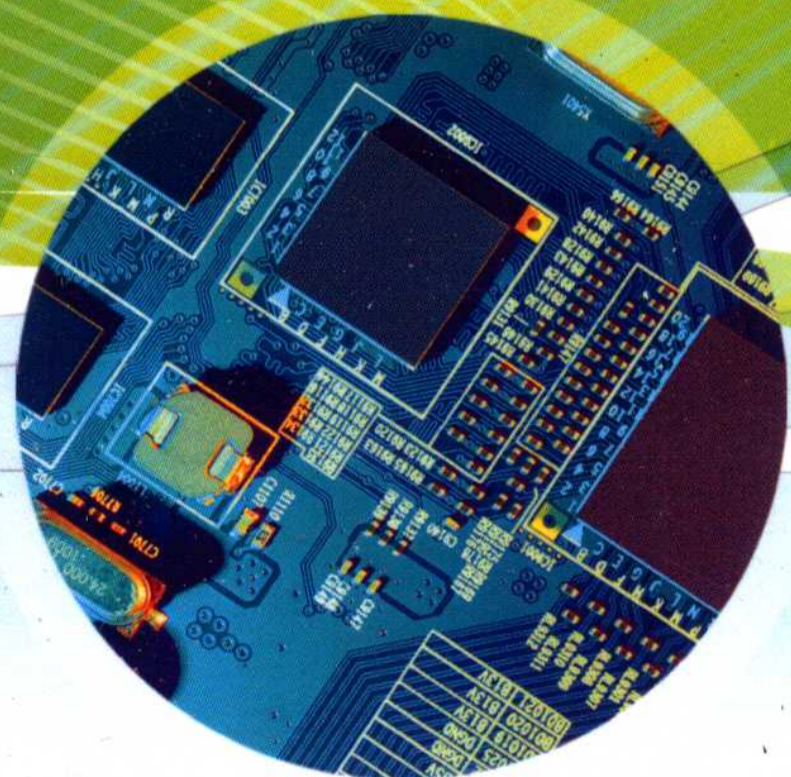




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

单片机原理与接口技术 (第4版)

◎ 李晓林 李丽宏 许 鸥 苏淑靖 主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



欢迎登录 **免费** 获取本书教学资源
<http://www.hxedu.com.cn>

电子信息科学与工程类专业规划教材

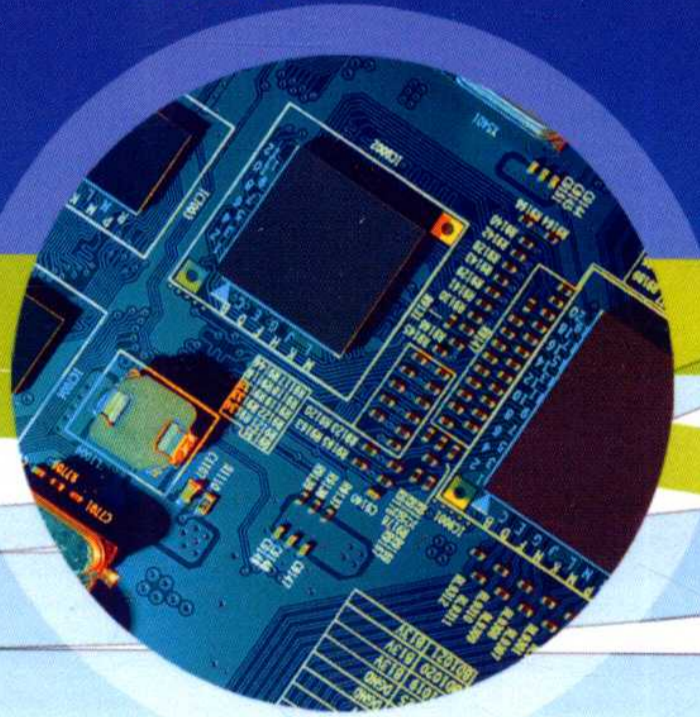
单片机原理与接口技术 (第4版)

编者通过总结多年来的教学实践,结合高等学校单片机课程的实际教学安排,在本书前3版的基础上,对全书内容进行了合理整合,充实了目前广为应用的串行口扩展方法,并给出可以实际使用的例子,更能体现单片机课程的基本教学需求和实际应用情况。全书共11章。以典型的MCS-51单片机为例,系统地介绍单片机的硬件结构、定时/计数器、串行口、中断系统的工作原理,指令系统及汇编语言程序设计,针对单片机内部资源的C51语言编程方法及其与汇编语言的混合编程,通过并行口扩展外部总线、外部存储器、键盘、LED和LCD显示器、A/D和D/A转换器的方法,采用I²C、SPI、1-Wire等目前广为应用的串行扩展技术扩展EEPROM和Flash存储器、键盘和LED显示器、A/D和D/A转换器的方法,以及单片机系统电源设计、硬件和软件抗干扰技术等,各部分内容都举实例讲解。还介绍了应用新版本的Keil C51和Proteus仿真调试软件进行单片机应用系统开发及仿真调试的方法。最后给出了基本实验和课程设计参考题目及内容。

本书可作为高等学校通信工程、电子信息工程、测控技术与仪器、自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化、计算机科学与技术等专业的“单片机原理与接口技术”及相关课程的教材,也可供从事单片机应用系统开发的工程技术人员及单片机爱好者参考。

本书免费提供:

- 电子课件
- 源程序包
- 习题答案



责任编辑:凌毅
 封面设计:徐海燕

ISBN 978-7-121-37167-7



9 787121 371677 >

定价:49.80元

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

单片机原理与接口技术

(第4版)

李晓林 李丽宏 许 鸥 苏淑靖 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

编者通过总结多年来的教学实践,结合高等学校单片机课程的实际教学安排,在本书前3版的基础上,对全书内容进行了合理整合,充实了目前广为应用的串行口扩展方法,并给出可以实际使用的例子,更能体现单片机课程的基本教学需求和实际应用情况。全书共11章。以典型的MCS-51单片机为例,系统地介绍单片机的硬件结构、定时/计数器、串行口、中断系统的工作原理,指令系统及汇编语言程序设计,针对单片机内部资源的C51语言编程方法及其与汇编语言的混合编程,通过并行口扩展外部总线、外部存储器、键盘、LED和LCD显示器、A/D和D/A转换器的方法,采用I²C、SPI、1-Wire等目前广为应用的串行扩展技术扩展EEPROM和Flash存储器、键盘和LED显示器、A/D和D/A转换器的方法,以及单片机系统电源设计、硬件和软件抗干扰技术等,各部分内容都举实例讲解。还介绍了应用新版本的Keil C51和Proteus仿真调试软件进行单片机应用系统开发及仿真调试的方法。最后给出了基本实验和课程设计参考题目及内容。

本书可作为高等学校通信工程、电子信息工程、测控技术与仪器、自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化、计算机科学与技术等专业的“单片机原理与接口技术”及相关课程的教材,也可供从事单片机应用系统开发的工程技术人员及单片机爱好者参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术 / 李晓林等主编. —4版. —北京: 电子工业出版社, 2020.1

