

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG JISHU

单片机原理及应用技术

张淑清 等 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

河北省精品课程教材

单片机原理及应用技术

张淑清 张立国 胡春海 金海龙 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

全书内容包括:MCS-51 单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计等基础知识;定时器/计数器、串行接口、中断控制等功能的实现技术;存储器扩展、I/O 接口扩展、人机接口技术以及输入输出通道的扩展等应用技术;可靠性设计、应用系统设计要点以及单片机应用设计实例。附录 1、附录 2、附录 3 分别给出 MCS-51 单片机的指令表、码制转换子程序以及运算符程序,便于读者查询和使用。

本书突出内容的系统性、实用性和典型性,理论联系实际,可作为工科高等院校及高职院校的师生学习 MCS-51 单片机课程的教材,也适于自学,可供从事仪器仪表、测试、自动控制、机电液一体化等工作的工程技术人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术 / 张淑清等编著. —北京:
国防工业出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-118-06995-2

I. ①单... II. ①张... III. ①单片微型计算机
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 162157 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 391 千字
2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

作为微型计算机的一个重要分支,单片机自 20 世纪 70 年代问世以来在工业控制、机电一体化、家电等领域的应用越来越普遍。社会对掌握单片机应用技术人才的需求越来越多,相应的单片机技术的开发应用也逐渐成为高等院校仪器仪表、数控、电气自动化以及机电一体化等专业学生必须掌握的技术之一。

目前单片机的品种很多,最具典型性的是 Intel 公司的 MCS - 51 系列单片机。世界各大公司以 MCS - 51 单片机基本内核为核心的各种扩展型、增强型的新型单片机不断推出。MCS - 51 单片机是一种通用型的 8 位单片机,性价比较高,具有品种全、功能强、硬件资源丰富等特点,在我国已经得到广泛的应用。

本书系统性介绍了 MCS - 51 单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计等基础知识;详述了 MCS - 51 单片机定时器/计数器、串行通信以及中断系统的功能及应用;在此基础上,对单片机应用系统设计中的各种扩展技术作了详尽讲述,包括存储器扩展技术、I/O 接口扩展技术、人机交互设备、信号输入输出通道扩展技术等;介绍了应用系统设计中的可靠性技术、应用系统设计要点及设计过程,以几个工程应用为实例完成硬件电路和软件设计。每章给出结合工程实践的例题及习题。实现知识的全面性和连贯性,做到理论与实践内容相结合。

本书是河北省精品课程“单片机原理及应用”教材,是作者在长期从事单片机原理及应用的教学和科研实践的基础上编著的。各章内容在深入了解单片机工作原理的基础上,选用带有趣味性和工程实践性的实例,使读者轻松掌握单片机的应用技术。本书不仅是一本教科书和教学参考书,而且可作为计算机应用、智能仪器仪表、自动控制等专业工程技术人员及有关科技工作者的技术参考书。

本书由张淑清主编。其中张淑清编写第 1 章至第 7 章;张立国编写第 8 章至第 10 章以及附录 1 至附录 3;胡春海编写第 11 章;金海龙编写第 12 章和第 13 章。

感谢参考文献的作者为本书的编写提供了大量的素材。金梅、赵玉春、杨瑾、上官寒露等参加了本书大量的程序调试和实验工作,并为本书做了许多编写校对工作;孟宗、赵立兴、陈志旺、郑成博、刘剑鸣、闫朝阳等为本书的编写提出了许多宝贵的意见。在此对他们的大力支持表示衷心的感谢!

