

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

单片机原理及接口技术

李全利 迟荣强 编著



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

单片机原理及接口技术

李全利 迟荣强 编著



高等教育出版社

内容提要

本书为“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。书中系统地介绍了80C51系列单片机的原理及接口技术,精选单片机原理及接口技术的基本知识,并注意反映当代单片机技术发展的趋势,较好地体现了培养应用型人才的要求。具有体系清晰、内容典型、注重应用、方便教学等特点。

全书共10章,内容分别是绪论,80C51的结构和原理,80C51的指令系统,80C51的程序设计,80C51的中断与定时,80C51的串行接口,80C51的系统扩展,80C51的测控接口技术,80C51的串行总线扩展技术,80C51应用系统设计方法。

本书可以作为本科自动化、计算机、电子信息工程、通信工程、测控技术与仪器等专业的教材,也可以作为高职高专同类专业的教材或工程技术人员学习单片机技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及接口技术/李全利,迟荣强编著. —北京:高等教育出版社,2004.1

ISBN 7-04-013037-8

I. 单… II. ①李… ②迟… 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. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第098357号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京奥隆印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2004年1月第1版
印 张	18.5	印 次	2004年1月第1次印刷
字 数	340 000	定 价	23.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施。滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和在做研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础，作为体现教学内容和教学方法的知识载体，在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此，在课题研究过程中，各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果，并和教学实际结合起来，认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革，组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师，编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案，以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信，随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入，特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施，具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

本书为“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果。书中系统地介绍了 80C51 系列单片机的原理及接口技术，精选了单片机原理及接口技术的基本知识，并注意反映当代单片机技术发展的趋势，较好地体现了培养应用型人才的要求。其特点是：

1. **体系清晰**。由计算机的经典结构、微型计算机的应用形态引出单片机的基本概念。明确了单片机在当代计算机嵌入式应用领域中的地位，进而引出了当代单片机的特点、应用领域和主流产品系列。

2. **内容典型**。近年来单片机产品市场百花齐放，功能各异的单片机系列产品不断推出。但是，许多单片机新品仍以 8051 为内核，采用 CHMOS 工艺，形成了所谓的 80C51 主流系列。所以，本书以 80C51 系列单片机为例讲授单片机的原理和接口技术。在此基础上，学习和应用其它各具特性的单片机也就比较容易了。

3. **注重应用**。单片机原理及接口技术是一门应用性比较强的课程，本教材以单片机的应用特性为主线，原理的讲授以应用为落脚点，注重实用性和实施性，并在第 10 章给出了典型的应用实例。

4. **方便教学**。作为教材，本书的编写注意层次分明，语言简练。每章都配有小结和思考题，便于教学。课堂讲授与实验总学时约 56~60 学时。

本书由李全利、迟荣强合编。迟荣强编写了第 7 章、第 8 章、第 9 章及第 10 章，其余章节由李全利编写并对全书统稿。哈尔滨工业大学张毅刚教授审阅了全书并提出了许多宝贵意见，谨此表示衷心感谢。在编写过程中作者参考了许多文献资料（列在书后参考文献中），在此向各文献资料的作者表示感谢。向提供 10.4 节实例的徐军老师表示谢意。

由于作者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 9 月

策划编辑	韩颖
责任编辑	李葛平
封面设计	于文燕
责任绘图	吴文信
版式设计	张岚
责任校对	杨雪莲
责任印制	陈伟光

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581698/58581879/58581877

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn 或 chenrong@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电子计算机的发展概述.....	1
1.1.1 电子计算机的问世及其经典结构.....	1
1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态.....	2
1.2 单片机的发展过程及产品近况.....	4
1.2.1 单片机的发展过程.....	4
1.2.2 单片机产品近况.....	5
1.3 单片机的特点及应用领域.....	5
1.3.1 单片机的特点.....	5
1.3.2 单片机的应用领域.....	6
1.4 单片机应用系统开发简介.....	7
1.4.1 单片机应用系统的开发.....	7
1.4.2 单片机应用系统的传统开发方式.....	8
1.4.3 单片机开发方式的发展.....	9
本章小结.....	9
思考题及习题.....	10
第 2 章 80C51 的结构和原理	11
2.1 80C51 系列概述.....	11
2.1.1 MCS-51 系列.....	11
2.1.2 80C51 系列.....	12
2.2 80C51 的基本结构与应用模式.....	12
2.2.1 80C51 的基本结构.....	12
2.2.2 80C51 的应用模式.....	13
2.3 80C51 典型产品资源配置与引脚封装.....	14
2.3.1 80C51 典型产品资源配置.....	14
2.3.2 80C51 的引脚封装.....	15
2.4 80C51 的内部结构.....	16
2.4.1 80C51 的内部结构.....	16
2.4.2 80C51 的时钟与时序.....	19

