



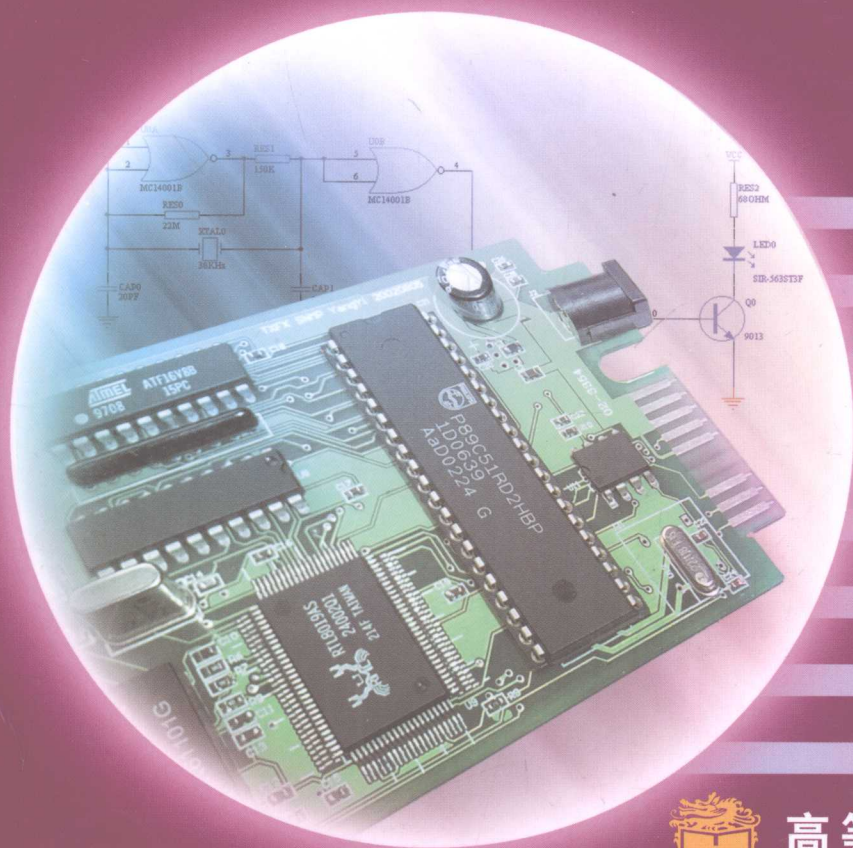
普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

单片机原理 及应用技术

(第2版)

李全利 主编



高等教育出版社

TP368.1

16

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

单片机原理及应用技术

(第2版)

李全利 主编

高等教育出版社

内容提要

本书系统地介绍了 80C51 系列单片机的原理及应用技术。全书共 9 章:第 1 章绪论,第 2 章 80C51 的结构和原理,第 3 章 80C51 的指令系统,第 4 章 80C51 的程序设计,第 5 章 80C51 的中断系统及定时/计数器,第 6 章 80C51 的串行接口,第 7 章 80C51 的系统扩展,第 8 章 80C51 的测控接口,第 9 章 80C51 应用系统设计方法。

本书精选了单片机原理及应用技术的基本知识,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。

本书可以作为高职高专自动化、计算机、应用电子技术等专业的教材,也可以作为机电类专业的学生或工程技术人员学习单片机应用技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术/李全利主编. —2 版. —北京:高等教育出版社,2004.11(2006 重印)

ISBN 7-04-015751-9

I. 单... II. 李... III. 单片微型计算机-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(2004)第 106296 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 郑欢 封面设计 王凌波 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 金辉 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
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	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
			http://www.landaco.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
印 刷	北京未来科学技术研究所 有限责任公司印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2001 年 1 月第 1 版 2004 年 11 月第 2 版
印 张	16	印 次	2006 年 12 月第 8 次印刷
字 数	380 000	定 价	20.30 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

