

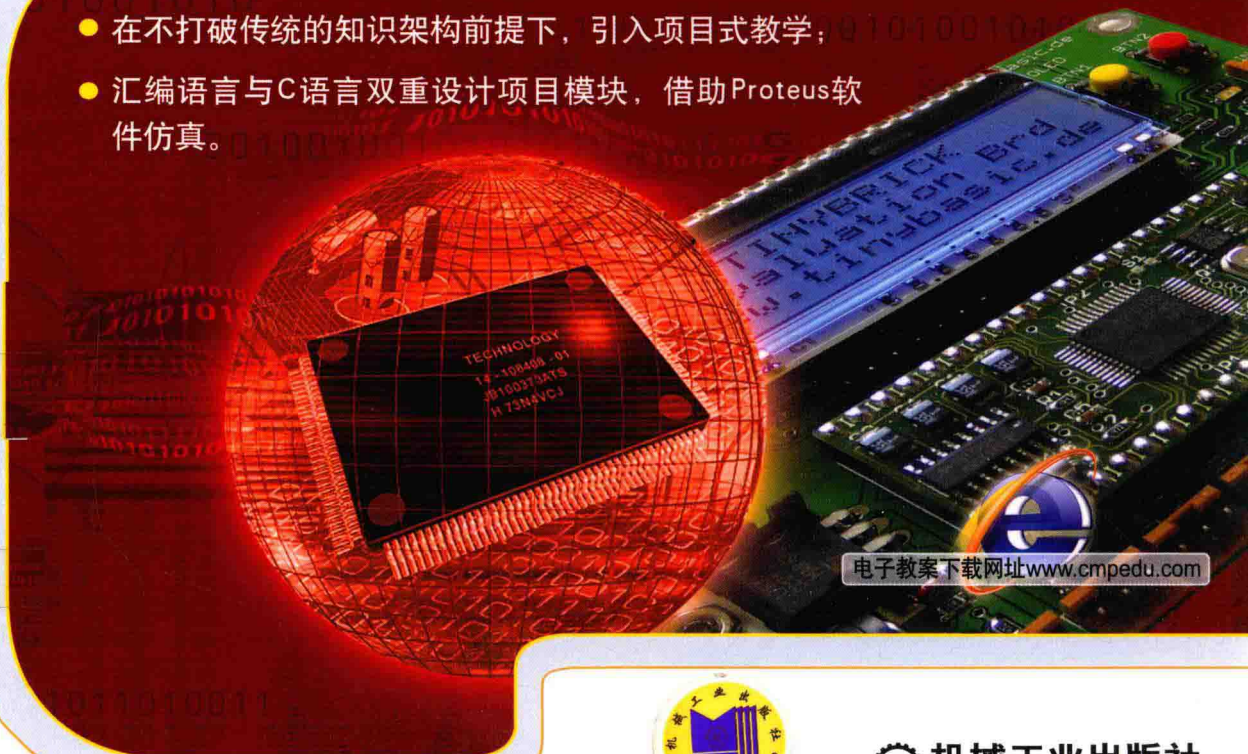


全国高等职业教育规划教材

单片机应用技术项目式教程

郭建勤 刘青 石莹 编著

- 在不打破传统的知识架构前提下，引入项目式教学；
- 汇编语言与C语言双重设计项目模块，借助Proteus软件仿真。



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

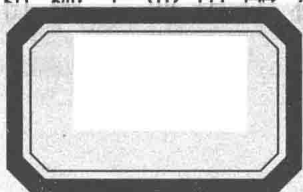
全国高等职业教育规划教材

单片机应用技术项目式教程

郭建勤 刘青 石莹 编著



机械工业出版社



本书全面系统地介绍了单片机的特点、常用系列、系统结构、指令系统、汇编语言的程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行通信技术、键盘接口技术、单片机系统的扩展、LED 与 LCD 显示接口技术、数/模和模/数转换接口技术,同时还介绍了 Keil-C51、Proteus 仿真软件的使用。

本书内容编排合理,重点突出,有较强的实用性,可用做高职院校的电子类、自动化类、机电类等专业的单片机课程教材,也可供从事单片机产品开发的工程技术人员参考。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术项目式教程 / 郭建勤, 刘青, 石莹编著. —北京: 机械工业出版社, 2013.9

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-43071-1

I. ①单… II. ①郭… ②刘… ③石… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 141747 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王 颖

责任印制: 李 洋

三河市国英印刷有限公司印刷

2013 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·15.75 印张·385 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-43071-1

定价: 35.00 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

社 服 务 中 心: (010) 88361066

教 材 网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材

电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

随着科学技术的迅猛发展,单片机技术已被广泛地应用在工业控制、自动检测、智能仪器仪表和家用电器等各个领域。广大工程技术人员通过学习有关单片机的知识,能依靠自己的力量来开发所希望的单片机系统,从而获得较高的经济效益。