2.4.3 80C51 的复位	22
2.5 80C51 的存储器组织	24
2.5.1 80C51 的程序存储器配置	24
2.5.2 80C51 的数据存储器配置	25
2.5.3 80C51 的特殊功能寄存器	27
2.6 80C51 的并行口结构与操作	30
2.6.1 P0 口、P2 口的结构	30
2.6.2 P1 口、P3 口的结构	33
2.6.3 并行口的负载能力	35
本章小结	35
思考题及习题	36
第3章 80C51 的指令系统	37
3.1 指令格式及常用符号	37
3.1.1 机器指令的编码格式	37
3.1.2 符号指令的格式	39
3.1.3 符号指令及其注释中常用的符号	39
3.2 80C51 的寻址方式	40
3.2.1 寄存器寻址	40
3.2.2 直接寻址	41
3.2.3 寄存器间接寻址	42
3.2.4 立即寻址	42
3.2.5 变址寻址	43
3.2.6 相对寻址	44
3.2.7 位寻址	45
3.3 数据传送类指令 (29 条)	45
3.3.1 一般传送指令	46
3.3.2 特殊传送指令	48
3.4 算术运算类指令 (24 条)	52
3.4.1 加法	53
3.4.2 减法	55
3.4.3 乘法	56
3.4.4 除法	56
3.5 逻辑运算与循环类指令 (24 条)	57
3.5.1 逻辑与	58
3.5.2 逻辑或	58

3.5.3 逻辑异或	59
3.5.4 累加器清 0 和取反	59
3.5.5 累加器循环移位	59
3.6 控制转移类指令 (17 条)	60
3.6.1 无条件转移	61
3.6.2 条件转移	63
3.6.3 调用与返回	64
3.6.4 空操作	65
3.7 位操作类指令 (17 条)	65
3.7.1 位传送	66
3.7.2 位状态设置	66
3.7.3 位逻辑运算	67
3.7.4 位判跳 (条件转移)	67
本章小结	68
思考题及习题	68
第 4 章 80C51 的程序设计	71
4.1 程序编制的方法和技巧	71
4.1.1 程序编制的步骤	71
4.1.2 编制程序的方法和技巧	72
4.1.3 汇编语言的语句格式	73
4.2 源程序的编辑和汇编	74
4.2.1 源程序的编辑与汇编	74
4.2.2 伪指令	75
4.3 基本程序结构	78
4.3.1 顺序程序	78
4.3.2 分支程序	80
4.3.3 循环程序	82
4.3.4 子程序及其调用	85
4.4 常用程序举例	88
4.4.1 算术运算程序	88
4.4.2 码型转换程序	91
本章小结	93
思考题及习题	94
第 5 章 80C51 的中断系统及定时/计数器	95
5.1 80C51 的中断系统	95

5.1.1	80C51 中断系统的结构	95
5.1.2	80C51 的中断源	96
5.1.3	80C51 中断的控制	98
5.2	80C51 的中断处理过程	100
5.2.1	中断响应条件和时间	100
5.2.2	中断响应过程	101
5.2.3	中断返回	102
5.2.4	中断程序举例	103
5.3	80C51 的定时/计数器	105
5.3.1	定时/计数器的结构和工作原理	106
5.3.2	定时/计数器的控制	107
5.3.3	定时/计数器的工作方式	108
5.3.4	定时/计数器用于外部中断扩展	112
5.3.5	定时/计数器应用举例	112
	本章小结	115
	思考题及习题	116
第 6 章	80C51 的串行口	117
6.1	计算机串行通信基础	117
6.1.1	串行通信的基本概念	118
6.1.2	串行通信接口标准	123
6.2	80C51 的串行口	128
6.2.1	80C51 串行口的结构	128
6.2.2	80C51 串行口的控制寄存器	129
6.2.3	80C51 串行口的工作方式	130
6.3	单片机串行口应用举例	135
6.3.1	单片机与单片机的通信	135
6.3.2	单片机与 PC 机的通信	146
	本章小结	149
	思考题及习题	149
第 7 章	80C51 的系统扩展	151
7.1	存储器的扩展	151
7.1.1	程序存储器的扩展	151
7.1.2	数据存储器的扩展	156
7.2	输入/输出及其控制方式	159
7.2.1	输入/输出接口的功能	159

