



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

单片机原理及应用技术

(第3版)

李全利 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

单片机原理及应用技术

(第3版)

李全利 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)。本书系统地介绍了 80C51 系列单片机的原理及应用技术,较好地体现了应用型人才的培养要求,具有以下特点:

1. 着力片上资源、强化编程训练。尽管新型单片机芯片不断推出,但片上基本资源仍保持稳定。掌握单片机技术就是用程序调度单片机资源工作,本书仍以汇编语言为主要编程工具讲述程序的设计方法与技巧,并将 μ Vision 软件的学习与运用贯穿于课程的始终。

2. 适合教师讲授、易于学生阅读。本书选材规范,通俗易懂,各章均配有小结和思考题,配有 9 个实训项目,并为教师提供配套课件及全部习题答案(含上机验证的源程序)。

另外,本书注意反映当代单片机技术的发展,适当介绍了串行接口芯片及 C51 语言的基本知识,有助于学生进一步的学习和提高。

本书可以作为高职高专自动化、计算机、电气技术、应用电子技术以及机电一体化等专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术/李全利主编.—3版.—北京:高等教育出版社,2009.1

ISBN 978-7-04-025088-6

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(2008)第 180864 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 魏芳 封面设计 张志奇 责任绘图 尹莉
版式设计 王艳红 责任校对 李凤玲 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
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
印张 18.5
字数 450 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2001 年 7 月第 1 版
2009 年 1 月第 3 版
印次 2009 年 1 月第 1 次印刷
定价 25.30 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 25088-00

前 言

Intel公司于1980年推出的MCS-51单片机具有业界公认的经典结构,由于众多知名半导体厂商的积极参与和不断创新,它已经发展成为拥有众多产品型号的80C51单片机家族。

单片机应用技术的教学体系在不断完善,已形成了以应用为导向的教学体系。本书在保持前两版风格的基础上进行了修订,并从以下几个方面进一步提高实用性:

1. 着力片上基本资源

近年来各半导体厂商不断地推出单片机新型芯片,但片上基本资源仍保持稳定。所以,着力于单片机片上基本资源的讲述,仍是本书的基本出发点。

2. 强化编程技能训练

单片机的应用,从本质上讲就是由对其片上资源的熟知,进而完成对这些资源的灵活支配。因此,汇编语言的学习是掌握单片机技术的必由之路。所以本书仍以汇编语言为工具讲述程序设计的方法,并将 μ Vision软件作为技能训练的基本工具。

3. 体现当代技术发展

串行接口芯片的使用是单片机系统设计的趋势。本书在讲述基本接口芯片的同时,适当地介绍了几种串行接口芯片。C51虽已流行,但初学者学习的重点仍是汇编语言,本书单辟一章介绍C51基本知识,在为有余力的同学提供帮助的同时也便于教师教学取舍。

4. 适合教师课堂讲授

本书编写的目的是作为单片机基础教材,讲述内容都是初学者必须掌握的基本知识。教师使用本教材时不会出现较多内容略而不讲使学生茫然的情况。各章均配有小结和思考题,配有9个实训项目,并向教师提供配套课件及全部习题答案(含验证的源程序)。

5. 易于学生阅读理解

本书力求易于学生阅读理解,在编写上注意层次分明,语言简练。对于需要提醒的知识点,本书有明显的提示信息。对于难于理解的知识点,本书均利用图示进行了详细的讲解。

本书由李全利主编。吴勃为副主编并编写了第3章、第4章和第5章,梁冰茹编写了第6章和第7章,崔洋编写了第8章和第9章,其余内容由李全利编写并统稿。哈尔滨理工大学仲伟峰教授认真细致地审阅了全部书稿并提出了宝贵的意见,在此表示由衷的感谢。

针对内容典型、注重应用的目标,编者进行了许多思考和努力。但由于编者水平有限,本书一定存在着许多不尽如人意之处,敬请读者提出宝贵意见和建议。选用本书的教师可凭书后免费电子教案申请表向高等教育出版社免费索取电子教案及习题答案等教学资源。

