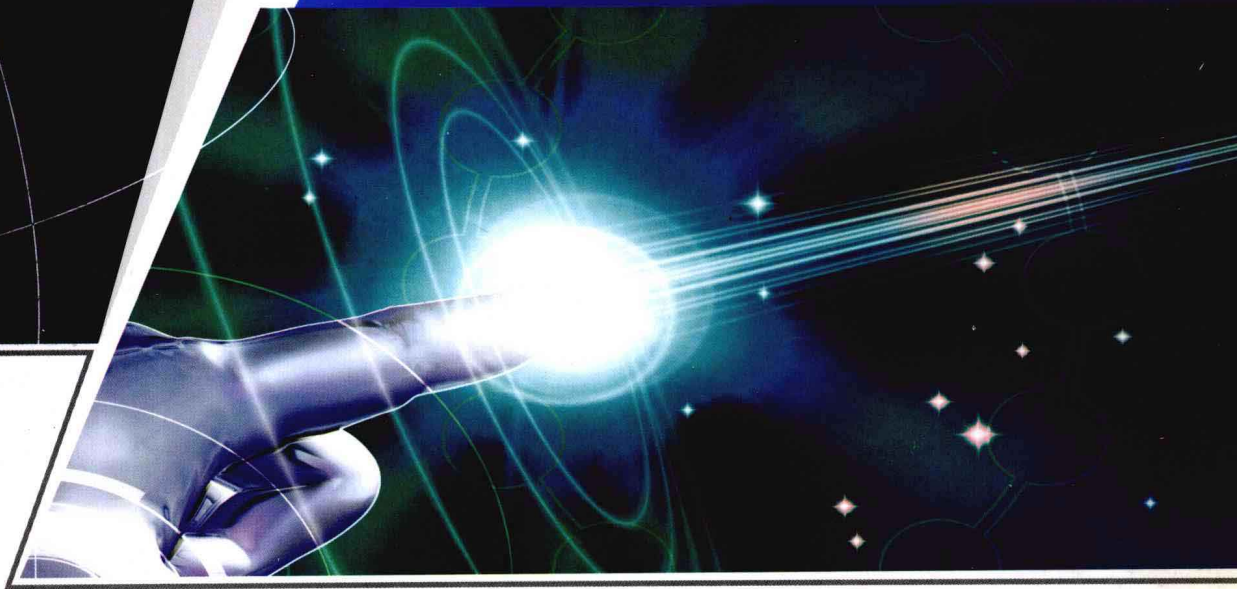




高职高专电子信息类“十一五”规划教材
陕西省精品课程

单片机原理 及接口技术



主编 刘雨棣 傅 蹇



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

陕西省精品课程

单片机原理及接口技术

主 编 刘雨棣 傅 骞

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书以陕西省高职高专精品课程“单片机原理及应用”为背景,充分考虑高职特色及专科层次,突出了应用技术的特点。在讲述具体内容时,以 MCS-51 系列 8 位单片机为基础,使学生认识单片机的基本结构及工作原理。当结合到实际应用介绍时,则以目前市场上流行的 MCS-51 系列单片机兼容产品作为控制核心,以保证内容的新颖性和先进性。目前,单片机产品经多年的发展已在单个芯片上基本实现了完整功能,因此开发与外部功能部件配合的接口已成为开发单片机的主要任务,本书为此分配了适当的篇幅。

为了全面掌握单片机技术,书中将采用“复杂指令集”的 MCS-51 系列单片机同采用“精简指令集”的 PIC 单片机进行对比介绍,以便在实践中针对不同的用途有更灵活、有效的处置方法。

另外,在本书中有一定数量的应用实例,通过对这些实例的分析、研究可以使学习更贴近于实践、更方便于应用。

本书适合作为高职高专电类专业的教材,也可供从事嵌入式控制技术工作的工程技术人员作为参考资料。

本书参考学时为 64 学时。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及接口技术 / 刘雨棣, 傅寿主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.7

(高职高专电子信息类“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-5606-2054-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 075483 号

策 划 毛红兵

责任编辑 徐德源 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 14.75

字 数 345 千字

印 数 1~4000 册

定 价 21.00 元

ISBN 978-7-5606-2054-1/TP · 1061

XDUP 2346001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高职高专电子信息类“十一五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：杨 勇

