

中国电子教育学会中专教育委员会、**推荐教材**
全国中专电子类教材协会



- 中等专业学校教材
- 中等职业技术教育教材

数字电路

(第2版)

- 刘 勇 陈 松 孙亚维 编著
- 邓 红 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等专业学校教材
中等职业技术教育教材

数 字 电 路

(第 2 版)

刘 勇 陈 松 孙亚维 编著
邓 红 主审

電 子 工 業 出 版 社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书讲述数字电路的基本原理、外特性及其基本应用。主要内容包括:数字电路基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、D/A 转换与 A/D 转换、半导体存储器和可编程逻辑器件共 8 章。本书根据中专、中职毕业生将直接面向生产第一线的人才培养特点,充分注意了教材内容的深度和广度,简化了理论知识的讲授,突出教材的实用性,强调对学生实践能力和应用能力的培养。章后附有小结、习题和实验。

本书可作为中专、中职学校电子技术类专业教材,也可作为从事电子技术工作人员的自学参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路/刘勇,陈松,孙亚维编著.—2 版.—北京:电子工业出版社,2003.1

中等专业学校教材·中等职业技术教育教材

ISBN 7-5053-8219-5

I. 数… II. ①刘… ②陈… ③孙… III. 数字电路-专业学校-教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 001121 号

责任编辑:刘文杰

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:323 千字

版 次:2003 年 1 月第 2 版 2003 年 3 月第 2 次印刷

印 数:4 000 册 定价:17.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

出版说明

随着中等专业学校电子类专业教学改革的不深入,尽快组织出版一批适应中专学校教学实际、体现职业技术教育特点的教材,已成为各中专校的迫切要求。有鉴于此,中国电子教育学会中专教育专业委员会、全国中专电子类教材协会决定联合成立全国中专电子类教材工作领导小组,组织出版一套中专电子类教材,以满足中专学校的教学需要。经过一段时间的准备,领导小组会同全国二十余所电子类中等专业学校,成立了“计算机及应用”、“电子技术应用”、“机电技术应用”3个专业教材编委会,共同组织协调这套教材的编审出版工作。

领导小组和各编委会确立了“根据中专生的培养目标,贯彻中专教育适应社会经济发展的需要,强化应用为教学重点的思想,反映现代职业教育思想、教育方法和教学手段以及综合化、直接化、形象化等特点,突出工程实践能力培养”的编写原则,以“新、简、实”作为这套教材的编写特色。所谓“新”,是根据电子技术日新月异、发展迅速的特点,在教材中尽可能反映当前电子信息产业的新技术、新知识、新工艺,缩短教材编审出版周期;所谓“简”,是针对现行教学内容与中专学生的文化基础不相适应,以及中专毕业生越来越直接面向生产第一线这一现实,适当降低教学内容的深度和难度,简化理论知识的讲授;所谓“实”,就是突出教学内容的实用性,强调对学生实践能力和技术应用能力的培养。

各编委会的编审程序大致是,针对中专计算机及其应用、电子技术应用、机电技术应用(机电一体化)的教学现状和现行教材存在的问题,尤其是针对目前中专教学改革的新情况,拟定各专业方向的课程设置计划和教材选题计划。在充分酝酿、广泛征集的基础上,由编委会确定每个选题的编写大纲和编审人员。编委会通过责任编委联系制度对编写实行质量控制。

这套教材的编者,都是来自各中专学校教学第一线的经验丰富的教师,由于他们辛勤的工作,编写的教材基本反映了近年来各中专学校教学与教材改革的成果。相信这套教材会受到中等专业学校和其他中等职业学校电子类专业广大师生的欢迎。

