

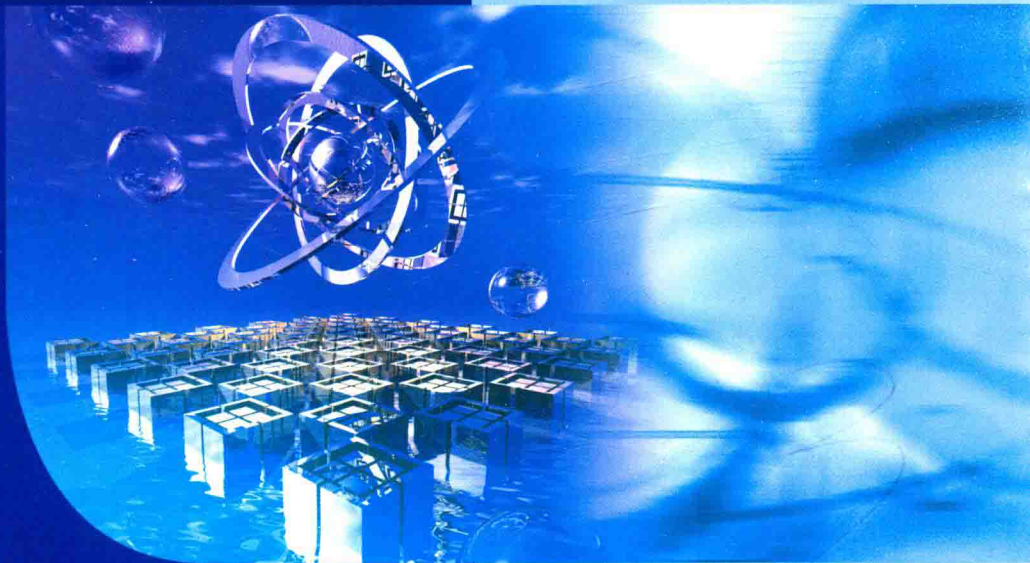


普通高等教育“十三五”电气信息类规划教材

单片机原理与应用 及 C51 编程技术

◎ 主编 高玉芹

第2版



免费电子课件



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三

教材

单片机应用 及 C51 编程技术

第 2 版

主 编 高玉芹
副主编 游春霞 胡志强
参 编 何煦岚 张允超



机械工业出版社

本书以 AT89 系列单片机为代表机型,全面、详细地介绍了 AT89 系列单片机的硬件、软件及应用技术。全书共分 11 章,第 1、2 章介绍了单片机的硬件设计基础,包括单片机概述和 AT89 系列单片机的硬件体系结构与原理;第 3~5 章介绍了单片机的软件设计基础,包括指令系统、汇编语言程序设计、C51 语言程序设计、C51 与汇编语言的混合编程、Keil μ Vision2 开发平台的使用及使用 Proteus ISIS 进行单片机应用系统虚拟仿真的方法;第 6 章介绍了 AT89 系列单片机的内部资源及编程,包括中断系统、定时/计数器和串行通信;第 7、8 章介绍了 AT89 系列单片机存储器和外围接口扩展技术;第 9 章介绍了 SPI、I²C 和 1-Wire 等串行总线接口技术、常用的串行接口外围芯片,并通过大量实例介绍了串行总线接口技术的应用;第 10、11 章介绍了单片机应用系统设计方法和设计实例。本书选材新颖,内容丰富,讲解由浅入深、循序渐进,编排顺序合理,可读性好,实用性强,并配有丰富的例题及习题。

本书可作为电子信息工程、电气工程、自动化、计算机以及机电一体化等专业单片机原理及应用课程的教学用书,也可作为职大和电大相关专业的教学用书,还可供相关专业教师及工程技术人员参考。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用及 C51 编程技术/高玉芹主编.—2 版.—北京:机械工业出版社,2017.8

普通高等教育“十三五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-57796-6

I. ①单… II. ①高… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 206413 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐凡 责任编辑:徐凡

责任校对:刘志文 佟瑞鑫 封面设计:张静

责任印制:常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2017 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20 印张·484 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57796-6

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

单片机技术作为计算机技术的一个分支,广泛地应用于工业控制、智能仪器仪表、机电一体化、家用电器、智能玩具等各个领域,极大地提高了相关产品的智能化程度和技术水平,已成为当今社会十分重要的技术。因此,单片机应用能力也成为工科院校电类专业学生的必备技能。为了适应单片机技术飞速发展的特点,课程的教学要求与教学内容需要不断更新,新的教学内容应更加注重理论与实践并重,加强培养学生的实际应用能力,使学生在有限的时间内不仅能系统地掌握单片机的基本知识,更重要的是培养他们对应用系统的设计能力及产品开发能力。编者结合多年的教学和科研实践经验,以应用为目的完成了本书的编写。

Intel 公司的 MCS-51 系列单片机,以其完善的结构、开放的体系、丰富的功能,堪称一代“名机”,被奉为“工业控制单片机标准”。20 世纪 90 年代后期,Atmel、Philips 和 Winbond (华邦) 等众多 IC 制造商获得 Intel 公司的授权后,针对市场需求,融合各自先进技术,强化了控制接口功能,形成了规格、品种繁多的新一代 8 位单片机芯片,开创了单片机应用的新局面。新一代 80C51 中的 AT89 系列单片机的内部含有 Flash 存储器,可以在线擦写,用户只要有一个廉价的编程器或下载线,就可以进行单片机控制实验了,学习单片机不再因花费昂贵而高不可攀。至今,AT89 系列单片机在 51 兼容机市场上仍占有很大份额,其产品受到了众多用户的喜爱。本书选择 AT89 系列单片机作为主讲机型,系统、全面地介绍了 AT89 单片机内部的功能结构、软硬件资源的原理与应用,以及使用外部电路进行功能扩展的方法。近年来,串行接口设备凭借其控制灵活、接口简单、占用资源少、易扩展等优点,在工业测控、仪器仪表等领域得到了广泛的应用,成为单片机应用技术的重要组成部分。利用 C 语言设计单片机应用程序已成为单片机应用系统开发设计的一种趋势,但考虑到汇编语言在实时性方面的优点,本书以 C 语言设计训练为主,并兼顾培养学生汇编语言设计的基本素质要求。为了使學生能够边学边练,本书第 5 章的内容让读者在动手中迅速入门,初步建立起单片机软硬件设计的整体概念。

