

高 等 学 校 教 材

单片机 C51 应用编程与实践

主 编 佟巳刚

副主编 王妍玮 姜 波 金巨波

高等教育出版社

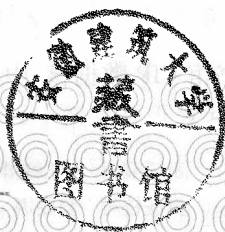
高

教 材

单片机 C51 应用编程与实践

主 编 佟巳刚

副主编 王妍玮 姜 波 金巨波



高等教育出版社·北京

内容摘要

本书分为基础篇和实战篇两大部分,基础篇以 AT89S51 单片机为例介绍了单片机的工作原理、片内功能模块工作原理、片外接口技术、Keil C51 编程、Keil 开发工具软件使用、Proteus 仿真工具软件使用以及单片机开发技术等内容;实战篇编写了大量的单片机实例,以适用读者在理论课学习的基础上进行单片机培训或单片机课程设计等实践类课程的需求。本教材的核心内容已录制成微视频并配有 PPT,读者可通过扫描二维码看到相关知识点的参考视频和 PPT,方便读者自学。

本书可作为高等工院校电气类、电子信息类、计算机类、机械类等专业的教材,也可作为从事单片机应用系统设计、生产技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机 C51 应用编程与实践 / 佟巳刚主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2017. 9
ISBN 978-7-04-048432-8

I. ①单… II. ①佟… III. ①单片微型计算机 - C 语言 - 程序设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP368.1
②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 203639 号

策划编辑 王耀锋 责任编辑 平庆庆 封面设计 于文燕 版式设计 杜微言
插图绘制 杜晓丹 责任校对 窦丽娜 责任印制 尤 静

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京佳信达欣艺术印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	24		
字 数	550 千字	版 次	2017年9月第1版
购书热线	010-58581118	印 次	2017年9月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	44.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 48432-00

前言

随着单片机应用技术的普及，作为高等应用型本科院校和高等职业院校理工类的电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、机械电子工程、车辆工程等专业，在人才培养方案制订过程中，都开设了单片机技术这门课程，有实验条件的学校还会在单片机理论课程学习之后，开设相应的单片机培训或单片机课程设计等实训课程。由此可见，学习和使用单片机的人越来越多，对单片机教材的需求也在不断增加。在“互联网+”和中国慕课（MOOC）背景下，为了满足“新形态”教学的需要，将快速发展的单片机技术与网络课堂教学结合起来，把单片机的新技术应用融入教学和生产实践中，故编写了此“新形态”教材。

全书共分为 17 章，第 1~13 章为基础篇，第 14~17 章为实战篇。基础篇第 1 章为单片机基础知识，特别编写了单片机学习预备知识一节，是为机械类和电子信息类专业学生前期没有开设计算机组成原理课程而专门设置的，若前期已开设该门课程，此节可作为选学内容。第 2 章为单片机的硬件结构及工作原理，特别编写了常用 IC 的封装形式。第 3 章为 Keil C51 编程基础，除了介绍单片机 C51 编程语言常用的语法结构外，还对 C51 语言与标准 C 语言、汇编语言之间的区别进行了比较。第 4 章为单片机开发工具软件，介绍集成开发环境 Keil μ Vision4 和仿真开发工具 Proteus 两种软件的使用。第 5、6、7、8 章分别对单片机片内功能模块 I/O 接口、中断系统、定时器/计数器、串行接口等内容进行了详细介绍，并配有相应的例题，便于理解。第 9、10、11、12 章分别对单片机片外功能模块的存储器扩展、输入/输出接口电路设计、串行扩展技术、A/D 转换接口技术等进行了详细介绍。第 13 章为单片机应用设计与调试，介绍了单片机应用设计的全过程，包括软、硬件设计、调试及抗干扰技术等。实战篇第 14、15、16 章分别从单片机基本输出程序设计、基本输入程序设计、中断系统程序设计三个方面进行了实例的编写，第 17 章编写了稍复杂一些的单片机综合应用设计。本书层次分明，深入浅出，所有实例都经过仿真调试，并配有一些教学视频，希望能够对读者有所帮助。

