



21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

单片机原理与应用技术

danpianji yuanli yu yingyong jishu

■ 主 编 董少明



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

单片机原理与应用技术

董少明 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材从应用开发的角度出发,以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为实例,介绍单片机内部结构和资源、汇编语言程序设计、内部功能部件、系统扩展、人机界面、I/O 通道以及开发应用中涉及到的问题和单片机应用实例。

本教材可作为高等院校计算机、电子信息、自动化等专业的教材,也适用于电气电子类和机械类专业,也可作为相关专业以及工程技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术/董少明主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5640-2792-6

I. 单… II. 董… III. 单片机微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150528 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市南阳印刷有限公司

开 本/710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张/17.75

字 数/325 千字

版 次/2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数/1~1500 册

定 价/34.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的机电类相关操作软件,培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。

- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深,循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

单片机原理与应用技术是高等院校计算机技术、电子信息类专业的一门重要专业课程。通过对本课程的学习,学生能系统地掌握单片机原理及接口技术,掌握单片机汇编语言程序设计方法,熟悉单片机在工业控制中的应用,熟悉单片机应用系统的开发技术。

本教材从课程教学的要求出发,以培养学生的基本素质及综合应用能力为目标,充分体现内容的实用性、适用性、先进性。本书具有以下特色。

(1) 取材适用。本教材较好地处理了经典内容与先进技术的关系。本书以目前受到市场推崇和高性价比的 MCS-51 系列单片机为典型机型来组织教材,以保持授课内容 and 应用市场的一致性。为反映新产品和新技术,在本教材中还介绍了与 MCS-51 单片机兼容的其他公司的单片机以及其他新型器件。

(2) 注重应用。本教材的内容力求循序渐进、通俗易懂,为了便于教学和自学,教材内容注意了理论和实践相结合,每章前有本章导读类信息、章末安排有小结和大量可供选做的习题,附录中还提供了完整的 MCS-51 单片机指令表、常用 IC 引脚图和学习单片机相关的常用网站。书中提供了许多单片机实用的实例,并尽可能的给出了详细的硬件电路图和完整的程序清单,以便使学生得到从硬件设计到软件设计的完整训练,尽快掌握单片机应用系统的开发技术。

(3) 方便教学。本教材选材严格按照高职“必须、够用”为度的原则,从实用的角度出发,采用阶梯化、模块化结构。前 6 章构成一个相对完整的基础模块,后 3 章构成提高模块,适合少学时和多学时教学。

本教材结构严谨、内容充实,以目前最为通用的 MCS-51 单片机为例,介绍了当今世界单片机技术应用的现状及发展趋势,由浅入深地介绍单片机的内部结构、资源和工作原理,汇编语言程序设计,中断、定时/计数器、系统扩展,输入/输出通道中的并行输入/输出接口、串行输入/输出接口、常用外围设备接口、A/D 与 D/A 转换接口和单片机应用系统设计开发技术,并介绍两个不同类型的完整的单片机应用系统。

本教材可作为高等院校计算机、电子信息、自动化等专业的教材,也适用于

电气电子类和机械类等专业学生参考，亦可供相关专业以及工程技术人员参考。

本教材由董少明编写。在编写过程中得到了夏东盛、孙荣创、封磊等老师的帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第1章 单片微型计算机基础知识	1
1.1 单片机的发展概况	1
1.1.1 什么是单片机	1
1.1.2 单片机发展历程及产品近况	1
1.1.3 单片机的应用及发展趋势	3
1.1.4 MCS-51 系列单片机的分类	6
1.2 计算机中数的表示方法	7
1.2.1 进位计数制及其转换	7
1.2.2 机器数	10
1.2.3 常用名词术语及字符的表示	11
1.3 计算机语言	12
1.3.1 计算机程序设计语言	12
1.3.2 单片机系统中用到的计算机语言	14
本章小结	14
习题	14
第2章 MCS-51 系列单片机的结构	17
2.1 MCS-51 单片机的内部结构	17
2.1.1 MCS-51 的结构框图	17
2.1.2 CPU 结构	19
2.1.3 位(布尔)处理器	21
2.1.4 MCS-51 的引脚定义及功能	21
2.2 MCS-51 单片机的存储器结构	24
2.2.1 程序存储器	24
2.2.2 数据存储器	25
2.3 MCS-51 单片机的并行输入/输出(I/O)接口	29
2.3.1 P0 口	29

