

四川省级精品课配套教材

单片机

DAN
PIANJI
YUANLI YU JIEKOU JISHU C51 BAN

原理与接口技术 (C51版)

黄惟公 邓成中 编著



四川大学出版社

特邀编辑:张 阅
责任编辑:毕 潜
责任校对:张战清
封面设计:墨创文化
责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术: C51 版 / 黄惟公, 邓成中
编著. —成都: 四川大学出版社, 2011. 6
ISBN 978-7-5614-5319-3

I. ①单… II. ①黄…②邓… 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—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 117443 号

书名 单片机原理与接口技术 (C51 版)

编 著	黄惟公 邓成中
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-5319-3
印 刷	四川锦祝印务有限公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	19.25
字 数	488 千字
版 次	2011 年 8 月第 1 版
印 次	2011 年 8 月第 1 次印刷
定 价	35.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:www.scupress.com.cn

前 言

多年来,“单片机”一直被学生视为难学的课程之一。“难”的原因是多方面的,如涉及的知识面广,概念难于理解,实验设备不足等,但是一个不可忽略的原因是“单片机”难于自学和没有足够的实践机会,而这些不能不说与教材的编写有关。

本教材针对非电类专业(主要是机械工程)学时少的特点,是在精化教学内容、合理安排教学顺序、精心攻克难点的基础上编写的。作者在以下三个方面进行了有益的尝试。

(1) 采用 C51 进行程序设计教学。用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。过去长时间困扰的“高级语言产生代码太长,运行速度慢”的弱点,随着技术的发展已被大幅度地改进。用 C 语言编写程序比用汇编语言更符合人们的思维习惯,开发者可以更专心地考虑程序的结构和算法,而不必考虑过多的细节问题。引进单片机 C 语言教学,不仅提高了学习单片机的兴趣,而且使学生增加了 C 语言的知识。

为了使学生从零起点快速学会使用 C51 语言编程,本教材从入门和实用角度出发,进行了如下处理:

①只针对教材中的例题、模块、实验中需要的 C51 的相关知识进行了介绍,而没有全面系统地进行 C 语言的学习。如“数组”只重点介绍了一维数组(本教材的例子中也没有采用二维以上的数组),没有介绍联合体、枚举等内容。教材中注重 C 语言的应用,避免采用应试考题中的难题。

②将 C51 语法的要点结合 51 单片机资源的讲解分散到各章。

③将模块化的编程方法贯穿始终,对单片机中较复杂的常用的外部接口器件采用直接使用驱动程序方法,可使学生较快地学会编写一些实用的程序,获得成就感。因为单片机的学习是一个循序渐进的过程,对于初学者而言,走上学习轨道,掌握学习方法才是最重要的。初学者完全可以先大概浏览一下本教材的驱动源程序,重点研究其头文件中函数的使用,再完成这种基于驱动程序的各种应用程序的开发和设计,从而提高兴趣和动手能力。之后再认真研究驱动程序,掌握进一步的知识。最后随着学习面和工作面的深入,掌握驱动程序的编写技巧。

(2) 加强实验。教材的实验指导书中采用的“单片机实验板”经历了长期的教学实践,是非常适合教学的实验装置。它不需要其他附件,可以在任何一台 PC 上使用,价格便宜,解决了许多地方院校经费不足的问题,可以开设多种接口实验(不含纯编程类软件实验),满足了教学需要。除此之外,本书还提供了“虚拟单片机实验板”,用 Proteus 仿真了“单片机实验板”的全部内容,便于学生实验。

引用 Proteus 进行虚拟仿真实验,教材中的例题绝大多数都配备了仿真效果。作者做了

大量的工作,使提供的例题程序在实际应用板和虚拟仿真中都可以通过。

教材每章都有适量的习题和思考题,打破应试教育习题的特点,从第 5 章开始布置了一些用 Proteus 仿真设计的习题,有利于提高学生软、硬件的能力和学习兴趣。

(3) 加强接口知识。对许多同学来说,此课程并不是完全为了学习单片机本身,还可以通过单片机的学习掌握计算机用于测控方面的接口技术,提高实践动手能力。本教材第 5、9、10、11 章都是计算机接口方面的知识,作者有意识地在这些章节中补充了计算机接口的基本知识。