副主任：张小虹

成 员：（按姓氏笔画排列）

马 琳	王 平	王宏军	丛迎九
卢庆林	李常峰	李德家	李文森
刘 勇	张玉莲	张 伟	郭亚红
战德刚	段智毅	祝瑞花	栾春光
曾照香	彭丽英	雷少刚	黎 伟

项目策划：毛红兵

策 划：曹 昶 寇向宏

电子教案：马武装

全国高校教学名师奖获得者——刘雨棣教授简介



刘雨棣，男，1957年11月出生，1982年7月毕业于西安矿业学院机电系电气自动化专业，1989年在日本筑波市日本住友重机械公司筑波辐照中心参加美国RDI公司电子加速器培训进修。现任西安航专电气工程系副主任、教授，主要研究方向为检测技术和系统集成控制。2007年荣获“第三届全国高等学校教学名师奖”和“第三届陕西省高等学校教学名师奖”。

刘雨棣老师长期从事《自动检测技术》、《过程控制》、《单片机原理及应用》、《现场总线技术》等课程教学工作。在教学中注重突出高职教育特色，依据课程的内容和要求，灵活运用师生互动、多媒体教学等多种手段。在“现场总线技术”、“过程控制”、“单片机应用技术”等课程的教学中采用案例教学法，将课本内容有机地与实践相结合，使本来枯燥的理论知识变得有趣生动，注重培养了学生的实践动手能力和创新精神，多次被学生评为最满意教师。

近年来他结合教学科研工作，在核心期刊上发表相关专业学术论文10余篇，编写以培养应用型人才为主线的高职高专教材2本（重庆大学出版社出版的《电力电子技术》、西安电子科技大学出版社出版的《电力电子技术及应用》）。曾获得西安冶金机电局优秀科技工作者称号和多次学校教学优秀奖。独立指导学生参加全国大学生电子设计竞赛获二、三等奖各2项，指导大学生挑战杯电子竞赛获二等奖1项，三等奖2项。

刘雨棣老师不仅热爱自己的教学工作，还积极承担了校级、省级立项的科研工作，并参与了多项重点项目的建设。在近年来的科研工作中，刘雨棣老师荣获陕西省科学技术二等奖1项、宁夏自治区科技进步三等奖1项、陕西省优秀专利二等奖1项。独自或合作获得国家专利13项，其中发明专利1项，现已全部投入使用并产生了良好的社会和经济效益。

前 言

单片机(单片微型计算机)作为计算机技术的一个重要分支,近年来在性能、产量及制造技术上都取得了长足的发展。作为嵌入式控制器件,单片机被广泛应用于工业智能化仪器、家用电器、医疗设备、汽车电子装置、信息和通信设备、办公自动化设备等产品之中,在工业、农业、商业、国防等领域几乎无处不见。单片机具有其他类型计算机所不具备的一系列优点,即体积小、价格廉及面向控制,特别是在一个芯片上同时集成模拟、数字等外设形成片上系统(SoC),使其功能更加强大,更具发展前景。

用于控制领域的单片机就其处理数据能力而言,从4位机到16位机,乃至近几年开发出的32位机,产品覆盖了不同的用途和需求。但其中8位单片机已能满足多数控制场合的要求,在今后相当长的时间内仍是嵌入式控制的主力。在8位单片机产品中以Intel公司的MCS-51系列为背景的单片机在我国流行最广。加之其参考资料丰富、实验设备成熟及应用实例广泛等优势,非常有利于单片机的学习。特别是近些年采用MCS-51系列80C51内核发展起来的兼容单片机产品,其工艺得到改进,性能获得提高,使MCS-51系列单片机仍不失其先进性和实用性。所以本书以MCS-51系列单片机作为主要内容,对单片机的内部结构、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统与定时器、串行口及单片机扩展与接口技术分别予以系统介绍,力争通过相关章节的学习,使读者掌握单片机的基础知识,具备单片机的基本应用技能。

目前使用的单片机种类繁多、各具特色、各有所长,适当了解一些其他类型的单片机知识并进行对照比较,对于加深理解学习内容和开拓实际应用思路不无帮助。为此,本书在部分章节加入了市场份额较高、应用比较广泛的Microchip公司PIC系列单片机的内容。这种单片机在结构、指令等方面的特点相对比较突出。

