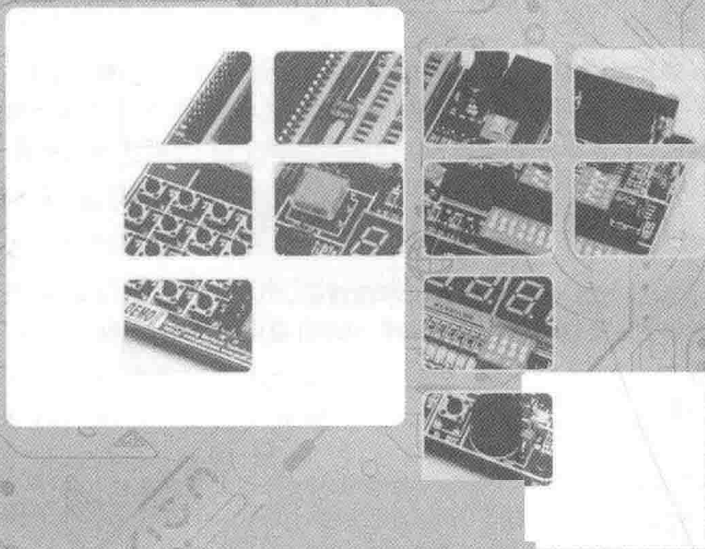


单片机 原理及其接口技术 (第4版)

胡汉才 编著

清华大学出版社





单片机 原理及其接口技术

(第4版)

胡汉才 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MCS-51 为主线,系统地论述了单片机的组成原理、指令系统和汇编语言程序设计、中断系统、并行和串行 I/O 接口以及 MCS-51 对 A/D 和 D/A 的接口等内容,并在此基础上介绍了单片机应用系统的设计。全书共分 10 章,第 1 章留给学生自学和查阅,第 2~9 章为必须讲授的内容,第 10 章可根据情况选讲。

本书继承和发扬了《单片机原理及其接口技术(第 3 版)》的风格和特色,删除了 8255A 和 LM331 等一些旧内容,全面论述了 LCD 显示器和数字温度传感器的原理及应用。书中内容全面、自成体系、结构紧凑、前后呼应、衔接自然、语言通俗且行文流畅。为便于读者学习,作者还专门制作了与本书配套的 CAI 教学光盘,光盘上的软件可从清华大学出版社网站下载。

本书既可作为高等院校教材,也可作为广大科技人员的自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及其接口技术/胡汉才编著. —4 版. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-49014-2

I. ①单… II. ①胡… 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—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 293515 号

责任编辑:白立军

封面设计:杨玉兰

责任校对:白 蕾

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:31.25 字 数:718 千字

版 次:1996 年 7 月第 1 版 2018 年 2 月第 4 版 印 次:2018 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:89.00 元

产品编号:073194-01

前 言

《单片机原理及其接口技术(第3版)》自出版以来,受到广大读者的一致好评,也得到了高等院校师生们的再次肯定。为了使单片机课程教学能跟上新的发展形势并满足教学需要,作者对原书进行了全面审校,并在此基础上加以修订,删除了8255A和LM331等一些旧内容;全面论述了LCD显示器和数字温度传感器的原理及应用,还增加了15个可以在PROTEUS环境下仿真运行的应用实例,以此奉献给广大读者。

修订后,全书分为10章。第1章是微型计算机基础,供学生自学或查阅;第2~4章是指令系统和汇编语言程序设计,用于培养读者的程序设计能力;第5~9章为半导体存储器、MCS-51中断系统、并行I/O接口、MCS-51对A/D和D/A的接口以及MCS-51的串行通信;第10章为单片机应用系统的设计,主要讲授单片机应用系统前向和后向通道的设计以及单片机应用系统的抗干扰设计等内容。与第3版相比,本书内容更全面,结构更紧凑,通用性、系统性和实用性更好。