2.3.2	P1 口	31
2.3.3	P2 口	31
2.3.4	P3 口	31
2.3.5	并行 I/O 接口的应用要求	32
2.4	MCS-51 单片机应用系统的构成	33
2.4.1	振荡电路和时钟电路	33
2.4.2	CPU 时序	33
2.4.3	复位电路	35
2.4.4	CHMOS 型单片机低功耗工作方式	37
2.4.5	MCS-51 单片机基本应用系统的构成	38
	本章小结	39
	习题	39
第 3 章	MCS-51 单片机的指令系统	42
3.1	指令格式和寻址方式	42
3.1.1	指令格式	42
3.1.2	汇编语言指令的符号约定	44
3.1.3	寻址方式	44
3.2	指令系统	49
3.2.1	数据传送类指令	50
3.2.2	算术运算类指令	53
3.2.3	逻辑运算类指令	58
3.2.4	控制转移类指令	60
3.2.5	位操作类指令	66
	本章小结	67
	习题	67
第 4 章	汇编语言程序设计	71
4.1	汇编语言的语句结构	71
4.1.1	汇编语言语句格式	71
4.1.2	伪指令	72
4.2	汇编语言程序设计	74
4.2.1	汇编语言程序设计的基本方法	74

4.2.2 顺序程序设计	76
4.2.3 分支程序设计	77
4.2.4 循环程序设计	82
4.2.5 子程序调用设计	85
4.3 合程序设计举例	87
本章小结	91
习题	91
第5章 MCS-51 单片机的内部功能部件	94
5.1 MCS-51 单片机的中断系统	94
5.1.1 中断的概念	94
5.1.2 MCS-51 的中断系统	96
5.1.3 中断控制	97
5.1.4 中断的响应条件及响应过程	100
5.2 MCS-51 单片机的定时器/计数器	102
5.2.1 定时/计数器的结构	102
5.2.2 定时/计数器的方式寄存器和控制寄存器	103
5.2.3 定时/计数器的工作方式	104
5.2.4 定时/计数器编程和应用举例	107
5.3 MCS-51 单片机的串行通信 I/O 接口	112
5.3.1 串行通信概述	112
5.3.2 串行通信 I/O 接口	115
5.3.3 串行通信 I/O 接口编程和应用举例	121
本章小结	125
习题	126
第6章 MCS-51 单片机接口应用实例	129
6.1 I/O 端口应用实例	129
6.1.1 动态显示控制 LED 时钟的设计	129
6.1.2 BCD 编码拨盘输入电路的设计	131
6.1.3 十字路口交通信号灯的设计	132
6.1.4 水塔水位控制系统的设计	134
6.2 定时器/计数器及中断功能应用实例	135

6.2.1 应用 I/O 端口设计	135
6.2.2 应用定时器/计数器和中断设计	137
6.2.3 简易方波发生器的设计	139
6.2.3 时钟程序的设计	141
6.2.4 无人职守航标灯的设计	143
6.3 串行接口应用实例	146
6.3.1 串行口扩展 LED 显示器的设计	146
本章小结	148
习题	149
第 7 章 MCS-51 单片机系统的扩展	150
7.1 存储器扩展基础	150
7.1.1 MCS-51 的总线扩展	150
7.1.2 存储器概述	151
7.1.3 存储器扩展设计要点	152
7.2 程序存储器扩展	153
7.2.1 常用的程序存储器芯片	153
7.2.2 程序存储器的扩展	156
7.3 数据存储器扩展	159
7.3.1 常用的数据存储器芯片	159
7.3.2 数据存储器的扩展	160
7.3.3 多片存储器的扩展	161
7.4 并行 I/O 接口的扩展	162
7.4.1 I/O 接口的简单扩展	162
7.4.2 PIO8255A 对 I/O 接口的扩展	163
本章小结	171
习题	171
第 8 章 输入输出通道及接口技术	173
8.1 输入输出通道概述	173
8.1.1 输入通道	173
8.1.2 输出通道	174
8.2 光电隔离接口	175

