



普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十三五”规划教材

Principle and Application of
Single-chip Microcomputer

单片机 原理与应用

第3版

© 林国汉 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十三五”规划教材

单片机原理与应用

第3版

主 编 林国汉

副主编 张 静 胡 瑛

参 编 王迎旭 乔汇东 杨 鑫 张 莹

主 审 刘国荣



机械工业出版社

《单片机原理与应用》第1、2版是根据应用型本科学生的培养目标和教学特点精选教材内容编写的规划教材。第3版在此基础上修订,对原书内容加以更新并补充应用实例,系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的工作原理、编程方法、接口电路设计、系统资源扩展和项目设计等内容,注重接口技术和实例的示范。

第3版保持第1、2版的大体结构,为方便教学和学习,对相关章节进行了调整和删减,进一步突出了 C51 语言应用编程技术的学习。通过项目实例向读者阐述了一般单片机应用系统的开发设计过程,使得阅读此书不再是抽象的理论记忆,而成为通往真实工程研发的一条便捷渠道。

本书既可用作高等工科院校自动化、电气工程及其自动化、测控技术与仪器、计算机应用、电子信息工程、电子科学与技术以及机电一体化等电气类专业的教学用书,也可供参加大学生电子设计大赛的院校师生和从事单片机应用与产品开发相关工作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/林国汉主编.—3版.—北京:机械工业出版社,2017.7
普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-57174-2

I. ①单… II. ①林… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 145083 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:王雅新 责任编辑:王雅新 王 荣 刘丽敏

责任校对:刘 岚 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 3 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.5 印张·443 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57174-2

定价:39.80 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

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十三五”规划教材

编审委员会委员名单

主任委员：刘国荣

副主任委员：

张德江 梁景凯 张元 袁德成 焦斌

吕进 胡国文 刘启中 汤天浩 黄家善

钱平 王保家

委员（按姓氏笔画排序）：

丁元明 马修水 王再英 王军 叶树江

孙晓云 朱一纶 张立臣 李先允 李秀娟

李海富 杨宁 陈志新 周渊深 尚丽萍

罗文广 罗印升 罗兵 范立南 娄国焕

赵巧娥 项新建 徐建英 郭伟 高亮

韩成浩 蔡子亮 樊立萍 穆向阳

第3版前言

嵌入式计算机技术是当今计算机发展的重要方向之一，单片机作为最典型的嵌入式系统，被广泛应用于工业测控、网络通信、智能仪器和家用电器等领域，已成为现代电子系统中最重要的智能化工具，单片机应用技术是电子信息类学生以及其他工科学生应掌握的一门应用技术。

本书第2版是根据应用型本科学生的培养目标和教学特点精选内容编写的规划教材。第3版亦按照普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十三五”规划教材要求编写。本书仍以 MCS-51 系列单片机芯片为主，按照硬件—软件—接口—应用的脉络编写，由浅入深地介绍了 MCS-51 系列单片机的工作原理、编程方法、接口电路设计、系统资源扩展等，注重接口技术和实例的示范。

为了方便教学和学习，本书保持了第2版的大体结构，在保留原书主体内容与特色的前提下，对其内容进行了优化、补充和调整，删除了当前单片机应用较少、较难或一般性技术说明的内容，突出应用编程的学习；增加了单片机控制等应用的实例，在单片机应用系统设计与项目实例一章中给出了红外遥控避障小车应用系统设计的示范。

针对教学需要和考虑到便于初学者理解，对一些应用实例，本书分别给出了汇编语言程序和 C51 程序，既便于读者学习和理解硬件知识，又能提高应用编程能力。此外，在编写过程中，编者将在单片机技术应用、电子产品研发以及指导学生课外科技活动等方面的经验和实例写入教材，用浅显生动的小型示例贯穿整个知识结构，使读者能迅速理解单片机各模块的实际用途和用法；最后以两个项目设计为总结，向读者介绍了一般单片机应用系统的设计开发方法和技巧，使得阅读此书不再是抽象的理论记忆，而成为通往真实工程研发的一条便捷渠道。

全书共 11 章，主要内容包括：绪论；MCS-51 单片机的硬件结构与工作原理；MCS-51 单片机指令系统与程序设计；MCS-51 中断系统及应用示例；MCS-51 定时器/计数器及其应用；MCS-51 单片机的串行接口，单片机 C 语言程序设计与应用，单片机系统总线与资源扩展；单片机系统人机接口技术；数-模与模-数转换接口；单片机应用系统设计与项目实例。

