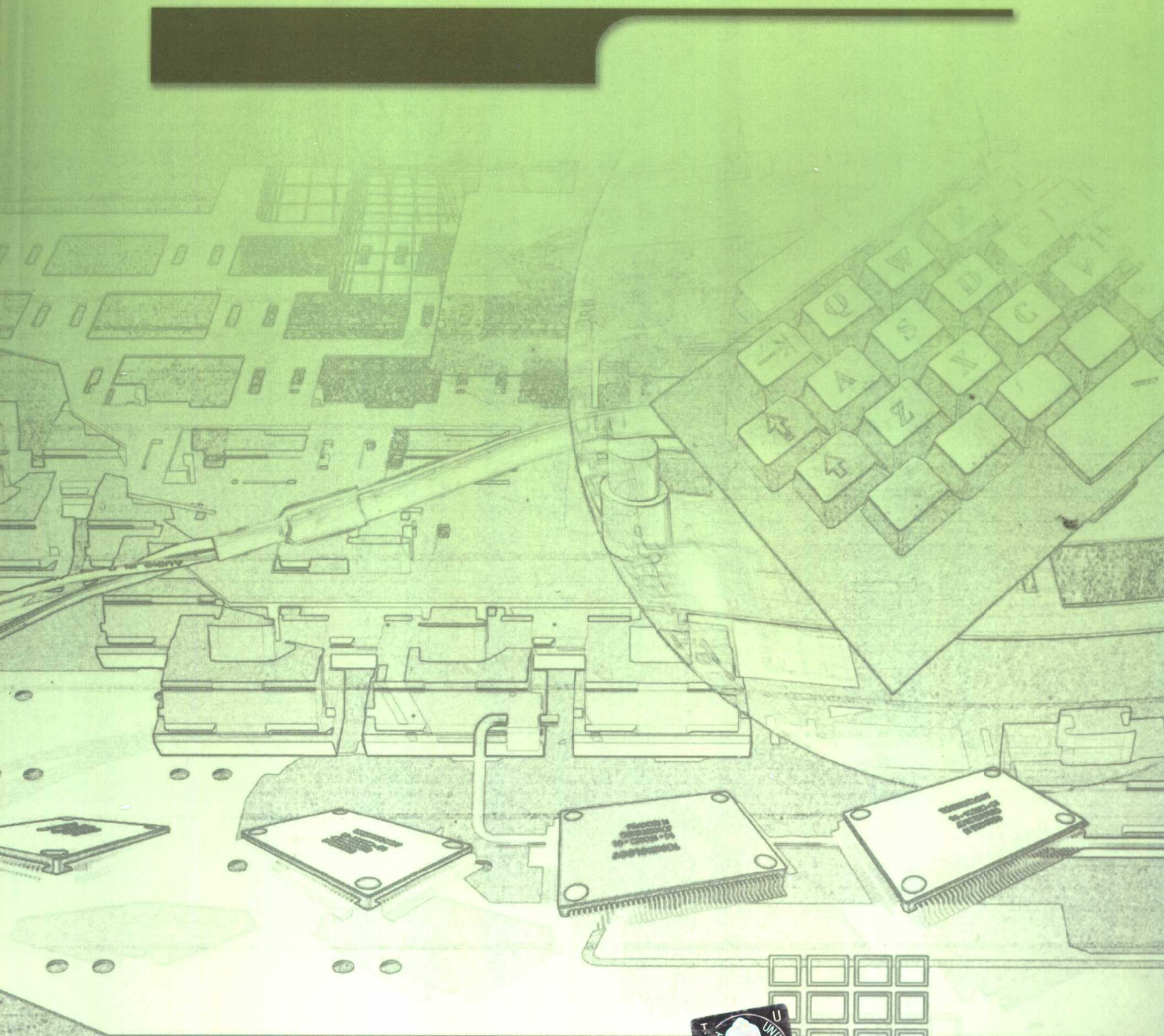


高等学校计算机教材

陈天洲 卜佳俊 著

# 计算机系统概论



清华大学出版社

# 计算机系统概论

陈天洲 卜佳俊 著

清华大学出版社

北 京



## 内 容 简 介

计算机系统概论是一门计算机中重要的科学,用于指导从计算机硬件到软件开发的整个过程,主要分为硬件、网络、应用三大模块。硬件模块从数字电路开始介绍计算机硬件组成、硬件体系结构、微机原理以及微机汇编语言,然后简要介绍操作系统是如何操纵硬件并支撑高层软件。网络模块从通信入手,介绍计算机局域网、Internet 技术,以及如何进行系统集成与网络软件开发。应用模块从软件管理与开发工具入手,介绍信息系统理论,并以管理信息系统、办公自动化与企业资源计划为例介绍信息系统构成,并以此为契机介绍数据库技术。然后结合电子商务技术介绍计算机安全技术。之后,介绍了计算机图形学、动画、虚拟现实、图像处理、数字媒体技术。最后,介绍了计算机辅助技术、人工智能、编译原理,并剖析了计算机学科树,以便于学生对计算机学科能够迅速全面地了解。

本书可作为计算机专业、软件工程专业、高职本科计算机专业、继续教育计算机专业的必修课教材。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机系统概论/陈天洲,卜佳俊著. —北京:清华大学出版社,2003

ISBN 7-302-07875-0

I. 计… II. ①陈… ②卜… III. 计算机系统—高等学校—教材 IV. TP30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 123917 号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:曾 刚

文稿编辑:许存权

封面设计:钱 诚

版式设计:俞小红

印 装 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:34.25 字数:767千字

版 次:2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-07875-0/TP·5722

印 数:1~5000