编 者
2010 年 8 月

目 录

第 1 章 单片微型计算机基础	1
1.1 微型计算机基础	1
1.1.1 微型计算机基本结构	1
1.1.2 微型计算机系统的主要指标	2
1.1.3 微型计算机的运算基础	3
1.2 单片微型计算机	7
1.2.1 单片机的特点	7
1.2.2 单片机的发展历史	7
1.2.3 单片机的发展趋势	8
1.2.4 单片机的应用领域	9
1.2.5 MCS-51 单片机	10
习题	11
第 2 章 MCS-51 单片机的硬件结构与基本配置电路	12
2.1 MCS-51 单片机的总体结构	12
2.1.1 MCS-51 单片机的外部结构	12
2.1.2 MCS-51 单片机内部结构	13
2.2 MCS-51 单片机微处理器	14
2.2.1 运算器	14
2.2.2 控制器及其配置电路	14
2.3 MCS-51 单片机存储器	17
2.3.1 程序存储器	17
2.3.2 内部数据存储器	18
2.3.3 外部数据存储器	23
2.4 MCS-51 的输入/输出	23
习题	24
第 3 章 MCS-51 单片机的汇编语言指令	26
3.1 指令及指令系统概念	26
3.2 MCS-51 指令系统的寻址方式	27
3.2.1 寄存器寻址	27
3.2.2 直接寻址	27
3.2.3 寄存器间接寻址	28
3.2.4 立即寻址	28

3.2.5	基址寄存器加变址寄存器间接寻址	28
3.3	MCS-51 单片机指令系统	28
3.3.1	数据传送类指令	29
3.3.2	算术操作类指令	31
3.3.3	逻辑运算类指令	34
3.3.4	控制转移类指令	36
3.3.5	位操作类指令	39
3.4	伪指令	41
	习题	42
第4章	MCS-51 单片机汇编语言程序设计	44
4.1	汇编语言程序的基本结构形式	44
4.2	顺序结构程序设计	44
4.3	分支结构程序设计	47
4.3.1	单分支程序设计	47
4.3.2	多分支程序设计	47
4.3.3	分支结构程序设计实例	48
4.4	循环结构程序设计	50
4.4.1	单循环	50
4.4.2	多重循环	51
4.5	子程序的设计	52
4.5.1	子程序结构	52
4.5.2	子程序调用	52
4.6	程序设计应用实例	54
	习题	58
第5章	MCS-51 单片机的定时器/计数器	60
5.1	定时器/计数器结构	60
5.2	定时器/计数器工作原理	60
5.3	定时器/计数器的控制	61
5.3.1	定时器/计数器方式控制寄存器 TMOD	61
5.3.2	定时器/计数器控制寄存器 TCON	62
5.4	定时器/计数器的工作方式	63
5.4.1	工作方式 0	63
5.4.2	工作方式 1	63
5.4.3	工作方式 2	64
5.4.4	工作方式 3	64
5.5	定时器/计数器的精度	65
5.5.1	定时精度	65
5.5.2	计数精度	66
5.6	定时器/计数器的程序设计及应用实例	66

5.6.1	定时器/计数器初值的确定	67
5.6.2	定时器/计数器最大定时时间	67
5.6.3	定时器/计数器程序设计实例	67
习题	.....	73
第6章	MCS-51 单片机的串行通信接口	74
6.1	串行通信基础	74
6.1.1	并行通信与串行通信	74
6.1.2	串行通信的方式	74
6.1.3	串行通信的数据传输形式	75
6.1.4	波特率	75
6.2	MCS-51 单片机串行通信接口的基本结构	76
6.2.1	串行口发送器和接收器 SBUF	76
6.2.2	串行口控制寄存器 SCON	76
6.2.3	特殊功能寄存器 PCON	78
6.2.4	波特率发生器(定时器/计数器 T1)	78
6.3	串行口的工作方式	79
6.3.1	工作方式 0	79
6.3.2	工作方式 1	79
6.3.3	工作方式 2 和工作方式 3	81
6.4	串行口的程序设计及应用实例	82
6.4.1	工作方式 0 实现并行输入/输出扩展	82
6.4.2	工作方式 1 实现异步通信	84
6.4.3	工作方式 2、3 附加的第 9 位——奇偶校验	85
6.4.4	工作方式 2、3 附加的第 9 位——多机通信	86
6.5	串行通信接口设计	87
6.5.1	TTL 电平通信接口	88
6.5.2	标准串行通信接口 RS-232C	88
6.5.3	串行通信接口 RS-423	90
6.5.4	串行通信接口 RS-422	90
6.5.5	串行通信接口 RS-485	91
习题	.....	92
第7章	MCS-51 单片机的中断控制系统	93
7.1	中断的相关概念	93
7.2	MCS-51 单片机中断系统结构	94
7.2.1	中断请求源与中断源寄存器 TCON、SCON	94
7.2.2	中断控制与中断控制寄存器 IE、IP	96
7.3	中断的处理过程	97
7.3.1	中断响应	97
7.3.2	中断服务	99