本教材配有CAI教学光盘,光盘内容可从清华大学出版社网站(www.tup.com.cn)下载。光盘中的教学内容共分10章和1个附录,分别与教材中的第1~10章和附录相对应,每章后都有“习题与思考题”的参考答案。在光盘上每章后的“习题与思考题”中,还有填充题和选择题,并附有相应参考答案。该光盘总揽了教学所需的内容和图形,教师可根据不同层次学生的情况和不同教学要求从中选取适用的教学内容。光盘中还穿插了大量动画来展现指令和程序的执行功能以及硬件电路中的信息流,活泼而又生动,具有创新特色。

在本书编写以及资料制作和移植过程中,得到了上官剑峰、王梓骁、张世逸和姜晓琳等的大力支持和指导。为此,对于上述同志以及参与本书出版工作的有关人员表示诚挚谢意。

注:文中所说光盘并没有随书一起出版,而是把其内容放到了清华大学出版社网站上供读者下载。

由于作者水平所限,书中可能还会存在某些错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2017年11月

目 录

第 1 章 微型计算机基础	1
1.1 计算机中的数制及数的转换	1
1.1.1 计算机中的数制	1
1.1.2 计算机中数制间数的转换	4
1.2 计算机中数的表示方法	7
1.2.1 定点机中数的表示方法	7
1.2.2 浮点机中数的表示方法	8
1.2.3 二进制数的运算	9
1.3 计算机中数的表示形式	13
1.3.1 机器数的原码、反码和补码	13
1.3.2 补码的加减运算	16
1.3.3 补码运算的正确性及变形码	17
1.4 计算机中数和字符的编码	21
1.4.1 BCD 码和 ASCII 码	21
1.4.2 汉字的编码	24
1.4.3 校验码编码	25
1.5 单片微型计算机概述	29
1.5.1 单片机的内部结构	29
1.5.2 单片机的基本原理	32
1.5.3 单片机的分类及发展	35
1.5.4 典型单片机性能概览	36
1.5.5 单片机在工业控制中的应用	46
习题与思考题	47
第 2 章 MCS-51 单片机结构与时序	49
2.1 MCS-51 单片机内部结构	49
2.1.1 CPU 结构	49
2.1.2 存储器结构	55
2.1.3 I/O 端口	59
2.1.4 定时器/计数器	61
2.1.5 中断系统	61
2.2 MCS-51 单片机引脚功能	61
2.2.1 MCS-51 单片机引脚及其功能	63

2.2.2	8031 对片外存储器的连接	65
2.3	MCS-51 单片机的工作方式	66
2.3.1	复位方式	67
2.3.2	程序执行方式	67
2.3.3	节电方式	68
2.3.4	EPROM 的编程和校验方式	70
2.4	MCS-51 单片机时序	73
2.4.1	机器周期和指令周期	73
2.4.2	MCS-51 指令的取指/执行时序	74
2.4.3	访问片外 ROM/RAM 的指令时序	75
	习题与思考题	78
第 3 章	MCS-51 单片机指令系统	79
3.1	概述	79
3.1.1	指令格式	79
3.1.2	指令的 3 种表示形式	80
3.1.3	指令的字节数	80
3.1.4	指令的分类	82
3.1.5	指令系统综述	83
3.2	寻址方式	84
3.2.1	寄存器寻址	84
3.2.2	直接寻址	84
3.2.3	立即寻址	86
3.2.4	寄存器间址	86
3.2.5	变址寻址	87
3.2.6	相对寻址	88
3.2.7	位寻址	89
3.3	数据传送指令	90
3.3.1	内部数据传送指令(15 条)	90
3.3.2	外部数据传送指令(7 条)	93
3.3.3	堆栈操作指令(2 条)	96
3.3.4	数据交换指令(4 条)	97
3.4	算术与逻辑运算和移位指令	98
3.4.1	算术运算指令(24 条)	98
3.4.2	逻辑运算指令(20 条)	105
3.4.3	移位指令(5 条)	108
3.5	控制转移和位操作指令	110
3.5.1	控制转移指令(17 条)	110