定 价:42.00元

# 前 言

自从 2001 年 12 月 15 日,IEEE-CS 和 ACM 任务组修改了计算课程 2001 报告(Computing Curricula 2001, 简称 CC2001)以来,计算机教学课程的安排逐步走向正轨。

在计算机教学计划中,往往是在完成计算机文化课程教学后,开始程序设计、数据结构等专业课程的开展。学生们在学习这些课程时缺乏对计算机学科的整体把握,对课程设置与课程前后依赖关系不清晰。在注重双语教学的计算机专业,80%以上的专业课程采用英文原版教材,使得学生把主要精力放在单一的课程学习上。

作者认为有必要在计算机文化课程之后,增加计算机系统概论(Introduce of Computer System)课程,一方面向国际接轨,一方面可以指导学生对计算机学科的学习。本书在专业名称处都加上英文,也是使得学习了本课程的学生,能够了解相关的专业词汇,为进一步学习原版专业教材打下基础。

本课程在浙江大学软件学院得到了两年多的锤炼,通过教学反馈获得了第一手资料,在教学过程中不断修改实践,最终完成本书的写作。

本书由陈天洲、卜佳俊完成。卜佳俊完成了其中 10 万字内容的撰写。

本书受到浙江大学计算机学院、软件学院副院长何钦铭教授指导,在计算机与软件学院朱金英老师、陈丽老师、姚青老师的帮助下完成。

本书得到胡威、尹彦、戴鸿君、黄颖、楼骥洲、冒海霞、甘泉、黄江伟、赵良乾、王澄、鄢宏杰、贺臻杰、黄振宝、严力科、陈国斌、沈捷等同志的帮助修订。

本课程适用于对完成了“计算机文化”课程,计算机专业课程尚未开展,用于指导计算机专业学生进行计算机学科学习的课程。

本课程适合于计算机专业、软件工程专业的本科阶段学习,也适合于非计算机类学生计算机入门课程的教材。

作 者

2003 年 11 月

# 引 言

本课程用于指导计算机硬件到软件开发的整个过程。课程介绍了计算机学科组成与概况，将各门计算机课程做一个简单的介绍，以便学生学习后续的课程。通过对课程的学习，掌握计算机学科概论，学习一定的计算机专业英语，有利于学生对后续原版教材。

本书从计算机学科介绍开始，介绍计算机的各个二级学科以及学科树，然后介绍计算机硬件体系结构，软件，网络，应用四大部分，最后又以计算机学科介绍为结束，通过课程学习使得学生掌握计算机各课程之间的联系。