本书力求在内容选择、编排顺序和教学方法上有所创新和突破,让学生能够快速理解单片机内部各功能模块的应用特点,注重系统性、实用性和新技术的应用,并通过大量的实例介绍,引导学生掌握控制电路设计和程序开发的基本工具和方法,树立从 CPU 到系统、从指令(命令)到软件、从方案到产品的整体设计思想,进而提高综合运用软硬件知识解决实际问题的能力。

本书共 11 章,各章的主要内容简述如下。

第 1 章介绍了单片机的基本概念、分类、常用的流行单片机的特点以及单片机的应用领域和发展趋势,使读者初步了解单片机的基础知识。

第 2 章介绍了 AT89 系列单片机的内部结构、组织形式、引脚功能、工作方式和时序。本章为单片机应用的硬件基础。

第 3 章介绍了 51 单片机的指令系统和汇编语言的程序设计方法,是汇编语言程序设计的基础。

第4章介绍了C51语言程序设计知识,重点介绍了C51相对于标准C语言新增的数据类型和语法、中断函数的应用、C51语言和汇编语言混合编程等知识。这一章和第3章为单片机应用系统软件设计基础。

第5章介绍了单片机集成开发工具Keil μ Vision2和仿真开发平台Proteus ISIS的使用和联合调试方法,为学习后面章节提供开发工具和仿真训练的基础。

第6章介绍了单片机内部资源和编程,主要介绍了中断系统的结构、应用以及中断源的扩展方法;定时/计数器的原理与应用,包括单片机内部的定时/计数器,以及监视定时器的用法;串行接口与串行通信,包括内部串行口的结构与应用。

第7章和第8章介绍了单片机系统扩展的方法,包括并行存储器的扩展、并行接口的扩展、键盘和显示接口、模拟量接口技术等,重点内容是外部接口的特性,以及在实际应用中连接、控制各种接口部件的方法。

第9章重点介绍了SPI、I²C、1-Wire三种串行总线接口技术和常用的串行接口外围芯片,并通过大量的设计实例介绍了串行总线接口技术的软硬件设计方法。

第10章介绍了单片机应用系统设计技术,主要内容包括应用系统设计过程、软硬件设计中的具体问题、抗干扰措施和系统仿真调试方法,从系统设计的角度综合运用前10章的内容。

第11章介绍了二个实际的单片机应用系统的设计实例,作为单片机知识应用的总结,初步引导读者掌握系统的软硬件设计过程和方法。

本书具有如下特点:

(1) 结构清晰,知识体系完整。全书按“CPU—外设—系统”“片内资源—片外扩展—实例设计”“CPU硬件体系—软件基础—软硬件总体设计”的顺序组织编写,内容由浅入深,循序渐进。

(2) 系统性、实用性和新技术应用相结合。本书注重知识的系统性和实用性相结合,并将单片机应用中的软硬件设计过程合为一体,适于不同专业基础的学生学习;在详解单片机经典技术的同时,对近年来单片机领域的新技术、新器件,如串行A/D、D/A、Flash存储器、串行总线扩展等也给出了具体应用。

(3) 实例丰富,强调应用。书中提供了大量实例,描述了系统设计过程的总体框架和软硬件设计细节,硬件电路、程序代码完整,绝大部分稍加修改即可重复使用。

(4) 对比优化,学以致用。多数实例中采用汇编语言和C语言对照编程的方式进行介绍。大部分实例均来自实际项目,便于学生树立工程思想、提高综合素质。

本书由高玉芹任主编,并负责全书的组织和统稿。第1、2、9、11章由高玉芹编写,第4、6章由游春霞编写,第7、8章由胡志强编写,第3、5章由何煦岚编写,第10章和附录由张允超编写。