本书由佟已刚主编，王妍玮、姜波、金巨波任副主编，刘显忠、赵建新、白亚梅、郭宏、胡金龙参编。全书共 17 章，其中第 4 章、第 16 章、第 17 章及全书课后习题与思考部分由佟已刚编写，第 8 章和第 11 章由王妍玮编写，第 3 章、第 7 章、第 10 章由姜波编写，第 5 章和第 9 章由金巨波编写，第 1 章由刘显忠编写，第 2 章由赵建新编写，第 6 章、第 13 章和第 15 章由白亚梅编写，第 12 章由郭宏编写，第 14 章由胡金龙编写，佟已刚负责全书的统稿工作。

在本书编写过程中得到了哈尔滨华德学院、黑龙江财经学院、哈尔滨石油学院等学校领导和老师的大力支持，并提出宝贵意见和建议，在此表示衷心感谢！感谢高等教育出版社的各位编辑在书稿编排、审校等各方面都给予的关心和帮助，感谢上海电子信息职业技术学院张志良教授对本书的认真审阅并提出的修改意见。本书还从相关参考文献中借鉴了大量资料，吸取了丰富经验。在此，编者谨向关心和帮助本书出版的各界人士表示衷心的感谢。

由于书稿撰写和校对的时间仓促，更因编者学识水平所限，书中难免有不妥之处，恳请有关专家和广大读者批评指正。请将您在阅读本书过程中的意见和建议反馈至 tongsig@126.com。

编者

2017年6月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

目录

基础篇

第1章 单片机基础知识	3	2.5 片内存储器结构	23
1.1 单片机概述	3	2.5.1 程序存储器	24
1.1.1 单片机的产生与发展	3	2.5.2 片内数据存储器	25
1.1.2 单片机的应用	4	2.5.3 特殊功能寄存器	26
1.1.3 单片机典型产品	4	2.5.4 片外数据存储器	29
1.2 单片机产品的设计过程	7	习题与思考	30
1.2.1 单片机实验环境的搭建	7	第3章 Keil C51 编程基础	31
1.2.2 设计过程及注意事项	9	3.1 Keil C51 简介	31
1.3 单片机学习的预备知识	10	3.1.1 C51 与标准 C 的异同	31
1.3.1 数制和数制间的转换	11	3.1.2 C51 与汇编语言的异同	31
1.3.2 带符号数的表示方法	12	3.2 C51 程序设计基础	32
1.3.3 单片机常用编码	13	3.2.1 数据类型	33
习题与思考	14	3.2.2 运算符及表达式	34
第2章 单片机的硬件结构及工作原理 ..	15	3.2.3 常量与变量	36
2.1 单片机的片内结构	15	3.2.4 存储类型及存储区	38
2.2 单片机的封装与引脚	16	3.2.5 循环控制流程语句	39
2.2.1 常用 IC 的封装形式	16	3.2.6 数组	43
2.2.2 AT89S51 单片机的引脚及	16	3.2.7 函数	44
功能	17	3.2.8 指针	47
2.3 AT89S51 单片机的 CPU	18	3.2.9 预处理	48
2.3.1 运算器	18	3.2.10 C51 使用规范	49
2.3.2 控制器	19	习题与思考	50
2.3.3 指令执行的基本过程	19	第4章 单片机开发工具软件	51
2.4 AT89S51 单片机的最小系统	20	4.1 集成开发环境 Keil μ Vision4	51
2.4.1 复位电路	20	4.1.1 Keil μ Vision4 简介	51
2.4.2 时钟电路与时序	21	4.1.2 软件启动和运行	51