本教材主要以 89C51 芯片为基础,各章的主要内容和特点如下:

第 1 章 单片机基础知识概述。介绍了单片机的定义、发展历史和应用;补充了单片机的基本知识和术语,如数制转换、各种常用的数码等;也解释了一些初学者的问题,如为什么要用 16 进制、电平等以及单片机学习中应注意的问题。

第 2 章 MCS-51 单片机基本结构。主要介绍了芯片的引脚、存储器的组织形式,特别是内部 RAM 的组织形式,为指令系统的学习打好基础。本章改变了传统教材的做法,未介绍 IO 接口的特性等内容,主要是避免使学生入门难,影响学习兴趣。

第 3 章 指令系统及汇编程序设计。精简扼要地讲述了 51 单片机的指令,指出了指令的要点。每条指令都引用了英文缩写帮助记忆。作为以 C51 为主要设计语言的学习,在进行课堂讲授时,可以先只学习数据传输、位操作、控制转移类的部分指令,教材中对其他指令的讲解可作为指令手册参考。

第 4 章 C51 程序设计入门。对 C51 程序设计进行了简单的入门介绍,主要介绍了 C51 中的基本知识、与标准 C 语言的不同点。入门是非常重要的,读者通过本章的学习后,可以参阅本教材参考文献的资料进一步学习,迅速提高 C51 的使用水平。没有学习过 C 语言的读者,也可以从本章开始入门学习。

第 5 章 I/O 口及简单应用。主要讲述了 I/O 口的特性,LED、LCD 显示和键盘的管理程序设计。本章的一个最大特点是在未讲述中断、定时计数、串行、扩展等内容时就引入了键盘、数码管、字符 LCD 的应用,从而使学生尽快进入对单片机应用的学习,也便于提前进行单片机的实验,提高学习兴趣。

第 6 章 中断系统。以深入浅出的方式说明了中断的概念、原理和应用,帮助学生掌握中断的应用。

第 7 章 定时/计数器。指出了计数、定时器的实质是计数器,讲述了定时/计数器的原理和使用方法,结合中断给出了经典的示例。

第 8 章 串行通信接口。讲述了串口的基本知识,增加了 PC 机与单片机通讯的硬件电路及 VB 对串口的编程。

第 9 章 存储器和并行口的扩展。强调了数据、地址、控制总线在扩展中的作用,以图形和文字解释了地址锁存器的作用,详细叙述了片选地址的方法,讲述了 RAM、ROM 的扩展方法,详细介绍了用 TTL 扩展简单 I/O 口的方法和程序。

第 10 章 单片机测控接口。采用 ADC0809 和 DAC0832 作为经典例子学习 A/D、D/A。开关量的输入输出、功率接口在机电一体化的设备中应用较多,本章也给予了介绍。读者可从本章中进一步学到计算机基本的接口知识。

第 11 章 串行总线扩展技术。主要介绍 I²C、SPI 总线的概念和使用,并介绍了几种常用串行芯片如 AD、DA、E²PROM 等的使用。

附录 A Keil C51 使用简介。介绍了 Keil C51 的开发环境和调试方法。

附录 B Proteus 使用入门。介绍了用 Proteus 仿真 51 单片机的方法。

附录 C MCS-51 指令表。介绍了各指令的助记符、功能、字节数、机器周期和机器码。

附录 D MCS-51 单片机实验。提供的 7 个实验都与硬件和实际应用有关，没有纯粹的语言编程实验。

在有一本便于自学的教材、价格便宜的实验装置、方便的虚拟仿真平台的条件下，我们相信同学们一定能学好单片机。

本教材全部内容的推荐学时为 48 学时，可以在 40~48 学时之间酌情删减（见下表）。看起来学时不够，但经过实践，是可以完成的。西华大学教务处对采用此学时进行的全程录像可以借鉴。

建议学时安排表

章 节	建议学时数
第 1 章 单片机基础知识概述	2
第 2 章 MCS-51 单片机基本结构	1
第 3 章 指令系统及汇编程序设计	3
第 4 章 C51 程序设计入门	2
第 5 章 I/O 口及简单应用	6
第 6 章 中断系统	2
第 7 章 定时/计数器	2
第 8 章 串行通信接口	4
第 9 章 存储器和并行口的扩展	4
第 10 章 单片机测控接口	4
第 11 章 串行总线扩展技术	4
习题及调整学时	4
理论学时合计	34~38
单片机实验	6~10
总学时	40~48