考虑到单片机控制产品开发应用中的一些实际情况和特点,为应付变化迅速的商品市场,开发周期往往是一个重要的瓶颈。通常教材上仅介绍的汇编语言编程已不能满足实际需求,解决的办法是使用高级语言。为此,在本书末加入了“C51”程序设计内容简介。

高职高专教学的特点是注重内容的实用性和突出应用能力的培养。由此可见，学习单片机知识的目的就是如何应用单片机芯片开发出控制装置。所以，单片机开发工具的使用就成为其中一个重要环节。在本书中较详细地介绍了单片机集成开发环境 WAVE6000、MPLAB，显示字模点阵编程软件 ZIMO 221 以及 KEIL uVision2 C51 编译器的使用方法，为单片机应用产品的开发提供了有力的工具。

本书由西安航空技术高等专科学校刘雨棣、傅骞担任主编。其中第 1 章、第 7 章由刘雨棣编写，第 2~6 章由傅骞编写，第 8 章由杨学存编写。

本书在编写过程中参考了许多专家、同行的论文专著，在此一并表示真诚的感谢。由于编者学识水平有限，书中难免存在疏漏和错误，希望专家、同行及使用本教材的师生批评指正。

编 者
2008 年 5 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的概念及单片机的种类	1
1.1.1 单片机及单片机系统	1
1.1.2 单片机程序设计语言及开发环境简介	2
1.1.3 单片机的使用环境及产品等级	2
1.2 单片机的类型、特点及用途	3
1.2.1 单片机主要类型及其特点	3
1.2.2 常用单片机的应用领域	6
1.3 单片机的发展趋势	7
本章小结	7
练习与思考题	7
第 2 章 MCS-51 单片机芯片的结构及原理	8
2.1 MCS-51 单片机基本结构与封装	8
2.1.1 MCS-51 单片机的基本结构与内部结构	8
2.1.2 MCS-51 单片机引脚分布及功能	11
2.2 MCS-51 单片机的存储器	13
2.2.1 MCS-51 单片机的程序存储器	14
2.2.2 MCS-51 单片机的数据存储器	14
2.3 MCS-51 单片机 I/O 口电路	20
2.3.1 MCS-51 单片机 I/O 口的硬件结构	20
2.3.2 MCS-51 单片机 I/O 口的使用特点	24
2.4 MCS-51 单片机的时钟电路与工作时序	25
2.4.1 单片机时钟电路	25
2.4.2 指令执行与时序	25
2.5 MCS-51 单片机工作方式	27
2.5.1 复位方式与复位电路	27
2.5.2 程序执行方式及掉电保护	28
2.5.3 单片机的低功耗运行模式	29
2.6 其他单片机的对照描述	30
2.6.1 PIC 系列单片机的主要特点	30
2.6.2 典型 PIC 系列单片机的基本性能	30
本章小结	38

练习与思考题.....	38
第 3 章 单片机的指令系统及功能对照.....	41
3.1 MCS-51 单片机的指令系统	41
3.1.1 MCS-51 单片机的指令格式	41
3.1.2 MCS-51 单片机的寻址方式	42
3.2 MCS-51 单片机指令功能分类.....	44
3.2.1 数据传送类指令	44
3.2.2 算术运算类指令	48
3.2.3 逻辑运算及移位类指令	52
3.2.4 控制转移类指令	54
3.2.5 布尔操作类指令	60
3.3 精简指令单片机指令系统简介.....	62
3.3.1 PIC 系列单片机精简指令集及其说明.....	62
3.3.2 PIC 指令系统简介.....	63
本章小结.....	68
练习与思考题.....	69
第 4 章 MCS-51 单片机汇编程序设计	73
4.1 汇编语言程序设计概述.....	73
4.1.1 汇编语言以及汇编语言程序设计特点.....	73
4.1.2 MCS-51 汇编语言伪指令	74
4.1.3 汇编语言的程序设计	76
4.2 程序设计的基本结构及常用子程序.....	77
4.2.1 顺序程序结构	77
4.2.2 分支程序结构	79
4.2.3 循环程序结构	81
4.2.4 程序设计举例	85
4.2.5 常用子程序	89
4.3 编程及开发环境.....	92
4.3.1 WAVE6000 MCS-51 单片机编程开发环境	92
4.3.2 MPLAB PIC 单片机集成开发环境	95
本章小结.....	101
练习与思考题.....	101
第 5 章 单片机的中断与定时系统.....	103
5.1 MCS-51 单片机的中断系统	103
5.1.1 计算机中断技术的概念	103
5.1.2 中断源及中断的控制	104