3.5.2 位操作指令(17条)	119
习题与思考题	122
第4章 汇编语言程序设计	126
4.1 汇编语言的构成	126
4.1.1 程序设计语言	126
4.1.2 汇编语言的格式	127
4.1.3 汇编语言的构成	129
4.2 汇编语言源程序的设计与汇编	133
4.2.1 汇编语言源程序的设计步骤	134
4.2.2 汇编语言源程序的汇编	135
4.2.3 μ Vision 3 集成开发环境简介	138
4.3 简单程序与分支程序设计	139
4.3.1 简单程序设计	139
4.3.2 分支程序设计	141
4.4 循环与查表程序设计	146
4.4.1 循环程序设计	146
4.4.2 查表程序设计	152
4.5 子程序与运算程序设计	156
4.5.1 子程序设计	156
4.5.2 运算程序设计	160
习题与思考题	167
第5章 半导体存储器	170
5.1 半导体存储器基础	170
5.1.1 半导体存储器的分类和作用	170
5.1.2 半导体存储器的技术指标	173
5.1.3 半导体存储器的现状和前景	174
5.1.4 半导体存储器的基本结构	175
5.2 只读存储器	178
5.2.1 掩膜 ROM 的原理	178
5.2.2 PROM 的原理	179
5.2.3 EPROM 的原理	180
5.2.4 ROM 举例	181
5.3 随机存取存储器	187
5.3.1 静态 RAM 的基本存储电路	187
5.3.2 动态 RAM 的基本存储电路	188
5.3.3 RAM 举例	189

5.4	MCS-51 和外部存储器的连接	193
5.4.1	连接中应考虑的问题	193
5.4.2	MCS-51 对外部 ROM 的连接	196
5.4.3	MCS-51 对外部 RAM 的连接	198
5.4.4	MCS-51 对外部存储器的连接	202
	习题与思考题	203
第 6 章	MCS-51 中断系统	206
6.1	概述	206
6.1.1	中断的定义和作用	206
6.1.2	中断源	207
6.1.3	中断的分类	208
6.1.4	中断的嵌套	208
6.1.5	中断系统的功能	209
6.2	MCS-51 的中断系统	210
6.2.1	MCS-51 的中断源和中断标志	210
6.2.2	MCS-51 对中断请求的控制	213
6.2.3	MCS-51 对中断的响应	216
6.2.4	MCS-51 对中断的响应时间	216
6.2.5	MCS-51 对中断请求的撤除	217
6.2.6	MCS-51 中断系统的初始化	218
6.2.7	MCS-51 外部中断的应用	219
6.3	中断控制器 8259A	224
6.3.1	8259 的内部结构	224
6.3.2	8259 的引脚功能	225
6.3.3	8259 的命令字	226
6.3.4	8259 的工作模式	233
6.3.5	8259 的级联	238
6.4	MCS-51 对外部中断源的扩展	239
6.4.1	借用定时器溢出中断扩展外部中断源	240
6.4.2	采用查询法扩展外部中断源	240
6.4.3	采用 8259 扩展外部中断源	242
	习题与思考题	244
第 7 章	并行 I/O 接口	246
7.1	概述	246
7.1.1	I/O 接口的作用	247
7.1.2	外部设备的编址	247

7.1.3	I/O 数据的 4 种传送方式	249
7.1.4	I/O 接口的类型	252
7.2	MCS-51 内部并行 I/O 端口及其应用	253
7.2.1	MCS-51 内部并行 I/O 端口	253
7.2.2	MCS-51 内部并行 I/O 端口的应用	253
7.3	MCS-51 并行 I/O 端口的扩展	260
7.3.1	Intel 8155	260
7.3.2	MCS-51 对并行 I/O 端口的扩展	267
7.4	MCS-51 对 LED/键盘的接口	273
7.4.1	MCS-51 对 LED 的接口	273
7.4.2	MCS-51 对非编码键盘的接口	277
7.4.3	键盘/显示系统	284
7.5	MCS-51 内部定时器/计数器	285
7.5.1	MCS-51 对内部定时器/计数器的控制	286
7.5.2	MCS-51 内部定时器/计数器的工作方式	288
7.5.3	MCS-51 对内部定时器/计数器的初始化	289
7.5.4	应用举例	291
7.6	MCS-51 对 LCD 的接口	294
7.6.1	字段式 LCD 液晶显示器	294
7.6.2	点阵式 LCD 液晶显示器	302
	习题与思考题	324
第 8 章	MCS-51 对 A/D 和 D/A 的接口	326
8.1	D/A 转换器	326
8.1.1	D/A 转换器的原理	327
8.1.2	D/A 转换器的性能指标	328
8.1.3	DAC0832	329
8.2	MCS-51 对 D/A 的接口	330
8.2.1	DAC 的应用	331
8.2.2	MCS-51 对 8 位 DAC 的接口	333
8.2.3	MCS-51 对 12 位 DAC 的接口	338
8.3	A/D 转换器	340
8.3.1	逐次逼近式 A/D 转换原理	341
8.3.2	并行 A/D 转换原理	341
8.3.3	A/D 转换器的性能指标	343
8.3.4	ADC0809	343
8.4	MCS-51 对 A/D 的接口	346
8.4.1	MCS-51 对 ADC0809 的接口	346