特别应该感谢电子工业出版社高质量、高效率的工作,为这套教材的出版提供了极大的便利,使之能及早与读者见面。

电子技术发展迅速,中专学校的教学内容也日新月异。我们衷心地希望广大师生对本套教材提出意见和要求,以便再版时予以修正。

全国中专电子类教材工作领导小组
电子工业出版社

全国中专电子信息技术类教材工作领导小组成员名单

顾问	赵家鹏	电子工业出版社
组长	李绍庭	山东省电子工业学校
副组长	陈炳声	南京无线电工业学校
	孟宪洲	山东省信息工程学校
	穆天保	辽宁电子工业学校
	卢小平	北京无线电工业学校
	安志鹏	武汉无线电工业学校
成员	文宏武	电子工业出版社
	吴家礼	天津无线电机械学校
	曹建林	无锡无线电工业学校
	陈建忠	福建省电子工业学校
	周智文	上海电子技术学校
	王献中	淮阴电子工业学校
	武马群	北京市计算机工业学校
	张福强	天津市仪表无线电工业学校
	王祥生	珠海市工业学校
	王焕顺	辽宁省本溪电子工业学校
秘书长	王协瑞	山东省电子工业学校
副秘书长	刘文杰	电子工业出版社

计算机及应用编委会成员名单

主任委员	郑 三	山东省电子工业学校
副主任委员	武马群	北京市计算机工业学校
	吴顺发	辽宁省电子计算机学校
	肖鹏旭	山东省信息工程学校
	周智文	上海电子技术学校
委员	张黎明	河南省电子工业学校
	王书增	天津无线电机械学校
	王德年	辽宁电子工业学校
	孔旭影	北京市计算机工业学校
	李 玲	南京无线电工业学校
	裴有柱	天津市仪表无线电工业学校
	王 敏	广州轻工业学校
	陶 洪	常州无线电工业学校
	刘瑞新	河南开封黄河水利学校
	李丛江	无锡无线电工业学校
	丁 勤	淮阴电子工业学校
	黄甘洲	福建省电子工业学校
	王 泰	珠海市工业学校
	孙心义	辽宁省电子计算机学校
	陈丽敏	上海电子技术学校
	梁 军	山东省电子工业学校
	朱连庆	山东省信息工程学校
秘书	王新新	山东省电子工业学校

电子技术应用编委会成员名单

主任委员	王钧铭	南京无线电工业学校
副主任委员	张福强	天津市仪表无线电工业学校
	李民生	淮阴电子工业学校
	马 彪	辽宁电子工业学校
	梁德厚	北京无线电工业学校
委员	邓 红	无锡无线电工业学校
	崔金辉	辽宁省本溪电子工业学校
	孙亚维	内蒙古电子学校
	任德齐	重庆市电子工业学校
	彭利标	天津无线电机机械学校
	杨元挺	福建省电子工业学校
	李晓荃	河南省电子工业学校
	魏立东	河北省电子工业学校
	刘 勇	山东省电子工业学校
	吴立新	常州无线电工业学校
	高 健	珠海市工业学校
	蔡继勇	北京市电子工业学校
	章大钧	佛山市机电学校
秘书	陈 松	南京无线电工业学校

机电技术应用编委会成员名单

主任委员	吴家礼	天津无线电机机械学校
副主任委员	毛海兴	无锡无线电工业学校
	黄诚驹	武汉无线电工业学校
	张 华	福建省电子工业学校
委员	梁 栋	辽宁省本溪电子工业学校
	王 丽	黑龙江省电子工业学校
	张 铮	无锡无线电工业学校
	董 智	南昌无线电工业学校
	甄占双	河北省电子工业学校
	高 燕	天津无线电机机械学校
	徐耀生	淮阴电子工业学校
	韩满林	南京无线电工业学校
	刘靖岩	辽宁电子工业学校
	张呈祥	北京无线电工业学校
	何彦廷	贵州无线电工业学校
	李新平	山东省电子工业学校
	黄礼东	贵州省电子工业学校
秘书	郝秀凯	天津无线电机机械学校

参加全国中专电子类教材编审工作的学校

山东省电子工业学校
山东省机械工业学校
山东省广播电视学校
辽宁电子工业学校
辽宁省本溪电子工业学校
武汉市电子工业学校
天津市仪表无线电工业学校
上海化学工业学校
无锡无线电工业学校
山西省电子工业学校
大连电子学校
福建省电子工业学校
北京市计算机工业学校
河南开封黄河水利学校
贵州省电子工业学校
内蒙古电子学校
安徽省电子工业学校
重庆市电子工业学校