本书是针对我国高职高专电子类、自动化类、机电类专业学生的培养目标和岗位技能要求,在编者多年的教学经验、实践操作及应用项目的基础上编写的。本书选用了因具有通用性强、价格低廉和设计灵活等特点而被广泛应用的 MCS-51 系列单片机作为讲解对象。

本书的章节安排、示例的选择充分考虑了实际教学及初学者自学的特点。首先对每章从理论上进行了由浅入深、由简到繁的阐述,并配以大量实例以加强读者对这些理论知识的理解和掌握;其次用汇编语言实现可行、易操作的项目模块的程序设计;然后用 C 语言设计项目实例,并利用 Proteus 仿真软件对其进行演示,为初学者日后进行更复杂单片机系统的设计提供了基础;为了提高学生的实践动手和认知能力,还设计了利用超想——3000TC 综合实训箱实现的实训模块;最后对本章内容进行归纳小结,同时配有难易程度合适的习题,以巩固读者所学的知识。

本书由山东电子职业技术学院的郭建勤,南京钟山职业技术学院的刘青、石莹编著。第 5 章中断系统、第 7 章串行通信技术、第 9 章单片机接口技术由郭建勤编著,第 1 章单片机系统、第 8 章单片机系统的扩展由石莹编著,第 2 章单片机开发系统、第 4 章汇编语言结构化程序设计、第 10 章 C 语言与单片机由刘青编著,第 3 章指令系统由郭建勤、石莹编著,第 6 章定时器/计数器由刘青、石莹编著。全书由郭建勤统稿。

由于编者水平有限,书有难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 单片机系统	1	演示	30
1.1 单片机的发展、应用及常用系列简介	1	2.6 实训 认识系统	31
1.1.1 单片机的发展	1	2.7 本章小结	32
1.1.2 单片机的应用	2	2.8 习题	32
1.1.3 单片机常用系列简介	3	第3章 指令系统	33
1.2 单片机的结构与原理	4	3.1 指令分类、指令和语句格式及其指令描述符号	33
1.2.1 单片机的内部结构与引脚	4	3.1.1 MCS-51 系列单片机的指令分类	33
1.2.2 单片机的存储器结构	8	3.1.2 MCS-51 系列单片机的指令和语句格式	33
1.2.3 单片机最小系统	15	3.1.3 MCS-51 系列单片机指令的描述符号	34
1.2.4 单片机的工作过程	19	3.2 寻址方式	35
1.3 本章小结	19	3.2.1 寄存器寻址	35
1.4 习题	20	3.2.2 直接寻址	35
第2章 单片机开发系统	21	3.2.3 立即寻址	36
2.1 单片机开发系统简介	21	3.2.4 寄存器间接寻址	36
2.1.1 单片机开发系统的配置	21	3.2.5 基址加变址寻址	36
2.1.2 Keil-C51 软件的使用	21	3.2.6 相对寻址	37
2.2 系统调试	25	3.2.7 位寻址	37
2.2.1 软件调试方法	25	3.3 指令系统的5大类功能性指令和伪指令	37
2.2.2 硬件调试方法	26	3.3.1 数据传送指令	37
2.3 仿真软件 Proteus 的使用	27	3.3.2 算术操作指令	40
2.3.1 Proteus 的主要功能特点	27	3.3.3 逻辑运算指令	45
2.3.2 Proteus 的界面与操作介绍	28	3.3.4 控制转移指令	47
2.4 项目 实现一位 LED 灯控制系统	29	3.3.5 位操作指令	49
2.4.1 硬件电路的设计	29	3.3.6 伪指令	50
2.4.2 控制程序的设计	29		
2.4.3 调试并运行程序	30		
2.5 基于 Proteus 的单片机实例仿真			