5.1.3 中断响应的控制	106
5.1.4 中断服务的流程	108
5.2 MCS-51 单片机的定时器/计数器	111
5.2.1 计算机定时方法概述	111
5.2.2 MCS-51 单片机定时器/计数器的结构	111
5.2.3 MCS-51 单片机定时器/计数器工作方式	112
5.3 MCS-51 单片机外部中断源的扩展	118
5.3.1 通过线或逻辑实现扩展	119
5.3.2 通过定时器/计数器实现扩展	120
5.4 其他类型单片机的对照描述	121
5.4.1 PIC16C5X 定时器/计数器的控制结构	121
5.4.2 相关部分及使用说明	122
本章小结	122
练习与思考题	123
第 6 章 单片机串行数据通信及串行通信接口	125
6.1 串行通信基础知识	125
6.1.1 串行通信的基本原理	125
6.1.2 单片机串行接口的结构	128
6.1.3 单片机串行接口的控制	129
6.2 MCS-51 单片机串行接口及工作方式	130
6.2.1 串行工作方式 0	130
6.2.2 串行工作方式 1	132
6.2.3 串行工作方式 2	137
6.2.4 串行工作方式 3	138
本章小结	138
练习与思考题	138
第 7 章 单片机扩展与接口技术	140
7.1 单片机 I/O 扩展	140
7.1.1 输入口线的扩展	141
7.1.2 输出口线的扩展	142
7.1.3 双向口线的扩展	143
7.1.4 专用接口芯片的扩展	144
7.2 单片机的存储器扩展	150
7.2.1 程序存储器的扩展	150
7.2.2 数据存储器的扩展	152
7.2.3 存储器扩展的应用设计	153
7.3 单片机键盘接口技术	154

7.3.1 简易键盘接口的实现	154
7.3.2 矩阵键盘接口的实现	156
7.4 单片机显示器接口技术	158
7.4.1 LED 数码管显示接口	158
7.4.2 LCD 显示屏接口	161
7.5 单片机与 A/D、D/A 转换器的接口	168
7.5.1 单片机的 D/A 转换指标	168
7.5.2 采用 DAC 0832 芯片的 D/A 转换接口	169
7.5.3 单片机 PWM 形式 D/A 转换接口电路	173
7.5.4 单片机的 A/D 转换指标	174
7.5.5 采用 ADC 0809 芯片的 A/D 转换接口	175
7.5.6 采用 ADC0832 芯片的串行 A/D 转换接口	179
7.5.7 采用 MC14433 芯片的 A/D 转换接口	180
7.5.8 采用 LM331 芯片的 A/D 转换接口	186
7.6 单片机与 PC 机的接口	188
7.6.1 MCS-51 单片机与 PC 机之间的 RS-232C 串行通信口	188
7.6.2 MCS-51 单片机的 RS-485 串行通信接口	190
本章小结	190
练习与思考题	191
第 8 章 单片机 C 程序设计及应用	192
8.1 单片机 C51 程序设计	192
8.1.1 单片机 C 程序的基本概念	192
8.1.2 单片机 C 程序的基本结构	192
8.1.3 单片机 C 程序的数据类型	197
8.1.4 单片机 C 程序的算术表达式	199
8.1.5 单片机 C 程序的一般语法结构	203
8.1.6 C51 语言程序设计	203
8.2 采用 C51 程序的设计实例	210
8.2.1 8×8 点阵 LED 显示屏的设计	210
8.2.2 数字电压表的设计	213
本章小结	217
练习与思考题	217
附录 1 MCS-51 系列单片机指令表(按字母顺序排列)	218
附录 2 MCS-51 系列单片机指令表(按指令类型排序)	222
参考文献	226

第1章 概 述

电子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 4 个阶段,尤其是随着大规模集成电路技术的飞跃发展而诞生的微型电子计算机,使计算机技术得到日益广泛的应用。而单片微型计算机(简称单片机)的问世,更进一步推动了微型计算机控制技术的发展。由于单片机的特点决定了其应用领域非常广阔,现已达到了前所未有的普及程度。