山东省信息工程学校
山东省邮电学校
济南信息学校
辽宁省电子计算机学校
武汉无线电工业学校
天津无线电机械学校
上海电子技术学校
江苏省淮阴电子工业学校
常州无线电工业学校
南京无线电工业学校
河北省电子工业学校
北京无线电工业学校
北京市电子工业学校
河南省电子工业学校
珠海市工业学校
南昌无线电工业学校
黑龙江省电子工业学校
佛山市机电学校

前 言

本书是根据 1998 年 12 月在南京无线电工业学校召开的全国中等专业学校电子技术应用类专业教材编委会制定的《数字电路》教学大纲编写的;在编写时,力求简明扼要、重点突出,充分体现中专教材的科学性、逻辑性、先进性、实用性。

电子技术可以分为模拟电子技术和数字电子技术两部分。随着科学技术的飞速发展,数字技术得到了广泛的应用,成为发展最快的学科之一。数字技术的普及,将标志着信息化社会的到来。

数字信号指的是在时间上和数值上都是离散的信号;数字电路是用来处理数字信号的电路。数字电路具有以下特点:

(1) 数字电路中采用二进制数,只具有 0 和 1 两种对立的状态。结构简单,对电路中元件的要求较宽松,能够区分 0 和 1 两种状态即可。允许电路参数有较大的误差;同时电路抗干扰能力较强。

(2) 数字电路不但能够进行数值运算,还可以进行逻辑运算和比较,应用广泛。

(3) 增加电路中数字的位数,可以相应提高电路的精度。

(4) 数字电路使用较方便,可靠性较高。

(5) 数字电路的分析方法与模拟电路不同,模拟电路以分析微弱信号的放大、变换为主;数字电路主要研究输入、输出信号之间的逻辑关系。

本书共分为 8 章。第 1 章数字电路基础,主要介绍数字技术的基础知识——数制、码制、逻辑代数及逻辑函数的变换化简,这是数字技术的数学基础;第 2 章门电路,主要讲述了 TTL 门电路和 CMOS 门电路,考虑到 CMOS 门电路的飞速发展及在数字电路中所占的位置,本书重点介绍 CMOS 门电路的外特性及其应用,对接口电路做了适当介绍;第 3 章组合逻辑电路,介绍组合逻辑电路的分析设计方法,讨论了各种常用组合逻辑电路的构成、特点和应用;第 4 章讲述了各种 CMOS 触发器电路,这是学习时序逻辑电路的基础,重点介绍其外特性和相互之间的转换;第 5 章在讲述时序逻辑电路分析方法的基础上对各种常用时序逻辑器件进行了介绍,应重点掌握其外部特性;第 6 章讲述了各种脉冲波形产生与变换电路,讨论了 555 定时电路的组成和应用;第 7 章主要介绍了 D/A 转换与 A/D 转换的原理和方法;第 8 章介绍半导体存储器的基本原理、特点等,介绍可编程逻辑器件 PAL, GAL 的工作原理和特点及其设计方法。最后对半导体集成电路的型号命名方法和常用数字集成电路作了归纳介绍。为了使读者便于学习和理解,并对实际工作起到帮助作用,在编写过程中,摒弃了繁杂的内部电路推导,将掌握器件的外特性放到了重要地位;有关器件的内部电路组成,可以从相应的集成电路手册中获得。为使集成电路产品标准化,并加快读者的熟悉过程,本书采用新的国家标准二进制逻辑单元电气图用图形符号。

为了使能够及时巩固所学知识,每章后面都有选择地安排了部分习题,供学生参考复习。同时,为了做到学习理论与实践的结合统一,每章后面都安排了参考实验题目。

通过对本书的学习,能够使学生掌握基本数字电路的功能、特点、基本分析方法;掌握常用小规模、中规模数字电路的使用方法,具备一定的实践能力和手册使用能力;为后续专业课程

的学习及以后的工作打下良好的基础。

本书第1,8章由南京无线电工业学校陈松老师编写,第2,4章由内蒙古电子学校孙亚维老师编写,第3,5,6,7章由山东省电子工业学校刘勇老师编写,并由刘勇老师统编全稿。