3.4 项目 实现汽车转向灯控制	52	5.2 单片机中断系统	78
系统	52	5.2.1 中断的组成	78
3.4.1 硬件电路的设计	52	5.2.2 中断的控制	78
3.4.2 控制程序的设计	53	5.2.3 中断的处理过程	83
3.4.3 调试并运行程序	53	5.3 中断系统应用实例	86
3.5 基于 Proteus 的单片机实例仿真		5.4 项目 设计报警器	89
演示	53	5.4.1 硬件电路的设计	89
3.6 实训 拼字/拆字	54	5.4.2 控制程序的设计	89
3.7 本章小结	55	5.4.3 调试并运行程序	90
3.8 习题	56	5.5 基于 Proteus 的单片机实例仿真	
第4章 汇编语言结构化程序设计	57	演示	91
4.1 概述	57	5.6 实训外部中断	92
4.2 汇编语言的基本结构	58	5.7 本章小结	94
4.2.1 顺序结构	58	5.8 习题	94
4.2.2 分支结构	60	第6章 定时器/计数器	96
4.2.3 循环结构	61	6.1 定时器/计数器的用途、结构和	
4.3 子程序设计	63	工作原理	96
4.3.1 子程序的结构	63	6.1.1 定时器/计数器的用途	96
4.3.2 子程序的设计实例	64	6.1.2 定时器/计数器的结构	96
4.4 查表程序设计	67	6.1.3 定时器/计数器的工作原理	97
4.5 散转程序设计	68	6.2 控制方法	98
4.6 项目 实现花样彩灯控制		6.2.1 工作模式控制寄存器	98
系统	69	6.2.2 定时器/计数器控制寄存器	99
4.6.1 硬件电路的设计	69	6.3 工作方式	99
4.6.2 控制程序的设计	69	6.3.1 工作方式0	99
4.6.3 调试并运行程序	70	6.3.2 工作方式1	100
4.7 基于 Proteus 的单片机实例仿真		6.3.3 工作方式2	101
演示	70	6.3.4 工作方式3	101
4.8 实训 排序	72	6.4 编程方法及应用实例	102
4.9 本章小结	73	6.5 项目 实现十字路口交通信号灯	
4.10 习题	74	控制系统	107
第5章 中断系统	76	6.5.1 硬件电路的设计	107
5.1 概述	76	6.5.2 控制程序的设计	108
5.1.1 中断的概念	76	6.5.3 调试并运行程序	109
5.1.2 中断的类型	77	6.6 基于 Proteus 的单片机实例仿真	

演示	110	8.1.2 数据存储器的扩展	151
6.7 实训 定时器/计数器	111	8.2 I/O 口的扩展	155
6.8 本章小结	113	8.2.1 简单 I/O 口的扩展	155
6.9 习题	113	8.2.2 可编程 I/O 口的扩展	156
第 7 章 串行通信技术	115	8.3 项目 可编程 I/O 口的扩展	164
7.1 串行通信基础	115	8.3.1 硬件电路的设计	164
7.1.1 通信的分类	115	8.3.2 控制程序的设计	165
7.1.2 串行通信的制式	116	8.3.3 调试并运行程序	166
7.1.3 串行通信的分类	117	8.4 基于 Proteus 的单片机实例仿真	
7.2 串行通信总线标准及其		演示	166
接口	118	8.5 实训 存储器的扩展	168
7.2.1 RS-232C 接口	119	8.6 本章小结	169
7.2.2 RS-422 接口	122	8.7 习题	169
7.2.3 RS-485 接口	124	第 9 章 单片机接口技术	171
7.3 串行接口控制	125	9.1 键盘接口技术	171
7.3.1 串行接口的结构	125	9.1.1 键盘的结构及其原理	171
7.3.2 串行接口的波特率设置	128	9.1.2 独立式键盘	172
7.3.3 串行接口的工作方式	129	9.1.3 行列式键盘	175
7.4 串行口的应用实例	131	9.2 显示接口技术	178
7.4.1 采用查询方式串行通信的基本		9.2.1 LED 显示	178
流程	131	9.2.2 LCD 显示	184
7.4.2 采用中断方式串行通信程序的		9.3 转换接口技术	192
编写	132	9.3.1 A/D 转换	192
7.5 项目 实现双机通信	136	9.3.2 D/A 转换	197
7.5.1 硬件电路的设计	136	9.4 项目 实现简易数字电压表	204
7.5.2 通信程序的设计	137	9.4.1 硬件电路的设计	204
7.5.3 调试并运行程序	139	9.4.2 软件程序的设计	205
7.6 基于 Proteus 的单片机实例仿真		9.4.3 调试并运行程序	207
演示	139	9.5 基于 Proteus 的单片机实例仿真	
7.7 实训 串口通信	142	演示	207
7.8 本章小结	145	9.6 实训 简易正弦波形发生器	209
7.9 习题	145	9.7 本章小结	212
第 8 章 单片机系统的扩展	147	9.8 习题	212
8.1 存储器的扩展	147	第 10 章 C 语言与单片机	214
8.1.1 程序存储器的扩展	147	10.1 概述	214

10.1.1 单片机 C 语言的特点	214	10.4.2 函数的调用	231
10.1.2 C51 程序结构	215	10.4.3 函数的嵌套与递归	232
10.2 C51 的基本语法要素	217	10.5 项目 实现锯齿波电压 信号	233
10.2.1 C51 的基本数据类型	217	10.5.1 硬件电路的设计	233
10.2.2 C51 的运算符和表达式	220	10.5.2 软件程序的设计	234
10.3 C51 程序的基本结构	225	10.5.3 调试并运行程序	235
10.3.1 顺序结构	225	10.6 实训 设计数字温度计	235
10.3.2 循环结构	226	10.7 本章小结	238
10.3.3 选择结构	228	10.8 习题	239
10.4 函数	231	参考文献	240
10.4.1 函数的定义	231		