ISBN 978-7-121-37167-7

I. ①单… II. ①李… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第160854号

责任编辑: 凌 毅

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 插页: 1 字数: 525千字

版 次: 2008年2月第1版

2020年1月第4版

印 次: 2020年1月第1次印刷

定 价: 49.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254528, lingyi@phei.com.cn。

第4版前言

在电子技术日新月异发展的今天，各类生产活动中都可以看到单片机应用的实例，如仪器仪表、机电设备、车辆船舶、通信系统、制造工业、过程控制、航空航天、军事领域和家电产品等，单片机已成为各类机电产品的核心控制部件。作为一个完整的数字处理系统，单片机可以构成计算机的核心单元，并集成了大量的外围功能器件，使得用单片机实现某个特定的控制功能变得十分方便。单片机的应用使得产品的硬件成本大大降低，设计工作灵活多样，往往只需要改动部分软件程序，就可以增加和改善产品的功能及性能。

单片机的神奇功效，给人一种神秘莫测、难以驾驭之感。学习单片机技术需要加强实践，初学者应树立在“学中做”、在“做中学”的思想。先学习单片机的硬件结构、存储结构、指令系统和中断系统，然后学习单片机芯片内集成的定时/计数器和通信接口等各种功能，再进一步学习使用并行或串行扩展方法去扩展各种应用接口。从最小系统板开始，结合实验板进行控制硬件的编程练习，不断循序渐进，进而逐步掌握单片机的应用技术。

单片机的型号和种类繁多，但以 MCS-51 内核技术发展起来的单片机应用极为广泛。20 世纪 80 年代中期，Intel 公司将 MCS-51 内核使用权以专利互换或出售的形式转让给世界许多著名的 IC 制造厂商，使得 MCS-51 内核得到众多制造厂商的支持，发展出上百个品种，成为一个大家族——51 系列单片机。正是由于 MCS-51 单片机技术的成熟和众多单片机品种的广泛应用，以及丰富的 51 系列单片机技术资料 and 教学资源，51 系列单片机已经成为人们学习单片机技术的很好选择。本书从介绍 MCS-51 单片机的结构、原理和扩展方法入手，使读者掌握 51 系列单片机的应用技术。

编者结合在单片机技术方面多年的教学和应用经验，以及单片机技术的不断发展，在多次版本修订中，不断对本书内容进行整合、删减和补充。本书编写的主导思想是，以 MCS-51 单片机技术知识为基础，在讲清、讲透 MCS-51 单片机结构及内部资源的原理基础上，介绍各种并行扩展和串行扩展的技术方法、硬件和软件抗干扰技术、单片机系统电源设计、Keil C51 和 Proteus 仿真软件等，并给出一个应用系统开发实例和实验及课程设计内容，以使读者具备以当今主流器件和主流技术开发单片机应用产品的知识及能力。鉴于本书篇幅和实际教学时数允许讲授的内容有限，在各版本修订中内容各有所侧重。

本次修订的总体思路是：削弱并行扩展技术，加强串行扩展技术，以适应当前应用技术的发展。主要修订内容包括：

(1) 更新了第 1 章中介绍的相关网站。由于早期版本中所列网站的网址在一段时间后会发生变化，因此删除了网址，只保留相关网站名称，并删除了一些目前已不存在的网站、增加了一些新的网站，以便读者在学习中参考。

(2) 更换了第 2 章的例 2-3，换成更为实用的 PWM 内容。

(3) 将原第 7 章拆分成第 7、8 两章，以加强目前更为实用的串行扩展技术内容，增加和完善了一些实用的串行扩展实例。

(4) 删除了原第 8 章增强型 51 内核单片机 C8051F020 的结构和原理介绍。

(5) 更新了第 10 章仿真软件的版本。

- (6) 将第 11 章中的实验 7 和实验 8 的并行 A/D 和 D/A 转换改为串行 A/D 和 D/A 转换。
- (7) 修订了相应章节的思考题与习题。
- (8) 修订了对应第 4 版的 PPT 等电子资源。
- (9) 各章编者还对各章内容进行了适当修订。

本书共 11 章。第 1 章, 介绍单片机的结构、特点、应用及 51 系列单片机, 并从一个实例出发说明单片机的应用及其设计方法; 第 2 章, 以 MCS-51 单片机为例介绍单片机的硬件结构和工作原理; 第 3 章, 介绍 MCS-51 指令系统及汇编语言程序设计; 第 4 章, 介绍 MCS-51 单片机的 C51 语言编程方法及其与汇编语言的混合编程; 第 5 章, 介绍 MCS-51 单片机的中断系统、定时/计数器和串行口; 第 6 章, 介绍通过单片机并行口扩展外部总线、外部存储器、键盘、LED 和 LCD 显示器、A/D 和 D/A 转换器的方法; 第 7 章, 介绍目前广为应用的 I²C、SPI、1-Wire 等串行扩展技术, 以及 EEPROM 和 Flash 存储器的串行扩展方法; 第 8 章, 介绍键盘、LED 显示器、A/D 和 D/A 转换器的串行扩展方法; 第 9 章, 介绍单片机系统电源解决方案和典型实用的电源电路, 还介绍了单片机应用系统的软硬件抗干扰技术; 第 10 章, 介绍应用 Keil C51 开发环境进行单片机软件开发调试和应用 Proteus 仿真软件进行单片机应用系统硬件及软件仿真调试的方法, 并给出一个单片机应用系统的开发设计实例; 第 11 章, 给出了与各章内容配套的基本实验内容和课程设计参考题目及内容。各章都配有适量的思考题与习题。本书配有 PPT 课件、习题答案、源程序包等教学资源, 读者可以登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费注册下载。

本书教学安排 40~60 学时(含实验 12~20 学时), 具体教学内容可根据实际情况进行取舍。建议第 1~5 章作为基本教学内容, 以使学生掌握单片机的基本结构和原理, 其中汇编程序设计和 C51 语言编程应侧重于 C51 语言编程一章; 第 6 章是传统的并行口扩展, 目的是让学生了解利用地址、数据和控制三总线扩展接口的方法, 可根据教学时数取舍; 第 7、8 两章的串行口扩展是目前较为流行和广泛应用的技术, 可作为重点内容介绍; 第 9 章的电源设计可留给学生自学, 其中的抗干扰技术和第 10 章的软件仿真调试可做简要介绍; 第 11 章可在实验和课程设计中选择安排。

本书由太原理工大学李晓林及李丽宏、广东工业大学许鸥、中北大学苏淑靖共同主编。参与编写和修订工作的还有: 太原理工大学电气与动力工程学院的牛昱光、阎高伟、韩晓霞、李济甫, 太原理工大学信息与计算机学院的温景国、王峰、陈贵军, 山西万立科技有限公司的张剑勇。负责各章节编写和修订的是: 第 1 章陈贵军, 第 2 章阎高伟, 第 3~4 章许鸥, 第 5 章韩晓霞, 第 6 章温景国, 第 7 章张剑勇, 第 8 章苏淑靖, 第 9 章李丽宏, 第 10 章王峰, 第 11 章李济甫。本书的 PPT 课件、习题答案和源程序包等教学资源由许鸥负责编制。全书由李晓林和牛昱光负责整理及统稿。