本书承蒙无锡无线电工业学校高级讲师邓红主审。邓老师在百忙之中不辞劳苦,仔细审阅了全部书稿,对书稿提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。在教材编写过程中,得到了山东省电子工业学校领导、老师的大力支持与热情帮助。闫云祥、栾秋平、宋贵林等老师参加了修订工作,谨在此表示感谢。此外,对关心、帮助本书编写、出版、发行的各位同志一并表示谢意。

由于数字技术发展非常迅速,编者水平有限,加之时间紧迫,在内容的取舍和描述方法上难免存在错误或不当之处,恳切希望得到广大读者的不吝赐教。

编 者

2002年10月

目 录

第 1 章 数字电路基础	(1)
1.1 数制与码制	(1)
1.1.1 十进制数(Decimal Number)	(1)
1.1.2 二进制数(Binary Number)	(1)
1.1.3 十六进制数(Hexadecimal Number)	(2)
1.1.4 进制之间的相互转换	(3)
1.1.5 BCD 码	(5)
1.1.6 格雷码	(6)
1.2 逻辑代数基础	(6)
1.2.1 基本的逻辑运算(Basic Logic Operations)	(6)
1.2.2 逻辑代数的基本定律及规则	(9)
1.2.3 逻辑函数的标准表达式	(11)
1.2.4 逻辑函数的化简	(15)
本章小结	(20)
习题 1	(21)
实验 1 门电路逻辑功能测试	(22)
第 2 章 门电路	(24)
2.1 概述	(24)
2.2 TTL 门电路	(26)
2.2.1 TTL 与非门的电气特性	(26)
2.2.2 其他类型的 TTL 门电路	(29)
2.2.3 TTL 门电路使用注意事项	(31)
2.3 CMOS 门电路	(32)
2.3.1 CMOS 反相器	(32)
2.3.2 CMOS 反相器的电气特性	(33)
2.3.3 常见 CMOS 门电路	(35)
2.3.4 CMOS 门电路的使用注意事项	(38)
2.4 接口电路	(39)
2.4.1 TTL 与 CMOS 之间的接口电路	(39)
2.4.2 门电路外接输入(出)接口电路	(41)
本章小结	(43)
习题 2	(43)
实验 2 门电路参数测试	(45)
第 3 章 组合逻辑电路	(48)
3.1 组合逻辑电路的分析与设计	(48)
3.1.1 组合逻辑电路的分析	(48)
3.1.2 组合逻辑电路的设计	(50)
3.1.3 中规模集成电路的特点	(51)

3.2 加法器	(52)
3.2.1 半加器(Half Adder)	(52)
3.2.2 全加器(Full Adder)	(53)
3.2.3 四位二进制加法器	(54)
3.3 优先编码器	(56)
3.3.1 二进制编码器	(57)
3.3.2 优先编码器(Priority Encoder)	(58)
3.4 译码器(Decoder)	(61)
3.4.1 二进制译码器	(61)
3.4.2 二十进制译码器	(62)
3.4.3 显示译码器	(64)
3.5 数据选择器与分配器	(67)
3.5.1 数据选择器(Multiplexer)	(67)
3.5.2 数据分配器(Demultiplexer)	(71)
3.6 组合逻辑电路的竞争冒险现象	(71)
3.6.1 竞争冒险的产生	(71)
3.6.2 竞争冒险的判断	(72)
3.6.3 竞争冒险的消除	(73)
本章小结	(74)
习题3	(74)
实验3 组合逻辑电路	(75)
实验4 译码显示电路	(76)
实验5 数据选择器	(78)
第4章 触发器	(80)
4.1 基本RS触发器	(80)
4.1.1 基本RS触发器的构成	(80)
4.1.2 基本RS触发器的工作原理	(80)
4.1.3 基本RS触发器的描述	(81)
4.1.4 基本RS触发器构成的消除抖动开关	(81)
4.2 同步触发器	(82)
4.2.1 同步RS触发器	(82)
4.2.2 同步D触发器	(83)
4.2.3 同步触发器的空翻现象	(84)
4.3 边沿控制(Edge Triggered)触发器	(84)
4.3.1 主从型CMOS边沿D触发器	(84)
4.3.2 主从型CMOS边沿JK触发器	(86)
4.4 触发器逻辑功能的转换	(87)
4.4.1 T和T'触发器	(87)
4.4.2 逻辑功能转换	(88)
本章小结	(88)
习题4	(89)
实验6 触发器	(90)
第5章 时序逻辑电路	(92)
5.1 概述	(92)