第1章 单片机系统

单片机的出现是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它标志着通用计算机系统和嵌入式计算机系统正式形成了两大分支。本章主要介绍单片机的发展及其特点、单片机的结构与原理、单片机的时序及其工作过程。本章的学习重点是：

- 了解单片机的发展、特点、应用及常用单片机系列。
- 熟悉单片机的内部结构。
- 掌握单片机的各引脚作用和存储器结构。
- 掌握单片机的最小系统及时序单位。
- 了解单片机的工作过程。

1.1 单片机的发展、应用及常用系列简介

1.1.1 单片机的发展

1. 什么是单片机

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来，以其极高的性能价格比受到人们的重视和关注，故应用很广，发展很快。单片机的优点是，体积小，重量轻，抗干扰能力强，对环境要求不高，价格低廉，可靠性高，灵活性好，易开发。工程技术人员通过学习有关单片机的知识后，也能自己开发所希望的单片机系统，并可获得较高的经济效益。正因为如此，单片机以其卓越的性能，被广泛地应用在工业自动化控制、自动检测、智能仪器仪表和家用电器等领域。

单片机就是将微处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM、EPROM）和各种输入/输出接口（定时器/计数器、并行 I/O 口、串行口、A/D 转换器以及脉冲调制器 PWM 等）集成在一块芯片上，这样一块芯片具有一台计算机的属性，因而被称为单片微型计算机，简称为单片机。

单片机主要应用于测控领域，用以实现各种测试和控制功能。为了强调其控制属性，在国际上，一般把单片机称为微控制器（MicroController Unit, MCU），而在我国则比较习惯于使用“单片机”这一名称。

在应用时，单片机通常是处于被控系统的核心地位，并被嵌入其中，为了强调其“嵌入”的特点，也常常把单片机称为嵌入式控制器（Embedded MicroController Unit, EMCU）。

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。通用单片机具有比较丰富的内部资源，性能全面且适应性强，能覆盖多种应用需求，用户可以根据需要将其设计成各种不同应用的控制系统，即通用单片机有一个再设计的过程。通过用户的进一步设计，才能组成一个以通用单片机芯片为核心的、配以其他外围电路的应用控制系统。通常所说的以及本书所介绍的单片机都是指通用单片机。

然而,在单片机的测控应用中,有许多时候是专门针对某个特定产品(例如,打印机控制器和在各种通信设备和家用电器中的单片机等)。这种“专用”单片机针对性强且用量大,为此,厂家常与芯片制造商合作,设计和生产专用的单片机芯片。由于专用单片机芯片是针对一种产品或一种控制应用而专门设计的,在设计时已经对系统结构的最简化、软硬件资源利用的最优化、可靠性和成本的最佳化等方面都进行了考虑,所以专用单片机具有十分明显的综合优势。

随着单片机应用的广泛和深入,各种专用单片机芯片将会越来越多,必将成为今后单片机发展的一个重要方向。但是,无论专用单片机在应用上有多么“专”,其原理和结构都是以通用单片机为基础的。

2. 单片机的历史及发展概况

可将单片机根据其基本操作处理的位数分为: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。继1971年微处理器的研制成功不久就出现了单片机,但最早的单片机是1位的。

可将单片机的发展历史分为以下几个阶段。

第1阶段(1974~1976年):单片机初级阶段。受工艺限制,单片机采用双片的形式,而且功能比较简单。例如,仙童公司生产的F8单片机,实际上只包括了8位CPU、64个字节RAM和两个并行口。因此,还需加一块3851(由1K ROM、定时器/计数器和两个并行I/O构成)才能组成一台完整的计算机。

第2阶段(1976~1978年):低性能单片机阶段。以Intel公司制造的MCS-48单片机为代表,这种单片机片内集成有8位CPU、并行I/O口、8位定时器/计数器RAM和ROM等,但是不足之处是无串行口,中断处理比较简单,片内RAM和ROM容量较小,且寻址范围不大于4KB。

第3阶段(1978~1982年):高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行口,多级中断系统,16位定时器/计数器,片内ROM、RAM容量被加大,且寻址范围可达64KB,有的片内还带有A/D转换器。这类单片机的典型代表是,Intel公司的MCS-51系列、Motorola公司的6801和Zilog公司的Z8系列等。由于这类单片机的性能价格比高,所以仍被广泛应用,是目前应用数量较多的单片机。