广东梅州嘉应学院朱向庆对本书的修订提出了许多宝贵意见, 师长义、杨军、夏爽、马海平和吴汉林等多位硕士研究生为本书的编辑作出了许多贡献, 编者在此一并表示衷心感谢。

由于单片机技术发展迅速, 且编者的水平有限, 书中难免有不尽如人意之处, 敬请广大读者提出宝贵意见和建议。编者的 E-mail: niuyuguang@tyut.edu.cn。

编者

2019 年 8 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的结构组成、特点和指标	1
1.1.1 微型计算机的基本结构	1
1.1.2 单片机的基本结构	2
1.1.3 单片机的特点	3
1.1.4 单片机的重要指标	4
1.2 单片机的发展历史和产品类型	4
1.2.1 单片机的发展历史	4
1.2.2 单片机的产品类型	5
1.2.3 80C51 系列单片机	5
1.2.4 其他系列单片机	8
1.3 单片机的应用	9
1.3.1 单片机应用领域	9
1.3.2 单片机应用举例	10
1.4 单片机技术相关网站	14
思考题与习题 1	14
第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构和工作原理	15
2.1 MCS-51 单片机的分类	15
2.2 单片机硬件结构	15
2.2.1 单片机的引脚功能	15
2.2.2 单片机的内部结构	17
2.3 中央处理器 (CPU)	18
2.3.1 运算器	18
2.3.2 控制器	19
2.3.3 布尔 (位) 处理器	19
2.4 存储器	20
2.4.1 程序存储器 (ROM)	20
2.4.2 数据存储器 (RAM)	21
2.5 并行 I/O 接口	25
2.5.1 P1 口	25
2.5.2 P2 口	26
2.5.3 P3 口	27
2.5.4 P0 口	27
2.5.5 并行 I/O 接口的应用	28

2.6 时钟电路和时序	32
2.6.1 时钟电路	32
2.6.2 时序	33
2.7 单片机的工作方式	34
2.7.1 复位方式	34
2.7.2 程序执行方式	35
2.7.3 低功耗运行方式	36
思考题与习题 2	37
第 3 章 MCS-51 指令系统及汇编程序设计	38
3.1 指令系统简介	38
3.1.1 指令系统的分类	38
3.1.2 指令格式	39
3.1.3 指令中的常用符号	39
3.1.4 寻址方式	40
3.2 指令系统	44
3.2.1 数据传送指令	44
3.2.2 算术运算指令	48
3.2.3 逻辑运算指令	52
3.2.4 控制转移指令	55
3.2.5 位操作指令	59
3.3 汇编语言程序设计	61
3.3.1 汇编语言程序设计的步骤	61
3.3.2 汇编语言的程序编辑和汇编	62
3.3.3 结构化程序设计方法	65
思考题与习题 3	72
第 4 章 MCS-51 单片机的 C 程序设计	74
4.1 C51 概述	74
4.2 C51 语法基础	75
4.2.1 标识符和关键字	75
4.2.2 数据类型	76
4.2.3 C51 运算符	78
4.2.4 程序结构	78
4.3 C51 对 MCS-51 单片机的访问	79

4.3.1 存储类型	79	6.3.2 外部 RAM 扩展	147
4.3.2 存储模式	80	6.3.3 多存储器芯片扩展	149
4.3.3 对特殊功能寄存器的访问	81	6.4 并行口扩展	150
4.3.4 对存储器和并行口的访问	82	6.4.1 8155 可编程并行口芯片	150
4.3.5 位地址访问	84	6.4.2 8155 与单片机的接口方法	153
4.3.6 中断函数	85	6.5 显示器与键盘扩展	154
4.4 C51 结构化程序设计	86	6.5.1 LED 显示器扩展	154
4.4.1 顺序结构程序	86	6.5.2 LCD 显示器扩展	156
4.4.2 选择结构程序	86	6.5.3 键盘接口扩展	162
4.4.3 循环结构程序	89	6.5.4 键盘和显示器接口设计实例	165
4.5 C51 程序设计实例	91	6.6 A/D 和 D/A 转换器扩展	167
4.5.1 查表程序	91	6.6.1 并行 A/D 转换器扩展	167
4.5.2 单片机应用程序设计	92	6.6.2 并行 D/A 转换器扩展	170
4.5.3 C51 语言和汇编语言混合编程	97	思考题与习题 6	173
4.5.4 编程优化的概念	99	第 7 章 单片机系统常用串行扩展技术	174
思考题与习题 4	100	7.1 串行扩展概述	174
第 5 章 MCS-51 单片机中断、定时/计数器及串行口	101	7.2 常用串行总线协议	174
5.1 中断系统	101	7.2.1 I ² C 串行总线	174
5.1.1 中断系统概述	101	7.2.2 SPI 总线	178
5.1.2 MCS-51 单片机中断系统	103	7.2.3 1-Wire 总线	181
5.1.3 中断系统应用举例	111	7.3 串行存储器扩展	184
5.2 定时/计数器	114	7.3.1 I ² C 接口的 EEPROM 存储器扩展	184
5.2.1 定时/计数器的结构与原理	114	7.3.2 SPI 接口的大容量 Flash 存储器扩展	191
5.2.2 定时/计数器的工作方式	116	7.4 串行转并行 I/O 接口扩展	201
5.2.3 定时/计数器对输入信号的要求	119	7.4.1 串行转并行 I/O 扩展芯片的工作原理	201
5.2.4 定时/计数器的应用	119	7.4.2 串行总线扩展 I/O 接口实例	204
5.3 串行口	126	思考题与习题 7	205
5.3.1 串行通信基础知识	126	第 8 章 单片机系统外设串行扩展技术	206
5.3.2 MCS-51 单片机串行口	127	8.1 串行键盘和 LED 显示器扩展	206
5.3.3 串行口的应用	132	8.1.1 串行键盘和 LED 显示器控制芯片的工作原理	206
思考题与习题 5	139	8.1.2 串行键盘和 LED 显示器扩展实例	209
第 6 章 单片机系统基本并行扩展技术	141	8.2 串行 A/D 和 D/A 转换器扩展	215
6.1 并行扩展概述	141	8.2.1 串行 A/D 转换器扩展	215
6.2 外部总线扩展	141		
6.3 外部存储器扩展	142		
6.3.1 外部 ROM 扩展	142		