物料号 15751-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作，2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》（教高司[2000]19号），提出了“力争经过5年的努力，编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标，并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施：先用2至3年时间，在继承原有教材建设成果的基础上，充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验，解决好高职高专教育教材的有无问题；然后，再用2至3年的时间，在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神，有关院校和出版社从2000年秋季开始，积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》（草案）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（草案）编写的，随着这些教材的陆续出版，基本上解决了高职高专教材的有无问题，完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题，将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略，抓好重点规划”为指导方针，重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设，特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材；同时还要扩大教材品种，实现教材系列配套，并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系，在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材（高职高专教育）适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),系统地介绍了 80C51 系列单片机的原理及应用技术。本书精选了单片机原理及应用技术的基本知识,注意反映当代单片机技术发展的趋势,较好地体现了应用型人才培养的要求。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,进而引出了单片机的特点、应用领域和主流产品系列。

2. 内容典型。虽然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 CMOS 工艺,形成了所谓的 80C51 主流系列。所以,本书以 80C51 系列单片机为例进行讲授。

3. 注重应用。单片机原理及应用技术是一门应用性较强的课程,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 9 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。课堂讲授与实验约 56~64 学时。

本书可作为高职高专自动化、计算机、应用电子技术等专业的教材,也可以作为工程技术人员学习单片机技术的参考书。

本书由李全利主编。蔡向东编写了第 1 章、第 2 章,殷玉恒编写了第 4 章、第 5 章,李文龙编写了第 7 章,牟晓光编写了第 9 章和附录,其余的各章节由李全利编写并统稿。北京联合大学叶自爱老师认真细致地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。

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。选用本书作为教材的老师可凭书后免费电子教案申请表向高等教育出版社索取免费电子教案。

如有疑问和建议,请联系编者 E-mail:liquanli@163.com。

编者

2004 年 7 月

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) 58581897/58581896/58581879

传真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第 1 章 绪论	1	2.4.2 80C51 单片机的时钟与时序	22
1.1 数制与编码的简单回顾	1	2.4.3 80C51 单片机的复位	24
1.1.1 数制	1	2.5 80C51 的存储器组织	25
1.1.2 编码	2	2.5.1 80C51 单片机的程序存储器配置	26
1.1.3 计算机中带符号数的表示	3	2.5.2 80C51 单片机的数据存储器配置	27
1.2 电子计算机的发展概述	5	2.5.3 80C51 单片机的特殊功能寄存器	29
1.2.1 电子计算机的问世及其经典结构	5	2.6 80C51 的并行接口结构与操作	31
1.2.2 微型计算机的组成及其应用形态	5	2.6.1 P0 接口、P2 接口的结构	31
1.3 单片机的发展过程及产品近况	7	2.6.2 P1 接口、P3 接口的结构	33
1.3.1 单片机的发展过程	7	2.6.3 并行接口的负载能力	35
1.3.2 单片机产品近况	8	本章小结	35
1.4 单片机的特点及应用领域	9	思考题及习题	36
1.4.1 单片机的特点	9	实训二 仿真器的功能熟悉及使用训练	36
1.4.2 单片机的应用领域	9	第 3 章 80C51 的指令系统	38
1.5 单片机应用系统开发简述	10	3.1 指令格式及常用符号	38
1.5.1 单片机应用系统的开发	10	3.1.1 机器指令编码格式	38
1.5.2 单片机应用系统的传统开发方式	11	3.1.2 符号指令格式	39
1.5.3 单片机开发方式的发展	12	3.1.3 符号指令及其注释中常用的符号	40
本章小结	12	3.2 80C51 的寻址方式	40
思考题及习题	12	3.2.1 寄存器寻址	41
实训一 单片机应用系统的开发过程演示	13	3.2.2 直接寻址	41
第 2 章 80C51 的结构和原理	14	3.2.3 寄存器间接寻址	42
2.1 80C51 系列概述	14	3.2.4 立即寻址	43
2.1.1 MCS-51 系列	14	3.2.5 变址寻址	43
2.1.2 80C51 系列	15	3.2.6 相对寻址	44
2.2 80C51 的基本结构与应用模式	15	3.2.7 位寻址	45
2.2.1 80C51 的基本结构	15	3.3 数据传送类指令(29 条)	45
2.2.2 80C51 的应用模式	16	3.3.1 一般传送指令	45
2.3 80C51 典型产品资源配置与引脚封装	17	3.3.2 特殊传送指令	48
2.3.1 80C51 典型产品资源配置	17	3.4 算术运算类指令(24 条)	51
2.3.2 80C51 单片机的封装和引脚	18	3.4.1 加法	52
2.4 80C51 的内部结构	19	3.4.2 减法	54
2.4.1 80C51 单片机的内部结构	19	3.4.3 乘法	54