第4阶段(1982年至今):8位单片机得到巩固发展及16位单片机和32位单片机的推出阶段。此阶段的主要特征是,一方面发展16位单片机、32位单片机及专用型单片机;另一方面不断完善高档8位单片机,改善其结构,以满足不同的用户需要。16位单片机的典型产品如Intel公司生产的MCS-96系列单片机,其集成度已达120000管子/片,主振为12MHz,片内RAM为232B,ROM为8KB,中断处理为8级,而且片内带有多通道10位A/D转换器和高速输入/输出部件(HSI/HSO),实时处理的能力很强。而32位单片机除了具有更高的集成度外,其主振已达20MHz,这使32位单片机的数据处理速度比16位单片机增快许多,性能比8位、16位单片机更加优越。

1.1.2 单片机的应用

1. 在工业自动化中的应用

在自动化技术中,无论是过程控制技术、数据采集还是测控技术,都离不开单片机。在

工业自动化的领域中，机电一体化技术将发挥越来越重要的作用，在这种集机械、微电子和计算机技术为一体的综合技术（例如机器人技术）中，单片机正发挥着非常重要的作用。

2. 在智能仪器仪表的应用

目前对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。在自动化测量仪器仪表中，单片机应用十分普及。单片机的使用有助于提高仪器仪表的精度和准确度，简化结构，减小体积而易于携带和使用，加速仪器仪表向数字化、智能化和多功能化的方向发展。

3. 在消费类电子产品中的应用

消费类电子产品中的应用主要反映在家用电器领域。目前在这类电子产品（例如，洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、微波炉、手机、IC 卡和汽车电子设备等）。的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度。在这些设备中使用了单片机后，其功能和性能都得以大大提高，实现了智能化、最优化控制。

4. 在通信方面的应用

在调制解调器、程控交换技术方面，单片机得到了广泛的应用。

5. 在武器装备方面的应用

在现代化的武器装备中，如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备和航天飞机导航系统，都有单片机深入其中。

6. 在终端及外部设备控制中的应用

在计算机网络终端设备如银行终端以及计算机外部设备，如打印机、硬盘驱动器、绘图机、传真机和复印机等，在这些设备中都使用了单片机。

7. 在多机分布式系统中的应用

可用多片单片机构成分布式测控系统，它使单片机的应用进入了一个新的水平。

综上所述，从工业自动化、智能仪器仪表和家用电器等直到国防尖端技术领域，单片机都发挥着十分重要的作用。

1.1.3 单片机常用系列简介

单片机系列是一个庞大的家族，在此无法一一进行介绍。下面主要介绍几种常用的单片机系列。

1. MCS-51 系列及其与之兼容的单片机

Intel 公司于 1980 年推出了 8 位 MCS-51 系列单片机。该系列单片机是一种高性能的单片机，具有结构功能优化、可靠性高、功耗低以及易扩展等优点，在多个领域都得到了广泛的应用。

按资源的配置数量可将 MCS-51 系列单片机分为两大子系列，一类子系列是 51 子系列（基本型），另一类子系列是 52 子系列（增强型）。51 子系列包括 8031、8051、8751 和 8951，它们的性能结构都一样，有片内 128B RAM，两个 16 位定时器/计数器，5 个中断源，不同之处仅在于片内程序存储器；52 子系列是增强型子系列，包括 8032、8052、8752 和 8952；52 子系列比对应的 51 子系列多了一个定时/计数器，内存比 51 子系列的大，中断源个数比 51 子系列的多。正是 52 子系列资源数量的增加，使其芯片的功能有所增强。

20 世纪 80 年代中期以后，Intel 公司以专利转让的形式把 8051 内核技术转让给许多半导体芯片生产厂家（主要厂家有 Phillips、Dallas、SIEMENS、AMD、Atmel、NEC、

WinBond、ADI 和 Cygnal 等), 这些厂家生产的芯片是 MCS-51 系列的兼容产品, 准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。这些兼容机与 8051 的系统结构 (主要是指指令系统) 相同, 采用 CMOS 工艺, 因而, 常用 51 系列来称呼所有具有 8051 指令系统的单片机, 它们对 8051 单片机一般都进行了一些扩充, 变得更有特点。常用的兼容机有 Atmel 公司的 AT89 系列、Philips 公司的增强型 80C51 系列和 LPC 系列、Cygnal 公司的 C8051 系列。

2. MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是美国德州仪器 (TI) 于 1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗、具有精简指令集 (RISC) 的混合信号处理器 (Mixed Signal Processor)。该系列单片机特别适合应用于需要电池供电的便携式仪器仪表中。同时, 该系列单片机将大量的外围模块整合到片内, 也特别适合于设计片上系统。