8.2.1	光电耦合器概述	175
8.2.2	常用的光电耦合器件	176
8.2.3	光电耦合器接口电路	176
8.3	常用人机交互设备接口	178
8.3.1	键盘接口电路	178
8.3.2	LED 显示器接口电路	181
8.3.3	LCD 显示器接口电路	189
8.3.4	8279 接口电路	191
8.3.5	键盘/LED 驱动器 ZLG7290 接口电路	197
8.4	D/A、A/D 转换器及其接口	198
8.4.1	D/A 转换器	198
8.4.2	DA0832 接口技术	200
8.4.3	串行 D/A 转换 DAC7512 接口技术	205
8.4.4	A/D 转换器	207
8.4.5	ADC0809 接口技术	209
8.4.6	串行 ADC0834 接口技术	213
8.5	步进电机及其接口	216
8.5.1	步进电机	216
8.5.2	步进电机与 MCS-51 的接口技术	218
	本章小结	221
	习题	221
第9章	单片机应用系统开发技术	224
9.1	单片机的开发系统及开发工具	224
9.1.1	单片机的开发系统	224
9.1.2	单片机应用系统的开发工具	227
9.2	单片机应用系统的设计原则与过程	228
9.2.1	单片机应用系统的设计原则	228
9.2.2	单片机应用系统的设计过程	229
9.3	单片机应用系统的抗干扰设计	234
9.3.1	硬件抗干扰设计	235
9.3.2	软件抗干扰设计	236

9.4 单片机应用系统实例	238
9.4.1 数码管时钟电路的设计	238
9.4.2 工业电炉温度控制系统应用实例	244
本章小结	250
习题	251
附录 A ACSII 码表	253
附录 B MCS-51 单片机指令表	254
附录 C 常用元器件及电路图	260
附录 D 单片机学习、应用的常用网站	268
参考文献	269

第1章 单片微型计算机基础知识

学习目标

- (1) 理解单片机的各种应用形态；
- (2) 单片机的发展概况、应用特点及主流产品；
- (3) 理解单片机应用系统构成。

学习重点

- (1) 单片机的发展概况、应用特点及主流产品；
- (2) 常用名词术语等基础知识；
- (3) MCS-51 系列单片机的分类和性能。

1.1 单片机的发展概况

1.1.1 什么是单片机

随着大规模、超大规模集成电路技术的发展和计算机微型化的需要，把微型计算机的基本功能部件：中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口、定时器/计数器、中断系统等多种资源集成在一个半导体芯片上，使得一块集成电路芯片就能构成一个完整的微型计算机，这种集成电路芯片被称为单片微型计算机（Single Chip Microcomputer），简称单片机。由于它的结构及功能均是按照工业控制要求设计的，所以其确切的名称应是单片微控制器。

在单片机的结构设计上，它的硬、软件系统及 I/O 接口控制能力等方面都有独到之处，具有较强而有效的功能。从其组成、逻辑功能上来看，单片机都具备了微机系统的基本部件。但是需要指出的是，单片机毕竟还只是一个芯片，只有在配置了应用系统所需的接口芯片、输入/输出设备等，才可以构成实用的单片机应用系统。

1.1.2 单片机发展历程及产品近况

自从 1975 年美国德克萨斯仪器公司（TI 公司）的第一个单片机 TMS-1000 问世以来，迄今为止单片机技术已成为计算机技术的一个独特分支，在众多领域尤其是在智能化仪器仪表、检测和控制系统中有着广泛的应用。

