



21世纪

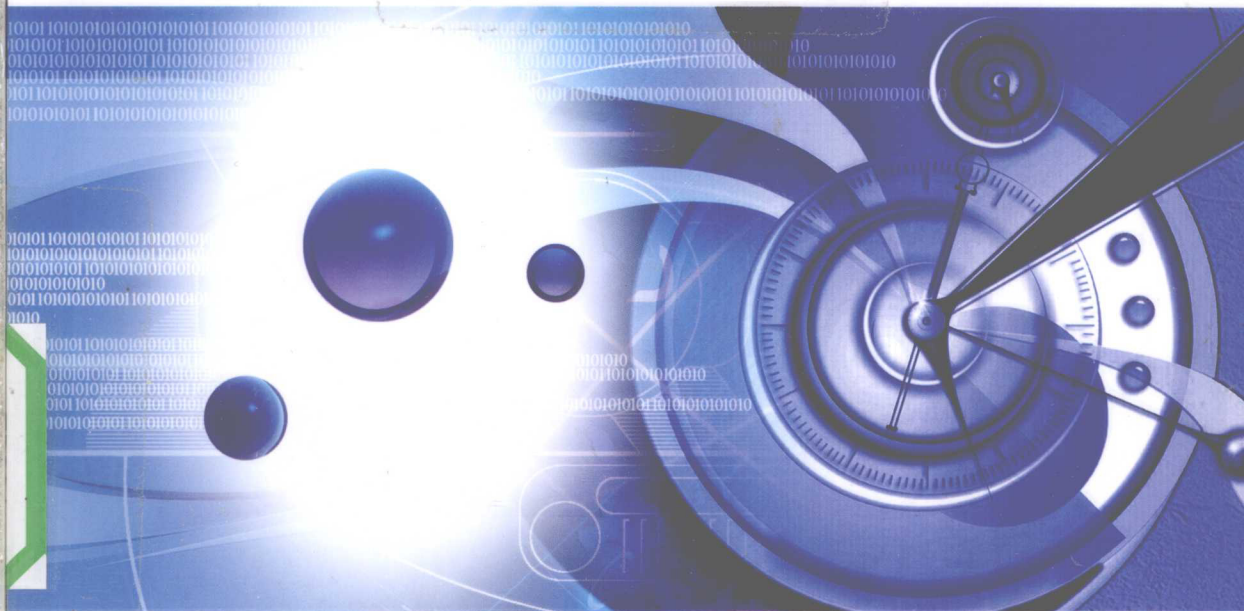
全国高等教育应用型精品课规划教材

计算机电路基础(下)

jisuanji dianlu jichu

■ 主 编 刘怀望

■ 副主编 吴天兰 翟福军 李 勇 张同友



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

计算机电路基础(下)

清华大学出版社

主 编 刘怀望

副主编 吴天兰 翟福军

李 勇 张同友



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

计算机电路是计算机专业和电子信息类专业的一门重要硬件基础课,其理论性和实践性很强,尤其强调工程应用。本书以集成电路应用为重点,把握以理论必须够用为度的原则,强化学生的动手操作能力。

本书共9章,内容包括数字电子技术基础、逻辑代数的基本运算、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、存储器及集成555定时器、数/模和模/数转换、课程设计与应用实例及附录等。

本书可作为高等院校相关专业的教学用书,也可作为从事电子技术工作的技术人员及电子技术爱好者的参考书,还可作为计算机和电子等相关专业学生自学的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机电路基础. 下/刘怀望主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010.3

ISBN 978-7-5640-2992-0

I. ①计… II. ①刘… III. ①电子计算机—电子电路—高等学校—教材 IV. ①TP331

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 009400 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710毫米×1000毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 326千字

版 次 / 2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷

印 数 / 1~1500册

定 价 / 32.00元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材贴合实践。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。为培养应用型人才,本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的相关操作软件,培养学生的实际动手能力,提高学生迅速适应工作岗位的能力。

三、丛书特色

- 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。
- 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深、循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