硬件部分从数字电路开始介绍计算机硬件组成，硬件体系结构，微机原理以及微机汇编语言。

软件部分介绍了软件的基础知识，简介操作系统是如何操纵硬件并支撑高层软件，开发软件的过程与基本工具，并介绍了编译技术如何将程序设计语言实现成为机器语言。

网络模块从通信入手，介绍计算机局域网，Internet 技术，并如何进行系统集成与网络软件开发。

计算机应用模块从软件管理与开发工具入手，介绍信息系统理论，并以管理信息系统、办公自动化与企业资源计划为例介绍信息系统构成，并以此为契机介绍数据库技术。然后结合电子商务技术介绍计算机安全技术。之后，介绍了计算机图形学，动画，虚拟现实，图像处理并结合为数字媒体技术。最后，介绍了计算机辅助技术，人工智能，编译原理。

本书受到浙江大学计算机学院副院长、软件学院副院长何钦铭教授指导，在计算机与软件学院朱金英老师、陈丽老师、姚青老师的帮助下完成。

本书得到胡威、尹彦、戴鸿君、黄颖、楼骥洲、冒海霞、甘泉、黄江伟、赵良乾、王澄、鄢宏杰、贺臻杰、黄振宝、严力科、陈国斌、沈捷等同志帮助修订。

# 目 录

第0章 计算机学科概论 .....	1
<b>第一部分 计算机硬件与体系结构 .....</b>	<b>2</b>
第1章 逻辑代数和数字电路 .....	3
1.1 逻辑代数 .....	3
1.2 数字电路概述 .....	10
第2章 电子计算机 .....	14
2.1 计算机定义 .....	14
2.2 电子计算机 .....	15
2.3 计算机分类 .....	15
2.4 冯·诺依曼思想 .....	17
第3章 中央处理器 .....	20
3.1 CPU 概述 .....	20
3.2 算术逻辑单元 .....	22
3.3 控制器 .....	28
第4章 存储器 .....	33
4.1 存储器概论 .....	33
4.2 CACHE .....	35
4.2 主存储器 .....	41
4.3 虚拟存储系统 .....	43
第5章 输入/输出系统 .....	49
5.1 引言 .....	49
5.2 总线 .....	50
5.3 I/O 接口 .....	57
第6章 计算机常用外围设备 .....	65
6.1 磁盘 .....	66
6.2 打印机 .....	68
6.3 图形扫描仪 .....	69
6.4 光存储设备 .....	70
6.5 显示器 .....	72
第7章 微机原理与汇编语言 .....	76
7.1 微型计算机组织 .....	76
7.2 微型计算机寻址方式 .....	80
7.3 微型计算机指令系统 .....	82
7.4 汇编语言程序格式 .....	89
7.5 高级汇编语言技术 .....	93

7.6	微型计算机中断系统.....	96
7.7	BIOS 和 DOS 中断 .....	100
第 8 章	计算机体系机构 .....	107
8.1	计算机体系结构的基本概念.....	107
8.2	指令集 (Instruction Set) 结构设计 .....	109
8.3	流水线技术 .....	116
8.4	存储器层次结构 .....	120
8.5	计算机输入/输出系统 .....	120
8.6	多处理机结构 .....	120
8.7	嵌入式计算机的体系结构.....	123
<b>第二部分</b>	<b>计算机软件技术.....</b>	<b>126</b>
第 9 章	计算机软件基础 .....	127
9.1	基本数据类型 .....	127
9.2	抽象数据类型 .....	128
9.3	数据结构 .....	130
9.4	算法分析 .....	142
9.5	程序语言 .....	145
第 10 章	操作系统 .....	148
10.1	操作系统的基本概念.....	148
10.2	进程管理 (process management) .....	150
10.3	存储管理 (storage management) .....	154
10.4	文件系统 (file system) .....	157
10.5	I/O 系统.....	161
第 11 章	应用软件 .....	162
11.1	应用软件概述.....	162
11.2.	应用软件的分类.....	164
第 12 章	软件工程 .....	170
12.1	软件危机 .....	170
12.2	软件工程 .....	173
12.3	瀑布模型 .....	176
12.4	其他软件工程方法.....	185
第 13 章	软件开发工具与环境.....	188
13.1	软件工具 .....	188
13.2	软件开发环境 .....	190
13.3	常用开发环境 .....	191
13.4	常用软件开发工具.....	202
13.5	其他特定环境下的开发平台 .....	214
第 14 章	编译原理与软件运行机制.....	215
14.1	编译原理及编译器.....	215
14.2	编译器的翻译步骤.....	218