8.4.2	MCS-51 对 AD574A 的接口	350
	习题与思考题	353
第 9 章	MCS-51 的串行通信	356
9.1	串行通信基础	356
9.1.1	串行通信的分类	356
9.1.2	串行通信的制式	358
9.1.3	串行通信中的调制解调器	359
9.1.4	串行通信中串行 I/O 数据的实现	362
9.2	MCS-51 的串行接口	365
9.2.1	串行口的结构	365
9.2.2	串行口的工作方式	368
9.2.3	串行口的通信波特率	370
9.3	MCS-51 串行口的应用	371
9.3.1	串行口在方式 0 下的应用	371
9.3.2	串行口在其他方式下的应用	373
9.4	单片机的多机通信	379
9.4.1	软件中断型主从式多机通信	380
9.4.2	硬件中断型主从式多机通信	386
9.4.3	分布式通信系统	387
9.4.4	光纤通信简介	392
	习题与思考题	396
第 10 章	单片机应用系统的设计	398
10.1	单片机的总线结构	398
10.1.1	单片机总线概述	398
10.1.2	板级总线	401
10.1.3	通信总线	406
10.2	单片机前向通道的设计	414
10.2.1	传感器和模拟信号放大器	415
10.2.2	多路开关和采样保持器	418
10.2.3	DS18B20 的原理及应用	422
10.3	单片机后向通道的设计	439
10.3.1	线路驱动器和接收器	439
10.3.2	外围驱动器	441
10.3.3	显示驱动器和电平转换器	444
10.3.4	电气隔离技术	446
10.4	单片机应用系统的抗干扰设计	451

10.4.1 单片机应用系统的硬件抗干扰设计·····	451
10.4.2 单片机应用系统的软件抗干扰设计·····	460
习题与思考题·····	467
附录 A ASCII 码字符表·····	469
附录 B 图形字符代码表(汉字编码部分)示例图·····	470
附录 C MCS-51 系列单片机指令表·····	471
附录 D LCD 控制芯片 HD44780 中 CGROM 字符表·····	480
附录 E PROTEUS 多功能 EDA 软件简介·····	481
附录 F 配套光盘简介·····	483
参考文献·····	485

第 1 章 微型计算机基础

电子计算机是一种能对信息进行加工处理的机器,它具有记忆、判断和运算能力,能模仿人类的思维活动,代替人的部分脑力劳动,并能对生产过程实施某种控制,等等。1946年,美国宾夕法尼亚大学研制成世界上第一台计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer,电子数字积分计算机)以来,电子计算机经历了电子管、晶体管和集成电路三个发展时代,并于 1971 年进入第四代。第四代电子计算机通常可以分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机 5 类。但以系统结构和基本工作原理来说,微型计算机和其他几类计算机并无本质区别,只是在体积、性能和应用范围方面有所不同。