若对本书有疑问和建议,可与编者联系。编者E-mail:liquanli@163.com。

编 者
2008年10月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.2.1 80C51 的基本结构	20
1.1 数制与编码的简单回顾	1	2.2.2 80C51 的应用模式	21
1.1.1 数制	1	2.3 80C51 典型产品资源配置与引	
1.1.2 编码	2	脚封装	22
1.1.3 计算机中带符号数的表示	4	2.3.1 80C51 典型产品资源配置	22
1.2 电子计算机概述	5	2.3.2 80C51 单片机的封装和引脚	23
1.2.1 电子计算机的经典结构	5	2.4 80C51 单片机的 CPU	24
1.2.2 微型计算机的组成及其应用形态	6	2.4.1 CPU 的功能单元	24
1.3 单片机的发展过程及产品近况	7	2.4.2 CPU 的时钟与时序	26
1.3.1 单片机的发展过程	7	2.4.3 80C51 单片机的复位	29
1.3.2 单片机产品近况	8	2.5 80C51 的存储器组织	30
1.4 单片机的特点及应用领域	9	2.5.1 80C51 单片机的程序存储器	
1.4.1 单片机的特点	9	配置	31
1.4.2 单片机的应用领域	9	2.5.2 80C51 单片机的数据存储器	
1.5 单片机应用系统开发过程	10	配置	33
1.5.1 应用系统的开发	10	2.5.3 80C51 单片机的特殊功能寄存	
1.5.2 开发过程	11	器(SFR)	36
1.5.3 单片机开发技术的进展	12	2.6 80C51 的并行口结构与操作	38
1.6 μVision 集成开发环境简介	12	2.6.1 P0 口、P2 口的结构	38
1.6.1 μ Vision 的界面	12	2.6.2 P1 口、P3 口的结构	41
1.6.2 目标程序的生成	12	2.6.3 并行口驱动简单外设	42
1.6.3 仿真调试	14	本章小结	46
1.6.4 示例步骤	15	思考题及习题	47
本章小结	15	实训二 片上资源认知实训	47
思考题及习题	16		
实训一 应用系统开发过程演示	16		
		第 3 章 80C51 的指令系统	49
第 2 章 80C51 的结构和原理	19	3.1 指令格式及常用符号	49
2.1 80C51 系列概述	19	3.1.1 机器指令的字节编码形式	49
2.1.1 MCS-51 系列	19	3.1.2 符号指令的书写格式	51
2.1.2 80C51 系列	20	3.2 80C51 的寻址方式	52
2.2 80C51 的基本结构与应用模式	20	3.2.1 寄存器寻址	52
		3.2.2 直接寻址	53

3.2.3 寄存器间接寻址	54	4.1.2 程序编制的方法和技巧	88
3.2.4 立即寻址	54	4.1.3 汇编语言的语句格式	89
3.2.5 变址寻址	55	4.2 源程序的编辑与汇编	90
3.2.6 相对寻址	55	4.2.1 源程序的编辑与汇编	90
3.2.7 位寻址	56	4.2.2 伪指令	93
3.3 数据传送类指令(29条)	57	4.3 基本程序结构	96
3.3.1 一般传送指令	57	4.3.1 顺序程序	96
3.3.2 特殊传送指令	59	4.3.2 分支程序	96
3.4 算术运算类指令(24条)	64	4.3.3 循环程序	98
3.4.1 加法	65	4.4 子程序及其调用	100
3.4.2 减法	67	4.4.1 现场保护与恢复	100
3.4.3 乘法	68	4.4.2 参数传递	101
3.4.4 除法	68	4.4.3 常用子程序示例	103
3.5 逻辑运算与循环类指令 (24条)	69	4.5 简单I/O设备的应用程序 设计	111
3.5.1 逻辑与	70	4.5.1 独立式键盘与LED显示示例	111
3.5.2 逻辑或	70	4.5.2 矩阵式键盘与LED显示示例	115
3.5.3 逻辑异或	70	本章小结	120
3.5.4 累加器清0和取反	71	思考题及习题	121
3.5.5 累加器循环移位	71	实训四 程序设计与硬件仿真实训 ..	121
3.6 控制转移类指令(17条)	73	第5章 80C51的中断系统及 定时/计数器	126
3.6.1 无条件转移	73	5.1 80C51单片机的中断系统	126
3.6.2 条件转移	76	5.1.1 80C51中断系统的结构	126
3.6.3 调用与返回	77	5.1.2 80C51的中断源	128
3.6.4 空操作	77	5.1.3 80C51中断的控制	129
3.7 位操作类指令(17条)	79	5.2 80C51单片机中断处理过程	130
3.7.1 位传送	80	5.2.1 中断响应条件和时间	130
3.7.2 位状态设置	80	5.2.2 中断响应过程	132
3.7.3 位逻辑运算	80	5.2.3 中断返回	132
3.7.4 位判跳(条件转移)	81	5.2.4 中断程序举例	132
本章小结	82	5.3 80C51单片机的定时/计数器 ..	135
思考题及习题	83	5.3.1 定时/计数器的结构和工作 原理	135
实训三 指令与寻址方式认知实训	84	5.3.2 定时/计数器的控制	136
第4章 80C51的汇编语言程序 设计	87	5.3.3 定时/计数器的工作方式	137
4.1 程序编制的方法和技巧	87	5.3.4 定时/计数器用于外部中断	
4.1.1 程序编制的步骤	87		