单片机技术发展十分迅速，产品种类也非常多。纵观整个单片机技术的发展过程，可以分为以下 3 个主要阶段。

1. 单芯片微机形成阶段

1976 年, Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机。该系列单片机早期产品在芯片内集成有: 8 位 CPU、1KB 程序存储器 (ROM)、64B 数据存储器 (RAM)、27 根 I/O 线和 1 个 8 位定时/计数器。

此阶段单片机的主要特点是: 在单个芯片内完成了 CPU、存储器、I/O 接口、定时/计数器、中断系统、时钟等部件的集成。但存储器容量较小, 寻址范围小 (不大于 4 K), 无串行接口, 指令系统功能不强。

2. 性能完善提高阶段

1980 年, Intel 公司推出 MCS-51 系列单片机。该系列单片机在芯片内集成有: 8 位 CPU、4KB 程序存储器 (ROM)、128B 数据存储器 (RAM)、4 个 8 位并行接口、1 个全双工串行接口、2 个 16 位定时/计数器, 寻址范围为 64K, 并集成有控制功能较强的布尔处理器 (完成位处理功能)。

此阶段单片机的主要特点是: 结构体系完善, 性能已大大提高, 面向控制的特点进一步突出。现在, MCS-51 已成为公认的单片机经典机种。

3. 微控制器化阶段

1982 年, Intel 公司推出 MCS-96 系列单片机。该系列单片机在芯片内集成有: 16 位 CPU、8KB 程序存储器 (ROM)、232B 数据存储器 (RAM)、5 个 8 位并行接口、1 个全双工串行接口、2 个 16 位定时/计数器。寻址范围最大为 64K, 片上还有 8 路 10 位 ADC、1 路 PWM (D/A) 输出及高速 I/O 部件等。

此阶段单片机的主要特点是: 片内面向测控系统外围电路增强, 使单片机可以方便灵活地用于复杂的自动测控系统及设备。至此, “微控制器”的称谓更能反应单片机的本质。

近年来, 许多半导体厂商以 MCS-51 系列单片机的 8051 为内核, 将许多测控系统中的接口技术、可靠性技术及先进的存储器技术及工艺技术集成至单片机中, 生产出了多种功能强大、使用灵活的新一代 8051 系列单片机。

随着微电子设计技术及计算机技术的不断发展, 单片机产品和技术日新月异。单片机产品近况可以归纳为以下两个方面。

1) 8051 系列单片机产品繁多, 主流地位已经形成

通用微型计算机计算速度的提高主要体现在 CPU 位数的提高 (16 位、32 位、64 位), 而单片机更注重的是产品的可靠性、经济性和嵌入性。所以, 单片机 CPU 位数的提高需求并不十分迫切。而多年来的应用实践已经证明, 8051 的系统结构合理、技术成熟。因此, 许多单片生产厂商倾力于提高 8051 单片机产品的综合功能, 从而形成了 8051 的主流产品地位。近年来推出与 8051 兼容的主要产品有:

(1) ATMEL 公司融入 Flash 存储器技术推出的 AT89 系列单片机。

(2) Philips 公司推出的 80C51、80C552 系列高性能单片机。

(3) 华邦公司推出的 W78C51、W77C51 系列高速低价单片机。

(4) ADI 公司推出的 ADuC8xx 系列高精度 ADC 单片机。

(5) LG 公司推出的 GMS90/97 系列低压高速单片机。

(6) MAXIM 公司推出的 DS89C420 高速 (50MIPS) 单片机。

(7) Cygnal 公司推出的 C8051F 系列高速 SOC 单片机等。

2) 非 8051 结构单片机不断推出, 给用户提供了更为广泛的选择空间

在 8051 及其兼容产品流行的同时, 一些单片机芯片生产厂商也推出了一些非 8051 结构的产品, 影响较大的有:

(1) Intel 公司推出 MCS-96 系列 16 位单片机。

(2) Microchip 公司推出 PIC 系列 RISC 单片机。

(3) TI 公司推出 MSP430F 系列 16 位低电压、低功耗单片机。

(4) ATMEL 公司推出 AVR 系列 RISC 单片机。

目前, 单片机正朝着高性能和多品种的方向发展, 但由于 MCS-51 系列的 8 位单片机仍能满足绝大多数应用领域的需要, 所以以 MCS-51 系列为主的 8 位单片机, 现在及以后的相当一段时期内仍然将占据单片机应用市场的主导地位。

1.1.3 单片机的应用及发展趋势

1. 单片机的应用领域

单片机的应用极为广泛, 已深入到国民经济的各个领域, 对各行业的技术改造和产品的更新换代起着积极的推动作用。单片机的应用领域主要有以下几个方面。

1) 生产自动化

自动化生产不但能够降低劳动强度, 而且可以提高经济效益、改善产品质量, 广泛应用于机械、汽车、电子、石油、化工、食品等工农业生产领域。自动化生产线、机械手、数控机床等自动化生产设备都能由单片机实现其智能化的自动控制功能。

2) 实时测控

测控系统的工作环境往往比较恶劣, 干扰繁杂, 并且要求实时测量控制, 如工业窑炉的温度、酸度、化学成分的测量和控制等。单片机工作稳定、可靠, 抗干扰能力强, 体积小, 使用灵活, 适用于各种恶劣环境, 最宜承担测控工作。

3) 智能化产品

现代工业产品的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度, 而智能化的提高离不开单片机。传统的机电产品与单片机结合后, 可简化产品结构、升级产品功能、并实现控制智能化。单片机与机械技术相结合, 称为机电一体化, 是机械工业的发展方向。单片机在家电产品上更是得到了普遍应用, 出现了程控洗衣机、电脑空调机等。为提高汽车的动力性、经济性、舒适性、稳定性以及减少污

染排放，汽车上都大量使用了单片机。

4) 智能化仪表

用单片机改造、设计制造仪器仪表，大大促进了仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化和柔性化方向发展，并能同时提高仪器仪表的精度和准确度，简化结构，减小体积。

5) 信息通信技术

网络中各计算机之间的通信联系，计算机与其外围设备（键盘、打印机、传真机、复印机等）之间的协作都有单片机的参与。

6) 科学研究

小到实验测控台，大到卫星、运载火箭，单片机都在其中发挥着极其重要的作用。

7) 国防现代化

在各种军事装备、管理通信系统中，单片机得到了广泛的应用。例如，数字化部队的武器、通信等装备都大量应用了单片机。

2. 单片机的应用特点

1) 面向控制的应用

由于单片机内部采用了微控制技术，其结构及功能均按自动控制的要求设计，因而主要应用于控制领域。微控制技术从根本上改变了传统的控制系统设计思想，它通过对单片机编程的方法代替由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能，是对传统控制方式的一次革命。

2) 在线应用

在线应用就是以单片机代替常规模拟或数字控制电路，使其成为测控系统的一部分，在被控对象工作过程中实行实时检测，并实时控制。在线应用为实时测控提供了可能和方便。

3) 嵌入式应用

单片机在应用时通常装入到各种智能化产品之中，所以又称嵌入式微控制器 (Embedded Micro Controller Unit EMCU)。单片机应用系统就是典型的嵌入式系统。

嵌入式计算机系统，是作为其他系统的组成部分使用的。由于通用计算机系统有限的可靠性、较高的价位及庞大的身躯，限制了其在嵌入式系统的广泛应用，尤其限制了以嵌入式计算机系统作为核心控制产品的发展。单片机以较小的体积、现场运行环境的高可靠性满足了许多对象的嵌入式应用要求。在嵌入式系统中，单片机是最重要也是应用最多的智能核心器件。

3. 单片机应用系统

由单片机及其外围接口部件组成的单片机系统称为单片机应用系统，其可以应用于不同的场合。具备工业测控功能的单片机应用系统，如图 1-1 所示。