4.1.3 使用方法	52	7.2 定时器/计数器的工作原理	94
4.2 仿真开发工具 Proteus	61	7.2.1 定时器/计数器的实质	94
4.2.1 Proteus 简介	61	7.2.2 定时器/计数器的结构与 工作原理	95
4.2.2 软件的启动和运行	61	7.3 定时器/计数器的控制寄存器	97
4.2.3 软件的使用方法	62	7.3.1 工作方式寄存器	97
4.2.4 软件编程	70	7.3.2 控制寄存器	98
4.2.5 仿真调试	70	7.4 定时器/计数器的工作方式	98
习题与思考	72	7.4.1 方式0	98
第5章 片内并行 I/O 接口	73	7.4.2 方式1	99
5.1 P0 口的工作原理	73	7.4.3 方式2	100
5.1.1 P0 口作为地址/数据 总线	73	7.4.4 方式3	100
5.1.2 P0 口做通用 I/O 接口 使用	74	7.5 计数器对外部输入脉冲频率的 要求	101
5.2 P1 口的工作原理	74	7.6 定时器/计数器应用程序设计	102
5.3 P2 口的工作原理	75	习题与思考	113
5.4 P3 口的工作原理	76	第8章 51 单片机的串行接口	115
习题与思考	79	8.1 串行通信基础	115
第6章 单片机中断系统	80	8.1.1 同步通信与异步通信	115
6.1 中断技术概述	80	8.1.2 串行通信的传输方向	117
6.2 中断系统结构	82	8.2 51 单片机串行接口的结构	118
6.2.1 中断源	82	8.3 串行接口相关特殊功能控制 寄存器	119
6.2.2 中断请求标志寄存器	82	8.3.1 串行接口控制寄存器	119
6.2.3 中断允许寄存器	84	8.3.2 电源控制寄存器	120
6.2.4 中断优先级寄存器	85	8.4 串行接口的4种工作方式	120
6.2.5 外部中断的触发方式 选择	86	8.4.1 工作方式0	120
6.2.6 中断请求的撤销	86	8.4.2 工作方式1	121
6.2.7 外部中断应用程序设计	87	8.4.3 工作方式2和工作 方式3	121
习题与思考	93	8.5 波特率的设定方法	122
第7章 单片机的定时器/计数器	94	8.5.1 波特率的定义	122
7.1 定时器/计数器技术概述	94	8.5.2 波特率的计算	122
		8.6 串行接口的电平转换	123

8.7 多机通信	124	10.1.3 LED 数码管动态显示电路 的设计与工作原理	155
8.8 串行接口应用编程实例	125	10.2 单片机与键盘接口电路设计	157
习题与思考	127	10.2.1 键盘的工作原理	157
第9章 单片机系统的扩展	129	10.2.2 独立式键盘电路的设计与 工作原理	159
9.1 单片机系统扩展概述	129	10.2.3 矩阵式键盘电路的设计与 工作原理	166
9.1.1 最小应用系统	129	10.3 单片机与点阵数码管的显示电路 设计	176
9.1.2 单片机扩展总线结构与 常用扩展方法	130	10.3.1 点阵数码管的结构	176
9.2 常用的扩展器件简介	131	10.3.2 点阵数码管显示电路设计 与工作原理	177
9.2.1 锁存器 74LS373	131	10.3.3 点阵数码管应用编程	178
9.2.2 总线驱动器 74LS244 和 74LS245	131	10.4 单片机与液晶显示器的接口	180
9.2.3 3-8 译码器 74LS138	132	10.4.1 液晶显示器概述	180
9.3 存储器的扩展	132	10.4.2 点阵字符型液晶显示模块 介绍	181
9.4 程序存储器的扩展	134	10.4.3 单片机与液晶显示器的 接口及软件编程	185
9.4.1 存储器简介	134	习题与思考	188
9.4.2 程序存储器扩展举例	134	第11章 单片机的串行扩展技术	189
9.5 数据存储器的扩展	137	11.1 单总线串行扩展	190
9.5.1 数据存储器概述	137	11.2 SPI 总线串行扩展	192
9.5.2 访问外部数据存储器的 读/写操作时序	137	11.3 I ² C 总线串行扩展	195
9.6 程序存储器和数据存储器的综合 扩展	139	11.3.1 I ² C 串行总线概述	195
9.7 I/O 接口的扩展	140	11.3.2 单片机与 I ² C 总线的接口 设计及编程	197
9.7.1 I/O 接口扩展概述	140	习题与思考	204
9.7.2 I/O 接口扩展常用芯片	140	第12章 单片机与 D/A、A/D 转换器 的接口	205
习题与思考	145	12.1 转换器的主要技术指标	205
第10章 单片机与输入/输出外部 设备的接口电路设计	147	12.2 单片机与 D/A 转换器的接口	206
10.1 单片机与 LED 数码管的显示电路 设计	147		
10.1.1 LED 数码管的结构	147		
10.1.2 LED 数码管静态显示电路 的设计与工作原理	150		