本书由湖南工程学院林国汉任主编，长沙理工大学张静和湖南工程学院胡瑛任副主编，由全国高等学校电气工程与自动化（应用型）规划教材编审委员会主任委员刘国荣教授主审。

其中第1章由长沙理工大学张静编写；第2章、第4章由湖南工程学院乔汇东编写；第3章和附录由胡瑛编写；第6章由湘潭大学张莹编写；第7章、第11章由林国汉编写；第8章、第9章由张静和湖南工程学院王迎旭编写；第5章、第10章由长沙理工大学杨鑫编写，全书由林国汉和王迎旭负责统稿、修改。

本书是在第2版基础上修订的,在本书编写过程中得到许多专家和同行的大力支持和热情帮助,并提出了宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,加之单片机应用技术的不断发展,书中难免有些不完善、不足和疏忽之处,希望读者批评指正。

在编写过程中参考了许多同行的著作,编者已在书后尽可能地列出,如有遗漏,请来函指出,以便修订时更正。

本书既可用作高等工科院校自动化、电气工程及其自动化、测控技术与仪器、计算机应用、电子信息工程、电子科学与技术以及机电一体化等电气类专业的教学用书,也可供参加大学生电子设计大赛的院校师生和从事单片机应用与产品开发相关工作的工程技术人员参考。

编 者

第1版前言

本书是根据全国工程应用型本科院校自动化专业的培养目标和“单片机原理与应用”课程的教学大纲要求编写的,是普通高等教育应用型人才规划教材。

单片机作为嵌入式微控制器在工业测控系统、智能仪器和家用电器中得到广泛应用。虽然单片机的品种很多,但 MCS-51 系列单片机仍不失为单片机中的主流机型。本书以 MCS-51 系列以及派生系列单片机芯片为主介绍单片机的原理与应用,其特点是由浅入深,注重接口技术和应用。

在本书的编写内容中,融入了编者多年教学、科研实践的经验与应用实例,按照硬件—软件—接口—应用的脉络编写,对单片机的硬件结构、工作原理、指令系统进行了简明扼要的介绍,对程序设计方法、系统扩展、接口电路的设计、应用系统设计方法等作了详细的介绍。编写中突出了单片机的 I/O 口的位操作功能和串行接口的应用,这是 MCS-51 系列单片机的一大特点,也在实际中得到了广泛应用。

全书分为九章,主要内容包括:绪论 MCS-51 单片机的硬件结构与工作原理, MCS-51 单片机的指令系统与程序设计方法, MCS-51 单片机的定时/计数器及其应用, MCS-51 单片机的串行接口, MCS-51 单片机系统的扩展,单片机应用系统接口技术,数/模与模/数转换电路(包括并行和串行 A-D、D-A 芯片的应用),单片机应用系统的设计等。

本书既可用作高等工科院校自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、电子信息工程以及机电一体化等电气类专业教学用书,也可供有关院校师生和有关从事单片机应用与产品开发等工作的工程技术人员参考。

本书由湖南工程学院王迎旭任主编,由南京工程学院韩志军和常州工学院田鸿发任副主编,由湖南工程学院刘国荣教授担任主审。

本书的第一章和第九章由南京工程学院韩志军编写;第二章由扬州大学吴远网编写;第三章由常州工学院田鸿发编写;第五章由吴远网和田鸿发编写;第六章由上海应用技术学院姚云编写;第七章由上海海事大学夏永明编写;第四章、第八章由王迎旭编写;全书由王迎旭负责整理、统稿。

本书在编写过程中得到许多专家和同行的大力支持和热情帮助,他们对本书提出了很多建设性建议和意见,在此一并表示衷心的感谢。

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 wbj@cmpbook.com 索取。

鉴于编者的水平有限,加之新的单片机芯片不断涌现,其应用技术也在不断发展,书中难免有不完善、不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第3版前言