3.4.4 除法	55	5.1.1 80C51 中断系统的结构	91
3.5 逻辑运算与循环类指令 (24 条)	55	5.1.2 80C51 的中断源	92
3.5.1 逻辑与	56	5.1.3 80C51 中断的控制	94
3.5.2 逻辑或	56	5.2 80C51 单片机中断处理过程	95
3.5.3 逻辑异或	57	5.2.1 中断响应条件和时间	95
3.5.4 累加器清 0 和取反	57	5.2.2 中断响应过程	96
3.5.5 累加器循环移位	57	5.2.3 中断返回	97
3.6 控制转移类指令 (17 条)	58	5.2.4 中断程序举例	98
3.6.1 无条件转移	59	5.3 80C51 的定时/计数器	100
3.6.2 条件转移	61	5.3.1 定时/计数器的结构和工作原理	101
3.6.3 调用与返回	62	5.3.2 定时/计数器的控制	102
3.6.4 空操作	62	5.3.3 定时/计数器的工作方式	103
3.7 位操作类指令 (17 条)	62	5.3.4 定时/计数器用于外部中断扩展	106
3.7.1 位传送	64	5.3.5 定时/计数器应用举例	106
3.7.2 位状态设置	64	本章小结	109
3.7.3 位逻辑运算	64	思考题及习题	109
3.7.4 位判跳 (条件转移)	65	实训五 接口实训 (一)	110
本章小结	65	第 6 章 80C51 的串行接口	112
思考题及习题	66	6.1 计算机串行通信基础	112
实训三 80C51 单片机基本指令训练	67	6.1.1 串行通信的基本概念	113
第 4 章 80C51 的程序设计	69	6.1.2 串行通信接口标准	117
4.1 程序编制的方法和技巧	69	6.2 80C51 单片机的串行接口	121
4.1.1 程序编制的步骤	69	6.2.1 80C51 串行接口的结构	122
4.1.2 编制程序的方法和技巧	70	6.2.2 80C51 串行接口的控制寄存器	122
4.1.3 汇编语言的语句格式	71	6.2.3 80C51 串行接口的工作方式	123
4.2 源程序的编制	72	6.3 单片机串行接口应用举例	128
4.2.1 源程序的编辑和汇编	72	6.3.1 单片机与单片机的通信	128
4.2.2 伪指令	73	6.3.2 单片机与 PC 机的通信	138
4.3 基本程序结构	75	本章小结	140
4.3.1 顺序程序	75	思考题及习题	141
4.3.2 分支程序	77	实训六 接口实训 (二)	141
4.3.3 循环程序	79	第 7 章 80C51 的系统扩展	142
4.3.4 子程序及其调用	81	7.1 存储器的扩展	142
4.4 常用程序举例	84	7.1.1 程序存储器的扩展	142
4.4.1 算术运算程序	84		
4.4.2 码型转换程序	86		
本章小结	89		
思考题及习题	89		