教材建设是整个高等院校教育教学工作的重要组成部分,高质量的教材是培养高质量人才的基本保证。教材作为体现高等教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高等教育能否为一线岗位培养符合要求的高技术应用型人才。教育部也把教材建设作为衡量高等院校深化教育教学改革的重要指标,作为检验高等院校人才培养工作的质量与力度的指标。近年来,许多高等院校都十分重视教材建设工作,编写和出版了一批质量较高的精品教材,但仍然远远满足不了高等教育发展的需要,而且当前高等院校教材的建设也存在着许多问题,主要表现在以下几个方面:① 符合高等教育特色的教材不足;② 现行教材版本偏老,内容陈旧,有的教材虽然冠以“高等院校规划教材”的名义,但缺少配套的实训类教材;③ 实践性教材严重不足,实践性教学一般占高等教育总学时数的 $1/3 \sim 1/2$,是高等教育中的重要环节,实践性教材的不足已成为制约高等人才培养的“瓶颈”。

本书按照突出应用性、针对性和实践性的原则编写,力求反映高等院校课程和教学内容体系的改革方向,反映当前教学的新内容,突出基础理论知识的应用和实践技能的培养;在兼顾理论和内容的同时,基础理论以应用为目的,以“必要”、“够用”为尺度。每章前面有学习目标,章后有本章小结及习题。本书在压缩学时、精简内容的基础上,增加了大量的实践性教学环节,有助于培养学生的创新能力。

本书共分9章,分别为:第1章数字电子技术基础、第2章逻辑代数的基本运算、第3章逻辑门电路、第4章组合逻辑电路、第5章触发器、第6章时序逻辑电路、第7章存储器及集成555定时器、第8章数/模和模/数转换、第9章课程设计与应用实例。

本书由刘怀望任主编,吴天兰、翟福军、李勇、张同友任副主编,由纪素梅编写第1章,申俊星编写第2章,吴天兰编写第3、第8章和实训部分,张同友编写第4章,李勇编写第5章及附录,翟福军编写第6章,刘怀望编写第7、第9章。

由于计算机电路技术发展极为迅速,涉及面广,加上编者水平有限,书中难免会有缺点和错误,诚请专家和读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 数字电子技术基础	1
1.1 数字电路概述	1
1.1.1 数字信号与数字电路	1
1.1.2 脉冲信号及其参数	2
1.1.3 数字电路的学习方法	3
1.2 数制	3
1.2.1 十进制数	3
1.2.2 二进制数	4
1.2.3 八进制数	4
1.2.4 十六进制数	4
1.3 不同数制间的转换	5
1.3.1 非十进制数转换为十进制数的方法	6
1.3.2 十进制数转换为其他进制数的方法	6
1.3.3 二进制数与八进制数的转换	8
1.3.4 二进制数与十六进制数的转换	8
1.4 码制	9
1.4.1 8421 码	10
1.4.2 2421 码	10
1.4.3 余 3 码	10
1.4.4 5211 码	10
1.4.5 格雷码	11
本章小结	11
习题 1	11
第 2 章 逻辑代数的基本运算	13
2.1 逻辑代数	13
2.1.1 与运算	13
2.1.2 或运算	14
2.1.3 非运算	15
2.1.4 几种常见的复合逻辑关系	16
2.2 逻辑函数及其表示方法	18

2.2.1	逻辑函数	18
2.2.2	逻辑函数的表示方法	19
2.3	逻辑代数的基本定律和恒等式	20
2.3.1	逻辑代数的基本定律和恒等式	20
2.3.2	逻辑代数的3个规则	21
2.3.3	逻辑函数化简法	22
2.4	逻辑函数的卡诺图化简法	24
2.4.1	最小项的定义和性质	24
2.4.2	逻辑函数的卡诺图表达法	26
2.4.3	利用卡诺图化简逻辑函数	27
	本章小结	31
	习题2	31
第3章	逻辑门电路	33
3.1	概述	33
3.1.1	数字集成逻辑电路的分类	33
3.1.2	用来衡量门电路的性能指标	34
3.2	二极管、三极管和场效应管的开关特性	35
3.2.1	二极管的开关特性	35
3.2.2	三极管的开关特性	36
3.2.3	MOS管的开关特性	38
3.3	正逻辑和负逻辑的概念	40
3.4	由分立元件构成的基本逻辑门原理电路	42
3.4.1	与门电路	42
3.4.2	二极管或门电路	43
3.4.3	非门电路	43
3.4.4	与非门	44
3.4.5	或非门	46
3.4.6	与或非门	47
3.5	TTL集成门电路	47
3.5.1	TTL与非门	48
3.5.2	TTL集成门电路的产品及参数	50
3.5.3	关于集成	52
	本章小结	55
	习题3	56
第4章	组合逻辑电路	60
4.1	组合逻辑电路的分析方法和设计方法	60