在本书的编写过程中,作者查阅和参考了有关文献和资料,从中得到许多帮助和启示,在此对文献、资料的作者表示感谢。

由于编者水平有限,疏漏与不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

作者

目 录

前言	
第1章 单片机概述	1
1.1 单片机的概念及主要特点	1
1.2 单片机的分类及发展趋势	1
1.2.1 单片机发展现状	1
1.2.2 单片机的发展趋势	2
1.3 常见的主流单片机	3
1.3.1 目前流行的51内核单片机	3
1.3.2 目前流行的非51内核的单片机	8
1.4 单片机的应用领域	9
习题1	10
第2章 AT89系列单片机的硬件体系结构	11
2.1 AT89系列单片机概述	11
2.1.1 AT89系列单片机简介	11
2.1.2 AT89系列单片机的主要性能	11
2.1.3 AT89系列单片机的主要品种	11
2.1.4 AT89系列单片机的型号编码	13
2.2 AT89系列单片机的结构原理	13
2.2.1 AT89系列单片机的基本组成	13
2.2.2 AT89系列单片机的内部框图	14
2.2.3 AT89系列单片机的CPU	14
2.3 AT89系列单片机的存储器结构	17
2.3.1 AT89系列单片机的程序存储器	17
2.3.2 AT89系列单片机的数据存储器	19
2.4 AT89系列单片机的引脚功能	26
2.4.1 外部引脚	26
2.4.2 片外总线结构	28
2.5 AT89系列单片机的I/O接口	28
2.5.1 P0口	28
2.5.2 P1口	29
2.5.3 P2口	30
2.5.4 P3口	30
2.6 AT89S系列单片机内部看门狗定时器	31
2.6.1 看门狗定时器简介	31
2.6.2 看门狗定时器的使用	31
2.7 AT89系列单片机的复位工作方式	32
2.8 AT89系列单片机的低功耗方式	33
2.8.1 空闲工作方式	33
2.8.2 掉电工作方式	34
2.9 AT89系列单片机的时序	34
2.9.1 几个基本时序单位	34
2.9.2 CPU取指令和执行指令时序	35
习题2	36
第3章 单片机的指令系统及汇编语言程序设计	38
3.1 51系列单片机指令系统概述	38
3.2 51系列单片机的寻址方式	38
3.2.1 立即寻址	39
3.2.2 寄存器寻址	39
3.2.3 直接寻址	39
3.2.4 寄存器间接寻址	39
3.2.5 相对寻址	40
3.2.6 变址寻址	40
3.2.7 位寻址	41
3.3 51系列单片机指令系统	41
3.3.1 数据传送指令	41
3.3.2 算术运算指令	44
3.3.3 逻辑操作指令	47
3.3.4 控制转移指令	49
3.3.5 位操作指令	55
3.4 51系列单片机汇编语言的语句格式	56
3.5 51系列单片机汇编程序常用伪指令	57
3.5.1 定义起始地址伪指令	57
3.5.2 定义汇编结束伪指令	57
3.5.3 标号赋值伪指令	58
3.5.4 字节定义伪指令	58
3.5.5 字定义伪指令	58
3.5.6 存储区定义伪指令	59
3.5.7 位定义伪指令	59
3.5.8 内部RAM地址赋值伪指令	59
3.5.9 外部RAM地址赋值伪指令	59
3.6 51系列单片机汇编程序设计方法	60

3.6.1	顺序结构程序设计	60	4.6.2	指针	88
3.6.2	分支结构程序设计	61	4.6.3	结构	89
3.6.3	循环结构程序设计	61	4.6.4	联合	90
3.6.4	查表程序设计	62	4.6.5	枚举	91
3.6.5	子程序设计	64	4.7	函数、库函数和预处理命令	91
习题3		66	4.7.1	函数的定义	92
第4章 C51 程序设计		67	4.7.2	函数的调用和声明	93
4.1	C51 程序设计基础	67	4.7.3	中断函数	93
4.1.1	C51 语言特点和程序结构	67	4.7.4	库函数	95
4.1.2	C51 的字符集、标识符与关 键字	68	4.7.5	预处理命令	97
4.2	C51 数据类型	69	4.8	C51 程序设计	98
4.2.1	字符型	70	4.8.1	数值运算程序设计	98
4.2.2	整型	70	4.8.2	硬件接口程序设计	100
4.2.3	长整型	70	4.9	C51 语言和汇编语言混合编程	101
4.2.4	浮点型	70	4.9.1	在 C51 语言中嵌入汇编语言	101
4.2.5	位型	71	4.9.2	C51 语言和汇编语言程序参数的 传递	103
4.2.6	寄存器型	71	4.9.3	带参数传递的汇编语言调用程序 实例	104
4.3	C51 运算量	71	习题4		105
4.3.1	常量	71	第5章 单片机应用系统的开发环境及 仿真软件简介		106
4.3.2	变量	73	5.1	Keil C51 μ Vision2 集成开发环境	106
4.3.3	C51 扩展数据类型的变量定义	75	5.1.1	Keil C51 μ Vision2 的工作环境	106
4.3.4	C51 绝对地址访问	77	5.1.2	工程的创建	108
4.3.5	储存模式	78	5.1.3	工程的设置	109
4.4	C51 运算符和表达式	79	5.1.4	工程的调试运行	110
4.4.1	算术运算符与算术表达式	79	5.1.5	存储空间资源的查看和修改	112
4.4.2	逻辑运算符与逻辑表达式	79	5.1.6	变量的查看和修改	113
4.4.3	关系运算符与关系表达式	80	5.2	单片机硬件仿真开发工具 Proteus	114
4.4.4	位操作运算符与位表达式	80	5.2.1	Proteus ISIS 的功能简介	114
4.4.5	赋值运算符与赋值表达式	81	5.2.2	Proteus ISIS 的用户界面	114
4.4.6	逗号运算符与逗号表达式	82	5.2.3	Proteus ISIS 的单片机系统仿真	116
4.5	C51 语句	82	5.2.4	Proteus ISIS 与 Keil C51 的联合 使用	119
4.5.1	if 语句	82	习题5		121
4.5.2	switch 语句	83	第6章 AT89 系列单片机的内部资源 及应用		122
4.5.3	while 语句	84	6.1	AT89 系列单片机的并行口及其 应用	122
4.5.4	do-while 语句	84	6.2	AT89 系列单片机的中断系统	124
4.5.5	for 语句	85	6.2.1	中断的基本概念	124
4.5.6	goto 语句、break 语句和 continue 语句	85			
4.5.7	return 语句	87			
4.6	C51 语言中的数组、指针、结构和 联合	87			
4.6.1	数组	87			