7.3.3	中断返回	99
7.4	多外部中断源系统设计	101
7.4.1	用定时器/计数器扩展外部中断源	101
7.4.2	中断和查询结合的方法	101
7.4.3	用优先权编码器扩展外部中断源	102
7.5	中断系统的程序设计与应用实例	104
	习题	109
第8章	MCS-51 单片机的存储器扩展技术	111
8.1	MCS-51 单片机扩展系统的基本电路	111
8.1.1	MCS-51 单片机扩展的必要性	111
8.1.2	单片机扩展系统的总线配置	111
8.1.3	地址锁存器	112
8.1.4	MCS-51 单片机扩展接口的编址方法	114
8.2	程序存储器的扩展	114
8.2.1	紫外光擦除可编程的 EPROM 程序存储器的扩展	114
8.2.2	电擦除可编程的 E ² PROM 程序存储器的扩展	125
8.2.3	Flash 存储芯片介绍	130
8.3	数据存储器的扩展	130
8.3.1	常用的 SRAM 芯片	131
8.3.2	单片机与静态数据存储器的接口	132
8.4	单片机与外部数据存储器(或 I/O 芯片)数据交换	134
8.5	超过 64KB 的外部数据存储空间的扩展	134
8.6	扩展存储器(I/O 口)接口电路综合应用实例	137
	习题	139
第9章	MCS-51 单片机的 I/O 接口扩展技术	141
9.1	简单的 I/O 口扩展	141
9.1.1	用锁存器 74LS377 扩展 8 位并行输出口	141
9.1.2	利用 74LS373 扩展 8 位并行输入口	141
9.1.3	MCS-51 单片机与总线驱动器的接口	143
9.2	扩展可编程并行 I/O 芯片 8255A	144
9.2.1	8255A 芯片介绍	144
9.2.2	8255A 接口芯片的应用	149
9.3	扩展可编程 RAM/IO 芯片 8155H	150
9.3.1	8155H 的芯片介绍	150
9.3.2	8155H 接口芯片的应用	154
	习题	157
第10章	人机交互设备的扩展技术	158
10.1	LED 显示器的扩展	158
10.1.1	LED 显示器结构及显示段码	158