本书由西华大学机械工程与自动化学院黄惟公教授和邓成中副教授编写。《单片机原理与接口技术（C51 版）》已作为四川省精品课程“单片机原理与应用”的配套教材使用过两届，本次出版，作者又做了部分修改。本教材的作者长期从事单片机应用项目的实际开发和单片机的教学工作，黄惟公教授长期担任专科、本科、研究生的单片机主讲教师工作。

本书在编写过程中，得到许多同仁的关心和帮助，谨致谢意。

限于篇幅及编者的业务水平，在内容上难免有局限和欠妥之处，竭诚希望同行和读者赐予宝贵的意见。

黄惟公 邓成中
2011 年 1 月于成都

目 录

前言	(1)
第 1 章 单片机基础知识概述	(1)
1.1 单片机概述	(1)
1.1.1 什么是单片机	(1)
1.1.2 单片机的发展历史	(1)
1.2 单片机的特点及应用领域	(2)
1.2.1 单片机的特点	(2)
1.2.2 单片机的应用领域	(2)
1.2.3 单片机的发展趋势	(3)
1.2.4 MCS-51 单片机的学习	(5)
1.3 单片机学习的预备知识	(6)
1.3.1 数值及其转换	(6)
1.3.2 有符号数的表示方法	(7)
1.3.3 位、字节和字	(8)
1.3.4 BCD 码 (Binary Coded Decimal)	(9)
1.3.5 ASCII 码 (American Standard Code for Information Interchange)	(9)
1.4 电平	(10)
第 2 章 MCS-51 单片机基本结构	(13)
2.1 MCS-51 单片机的基本结构与类型	(13)
2.1.1 MCS-51 单片机的基本结构	(13)
2.1.2 MCS-51 单片机的基本类型	(14)
2.2 引脚及封装	(15)
2.2.1 引脚	(15)
2.2.2 封装	(16)
2.3 MCS-51 存储器组织	(17)
2.3.1 MCS-51 存储器组织	(18)
2.3.2 程序存储器地址空间 (Program Memory Address Space)	(19)
2.3.3 内部数据存储器空间 (Internal Data Memory Address Space)	(19)
2.3.4 特殊功能寄存器 (Special Function Register, SFR)	(20)

2.3.5	外部数据存储器空间 (External Data Memory Address Space)	(22)
2.4	复位电路	(22)
2.4.1	复位后各寄存器的状态	(22)
2.4.2	上电复位和按钮复位	(23)
2.4.3	晶振电路	(23)
2.4.4	单片机的时序单位	(24)
第3章	指令系统及汇编程序设计	(26)
3.1	基本概念	(26)
3.1.1	汇编语言格式	(26)
3.1.2	指令中常用符号	(27)
3.1.3	寻址方式	(27)
3.2	MCS-51 指令系统	(29)
3.2.1	数据传送与交换指令 (Data Transfer)	(29)
3.2.2	算术操作类指令 (Arithmetic Operations)	(34)
3.2.3	逻辑运算指令 (Logical Operations)	(36)
3.2.4	控制转移类指令 (Program Branching)	(38)
3.2.5	位操作指令 (Boolean Variable Manipulation)	(40)
3.3	汇编语言程序格式及伪指令	(42)
3.3.1	汇编指令格式	(42)
3.3.2	HEX 文件	(43)
3.3.3	伪指令	(43)
3.4	汇编程序的设计方法	(45)
3.4.1	顺序程序设计	(45)
3.4.2	分支程序设计	(46)
3.4.3	循环程序设计	(49)
3.4.4	查表程序设计	(50)
第4章	C51 程序设计入门	(54)
4.1	C51 的基本数据类型	(55)
4.2	C51 变量的存储区域	(57)
4.3	C51 的运算符	(58)
4.4	数组	(59)
4.4.1	一维及多维数组	(59)
4.4.2	字符数组	(60)
4.5	指针	(60)
4.5.1	指针的概念	(61)
4.5.2	指针变量的定义、赋值与引用	(61)
4.5.3	Keil C51 的指针类型	(63)
4.6	结构	(64)
4.7	C51 的程序设计	(65)