3. M68HC08 系列单片机

Motorola 公司继 M68HC05 系列单片机之后, 推出了 M68HC08 系列单片机。该系列单片机属于 8 位机, 它具有功能强、价格低、功耗低和指令系统丰富等特点, 特别是它带有闪电速 FLASH 存储器, 具有更高的性价比, 使用也更方便。

4. PIC 系列单片机

美国 Microchip 公司的 PIC 系列 8 位单片机, CPU 采用 RISC 结构, 采用 Harvard 双总线结构, 其最大特点是不做单纯功能的堆积, 而是从实际应用出发, 重视产品的性能与价格比, 靠发展多种型号来满足不同层次的应用要求。该系列单片机还具有运行速度快, 低工作电压, 低功耗, 较大的输入、输出直接驱动能力, 价格低, 一次性编程和小体积的特点, 故该系列单片机适用于用量大、档次低和价格敏感的产品。PIC 系列单片机在世界单片机市场价格排名中被逐年提高, 发展非常迅速。

5. AVR 系列单片机

AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC 精简指令集高速 8 位单片机。该系列单片机的突出特点在于速度高, 片内硬件资源丰富。AVR 单片机系列齐全, 可适用于各种不同场合的要求。AVR 单片机有低档 Tiny 系列 AVR 单片机、中档 AT90S 系列 AVR 单片机、高档 ATmega 系列 AVR 单片机 3 个档次。可以将 AVR 的单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备和家用电器等各个领域。

本书主要以 MCS-51 系列及其与之兼容的单片机为例进行介绍。

1.2 单片机的结构与原理

1.2.1 单片机的内部结构与引脚

1. 内部结构

MCS-51 单片机的片内结构图如图 1-1 所示。它主要是将微处理器 (CPU)、数据存储器 (RAM)、程序存储器 (ROM/EPROM)、并行 I/O 口 (P0 口、P1 口、P2 口、P3 口)、串行口、定时器/计数器、中断系统及特殊功能寄存器 (SFR) 都集成在一个尺寸有限的集成电路芯片上, 各组成部分通过片内总线连接而成。

下面对各功能部件做进一步的说明。

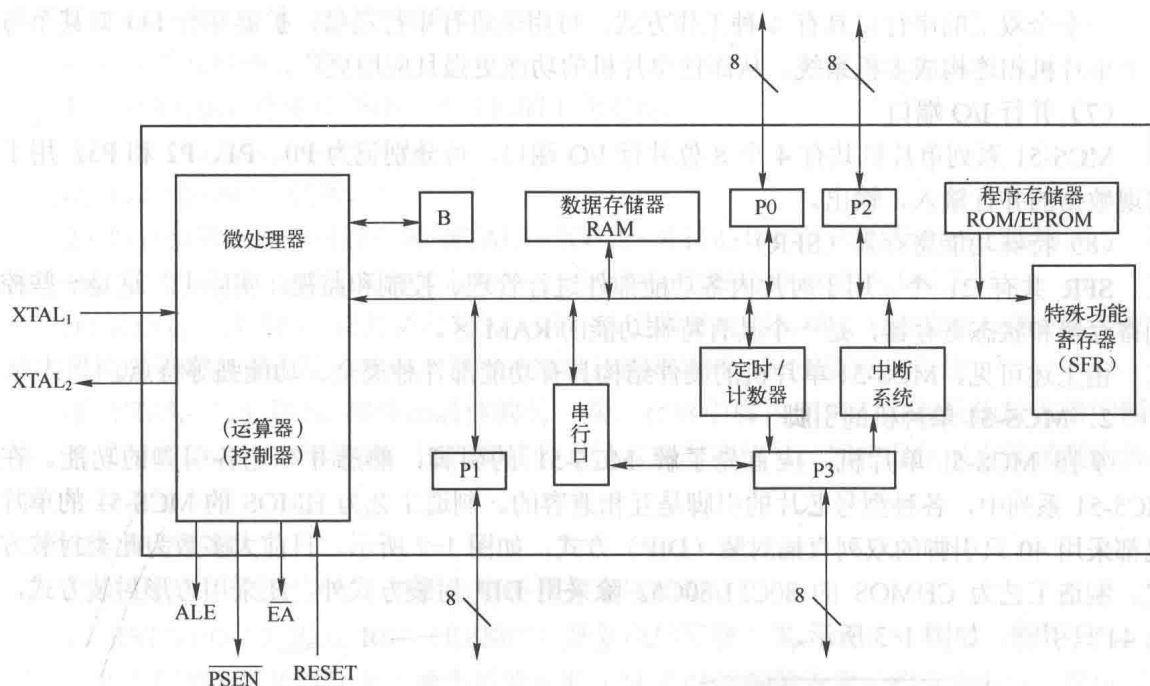


图 1-1 MCS-51 单片机的片内结构图

(1) 微处理器 (CPU)