7.1.2 数据存储器的扩展	146	8.2.4 MC14433 芯片及其与单片机的接口	195
7.2 输入/输出及其控制方式	149	8.3 开关量接口	199
7.2.1 输入/输出接口的功能	149	8.3.1 开关量输入接口	199
7.2.2 单片机与 I/O 设备的数据传送方式	150	8.3.2 开关量输出接口	201
7.3 并行接口的扩展	151	本章小结	204
7.3.1 并行输入/输出接口的简单扩展	152	思考题及习题	205
7.3.2 可编程接口 8155 的扩展	153	实训八 接口实训(四)	206
7.4 8279 接口芯片	158	第 9 章 80C51 应用系统设计方法	207
7.4.1 8279 的结构	158	9.1 单片机应用系统设计过程	207
7.4.2 8279 的引脚定义	159	9.1.1 系统设计的基本要求	207
7.4.3 8279 的操作命令	160	9.1.2 系统设计的步骤	208
7.4.4 8279 的状态字	163	9.2 提高系统可靠性的一般方法	209
7.5 显示器及键盘接口	163	9.2.1 电源干扰及其抑制	209
7.5.1 显示器及其接口	163	9.2.2 地线干扰及其抑制	211
7.5.2 键盘及其接口	167	9.2.3 其他提高系统可靠性的方法	211
7.5.3 键盘和显示器接口示例	172	9.3 数据采集系统的设计	213
本章小结	177	9.3.1 模拟输入通道的组成	213
思考题及习题	177	9.3.2 设计示例	214
实训七 接口实训(三)	177	9.4 智能二线制温度变送器设计实例	215
第 8 章 80C51 的测控接口	179	9.4.1 智能温度变送器简介	215
8.1 D/A 转换器及其与单片机接口	179	9.4.2 硬件设计	216
8.1.1 D/A 转换器的原理及主要技术指标	180	9.4.3 软件设计	221
8.1.2 DAC0832 芯片及其与单片机的接口	181	本章小结	223
8.2 A/D 转换器及其与单片机的接口	186	思考题及习题	223
8.2.1 A/D 转换器的原理及主要技术指标	186	实训九 综合实训(课程设计)	223
8.2.2 ADC0809 芯片及其与单片机的接口	188	附录 A AT89C 系列单片机简介	225
8.2.3 AD574A 芯片及其与单片机的接口	191	附录 A.1 AT89C52	225
		附录 A.2 AT89C2051	235
		附录 B 80C51 单片机指令速查表	240
		附录 C ASCII 码表	243
		附录 D 常用芯片引脚	244
		参考文献	245

第1章

绪论

学习目标

- (1) 理解微型计算机的各种应用形态;
- (2) 了解当前市场主流单片机型号及种类;
- (3) 理解单片机应用系统的基本开发方法。

重点内容

- (1) 补码的概念与特点;
- (2) 单片机的嵌入式应用特点;
- (3) 单片机应用系统的开发过程。

1.1 数制与编码的简单回顾

1.1.1 数制

数制 (即计数制, 亦称记数制) 是计数的规则。人们使用最多的是进位计数制, 数的符号在不同的位置上时所代表的数的值不同。

十进制 是人们日常生活中最熟悉的进位计数制。在十进制中, 数用 0, 1, ..., 9 这 10 个符号来描述。计数规则是逢十进一。

二进制 是在计算机系统中采用的进位计数制。在二进制中, 数用 0, 1 这两个符号来描述。计数规则是逢二进一。二进制运算规则简单, 便于物理实现, 但书写冗长, 不便于人们阅读和记忆。二进制数的位可以表示为“0”或“1”这两个值, 它是计算机中数据的最小单位。生活中开关的通与断, 指示灯的亮与灭, 电动机的启与停都可以用它来描述和控制。有些计算机能够存取的最小单位可以到位 (如 80C51 单片机)。

8 个二进制的位构成字节。有些计算机存取的最小单位只能是字节 (B)。1 个字节可以表示 2^8 (即 256) 个不同的值 (0~255)。字节中的位号从右至左依次为 0~7。第 0 位称为最低有效位 (LSB), 第 7 位称为最高有效位 (MSB)。

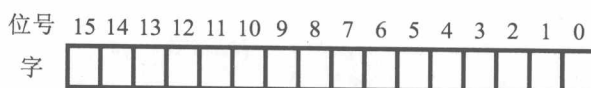
位号 7 6 5 4 3 2 1 0

字节

--	--	--	--	--	--	--	--

当数据值大于 255 时, 就要采用字 (2B) 或双字 (4B) 进行表示。字可以表示 2^{16} (即

65 536) 个不同的值 (0~65 535), 这时 MSB 为第 15 位。



十六进制是人们在计算机指令代码和数据的书写中经常使用的数制。在十六进制中, 数用 0, 1, ..., 9 和 A, B, ..., F (或 a, b, ..., f) 这 16 个符号来描述。计数规则是逢十六进一。由于 4 位二进制数可以方便地用 1 位十六进制数表示, 所以人们对二进制的代码或数据常用十六进制形式缩写。