第1版前言

第1章 绪论 1

1.1 单片机及其特点概述 1

1.1.1 微处理器、微机和单片机的 概念 1

1.1.2 单片机的一般结构及特点 2

1.2 单片机的发展与常用系列简介 2

1.2.1 单片机的发展概况 2

1.2.2 常用单片机系列简介 3

1.3 单片机的应用领域 7

1.3.1 单片机在实时控制系统中的 应用 7

1.3.2 单片机在智能仪器仪表中的 应用 7

1.3.3 单片机在家用电器中的应用 8

1.3.4 单片机在网络通信中的应用 8

1.3.5 单片机在智能机器人中的应用 8

本章小结 9

思考题与习题 9

第2章 MCS-51 单片机的硬件结构与

工作原理 10

2.1 MCS-51 系列单片机的基本组成 10

2.1.1 硬件组成 10

2.1.2 MCS-51 单片机的引脚功能 12

2.1.3 振荡器、时钟电路及时序 13

2.2 存储器组织与操作 15

2.2.1 MCS-51 程序存储器地址 空间 15

2.2.2 MCS-51 数据存储器地址 空间 16

2.2.3 特殊功能寄存器地址空间 17

2.3 并行 I/O 接口 20

2.3.1 并行 I/O 接口的内部结构 20

2.3.2 并行 I/O 接口的“读—改—写” 操作 23

2.3.3 并行 I/O 接口的负载能力 23

2.4 MCS-51 单片机的复位 23

本章小结 25

思考题与习题 25

第3章 MCS-51 单片机指令系统与

程序设计 26

3.1 MCS-51 单片机指令概述 26

3.2 MCS-51 单片机的寻址方式 27

3.2.1 立即寻址 27

3.2.2 直接寻址 28

3.2.3 寄存器寻址 28

3.2.4 寄存器间接寻址 28

3.2.5 变址寻址 28

3.2.6 相对寻址 28

3.2.7 位寻址 28

3.3 MCS-51 单片机指令系统 29

3.3.1 数据传送与交换类指令 29

3.3.2 算术运算类指令 33

3.3.3 逻辑运算类与循环移位指令 36

3.3.4 控制程序转移类指令 38

3.3.5 位操作类指令 41

3.4 程序设计方法 43

3.4.1 MCS-51 伪指令简介 43

3.4.2 汇编语言程序的基本结构 44

3.4.3 子程序及其调用程序设计 48

3.5 应用程序设计举例 50

3.5.1 非数值运算程序设计举例 50

3.5.2 算术运算程序设计举例 52

3.5.3 I/O 口控制程序设计 53

本章小结 58

思考题与习题 58

第4章 MCS-51 中断系统及应用

示例	60
4.1 MCS-51 中断系统概述	60
4.1.1 单片机系统访问外部设备的方式	60
4.1.2 MCS-51 中断系统的功能	61
4.2 MCS-51 中断系统	61
4.2.1 MCS-51 中断系统结构	61
4.2.2 MCS-51 的中断源	62
4.3 MCS-51 中断控制	64
4.3.1 MCS-51 中断控制寄存器	64
4.3.2 响应中断的条件及过程	65
4.4 中断应用示例	67
4.4.1 中断程序设计的一般方法	67
4.4.2 MCS-51 中断程序设计示例	68
本章小结	70
思考题与习题	70

第5章 MCS-51 定时器/计数器

及其应用	71
5.1 定时器/计数器的结构与工作原理	71
5.1.1 定时器/计数器的逻辑结构	71
5.1.2 定时器/计数器的工作原理	71
5.2 定时器/计数器的控制与工作方式	72
5.2.1 定时器/计数器的管理与控制	72
5.2.2 定时器/计数器的工作方式	73
5.3 定时器/计数器的应用	76
5.3.1 定时器/计数器计数初始化	76
5.3.2 定时器/计数器计数应用举例	78
5.4 52 系列单片机的定时器/计数器 T2 及其应用	86
5.4.1 定时器/计数器 T2 的管理与控制	86
5.4.2 定时器/计数器 T2 的三种工作模式	87
5.4.3 可编程时钟输出	90
5.4.4 定时器/计数器 T2 的应用	90
本章小结	92
思考题与习题	92

第6章 MCS-51 单片机的串行接口

6.1 串行通信概述	94
6.1.1 并行通信与串行通信	94

6.1.2 串行通信的数据传送方向	94
6.1.3 同步通信和异步通信	95
6.1.4 串行通信的波特率	96
6.1.5 串行通信中数据的差错检测与校正	96
6.1.6 串行通信中常用的接口电路	97
6.2 MCS-51 的串行通信接口	98
6.2.1 MCS-51 串行口结构及工作原理	98
6.2.2 MCS-51 串行口的控制与管理	99
6.3 MCS-51 串行通信接口的工作方式	100
6.3.1 方式 0	100
6.3.2 方式 1	101
6.3.3 方式 2 和方式 3	102
6.4 串行通信的波特率设计	104
6.5 串行口的应用程序设计举例	106
6.5.1 方式 0 应用举例	106
6.5.2 方式 1 应用举例	107
6.5.3 用方式 2 作双机点对点通信	109
6.5.4 多机通信程序设计	111
本章小结	117
思考题与习题	117