在 MCS-51 单片机中有一个 8 位的微处理器，与通用的微处理器基本相同，同样包括了运算器和控制器两大部分，只是增加了面向控制的处理功能，不仅可处理字节数据，而且可以进行位变量的处理，例如，位处理、查表、状态检测和中断处理等。

(2) 数据存储器 (RAM)

片内为 128 个字节 (52 子系列为 256 个字节)，片外最多可外扩至 64KB，用来存储程序在运行期间的工作变量、运算的中间结果、数据暂存和缓冲及标志位等，故称为数据存储器。128 个字节的数据存储器以高速 RAM 的形式被集成在单片机内，以加快单片机运行的速度，这种结构的 RAM 还可以降低功耗。

(3) 程序存储器 (ROM)

程序存储器是用来存放程序代码和表格常数的。在单片机运行过程中，其中的数据一般是不变的。作为单片机程序存储器的是各种类型的 ROM，故在单片机应用技术中，多数时候是将 ROM 和程序存储器作为相同概念的。MCS-51 系列单片机的程序存储器被分为片内和片外两部分。不同芯片的片内程序存储器的类型是不完全一样的。受集成度限制，片内只读存储器一般容量较小，如果片内只读存储器的容量不够，就需要扩展片外只读存储器。

(4) 中断系统

具有 5 个中断源，2 级中断优先权。

(5) 定时器/计数器

片内有两个 16 位的定时器/计数器。在单片机的应用中，往往需要精确定时，或对外部事件进行计数。为提高单片机的实时控制能力，需在单片机内部设置定时器/计数器部件。

(6) 串行口

一个全双工的串行口具有 4 种工作方式。可用来进行串行通信, 扩展并行 I/O 口甚至与多个单片机相连构成多机系统, 从而使单片机的功能更强且应用更广。

(7) 并行 I/O 端口

MCS-51 系列单片机共有 4 个 8 位并行 I/O 端口, 可分别记为 P0、P1、P2 和 P3, 用于实现数据的并行输入、输出。

(8) 特殊功能寄存器 (SFR)

SFR 共有 21 个, 用于对片内各功能部件进行管理、控制和监视。实际上, 这是一些控制寄存器和状态寄存器, 是一个具有特殊功能的 RAM 区。

由上述可见, MCS-51 单片机的硬件结构具有功能部件种类全、功能强等特点。

2. MCS-51 单片机的引脚

掌握 MCS-51 单片机, 应首先了解 MCS-51 的引脚, 熟悉并牢记各引脚的功能。在 MC5-51 系列中, 各种型号芯片的引脚是互相兼容的。制造工艺为 HMOS 的 MCS-51 的单片机都采用 40 只引脚的双列直插封装 (DIP) 方式, 如图 1-2 所示。目前大多数为此类封装方式。制造工艺为 CHMOS 的 80C51/80C52 除采用 DIP 封装方式外, 还采用方形封装方式, 为 44 只引脚, 如图 1-3 所示。