6.2.2	AT89 系列单片机的中断系统	125	8.1.3	I/O 接口数据的传送方式	187
6.2.3	外部事件中断及应用	130	8.1.4	简单 I/O 接口的扩展	188
6.3	AT89 系列单片机定时/计数器	136	8.1.5	可编程序 8255A 的并行 I/O 扩展	189
6.3.1	定时/计数器的一般结构和工作原理	137	8.2	LED 显示器及其与单片机的接口技术	196
6.3.2	定时/计数器 T0、T1 的功能和使用方法	137	8.2.1	LED 显示器的结构与原理	196
6.3.3	定时/计数器的初始化编程及应用	145	8.2.2	LED 显示器的译码方式	197
6.3.4	AT89S 系列单片机看门狗定时器的编程方法	150	8.2.3	LED 显示器的显示方式	197
6.4	AT89 系列单片机的串行接口及串行通信	151	8.2.4	LED 显示器与单片机的接口	198
6.4.1	串行口的基本通信方式	151	8.3	键盘及其与单片机的接口技术	201
6.4.2	单片机串行口及控制寄存器	152	8.3.1	键盘的工作原理	201
6.4.3	单片机串行通信工作方式	153	8.3.2	独立式按键与单片机的接口	202
6.4.4	单片机串行口的初始化编程及波特率设置	155	8.3.3	矩阵式键盘与单片机的接口	204
6.4.5	RS-232C 串行口标准	157	8.4	LCD 显示器及其与单片机的接口技术	210
6.4.6	RS-422、RS-485 标准串行总线接口	160	8.4.1	LCD 显示器的分类	210
6.4.7	串行通信应用举例	161	8.4.2	LCD 模块的引脚	210
习题 6		173	8.4.3	寄存器选择、显示器地址及字符发生器	211
第 7 章	AT89 系列单片机的存储器扩展技术	174	8.4.4	LCM 控制指令	213
7.1	总线扩展及地址分配	174	8.4.5	AT89 单片机与 LCD 模块的接口	213
7.1.1	系统总线	174	8.5	A/D、D/A 转换器及其与单片机的接口技术	215
7.1.2	总线扩展	175	8.5.1	模/数 (A/D) 转换接口	215
7.1.3	地址分配	175	8.5.2	数/模 (D/A) 转换接口	220
7.2	AT89 系列单片机外部存储器的扩展	178	习题 8		225
7.2.1	外部存储器扩展的方法	178	第 9 章	串行总线接口技术	226
7.2.2	程序存储器的扩展	178	9.1	SPI 串行总线接口技术	226
7.2.3	数据存储器的扩展	180	9.1.1	SPI 串行总线简介	226
7.2.4	程序存储器和数据存储器的综合扩展	182	9.1.2	SPI 串行接口 A/D 转换器 TLC549 及其软硬件设计	226
习题 7		184	9.1.3	SPI 串行接口 D/A 转换器 TLC5615 及其软硬件设计	231
第 8 章	AT89 系列单片机的接口扩展技术	186	9.2	I ² C 总线接口技术	236
8.1	I/O 接口的扩展技术	186	9.2.1	I ² C 总线简介	236
8.1.1	I/O 接口的功能	186	9.2.2	用 I/O 口模拟 I ² C 总线操作子程序	238
8.1.2	I/O 端口的编址	186	9.2.3	24Cxx 系列 E ² PROM 芯片及其与单片机的接口	245
			9.2.4	数码管动态显示驱动、键盘扫描管理芯片 ZLG7290B 及与单片机接口	248

9.3 单总线 (1-Wire) 接口技术	260	10.2.7 生成正式产品	281
9.3.1 1-Wire 简介	260	习题 10	282
9.3.2 DS18B20 简介	260	第 11 章 单片机应用系统设计实例	283
9.3.3 DS18B20 的读写时序	262	11.1 简易数字频率计的设计	283
9.3.4 DS18B20 的操作流程及指令 说明	266	11.1.1 设计要求	283
9.3.5 电子温度计的设计	267	11.1.2 总体方案	283
习题 9	272	11.1.3 系统硬件设计	283
第 10 章 单片机应用系统设计方法	274	11.1.4 系统软件设计	284
10.1 单片机典型应用系统组成	274	11.2 压力测量系统的设计	289
10.2 单片机典型应用系统开发过程	274	11.2.1 设计要求	289
10.2.1 确定任务	274	11.2.2 总体方案	289
10.2.2 总体设计	275	11.2.3 系统硬件设计	290
10.2.3 系统硬件设计	276	11.2.4 系统软件设计	292
10.2.4 系统软件设计	278	习题 11	297
10.2.5 软硬件系统联机调试	280	附录 A 51 系列单片机指令表	298
10.2.6 性能测定	281	附录 B C51 常见的库函数	303
		参考文献	310

第 1 章 单片机概述

单片机作为微型计算机的一个分支，产生于 20 世纪 70 年代，经过 30 多年的发展，已经形成有几千种型号、上百种品牌的半导体产业，对电子信息技术、工业控制技术和军事技术等的发展起到了巨大的推动作用，在各行各业中获得了广泛的应用。本章主要介绍单片机的概念、主要特点、分类、常见的主流单片机以及单片机的应用领域。

1.1 单片机的概念及主要特点

单片机 (Single Chip Microcomputer, SCM) 是单片微型计算机的简称，是指在一块半导体芯片中集成有中央处理器 (CPU)、存储器 (RAM 和 ROM)、基本 I/O 接口以及定时/计数器等必要部件的完整的微型计算机。

单片机按照面向对象，突出控制功能，在片内集成了许多外围电路及外设接口，突破了传统意义的计算机结构。目前，国外已普遍将其称为微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)。鉴于它完全作嵌入式应用，故又称为嵌入式微控制器 (Embedded Microcontroller)。

单片机具有集成度高、体积小、功耗低、可靠性高、使用灵活方便、控制功能强、性能价格比高和开发方便、简单等特点。利用单片机可以较方便地构成控制系统。

1.2 单片机的分类及发展趋势

1.2.1 单片机发展现状

当前流行 8 位、16 位和 32 位三大类产品。

1. 8 位单片机

8 位单片机是目前使用数量最大的一类单片机。其特点是成本低且能满足大多数性能要求，如 MCS-51、PIC 和 AVR 系列。

三种主要的 8 位单片机的性能比较：

(1) MCS-51 系列

MCS-51 系列单片机由美国 Intel 公司研制 (现已停产、转让)，是应用最为广泛、最成熟的产品，而且与其配套的各种开发系统也非常丰富。其核心技术已经被其他厂家购买，并开发出多种“升级”的系列产品。目前应用较多的是 AT89 系列。