12.2.1	10 位 D/A 转换器芯片 TLC5615 的主要功能 及特性	206	13.2	单片机应用软、硬件设计	225
12.2.2	D/A 转换器 TLC5615 的 接口设计	208	13.2.1	单片机应用硬件设计	225
12.3	单片机与 A/D 转换器的接口	210	13.2.2	单片机应用软件设计	228
12.3.1	12 位逐次逼近型 AD574 的主要功能及特性	211	13.2.3	典型的单片机应用系统	229
12.3.2	A/D 转换器 AD574 的 接口设计	213	13.3	单片机应用系统的仿真开发与 调试	229
12.3.3	16 位串行 A/D 转换器 AD7705 的主要功能及 特性	216	13.3.1	单片机的系统仿真	230
12.3.4	A/D 转换器 AD7705 的 接口设计	217	13.3.2	仿真机的仿真调试	232
	习题与思考	222	13.4	单片机应用系统的抗干扰与 可靠性设计	232
第 13 章	单片机应用设计与调试	223	13.4.1	AT89S51 片内看门狗 定时器的使用	233
13.1	单片机应用设计流程	223	13.4.2	软件滤波	233
			13.4.3	开关量输入/输出软件 抗干扰设计	234
			13.4.4	过程通道干扰的抑制措施 ——隔离	235
				习题与思考	236
实 战 篇					
第 14 章	基本输出程序设计	239	15.2	按键控制 1 位数码管	262
14.1	单只发光二极管闪烁	239	15.3	按键控制电机 PWM	264
14.2	单口双向暗走马灯	242	15.4	数码管显示 4 × 4 键盘矩阵按 键值	268
14.3	三色灯的实现	243	第 16 章	中断系统程序设计	271
14.4	单只数码管静态显示 1 位数字	245	16.1	外部中断 0 控制 LED	271
14.5	4 只数码管静态显示 4 个数字	246	16.2	2 个外部中断的应用	272
14.6	4 只数码管动态显示 4 个数字	248	16.3	定时器/计数器控制音乐演奏	275
14.7	简易交通灯的设计	250	16.4	两个定时器的应用	279
14.8	2 只数码管动态显示 0 ~ 99 计数	252	16.5	倒计时秒表	281
14.9	简易音乐盒的设计	254	16.6	用计数器中断实现 100 以内的 按键计数	284
第 15 章	基本输入程序设计	259	16.7	定时器控制数码管动态显示	285
15.1	按键控制 LED 花样灯	259	16.8	甲机通过串行接口控制乙机 LED	

闪烁	288	设计	302
第 17 章 综合应用设计	293	17.3 SHT11 数字温—湿度测量系统 设计	313
17.1 16×64 LED 点阵屏花样滚屏 显示汉字	293	17.4 直流电机驱动控制	322
17.2 DS18B20 多点温度监测系统		17.5 基于磁阻传感器的电子指南针 设计	328
附录 1 常用 C51 库函数	345		
附录 2 C51 主要关键字	355		
附录 3 AT89X51. H 文件	357		
附录 4 Proteus 元器件库中英文对照表	363		
附录 5 Proteus 常用元器件中英文对照表	369		
参考文献	371		

基 础 篇

1.1 单片机的发展

单片机的发展经历了从第一代到第四代的发展过程。第一代单片机是 Intel 公司的 4004 和 8008，第二代是 Intel 公司的 8051 和 8052，第三代是 Intel 公司的 8051 和 8052，第四代是 Intel 公司的 8051 和 8052。单片机的出现，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。目前，单片机已经广泛应用于工业控制、消费电子、汽车电子、医疗设备等领域，成为现代电子技术的重要组成部分。