4.1.1	组合逻辑电路的分析方法	60
4.1.2	组合逻辑电路的设计方法	61
4.2	编码器	62
4.2.1	二进制编码器	62
4.2.2	二—十进制(BCD)编码器	63
4.2.3	优先编码器	65
实训1	编码器	66
4.3	译码器	66
4.3.1	二进制译码器	67
4.3.2	二—十进制译码器	69
4.3.3	显示译码器	70
4.3.4	译码器的应用	73
实训2	译码器	75
4.4	数据选择器和数据分配器	76
4.4.1	数据选择器	76
4.4.2	数据分配器	80
实训3	数据选择器	81
4.5	数值比较器	82
4.5.1	一位数值比较器	83
4.5.2	多位数值比较器	83
实训4	数值比较器	84
4.6	加法器	85
4.6.1	半加器电路	85
4.6.2	全加器电路	85
4.6.3	多位加法器电路	86
实训5	加法器	87
4.7	组合逻辑电路中的竞争与冒险现象	89
4.7.1	产生竞争冒险的原因	89
4.7.2	冒险现象的识别	90
4.7.3	冒险现象的消除方法	91
4.8	用 Multism7 分析组合逻辑电路	91
本章小结		95
习题4		96
第5章	触发器	99
5.1	触发器的基本形式	99
5.1.1	基本 RS 触发器	99

5.1.2	同步 RS 触发器	101
5.2	主从触发器	104
5.2.1	主从 RS 触发器	104
5.2.2	主从 JK 触发器	105
5.3	边沿触发器	109
5.3.1	维持-阻塞边沿 D 触发器	109
5.3.2	TTL 边沿 JK 触发器	111
5.4	集成触发器	114
5.4.1	集成触发器举例	114
5.4.2	触发器功能的转换	115
5.4.3	集成触发器的脉冲工作特性和主要指标	117
实训 6	触发器及其应用	120
实训 7	由触发器构成的改进型抢答器	127
5.5	基于 Multism 的触发器的仿真分析与设计	130
5.5.1	双 JK 触发器组成的时钟变换电路	130
5.5.2	四锁存 D 型触发器组成的智力竞赛抢答器	131
本章小结		132
习题 5		133
第 6 章	时序逻辑电路	136
6.1	概述	136
6.2	时序逻辑电路的分析方法	136
6.2.1	同步时序逻辑电路的分析	137
6.2.2	异步时序逻辑电路的分析	139
6.3	计数器	141
6.3.1	同步计数器	141
6.3.2	异步计数器	149
6.4	寄存器及其应用	153
6.4.1	数码寄存器	153
6.4.2	移位寄存器	155
6.4.3	寄存器的应用	159
实训 8	同步计数器	162
实训 9	异步计数器	164
实训 10	移位寄存器	167
实训 11	计数显示器	168
本章小结		170
习题 6		171

第7章 存储器及集成 555 定时器	174
7.1 随机存储器	174
7.1.1 随机存储器的结构及工作原理	174
7.1.2 集成随机存储器 2114A、2116 的介绍	177
7.1.3 随机存储器的扩展方法及应用	178
7.2 只读存储器	180
7.2.1 只读存储器的分类	180
7.2.2 只读存储器的结构及工作原理	181
7.2.3 集成只读存储器	184
7.2.4 PROM 的应用	185
7.2.5 ROM 容量的扩展	187
7.3 集成 555 定时器	188
7.3.1 555 定时器的电路组成及其功能	188
7.3.2 用 555 定时器构成施密特触发器	190
7.3.3 用 555 定时器构成单稳态触发器	191
本章小结	193
习题 7	193
实训 12 UP-48A 通用编程器的操作使用	194
实训 13 循环闪光彩灯的控制	203
第8章 数/模和模/数转换	207
8.1 概述	207
8.2 数/模转换器	207
8.2.1 D/A 转换器的基本概念	207
8.2.2 D/A 转换电路	209
8.2.3 D/A 转换器的主要参数	212
8.2.4 集成 D/A 转换举例	213
8.3 模/数转换器	215
8.3.1 A/D 转换的一般步骤	215
8.3.2 A/D 转换电路	218
8.3.3 A/D 转换器的主要参数	221
8.3.4 集成 A/D 转换器 ADC0809 简介	221
实训 14 WSPK 数字式温控仪的安装与调试	223
本章小结	229
习题 8	230
第9章 课程设计与应用实例	233
9.1 课程设计	233