(2) PIC 系列

PIC 系列单片机为美国微芯片公司 (Microchip) 的产品。其在当前市场份额增长最快，采用哈佛总线结构、二级流水作业、精简指令系统以及多种内嵌模块，如 WDT、ADC、CCP 模块等。

(3) AVR 系列

AVR 系列单片机为美国 Atmel 公司的产品。该系列单片机是一种新推出的高性能、高速

度和低功耗产品。其性能类似于 PIC 系列。常见的有 ATmega 系列。

2. 16 位单片机

16 位单片机适合于数据运算的场合，但由于价格较高，其数据运算功能又不如 32 位机，所以发展处于停滞状态。其具有代表性的产品有 MCS-96 系列、台湾的“凌阳”16 位单片机。

3. 32 位单片机

32 位单片机是当前高档次单片机发展的一个方向，具有超强的数据处理能力、合理的价格。其核心技术基本被美国 ARM 公司所垄断。具有代表性的产品是 ARM 系列，如 ARM-7、ARM-9。

1.2.2 单片机的发展趋势

1. 从类型上分，有两个主流方向

- 1) 小而专。功能专一、成本低廉、功耗低。
- 2) 大而全。性能高、速度快、容量大、通用性强。

2. 从技术发展上分

(1) CPU 的改进

- 1) CPU 核仍以 CISC 为主，但向 RISC 演化。
- 2) 采用双 CPU 结构，以提高处理能力。
- 3) 内部采用 16 位数据总线，以增加数据总线宽度。
- 4) 串行总线结构。例如，飞利浦公司开发的 I²C 总线，用两根信号线代替现行的 8 位数据总线。

(2) 存储器的发展

- 1) 加大存储容量，包括 ROM 与 RAM。
- 2) 采用闪烁 (Flash) 或 E²PROM 存储器代替片内 EPROM。
- 3) 程序保密化。

(3) 片内 I/O 的改进

- 1) 增加并行口的驱动能力，能直接输出大电流和高电压，直接驱动一些功率器件，如 LED 等。
- 2) 增加 I/O 口的逻辑控制功能，如直接对 I/O 口的位操作等。
- 3) 设置了一些特殊的串行接口功能，构成分布式、网络化系统。

(4) 外围电路内装化，性能提高

随着集成电路技术及工艺的不断发展，以及系统功能的需要，越来越多的外围器件的功能被集成到一个芯片内，即系统的单片化。这有力地削减了片外的附加器件，提高了性能并缩短了产品上市时间。这也是单片机发展的重要趋势。如片上集成 12 位 A/D、上电复位/掉电检测、看门狗、捕捉/比较/PWM、锁相环、8×8 硬件乘，以及 USB、CAN 总线接口等。

(5) 低功耗、低电压、低价位

目前，大部分单片机产品都采用 CHMOS 工艺将产品实现 CMOS 化，实现单片机的低功耗性。同时在内部功能上，增加类如 SLEEP (休眠)、等待 (WAIT)、停止 (STOP) 等功能，尽可能降低单片机的功耗。

再者，降低工作电压也可以呈指数级地降低功耗，所以逐渐出现了多电压供电的微控制器。例如，CPU 部分工作于 1.5 ~ 2.5V，而 I/O 口工作于 3.3 ~ 5V。

1.3 常见的主流单片机

目前，世界上单片机的生产厂商很多，如 Intel、Atmel、Philip、ST、Winbond、STC、Dallas、Silicon Labs、TI、Motorola 等公司，其主流产品有几十个系列，上千个品种。

Intel 公司的 MCS-51 系列单片机，是目前世界上用量最大的几种单片机之一。其他公司在保持与 51 单片机兼容的基础上，改善了 51 单片机的许多性能，如在速度提高、功能增强、集成度增大、在系统编程、降低功耗、放宽电源电压动态范围及降低产品的价格等方面都做了大量的研发。从国内流行的品种来看，主要分为 MCS-51 系列及其兼容机型和非 MCS-51 系列单片机。

1.3.1 目前流行的 51 内核单片机

目前，虽然在国内市场上流行的单片机不下十几种，但占据主导地位的仍是 51 内核及其兼容单片机。这些单片机和 MCS-51 单片机的指令完全兼容，资料和开发设备比较齐全，价格也比较便宜。目前流行的 51 内核的单片机主要有以下几种。

1. Intel 公司的 MCS-51 系列单片机

1980 年，Intel 公司推出首款 8 位单片机 8051，1980—1982 年又陆续推出了和 8051 指令系统完全相同、内部结构基本相同的 8031、8052 和 8032 等型号单片机，初步形成了 MCS-51 系列。该系列单片机以其典型的体系结构和完善的专用寄存器集中管理方式，方便的逻辑位操作功能及丰富的指令系统，堪称一代“名机”，被奉为“工业控制单片机标准”，为之后其他单片机的发展奠定了基础。1984 年，Intel 公司出售了 8051 的核心技术给 Philips、Atmel、ADI、Cygnal 等公司，发展至今已形成一个有近千种型号的庞大的 51 单片机家族。

MCS-51 系列单片机虽种类繁多，但总体来说可分为两个子系列：MCS-51 子系列和 MCS-52 子系列。MCS-51 子系列中的典型机型有 8031、8051 和 8751 三种产品，而 MCS-52 子系列中也有 8032、8052 和 8752 三种典型机型。各子系列的资源配置见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 系列单片机资源配置一览表