8.2.2 串行 D/A 转换器扩展	225	10.2 Keil C51 开发工具及仿真调试	
思考题与习题 8	229	方法	257
第 9 章 单片机系统电源设计与抗干扰		10.2.1 Keil C51 开发工具	257
技术	230	10.2.2 应用 Keil C51 进行单片机	
9.1 单片机系统电源设计的考虑因素	230	软件开发调试的方法	259
9.2 线性稳压电源	230	10.2.3 应用 Keil C51 调试 C51 应用	
9.2.1 三端固定输出集成稳压器	231	程序举例	263
9.2.2 三端可调输出集成稳压器	231	10.3 Proteus 仿真软件及调试方法	266
9.2.3 低压差线性稳压器 (LDO)	232	10.3.1 Proteus 仿真软件	266
9.3 DC/DC 电源	233	10.3.2 Proteus 进行单片机应用系统	
9.3.1 降压型 DC/DC 电源电路	233	仿真调试的方法	267
9.3.2 升压型 DC/DC 电源电路	235	10.3.3 Proteus 进行单片机应用系统	
9.3.3 DC/DC 模块电源的选择与		仿真调试举例	268
应用	237	10.4 单片机应用系统设计实例	273
9.4 AC/DC 电源	238	10.4.1 系统结构	273
9.4.1 AC/DC 电源技术	238	10.4.2 硬件设计	274
9.4.2 AC/DC 模块电源	240	10.4.3 软件设计	276
9.5 基准电源的产生方法	241	思考题与习题 10	280
9.5.1 稳压管基准电源电路	241	第 11 章 实验及课程设计	281
9.5.2 集成基准电源电路	241	11.1 概述	281
9.6 干扰对单片机应用系统的影响	244	11.2 实验	281
9.7 硬件抗干扰技术	244	11.2.1 实验 1——BCD 码/十六进制	
9.7.1 无源滤波	244	码转换	281
9.7.2 有源滤波	245	11.2.2 实验 2——排序程序	282
9.7.3 去耦电路	245	11.2.3 实验 3——定时/计数器	284
9.7.4 屏蔽技术	245	11.2.4 实验 4——基本输入/输出	288
9.7.5 隔离技术	246	11.2.5 实验 5——外部中断	290
9.7.6 接地技术	247	11.2.6 实验 6——并行口扩展	292
9.8 软件抗干扰技术	249	11.2.7 实验 7——串行 A/D 转换	295
9.8.1 软件抗干扰的一般方法	249	11.2.8 实验 8——串行 D/A 转换	296
9.8.2 指令冗余技术	250	11.3 课程设计	296
9.8.3 软件陷阱技术	250	11.3.1 课程设计目的	296
9.8.4 “看门狗”技术	253	11.3.2 课程设计的要求	296
思考题与习题 9	255	11.3.3 课程设计参考题目及要求	297
第 10 章 单片机系统开发工具	256	附录 A MCS-51 汇编指令-机器码	
10.1 单片机应用系统开发环境	256	对照表	301
10.1.1 开发系统的功能	256	附录 B ASCII 编码表	303
10.1.2 开发系统的分类	256	参考文献	304

第1章 概述

本章教学要求:

- (1) 了解单片机与微型计算机的区别。
- (2) 熟悉单片机的结构组成。
- (3) 了解单片机的特点与指标。
- (4) 了解单片机的发展历史、常用产品及应用领域。
- (5) 了解单片机基本应用系统的组成。

1.1 单片机的结构组成、特点和指标

微型计算机由运算器、控制器、存储器、I/O (输入/输出) 接口 4 个基本部分和 I/O 设备等组成。如果把运算器与控制器封装在一小块芯片上, 则该芯片称为中央处理器 (CPU)。如果将 CPU 与大规模集成电路制成的存储器和 I/O 接口电路在印制电路板上用总线连接起来, 再配以适当的 I/O 设备 (如磁盘存储器、键盘和显示器等), 就构成了微型计算机。如果在一块芯片上, 集成了一台微型计算机的 4 个基本组成部分, 则这种芯片就称为单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer), 简称单片机。以单片机为核心的硬件电路称为单片机系统。

1.1.1 微型计算机的基本结构

微型计算机的基本结构如图 1-1 所示。

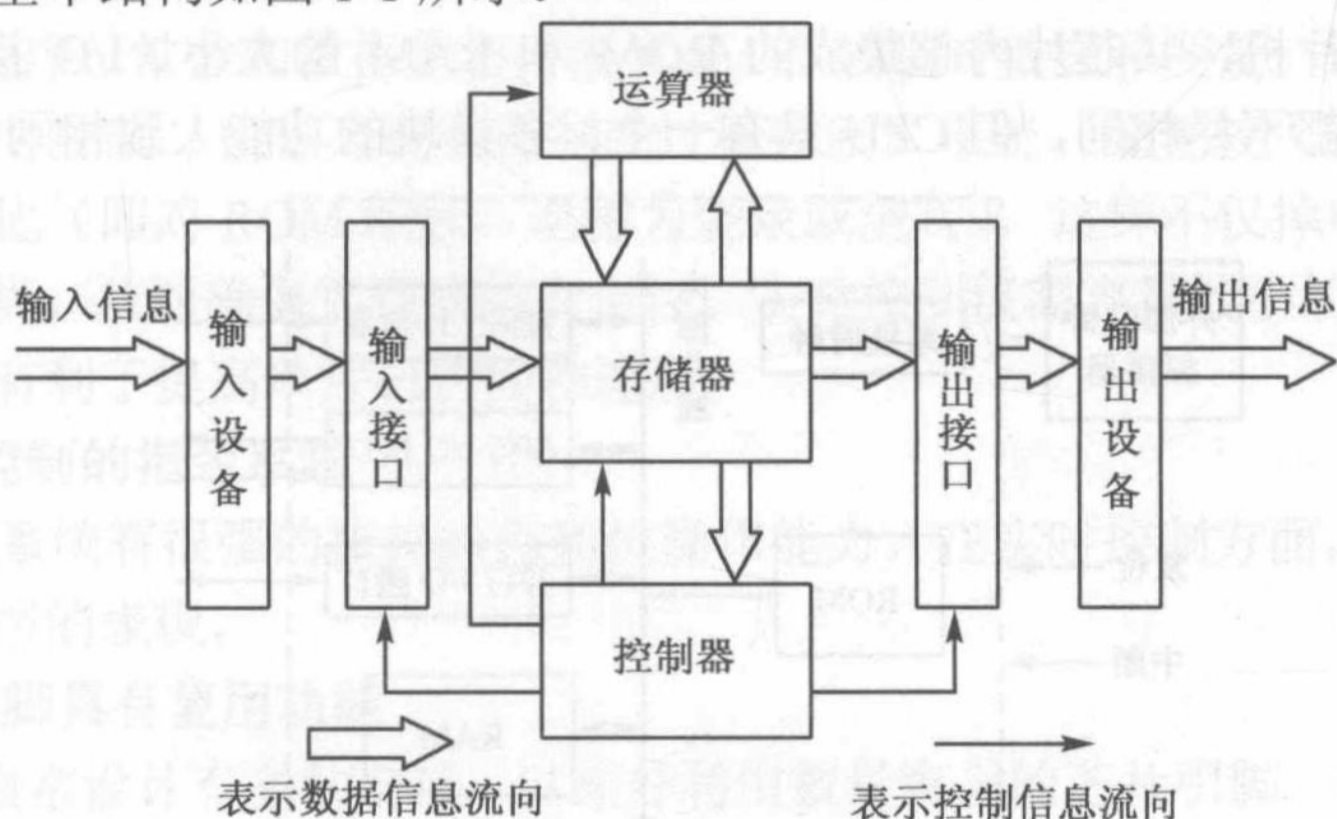


图 1-1 微型计算机的基本结构

1. 控制器

控制器 (Controller) 是计算机的控制核心, 其功能是负责从内部存储器中取出指令, 对指令进行分析、判断, 并根据指令发出控制信号, 使计算机有条不紊地协调工作。