扩展	140	输出	186
5.3.5 定时/计数器应用举例	141	7.3 81C55 接口芯片及其应用	188
5.4 80C52 的定时/计数器 T2	145	7.3.1 81C55 的结构及工作方式	188
5.4.1 T2 的相关控制寄存器	145	7.3.2 81C55 的接口方法	192
5.4.2 T2 的工作方式	146	7.4 I²C 总线接口及其扩展	196
本章小结	149	7.4.1 I ² C 总线基础	196
思考题及习题	150	7.4.2 80C51 的 I ² C 总线时序模拟	199
实训五 中断与定时/计数器实训	150	7.4.3 80C51 与 AT24C02 的接口	201
 		本章小结	205
第 6 章 80C51 单片机的串行口	152	思考题及习题	206
6.1 计算机串行通信基础	152	实训七 串行存储器扩展实训	206
6.1.1 串行通信的基本概念	153		
6.1.2 串行通信接口标准	156	 	
6.2 80C51 单片机的串行口	159	第 8 章 80C51 单片机的模拟量	
6.2.1 80C51 串行口的结构	159	接口	208
6.2.2 80C51 串行口的控制寄存器	159	8.1 D/A 转换器及其与单片机的	
6.2.3 80C51 串行口的工作方式	161	接口	208
6.2.4 80C51 波特率确定与初始化	164	8.1.1 DAC0832 芯片主要特性与	
步骤	164	结构	208
6.3 80C51 单片机的串行口应用	165	8.1.2 DAC0832 与单片机的接口	210
6.3.1 利用单片机串口的并行 I/O	165	8.2 A/D 转换器及其与单片机的	
扩展	165	接口	212
6.3.2 单片机与单片机间的通信	165	8.2.1 ADC0809 芯片及其与单片机的	
6.3.3 单片机与 PC 机间的通信	170	接口	212
本章小结	174	8.2.2 AD574A 芯片及其与单片机的	
思考题及习题	175	接口	216
实训六 串行接口实训	176	8.2.3 串行 A/D 转换器 TLC0831 及	
		其与单片机的接口	220
		本章小结	222
		思考题及习题	222
		实训八 模拟量输入接口实训	222
第 7 章 80C51 单片机的系统		第 9 章 80C51 单片机的 C 语言	
扩展	178	程序设计	224
7.1 存储器的扩展	178	9.1 单片机 C 语言概述	224
7.1.1 程序存储器的扩展	178	9.1.1 C51 程序开发过程	224
7.1.2 数据存储器的扩展	181	9.1.2 C51 程序结构	225
7.2 输入/输出及其控制方式	184	9.2 C51 的数据类型与运算	226
7.2.1 输入/输出接口的功能	184	9.2.1 C51 的数据类型	226
7.2.2 单片机与 I/O 设备的数据传送	185		
方式	185		
7.2.3 单片机扩展 TTL 芯片的输入/			