5.1.1 时序逻辑电路的组成及特点	(92)
5.1.2 同步时序逻辑电路的分析方法	(93)
5.2 寄存器	(96)
5.2.1 数码寄存器(Digital Register)	(96)
5.2.2 移位寄存器(Shift Register)	(97)
5.3 计数器(Counter)	(99)
5.3.1 二进制计数器(Binary Counter)	(100)
5.3.2 十进制计数器(Decimal Counter)	(104)
5.3.3 N进制计数器	(106)
5.4 移位寄存器型计数器	(108)
5.4.1 环形计数器(Ring Counter)	(108)
5.4.2 扭环计数器(Twisted Ring Counter)	(108)
5.4.3 M序列信号发生器	(109)
5.5 计数器应用举例	(111)
5.5.1 测频率、周期	(111)
5.5.2 数字钟	(112)
本章小结	(112)
习题5	(112)
实验7 移位寄存器	(114)
实验8 可逆计数器	(115)
第6章 脉冲波形的产生与变换	(118)
6.1 概述	(118)
6.1.1 矩形脉冲信号参数	(118)
6.1.2 脉冲波形的获得	(119)
6.2 单稳态触发器(Monostable Multivibrator)	(119)
6.2.1 微分型单稳态触发器	(119)
6.2.2 集成单稳态触发器	(120)
6.2.3 单稳态触发器的应用	(122)
6.3 施密特触发器(Smitte Multivibrator)	(123)
6.3.1 CMOS门电路组成的施密特触发器	(123)
6.3.2 集成施密特触发器	(124)
6.3.3 施密特触发器的应用	(124)
6.4 多谐振荡器(Multivibrator)	(125)
6.4.1 CMOS多谐振荡器	(126)
6.4.2 石英晶体多谐振荡器	(126)
6.4.3 施密特触发器组成的多谐振荡器	(127)
6.5 555定时器	(127)
6.5.1 555定时器电路分析	(127)
6.5.2 典型应用	(128)
6.5.3 综合应用	(130)
本章小结	(131)
习题6	(132)
实验9 555定时器电路及其应用	(133)
第7章 D/A转换与A/D转换	(135)

7.1 数模转换器 DAC	(135)
7.1.1 D/A 转换原理	(135)
7.1.2 常见的 DAC 电路	(136)
7.1.3 DAC 主要技术指标	(139)
7.1.4 集成 DAC 介绍	(140)
7.2 模数转换器 ADC	(141)
7.2.1 A/D 转换原理	(141)
7.2.2 常见的 ADC 电路	(142)
7.2.3 ADC 主要技术指标	(146)
7.2.4 集成 ADC 介绍	(147)
本章小结	(147)
习题 7	(148)
第 8 章 半导体存储器与可编程逻辑器件	(149)
8.1 半导体存储器	(149)
8.1.1 只读存储器(ROM)	(149)
8.1.2 随机存取存储器(RAM)	(152)
8.2 可编程逻辑器件	(154)
8.2.1 概述	(154)
8.2.2 可编程阵列逻辑(PAL)	(155)
8.2.3 通用阵列逻辑(GAL)	(159)
8.3 可编程逻辑器件的计算机辅助设计	(161)
8.3.1 可编程逻辑器件的设计过程	(161)
8.3.2 可编程逻辑器件设计软件介绍	(162)
8.3.3 可编程逻辑器件设计举例	(167)
本章小结	(173)
习题 8	(173)
实验 10 GAL 器件的组合逻辑电路设计	(173)
实验 11 GAL 器件在时序逻辑电路中的应用	(174)
附录 A 半导体集成电路型号命名方法	(176)
附录 B 常用数字集成电路一览表	(178)
附录 C 半导体基础知识	(181)
参考文献	(190)

第 1 章 数字电路基础

本章主要介绍逻辑代数的基本概念、基本公式及法则,介绍逻辑函数的几种表示方法,最后着重讨论逻辑函数的化简方法。

1.1 数制与码制

1.1.1 十进制数(Decimal Number)