14.3	运行时的环境 .....	221
<b>第三部分</b>	<b>计算机网络 .....</b>	<b>225</b>
第 15 章	通信原理 .....	226
15.1	引言 .....	226
15.2	通信系统的组成 .....	229
15.3	通信系统的分类及通信方式 .....	232
15.4	通信系统的度量 .....	234
第 16 章	计算机网络原理 .....	238
16.1	网络的演变与发展 .....	238
16.2	计算机网络的定义 .....	241
16.3	网络体系结构 .....	243
16.4	计算机网络的分类 .....	246
16.5	网络通信和网络协议 .....	248
16.6	计算机网络的参考模型 .....	249
第 17 章	网络设备 .....	259
17.1	传输介质 .....	259
17.2	中继器、集线器——物理层设备 .....	266
17.3	网桥、交换机——链路层设备 .....	272
17.4	路由器——网络层设备 .....	282
17.5	网关——网络高层软硬件设备 .....	286
第 18 章	计算机系统集成 .....	288
18.1	系统方案的设计原则 .....	289
18.2	网络系统 .....	291
18.3	综合布线 .....	298
第 19 章	Internet 与 WWW .....	307
19.1	什么是 Internet .....	307
19.2	WWW 技术与服务 .....	310
19.3	网络多媒体应用 .....	321
第 20 章	网络计算体系结构 .....	325
20.1	网络编程环境 .....	325
20.2	网络编程体系结构 .....	326
20.3	页面设计技术 .....	328
20.4	脚本语言 .....	331
20.5	动态页面编程技术 .....	335
<b>第四部分</b>	<b>计算机应用技术 .....</b>	<b>340</b>
第 21 章	数据库技术 .....	341
21.1	数据管理技术 .....	341
21.2	数据模型 .....	346
21.3	数据库系统结构 .....	355



21.4	数据库管理系统 .....	357
21.5	数据库设计与应用 .....	359
第 22 章	信息系统概论 .....	365
22.1	信息是一种面向用户的资源 .....	365
22.2	管理信息系统 .....	367
22.3	企业资源计划 .....	372
第 23 章	办公自动化 .....	385
23.1	什么是办公自动化 .....	385
23.2	办公自动化的系统结构 .....	390
23.3	办公自动化功能模型 .....	391
23.4	WEB 办公 .....	394
23.5	办公自动化的相关软件 .....	397
第 24 章	电子商务与安全 .....	400
24.1	电子商务概述 .....	400
24.2	电子商务基本构架 .....	408
24.3	电子商务安全 .....	417
第 25 章	计算机图形学 .....	428
25.1	计算机图形学概论 .....	428
25.2	基本图形的生成与计算 .....	429
25.3	图形变换与输出 .....	435
25.4	图形输入与交互技术 .....	438
25.5	图形数据结构 .....	440
25.6	数据接口与交换标准 .....	442
25.7	真实感图形显示 .....	447
25.8	虚拟现实 .....	450
25.9	计算机动画技术 .....	452
25.10	科学计算可视化 .....	456
第 26 章	计算机图像处理 .....	461
26.1	数字图像处理 .....	461
26.2	数字图像处理的基本术语 .....	463
26.3	图像变换 .....	466
26.4	图像编码 .....	466
26.5	图像增强 .....	468
26.6	图像恢复 .....	469
26.7	图像锐化 .....	470
26.8	图像重构技术 .....	470
26.9	著名图像处理软件介绍 .....	470
第 27 章	数字媒体技术 .....	472
27.1	数字媒体的基本概念 .....	472
27.2	比特与计算机 .....	474
27.3	传播 .....	475