10.1.2	LED 显示器的控制方式	159
10.2	键盘接口的扩展	162
10.2.1	按键的状态输入及去抖动	163
10.2.2	单片机对非编码键盘的扫描方式	163
10.2.3	独立式键盘及其接口	164
10.2.4	矩阵式键盘及其接口	165
10.2.5	利用专用 I/O 芯片 8279 扩展键盘显示器	168
10.3	利用 I/O 接口扩展液晶显示器(LCD)	173
10.3.1	LCD 的工作原理	173
10.3.2	点阵式液晶显示器 HD61830 的扩展技术	174
10.4	利用 I/O 接口扩展打印机	178
	习题	180
第 11 章	信号输入输出通道的接口技术	181
11.1	MCS-51 单片机应用系统输入输出通道结构	181
11.2	模拟量 ADC 与 DAC 的性能指标及选择要点	182
11.3	模拟量输入通道的接口技术	185
11.3.1	MCS-51 单片机与 ADC0809(逐次逼近型)的接口	186
11.3.2	MCS-51 单片机与 5G144333(双积分型)的接口	189
11.3.3	MCS-51 单片机与 12 位转换器 AD1674(逐次逼近型)的接口	193
11.4	模拟量输出通道的接口技术	195
11.4.1	MCS-51 单片机与 DAC0832 的接口	195
11.4.2	MCS-51 单片机与 DAC1220 及 DAC1220 的接口	199
11.5	数字量输入通道接口技术	201
11.6	数字量输出通道接口技术	202
11.6.1	光电耦合器	202
11.6.2	继电器	203
11.6.3	晶闸管	204
	习题	206
第 12 章	MCS-51 单片机应用系统可靠性技术	207
12.1	硬件抗干扰方法	207
12.1.1	供电电源干扰的抑制	207
12.1.2	电磁干扰的抑制	208
12.1.3	单片机系统电源电压监视器	211
12.1.4	数据存储器掉电保护电路	212
12.2	单片机系统软件抗干扰设计	213
12.2.1	指令冗余	213
12.2.2	软件陷阱	213
12.3	单片机系统软硬件结合抗干扰措施	216
12.3.1	看门狗(WATCH DOG)技术的工作原理	216

12.3.2	WTD 电路设计	216
第 13 章	MCS-51 单片机应用系统设计	218
13.1	MCS-51 单片机应用系统设计总体方案	218
13.1.1	设计步骤	218
13.1.2	硬件设计	218
13.1.3	软件设计	219
13.2	应用实例 1——铁路信号在线实时监测系统	219
13.2.1	方案论证	219
13.2.2	硬件设计	221
13.2.3	软件设计	226
13.3	应用实例 2——直流电机调速系统	229
13.3.1	硬件设计	229
13.3.2	软件设计	232
13.4	应用实例 3——步进电机控制系统	233
13.4.1	硬件设计	233
13.4.2	软件设计	235
附录 1	MCS-51 单片机指令表	238
附录 2	码制转换程序设计	241
附录 3	MCS-51 单片机运算符程序	251
参考文献	.....	264

第 1 章 单片微型计算机基础

作为微型计算机的一个重要分支,单片微型计算机(简称单片机)自 20 世纪 70 年代问世以来,已广泛地应用在工业自动化、自动检测与控制、智能仪器仪表、机电一体化设备、汽车电子、家用电器等各个方面。那么,什么是单片机?它有什么特点?

1.1 微型计算机基础

1.1.1 微型计算机基本结构

计算机由微处理器 CPU(运算器、控制器)、存储器(ROM, RAM)、输入/输出(I/O)接口等组成,如果将 CPU 与大规模集成电路制成的存储器、I/O 接口电路用总线连接起来,就构成了微型计算机,它的组成框图如图 1-1 所示。

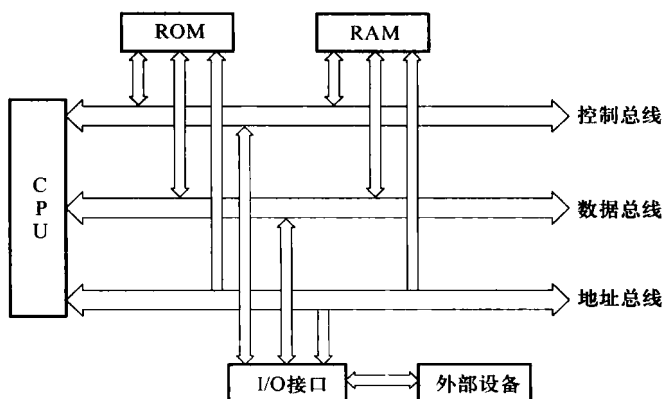


图 1-1 微型计算机结构图

在微型计算机中 CPU 是核心部件,它负责信息的传送、控制和处理,是数据运算的中心,也是微型计算机控制调度的中心;存储器用于存储数据和程序;外设通过 I/O 接口与 CPU 相连。