4.7.1 C51 的程序的结构	(65)
4.7.2 C51 流程控制语句	(66)
4.8 函数的定义与调用	(69)
4.8.1 函数	(69)
4.8.2 局部变量、全局变量以及变量的存储类别	(70)
4.8.3 C51 中调用汇编程序	(71)
4.8.4 预处理命令	(73)
4.8.5 头文件	(73)
4.8.6 C51 其他问题	(74)
第5章 I/O 口及简单应用	(76)
5.1 I/O 端口的输入输出特性	(76)
5.1.1 P1 口	(77)
5.1.2 P3 口	(78)
5.1.3 P0 口	(79)
5.1.4 P2 口	(80)
5.2 I/O 端口的应用	(81)
5.2.1 I/O 的简单控制	(81)
5.2.2 LED 数码管显示	(83)
5.2.3 独立式键盘	(88)
5.2.4 行列式键盘模块	(91)
5.3 LCM1602 字符型液晶显示模块	(96)
5.3.1 字符型 LCM1602 介绍	(97)
5.3.2 LCM1602 与单片机的接口	(103)
5.3.3 LCM1602 的驱动程序设计	(104)
第6章 中断系统	(111)
6.1 中断的概念	(111)
6.2 中断系统的结构	(112)
6.3 中断控制系统	(113)
6.3.1 中断请求标志寄存器	(113)
6.3.2 中断允许寄存器 (Interrupt Enable, IE)	(114)
6.3.3 中断优先寄存器 (Interrupt Priority, IP) 及中断嵌套	(115)
6.4 中断处理过程	(117)
6.4.1 中断响应条件	(117)
6.4.2 中断响应过程	(117)
6.4.3 中断的撤销	(118)
6.4.4 外部中断响应的的时间	(119)
6.5 外部中断触发方式的选择	(120)
6.6 C51 中断程序设计	(120)

第 7 章 定时/计数器	(124)
7.1 定时/计数器的结构与工作原理	(124)
7.1.1 定时/计数器的实质	(124)
7.1.2 定时/计数器的结构与工作原理	(125)
7.2 定时/计数器的控制	(125)
7.2.1 方式控制寄存器 (Timer/Counter Mode Control, TMOD)	(125)
7.2.2 控制寄存器 (Timer/Counter Control Register, TCON)	(126)
7.3 定时/计数器的工作方式	(126)
7.3.1 方式 0	(127)
7.3.2 方式 1	(127)
7.3.3 方式 2	(128)
7.3.4 方式 3	(129)
7.4 计数器对输入脉冲频率的要求	(129)
7.5 定时/计数器的 C51 编程和应用举例	(130)
7.5.1 定时/计数器初值的计算	(130)
7.5.2 定时/计数器 C51 编程应用举例	(130)
第 8 章 串行通信接口	(137)
8.1 串行通信基本知识	(137)
8.1.1 概述	(137)
8.1.2 串行通信的制式	(137)
8.2 MCS-51 串口控制器	(139)
8.2.1 串口控制寄存器 SCON	(139)
8.2.2 特殊功能寄存器 PCON	(140)
8.3 串行口的工作方式	(140)
8.3.1 方式 0	(140)
8.3.2 方式 1	(141)
8.3.3 方式 2	(142)
8.3.4 方式 3	(143)
8.4 波特率的制定方法	(143)
8.5 串行通信的接口电路	(144)
8.5.1 RS-232C 接口	(144)
8.5.2 RS-485 接口	(146)
8.6 串口的 C51 编程与应用	(148)
8.6.1 用串行口扩展并行 I/O 口	(148)
8.6.2 单片机与单片机通信	(151)
8.7 多机通信	(154)
8.7.1 多机通信协议	(154)
8.7.2 程序流程及代码	(155)
8.7.3 从机程序流程及代码	(157)
8.8 单片机与 PC 机的串口通信	(159)