1.2 单片机的产生与发展

单片机的产生和发展是计算机技术发展的一个重要分支。其产生于 20 世纪 70 年代，随着集成电路技术的飞速发展，人们开始将计算机的中央处理器（CPU）、随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）集成到一块芯片上，这就是单片机的雏形。单片机的出现，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。

单片机的产生和发展，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。目前，单片机已经广泛应用于工业控制、消费电子、汽车电子、医疗设备等领域，成为现代电子技术的重要组成部分。

单片机的产生和发展，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。目前，单片机已经广泛应用于工业控制、消费电子、汽车电子、医疗设备等领域，成为现代电子技术的重要组成部分。

单片机的产生和发展，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。目前，单片机已经广泛应用于工业控制、消费电子、汽车电子、医疗设备等领域，成为现代电子技术的重要组成部分。

单片机的产生和发展，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。目前，单片机已经广泛应用于工业控制、消费电子、汽车电子、医疗设备等领域，成为现代电子技术的重要组成部分。

单片机的产生和发展，使得计算机的体积大大缩小，成本大大降低，为计算机的普及应用奠定了基础。随着技术的不断进步，单片机的性能也在不断提高，应用范围也在不断扩大。目前，单片机已经广泛应用于工业控制、消费电子、汽车电子、医疗设备等领域，成为现代电子技术的重要组成部分。

第1章 单片机基础知识

1.1 单片机概述

单片微型计算机简称单片机，又称为单片微控制器 MCU (Micro Controller Unit)、嵌入式微控制器 EMCU (Embedded Micro Controller Unit)。它具有体积小、重量轻、成本低、使用简单、抗干扰能力强、功耗低、开发灵活等特点。由于单片机的结构和指令功能都是按工业控制要求设计的，特别适合于工业控制及与控制有关的数据处理场合。所以，早期单片机在工业控制领域中得到了广泛的应用，而现今无论在航空航天领域、仪器仪表领域，还是各种家用产品中，单片机已经无处不在。

1.1.1 单片机的产生与发展

单片机出现的历史并不长，诞生于1971年。单片机是微型计算机的一个重要分支，其应用范围广，发展速度快。根据单片机一次处理二进制数据的位数，可分为1位单片机、4位单片机、8位单片机、16位单片机和32位单片机。若以8位单片机为起点，单片机大致可以分为五个阶段：

1. 第一阶段 (1971—1976)：单片机的初级阶段。1971年11月 Intel 公司设计的4位微处理器 Intel4004，附有 RAM、ROM 和移位寄存器，构成了第一台 MCS 微处理器。之后，Intel 公司推出 Intel8008 微处理器，它是8位处理器，其他公司陆续推出8位处理器。
2. 第二阶段 (1976—1978)：单片机的探索阶段。以 Intel 公司的第一代8位单片机 MCS-48 为代表，还有 Motorola、Zilog 等公司也推出了相应的系列产品，效果均良好。
3. 第三阶段 (1978—1982)：单片机的完善阶段。Intel 公司继 MCS-48 之后推出了更为完善的单片机系列产品 MCS-51。它奠定了典型的通用总线型单片机体系结构，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、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口，集成了8位 CPU、8位的定时/计数器，具有较为完善和丰富的指令系统。
4. 第四阶段 (1982—1990)：向微控制器发展的阶段。MCS-51 系列单片机已经成为国内的主流产品，8位单片机得到了巩固的发展，各大厂商竞相使用51内核，增强了外围电路功能，强化了智能控制的特征。此阶段16位单片机推出并得以应用。
5. 第五阶段 (1990—至今)：全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面广泛的应用，陆续出现了运行速度快、功耗较低、运算能力强、可靠性高的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。

未来的单片机将向着大容量高性能化、小容量低成本化、外围电路内装化的方向发展。随着微电子技术、IC设计、EDA工具的发展，基于SoC的单片机应用系统设计会有较大的发展。因此，对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。

1.1.2 单片机的应用

由于单片机与微型计算机相比有很多优势，其主要体现在高集成度、高可靠性、控制功能强、优异的性价比、低电压、低功耗、系统配置较典型规范和易于扩展等特点。随着单片机技术的发展，它应用范围越来越广泛，主要应用于下述各大领域中。