第7章 单片机 C 语言程序设计与应用

应用	118
7.1 C51 的特点及其结构	118
7.2 C51 语言的编程基础	119
7.2.1 C51 语言中的常用标识符和关键字	119
7.2.2 C51 语言中的数据类型	120
7.2.3 C51 的常量和变量、存储器类型及存储区	120
7.2.4 绝对地址访问	122
7.2.5 C51 语言常用运算符	123
7.3 C51 语言程序设计	126
7.3.1 C51 语句和程序结构	126
7.3.2 C51 语言中常用库函数	128
7.3.3 C51 语言程序常用编译预处理命令	129
7.3.4 C51 程序的常用仿真调试工具	130

7.4 C51 程序应用举例	130	本章小结	201
7.4.1 并行输入/输出	130	思考题与习题	201
7.4.2 中断服务程序设计	135		
7.4.3 定时器/计数器 C51 程序设计	137	第 10 章 数-模与模-数转换接口	203
7.4.4 串行接口 C51 程序设计举例	141	10.1 D-A 转换器及其接口电路	203
7.4.5 直流电动机控制	148	10.1.1 D-A 转换器的主要技术 参数	203
7.4.6 步进电动机控制	150	10.1.2 D-A 转换器与单片机的 接口方法	204
本章小结	154	10.1.3 并行 D-A 转换器接口电路的 设计与应用	205
思考题与习题	154	10.1.4 串行 D-A 转换器与单片机的 接口与应用	212
第 8 章 单片机系统总线与资源扩展	155	10.2 A-D 转换器及其接口电路	216
8.1 单片机系统扩展的一般方法	155	10.2.1 A-D 转换器的主要技术 参数	217
8.1.1 系统扩展的基本内容 with 意义	155	10.2.2 A-D 转换器与单片机的 接口方法	217
8.1.2 系统并行扩展的三总线构造	155	10.2.3 并行 A-D 转换器接口电路的 设计与应用	219
8.1.3 I ² C 总线的串行扩展技术	157	10.2.4 串行 A-D 转换器与单片机的 接口与应用	223
8.2 程序存储器的扩展	160	本章小结	232
8.2.1 程序存储器扩展的基本方法	160	思考题与习题	233
8.2.2 程序存储器扩展实例分析	161		
8.3 数据存储器的扩展	162	第 11 章 单片机应用系统设计与 项目实例	234
8.3.1 数据存储器扩展的基本方法	162	11.1 单片机应用系统设计概述	234
8.3.2 数据存储器扩展举例	164	11.1.1 明确任务要求及确定设计 方案	234
8.4 串行 EEPROM 的扩展与编程方法	165	11.1.2 应用系统的硬件设计	235
8.4.1 虚拟 I ² C 总线扩展串行 EEPROM 的方法	165	11.1.3 应用系统的软件设计	235
8.4.2 串行 EEPROM 扩展举例	167	11.2 项目设计示例 1——数字温度测量 系统设计	236
8.5 I/O 口的扩展	170	11.2.1 系统设计的要求与方案确定	236
8.5.1 单片机系统 I/O 口扩展的 基本概念	170	11.2.2 硬件电路设计与器件选择	237
8.5.2 一般 I/O 口的扩展	172	11.2.3 系统软件设计	242
本章小结	179	11.3 项目设计示例 2——红外遥控避障小车 应用系统设计	257
思考题与习题	179	11.3.1 系统设计的要求与方案确定	257
		11.3.2 硬件电路设计与器件选择	258
		11.3.3 系统软件设计	262
第 9 章 单片机系统人机接口技术	181	11.4 应用系统调试与运行	271
9.1 显示器接口技术	181		
9.1.1 单片机应用系统中常用的 显示器	181		
9.1.2 LED 显示器及其接口设计	181		
9.1.3 LCD 及其接口设计	186		
9.2 键盘接口技术	191		
9.2.1 键盘接口的特点与监控管理 程序的任务	191		
9.2.2 独立式键盘接口	193		
9.2.3 矩阵式键盘接口	194		