日常生活中,人们用来记录事件的多少通常用十进制数来表示。之所以被称为十进制数是因为采用了 10 个有序数字 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 代表一位十进制数字的十种不同的状态,并遵循“逢十进一,借一当十”的原则。通常将计数符号的个数叫做基数,即十进制数的基数为十。

十进制数中,数码所在的位置不同,所表示的值就不同,如

$$\begin{array}{ccccccc} & & 6 & 8 & 3 & 4 & \\ & \swarrow & & \swarrow & \swarrow & \swarrow & \\ 6 \times 1000 & & 8 \times 100 & & 3 \times 10 & & 4 \times 1 \end{array}$$

式中,每个数码分别有一个系数 1000,100,10,1,这个系数叫做权或位权。

对于任一十进制数可表示为

$$\begin{aligned} (N)_{10} &= a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10 + a_0 \times 10^0 \\ &\quad + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i \end{aligned}$$

式中, a_i 为 0~9 中任一数码;10 为进制的基数; 10^i 为第 i 位的权; n 和 m 为正整数, n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数。

如, $(32.45)_{10} = 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$

对于任一进制 R 的数可表示为

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} r_i \times R^i$$

式中, R 为基数; R^i 为第 i 位的权; r_i 为第 i 位对应的数码; n 和 m 为正整数, n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数。

在数字系统中,除了十进制外,还有二进制、八进制、十六进制等。

1.1.2 二进制数(Binary Number)

与十进制相似,二进制也遵循两个规则:一是由两个不同的数码 0 与 1 来表示;二是“逢二进一,借一当二”的进借位规则,即当某位计数到两个数时就向高位进一,同时本位变为零。对于任一二进制数 N 可以表示为

$$(N)_2 = \sum_{-m}^{n-1} b_i \times 2^i$$

式中, b_i 为 0 与 1 两数码中的一个。

例如

$$(1011.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

二进制数由于仅有 0 与 1 两数码, 所以其运算规则比较简单。下面是二进制数的加法和乘法规则

加法	乘法
$0+0=0$	$0 \times 0=0$
$1+0=0+1=1$	$1 \times 0=0 \times 1=0$
$1+1=10$	$1 \times 1=1$

1.1.3 十六进制数(Hexadecimal Number)

二进制数在计算机系统中处理很方便, 但当位数较多时, 比较难记忆及书写, 为了减少位数通常将二进制数用十六进制来表示。

十六进制也是计算机系统中广泛使用的一种数码表示方法, 其遵循的两个规则为: 一是由 16 个不同的数码 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F 表示一位十六进制数; 其次是逢十六进一。对于任一十六进制数 N 可表示为

$$(N)_{16} = \sum_{-m}^{n-1} a_i \times 16^i$$

式中, a_i 为 0~F 之间的任一数码, 其中 A~F 分别对应十进制数码 10~15; 16^i 为第 i 位的权; 16 为基数。

$$\begin{aligned} \text{如, } (3A.C)_{16} &= 3 \times 16^1 + A \times 16^0 + C \times 16^{-1} \\ &= 3 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} \end{aligned}$$

在数制使用中, 常将各种数制用简码来表示: 十进制数用 D 表示或省略, 二进制数用 B 表示, 十六进制数用 H 表示。

如, 十进制数 123 表示为 123_D 或 123; 二进制数 10110 表示为 10110_B ; 十六进制数 3A4 表示为 $3A4_H$ 。

表 1.1 与十进制数对应的二进制数、十六进制数

十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7

(续表)

十进制数	二进制数	十六进制数
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

1.1.4 进制之间的相互转换

二进制数具有易于表示、方便运算和易于实现的优点,但当位数较多时,二进制数不便于记忆和读写;十进制数虽然是生活中最常用、最习惯的一种进制数,但由于每一位数所使用的数码较多,计算机在对其运算、处理时所需设备较复杂而且不易实现。因此,常常需要把十进制数转换成二进制数进行运算、处理,再将结果进行逆变换为十进制数进行读取及记录。因此,在使用中经常要进行不同进制数之间的转换。