第9章 存储器和并行口的扩展	(166)
9.1 系统扩展概述	(166)
9.1.1 单片机最小系统	(166)
9.1.2 总线概念	(167)
9.2 数据存储器的扩展	(168)
9.2.1 SRAM 芯片	(168)
9.2.2 典型外部数据存储器的连接	(169)
9.2.3 地址锁存器和外扩 RAM 的操作时序	(170)
9.2.4 确定扩展芯片地址的方法	(172)
9.2.5 C51 访问扩展 RAM 的编程方法	(175)
9.3 程序存储器的扩展	(175)
9.3.1 ROM 芯片	(175)
9.3.2 程序存储器的扩展	(177)
9.4 EPROM 和 RAM 的综合扩展	(178)
9.5 单片机并行接口的扩展	(179)
9.5.1 总线驱动器	(179)
9.5.2 用 74LSTTL 电路扩展并行 I/O 口	(181)
第10章 单片机测控接口	(184)
10.1 AD 转换器及与单片机的接口	(184)
10.1.1 AD 转换器的分类	(185)
10.1.2 AD 转换器的主要技术参数	(186)
10.1.3 AD 转换器的选择	(187)
10.2 ADC0809 模数转换器	(188)
10.2.1 ADC0809/ADC0808 的结构.....	(188)
10.2.2 ADC0809 与单片机的接口	(189)
10.2.3 ADC0809 的编程	(190)
10.3 DAC0832 数模转换器	(192)
10.3.1 DAC0832 简介	(193)
10.3.2 DAC0832 与单片机的接口	(194)
10.3.3 DAC0832 的编程举例	(196)
10.4 开关量功率接口技术.....	(199)
10.4.1 单片机 I/O 口的输出驱动	(199)
10.4.2 光电耦合器.....	(201)
10.4.3 继电器驱动接口.....	(202)
10.4.4 可控硅驱动接口.....	(203)
10.4.5 固态继电器驱动接口.....	(206)
10.5 开关量输入接口.....	(208)
第11章 串行总线扩展技术	(210)
11.1 SPI 总线扩展技术	(210)

11.1.1	ADC0832 模块的设计	(211)
11.1.2	TLC1543 A/D 模块的设计	(216)
11.1.3	LTC1456 D/A 模块的设计	(220)
11.2	I ² C 总线扩展技术	(222)
11.2.1	I ² C 总线的协议简介	(222)
11.2.2	I ² C 的寻址方式	(224)
11.2.3	I ² C 总线时序	(225)
11.2.4	I ² C 总线虚拟程序	(226)
11.2.5	E ² PROM 芯片 AT24Cxx 的应用	(232)
附录 A Keil C51 使用简介		(239)
A.1	Keil C51 工程的建立及设置	(239)
A.1.1	工程的建立	(239)
A.1.2	工作环境和参数的设置	(243)
A.1.3	程序编译	(244)
A.1.4	程序调试	(245)
A.2	Keil 与 Proteus 联调	(250)
附录 B Proteus 使用入门		(256)
B.1	窗口界面	(256)
B.2	51 单片机仿真操作实例	(257)
B.3	Proteus 中如何画总线	(262)
B.4	Proteus 其他问题	(264)
B.4.1	Proteus 中怎样使用模板	(264)
B.4.2	电压、电流探针 (probe)	(264)
B.4.3	Proteus 常用快捷键	(265)
B.4.4	使用波形发生仪	(265)
B.4.5	虚拟示波器使用	(266)
附录 C MCS-51 指令表		(267)
C.1	数据传输类指令	(267)
C.2	算术运算类指令	(268)
C.3	逻辑运算类指令	(269)
C.4	控制转移类指令类	(270)
C.5	布尔操作类指令	(271)
附录 D MCS-51 单片机实验		(272)
D.1	单片机实验板	(272)
D.1.1	结构	(272)
D.1.2	实验板与 PC 的连接	(273)
D.1.3	实验板电路原理图	(273)
D.1.4	IST 下载软件的使用	(275)
D.2	单片机实验	(275)

D. 2. 1	实验 1 红黄绿灯控制	(275)
D. 2. 2	实验 2 键盘、LED 数码管显示实验	(277)
D. 2. 3	实验 3 定时器中断实验	(278)
D. 2. 4	实验 4 计数器实验	(279)
D. 2. 5	实验 5 AD 转换器实验	(284)
D. 2. 6	实验 6 PC 机与单片机的串行通信实验	(288)
D. 2. 7	实验 7 温度测量实验	(288)
D. 3	单片机虚拟实验	(293)
参考文献		(295)