11.4.1 系统硬件制作及硬件调试方法	272	本章小结	277
11.4.2 软件调试方法	272	思考题与习题	277
11.5 提高单片机应用系统可靠性的方法与措施	274	附录	278
11.5.1 单片机应用系统中常见的干扰现象及影响	274	附录 A MCS-51 单片机指令表	278
11.5.2 单片机应用系统的抗干扰设计	274	附录 B ASCII 码表	282
		附录 C ANSI C 标准的关键字	282
		参考文献	284

第1章 绪 论

计算机的发展经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到大规模集成电路四个阶段，尤其是随着大规模集成电路技术的飞速发展，在20世纪70年代初诞生的微型计算机，使得计算机应用日益广泛。而单片微型计算机（简称单片机）的问世，更进一步推动了计算机应用技术的发展，标志着计算机系统两大分支的正式形成，即通用计算机系统和嵌入式计算机系统。前者主要以发展海量、高速数值计算为趋势，后者则主要实现面向对象的实时控制。

单片机是最典型的嵌入式计算机系统，可广泛地嵌入工业控制单元、智能仪器仪表、家用电器、机器人、汽车电子系统、办公自动化设备、金融电子系统、个人信息终端及通信等产品中，因此成为现代电子系统中最重要的智能化工具。

本章对单片机的结构特点、单片机的发展历史、单片机家族以及单片机的应用进行简要介绍，让读者对单片机有一个初步了解。

1.1 单片机及其特点概述

1.1.1 微处理器、微机和单片机的概念

计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备五大部分组成，如图1-1所示。其中，运算器是计算机处理信息的主要部件；控制器产生一系列控制命令，控制计算机各部件自动、协调一致地工作；存储器是存放数据与程序的部件；输入设备用来输入数据与程序，常用的有键盘、鼠标和光电输入机等；输出设备将计算机的处理结果用数字、图形等形式表示出来，常用的有显示终端、数码管、打印机和绘图仪等。

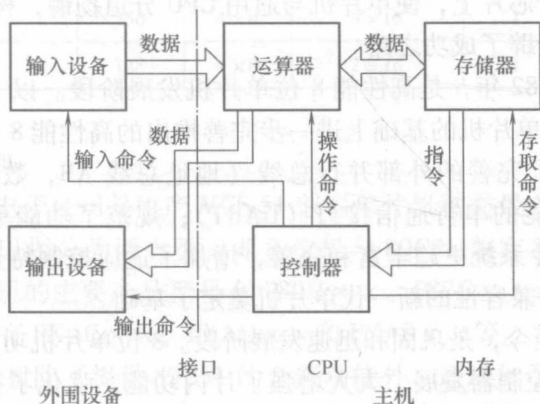


图 1-1 计算机硬件结构

微处理器（Microprocessor），也称CPU（Central Processing Unit），它是小型计算机或微型计算机的控制器和运算器部分；微型计算机（Microcomputer）是具有完整运算及控制功

能的计算机,它除了包括微处理器外,还包括存储器、输入/输出(I/O)接口电路以及输入/输出设备等;将CPU、存储器、定时器/计数器、输入/输出接口电路、中断、串行通信接口等主要计算机部件集成在一块大规模集成电路芯片上,组成单片微型计算机,简称单片机(Single Chip Microcomputer)。

1.1.2 单片机的一般结构及特点

虽然单片机的形态只是一块芯片,但是它已具有了微型计算机的组成结构和功能。由于单片机的结构特点,在实际应用中常常可将它完全融入应用系统中,故而也可称其为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)。

按照单片机内部数据总线的宽度,单片机可分为4位、8位机、16位及32位等,从实际应用看,目前仍以8位机、16位机为主流。单片机中的CPU和通用微处理器功能基本相同,一般还增设了“面向控制”的处理功能,例如位处理、查表、多种跳转、乘除法运算、状态检测、中断处理功能等,增强了控制的实用性和灵活性。

1.2 单片机的发展与常用系列简介

1.2.1 单片机的发展概况

单片机技术发展迅速,不断推出新的产品,种类也很多,总体说来,单片机的发展可划分为四个阶段:

第一阶段,1976年前,是单片机的初级发展阶段,元器件集成规模较小,功能简单,还不能成为真正意义上的单片机。

第二阶段,1976~1978年,是性能完善提高阶段。以Intel公司首先推出的MCS-48系列单片机为代表,它以体积小、功能全、价格低等特点,赢得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展进程中的一个重要阶段。其主要的技术特征是将CPU和计算机外围电路集成到一个芯片上,使单片机与通用CPU分道扬镳,构成新型工业微控制器,为单片机的进一步发展开辟了成功之路。