本章简要介绍了单片机的基本概念、芯片类型、应用特点、发展概况及应用领域,使读者对单片机有一个初步认识。

1.1 单片机的概念及单片机的种类

1.1.1 单片机及单片机系统

单片机是微型计算机发展的一个分支,是一种专门面向控制的微处理器件,故又称之为微控制器(Micro Controller Unit, MCU)。单片机通常以单一芯片的形式出现,但是它已具有了微型计算机所包含的基本组成结构和特有的控制应用功能,是一种芯片级的微型计算机。另外,由于单片机的体积、结构和功能特点,在实际应用中可以完全融入应用系统之中,故而也称为嵌入式微控制器(Embedded Micro-Controller)。

最基本的单片机系统由单片机芯片和软件程序共同组建而成,是用户为了实现某种控制用途的需要而设计的实际装置。在单片机系统中,单片机芯片内部的中央处理单元(CPU)处于核心地位,CPU 通过执行软件程序调动硬件电路完成控制功能。根据这种工作方式,单片机系统可以划分为硬件和软件两个组成部分。

1. 硬件部分

单片机系统的硬件部分是包括 CPU 在内的所有硬件电路,按照硬件电路的功能和配置大致可以分为以下 3 类。

1) 基本功能类

基本功能类硬件包括:CPU(用于运算、控制)、RAM(用于数据存储)、ROM(用于程序存储)、I/O 设备(实现串行、并行输入/输出接口)及时钟电路(建立工作时序)。在微型计算机中,上述部件被分成若干块芯片,安装在一块称之为主板的印刷线路板上,在程序的指挥下完成计算机的基本运算操作功能。但是在单片机中,除了时钟电路之外,其余部分一般均被集成到一块半导体芯片上,所以被称为单片机,即单芯片微型计算机。

2) 控制功能类

控制功能类硬件包括: 定时器/计数器(用于时间设定/事件记录)和中断装置(实现实时处理)。使用这类硬件是为了实现单片机的控制功能, 即定时控制、顺序控制和实时控制等基本控制功能。作为面向嵌入式控制的特色, 这类部件通常也集成在单片机芯片内部。

3) 辅助功能类

辅助功能类硬件包括: A/D(模/数转换)和 D/A(数/模转换, 通常采用 PWM 形式)等部件。这类部件根据芯片的配置不同不一定集成在单片机芯片上, 需要用户根据使用要求选择。

2. 软件部分

与微型计算机的运行原理相似, 单片机系统的运行也需要软件系统的支持, 但是由于处理任务的不同, 其复杂程度相对较低。根据单片机软件所要实现的功能, 可以将软件划分为管理程序和应用程序两类。

1) 管理程序

管理程序是单片机系统的监控程序, 主要用于控制过程复杂, 控制量较大的装置, 例如测控仪器、仪表等。对于仅完成简单控制任务的单片机系统一般可以相应简化。

2) 应用程序

应用程序是针对具体的控制动作而编写的程序, 是实现控制具体功能的程序基础, 通常以子程序模块的形式出现, 便于执行控制动作时调用。

1.1.2 单片机程序设计语言及开发环境简介

单片机程序设计语言主要是指在开发系统中使用的语言。在单片机开发系统中可以使用机器语言、汇编语言和高级语言。机器语言采用机器码, 是单片机能够直接识别的程序语言, 汇编语言是以助记符表示机器码的程序设计语言。机器语言和汇编语言都是高效的计算机语言, 实时性较强, 但它们都是面向机器的语言, 通用性差, 编程效率低。单片机也可以使用高级语言, 例如 C51 等。使用高级语言更接近人的设计思想, 可读性强, 编程效率高, 有利于缩短开发周期。

单片机的开发过程涉及 3 项内容, 即编程、纠错和仿真。一般采用 PC 机内安装的集成开发环境(IDE)软件进行开发调试。在集成开发环境内可以实现文本编程、编译纠错和仿真运行。其中仿真的形式又可以分为两种, 即软件仿真和硬件仿真。软件仿真不必连接硬件应用系统, 仿真结果在开发环境中模拟的单片机构造中得到体现; 硬件仿真需要与用户控制系统配合, 以集成开发环境的输出替代用户系统中原有的单片机, 仿真过程真实、实时性强。另一种较新的开发形式采用具有 ISP(In-System Programming, 在系统可编程)功能的单片机, 利用下载程序开发单片机系统。