第 1 章 单片机基础知识概述

1.1 单片机概述

1.1.1 什么是单片机

单片机是将计算机的基本部件微型化并集成到一块芯片上的微型计算机。通常在芯片内含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O、串行口、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线等部件。英文“Single Chip Microcomputer (SCM)”就是这个意思。不过，“SCM”一词目前国际上已基本不再使用。由于单片机的硬件结构和指令系统都是按工业控制和要求设计的，常用于工业检测、控制装置中，所以被称为微控制器 (Microcontroller Unit, MCU) 或嵌入式控制器 (Embedded Controller)。

1.1.2 单片机的发展历史

单片机作为微型计算机的一个重要分支，应用广，发展快。如果将 8 位单片机的推出作为起点，那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段：

第一阶段 (1976—1978)：单片机的初级阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。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。这是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词即由此而来。这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、I/O 接口、8 位定时器/计数器，寻址范围不大于 4K 字节，简单的中断功能，无串行接口。

第二阶段 (1978—1982)：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：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、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口；CPU 外围功能单元的集中管理模式；体现工控特性的位地址空间及位操作方式；指令系统趋于完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

第三阶段 (1982—1992)：8 位单片机的巩固发展及 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 系列的广泛应用，许多厂商竞相使用 8051 为内核，将许多测控系统中使用的电路、接口、多通道 AD 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。

第四阶段 (1993—现在)：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。

1.2 单片机的特点及应用领域

1.2.1 单片机的特点

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。

单片机主要有如下特点:

(1) 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,大大提高了计算机的可靠性与抗干扰能力。另外,由于其体积小,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。单片机的控制功能高于同一档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 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。

1.2.2 单片机的应用领域

计算机系统明显地朝巨型化、单片化、网络化三个方向发展。解决复杂系统计算和高速数据处理的仍然是巨型机在起作用。目前,巨型机仍在朝高速及处理能力增强的方向努力。单片机目前被视为嵌入式微控制器,它最明显的优势就是可以嵌入到各种仪器、设备中,这一点是巨型机不可能做到的。

由于单片机所具有的显著优点,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产品中的应用。

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成机械技术、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。例如,微机控制的机床、机器人等。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) 单片机在分布式系统中的应用。

在比较复杂的系统中，常采用分布式控制系统。分布式系统一般由若干台功能各异的小型测控装置组成，这些装置基本都是以单片机为核心的。它们各自完成特定的任务，经通讯相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个下位机，安装在系统的节点上，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) 单片机在日常生活中的应用。

自从单片机诞生以后，它就步入了人类的日常生活，例如，手机、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。另外，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。

1.2.3 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，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方面发展。下面从几个方面说明单片机的主要发展趋势。

(1) 全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有许多优点，如极宽的工作电压范围，极佳的低功耗及功耗管理特性等。CMOS 化已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

(2) 采用 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机) 体系结构。早期的单片机大多采用 CISC (Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机) 结构体系，指令复杂，指令代码、周期数不统一，指令运行很难实现流水线操作，大大阻碍了运行速度的提高。对于 MCS-51 系列单片机，当外部时钟为 12 MHz 时，其单周期指令运行速度仅为 1 MIPS (Million Instructions Per Second 的缩写，每秒处理的百万级的机器语言指令数。这是衡量 CPU 速度的一个指标)。但采用了 RISC 体系结构和精简指令后，单片机的指令绝大部分成为单周期指令，而通过增加程序存储器的宽度（如从 8 位增加到 16 位），实现了一个地址单元存放一条指令。在这种体系结构中，很容易实现并行流水线操作，大大提高了指令运行速度。目前一些 RISC 结构的单片机，如美国 ATMEL 公司的 AVR 系列单片机，已实现了一个时钟周期执行一条指令（一些公司也在 51 单片机上实现了同样功能），在相同的 12 MHz 外部时钟下，单周期指令运行速度可达 12 MIPS。一方面可获得很高的指令运行速度；另一方面，在相同的运行速度下，可大大降低时钟频率，有利于获得良好的电磁兼容效果。