9.1.1	简易数字频率计(1)	233
9.1.2	数字频率计(2)	239
9.1.3	数显智力抢答器设计	246
9.1.4	六十进制计数器	252
9.2	组合逻辑电路应用举例	254
9.2.1	CMOS 三色闪光电路	254
9.2.2	用音频指示的三态逻辑笔	256
9.2.3	数字式温度计	258
附录 A	半导体集成电路命名方法	259
附录 B	常用数字集成电路一览表	261
附录 C	计算机电路基础实训及指导	264
参考文献		266

第1章 数字电子技术基础

本章要点

1. 了解数字信号的特点,了解数制和码制的概念。
2. 掌握十进制、二进制、八进制、十六进制的计数规则及转换方法。
3. 了解几种常见的 BCD 代码。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号与数字电路

电子电路所处理的电信号可以分为两类:一类是数值随时间的变化而连续变化的信号,如温度、速度、压力、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号,以及广播电视中传送的各种语音信号和图像信号等,它们都属于模拟信号;另一类信号是在时间上和数值上都是离散的信号,亦即在时间上是不连续的,总是发生在一系列离散的瞬间,在数值上则是量化的,只能按有限多个增量或阶梯取值,这类信号称为数字信号。例如,统计某一生产车间生产零件的数量,得到的就是一个数字量,最小数量单位的“1”代表“一个”零件,小于1的数字已没有任何物理意义,表示该物理量的信号就属于数字信号。图1-1是模拟信号和数字信号的波形图。

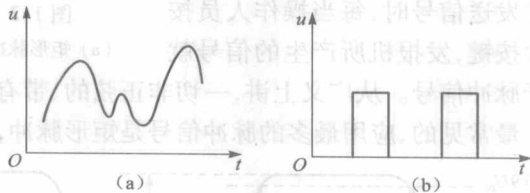


图1-1 模拟信号和数字信号的波形

(a) 模拟信号的波形; (b) 数字信号的波形

按照电子电路中工作信号的不同,通常把电路分为模拟

电路和数字电路。处理模拟信号电子电路称为模拟电路,如各类放大器、稳压电路等都属于模拟电路;处理数字信号电子电路称为数字电路,如本书后面要介绍各类门电路、编码器、译码器、触发器以及计数器等。

数字电路有许多区别于模拟电路的特点,主要有以下几点。

① 数字电路的工作信号是不连续的数字信号,反映在电路上只有高电位和低电位两种状态,在数字电路中,通常将高电位称为高电平,低电位称为低电平,为分析方便,可分别用二进制的两个数码1和0来表示。高电平对应1,低电平对应0,称为正逻辑关系;反之,则称为负逻辑关系。本书采用的是正逻辑关系。

② 数字电路在计数和进行数值运算时采用二进制数,每一位只有 0 和 1 两种可能。数字电路中的电子元件通常工作在开关状态,电路结构简单,容易制造,便于集成化、系列化生产,通用性强,使用方便,成本低。

③ 数字电路的工作可靠性高,抗干扰能力强。它是利用脉冲信号的有无来代表传输 0 和 1 这样的数字信息的,幅度较小的干扰不会影响其最终的结果。

④ 数字电路不仅能完成数值运算,而且能够进行逻辑判断和逻辑运算。这在控制系统中是必不可少的,由数字电路组成的数字系统,只要增加数字的位数,就可以提高其运算精度。

⑤ 数字信号易于存储、加密、压缩、传输和再现。

随着计算机科学与技术日新月异的发展,用数字电路进行信号处理的优势更加突出。为了充分发挥和利用数字电路在信号处理上的强大功能,可以先将模拟信号按比例转换成数字信号,然后传送到数字电路进行处理,最后再将处理结果根据需要转换为相应的模拟信号输出。但数字电路也有一定的局限性,因此,往往把数字电路和模拟电路结合起来,组成一个完整的电子系统。

1.1.2 脉冲信号及其参数

数字电路所处理的各种信号是脉冲信号,脉冲信号是一些不连续的电压或电流,常见的脉冲信号的波形如图 1-2 所示。例如,发报机在发送信号时,每当操作人员按一次按键,发报机所产生的信号就属于脉冲信号。从广义上讲,一切非正弦的、带有突变特点的波形,都是脉冲。