1.1.3 单片机的使用环境及产品等级

单片机用途广, 使用环境差别大, 如何保证单片机控制系统或装置的可靠性是设计者和使用者最为关注的问题。作为电子产品而言, 其可靠性主要取决于半导体芯片的产品等级, 根据运行温度范围, 产品等级大致划分为 3 级, 下面分别予以介绍。

1. 军用级

运行温度范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ ，适用于军用品要求苛刻的应用环境，芯片的价格比较昂贵。例如 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机 MD80C51FB。型号以 MD 表示开头的，M 代表军品，D 代表直插封装。

2. 商业级

运行温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ，主要限于机房、办公及住宅环境，适用于民用产品，例如家电、玩具等。商业级产品价格低廉，品种齐全，应用最为广泛。

3. 工业级

早期的单片机产品大多为工业级，运行温度范围为 $-45^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ，介于商业级和军用级之间，适宜在工业生产环境下使用。其特点是可靠性远高于商业级，但价格远低于军用级。MCS-51 系列单片机的普通产品均属于工业级。

有些单片机产品为了适应不同的应用环境，在同一型号中划分了不同的产品等级供用户选择。例如 Microchip 公司的 PIC 单片机，型号后缀不标者为商业级，运行温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ；标“I”者为工业级，运行温度范围为 $-45^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ；标“E”者为工业扩展级，运行温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。另外，与 MCS-51 系列兼容的 Atmel 产品 T89C2051-12PA 为缩小型 20 引脚单片机，其型号后缀为“A”，运行温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +105^{\circ}\text{C}$ ，适用于汽车产品环境，称为汽车级。

1.2 单片机的类型、特点及用途

1.2.1 单片机主要类型及其特点

1. 常用单片机的类型及特点

Intel 公司的 MCS-51 系列及其兼容产品是目前最常用的一种单片机类型，其引进历史较长，学习资料齐全，影响面较广、应用成熟，已被单片机控制装置的开发设计人员广泛接受。本书将以这种单片机产品为主介绍单片机的结构原理、指令系统、编程应用及接口电路等内容。MCS-51 系列单片机及其兼容产品的生产厂家很多，以下仅列出具有代表性的 3 家公司的产品，其产品的型号及特点如表 1-1 所示。

表 1-1 常用 MCS-51 系列单片机一览表

公 司	品 名	特 点
Intel	8031	MCS-51 CMOS 单片 8 位微控制器, 32 条 I/O 引线, 2 个定时器/计数器, 5 个中断源, 2 个优先级, 128 B 片内 RAM
Philips	80C562	基于 8051 CMOS 控制器, 8 位 A/D, PWM, 48 条 I/O 引线, 3 个定时器/计数器, 14 个中断源, 4 个优先级, 无片内 ROM, 256 B 片内 RAM
	87C591	基于 8051 CMOS 控制器, 片内 CAN(SJA1000 CAN), 10 位 ADC, WDT, 32 条 I/O 引线, 3 个定时器/计数器, 15 个中断源, 4 个优先级, I ² C 总线, 16 KB EPROM, 256 B 片内 RAM +256 B 附加 AUX RAM

续表

公 司	品 名	特 点
Atmel	89C51	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 3 级程序存储器加密, 32 条 I/O 引线, 2 个定时器/计数器, 6 个中断源, 4 KB Flash 存储器, 256 B 片内 RAM
	89C2051	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 2 级程序存储器加密, 15 条 I/O 引线, 2 个定时器/计数器, 6 个中断源, 2 KB Flash 存储器, 128 B 片内 RAM
	89S51	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 3 级程序存储器加密, 32 条 I/O 引线, 2 个定时器/计数器, 6 个中断源, 4 KB Flash 存储器, 256 B 片内 RAM, 编程看门狗定时器, 电源关断标志, SPI 串行接口, ISP

2. 常用单片机的更新及进步

随着单片机技术的发展, 高性能的新型单片机开始出现, 其中美国 Cygnal 公司推出的 C8051F 系列单片机就是在 MCS-51 系列单片机基础之上进行更新开发的一种产品。C8051F 实际上是一种以 8051 为内核集成的混合信号系统级芯片。熟悉 MCS-51 系列单片机的工程技术人员可以很容易地掌握 C8051F 的应用技术并能进行软件的移植。