整个计算机采用了总线结构,所有的部件都连接在三大总线上面,各部件之间的数据和信号都通过总线传送。总线包括数据总线、地址总线和控制总线。

(1) 数据总线(Data Bus, DB)。用于微处理器和存储器之间以及微处理和输入/输出接口之间传送数据。微处理器的位数和外部数据总线的位数是一致的。数据总线是双向的,即数据可以从 CPU 传送到存储器或外部设备中,也可以从存储器或外部设备传送到 CPU。

(2) 地址总线(Address Bus, AB)。在计算机中存储器的每一个存储单元和每一个外部设备都有一个编号,称作地址。计算机对存储器或外部设备的访问都是通过地址来进

行的。地址总线用来传输 CPU 发出的地址信息,以便选择需要访问的存储单元和 I/O 接口电路。地址总线是单向的,即只能由 CPU 向外传送地址信息。

地址总线的数目决定了可以直接访问的存储器的单元数量,如 16 条地址总线的 CPU 可以访问 $2^{16} = 65536$ 个存储器单元。

(3) 控制总线(Control Bus, CB)。用来传送 CPU 送出的控制信号,也可以传送其他外部设备输入到 CPU 的信号。

1.1.2 微型计算机系统的主要指标

1. 字长

计算机的字长是指 CPU 一次可以并行处理的二进制代码的位数。它与 CPU 内部寄存器以及 CPU 内部数据总线宽度是一致的。按照字长分类,计算机可以分成 8 位微机、16 位微机、32 位微机、64 位微机等。字长越长,所表示的数据精度就越高。在完成同样精度的运算时,字长较长的计算机比字长较短的计算机运算速度快。8 位(bit)二进制代码称为一个字节(Byte),对于 8 位计算机来说,其字长就为一个字节。

2. 存储器容量

存储器容量一般以字节为最基本的计量单位。一个字节记为 1B,1024 个字节记为 1KB,1024KB 记为 1MB,1024MB 记为 1GB,而 1024GB 记为 1TB。

实际使用中常用“位”为单位来标识存储器芯片容量。即芯片容量 = 存储器单元数 × 每单元位数。

例如,2764 芯片的容量为 8KB,即 $8K \times 8$ 。

3. 指令执行时间

指令执行时间是指计算机执行一条指令所需的平均时间,其长短反映了计算机执行一条指令运行速度的快慢。它取决于微处理器工作时钟频率和计算机指令系统的设计以及 CPU 的体系结构等。

4. 系统总线

系统总线是连接计算机系统各功能部件的公共数据通道,其性能直接关系到计算机系统的整体性能。系统总线的性能主要表现为它所支持的数据传送位数和总线工作时钟频率。数据传送位数越多,总线工作时钟频率越高,则系统总线的信号吞吐率越高,计算机系统的性能越强。

5. 外部设备配置

在计算机系统中,外部设备占据了重要地位。计算机信息的输入、输出、存储都必须由外设来完成。计算机系统所配置的外设,其速度、容量、分辨率等技术指标都影响着计算机系统的整体性能。

6. 系统软件配置

系统软件也是计算机系统不可缺少的组成部分。系统软件配置是否齐全,软件功能强或弱,是否支持多任务、多用户操作等都是计算机硬件系统性能是否能得到充分发挥的重要因素。

1.1.3 微型计算机的运算基础

计算机中的运算分为两种：一种是算术运算，包括加、减、乘、除法；另一种是逻辑运算，包括逻辑与、逻辑或、逻辑非和逻辑异或等。

1. 计算机中的数制

计算机中广泛采用二进制。此外，十六进制、十进制以及八进制也经常使用。计算机都是以二进制形式运算的。二进制数、八进制数和十六进制数的对应关系见表 1-1。

表 1-1 三种数制之间的对应关系

二进制数	八进制数	十六进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0000	0	0	1000	10	8
0001	1	1	1001	11	9
0010	2	2	1010	12	A
0011	3	3	1011	13	B
0100	4	4	1100	14	C
0101	5	5	1101	15	D
0110	6	6	1110	16	E
0111	7	7	1111	17	F