7.2.2 单片机与 I/O 设备的数据传送方式	160
7.3 并行接口的扩展	161
7.3.1 并行输入/输出口的简单扩展	162
7.3.2 可编程接口 8155 的扩展	163
7.4 8279 接口芯片	169
7.4.1 8279 的结构	169
7.4.2 8279 的引脚定义	171
7.4.3 8279 的操作命令	172
7.4.4 8279 的状态字	175
7.5 显示器及键盘接口	175
7.5.1 显示器及其接口	175
7.5.2 键盘及其接口	179
7.5.3 键盘和显示器接口示例	185
本章小结	190
思考题及习题	190
第 8 章 80C51 的测控接口	192
8.1 D/A 转换器及其与单片机的接口	192
8.1.1 D/A 转换器原理及主要技术指标	193
8.1.2 DAC0832 芯片及其与单片机的接口	195
8.2 A/D 转换器及其与单片机的接口	199
8.2.1 A/D 转换器原理及主要技术指标	200
8.2.2 ADC0809 芯片及其与单片机的接口	202
8.2.3 AD574A 芯片及其与单片机的接口	206
8.2.4 MC14433 芯片及其与单片机的接口	211
8.3 开关量接口	216
8.3.1 开关量输入接口	216
8.3.2 开关量输出接口	218
本章小结	222
思考题及习题	223
第 9 章 80C51 串行总线扩展技术	224
9.1 I ² C 串行总线的组成及工作原理	224
9.1.1 I ² C 串行总线概述	224
9.1.2 I ² C 总线的数据传送	226
9.2 80C51 单片机与 I ² C 总线器件的接口	231
9.2.1 总线数据传送的模拟	231

9.2.2 I ² C 总线器件的扩展	233
本章小结	236
思考题及习题	236
第 10 章 80C51 应用系统设计方法	237
10.1 单片机应用系统设计过程	237
10.1.1 系统设计的基本要求	237
10.1.2 系统设计的步骤	237
10.2 提高系统可靠性的一般方法	239
10.2.1 电源干扰及其抑制	239
10.2.2 地线干扰及其抑制	241
10.2.3 其它提高系统可靠性的方法	242
10.3 数据采集系统的设计	243
10.3.1 模拟输入通道的组成	243
10.3.2 设计示例	244
10.4 智能二线制温度变送器设计实例	246
10.4.1 智能温度变送器简介	246
10.4.2 硬件设计	247
10.4.3 软件设计	251
本章小结	254
思考题及习题	254
附录 A AT89C 系列单片机简介	255
附录 A.1 AT89C52	255
附录 A.2 AT89C2051	267
附录 B 80C51 系列单片机指令表	272
附录 C ASCII 码表	280
附录 D 常用芯片引脚	281
参考文献	282

第1章

绪 论

近年来,人类的生产和生活方式发生了巨大的变化,产生这一变化的重要原因就是计算机技术的飞速发展。

第一台计算机诞生至今仅仅几十年的时间,计算机的性能已经大大提高,价格不断下降,从而使之可以迅速而广泛地应用于人类生产和生活的各个领域。

1.1 电子计算机的发展概述

1.1.1 电子计算机的问世及其经典结构

1946年2月15日,第一台电子数字计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) 问世,这标志着计算机时代的到来。

ENIAC 是电子管计算机,时钟频率虽然仅有 100 kHz,但能在 1 s 的时间内完成 5 000 次加法运算。与现代的计算机相比,ENIAC 有许多不足,但它的问世开创了计算机科学技术的新纪元,对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

在研制 ENIAC 的过程中,匈牙利籍数学家冯·诺依曼担任研制小组的顾问,并在方案的设计上做出了重要的贡献。1946年6月,冯·诺依曼又提出了“程序存储”和“二进制运算”的思想,进一步构建了计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成这一计算机的经典结构。如图 1.1 所示。

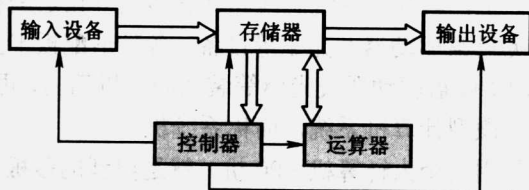


图 1.1 电子计算机的经典结构

电子计算机技术的发展,相继经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机五个时代,但

是，计算机的结构仍然没有突破冯·诺依曼提出的计算机的经典结构框架。

1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态

一、微型计算机的组成

1971 年 1 月，Intel 公司的特德·霍夫在与日本商业通信公司合作研制台式计算器时，将原始方案的十几个芯片压缩成三个集成电路芯片。其中的两个芯片分别用于存储程序和数据，另一芯片集成了运算器和控制器及一些寄存器，称为微处理器（即 Intel 4004）。