C8051F 系列单片机采用流水线结构, 单周期指令运行速度是 8051 的 12 倍, 全指令集运行速度是原来的 9.5 倍。C8051F 系列单片机的内部资源非常丰富, 例如 C8051F020 单片机内部除包含 8051 微控制器内核、RAM、ROM、I/O 口、定时器/计数器等 MCS-51 系列的配置之外, 还具有 ADC、DAC、PCA、SPI 和 SMBus 等部件。这种将单片机的基本组成单元与模拟、数字外设集成在一个芯片上而组成的片上系统(SoC), 实质上已超出了以往单片机(MCU)的含义, 代表了高性能单片机发展的一个方向。

3. 其他类型单片机及特点简介

1) PIC 系列单片机

PIC 系列单片机由美国 Microchip 公司设计生产, 与 MCS-51 系列对应的产品有 PIC16C 系列和 PIC17C 系列 8 位单片机, 广泛应用于消费电子产品、汽车电子及工业控制等领域, 就产量和市场份额而言在世界单片机领域排名属于前列。

PIC 系列单片机有如下特点:

(1) 完全哈佛结构。指令和数据空间及传输路径完全分开, 提高了数据吞吐率。程序和数据总线采用不同的宽度。数据总线为 8 位, 指令总线根据单片机档次不同分为 12、14、16 位, 指令均以单字节形式表示。

(2) 流水线结构。取指令和执行指令采用流水线形式, 执行一条指令时, 同时允许取下一条指令, 从而实现了单周期指令。

(3) 寄存器组结构。RAM 及寄存器, 包括 I/O 口、定时器和程序计数器等都以寄存器方式工作和寻址, 只需要一个指令周期就可以完成访问和操作。通常另辟堆栈 RAM 空间, 不占用片内数据存储单元。

(4) 精简指令系统。采用 RISC(精简指令集计算机)结构, 与传统的采用 CISC(复杂指令集计算机)结构的单片机相比, 其指令数量少, 易学易记。此外, 精简指令系统还具有较高的代码压缩能力, 有利于提高程序执行速度。

(5) 种类齐全。不单纯追求功能堆积,从实际出发,以多种型号满足不同层次、不同用途的需求。在规模上既有 84 脚封装,多达 66 根 I/O 口线的型号,也有 8 脚封装,6 根 I/O 口线的型号。功能较全的高档次单片机产品还配置了 A/D(模/数转换)、CCP(捕捉/比较)或采用 PWM(脉宽调制)的 D/A 转换单元。

PIC 系列单片机功能全、种类多,便于选择使用,开发者可以根据不同的用途和要求设计出性价比较高的单片机控制装置。

2) MSP430 单片机

MSP430 系列单片机是美国德州仪器(TI)公司 1996 年开始推向市场的一种 16 位单片机,采用精简指令集,是一种超低功耗的混合型单片机。MSP430 系列单片机的主要特点是,具有极低的功耗、丰富的片内外设和方便灵活的开发手段。

MSP430 单片机的主要优点描述如下:

(1) 运算处理能力强。MSP430 系列是 16 位单片机,采用了 RISC 结构,具有丰富的寻址方式和简洁的内核指令以及大量的模拟指令,在 8 MHz 时钟晶振的驱动下指令周期仅为 125 ns。

(2) 超低功耗设计。采用 1.8~3.6 V 工作电压,在 1 MHz 的时钟条件下运行时,芯片取用电流在 200~400 μA 左右。在时钟关断模式运行时,最低维持电流只有 0.1 μA 。具有独特的时钟系统设计,它有两个时钟,用以产生 CPU 和各功能单元所需的时钟,可以在指令控制下接通和关断时钟,实现对总体功耗的控制。MSP430 系列单片机有 5 种不同的工作模式。在等待方式下,电流消耗为 0.7 μA 。在节电方式下,最低可达 0.1 μA 。当系统处于省电的备用状态时,用中断请求将它唤醒的时间只需 6 μs 。

(3) 丰富的片上外围模块。集成了较丰富的片内外设,其中包括看门狗(WDT)、模拟比较器 A、硬件乘法器、液晶驱动器、10/12 位 ADC、 $I^2\text{C}$ 总线和直接数据存取(DMA)等。