(3) 多功能集成化。单片机在内部已集成了越来越多的部件，这些部件不仅包括一般常用的电路，如定时/计数器、模拟比较器、AD 转换器、DA 转换器、串行通信接口、WDT 电路和 LCD (Liquid Crystal Display, 液晶显示器) 的控制器等，还有的单片机为了构成控制网络或形成局部网，内部含有局部网络控制模块 CAN 总线等，可以方便地构成一个控制网络。为了能在电力控制中方便使用单片机，形成最具经济效益的嵌入式控制系统，有的单片机甚至内部设置了专门用于电力控制的电路 PWM (Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制，简称“脉宽调制”)。

(4) 片内存储器的改进与发展。目前新型的单片机一般在片内集成两种类型的存储器：

一种是随机读写存储器（常用的为 SRAM, Static Random Access Memory, 静态 RAM），作为临时数据存储器存放工作数据用；另一种是只读存储器 ROM (Read Only Memory)，作为程序存储器存放系统控制程序和固定不变的数据。片内存储器的改进与发展的方向是扩大容量、数据的易写和保密等。

①片内程序存储器由 EPROM 型向 FlashROM 发展：早期的单片机在片内往往没有程序存储器或片内集成 EPROM 型的程序存储器。将程序存储器集成在单片机内可以大大提高单片机的抗干扰性能，提高程序的保密性，减少硬件的设计的复杂性和空间等，因此，片内集成程序存储器已成为新型单片机的标准方式。但由于 EPROM 需要使用 12 V 高电压编程写入，紫外线光照擦除、重写入次数有限等，所以给使用带来了不便。新型的单片机采用 FlashROM 以及 MaskROM、OTPROM 作为片内的程序存储器。FlashROM（闪存 ROM）在通常电压（如 3 V~5 V）下就可以实现编程写入和擦除操作，重写次数在 10000 次以上，并可实现在线编程技术，为使用带来了极大的方便。采用 MaskROM 的微控制器称为掩模芯片，它是在芯片制造过程中就将程序“写入”了，并永远不能改写。采用 OTPROM (One Time Programmable ROM) 的微控制器，其芯片出厂时片内的程序存储器是“空的”，它允许用户将自己编写好的程序一次性地编程写入，之后便再也无法修改。后两种类型的单片机适合于大批量产品生产的使用，而前一种类型的微控制器则适合产品的设计开发、批量生产以及学习培训的应用。

②程序保密化：一个单片嵌入式系统的程序是系统的最重要的部分，是知识产权保护的核心。为了防止片内的程序被非法读出复制，新型的单片机往往采用对片内的程序存储器加锁保密。程序写入片内的程序存储器后，可以对加密单元芯片加锁。这样，从芯片的外部无法读取片内的程序代码，若将加密单元擦除，则片内的程序也同时擦除掉，这样便达到了程序保密的目的。

③片内存储容量的增加：新型的单片机一般在片内集成的 SRAM 在 128 字节至 1K 字节，ROM 的容量一般为 4K 字节至 8K 字节。为了适应网络、音视频等高端产品的需要，高档的单片机在片内集成了更大容量的 RAM 和 ROM 存储器。如 ATMEL 公司的 ATmega16 单片机，片内的 SRAM 为 1K 字节，FlashROM 为 16K 字节。而该系列的高端产品 ATmega256，片内集成了 8K 字节的 SRAM、256K 字节的 FlashROM 和 4K 字节的 EEPROM。

(5) ISP、IAP 及基于 ISP、IAP 技术的开发和应用。ISP (In System Programmable) 称为在系统可编程技术。随着微控制器在片内集成 FlashROM 技术的发展，ISP 技术在单片机中的应用逐渐流行。它首先实现了程序的串行编程写入（下载），使得不必把在印刷电路板上的芯片取下，就可直接将程序下载到单片机的程序存储器中，淘汰了专用的程序下载写入设备。其次，基于 ISP 技术的实现，模拟仿真开发技术重新兴起。在单时钟、单指令运行的 RISC 结构的单片机中，可实现 PC 机通过串行电缆对目标系统的在线仿真调试。在 ISP 技术应用的基础上，又发展了 IAP (In Application Programmable) 技术，称为在应用可编程技术。利用 IAP 技术，实现了用户可随时根据需要对原有的系统方便地在线更新软件、修改软件，还能实现对系统软件的远程诊断、远程调试和远程更新。

