司等也不甘落后,相继推出了各自的单片机品种。

尽管各个公司生产的单片机的品种很多,但是自单片机问世以来,在我国使用最多的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机及其兼容的单片机。MCS 是 Intel 公司生产的单片机的系列符号,例如 Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。MCS-51 系列是 Intel 公司在 MCS-48 系列的基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,是最早进入我国的单片机主流品种之一。

MCS-51 系列单片机既包括三个基本型 8031、8051、8751,也包括对应的低功耗型 80C31、80C51、87C51。虽然它们是 8 位的单片机,但它具有品种全、兼容性强、性能价格比高等特点,且硬件应用设计资料丰富齐全,已为我国广大工程技术人员所熟悉。因此, MCS-51 系列单片机在我国得到了广泛的应用。

MCS-51 系列单片机有很多品种,但经常使用的是基本型和增强型。

#### 1. 基本型

典型产品有 8031、8051、8751。8031 内部包括一个 8 位 CPU、128 个字节的 RAM、21 个特殊功能寄存器(SFR)、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源,但片内无程序存储器,需外扩程序存储器芯片。

8051 是在 8031 的基础上,片内又集成有 4 K 字节 ROM 的程序存储器,所以 8051 是一个程序不超过 4 K 字节的小系统。ROM 内的程序是公司制作芯片时代为用户烧制的,所以 8051 应用在程序已定、且批量大的单片机产品中。

8751 与 8031 相比,片内集成了 4 K 字节的 EPROM,它构成了一个程序不大于 4 K 字节的小系统。用户可以将程序固化在 EPROM 中,EPROM 中的内容可反复擦写修改,但其价格较 8031 贵。8031 外扩一片 4 K 字节的 EPROM 就相当于 8751。

#### 2. 增强型

Intel 公司在 MCS-51 系列三种基本型产品的基础上,又推出了增强型系列产品,即 52 子系列,典型产品有 8032、8052、8752。它们的内部 RAM 增至 256 字节,8052、8752 的内部程序存储器扩展到 8 K 字节,16 位定时器/计数器增至 3 个,有 6 个中断源,串行口通信速率提高了 5 倍。

### 1.4.2 AT89C5x 系列单片机

MCS-51 系列单片机中的 8051 是最早、最典型的产品,该系列的单片机都是在 8051 的基础上进行了功能的增减,所以人们习惯于用 8051 来作为 MCS-51 系列单片机的典型产品。20 世纪 80 年代中期以后, Intel 公司已把精力集中在 CPU 芯片的开发、研制上,并逐渐放弃了单片



机芯片的生产,但是以 MCS-51 为技术核心的单片机已经成为许多厂家、电气公司竞相选用的对象,并以此为基核。因此,Intel 公司以专利转让或技术交换的形式,把 8051 的内核技术转让给了许多半导体芯片生产厂家,如 Atmel、Philips、Cygnal、Analog、LG、ADI、Maxim、Devices、Dallas 等公司。这些厂家生产的芯片是与 MCS-51 系列兼容的,准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。这些兼容机与 8051 的内核结构、指令系统相同,人们也习惯把这些兼容机等各种衍生品种统称为 51 系列单片机或 51 单片机,有的公司在 8051 的基础上又做了一些扩充(例如 52 子系列单片机),使其功能和市场竞争力更强。

近年来,世界上单片机芯片生产厂商推出的与 8051(80C51)兼容的主要产品见表 1.1。

表 1.1 与 80C51 兼容的主要产品

生产厂家	单片机型号
美国 Atmel 公司	AT89C5x 系列(89C51、89C52、89S52、89C55 等)
荷兰 Philips(飞利浦)公司	80C51、8xC552 系列
Cygnal 公司	C80C51F 系列高速 SOC 单片机
LG 公司	GMS90/97 系列低价高速单片机
ADI 公司	AD $\mu$ C8xx 系列高精度单片机
美国 Maxim 公司	DS89C420 高速(50MIPS)单片机系列
华邦公司	W78C51、W77C51 系列高速低价单片机
AMD 公司	8-515/535 单片机
Siemens 公司 SAB80512	SAB80512 单片机

在众多的 MCS-51 单片机及各种增强型、扩展型等衍生品种的兼容机中,美国 Atmel 公司推出的 AT89C5x 系列,尤其是该系列中的 AT89C51 单片机在我国目前的 8 位单片机应用中占有相当大的市场份额。

Atmel 公司是美国 20 世纪 80 年代中期成立并发展起来的半导体公司。该公司于 1994 年以 E<sup>2</sup>PROM 技术与 Intel 公司的 80C51 核的使用权进行交换。Atmel 公司的技术优势是其闪烁(Flash)存储器技术,将 Flash 与 80C51 核相结合,形成了 Flash 单片机 AT89C5x 系列。AT89C5x 系列单片机继承了 MCS-51 的原有功能,与 MCS-51 系列单片机在原有功能、引脚及指令系统方面完全兼容。此外,AT89C5x 系列单片机又增加了一些新的功能,如看门狗定时器 WDT、ISP 及 SPI 串行接口技术等,其中的 AT89C51 单片机的时钟频率高达 24 MHz,Flash 存储器允许在线(+5 V)电擦除、电写入或使用编程器对其重复编程。另外,AT89C51 还支持由软件选择的两种掉电工作方式,非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。AT89C51 就相当于 MCS-51 系列中的 87C51,只不过是芯片内的 4 K 字节 Flash 存储器取代了 87C51 片内的 4 K 字节的 EPROM。AT89C51 片内的 4 K 字节 Flash 存储器可在线编程或使用编程器重复编程,且价格较低,因此 Atmel 公司的 AT89C5x 系列单片机受到了应用设计者的欢迎,AT89C51 是目前取代 MCS-51 系列单片机的主流芯片之一。本书重点介绍 AT89C51(简称为 89C51)单片机及其应用系统设计。