1. 在消费电子产品中的应用

消费电子产品主要体现在家用电子产品上，这是单片机的一大主流市场。家用电子产品不断地更新换代、智能升级，使得单片机的应用越来越广泛。比如电子玩具、电视机、冰箱、洗衣机、空调、微波炉、手机、照相机、车载电子产品等家用电子产品，商家宣传都标有“电脑版”，通常内部都是由单片机控制的。引入了单片机技术后，产品无论从性能还是功能各个方面，都有了质的飞跃，提高了人们的生活质量。

2. 在医疗设备中的应用

单片机的体积小、功能强、应用灵活等特点，使得在医疗设备领域得到了广泛的应用。比如医用呼吸机、分析仪、超声诊断设备、病床呼叫系统等都有单片机的身影。

3. 在工控领域中的应用

在工业自动化控制中的数据采集和智能控制等方向都采用了单片机技术，比如工厂流水线的智能化管理、智能化电梯、报警系统等。

4. 在仪器仪表中的应用

由于单片机具有运算能力强、处理速度快、体积小等特点，所以在仪器仪表中得到了越来越多的应用。仪器仪表技术向着数字化、小型化、智能化和多功能化的方向全面发展，功能越来越强大，综合性更加突出。

5. 在军事领域中的应用

军用产品的先进性与否体现了一个国家的综合实力。无论是飞机、坦克、航母，还是导弹、鱼雷制导，单片机技术都在其中发挥着重要的作用。

1.1.3 单片机典型产品

目前，生产单片机的厂商很多，如Intel、Atmel、Microchip、TI、ST、STC、NXP等公司。单片机的型号种类繁多，其主流产品有几十个系列，几百个品种。

1. MCS-51系列单片机

MCS-51系列单片机是由Intel公司生产的单片机的总称，是国内市场应用最为广泛的8位单片机。主要包括8031、8051、8751、8032、8052、8752等品种，其中8031是早期最为典

型的单片机产品，目前市场上的 51 系列单片机都是在其基础上进行改进的。MCS-51 具有非常典型的内部结构，并且采用内部总线控制，特殊功能寄存器的集中管理，丰富的指令系统，这些都为后来的单片机提供一定的技术保障。

由于 MCS-51 单片机应用广泛，Intel 公司将 MCS-51 内核授权给其他很多公司，因此后来很多公司推出了 51 系列单片机的兼容产品，比如 Atmel、Dallas、STC、华邦公司等都有 51 单片机系列的兼容产品。目前 51 系列单片机是指所有兼容 Intel 8051 指令系统的单片机的统称。

MCS-51 系列单片机的主要产品如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机主要产品

型 号	工 艺	片内程序存储器	片内数据存储器
8051AH	HMOS	4K ROM	128B
8751H	HMOS	4K EPROM	128B
AT89C51/AT89S51	CHMOS	4K FLASH	128B
AT89C2051/AT89S2051	CHMOS	2K FLASH	128B
8051	HMOS	8K ROM	256B
8031	HMOS	无	256B

表中 AT89S51 是一个低功耗、高性能、高密度 CHMOS 8 位单片机，片内含 4K Bytes 在线可编程（ISP）的可反复擦写 1 000 次的 Flash ROM，器件兼容标准 MCS-51 指令系统及 8051 引脚结构，芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISP Flash 存储单元。AT89S51 单片机是一种新型的在线可编程的单片机，可以实现在线升级，价格便宜，在嵌入式测控系统中得到广泛应用。

2. AVR 系列单片机

1997 年 ATMEL 公司研发出精简指令集的高速 8 位单片机，简称 AVR。相比 51 系列单片机来说，AVR 系列单片机片内资源更为丰富，增加了 AD 转换电路，接口也更为强大，同时具有电压范围宽、工作速度快、功耗低、保密性强、价格低等优势，在很多场合可以替代 51 系列单片机。AVR 也可使用 ISP 在线下载编程方式，程序存储器擦写可达 10 000 次以上，AVR 单片机是高速嵌入式单片机。