(6) 实现全面功耗管理。采用 CMOS 工艺后，单片机具有极佳的低功耗和功耗管理功能。它包括：

①传统的 CMOS 单片机的低功耗运行方式，即闲置方式 (Idle Mode)、掉电方式

(Power Down Mode)。

②双时钟技术。配置有高速（主）和低速（子）两个时钟系统。在不需高速运行时，转入子时钟控制下，以节省功耗。

③片内外围电路的电源管理。对集成在片内的外围接口电路实行供电管理，当该外围电路不运行时，关闭其供电。

④低电压节能技术。CMOS 电路的功耗与电源电压有关，降低系统的供电电压，能大幅度减少器件的功耗。新型的单片机往往具有宽电压（3 V~5 V）或低电压（3 V）运行的特点。低电压低功耗是手持便携式系统重要的追求目标，也是绿色电子的发展方向。

(7) 以串行总线方式为主的外围扩展。目前，单片机与外围器件接口技术发展的一个重要方面是由并行外围总线接口向串行外围总线接口的发展。采用串行总线方式为主的外围扩展技术具有方便、灵活、电路系统简单、占用 I/O 资源少等特点。采用串行接口虽然比采用并行接口数据传输速度慢，但随着半导体集成电路技术的发展，大批采用标准串行总线通信协议（如 SPI、I²C、1-Wire 等）的外围芯片器件的出现，串行传输速度也在不断提高（可达到 1 M~10 M 的速率），片内集成程序存储器而不必外部并行扩展程序存储器，加之单片机嵌入式系统有限速度的要求，使得以串行总线方式为主的外围扩展方式能够满足大多数系统的需求，成为流行的扩展方式，而采用并行接口的扩展技术则成为辅助方式。

(8) 单片机向片上系统 SOC 的发展。SOC (System On Chip) 是一种高度集成化、固件化的芯片级集成技术，其核心思想是把除了无法集成的某些外部电路和机械部分之外的所有电子系统电路全部集成在一片芯片中。现在一些新型的单片机已经是 SOC 的雏形，在一片芯片中集成了各种类型和更大容量的存储器，更多性能完善和强大的功能电路接口，这使得原来需要几片甚至十几片芯片组成的系统，现在只用一片就可以实现。其优点是不仅减小了系统的体积和成本，而且大大提高了系统硬件的可靠性和稳定性。

1.2.4 MCS-51 单片机的学习

20 世纪 80 年代初，我国开始大量使用单片机，目前已普及到各行各业，逐渐形成了多种单片机互相竞争的局面，正朝着多系列、多型号方向发展。

Intel 开发出 8051 后，由于忙于研制和生产“奔腾”等芯片，因而在研制 80C196 后没有精力再研制新的单片机。于是 Intel 公司以不同形式向不同国家和地区的半导体厂转让了 8051 单片机的生产权，这些公司有 Philip、Siemens、Temic、OKI、Dalas、AMD、Atmel 以及中国台湾地区的一些厂家，它们都保留了 8051 内核，指令系统与 MCS-51 向上兼容。这使得 8051 单片机内核一时间成为了实际上 8 位单片机的行业标准。各种兼容于 51 的单片机也越来越多，成为 8 位单片机的主流。所以，本书选用 MCS-51 系列单片机作为学习对象。

对初学者来说，以 MCS-51 单片机作为入门学习芯片是比较好的，也可为今后学习更高级的单片机和 32 位的 ARM 类单片机打下基础。目前，介绍 51 单片机的书籍、视频资料也最多。作为 8 位机的实际行业标准，学好它以后学别的单片机也比较容易上手了，而它的开发工具现在也比较便宜。学习 51 单片机并不需要高深的数学知识和“电”的知识。目前，我国不仅绝大多数本科院校开设了 51 单片机的课程，而且职业高中、大专学校、职业技术学院也都开设了 51 单片机的课程，学习单片机的人群学历分布极宽。实际上具有初中学力，有一定的电子基础，就能学习单片机。