微处理器、存储器加上 I/O 接口电路组成微型计算机。各部分通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）相连。如图 1.2 所示。

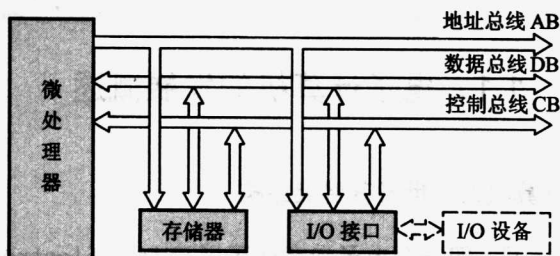


图 1.2 微型计算机的组成

在微型计算机基础上，再配以系统软件和 I/O 设备，便构成了完整的微型计算机系统，简称微型计算机。

二、微型计算机的应用形态

从应用形态上，微型计算机可以分成三种：多板机（系统机）、单板机和单片机。

1. 多板机（系统机）

多板机是将微处理器、存储器、I/O 接口电路和总线接口等组装在一块主机板（即微机主板）上，再通过系统总线和其它多块外设适配板卡连接键盘、显示器、打印机、软/硬盘驱动器及光驱等设备。各种适配板卡插在主机板的扩展槽上，并与电源、软/硬盘驱动器及光驱等装在同一机箱内，再配上系统软件，就构成了一台完整的微型计算机系统，简称系统机。

目前人们广泛使用的个人计算机（PC 机）就是典型的多板微型计算机。由于其人机界面好，功能强，软件资源丰富，通常作为办公或家庭的事务处理及科学计算，属于通用计算机，现在已经成为社会各领域中最通用的工具。

另外，将系统机的机箱进行加固处理，底板设计成无 CPU 的小底板结构，利用底板的扩展槽插入主机板及各种测控板，就构成了一台工业 PC 机。由于其

具有人机界面友好和软件资源丰富的优势，工业 PC 机常作为工业测控系统的主机。

2. 单板机

将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片和简单的 I/O 设备（小键盘、LED 显示器）等装配在一块印制电路板上，再配上监控程序（固化在 ROM 中），就构成了一台单板微型计算机，简称单板机。典型的产品如 TP801。单板机的 I/O 设备简单，软件资源少，使用不方便。早期主要用于微型计算机原理的教学及简单的测控系统，现在已很少使用。

3. 单片机

在一片集成电路芯片上集成微处理器、存储器、I/O 接口电路，从而构成了单芯片微型计算机，即单片机。

图 1.3 为微型计算机三种应用形态的比较。

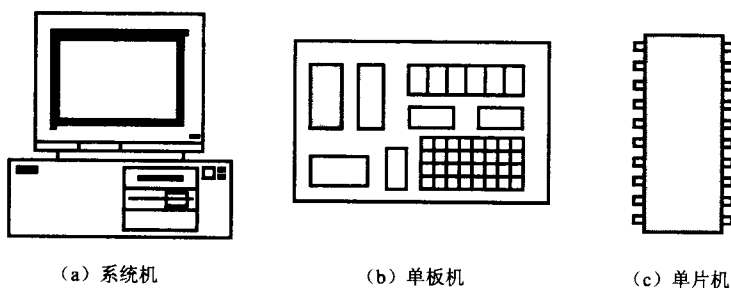


图 1.3 微型计算机的三种应用形态

计算机原始的设计目的是为了提高计算数据的速度和完成海量数据的计算。人们将完成这种任务的计算机称为通用计算机。

随着计算机技术的发展，人们发现了计算机在逻辑处理及工业控制等方面也具有非凡的能力。在控制领域中，人们更多地关心计算机的低成本、小体积、运行的可靠性和控制的灵活性。特别是智能仪表、智能传感器、智能家电、智能办公设备、汽车及军事电子设备等应用系统要求将计算机嵌入到这些设备中。嵌入到控制系统（或设备）中，实现嵌入式应用的计算机称为嵌入式计算机，也称为专用计算机。

嵌入式应用的计算机可分为嵌入式微处理器（如 386EX）、嵌入式 DSP 处理器（如 TMS320 系列）、嵌入式微控制器（即单片机，如 80C51 系列）及嵌入式片上系统 SOC。

单片机体积小、价格低、可靠性高，其非凡的嵌入式应用形态对于满足嵌入式应用需求具有独特的优势。目前，单片机应用技术已经成为电子应用系统设计最为常用的技术手段，学习和掌握单片机应用技术具有极其重要的现实意义。