2. 运算器

运算器的核心部件是算术/逻辑单元 (ALU), 主要完成算术运算和逻辑运算。

3. 存储器

存储器 (Memory) 是具有记忆功能的部件, 用于存储程序和数据。存储器根据其位置不同可分为两类: 内部存储器和外部存储器。内部存储器 (简称内存) 和 CPU 直接相连, 存放当前要运行的程序和数据, 故称主存储器 (简称主存)。它的特点是存取速度快, 基本上可与 CPU

处理速度相匹配，但价格较高，存储容量较小。外部存储器（简称外存），主要用于保存暂时不用但又需长时间保留的数据和程序。存放在外存中的程序必须调入内存才能运行。外存的存储容量大，价格较低，但存取速度较慢。

4. 输入/输出接口

输入/输出接口（Input/Output, I/O），又称 I/O 接口，是 CPU 与外设相连的逻辑电路，外设必须通过 I/O 接口才能和 CPU 相连。不同的外设所用 I/O 接口不同。每个 I/O 接口都有一个地址，CPU 按照地址通过对不同的 I/O 接口进行操作来完成对外设的操作。

5. 输入和输出设备

输入和输出设备（如键盘、鼠标、显示器、打印机等）用于和微型计算机进行信息交流的输入和输出操作。

6. 总线

总线（Bus）是控制器、运算器、存储器、I/O 接口之间相连的一组线。数据总线（Data Bus, DB）用于传送程序或数据；地址总线（Address Bus, AB）用于传送地址，以识别不同的存储单元或 I/O 接口；控制总线（Control Bus, CB）用于传输控制信号，这些控制信号控制微型计算机按一定的时序有规律地自动工作。

1.1.2 单片机的基本结构

单片机的基本结构可用图 1-2 所示的框图描述。图 1-2 与图 1-1 的对应关系是：中央处理器（CPU）包含控制器和运算器；存储器包括程序存储器（ROM）和数据存储器（RAM）；I/O 接口对应输入接口和输出接口。另外，在单片机内部还集成了定时/计数器（T/C）、中断控制和系统时钟电路等。单片机用总线实现 CPU、ROM、RAM、I/O 各模块之间的信息传递。其实，具体到某一种型号的单片机，其芯片内部集成的 ROM 和 RAM 的大小、I/O 接口的多少、定时/计数器的多少和位数都不尽相同，但 CPU 只有一个，各模块的功能大致相同。

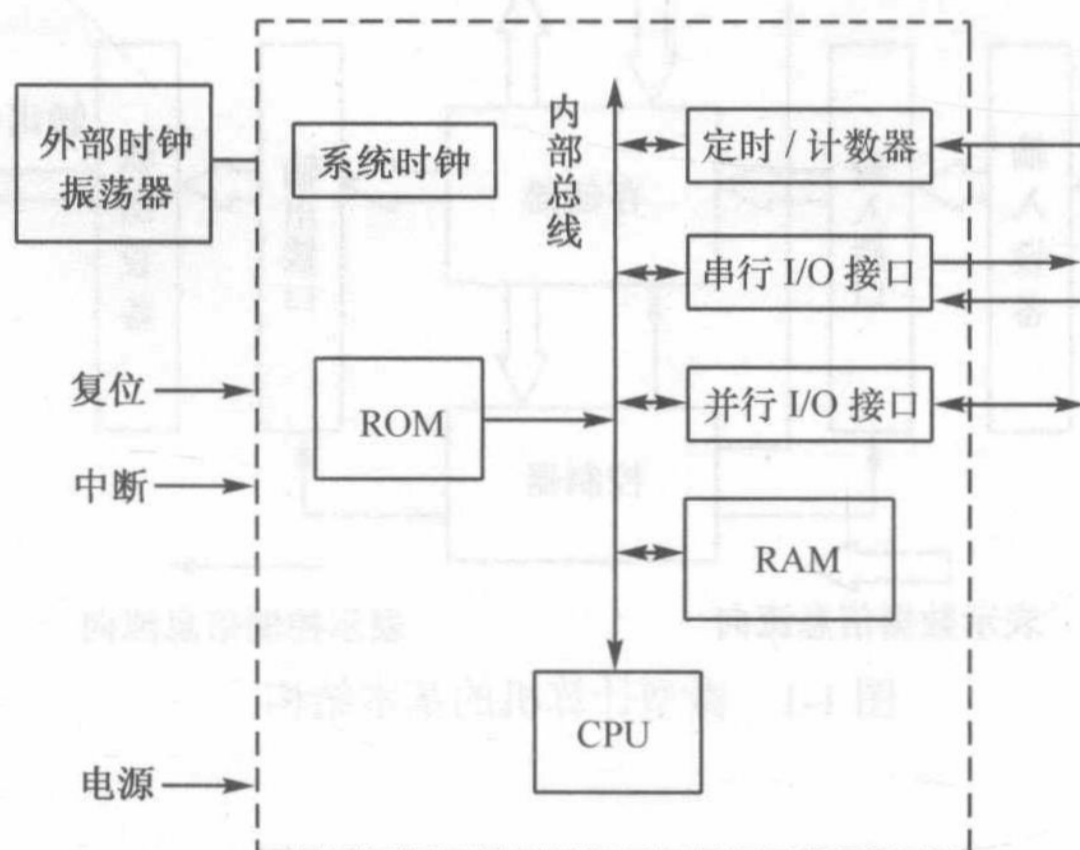


图 1-2 单片机的基本结构

1. 中央处理器

中央处理器（CPU）是单片机的核心单元，由算术/逻辑运算部件和控制部件构成。

2. 程序存储器

程序存储器（ROM）用来存放用户程序、常数等，可分为 EPROM, Mask ROM, OTP ROM 和 Flash ROM 等。

3. 数据存储器

数据存储器 (RAM) 用来存放程序运行中的临时数据和变量。

4. 并行 I/O 接口

并行 I/O 接口通常为独立的双向 I/O 接口, 一般既可以用作输入, 又可以用作输出, 通过软件编程设定。I/O 接口是单片机的重要资源, 也是衡量单片机功能的重要指标之一。