第三阶段,1978~1982年,是高性能8位单片机发展阶段。以MCS-51系列的8051为代表,是在MCS-48系列单片机的基础上进一步完善推出的高性能8位单片机。其主要的技术特征是:单片机配置了完善的外部并行总线(地址总线AB,数据总线DB,控制总线CB)和具有多机识别功能的串行通信接口(UART);规范了功能单元的特殊功能寄存器(SFR)的控制模式;指令系统更趋丰富和完善,增加了适应控制特点的布尔处理系统和指令系统,为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了基础。

第四阶段,1983年至今,是巩固和迅速发展阶段。8位单片机功能不断强大,并推出了16位机、32位机,向微控制器发展,大大增强了片内功能,强化了智能控制器的特征,开发了适合不同要求的单片机,如各种高速、大存储容量、强运算能力的8位/16位/32位通用型单片机,以及廉价的专用型单片机等。

新一代的51系列单片机增加了外部接口功能单元,将ADC、DAC、脉冲宽度调制(PWM)、可编程计数阵列(PCA)、监视定时器(WDT)、高速I/O口、计数器的捕获/比

较逻辑和 ISP 等集成到单片机芯片中,并出现了高速的单周期单片机。除此之外,为了完善微控制器的控制功能,便于外部接口电路扩展,还增加了单片机芯片间的串行总线,为单片机应用系统设计创造了更加方便的条件。

总之,单片机技术的发展以微处理器技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域做拉动,表现出较微处理器更具个性的发展趋势,从长远看主要趋势有:速度越来越快;外围电路内置化;大容量,高性能;小容量,高性价比;低电压与低功耗等。

1.2.2 常用单片机系列简介

我国目前最常用的单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列、MCS-96 系列(16 位);Philips 公司的 87、80 系列(51 内核);ATMEL 公司的 89 系列(51 内核)、AVR 系列;MicroChip 公司的 PIC 系列等。

1. Intel 单片机

最初由 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机以及派生系列的单片机,是目前应用最多的单片机之一。以 MCS-51 技术核心为主导的微控制器技术已被 ATMEL、Philips 等公司所继承,并且在原有基础上又进行了新的开发,从而产生了和 MCS-51 兼容而功能更加强劲的微控制器系列。尤其是以 MCS-51 系列单片机为内核的增强型单片机不断推出,无论在工业控制、仪器仪表、信息通信,还是在交通、航运、家用电器领域,都取得了大量的应用成果。表 1-1 列出了 Intel 常用 MCS-51 系列单片机产品的主要性能。

表 1-1 Intel 常用 MCS-51 系列单片机产品的主要性能

型号	ROM/EPROM/KB	RAM/B	并行 I/O	定时器/计数器	串行口	中断源	保密位
8031/8031AH	—	128	4×8	2×16	1	5	—
8051/8051AH	4	128	4×8	2×16	1	5	0
8032/8032AH	—	256	4×8	3×16	1	6	—
8052AH	8	256	4×8	3×16	1	6	0
8751/8751BH	4	128	4×8	2×16	1	5	2

2. Philips 51 单片机

飞利浦(Philips)电子公司是生产 MCS-51 兼容单片机种类最多的厂家之一,型号有上百种。从内部结构看可以划分为两大类,即 8 位机与 80C51 兼容系列和 16 位机 XA 系列。Philips 公司的 8 位单片机的主要产品型号有 P80C××、P87C××和 P89C××系列,16 位单片机的主要产品型号有 PXAC××、PXAG××和 PXAS××等。

其中 P8XC552 单片机除了提供 80C51 的全部功能外,还增加了很多硬件资源,例如增加了 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,且指令系统与 80C51 系列完全兼容,用户总能在其中找到一款适合自己需要的型号,使其适合各种不同的应用场合。表 1-2 列出了 Philips 80C51 系列单片机产品的主要性能。

表 1-2 Philips 80C51 系列单片机产品的主要性能

型号	OPT/Flash EPROM/KB	ROM /KB	RAM /B	时钟频率 /MHz	16 位 定时器	WDT	多功能 定时器	A-D /bit	串行口	I ² C
P87C51/P80C51/P80C31	4	4	128	0~33	2					
89C52/87C52/80C52/80C32	8	8	256	0~33	3		✓		✓	
80C562/83C562		8	256	8.5~16	2	✓	✓	8×8	✓	
89C58/87C58/80C58	32	32	256	0~33	4		✓		✓	✓
80C592/83C592	16	16	512	1.2~16	3	✓	✓	8×10	✓	