为了区分数的不同进制, 可在数的结尾以一个字母标识。十进制 (decimal) 数书写时结尾用字母 D (或不带字母); 二进制 (binary) 数书写时结尾用字母 B; 十六进制 (hexadecimal) 数书写时结尾用字母 H。

部分自然数的 3 种进制表示如表 1.1 所示。

表 1.1 部分自然数的 3 种进制表示

自然数	十进制	二进制	十六进制	自然数	十进制	二进制	十六进制
〇	0	0000B	0H	九	9	1001B	9H
一	1	0001B	1H	十	10	1010B	AH
二	2	0010B	2H	十一	11	1011B	BH
三	3	0011B	3H	十二	12	1100B	CH
四	4	0100B	4H	十三	13	1101B	DH
五	5	0101B	5H	十四	14	1110B	EH
六	6	0110B	6H	十五	15	1111B	FH
七	7	0111B	7H	十六	16	1 0000B	10H
八	8	1000B	8H	十七	17	1 0001B	11H

1.1.2 编码

计算机只能识别“0”和“1”这两种状态, 所以在计算机中数以及数以外的其他信息 (如字符或字符串) 要用二进制代码来表示。这些二进制形式的代码称为二进制编码。

一、字符的二进制编码——ASCII 码

字符的编码经常采用的是美国标准信息交换代码 (American Standard Code for Information Interchange, ASCII)。

一个字节的 8 位二进制码可以表示 256 个字符。当最高位为“0”时, 所表示的字符为标准 ASCII 码字符, 共有 128 个, 用于表示数字、英文大写字母、英文小写字母、标点符号及控制字符等, 如附录 C 所示; 当最高位为“1”时, 所表示的是扩展 ASCII 码字符, 表示的是一些特殊符号 (如希腊字母等)。

ASCII 码常用于计算机与外部设备的数据传输。如通过键盘的字符输入, 通过打印机或显示器的字符输出。常用字符的 ASCII 码如表 1.2 所示。

表 1.2 常用字符的 ASCII 码

字 符	ASCII 码	字 符	ASCII 码	字 符	ASCII 码	字 符	ASCII 码
0	30H	A	41H	a	61H	SP(空格)	20H
1	31H	B	42H	b	62H	CR(回车)	0DH
2	32H	C	43H	c	63H	LF(换行)	0AH
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	BEL(响铃)	07H
9	39H	Z	5AH	z	7AH	BS(退格)	08H

注：完整的 ASCII 码表见附录 C；

为便于书写和记忆，表中 ASCII 码已缩写成十六进制形式。

应当注意，字符的 ASCII 码与其数值是不同的概念。如，字符“9”的 ASCII 码是 00111001B（即 39H），而其数值是 00001001B（即 09H）。

在 ASCII 码字符表中，还有许多不可打印的字符，如 CR（回车）、LF（换行）及 SP（空格）等，这些字符称为控制字符。控制字符在不同的输出设备上可能会执行不同的操作（因为没有非常规范的标准）。

二、二进制编码的十进制数——BCD 码

十进制是人们在生活中最习惯的数制，人们通过键盘向计算机输入数据时，常用十进制输入。显示器向人们显示的数据也多为十进制形式。

计算机能直接识别与处理的是二进制数。用 4 位二进制码可以表示 1 位十进制数。这种用二进制码表示十进制数的代码称为 BCD 码。常用的 8421BCD 码如表 1.3 所示。

表 1.3 8421BCD 码表

十 进 制 数	BCD 码	十 进 制 数	BCD 码
0	0000B	5	0101B
1	0001B	6	0110B
2	0010B	7	0111B
3	0011B	8	1000B
4	0100B	9	1001B

由于用 4 位二进制代码可以表示 1 位十进制数，所以采用 8 位二进制代码（1 个字节）就可以表示 2 位十进制数。这种用 1 个字节表示 2 位十进制数的代码，称为压缩的 BCD 码。

相对于压缩的 BCD 码，用 8 位二进制代码表示的 1 位十进制数的编码称为非压缩的 BCD 码。这时高 4 位无意义，低 4 位是 BCD 码。可见，采用压缩的 BCD 码比采用非压缩的 BCD 码节省存储空间。