(4) 方便高效的开发环境。MSP430 单片机有 OPT、FLASH 和 ROM 3 种类型,目前主要以 FLASH 型为主。片内有 JTAG(Joint Test Action Group, 联合测试行动小组)调试接口,通过 PC 机和 JTAG 调试器获取片内信息,从而使设计者在调试开发时,无需仿真器和编程器。开发工具简便,价格也相对低廉,可以实现在线编程。开发语言有汇编语言和 C 语言。

(5) 运行环境。MSP430 系列单片机产品均为工业级,运行环境温度为 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$,适合工业环境下使用。

3) 单片机品种及主流单片机概况

单片机品种繁多,各具特色。其中 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机及与其兼容的 Philips、Atmel、Winbond 等公司的产品应用非常广泛。目前单片机入门教材大多以 MCS-51 系列单片机作为学习基础,所以被普遍接受,堪称主流。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集单片机产品也有着强劲的发展势头。就产量而言,在可供二次开发的单片机产品中 PIC 单片机居全球之首。Motorola 公司的产品作为专用单片机,在家电、通信等产品中应用较广,曾是全球产量最高的单片机。其产品中可供二次开发的单片机为 MC68HC 系列。除此之外, HOLTEK、EPSON、NS 等公司出产的单片机产品在市场上也占有一定的份额。近年来一些较新型并具有一定特色的单片机也逐渐被应用,例如抗干扰能力较强的 Freescale 公司的单片机、适用于汽车控制用途的 Infineon 公司的单片机等。

1.2.2 常用单片机的应用领域

单片机的特点是集成度高、功能强、可靠性高、体积小、功耗低、使用方便及价格低廉。单片机的应用几乎是无处不在，已经渗透到我们生活中的各个领域。目前单片机已经在工业控制、仪器仪表、家用电器、办公自动化、医用设备、信息和通信产品、航空航天、专用设备的智能化管理等领域中得到了广泛的应用，其应用形式体现如下。

1. 在工业控制中的应用

工业自动化控制是最早采用单片机控制的领域之一，在测控系统、过程控制、机电一体化设备中主要利用单片机实现逻辑控制、数据采集、运算处理、数据通信等用途。单独使用单片机可以实现一些小规模的控制功能，作为底层检测、控制单元与上位计算机结合可以组成大规模工业自动化控制系统。特别在机电一体化技术中，单片机的结构特点使其更容易发挥其集机械、微电子和计算机技术于一体的优势。

2. 在智能仪器中的应用

内部含有单片机的仪器统称为智能仪器，也称为微机化仪器。这类仪器大多采用单片机进行信息处理、控制及通信，与非智能化仪器相比，功能得到了强化，增加了诸如数据存储、故障诊断、联网集控等功能。以单片机作为核心组成智能仪表已经是自动化仪表发展的一种趋势。

3. 在家用电器中的应用

单片机功能完善、体积小、价格廉、易于嵌入，非常适用于对家用电器的控制。嵌入单片机的家用电器实现了智能化，是传统型家用电器的更新换代，现已广泛应用于洗衣机、空调、电视机、视盘机、微波炉、电冰箱、电饭煲以及各种视听设备等。

4. 在信息和通信产品中的应用

信息和通信产品的自动化和智能化程度很高，其中许多功能的完成都离不开单片机的参与。这里最具代表性和应用最广的产品就是移动通信设备，例如手机内的控制芯片就属于专用型单片机。另外在计算机外部设备中，如键盘、打印机中也离不开单片机。新型单片机普遍具备通信接口，可以方便地与计算机进行数据通信，为计算机和网络设备之间提供连接服务创造了条件。

5. 在办公自动化设备中的应用

现代办公自动化设备中大多数嵌入了单片机控制核心。如打印机、复印机、传真机、绘图机、考勤机及电话等。通过单片机控制不但可以完成设备的基本功能，还可以实现与计算机之间的数据通信。

6. 在商业营销设备中的应用

在商业营销系统中单片机已广泛应用于电子秤、收款机、条形码阅读器、IC卡刷卡机、出租车计价器以及仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保险系统等。

7. 在医用设备领域中的应用

单片机在医疗设施及医用设备中的用途亦相当广泛，例如在医用呼吸机、各种分析仪、