考虑符号的二进制数称为有符号二进制数，不考虑符号的二进制数称为无符号二进制数。二进制算法最基本的是定点数运算与浮点数运算。

1) 定点数的表示方法

定点数就是小数点固定的数。它可分为整数、小数、混合小数等。在计算机中，常用的有符号数的表示法有原码和补码两种。

(1) 原码表示法

在一个无符号数中，用最高位表示其正负。最高位为 0 时，表示该数为正数；为 1 时，表示该数为负数。这时，两个字节（16 位）能表示的最大数为 +32767，最小数为 -32767。而 0 的数值等于 0，它的符号位可为 0，也可为 1，故原码表示法有两个 0：正 0（为 00000000）和负 0（为 10000000）。

一般来说，对原码表示的有符号数执行加减运算时，必须按符号位的不同，执行不同的运算，运算中符号位一般不直接参加运算。

例如，8 位二进制数 00110100 表示十进制数 +52；而 10110100 表示 -52。

(2) 补码表示法

把数值位的每位取反后再加 1 即为一个数的补码。

用补码表示带符号的数时，数的最高位为符号位，该位为 0 表示正数，为 1 表示负数。对于正数，数值表示法不变；对于负数，采用该数的补码来表示。例如 $(-52)_{10}$ 的 8 位二进制补码表示为 11001100。

在补码表示法中，只有一个零（正 0），而数值位等于零的负数为最小负数，即 10000000 表示 $(-128)_{10}$ 。这时，用两个字节（16 位）可表示的最大数为 +32767，最小数

为 -32767。

补码表示法的优点是加减运算方便,可直接带符号位进行运算;缺点是乘除运算复杂,必须先转换成原码,执行原码的乘除运算,然后把积再转换为补码。

2) 浮点数的表示方法

定点数的一个致命缺点是数的表示范围太小。在实际使用时,数据的范围一般都比较小,例如,测量电阻时,其阻值可能为 $1\text{m}\Omega \sim 1000\text{M}\Omega$,即为 $10^{-3} \sim 10^9 \Omega$,其最小值和最大值之比为 10^{12} ,所以需要有一种能表示较大范围数据的表示法——浮点数。它的小数点位置可按数值的大小自动地变化。

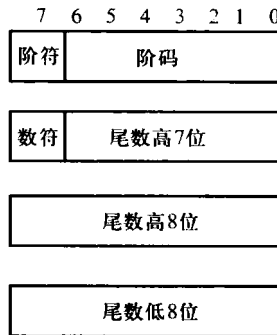
一般浮点数均采用 $\pm M \times C^E$ 的形式来表示,其中 M 称为尾数,一般取为小数, $0 \leq M < 1$; E 为阶码,是指数部分; C 为基数,可取各种数,如十进制数的 C 取 10,二进制数的 C 取 2。

对于十进制数,可很方便地把它转换成十进制浮点数,如 1260 可写成 0.126×10^4 , 0.00512 可写成 0.512×10^{-2} 。

对于二进制数的微机系统来说,有一位专门用来表示数的符号,阶码 E 的位数取决于数值的表示范围,一般用一个字节表示,而尾数则根据计算所需的精度,取 2 个 ~ 4 个字节。

(1) 四字节浮点数的表示法

四字节浮点数的表示法格式如下:



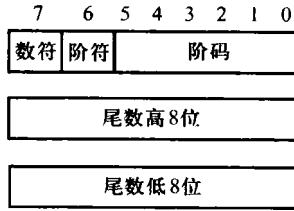
浮点数总长为 32 位,其中阶码 8 位,尾数 24 位。阶码和尾数均为二进制补码形式。阶码的最大值为 +127,最小值为 -128,这样上述四字节浮点数能表示的最大值近似为 $1 \times 2^{127} = 1.70 \times 10^{38}$,能表示的最小值(绝对值)近似为 $0.5 \times 2^{-128} = 1.47 \times 10^{-39}$,即能表示的数的范围为 $\pm (1.47 \times 10^{-39} \sim 1.70 \times 10^{38})$,该范围内的数具有同样的精度。

浮点数的有效字位数取决于尾数的数值位长度,上述浮点数有 3 字节尾数,去掉符号位,共有 23 位二进制数字,近于十进制数 $2^{23} = 8388608$ 。

(2) 三字节浮点数表示法

上述浮点数的精度较高,但是由于字节较多,运算速度比较慢,往往不能满足实时控制和测量的需要,并且实际使用时所需的精度一般并不这么高。例如,一般高精度仪表为 0.1%,最高级也仅为 0.01%,这相当于 4 位十进制数,而工业控制中所需的精度要求更低,但它们对运算速度的要求往往比较高,常要求在几毫秒内完成全部运算。这样,有必要用一种精度稍低,但运算速度较快的浮点数表示方法——三字节浮点数表示法,其格

式如下：



浮点数总长为 24 位(三字节),其中阶码 7 位,数符在阶码所在字节的最高位,尾数为 16 位。阶码采用二进制补码形式,尾数采用原码表示,以加快乘除法的速度。7 位阶码可表示的最大值为 +63,最小值为 -64。上述三字节浮点数能表示的最大值近似为 $1 \times 2^{63} = 9.2 \times 10^{18}$,能表示的最小值(绝对值)近似为 $0.5 \times 2^{-64} = 2.7 \times 10^{-20}$,即能表示的数的范围为 $\pm(2.7 \times 10^{-20} \sim 9.2 \times 10^{18})$ 。浮点数的有效数字值数取决于尾数的字长(16 位),约相当于十进制数 $2^{16} = 65536$ 。

由于这种浮点数表示法的运算速度较快,需要的存储容量也较小,并且数的范围和精度能满足绝大多数应用场合的需要,在本书附录 3 的程序中,均采用这种浮点数表示方法。

2. 计算机中的码制

为了使计算机能够处理和存储字符信息,必须对字符进行编码。常见的西文字符编码有两种:ASCII 码和 BCD 码。

1) ASCII 码

ASCII 码,即美国国家信息交换标准代码(American Standard Code for Information Interchange),是计算机中最通用的字符信息编码。ASCII 码能够表示 128 种不同的文字符。其中包括 96 个可打印字符,分为数字(30H ~ 39H)、大写字母(41H ~ 5AH)、小写字母(61H ~ 7AH)、通用字符,以及其他专用字符和控制字符共 32 个。表 1-2 给出了 ASCII 码的十六进制表示。

表 1-2 ASCII 码表

十六进制	字符	十六进制	字符	十六进制	字符	十六进制	字符
00	Nul	0B	Vt	16	Syn	21	!
01	Soh	0C	Ff	17	Etb	22	"
02	Stx	0D	Cr	18	Can	23	#
03	EtX	0E	So	19	Em	24	\$
04	Eot	0F	Si	1A	Sub	25	%
05	Enq	10	Dle	1B	Esc	26	&
06	Ack	11	Dc1	1C	Fs	27	,
07	Bel	12	Dc2	1D	Gs	28	(
08	Bs	13	Dc3	1E	Rs	29)
09	Ht	14	Dc4	1F	Us	2A	*
0A	Lf	15	Nak	20	Sp	2B	+

(续)