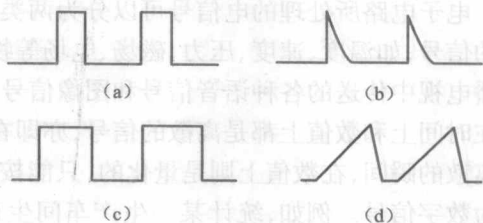


图 1-2 几种常见的脉冲信号的波形

(a) 矩形脉冲; (b) 尖脉冲; (c) 方波; (d) 锯齿波

最常见的、应用最多的脉冲信号是矩形脉冲,这种信号常用只有两个值的量来表示,即用逻辑变量表示,分别用逻辑 0 和逻辑 1 来表示信号的状态(高电平或低电平),数字电路处理的信号多是矩形脉冲。实际的矩形脉冲不可能如图 1-2(a) 表示的那么理想,下面结合图 1-3 所示的实际矩形脉冲波形介绍它的一些主要参数。

最常见的、应用最多的脉冲信号是矩形脉冲,这种信号常用只有两个值的量来表示,即用逻辑变量表示,分别用逻辑 0 和逻辑 1 来表示信号的状态(高电平或低电平),数字电路处理的信号多是矩形脉冲。实际的矩形脉冲不可能如图 1-2(a) 表示的那么理想,下面结合图 1-3 所示的实际矩形脉冲波形介绍它的一些主要参数。

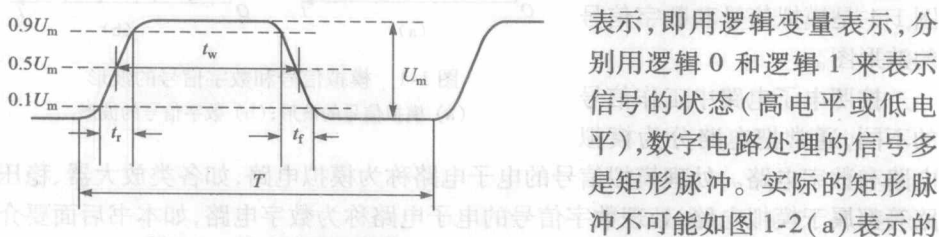


图 1-3 脉冲波形的参数

所示的实际矩形脉冲波形介绍它的一些主要参数。

脉冲幅度 U_m : 脉冲信号变化的最大值,单位是伏(V)。

脉冲上升时间 t_r : 脉冲信号波形从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所经历的时间。

脉冲下降时间 t_f : 脉冲信号波形从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所经历的时间。

脉冲上升时间 t_r 和脉冲下降时间 t_f 越短,越接近于理想的矩形脉冲,单位为秒

(s)、毫秒(ms)、微妙(μs)、纳秒(ns)。

脉冲宽度 t_w : 由脉冲信号波形上升沿 $0.5U_m$ 到下降沿 $0.5U_m$ 之间的时间间隔, 单位与 t_r 、 t_f 相同。

脉冲周期 T : 在周期性脉冲信号中, 任意两个相邻脉冲的上升沿(或下降沿)同一数值点之间的时间间隔, 单位与 t_r 、 t_f 相同。

脉冲频率 f : 单位时间(每秒)内出现的脉冲波形个数, 单位为赫兹(Hz)、千赫兹(kHz)、兆赫兹(MHz), 脉冲频率 $f = 1/T$ 。

1.1.3 数字电路的学习方法

① 在模拟电路中, 三极管用来放大电信号, 工作在特性曲线的放大区; 在数字电路中, 三极管作为开关元件, 工作在饱和区或截止区。因此, 在数字电路中, 不能用三极管微变等效电路的分析方法, 而是要用工程近似的方法, 对三极管的开关状态进行分析计算。

② 模拟电路分析的重点是输出信号与输入信号之间的大小、相位关系; 数字电路分析的重点是输出信号与输入信号之间的逻辑关系, 分析电路所要完成的逻辑功能, 主要使用真值表、函数表达式、逻辑电路图等分析方法, 这些方法是学习数字电路的重点。

③ 数字电路的学习应以数字集成电路为主, 重点掌握数字集成电路的外部特性及其使用方法。

④ 数字电路这门课程的特点是应用性和实践性较强, 在学习上要多重重视实践环节, 多重重视理论联系实际, 努力提高自己的解决实际问题的能力。

1.2 数制

各种数字设备只能对二进制或二进制代码进行运算和处理, 而人们熟悉的十进制数不能被数字设备直接接受。另外, 经过数字设备运算、处理的结果仍为二进制, 不便于人们使用, 为了更好地实现“人机对话”, 应当掌握不同数制、码制的特点及其相互之间的转换规律。