9.2.2	C51 数据的存储器类型	227	10.1.2	系统设计的步骤	246
9.2.3	80C51 硬件结构的 C51 定义	228	10.2 提高系统可靠性的一般方法	247	
9.2.4	C51 的运算符和表达式	230	10.2.1	电源干扰及其抑制	247
9.3 C51 流程控制语句	232		10.2.2	地线干扰及其抑制	249
9.3.1	C51 选择语句	232	10.2.3	其他提高系统可靠性的方法	249
9.3.2	C51 循环语句	233	10.3 数据采集系统的设计	251	
9.4 C51 的指针类型	234		10.3.1	模拟输入通道的组成	251
9.4.1	一般指针	234	10.3.2	设计示例	252
9.4.2	基于存储器的指针	235	10.4 智能二线制温度变送器设计		
9.5 C51 的函数	235		实例	254	
9.5.1	C51 函数的定义	235	10.4.1	智能温度变送器简介	254
9.5.2	C51 函数的调用与参数传递	236	10.4.2	硬件设计	255
9.5.3	C51 的库函数	236	10.4.3	软件设计	259
9.6 C51 编程实例	237		本章小结	264	
9.6.1	80C51 内部资源的编程	237	思考题及习题	265	
9.6.2	80C51 扩展资源的编程	239			
本章小结	241		附录 A 80C51 单片机指令速		
思考题及习题	241		查表	266	
实训九 C51 程序设计实训	242		附录 B C51 相关资源	270	
第 10 章 80C51 应用系统设计			附录 C ASCII 码表	281	
方法	245		附录 D 常用芯片引脚	282	
10.1 单片机应用系统设计过程	245		参考文献	283	
10.1.1	系统设计的基本要求	245			

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

数制是计数的规则。人们通常使用的是进位计数制。在进位计数制中表示数的符号处于不同的位置时所代表的数的值是不同的。

十进制是人们生活中普遍使用的计数制。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使用的计数制。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 

当数值大于 255 时,要采用字(2 B)或双字(4 B)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与软件工具的显示中经常使用的数制。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 位二进制数可以直观地用 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

在单片机的程序设计中,有时要用到十进制到十六进制的转换。下面以一个示例说明一下十进制到十六进制的转换方法。

【例 1-1】 若有一个十进制数为 55 536,试将其用十六进制表示。

解:十进制到十六进制的转换的基本方法是:除 16 取余。由于:


$$55\ 536/16=3\ 471\ \text{余}\ 0$$

$$3\ 471/16=216\ \text{余}\ F$$

$$216/16=8\ \text{余}\ D$$

$$8/16=0\ \text{余}\ 8$$

因此,十进制数 55 536 的十六进制表示为:8DF0H。

 注意取余的顺序(由后向前)。

1.1.2 编码

计算机只能对 0 和 1 进行识别,所以在计算机中数以外的其他信息(如字符或字符串)也要

用二进制编码来表示。

一、字符的编码(ASCII 码)

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

一个字节的 8 位编码可以表示 256 种字符。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字符传输。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。

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 0011 1001B(即 39H);而其数值是 0000 1001B(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,这些字符称为控制符。控制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、十进制数的编码(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编码。用 4 位二进制编码可以表示 1 位十进制数。这种用二进制编码表示十进制数的代码称为 BCD 码。常用的 8421BCD 编码如表 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 位十进制数的编码,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**。此时高 4 位为 0000,低 4 位是 BCD 编码。与非压缩的 BCD 码相比,压缩的 BCD 码可以节省存储空间。若 4 位编码在 1010B~1111B 范围时,不属于 BCD 码的合法范围,称为**非法码**。2 个 BCD 码进行算术运算时可能出现非法码,这时要对运算的结果进行调整。

1.1.3 计算机中带符号数的表示

一、原码、机器数及其真值

在计算机中,数的值用其绝对值表示,最高位作为符号位,用 0 表示正号,用 1 表示负号,这种表示方法称为数的**原码表示法**,如:

正数+100 0101B(即+45H),原码为:0100 0101B(即 45H);

负数-101 0101B(即-55H),原码为:1101 0101B(即 D5H)。

经这样表示后,该带符号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、反码

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:

正数+100 0101B,原码为 0100 0101B(即 45H),反码为 0100 0101B(即 45H);

负数-101 0101B,原码为 1101 0101B(即 D5H),反码为 1010 1010B(即 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起参加运算。否则,会得到不正确的结果。

三、补码

在计算机中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:

正数+100 0101B,反码为 0100 0101B(即 45H),补码为 0100 0101B(即 45H);

负数-101 0101B,反码为 1010 1010B(即 AAH),补码为 1010 1011B(即 ABH)。

由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),由该原码可知其真值。如:

有一负数的补码为 1010 1011B,对其求补得到 1101 0101B 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,且符号位可以连同数值位一起运算。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: $[45H]_{补} + [-55H]_{补} = [-10H]_{补}$

$$\begin{array}{r}
 [45H]_{补}: \quad 0100\ 0101 \\
 +[-55H]_{补}: \quad 1010\ 1011 \\
 \hline
 \text{结果:} \quad 1111\ 0000 \leftarrow \text{“-10H”的补码}
 \end{array}$$

对结果再求补,得到原码为:1001 0000B,所以真值为 -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

数的真值	原 码	反 码	补 码
+127	0111 1111B	0111 1111B	0111 1111B(7FH)
+1	0000 0001B	0000 0001B	0000 0001B(01H)
+0	0000 0000B	0000 0000B	0000 0000B(00H)
-0	1000 0000B	1111 1111B	
-1	1000 0001B	1111 1110B	1111 1111B(FFH)
-127	1111 1111B	1000 0000B	1000 0001B(81H)
-128	—	—	1000 0000B(80H)

由表 1.4 可见,采用补码表示有符号数时,单字节表示的范围是: +127 ~ -128 (对应 7FH ~ 80H)。由于 2 个有符号数加减时,结果可能超过此范围(溢出)而使符号位发生错误。所以编写有符号数据运算程序时要对此种情况进行判断(测试 OV 标志)并进行相应的处理。

1.2 电子计算机概述

1.2.1 电子计算机的经典结构

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,数学家冯·诺依曼在方案的设计上做出了重要的贡献,并在 1946 年 6 月又提出了“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),电子计算机的经典结构如图 1.1 所示。

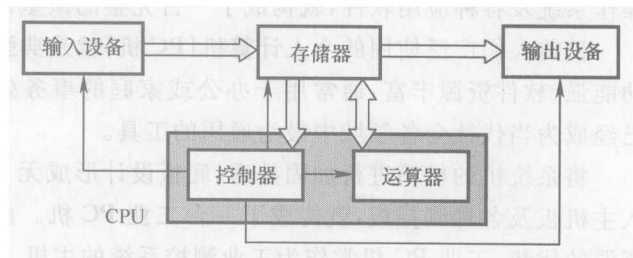


图 1.1 电子计算机的经典结构

计算机的发展,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(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。

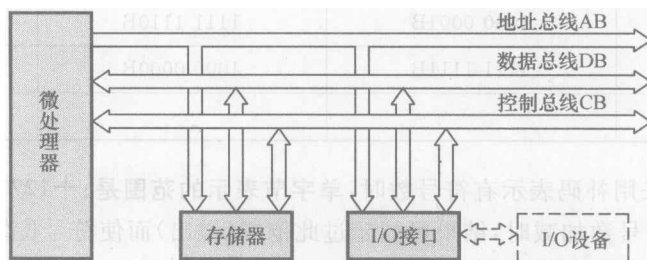


图 1.2 微型计算机的组成

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,再配上操作系统及各种应用软件,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,通常用于办公或家庭的事务处理及科学计算,属于通用计算机。PC机已经成为当代社会各领域中最通用的工具。

将系统机的机箱进行加固处理、底板设计形成无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。由于其具有友好的人机界面和丰富的软件资源的优势,工业PC机常作为工业测控系统的主机。

2. 单板机

计算机应用的早期,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。这种单板机结构简单,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。