AVR 单片机又分为 ATtiny 系列单片机，ATmega 系列单片机，ATxmega 系列单片机和 AVR32 单片机。ATmega 系列是 8 位的 AVR 单片机，ATxmega 系列是 mega8 位的升级产品，具有多个产品线，AVR32 就是 32 位的 AVR 单片机。

AVR 系列单片机中，ATmega16 是比较典型的芯片，此款单片机具备了 AVR 系列单片机的主要特点和功能。

(1) 采用先进精简指令集结构的 AVR 内核；

(2) 片内含有较大容量的非易失性的程序和数据存储器；片内含有在线可编程 EEPROM 数据存储器（寿命 > 10 万次）；

(3) 片内含 JTAG 接口;

(4) 外围接口: 具有 4 路 PWM 通道、8 路 10 位 ADC、两线接口 TWI、1 个 SPI 串行接口, 内含可编程的、独立片内振荡器的看门狗定时器 WDT;

(5) 宽电压、高速度、低功耗:

工作电压范围宽: ATmega16L 2.7 ~ 5.5V, ATmega16 4.5 ~ 5.5V;

运行速度: ATmega16L 0 ~ 8M, ATmega16 0 ~ 16M;

低功耗: ATmega16L 工作在 1MHz、3V、25°C 时的典型功耗, 为 1.1mA, 空闲工作模式为 0.35mA, 掉电工作模式为小于 1 μ A。

3. MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是美国 TI 公司的一种 16 位超低功耗、精简指令集的混合信号处理器。它具有极低的功耗、丰富的片内外设和方便灵活的开发手段, 此系列单片机针对实际应用需求, 将多个不同功能的模拟电路、数字电路模块和微处理器集成在一个芯片上, 以实现一片芯片高集成化。该系列单片机大多应用于需要电池供电的便携式仪器仪表中。

MSP430 系列单片机陆续推出了 11x/11x1、F13x/F14x、F41x、F43x、F44x 子系列。11x/11x1 系列内存容量、片上功能和 I/O 引脚数比较少, 它的优势是功能较齐全, 价格低廉。F13x/F14x、F41x、F43x、F44x 都是 Flash 型单片机。其中 F41x 系列单片机有 48 个输入输出, 96 段 LCD 驱动; F43x、F44x 系列是在 13x、14x 的基础上, 增加了液晶驱动器, 将驱动 LCD 的段数增加到 160 段。

MSP430 系列单片机具有丰富的片上外围设备, 包括看门狗、模拟比较器、硬件乘法器、ADC、I²C 总线直接数据存取、PWM 等。MSP430 系列单片机的这些片内外设为系统的单片机解决方案提供了有利的便利条件。

MSP430X21X 系列, 对 X1XX 系列片内外设进一步精简, 价格低廉, 适合用于一些比较简单的应用系统中。MSP430FE42X 专门用于电能计量场合, MSP430FW42X 主要用于水表、气表、热表等场合, MSP430FG42X 可以用于人体医学监护。

4. PIC 系列单片机

PIC 系列单片机是美国微芯公司的产品, 是当前市场份额增长最快的单片机之一, 广泛应用于工业控制领域。PIC 单片机根据不同层次的需求推出不同型号的产品, 其设计面向应用、面向产品, 设计起点高、技术领先、性能优越、品种齐全、种类繁多。PIC 系列从低到高有几十个型号, 可以满足各种需要。PIC 系列单片机共分三个级别, 即基本级、中级、高级。其中, PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚, 是世界上最小的单片机, 比较适合价格低、配置要求不高的场合。在 PIC 众多单片机型号中, 中级的 PIC16F873(A)、PIC16F877(A) 使用最多, 内部资源丰富, 具有低工作电压、低功耗、驱动能力强等特点; 高级产品是目前运行最快的 8 位单片机, 具有硬件 8 * 8 乘法器, 可以在一些高速运算场合取代 DSP 芯片, 是目前 8 位单片机中性价比最高的产品, 典型产品主要包括 PIC16C7XX、PIC18FXX 系列。

PIC 单片机的产品上市零等待, 低价 OTP 型芯片可使单片机在其应用程序开发完成后立刻