十六进制	字符	十六进制	字符	十六进制	字符	十六进制	字符
2C	·	41	A	56	V	6B	k
2D	—	42	B	57	W	6C	l
2E	-	43	C	58	X	6D	m
2F	/	44	D	59	Y	6E	n
30	0	45	E	5A	Z	6F	o
31	1	46	F	5B	[	70	p
32	2	47	G	5C	\	71	q
33	3	48	H	5D	]	72	r
34	4	49	I	5E	-	73	s
35	5	4A	J	5F	—	74	t
36	6	4B	K	60	.	75	u
37	7	4C	L	61	a	76	v
38	8	4D	M	62	b	77	w
39	9	4E	N	63	c	78	x
3A	:	4F	O	64	d	79	y
3B	;	50	P	65	e	7A	z
3C	<	51	Q	66	f	7B	{
3D	=	52	R	67	g	7C	|
3E	>	53	S	68	h	7D	}
3F	?	54	T	69	i	7E	~
40	@	55	U	6A	j	7F	del

表中符号说明:

Nul	空	Del	设备控制 1
Soh	标题开始	Dc2	设备控制 2
Stx	正文结束	Dc3	设备控制 3
Etx	本文结束	Dc4	设备控制 4
Eot	传输结束	Nak	否定
Enq	询问	Syn	同步
Ack	应答	Etb	信息组传送结束
Bel	报警符	Can	作废
Bs	退一格	Em	载终
Ht	横向列表	Sub	取代
Lf	换行	Esc	换码
Vt	纵向制表	Fs	文字分隔符
Ff	走纸拉制	Gs	组分限符
Cr	回车	Rs	记录分隔符
So	移出符	Us	单元分隔符
Si	移入符	Sp	空格
Dle	转意符	Del	删除

2) BCD 码

BCD 码用 4 位二进制数表示 1 个十进制数,由于 4 位二进制数能够表示 16 个不同的十进制数,所以,只取前 10 个 4 位的二进制数来表示十进制数中的 0~9,它们分别是:0000、0001、0010、0011、0100、0101、0110、0111、1000、1001。BCD 码又被称为 8421 码。BCD 码非常直观,很容易转换成十进制数,例如:

$$(1001\ 0001\ 0010.\ 0100\ 0110\ 0101)_{\text{BCD}} = (912.465)_{10}$$

9 1 2 4 6 5

1.2 单片微型计算机

随着超大规模集成电路技术的发展,在一个集成电路芯片上集成了中央处理器 CPU、数据存储器 RAM、程序存储器 ROM 或 EPROM、各种 I/O 接口等,构成了一个计算机,称为单片机。也就是说,单片机是集成在一块集成电路芯片上的计算机。

1.2.1 单片机的特点

(1) 较高的性能价格比。目前国内市场上,一些单片机的芯片价格只有十几元人民币,加上少量的外围器件,就可以构成功能丰富的各种智能仪器仪表及控制装置。

(2) 集成度高,体积小,可靠性好。单片机把各种功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。

(3) 控制功能强。单片机指令系统、硬件资源丰富,能充分满足工业控制的各种要求。

(4) 低电压,低功耗,便于生产便携式产品。

(5) 开发周期短、易于产品化。可根据需要构成各种规模的应用系统。

1.2.2 单片机的发展历史

单片机的发展历史可划分为四个阶段:

第一阶段(1974—1976):单片机初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片的形式而且功能比较简单。

第二阶段(1976—1978):低性能单片机阶段。典型产品是 Intel 公司制造的 MCS-48 系列单片机,片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等。但无串行口,中断系统比较简单,片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围不大于 4KB。

第三阶段(1978—现在):高性能单片机阶段。代表性的产品有 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。片内普遍带有串行 I/O 口、多级中断系统、16 位定时器/计数器,片内 ROM、RAM 容量加大,寻址范围可达 64KB,有的片内还带有 A/D 转换器。这类单片机性能价格比高,目前仍被广泛应用,是当今应用数量较多的单片机机种。

第四阶段(1982—现在):8 位单片机巩固发展及 16 位、32 位单片机推出阶段。16 位单片机的典型产品是 Intel 公司的 MCS-96 系列,主振频率为 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 and 高速输入/输出