5. 串行 I/O 接口

串行 I/O 接口用于单片机和串行设备或其他单片机系统的通信。串行通信有同步和异步之分, 可用硬件或通用串行收/发器件实现。

6. 定时/计数器

定时/计数器 (T/C) 用于单片机内部精确定时或对外部事件进行计数, 有的单片机内部有多个定时/计数器。

7. 系统时钟

系统时钟通常需要外接石英晶体或其他振荡源提供时钟信号输入, 也有的使用内部 RC 振荡器。系统时钟相当于微型计算机中的主频。

以上只是单片机的基本结构, 目前的单片机又加入了许多新的功能部件, 如模数转换器 (ADC)、数模转换器 (DAC)、温度传感器、液晶驱动电路、“看门狗”电路、低压检测电路等。

1.1.3 单片机的特点

单片机除具备体积小、价格低、性能强大、速度快、用途广、灵活性强、可靠性高等优点外, 它与通用微型计算机相比, 在硬件结构和指令功能方面还具有以下独特之处。

1. ROM 和 RAM 严格分工

ROM 只存放程序、常数和数据表格; 而 RAM 存放临时数据和变量。这样的设计方案使单片机更适合用于实时控制 (也称为现场控制或过程控制) 系统。配置较大的程序存储空间, 将已调试好的程序固化 (即对 ROM 编程, 也称为烧录或烧写), 这样不仅掉电时程序不会丢失, 还避免了程序被破坏, 从而确保了程序的安全性。实时控制仅需容量较小的 RAM, 用于存放少量随机数据, 这样有利于提高单片机的操作速度。

2. 采用面向控制的指令系统

单片机的指令系统有很强的接口操作和位操作能力。在实时控制方面, 尤其是在位操作方面, 单片机有着不俗的表现。

3. I/O 接口引脚具有复用功能

I/O 接口引脚通常设计有多种功能, 以充分利用数量有限的芯片引脚。在应用时, 究竟使用多功能引脚的哪一种功能, 可以由用户编程确定。

4. 品种规格的系列化

属于同一个产品系列、不同型号的单片机, 通常具有相同的内核、相同或兼容的指令系统。其主要的差别仅在于内部配置了一些不同种类或不同数量的功能部件和容量大小不同的 ROM 或 RAM, 以适用于不同的被控对象。

5. 硬件功能具有广泛的通用性

单片机的硬件功能具有广泛的通用性。同一种单片机可以用在不同的控制系统中, 只是其中所配置的软件不同而已。换言之, 给单片机固化上不同的软件, 便可形成用途不同的专用智能芯片。

1.1.4 单片机的重要指标

1. 位数

位数是指单片机能够一次处理的数据的宽度,有1位机(如PD7502)、4位机(如MSM64155A)、8位机(如MCS-51)、16位机(如MCS-96)、32位机(如IMST414)等。

2. 存储器

存储器包括程序存储器(ROM)和数据存储器(RAM)。ROM空间较大,字节数一般从几KB到几十KB($1\text{KB}=2^{10}\text{B}=1024\text{B}$),另外还有不同的类型,如EPROM,EEPROM,Flash ROM和OTPROM等。RAM的字节数则通常为几十字节到几百字节之间。ROM的编程方式也是用户选择的一个重要因素,有的是串行编程,有的是并行编程,新一代单片机有的还具有在系统编程(In-System-Programmable, ISP)或在应用编程(In-Application re-Programmable, IAP)功能,有的还有专用的ISP编程接口JTAG。

3. I/O 接口

I/O接口即输入/输出接口,一般有几个到几十个,用户可以根据自己的需要进行选择。

4. 速度

速度是指CPU的处理速度,以每秒执行多少条指令衡量,常用单位是MIPS(百万条指令每秒),目前有的单片机可达100MIPS。单片机的速度通常是和系统时钟相联系的,但并不是频率高的处理速度就一定快,对于同一种型号的单片机,采用频率高的时钟一般比频率低的速度要快。

5. 工作电压

单片机的工作电压通常是5V,范围是 $5\text{V}\pm 5\%$ 或 $5\text{V}\pm 10\%$,也有3V/3.3V电压的产品,更低的可在1.5V工作。目前单片机又出现了宽电压范围型,即在2.5~6.5V内都可正常工作。

6. 功耗

低功耗是目前单片机追求的一个目标,目前低功耗单片机的静态电流可低至微安(μA , 10^{-6}A)或纳安(nA , 10^{-9}A)级。有的单片机还具有等待、关断、睡眠等多种工作模式,以此来降低功耗。

7. 温度

单片机根据工作温度可分为民用级(商业级)、工业级和军用级3种。民用级的温度范围是0~70°C,工业级是-40~85°C,军用级是-55~125°C(不同厂家的划分标准可能不同)。

1.2 单片机的发展历史和产品类型

1.2.1 单片机的发展历史

1976年,Intel公司首先推出了MCS-48系列单片机,它具有体积小、功能全、价格低等特点,获得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础。

单片机的发展历史大致可分为3个阶段。

第1阶段(1976—1978年):这是单片机刚开始出现时的初级阶段,以Intel公司的MCS-48系列为代表,此系列单片机具有8位CPU、并行I/O接口、8位时序同步计数器,寻址范围不大于4KB,但没有串行口。

第2阶段(1978—1982年):高性能单片机阶段,如Intel公司的MCS-51、Motorola公司的6801和Zilog公司的Z-8等系列。该阶段的单片机具有串行口、多级中断处理系统和16位时序同步计数器,RAM和ROM容量加大,寻址范围可达64KB,有的芯片还有A/D转换接口。

第3阶段(1982年至今):8位单片机改良型以及16位与32位单片机阶段,如Intel公司的16位单片机MCS-96系列、32位单片机ARM系列等。

Intel公司在20世纪80年代初发布了MCS-51单片机,其代表芯片包括基本型8051/8751/8031和增强型8052/8752/8032,随后又相继推出了80C51/87C51/80C31和80C52/87C52/80C32。

到目前为止,世界各地厂商研制出大约50个系列、300多个各具特色的单片机产品。尽管目前单片机的品种繁多,但其中最具典型性的仍属Intel公司的MCS-51单片机和以51技术为内核的众多派生单片机,这些统称为51系列单片机。51系列单片机的指令完全兼容,资料 and 开发设备比较齐全,价格也比较便宜。另外,从学习的角度来看,有了51系列单片机的基础后,再学习其他单片机时则非常容易。这也正是学习单片机技术要从学习MCS-51单片机开始的原因。

1.2.2 单片机的产品类型

由于Intel公司的MCS-51单片机优越的性能和完善的结构,导致后来的许多半导体厂商多沿用或参考MCS-51体系结构,以8051为基核,推出了许多兼容性的单片机产品,丰富和发展了MCS-51单片机,形成了品种丰富的80C51系列产品。