系列	片内存储器/B				定时/ 计数器 /个	并行 I/O 口 /个	串行口 /个	中断源 /个	制造 工艺	封装 形式
	无 ROM	PROM	E ² PROM	RAM						
51 子系列	8031	8051 4K	8751 4K	128	2 × 16	4 × 8	1	5	HMOS	DIP
	80C31	80C51 4K	87C51 4K	128	2 × 16	4 × 8	1	5	CHMOS	
52 子系列	8032	8052 8K	8752 8K	256	3 × 16	4 × 8	1	6	HMOS	
	80C32	80C52 8K	87C52 8K	256	3 × 16	4 × 8	1	6	CHMOS	

2. Atmel 公司的 89 系列单片机

美国 Atmel 公司是世界著名的半导体制造公司，除生产各种专用集成电路外，Atmel 公司还为通信、家电、仪器仪表、IT 行业及各种应用系统提供性价比高的产品。Atmel 公司最

引人注目的是它的 E²PROM 电可擦除技术、Flash 存储器技术和优秀的生产工艺与封装技术。1994 年, Atmel 公司率先把 MCS-51 内核与其擅长的 Flash 存储技术相结合, 推出了轰动业界的 AT89 系列单片机。Atmel 公司的这些先进技术用于单片机生产, 使单片机在结构和性能等方面更具明显优势。AT89 系列产品进入中国市场 10 多年来已获得了巨大成功。至今, AT89 系列单片机在 51 兼容机市场上仍占有很大份额, 其产品受到了众多用户的喜爱, 是目前取代传统的 MCS-51 系列单片机的主流单片机之一。

Atmel 公司的 AT89 系列单片机以 AT89Cxx 和 AT89Sxx 为代表, 其主要单片机品种及其性能见表 1-2。它们是低电压、低功耗、高性能的 8 位单片机, 除了与 MCS-51 指令系统兼容以外, 还具有许多优点: 器件采用 Atmel 公司的高密度、非易失性存储技术生产, 内部含 Flash 存储器, 可反复擦写 1000 次以上, 有效地降低了开发成本; 有更宽的工作电压范围 (4.0 ~ 6.0V); 软件设置的电源省电模式能停止 CPU 的工作进入睡眠状态, 睡眠期间, 定时/计数器、串行口等均停止工作, RAM 中的数据被“冻结”, 直到下次被中断激活或硬件复位方可恢复工作。其中 AT89S 系列产品具有在系统编程 (ISP) 功能, 无须专用编程器, 使单片机的开发变得更方便和廉价。

表 1-2 Atmel 公司的 89 系列单片机主要产品及其性能

子系列	型号	片内存储器/B		L/O 口线	UART	中断源	定时/ 计数器 /个	工作频率 /MHz	A/D 通道	其他特性
		Flash	RAM							
8 位 Flash 系列	AT89C51	4K	128	32	1	5	2	24	0	
	AT89C52	8K	256	32	1	6	3	24	0	
	AT89C51RC	32K	512	32	1	6	3	40	0	WDT
	AT89LV51	4K	128	32	1	5	2	16	0	
	AT89LV52	8K	256	32	1	6	3	16	0	
	AT89LV55	20K	256	32	1		3	12	0	
	AT89C1051	1K	46	15	1	3	2	24	0	
	AT89C2051	2K	128	15	1	5	2	25	0	
AT89C4051	4K	128	15	1		2	26	0		
ISP Flash 系列	AT89S51	4K	128	32	1	5	2	33	0	WDT/ISP
	AT89S52	8K	256	32	1	6	3	33	0	WDT/ISP
	AT89S53	12K	256	32	1	9	3	24	0	WDT/ISP
	AT89S8252	8K	256	32	1	9	3	24	0	ISP
	AT89LS51	4K	128	32	1	5	2	16	0	ISP
	AT89LS52	8K	256	32	1	6	3	16	0	ISP
	AT89LS53	12K	256	32	1	9	3	12	0	ISP
AT89C5115	16K	256	—	1	6	2	40	8	WDT/ISP	
PC Flash 系列	AT89C51RB2	16K	256	32	1	6	3	60	0	WDT/SIP/ISP
	AT89C51AC2	32K	256	34	1	6	3	40	8	WDT/ISP
	AT89C51RD2	64K	256	32/48	1	6	3	40	0	WDT/SIP/ISP
	AT89C51ED2	64K	256	44	1	9	3	40	0	WDT/SIP/ISP

除了上述 AT89 系列单片机外, Atmel 公司还提供一种低价位、高性能、小尺寸的 8 位单片机 AT89C2051。AT89C2051 兼容 MCS-51 指令系统, 其功能强大, 但它只有 20 个引脚, 采用 DIP-20 封装形式。

3. Winbond 公司的 W78、77 系列单片机

华邦 (Winbond) 公司生产的单片机大致分为 5 大类: 4 位单片机、8 位与 MCS-51 兼容单片机、监控专用单片机、片内集成 Flash 存储器的单片机和电话应用单片机。其中, 与 51 兼容的单片机有宽电压范围系列的型号, 以 W78 为前缀, 主要产品有 W78C_{xx}、W78E_{xx} 等; 增强型的有 W77C_{xx}、W77L_{xx} 等, 其引脚、指令集完全与 8051 兼容, 但每个指令周期只需要 4 个时钟周期, 速度提高了 3 倍, 工作频率最高可达 40MHz, 同时增加了 WatchDog Timer, 12 个外部中断源, 2 个 UART, 双 Data pointer, 内部有 1KB 的 SRAM, 可通过 MOVX 指令访问。Winbond 公司生产的与 51 内核兼容的单片机的主要特性如表 1-3 和表 1-4 所示。