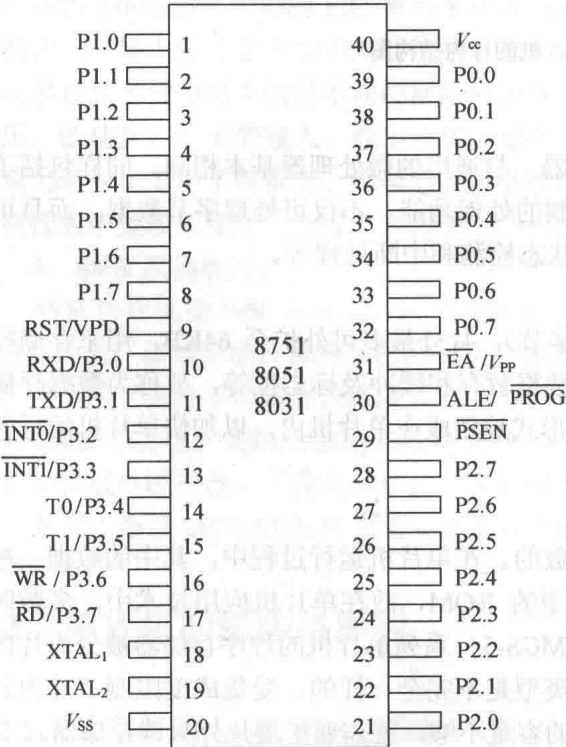


图 1-2 MCS-51 双列直插封装方式的引脚图

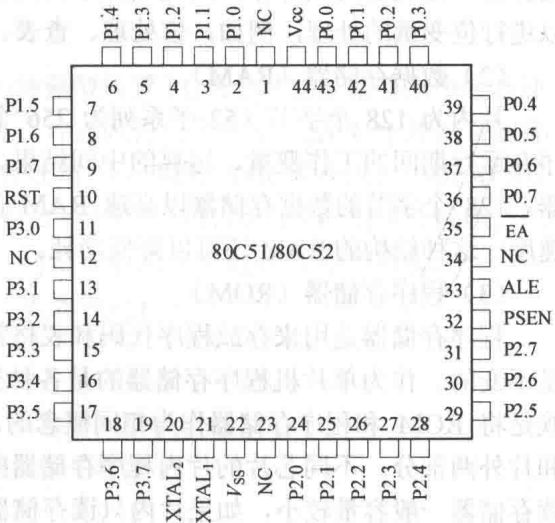


图 1-3 MCS-51 方形封装方式的引脚图

40 只引脚按其功能来分, 可分为如下几类。

- 1) 电源及时钟引脚: V_{CC}、V_{SS}; XTAL₁、XTAL₂。
- 2) 控制引脚: PSEN、ALE、EA、RESET (即 RST)。
- 3) 并行 I/O 端口引脚: P0、P1、P2 和 P3, 为 4 个 8 位并行 I/O 端口的外部引脚。

下面结合图 1-2 来介绍各引脚的功能。

(1) 电源及时钟引脚

1) 电源引脚。电源引脚接入单片机的工作电源。

① V_{CC} (40 脚): 接+5V 电源。

② V_{SS} (20 脚): 接地。

2) 时钟引脚。两个时钟引脚 $XTAL_1$ 、 $XTAL_2$ 外接晶体与片内的反相放大器构成了一个振荡器, 它为单片机提供了时钟控制信号。两个时钟引脚也可外接晶体振荡器。

① $XTAL_1$ (19 脚)。接外部晶体的一端, 该引脚是内部反相放大器的输入端。这个反相放大器构成了片内振荡器。如果在采用外接晶体振荡器时, 此引脚就应接地。

② $XTAL_2$ (18 脚)。接外部晶体的另一端, 在该引脚内部接至内部反相放大器的输出端。当采用外部时钟振荡器时, 该引脚接收时钟振荡器的信号, 即把此信号直接接到内部时钟发生器的输入端。

(2) 控制引脚

此类引脚提供控制信号, 有的引脚还具有复用功能。

1) RST/VPD (9 脚)。 RST (RESET) 是复位信号输入端, 高电平有效。当单片机运行时, 在此引脚加上持续时间大于两个机器周期 (24 个时钟振荡周期) 的高电平时, 就可以完成复位操作。在单片机正常工作时, 此脚应为 0.5V 低电平。

VPD 为本引脚的第二功能, 即备用电源的输入端。当主电源 V_{CC} 发生故障、降低到某一规定值的低电平时, 将+5V 电源自动接入 9 脚, 为内部 RAM 提供备用电源, 以保证片内 RAM 中的信息不丢失, 从而使单片机在复位后能继续正常运行。

2) $ALE/\overline{PROG}$ (30 脚)。 ALE 为地址锁存允许信号。在单片机上电正常工作后, 该引脚不断向外输出正脉冲信号 ALE (该正脉冲的频率为晶体振荡器频率 f_{osc} 的 $1/6$)。当 MCS-51 访问外部存储器时, 该引脚的输出信号 ALE 用于锁存 P0 口的低 8 位地址, 以实现低 8 位地址与数据的分时传送。当不访问外部存储器时, ALE 信号可用做对外输出的时钟信号或用于定时。

$\overline{PROG}$ 为本引脚的第二功能。在对片内 EPROM 型单片机 (例如 8751) 编程写入时, 此引脚作为编程脉冲输入端。

3) $\overline{PSEN}$ (29 脚)。程序存储器允许输出控制端。在单片机访问外部程序存储器时, 此引脚输出的负脉冲作为读外部程序存储器的选通信号, 此脚接外部程序存储器的 $\overline{OE}$ (输出允许) 端。

4) $\overline{EA}/V_{PP}$ (31 脚)。 $\overline{EA}$ 为访问程序存储器选择控制端。当 $\overline{EA}$ 端为高电平时, 单片机首先执行片内程序存储器中的程序, 当超出片内程序存储器的容量时, 自动执行片外程序存储器中的程序; 当 $\overline{EA}$ 端为低电平时, 只能去片外的程序存储器执行程序。对于 8031 来说, 因其无内部程序存储器, 所以该脚必须接地, 这样只能选择外部程序存储器。

V_{PP} 为本引脚的第二功能。在对 8751 单片机的片内 EPROM 固化编程时, 此引脚为施加较高编程电压 (例如+21V 或+12V) 的输入端。对于 89C51 单片机, V_{PP} 编程电压为+12V 或+5V。

(3) 并行 I/O 端口引脚