本章主要介绍微型计算机的基础知识和微型计算机的组成原理,最后论述单片微型计算机的产生、发展和应用,以便为读者学习后续章节打下基础。

1.1 计算机中的数制及数的转换

迄今为止,所有计算机都以二进制形式进行算术运算和逻辑操作,微型计算机也不例外。因此,对于用户在键盘上输入的十进制数字和符号命令,微型计算机必须先把它们转换成二进制形式进行识别、运算和处理,然后再把运算结果还原成十进制数字和符号,并在显示器上显示出来。

虽然上述过程十分烦琐,但都由计算机自动完成。为了使读者最终弄清楚计算机的这一工作机理,先对计算机中常用的数制和数制间数的转换进行讨论。

1.1.1 计算机中的数制

数制是指数的制式,是人们利用符号计数的一种科学方法。数制是人类在长期的生存斗争和社会实践中逐步形成的。数制有很多种,微型计算机中常用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制等。现对十进制、二进制和十六进制 3 种数制讨论如下。

1. 十进制(Decimal)

十进制是大家很熟悉的进位计数制,它共有 0、1、2、3、4、5、6、7、8 和 9 十个数字符号。这十个数字符号又称为“数码”,每个数码在数中最多可有两个值的概念。例如,十进制数 45 中的数码 4,其本身的值为 4,但它实际代表的值为 40。在数学上,数制中数码的个数定义为基数,故十进制数的基数为 10。

十进制是一种科学的计数方法,它所能表示的数的范围很大,可以从无限小到无限大。十进制数的主要特点如下。

(1) 它有 0~9 十个不同的数码,这是构成所有十进制数的基本符号。

(2) 它是逢 10 进位。十进制数在计数过程中,当它的某位计满 10 时就要向它邻近

的高位进一。

因此,任何一个十进制数不仅与构成它的每个数码本身的值有关,而且还与这些数码在数中的位置有关。这就是说,任何一个十进制数都可以展开成幂级数形式。例如:

$$123.45 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

式中:指数 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 和 10^{-2} 在数学上称为权,10 为它的基数;整数部分中每位的幂是该位位数减 1;小数部分中每位的幂是该位小数的位数。

通常,任意一个十进制数 N 均可表示为

$$\begin{aligned} N &= \pm [a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_0 \times 10^0 \\ &\quad + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m}] \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 10^i \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中: i 表示数中任一位,是一个变量; a_i 表示第 i 位的数码; n 为该数整数部分的位数; m 为小数部分的位数。

2. 二进制(Binary)

二进制比十进制更为简单,它是随着计算机的发展而发展起来的。二进制数的主要特点如下。

(1) 它共有 0 和 1 两个数码,任何二进制数都由这两个数码组成。

(2) 二进制数的基数为 2,它奉行逢 2 进 1 的进位计数原则。

因此,二进制数同样也可以展开成幂级数形式,不过内容有所不同罢了。例如:

$$\begin{aligned} 10110.11 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 22.75 \end{aligned}$$

式中:指数 2^4 、 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 和 2^{-2} 为权,2 为基数,其余和十进制时相同。

为此,任何二进制数 N 的通式为

$$\begin{aligned} N &= \pm [a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_0 \times 2^0 \\ &\quad + a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m}] \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 2^i \end{aligned} \quad (1-2)$$

式中: a_i 为第 i 位数码,可取 0 或 1; n 为该二进制数整数部分的位数; m 为小数部分位数。

3. 十六进制(Hexadecimal)

十六进制是人们学习和研究计算机中二进制数的一种工具,它随着计算机的发展而被广泛应用。十六进制数的主要特点如下。

(1) 它有 0、1、2、...、9、A、B、C、D、E、F 共 16 个数码,任何一个十六进制数都是由其中的一些或全部数码构成的。

(2) 十六进制数的基数为 16,进位计数为逢 16 进 1。

十六进制数也可展开成幂级数形式。例如:

$$70F.B1H = 7 \times 16^2 + F \times 16^0 + B \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = 1807.6914$$

其通式为

$$\begin{aligned}
 N &= \pm [a_{n-1} \times 16^{n-1} + a_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + a_0 \times 16^0 \\
 &\quad + a_{-1} \times 16^{-1} + a_{-2} \times 16^{-2} + \dots + a_{-m} \times 16^{-m}] \\
 &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 16^i
 \end{aligned} \tag{1-3}$$