表 1-3 Winbond 系列 8 位 (标准) 单片机主要特性列表

型号	ROM	RAM /B	I/O 口线	外扩存储器/B	工作频率/MHz	定时/计数器	中断源	其他功能	封装形式	
W78C32	ROMless	256	32	64K	40	3	6	CMOS	PDIP40 PLCC44 PQFP44	
W78E51B	4K Flash E ² PROM	128				2	5/7	可多次编程 INT2, INT3		
W78E52B	8K Flash E ² PROM	256				32/36	3			6/8
W78E54B	16K Flash E ² PROM									
W78E58B	32K Flash E ² PROM					在系统编程 INT2, INT3				
W78E516	64K Flash E ² PROM	512	32/36	64K	40	3	6/8	在系统编程 INT2, INT3	PDIP40 PLCC44 PQFP44	
W78E858	32K Flash E ² PROM	768						在系统编程 INT2, INT3, 128E ² PROM		
W78C51D	4K Mask	128	32	64K	40	2	5	CMOS		
W78C52D	8K Mask	256						32/36		3
W78C54	16K Mask									
W78C801	4K Mask	256	36	64K	40	2	12	掉电模式 中断唤醒	PDIP40 PLCC44 PQFP44	
W78C438C	ROMless		40	1M				8	外扩 1MB RAM INT2, INT3	PLCC84 PQFP100
W78C58	32K Mask	36	40	64K	40	3	6/8	INT2, INT3	PDIP40 PLCC44 PQFP44	

表 1-4 Winbond 系列 8 位 (增强 C51) 单片机主要特性列表

型号	ROM /B	RAM /B	I/O 口线	外扩存储器/B	工作频率/MHz	定时/计数器	中断源	其他功能	封装形式
W77C32	ROMless	1K + 256	36	64K	40	3	12	双 UART, WDT, 1KB SRAM	PDIP40 PLCC44 PQFP44
W77L32	ROMless				25			双 UART, WDT, 1KB SRAM $V_{CC} = 2.7 \sim 5.5V$	
W77E58	32K Flash				40			双 UART, WDT, 1KB SRAM	
W77LE58	32K Flash				25			双 UART, WDT, 1KB SRAM $V_{CC} = 2.7 \sim 5.5V$	

4. SST 公司的 SST89 系列单片机

美国 SST 公司生产的 SST89 系列单片机是一款比较有特色的, 以 51 为内核、与 MCS-51 系列单片机完全兼容的单片机。它具有独特的 Flash 技术和小扇区结构设计, 其最大特点是采用在应用可编程 (IAP) 和在系统可编程 (ISP) 技术, 在不占用用户资源和无须改动硬件的情况下, 可直接通过串口在系统仿真, 在线实现远程升级, 而无须专用仿真器和编程器。SST 生产的与 51 内核兼容的单片机主要机型及其性能如表 1-5 所示。

表 1-5 SST89 系列单片机主要机型及其性能

型号	时钟频率/MHz		Flash 存储器 /KB	RAM /B	串口		PCA	中断		DPTR	降低 EMI	掉电检测	WDT
	5V	2.7 ~ 3.6V			UART	SPI		源	优先级				
SST89C54	0 ~ 33	0 ~ 12	16 + 4	256	1ch	—	0	6	2	1	—	—	√
SST89C58	0 ~ 33	0 ~ 12	32 + 4	256	1ch	—	0	6	2	1	—	—	√
SST89E554RC	0 ~ 40	—	32 + 8	1K	1ch +	√	5ch	9	4	2	√	√	√
SST89E564RD	0 ~ 40	—	64 + 8	1K	1ch +	√	5ch	9	4	2	√	√	√
SST89V554RC	—	0 ~ 40	32 + 8	1K	1ch +	√	5ch	9	4	2	√	√	√
SST89V564RD	—	0 ~ 40	64 + 8	1K	1ch +	√	5ch	9	4	2	√	√	√

5. Philips 公司的增强型 80C51 单片机

Philips 公司是国际上生产 MCS-51 兼容单片机种类最多的厂家之一。Philips 公司的单片机在原 8051 的基础上, 增加了 I²C、CAN 总线接口、A/D 转换单元、PWM 输出等新的功能, 是专为仪器仪表、工业过程控制、汽车发动机与传动控制等实时应用场合而设计的高性能单片机。其主要产品系列包括 P80Cxx、P87Cxx、P89Cxx、LPC76、LPC900 等系列, 型号有上百种, 可满足各个应用领域的需求。

在同一时钟频率下这类单片机的运行速度是 8051 的 6 倍, 在应用编程和在线编程允许用户 EPROM 实现简单的串行代码编程, 使得程序存储器可用于非易失性数据的存储, 并配有模拟比较器、WDT、复位电路等。Philips 公司的增强型 80C51 系列单片机的主要产品及其性能见表 1-6。

表 1-6 增强型 80C51 系列单片机主要机型及其性能

子系列	型号	片内存储器/B		I/O 口	UART	中断源	定时/计数器/个	工作频率 /MHz	A/D 通道	其他特性
		程序存储器	RAM/位							
通用型系列	P80C31	ROMless	128	32	1	5	2	33	0	—
	P80C32	ROMless	256	32	1	6	3	33	0	—
	P80C51	4K ROM	128	32	1	5	2	33	0	—
	P80C52	8K ROM	256	32	1	6	3	33	0	—
	P80C54	16K ROM	256	32	1	6	3	33	0	—
	P80C58	32K ROM	256	32	1	6	3	33	0	—
	P87C51	4K POT	128	32	1	5	2	30/33	0	—
	P87C52	8K POT	256	32	1	6	3	30/33	0	—
	P87C54	16K POT	256	32	1	6	3	30/33	0	—
	P87C58	32K POT	256	32	1	6	3	30/33	—	—
Flash 系列	P89C51	4K Flash	128	32	1	6	3	33	0	—
	P89C52	8K Flash	256	32	1	6	3	33	0	—
	P89C54	16K Flash	256	32	1	6	3	33	0	—
	P89C58	32K Flash	256	32	1	6	3	33	0	—
	P89C51RX2	16 ~ 64K Flash	512	32	1	7	4	33	0	ISP/IAP