3. AT89C51 单片机

ATMEL 公司生产的 AT89C51 系列单片机是基于 Intel 公司的 MCS-51 系列而研制的。ATMEL 公司把自身的先进 Flash 存储器技术和 80C31 核心相结合,从而生产出了 Flash 单片机 AT89C51 系列,内含大容量的 Flash 存储器,它与 PC 通信和下载程序都十分方便。所以,在产品开发及生产便携式商品、手提式仪器等方面有着十分广泛的应用,也是目前取代传统的 MCS-51 系列单片机的主流单片机之一。ATMEL AT89 系列单片机的主要性能见表 1-3。

表 1-3 AT89C51 系列单片机的主要性能

型号	Flash EPROM/KB	ROM/KB	RAM/B	时钟频率 /MHz	16 位定 时器	WDT	多功能 定时器	A-D	串行口	I ² C
AT89C51	4	4	128	0~33	2				✓	
AT89C52	8	8	256	0~33	3		1		✓	
AT89S51	4	4	128	0~24	2	✓			✓	
AT89S52	8	8	256	0~24	3	✓	1		✓	
AT89C51ED2	64	64	256	0~40	3	✓			✓	
AT89C51AC2	32	32	256	0~40	3	✓		✓	✓	

4. STC 单片机

目前市场上出现的 STC 系列单片机也越来越受到用户欢迎。STC 系列单片机是以 8051 为内核设计的新一代增强型芯片,以单周期多功能为特色。在内部资源上,STC 系列芯片的不同型号有着不同的特点,但一般在程序存储器和数据存储器上,比普通 51 系列芯片空间更大,其 Flash 程序存储器最大可达 64KB,数据存储器 SRAM 最大有 4KB。

在功能模块上,STC 芯片相对普通 51 芯片也有很多补充选择,除了拥有看门狗模块 WDT 为系统提供额外的安全保证外,有的型号还拥有两个 UART 串口,有的拥有数个 PWM 产生模块,还有 SPI 模块、A-D 转换模块等。丰富的功能模块极大地增强了 STC 芯片的应用适应性,方便了产品的设计。同时,STC 芯片还具备低功耗模式,能在掉电情况下以低功耗方式工作。

为便于系统开发,STC 芯片都拥有 ISP/IAP 模块,能让设计者对系统直接进行在系统和在应用编程,使得系统研发能省去仿真器调试等过程,极大地便利了开发者对产品系统进行调试和开发。STC 芯片型号参数见表 1-4。

表 1-4 STC 芯片型号参数

型号	Flash/KB	SRAM/B	EEPROM/KB	UART/个	WDT	A-D/bit
STC11F60XE	60	1280	1	1~2	✓	—
STC11F08XE	8	1280	32	1~2	✓	—
STC10F04	4	256	—	1~2	✓	—
STC10F12	12	256	—	1~2	✓	—
STC10F12XE	12	512	1	1~2	✓	—
STC12C5A60S2	60	1280	1	2	✓	16
STC89C51RC	4	512	2	1	✓	—
STC89C52RC	8	512	2	1	✓	—
STC89LE516AD	64	512	—	1	—	16
STC90C51RC	4	512	5	1	✓	—
STC90C516RD+	61	1280	5	1	✓	—
STC90C58AD	32	4352	29	1	✓	10

5. PIC 单片机

PIC 单片机是美国 MicroChip 公司的产品，其 CPU 采用精简指令集（Reduced Instruction Set Computing, RISC）技术结构，分别有 33、35、58 条指令（视单片机的级别而定），内部采用 Harvard 双总线结构，且大多数指令为单周期，程序运行效率高。因此 PIC 单片机以运行速度快、工作电压低、功耗低、输入/输出直接驱动能力较强、价格低、体积小等优点，现已成为嵌入式单片机的主流产品之一。

PIC 系列单片机分低档、中档和高档三个层次，以下只简要说明各档次常用系列。

(1) PIC 初级单片机

PIC 初级产品典型系列有 PIC12C5××/16C5×系列等。PIC16C5×系列是最早在市场上得到发展的系列，因其价格较低，且有较完善的开发手段，因此在国内应用最为广泛；而 PIC12C5××是世界第一个 8 脚低价位单片机，可用于简单的智能控制等一些对单片机体积要求较高的地方。