1. 80C51系列单片机产品

80C51系列单片机是单片机应用的主流产品。除Intel公司的80C51系列产品外,各半导体厂商相继推出的与80C51兼容的主要产品有:Atmel公司融入Flash存储器技术的AT89系列,宏晶公司的成本低、高性能STC89系列,SST公司的SST89系列,Siemens公司的高干扰抗性和电磁兼容性C500系列,Philips公司的80C51、80C552系列,Winbond(中国台湾华邦)公司的W78C51、W77C51高速低价系列,ADI公司的AD μ C8XX高精度系列,LG公司的GMS90/97低压高速系列,Maxim公司的DS89C420高速(50MIPS)系列,Cygnal公司的C8051F高速SOC系列,等等。

2. 非80C51结构的单片机产品

非80C51结构的单片机产品不断推出,给用户提供了更为广泛的选择空间。非80C51结构的主要产品有:Intel公司的MCS-96系列16位单片机,Microchip公司的PIC系列RISC单片机,TI公司的TMS370和MSP430F系列16位低功耗单片机,Atmel公司的AT90系列AVR单片机,Ubicom公司的Scenix单片机,Zilog公司的Z86系列单片机,美国国家半导体公司的COP8单片机,中国台湾义隆电子公司的EM78系列单片机;以及Motorola、ARM、NEC、EPSON、东芝、三星、富士通公司等生产的单片机。

1.2.3 80C51系列单片机

Intel公司生产的MCS-51单片机有8051/8751/8031、8052/8752/8032、80C51/87C51/80C31、80C52/87C52/80C32等。该系列产品的生产工艺有HMOS(具有高速度和高密度的特点)和CHMOS(具有CMOS低功耗和HMOS高速度、高密度的特点)两种。在产品型号中,凡带有字母“C”的即为CHMOS芯片。CHMOS芯片的电平既能与TTL电平兼容,又与CMOS电平兼容。

80C51是MCS-51单片机中采用CHMOS工艺的一个典型品种,其他厂商以8051为基核开发出的CHMOS工艺单片机产品统称为80C51系列。当前常用的80C51系列单片机产品种类繁多,性能各异,各有所长。

1. Intel公司的MCS-51单片机

MCS-51单片机是Intel公司生产的功能较强、价格较低、较早应用的单片机,目前仍被广

泛应用。MCS-51 单片机的主要产品及其性能见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 单片机的主要产品及其性能

子系列	型 号	内部存储器/B		I/O 接口	UART	中断 源	定时/ 计数器	时钟频率/MHz	A/D 通道	空闲和 掉电模式
		ROM	RAM							
8X51/ 52 系列	8031/32	ROMless	128/256	32	1	5	2/3	12	0	no
	8051/52	4/8K ROM	128/256	32	1	5	2/3	12	0	no
	8751/52	4/8K EPROM	128/256	32	1	5	2/3	12	0	no
8XC51/ 52 系列	80C31/32	ROMless	128/256	32	1	5/6	2/3	12,16/12,16,20,24	0	yes
	80C51/52	4/8K ROM	128/256	32	1	5/6	2/3	12,16/12,16,20,24	0	yes
	87C51/52	4/8K EPROM	128/256	32	1	5/6	2/3	12,16,20,24	0	yes
8XC54/ 58 系列	80C54/58	16/32K ROM	256	32	1	6	3	12,16,20,24	0	yes
	87C54/58	16/32K EPROM	256	32	1	6	3	12,16,20,24	0	yes
8XC51/ FA/FB/ FC 系列	80C51FA	ROMless	256	32	1	7	3+5PCA	12,16	0	yes
	83C51FA	8K ROM	256	32	1	7	3+5PCA	12,16	0	yes
	83C51FB/FC	16/32K ROM	256	32	1	7	3+5PCA	12,16,20,24	0	yes
	87C51FA/FB/FC	8/16/32K EPROM	256	32	1	7	3+5PCA	12,16,20,24	0	yes
8XL51/ FA/FB/ FC 系列	80L51FA	ROMless	256	32	1	7	3+5PCA	12,16,20	0	yes
	83L51FA/FB/FC	8/16/32K ROM	256	32	1	7	3+5PCA	12,16,20	0	yes
	87L51FA/FB/FC	8/16/32K OTP ROM	256	32	1	7	3+5PCA	12,16,20	0	yes
8XC51G X 系列	80C51GB	ROMless	256	48	1	15	3+10PCA	12,16	8	yes
	83C51GB	8K ROM	256	48	1	15	3+10PCA	12,16	8	yes
	87C51GB	8K EPROM	256	48	1	15	3+10PCA	12,16	8	yes
8XC152 系列	80C152JA/B	ROMless	256	40/58	1	11	2	16.5	0	yes
	83C152JA	8K ROM	256	40	1	11	2	16.5	0	yes

2. Philips 公司的 80C51 系列单片机

在 Intel 公司将 MCS-51 单片机技术转让给 Philips 公司后, Philips 公司的主要任务是改善单片机的性能。在 MCS-51 单片机的基础上发展了高速 I/O 接口、A/D 转换器、PWM (脉宽调制)、WDT、复位电路等增强功能, 并在低电压、低功耗、掉电检测、扩展串行总线 (I²C) 和控制网络总线 (CAN) 等方面加以完善。

在同一时钟频率下, Philips 公司的 80C51 的运行速度是 8051 的 6 倍, IAP (在应用编程) 和 ILP (在线编程) 功能允许用户的 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, 芯片仅有 8 个引脚。Philips 公司的增强型 80C51 系列单片机的主要产品及其性能见表 1-2。

3. Atmel 公司的 AT89 系列单片机

Atmel 公司推出的 AT89 系列兼容 80C51 的单片机, 完美地将 Flash (非易失闪存技术) ROM 与 80C51 内核结合起来, 仍采用 80C51 的总体结构和指令系统, Flash ROM 的可反复擦写性能有效降低了开发费用, 并使单片机可多次重复使用。Atmel 公司的 AT89 系列单片机的主要产品及其性能见表 1-3。

Atmel 的 8 位单片机有 AT89、AT90 两个系列。AT89 系列是 8 位 Flash 单片机, 与 80C51 相兼容, 静态时钟模式; AT90 系列是增强 RISC 结构、全静态工作方式、内载在线可编程 Flash 的单片机, 也称为 AVR 单片机。

表 1-2 Philips 公司的增强型 80C51 系列单片机的主要产品及其性能

子系列	型 号	内部存储器/B		I/O 接口	UART	中断源	定时/ 计数器	时钟频率 /MHz	A/D 通道	其他 特性
		ROM	RAM							
通用型系列	P80C31/P80C32	ROMless	128/256	32	1	5/6	2/3	33	0	
	P80C51/52/54/58	4/8/16/32K ROM	128/256/256/256	32	1	5/6/6/6	2/3/3/3	33	0	
	P87C51/52/54/58	4/8/16/32K OTP	128/256/256/256	32	1	5/6/6/6	2/3/3/3	30,33	0	
Flash 型系列	P89C51/52/54/58	4/8/16/32K Flash	128/256/256/256	32	1	6	3	33	0	
	P89C51RX2	16~64K Flash	512	32	1	7	4	33	0	ISP/IAP