6. Silicon Labs 单片机

美国 Silicon Labs 公司推出的 C8051F 系列单片机把 80C51 系列单片机从 MCU (微控制器) 推向 SOC (片上系统) 时代, 它使得以 8051 为内核的单片机技术又上了一个大台阶。其具有如下性能。

- 1) 运算速度比标准的 51 单片机快 15 倍以上。
- 2) 内部 Flash 可大到 256KB。
- 3) 有 A/D、D/A、PWM、I²C、CAN、UART 等接口。
- 4) 引脚从 20 到 100 脚均有 (I/O 多)。
- 5) 可在系统编程。

C8051 系列单片机的型号有 C8051F_{xx} 等, 全部是工业级产品。

7. STC 系列单片机

STC 系列单片机是美国 STC 公司推出的一种新型 51 内核的单片机。其具有如下性能。

- 1) 运算速度快, 比标准的 51 单片机快 10 倍以上。
- 2) 内部资源丰富, 有 I²C、E²PROM、A/D、PWM、UART 等。
- 3) 可通过普通的 UART (串口) 下载应用程序。
- 4) 电源范围宽, 功耗极低。
- 5) 价格低廉 (适合学生使用)。

STC 系列单片机的型号有 STC89C_{xx}、STC89C_{xx}AD、STC12C_{xx}、STC12L_{xx} 等。

8. μ PSD3xx 系列单片机

μ PSD3_{xx} 系列单片机是 ST (意法半导体) 公司推出的一款新型单片机。它以增强型

MCS-51 内核单片机 8032 为基础, 集成了可编程外围器件 PSD 模块。其具有如下性能。

- 1) 运算速度快, 可在系统编程。
 - 2) 内部 Flash 可大到 384MB。
 - 3) 有 A/D、PWM、I²C、CAN、UART、独立的显示数据通道 (DDC)、可编程逻辑器件 (PLD) 等接口。
 - 4) 是一个典型的具有 SOC 特征的单片机。
- μ PSD3xx 系列单片机的型号有 μ PSD32xx、 μ PSD33xx 和 μ PSD35xx 等系列。

1.3.2 目前流行的非 51 内核的单片机

1. Microchip 公司的 PIC 系列单片机

Microchip 公司的 PIC 系列单片机, 其突出的特点是体积小, 功耗低, 精简指令集, 抗干扰性好, 可靠性高, 有较强的模拟接口, 代码保密性好。在一些小型的应用中, 比传统的 51 单片机更加灵活, 外围电路更少, 因而得到了广泛的应用。同时指令少, PIC 中低档系列单片机共有 35 条指令, 非常有利于记忆和掌握, 指令为单字节, 占用程序存储器的空间小。

Microchip 单片机的主要产品是 PIC16Cxx 系列和 17Cxx 系列 8 位单片机。PIC 系列从低到高有几十个型号, 可以满足各种需要。其中, PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚, 是世界上最小的单片机。该型号有 512 字节 ROM、25 字节 RAM、一个 8 位定时器、一根输入线、5 根 I/O 线。PIC 的高档型号, 如 PIC16C74 (尚不是最高档型号) 有 40 个引脚, 其内部资源为 ROM 共 4KB、192 字节 RAM、8 路 A/D、3 个 8 位定时器、2 个 CCP 模块、3 个串行口、1 个并行口、11 个中断源、33 个 I/O 脚。这样一个型号可以和其他品牌的高档型号媲美。

2. TI 公司的 MSP430 系列单片机

TI 公司的 MSP430 系列单片机是一个超低功耗类型的 16 位单片机。它采用了 RISC 内核结构, 特别适合于应用电池的场合或手持设备。同时, 该系列单片机将大量的外围模块 (如液晶驱动器、看门狗、A/D 转换器、硬件乘法器、模拟比较器等) 集成到片内, 特别适合于设计片上系统。在超低功耗方面, MSP430 能够实现在 1.8 ~ 3.6 V 电压和 1 MHz 的时钟条件下运行, 耗电电流 (0.1 ~ 400 μ A) 因不同的工作模式而不同, 如在液晶显示的条件下, 其耗电只有 0.8 μ A。

MSP430 提供非基于 LCD (x2xx 和 F5xx) 和基于 LCD 的 (x4xx) 产品系列。其产品系列有 MSP430x1xx、MSP430F2xx、MSP430x4xx 和 MSP430x5xx 等。

3. Atmel 公司的 AVR 系列单片机

AVR 系列单片机是 Atmel 公司的产品。该系列单片机吸收了 PIC 系列单片机与 MCS-51 系列单片机的优点, 充分发挥了 Flash 存储器的特长, 是性价比极高的单片机。其显著的特点为高性能、高速度、低功耗。它取消机器周期, 以时钟周期为指令周期, 实行流水作业, 采用增强的 RISC 结构, 使其具有高速处理能力, 在一个时钟周期内可执行复杂的指令, 每 MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7 ~ 6.0V, 可以实现耗电最优化。

AVR 单片机系列齐全, 可适用于各种不同场合的要求。AVR 单片机有 3 个档次: 低档 Tiny 系列主要有 Tiny11/12/13/15/26/28 等; 中档 AT90S 系列主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等 (正在淘汰或转型到 Mega 中); 高档 ATmega 系列主要有 ATmega8/16/32/64/128 (存储容量为 8/16/32/64/128 KB) 以及 ATmega8515/8535 等。这 3 个系列的 AVR 单片