应当注意，当 4 位二进制码在 1010B~1111B 范围时，则不属于 8421 BCD 码的合法范围，称为非法码。2 个 BCD 码的运算可能出现非法码，这时就要对所得结果进行调整。

1.1.3 计算机中带符号数的表示

一、机器数及其真值

在计算机中，二进制数的数值要用“0”和“1”的编码表示，对于带符号二进制数的正、

负号也要用“0”和“1”的编码来表示，方法是用数（字节、字或双字）的最高位作为符号位。如：

带符号的正数 +100 0101B (+45H)，可以表示成 0100 0101B (45H)；

带符号的负数 -101 0101B (-55H)，可以表示成 1101 0101B (D5H)。

经过这样处理后，带符号的数就可以由计算机识别了。数在计算机内的表示形式称为机器数。而这个数本身称为该机器数的真值。如，上述的“45H”和“D5H”为 2 个机器数，它们的真值分别为“+45H”和“-55H”。

二、原码和反码

对于带符号二进制数（字节、字或双字），直接用最高位表示数的符号，数值用其绝对值表示的形式称为原码。

正数的反码与其原码相同；负数的反码符号位为 1，数值位为其原码数值位逐位取反。如：

带符号正数 +100 0101B，原码为 0100 0101B，反码为 0100 0101B；(45H)

带符号负数 -101 0101B，原码为 1101 0101B，反码为 1010 1010B。(AAH)

可以证明，二进制数采用原码和反码表示时，符号位不能同数值一道参加运算。否则，会得到不正确的结果。

三、补码

在计算机中，对带符号数的运算均采用补码。正数的补码与其原码相同；负数的补码为其反码末位加 1。如：

带符号正数 +100 0101B，反码为 0100 0101B，补码为 0100 0101B (45H)；

带符号负数 -101 0101B，反码为 1010 1010B，补码为 1010 1011B (ABH)。

已知一个负数的补码求其真值的方法是：对该补码求补（符号位不变，数值位取反加 1）即得到该负数的原码（符号位+数值位），依该原码可知其真值。如：

有一负数的补码为 10101011B，对其求补得到 11010101B 为其原码（符号为负，数值为 55H），即真值为-55H。

补码的优点是可以将减法运算转换为加法运算，同时数值连同符号位可以一起参加运算。这非常有利于计算机的实现。如：

$45H - 55H = -10H$ ，用补码运算时可以表示为： $[45H]_{补} + [-55H]_{补} = [-10H]_{补}$

$[45H]_{补}:$ 0 1 0 0 0 1 0 1

$+[-55H]_{补}:$ 1 0 1 0 1 0 1 1

结果: 1 1 1 1 0 0 0 0

结果 1111 0000B 为补码，求补得到原码为：1001 0000B，真值为 -001 0000B（即-10H）。

几个典型的带符号数的 8 位编码如表 1.4 所示。

表 1.4 几个典型的带符号数据的 8 位编码表

真 值	原 码	反 码	补 码
+127	01111111B	01111111B	01111111B (7FH)
+1	00000001B	00000001B	00000001B (01H)
+0	00000000B	00000000B	00000000B (00H)

续表

真 值	原 码	反 码	补 码
-0	1000000B	1111111B	0000000B (00H)
-1	1000001B	1111110B	1111111B (FFH)
-127	1111111B	1000000B	1000001B (81H)
-128	—	—	1000000B (80H)

由表可见，采用反码时，“0”有2种表示方式，即有“+0”和“-0”之分，单字节表示的范围是：-127~+127；而采用补码时，“0”只有一种表示方式，单字节表示的范围是：-128~+127。

1.2 电子计算机的发展概述

1.2.1 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 秒钟的时间内完成 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。运算器与控制器合称为中央处理器 (CPU)。如图 1.1 所示。