表 1-3 Atmel 公司的 AT89 系列单片机的主要产品及其性能

子系列	型 号	内部存储器/B		I/O 接口	UART	中断源	定时/ 计数器	时钟频率 /MHz	A/D 通道	其他 特 性
		Flash ROM	RAM							
8 位 Flash 系列	AT89C51/52	4/8K	128/256	32	1	5	2/3	33	0	
	AT89C51RC	32K	512	32	1	6	3	40	0	WDT
	AT89LV51/52/55	4/8/20K	128/256/256	32	1	6	2/3/3	16/16/12	0	
	AT89C1051/2051/4051	1/2/4K	64/128/128	15	1		2	24/25/26	0	
ISP_Flash 系列	AT89S51/52/53	4/8/12K	128/256/256	32	1	5/5/6	2/3/3	124/25/24	0	WDT/ISP
	AT89LS51/52/53	4/8/12K	128/256/256	32	1	6	2/3/3	16/16/12	0	ISP
	AT89S8252	8K	256	32	1	6	3	24	0	ISP
	AT89C5115	16K	256		1	6	2	40	8	WDT/ISP
I ² C_Flash 系列	AT89C51RB2/ED2	16/64K	256	32/44	1	6/9	3	60/40	0	WDT/SPI/ISP
	AT89C51RD2	64K	256	32/48	1	6	3	40	0	WDT/SPI/ISP
	AT89C51AC2	32K	256	34	1	6	3	40	8	WDT/ISP

4. 宏晶公司的 STC89 系列单片机

宏晶公司的 STC89 系列单片机是以 80C51 为内核派生出来的一款成本低、高性能单片机，增加了大量的新功能。STC89C51RC/RD+系列单片机支持 ISP（在系统编程）及 IAP（在应用编程）技术。使用 ISP 技术可不需要编程器，直接在用户系统板上烧录用户程序，修改调试非常方便。利用 IAP 技术，能将内部部分专用 Flash ROM 当作 EEPROM 使用，实现停电后保存数据的功能，擦写次数为 100 000 次以上，可省去外接 EEPROM（如 93C46、24C02 等）。而且指令代码完全兼容 80C51，硬件无须改动，速度比 80C51 快 8~12 倍，带 ADC，4 路 PWM，双串行口，有全球唯一 ID 号，加密性好，抗干扰强。宏晶公司的 STC89 系列单片机的主要产品及其性能见表 1-4。

表 1-4 宏晶公司的 STC89 系列单片机的主要产品及其性能

型 号	最高时钟频率		Flash ROM/B	RAM /B	UART	DPTR	中断 源	定时 器	EEPROM/B	降低 EMI	WDT	双倍 数	P4 口	ISP	IAP	A/D
	5V	3V														
STC89C51RC/52RC	0~80		4/8K	512	1	2	8	3	1K+	yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89C53RC	0~80		15K	512	1	2	8	3		yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89C54RD+/58RD+	0~80		16/32K	1280	1	2	8	3	8K+	yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89C516RD+	0~80		63K	1280	1	2	8	3		yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89LE51RC/52RC		0~80	4/8K	512	1	2	8	3	1K+	yes	yes	yes	yes	yes	yes	

续表

型 号	最高时钟频率		Flash ROM/B	RAM /B	UART	DPTR	中断源	定时器	EEPROM/B	降低EMI	WDT	双倍数	P4口	ISP	IAP	A/D
	/MHz															
STC89LE53RC	0~80		15K	512	1	2	8	3		yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89LE54RD+/58RD+	0~80		16/32K	1280	1	2	8	3	8K+	yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89LE516RD+	0~80		64K	1280	1	2	8	3		yes	yes	yes	yes	yes	yes	
STC89LE516AD	0~90		64K	512	1	2	8	3		yes			yes	yes		yes
STC89LE516X2	0~90		64K	512	1	2	8	3		yes		yes	yes	yes		yes

5. SST 公司的 SST89 系列单片机

SST 公司生产的 SST89 系列单片机以 80C51 为内核，与 MCS-51 单片机完全兼容。SST89 系列单片机的主要产品及其性能见表 1-5。

表 1-5 SST89 系列单片机的主要产品及其性能

型 号	时钟频率/MHz		Flash ROM/B	RAM/B	串行口		PCA	中断源	中断优先级	DPTR	降低EMI	掉电检测	WDT
	5V	2.7~3.6V			UART	SPI							
SST89C54	0~33	0~12	16K+4K	256	1ch		0	6	2	1			yes
SST89C58	0~33	0~12	32K+4K	256	1ch		0	6	2	1			yes
SST89E554RC	0~40		32K+8K	1K	1ch+	yes	5ch	9	4	2	yes	yes	yes
SST89E564RD	0~40		64K+8K	1K	1ch+	yes	5ch	9	4	2	yes	yes	yes
SST89V554RC		0~40	32K+8K	1K	1ch+	yes	5ch	9	4	2	yes	yes	yes
SST89V564RD		0~40	64K+8K	1K	1ch+	yes	5ch	9	4	2	yes	yes	yes

6. Siemens 公司的 C500 系列单片机

Siemens 公司也沿用 80C51 的内核，相继推出了 C500 系列单片机。在保持与 MCS-51 指令兼容的前提下，其产品的性能得到了进一步的提升，特别是在抗干扰性能、电磁兼容和通信控制总线功能上独树一帜，其产品常用于工作环境恶劣的场合，也适用于通信和家用电器控制领域。

7. Winbond 公司的 W78/W77 系列单片机

Winbond 公司也开发了一系列兼容 80C51 的单片机，其产品具备丰富的功能特性，而且以质优价廉在 market 占有一定的份额。W78 系列与标准的 80C51 兼容，W77 系列为增强型 51 系列，对 80C51 的时序进行了改进，在同样的时钟频率下，速度提高了 2.5 倍。Flash ROM 容量为 4~64KB，具有 ISP 功能。

1.2.4 其他系列单片机

TI 公司有 TMS370 和 MSP430 两大系列通用单片机。TMS370 系列是 8 位 CMOS 单片机，具有多种存储模式、多种外围接口模式，适用于复杂的实时控制场合；MSP430 系列是一种超低功耗、功能集成度较高的 16 位单片机，特别适用于三表（电表、水表、燃气表）及超低功耗场合。

Microchip 公司生产的 PIC 系列 8 位单片机，CPU 采用 RISC 结构，运行速度快，价格低，适合用量大、档次低、价格敏感的产品。PIC 单片机的突出特点是体积小，功耗低，采用精简指令集，抗干扰能力强，可靠性高，有较强的模拟接口，代码保密性好，大部分芯片有 Flash ROM。

Motorola 公司生产的单片机，品种全、选择余地大、新产品多。其特点是噪声低，抗干扰能力强，比较适合工控领域及恶劣的环境。