数制的转换可分为两类:十进制与非十进制数之间的相互转换;二进制数与十六进制数之间的相互转换。

1. 非十进制数转换为十进制数

由于任一数都可用按权展开式表示为

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i R^i$$

于是很容易将一个非十进制数转换为相应的十进制数。具体方法是:将一个非十进制数按权展开成一个多项式,每项是该位数码与相应权值之积,把此多项式按十进制数的规则进行计算求和,所得结果就是该数的十进制数形式。

【例 1.1】 将二进制数 1011.011_B 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解: } 1011.011_B &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 8 + 2 + 1 + 0.25 + 0.125 \\ &= 11.375_D \end{aligned}$$

【例 1.2】 将十六进制数 $4F.3A_H$ 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解: } 4F.3A_H &= 4 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + 10 \times 16^{-2} \\ &= 64 + 15 + 0.1875 + 0.0390625 \\ &= 79.2265625_D \end{aligned}$$

2. 十进制数转换为非十进制数

十进制数转换为非十进制数时,可以将其分为整数部分和小数部分分别进行转换,最后将结果合并为目的数。

(1) 整数部分的转换。整数部分转换采用除基取余法。所谓除基取余法就是用欲转换数制

的基数去除十进制数的整数部分,第1次除所得余数为目的数的最低位,把得到的商再除以该基数,所得余数为目的数的次低位,依次类推,继续上面过程,直至商为0止,此时所得余数为目的数的最高位。

【例 1.3】 将 53_D 转换为二进制数。

解:

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 53} \\
 2 \overline{) 26} \quad \dots\dots 1 \quad \text{低位} \\
 2 \overline{) 13} \quad \dots\dots 0 \\
 2 \overline{) 6} \quad \dots\dots 1 \\
 2 \overline{) 3} \quad \dots\dots 0 \\
 2 \overline{) 1} \quad \dots\dots 1 \\
 0 \quad \dots\dots 1 \quad \text{高位}
 \end{array}$$

$$53_D = 110101_B$$

(2) 小数部分的转换。小数部分的转换采用乘基取整法。所谓乘基取整法即用该小数乘目的数制的基数,第1次乘得结果的整数部分为目的数的最高位,其小数部分再乘基数,所得结果的整数部分为目的数的次高位,依次类推,继续上述的过程,直至小数部分为0或达到要求的精度为止。

【例 1.4】 将十进制数 71.34375_D 转换为十六进制数。

解:

$$\begin{array}{r}
 16 \overline{) 71} \\
 16 \overline{) 4} \quad \dots\dots 7 \\
 0 \quad \dots\dots 4
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0.34375 \\
 \times \quad 16 \\
 \hline
 \boxed{5}.50000 \quad \dots\dots 5 \quad \text{高位} \\
 \times \quad 0.5 \\
 \hline
 \boxed{8}.0 \quad \dots\dots 8 \quad \text{低位}
 \end{array}$$

$$71.34375_D = 47.58_H$$

这里需要指出的是:任何非十进制的数(包括整数部分、小数部分)都可以完整地转换为十进制数,而十进制数有时不能完全转换为非十进制数,这时只能根据精度要求,求到一定位数就近似表示。

3. 二进制数与十六进制数之间的转换

四位二进制数共有十六种组合,而这十六种组合正好与十六进制数的十六种组合一致,故每四位二进制数对应一位十六进制数,因此二进制数与十六进制数之间的转换相当简单。只要将二进制数的整数部分自右向左每四位一组,最后不足四位的用零补足;小数部分自左向右每四位一组,最后不足四位在右面补零;再把每四位二进制数对应的十六进制数写出即可。

相反,欲将十六进制数转换为二进制数只需将每位十六进制数写成对应的四位二进制数即可。

【例 1.5】 将 11010110101.1100101_B 转换为十六进制数。

$$\begin{array}{ccccccc}
 0110 & 1011 & 0101 & . & 1100 & 1010 \\
 6 & B & 5 & . & C & A \\
 11010110101.1100101_B = 6B5.CA_H
 \end{array}$$

【例 1.6】 将 $B2C.4A_H$ 转换为二进制数。

$$\begin{array}{ccccccc}
 B & 2 & C & . & 4 & A \\
 1011 & 0010 & 1100 & . & 0100 & 1010
 \end{array}$$