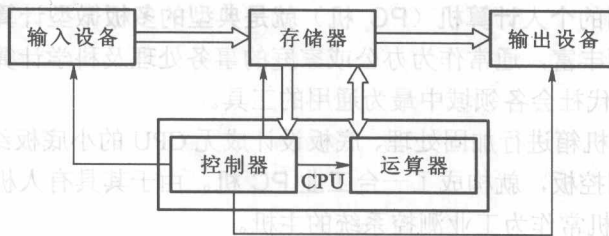


图 1.1 电子计算机的经典结构

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 5 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。

1.2.2 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，英特尔公司的特德·霍夫在与日本商业通讯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 3 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（即 CPU），称为微处理器。

微处理器、存储器和 I/O 接口电路构成微型计算机。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。

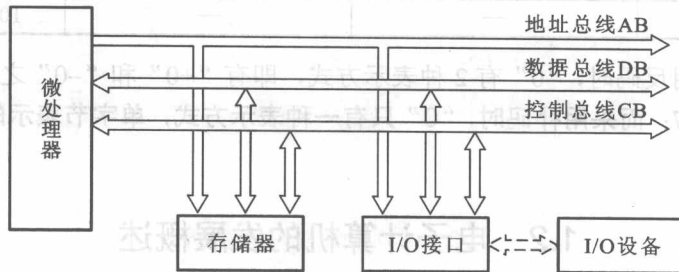


图 1.2 微型计算机的组成

在微型计算机基础上，再配以系统软件、I/O 设备便构成了完整的微型计算机系统，人们将其简称为微型计算机。

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 3 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他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 PC 机已经成为当代社会各领域中最为通用的工具。

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）等装配在一块印刷电路板上，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 3 种应用形态的比较。

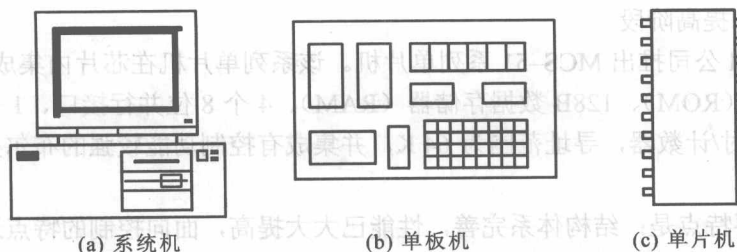


图 1.3 微型计算机的 3 种应用形态

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的最为常用技术手段，学习和掌握单片机应用技术具有极其重要的现实意义。

综上所述，微型计算机技术的发展正趋于两个方向，一是以系统机为代表的通用计算机，致力于提高计算机的运算速度，在实现海量高速数据处理的同时兼顾控制功能；二是以单片机为代表的嵌入式专用计算机，致力于计算机控制功能的片内集成，在满足嵌入式对象的测控需求的同时兼顾数据处理。

1.3 单片机的发展过程及产品近况

1.3.1 单片机的发展过程

单片机技术发展十分迅速，产品种类琳琅满目。纵观整个单片机技术发展过程，可以分为以下 3 个主要阶段：

一、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、1 KB 程序存储器（ROM）、64 B 数据存储器（RAM）、27 根 I/O 线和 1 个 8 位定时/计数器。

此阶段的主要特点是：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。

二、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。

三、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。

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到单片机中, 生产出了多种功能强大、使用灵活的新一代80C51系列单片机。

此阶段的主要特点是: 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。

1.3.2 单片机产品近况

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。

一、80C51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, 80C51的系统结构合理、技术成熟。因此, 许多单片机芯片生产厂商倾力于提高80C51单片机产品的综合功能, 从而形成了80C51的主流产品地位。近年来推出的与80C51兼容的主要产品有:

- ATMEL公司融入Flash存储器技术推出的AT89系列单片机;
- Philips公司推出的80C51、80C552系列高性能单片机;
- 华邦公司推出的W78C51、W77C51系列高速低价单片机;
- ADI公司推出的ADuC8xx系列高精度ADC单片机;
- LG公司推出的GMS90/97系列低压高速单片机;
- MAXIM公司推出的DS89C420高速(50MIPS)单片机;
- Cygnal公司推出的C8051F系列高速SOC单片机等。

由此可见, 80C51已经成为事实上的单片机主流系列, 所以本书以80C51为对象讲述单片机的原理与应用技术。

二、非80C51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80C51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80C51结构