现在人们将嵌入式处理器芯片、存储器芯片及I/O接口芯片制作成工业测控模板,嵌入到

工业装置或设备中,如 DG931X。这种形式的单板机控制功能强,适合于复杂的测控系统。

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。将其配以晶振和复位电路后就可以形成简单的应用系统。

图 1.3 为微型计算机三种应用形态的比较。

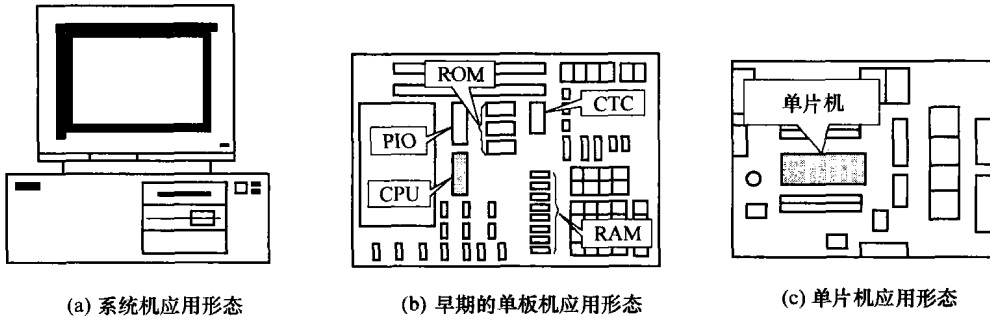


图 1.3 微型计算机的三种应用形态

计算机设计的原始目的是为了提高计算数据的速度和完成海量数据计算。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 ARM)、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、控制功能强,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。

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,产品种类已琳琅满目。纵观整个单片机技术发展过程,可以分为以下三个主要阶段:

一、单片形成阶段

1976 年,Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机。基本型产品在片内集成有:

- 8 位 CPU;
- 1 KB 程序存储器(ROM);

- 64 B 数据存储器(RAM);
- 1 个 8 位定时/计数器;
- 2 个中断源。

此阶段的主要特点是:在单个芯片内完成了 CPU、存储器、I/O 接口等部件的集成;但存储器容量较小,寻址范围小(不大于 4 KB),无串行接口,指令系统功能不强。

二、结构成熟阶段

1980 年,Intel 公司推出 MCS-51 系列单片机。基本型产品在片内集成有:

- 8 位 CPU;
- 4 KB 程序存储器(ROM);
- 128 B 数据存储器(RAM);
- 2 个 16 位定时/计数器;
- 5 个中断源,2 个优先级;
- 1 个全双工串行口。


此阶段的主要特点是:存储器容量增加,寻址范围扩大(64 KB),结构体系成熟。现在, MCS-51 已成为公认的单片机经典机种。

三、性能提高阶段

近年来,各半导体厂商不断推出新型单片机芯片,典型的产品如 ATMEL 的 AT89C51RD2 单片机,在片内集成有:

- 8 位 CPU;
- 64 KB 程序存储器(Flash),具有 ISP 能力;
- 256 B 的 RAM+1 KB 的 XRAM+ 2 KB E²PROM;
- 3 个 16 位定时/计数器;
- 7 个中断源,4 个优先级;
- 1 个全双工串行口;
- 硬件 Watchdog Timer 等。

此阶段的主要特点是:控制性能优异、种类繁多。现在,单片机芯片市场已经呈现出百花齐放、欣欣向荣的局面。

 “微控制器”的称谓更能反映单片机的内在本质。

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:

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 位乃至 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。

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致力于提高 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 AD μ C8 $\times\times$ 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(50 MIPS)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接口方法。

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 结构的产品,影响比较大的有:

- Intel 公司推出的 MCS-96 系列 16 位单片机；
- Microchip 公司推出的 PIC 系列 RISC 结构单片机；
- TI 公司推出的 MSP430F 系列 16 位低电压、低功耗单片机；
- ATMEL 公司推出的 AVR 系列 RISC 结构单片机等。

1.4 单片机的特点及应用领域

1.4.1 单片机的特点

一、结构上突出控制功能

单片机是为满足工业控制而设计的,所以控制功能特别强。其 CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作,位控能力更是其他计算机无法比拟的。由于 CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内,各部件间的连接紧凑,数据在传送时不易受工作环境的影响,所以用单片机设计的产品可靠性较高。

近期推出的单片机产品,内部集成有高速 I/O 口、ADC、PWM、WDT 等部件,并在低电压、低功耗、串行扩展总线、控制网络总线和开发方式(如在系统编程 ISP)等方面都有了进一步的增强。

二、使用上易于产品设计

单片机价格低,适合于大批量低成本的产品设计;单片机品种和型号多,适于广泛的应用领域;单片机的引脚少(有的引脚已减少到 8 个或更少)、体积小,从而使应用系统的印制电路板体积减小,使产品结构灵活精巧。

在现代的各种电子器件中,单片机具有极优的性能价格比。这正是单片机得以广泛应用的重要原因。

1.4.2 单片机的应用领域

由于单片机具有良好的控制性能和灵活的嵌入品质,近年来单片机在各种领域都获得了极