(2) 中档 8 位单片机

PIC16C×××/PIC16F8××系列产品是 Microchip 公司近年来重点发展的系列产品，品种最为丰富，其性能比低档产品有所提高，增加了中断功能，指令周期可达到 200ns，带 A-D、内部 EEPROM 数据存储器、双时钟工作、比较输出、捕捉输入、PWM 输出、I²C 和 SPI、异步串行通信（UART）接口、模拟电压比较器及 LCD 驱动等，其封装从 8 脚到 68 脚，常用于高、中、低档的电子产品设计中。

(3) 高档 8 位单片机

PIC17C××、PIC18C××系列是适合高级复杂系统开发的高档产品，其性能在中档 8 位单片机的基础上增加了硬件乘法器，具有在一个指令周期内（160ns）完成两个单字节数乘法的能力，还有丰富的 I/O 口控制功能，并可扩展外部存储器等，常用于高、中档产品的开发。表 1-5 列出了常用 PIC 系列单片机产品的主要性能。

表 1-5 常用 PIC 系列单片机产品的主要性能

型号	OTP/Flash EPROM/B	EEPROM /B	RAM /B	I/O 引脚数	ADC /bit	定时器/WDT	串行接口	最高 速度 /MHz	PWM
PIC16C54	512 × 12		25	12		1 ~ 8bit/1WDT		20	
PIC16CR54A			25	12		1 ~ 8bit/1WDT		20	
PIC16C56	1024 × 12		25	12		1 ~ 8bit/1WDT		20	
PIC16C621	1024 × 14		80	13		1 ~ 8bit/1WDT		20	
PIC16C72	2048 × 14		128	22	5/8	2 ~ 8bit/1 ~ 16bit/1WDT	I ² C/SPI	20	1
PIC16F72	2048 × 14		128	22	5/8	2 ~ 8bit/1 ~ 16bit/1WDT	I ² C/SPI	20	1
PIC16C74A	4096 × 14		192	33	8/8	2 ~ 8bit/1 ~ 16bit/1WDT	USART/I ² C/ SPI	20	2
PIC16F873	4096 × 14	128	192	22	5/10	2 ~ 8bit/1 ~ 16bit/1WDT	AUSART/MI ² C/SPI	20	2
PIC16F877	8192 × 14	256	368	33	8/10	2 ~ 8bit/1 ~ 16bit/1WDT	AUSART/MI ² C/SPI	20	2
PIC16F1615	1024 × 14		1024	20	8/10	4 ~ 8bit/3 ~ 16bit/1WDT	AUSART/I ² C/SPI	32	2

6. AVR 单片机

AVR 单片机是 1997 年由 ATMEL 公司生产的增强型内置 Flash、采用精简指令集 (RISC) 的高速单片机, 具有每兆赫兹实现每秒执行一百万次指令 (Million Instructions Per Second, MIPS) 的处理能力。AVR 单片机片内资源丰富, 如内含 Flash 程序存储器、看门狗、EEPROM、同/异步串行口、TWI、SPI、A-D 转换器、定时器/计数器等; 并具有多种功能, 如增强可靠性的复位系统、降低功耗抗干扰的休眠模式、品种多门类全的中断系统、输入捕获和比较匹配输出等多样化功能的定时器/计数器、替换功能的 I/O 端口, 还可像 MCS-51 单片机那样扩展外部 RAM 等。

AVR 单片机内嵌高质量的 Flash 程序存储器, 可支持 ISP 和 IAP; 片内具备多种独立的时钟分频器, 分别供 URAT、I²C、SPI 使用; 内嵌长寿命的 EEPROM, 可长期保存关键数据, 避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用, 同时也更有效地支持使用高级语言开发系统程序。

因此, AVR 单片机这种多功能集成的理念体现了单片机技术向“片上系统 (System On Chip, SOC)”的发展方向, 广泛应用于计算机外围设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备等, 目前已成为单片机主流芯片之一。

AVR 单片机目前常用的型号有 Atmega8、Atmega16、Atmega32、Atmega48、Atmega64、Atmega88、Atmega128 等, 它们在功能和存储器容量等方面有一定的区别。常用 AVR 单片机的主要性能见表 1-6。

表 1-6 常用 AVR 单片机的主要性能

特性	Atmega8	Atmega16	Atmega32	Atmega48	Atmega64	Atmega88	Atmega128
Flash/KB	8	16	32	4	64	8	128
EEPROM/KB	0.5	0.5	1	0.256	2	0.5	4
SRAM/KB	1	1	2	0.5	4	1	4
10 位 A-D (通道)	8	8	8	8	8	8	8