数制就是计数的方法, 在不同的数制中, 数的进位方式和计数方法各不相同。在日常生活中, 我们习惯采用十进制数, 而数字电路中的基本工作信号是数字信号, 只能表示为 0 和 1 两个数字。因此, 在数字系统中进行数字的运算和处理时, 采用的都是二进制数。但二进制数有时表示起来不太方便, 位数太多, 所以也经常采用八进制数和十六进制数。

1.2.1 十进制数

十进制是最常用的数制。十进制有 0、1、2、...、9 十个数码, 所以计数的基数是

10. 超过9的数必须用多位数表示,其中低位和相邻高位之间的关系是“逢十进一”。同一数码在不同位置上表示的数值不同。例如:

$$[9998.67]_{10} = 9 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

其中, 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 称为十进制各位的“权”。

任意一个十进制数 D 均可展开为

$$[N]_D = \sum d_i \times 10^i$$

其中, d_i 是第 i 位的系数,它可以是 $0 \sim 9$ 这十个数码中的任何一个。若整数部分的位数是 n ,小数部分的位数是 m ,则 i 包含从 $(n-1)$ 到 0 的所有正整数和从 -1 到 $-m$ 的所有负整数。

1.2.2 二进制数

在数字电路中广泛应用的是二进制。在二进制数中,只有 0 和 1 两个数码,所以计数的基数是 2 ,低位和相邻高位间的进位关系是“逢二进一”,即 $1+1=10$,同一数码在不同位置上表示的数值不同。例如

$$[1110.11]_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = [14.75]_{10}$$

其中, 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 称为二进制各位的“权”。

上式中分别使用下脚注 2 和 10 表示括号里的数是二进制数和十进制数。有时也用 B (Binary) 和 D (Decimal) 分别代替 2 和 10 这两个脚注,所以任意一个二进制数 B 均可展开为

$$[N]_B = \sum b_i \times 2^i$$

1.2.3 八进制数

在某些场合也使用八进制。在八进制数中,有 0 、 1 、 2 、 3 、 4 、 5 、 6 、 7 八个数码,所以计数的基数是 8 ,低位和相邻高位间的进位关系是“逢八进一”。同一数码在不同位置上表示的数值不同。例如:

$$[5526.14]_8 = 5 \times 8^3 + 5 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = [2902.1875]_{10}$$

其中, 8^3 、 8^2 、 8^1 、 8^0 、 8^{-1} 、 8^{-2} 称为八进制各位的“权”。

有时也用 O (Octal) 代表下脚注 8 ,表示八进制数,所以任意一个八进制数 O 均可展开为

$$[N]_O = \sum o_i \times 8^i$$

1.2.4 十六进制数

二进制的位数通常是很多的,不便于书写和记忆。例如,要表示十进制数 3026 ,若用二进制数表示则为 101111010010 ,若用十六进制数表示则为 $BD2$,因此在数字系统的资料中常采用十六进制数来表示二进制数。另外,由于目前在微型计算机中普遍采用 8 位、 16 位和 32 位二进制并行运算,而 8 位、 16 位和 32 位的二

进制数可以用 2 位、4 位和 8 位的十六进制数表示,因而用十六进制符号书写程序十分简便。

在十六进制数中,有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数码,所以计数的基数是 16,低位和相邻高位间的进位关系是“逢十六进一”。同一数码在不同位置上表示的数值不同。例如:

$$\begin{aligned}[114\text{F}.A8]_{16} &= 1 \times 16^3 + 1 \times 16^2 + 4 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} \\ &= [4431.65625]_{10}\end{aligned}$$

其中,16³、16²、16¹、16⁰、16⁻¹、16⁻²称为十六进制各位的“权”。

有时也用 H(Hexadecimal)代表下脚注 16,表示十六进制数,所以任意一个十六进制数 H 均可展开为

$$[N]_H = \sum h_i \times 16^i$$

在计算机应用系统中,二进制主要用于机器内部的数据处理,八进制和十六进制主要用于书写程序,十进制主要用于运算最终结果的输出。

表 1-1 列出了十进制数 0~15 与等值二进制、八进制、十六进制数的对照表。

表 1-1 十进制、二进制、八进制、十六进制对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
00	0000	00	0
01	0001	01	1
02	0010	02	2
03	0011	03	3
04	0100	04	4
05	0101	05	5
06	0110	06	6
07	0111	07	7
08	1000	10	8
09	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

1.3 不同数制间的转换

由上节可知,十进制、二进制、八进制和十六进制数,均可用下式表示:

$$[N]_K = \sum k_i \times R^i$$

式中,k 为数字符号,R 为基数。