式中： a_i 为第 i 位数码，取值为 $0 \sim F$ 中的一个； n 为该数整数部分位数； m 为小数部分位数。

为方便起见，现将部分十进制、二进制和十六进制数的对照表列于表 1-1 中。

表 1-1 部分十进制、二进制和十六进制数的对照表

整 数			小 数		
十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
0	0000	0	0	0	0
1	0001	1	0.5	0.1	0.8
2	0010	2	0.25	0.01	0.4
3	0011	3	0.125	0.001	0.2
4	0100	4	0.0625	0.0001	0.1
5	0101	5	0.03125	0.00001	0.08
6	0110	6	0.015625	0.000001	0.04
7	0111	7			
8	1000	8			
9	1001	9			
10	1010	A			
11	1011	B			
12	1100	C			
13	1101	D			
14	1110	E			
15	1111	F			
16	10000	10			

在计算机内部，数的表示形式是二进制。这是因为二进制数只有 0 和 1 两个数码，采用晶体管的导通和截止、脉冲的高电平和低电平等都很容易表示它。此外，二进制数运算简单，便于用电子线路实现。

采用十六进制可以大大减轻阅读和书写二进制数时的负担。例如：

$$11011011B = DBH$$

$$1001001111110010B = 93F2H$$

显然,采用十六进制数描述一个二进制数特别简短,尤其在被描述二进制数的位数较长时,更令计算机工作者感到方便。

在阅读和书写不同数制的数时,如果不在每个数上外加一些辨认标记,就会混淆,从而无法分清。通常,标记方法有两种:一种是把数加上方括号,并在方括号右下角标注数制代号,如 $[101]_{16}$ 、 $[101]_2$ 和 $[101]_{10}$ 分别表示十六进制、二进制和十进制数;另一种是用英文字母标记,加在被标记数的后面,分别用B、D和H大写字母表示二进制、十进制和十六进制数,如89H为十六进制数、101B为二进制数等,其中十进制数中的D标记也可以省略。

1.1.2 计算机中数制间数的转换

计算机采用二进制数操作,但人们习惯于使用十进制数,这就要求计算机能自动对不同数制的数进行转换。下面暂且不讨论计算机怎样进行这种转换,先来看看在数学中如何进行上述3种数制间数的转换,如图1-1所示。

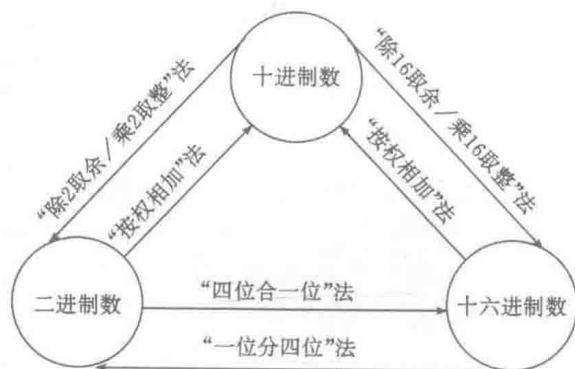


图 1-1 3种数制间数的转换方法示意图

1. 二进制数和十进制数间的转换

(1) 二进制数转换成十进制数。转换时只要把欲转换的数按权展开后相加即可,也可以从小数点开始每4位一组按十六进制的权展开并相加。例如:

$$\begin{aligned} 11010.01B &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-2} \\ &= 26.25 \end{aligned}$$

或者

$$\begin{aligned} 11010.01B &= 1A.4H = 1 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} \\ &= 26.25 \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成二进制数。本转换过程是上述转换过程的逆过程,但十进制整数和小数转换成二进制整数和小数的方法是不相同的,现分别进行介绍。

① 十进制整数转换成二进制整数的方法有很多种,但最常用的是“除2取余法”。“除2取余法”是用2连续去除要转换的十进制数,直到商小于2为止,然后把各次余数按最后得到的为最高位、最先得到的为最低位,依次排列起来所得到的数便是所求的二进制数。现举例加以说明。

[例 1.1] 试求十进制数 215 的二进制数。

解: 把 215 连续除以 2, 直到商数小于 2, 相应竖式为

2	215	余1	<div style="text-align: center;">最低位</div> <div style="text-align: center;">↑</div> <div style="text-align: center;">最高位</div>
2	107	.....	余1
2	53	.....	余1
2	26	.....	余0
2	13	.....	余1
2	6	.....	余0
2	3	.....	余1
	1	.....	余1

把所得余数按箭头方向从高位到低位排列起来便可得到：

$$215 = 11010111\text{B}$$

② 十进制小数转换成二进制小数通常采用“乘2取整法”。“乘2取整法”是用2连续去乘要转换的十进制小数，直到所得积的小数部分为0或满足所需精度为止，然后把各次整数按最先得到的为最高位、最后得到的为最低位，依次排列起来所对应的数便是所求的二进制小数，现结合实例加以介绍。

[例 1.2] 试把十进制小数 0.6879 转换为二进制小数。

解：把 0.6879 不断地乘 2，取每次所得乘积的整数部分，直到乘积的小数部分满足所需精度，相应竖式为

0.6879			
× 2			
1.3758	取得整数1	<div style="text-align: center;">最高位</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="text-align: center;">最低位</div>
0.3758			
× 2			
0.7516	.....	取得整数0
× 2			
1.5032	.....	取得整数1
0.5032			
× 2			
1.0064	.....	取得整数1

把所得整数按箭头方向从高位到低位排列后得到：

$$0.6879 \approx 0.1011\text{B}$$

对同时有整数和小数两部分的十进制数，其转换成二进制数的方法是：对整数和小数部分分开转换后，再合并起来。例如，把例 1.1 和例 1.2 合并起来便可得到：

$$215.6879 \approx 11010111.1011\text{B}$$

应当指出：任何十进制整数都可以精确转换成一个二进制整数，但不是任何十进制小数都可以精确转换成一个二进制小数，例 1.2 中的情况就是一例。

2. 十六进制数和十进制数间的转换

(1) 十六进制数转换成十进制数 转换的方法和二进制数转换成十进制数的方法类似,即可以把十六进制数按权展开后相加。例如:

$$3FEAH=3 \times 16^3 + 15 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = 16362$$

(2) 十进制数转换成十六进制数。

① 与十进制整数转换成二进制整数类似,十进制整数转换成十六进制整数可以采用“除 16 取余法”。“除 16 取余法”是用 16 连续去除要转换的十进制整数,直到商数小于 16 为止,然后把各次余数按逆序排列起来所得的数,便是所求的十六进制数。

[例 1.3] 求 3901 所对应的十六进制数。

解:把 3901 连续除以 16,直到商数为 15,相应竖式为

16	3901余 13	写作 D	↑ 最低位 最高位
16	243	.....余 3	写作 3
	15	.....余 15	写作 F

所以,3901=F3DH。

② 十进制小数转换成十六进制小数的方法类似于十进制小数转换成二进制小数,常采用“乘 16 取整法”。“乘 16 取整法”是把欲转换的十进制小数连续乘以 16,直到所得乘积的小数部分为 0 或达到所需精度为止,然后把各次整数按相同的得到顺序排列起来所得的数,便是所求的十六进制小数。

[例 1.4] 求 0.76171875 的十六进制数。

解:把 0.76171875 连续乘以 16,直到所得乘积的小数部分为 0,相应竖式为

	0.76171875	
×	16	
<hr/>		
	12.18750000	.....取整数12,写作 C
	0.18750000	
×	16	
<hr/>		
	3.00000000	.....取整数3,写作 3

所以,0.76171875=0.C3H。

3. 二进制数和十六进制数间的转换

二进制数和十六进制数间的转换十分方便,这就是人们要采用十六进制形式对二进制数加以表达的原因。

(1) 二进制数转换成十六进制数。二进制数转换成十六进制数可采用“四位合一法”。“四位合一法”是从二进制数的小数点开始,或左或右每 4 位一组,不足 4 位以 0