27.4	光存储技术 .....	478
27.5	数字音频 .....	480
27.6	数字图像 .....	483
27.7	数字视频 .....	487
第 28 章	计算机辅助技术 .....	492
28.1	CAD/CAM 概论 .....	492
28.2	几何造型 .....	493
28.3	计算机仿真 .....	495
28.4	计算机辅助制造 .....	501
28.5	计算机集成制造系统 CIMS .....	503
第 29 章	人工智能 .....	509
29.1	人工智能概述 .....	509
29.2	问题求解的基本方法 .....	513
29.3	知识表示 .....	514
29.4	基于知识的系统 .....	516
29.5	自动规划 .....	517
29.6	机器学习 .....	517
第 30 章	计算机科学学科一览 .....	520
30.1	计算机科学理论 .....	520
30.2	计算机组织与体系结构 .....	520
30.2	计算机软件 .....	522
30.4	计算机硬件 .....	524
30.5	计算机应用 .....	525

# 第0章 计算机学科概论

计算机是一种现代化的信息处理工具，对信息进行处理并提供所需的结果，其结果或输出取决于所接收的信息或输入及相应的处理算法。

计算机科学技术是研究计算机的设计、制造和利用计算机进行信息获取、表示、储存、处理、控制的理论、原则、方法和技术的学科，是一门科学性与工程性并重的学科。

计算机科学技术作为一级学科，基本内容可以分为：计算机科学理论(Computer Theory)，计算机组织与体系结构(Computer Organization and Architecture)，计算机软件(Computer Software)，计算机硬件(Computer Hardware)，计算机应用技术(Computer Application)等五个二级学科。

计算机科学理论包括数值计算(Numerical Computation)，离散数学(Discrete Mathematics)，计算理论(Theory of Computation)以及程序理论(Theory of Programs)四个部分。

数值计算讨论用于模拟物理过程或者社会过程的各种算法的开发、分析和使用，如方程求根、数值逼近、数值微分、线性代数方程组的数值求解、矩阵特征值计算、微分方程的数值解等。

离散数学是泛指数学中讨论离散对象的分支，通常包括集合论、图论、组合论、数理逻辑、抽象代数、线性代数、差分方程、离散概率论等学科。

计算理论主要包括算法、算法学、计算复杂性理论、可计算性理论、自动机理论、形式语言理论等。

程序理论研究程序的语义性质和程序的设计与开发，主要包括程序语义理论、数据类型理论、程序逻辑理论、程序验证理论、并发程序设计理论和混合程序设计理论等。

计算机科学理论又称理论计算机，本书不涉及该部分内容。

计算机组织与体系结构着重研究计算机系统的物理和硬件结构、各组成部分的属性以及这些部分的相互联系。本书第一部分将介绍这个方向的知识。

计算机软件一般指的是计算机系统程序及其文档，也可以指在研究、开发、维护以及使用上述含义下的软件所涉及的理论、方法、技术所构成的学科。软件的作用有三：一是用作计算机用户和硬件之间的接口界面；二是在计算机系统中起着指挥管理作用；三是计算机体系结构设计的主要依据。一般说来，软件可以分为系统软件、支撑软件、应用软件三类。本书第二部分将着重介绍计算机软件知识。

计算机硬件是构成计算机系统的所有物质元器件、部件、设备以及相应的工作原理与设计、制造、检测等技术的总称。本书第一部分将介绍这个方向的知识。

计算机应用着重研究计算机用于各个领域所涉及的原理、方法与技术。范围十分广泛，内容丰富。主要有中文信息处理、计算机图形学、数字图像处理、计算机辅助技术、多媒体计算技术、计算机控制、信息系统、人工智能以及计算机仿真等。本书在第四部分主要介绍常见的计算机应用系统。

本书首先介绍计算机硬件与体系结构的基础知识，然后介绍计算机软件的部分内容。由于近年来计算机网络的逐步盛行，原来计算机网络在计算机软件、硬件、体系、应用中的几部分合并形成第三部分——网络部分，最后是计算机应用学科领域的介绍。

# 第一部分 计算机硬件与体系结构

计算机硬件是构成计算机系统的所有物质元器件、部件、设备以及相应的工作原理与设计、制造、检测等技术的总称。计算机系统的部件和设备包括控制器、运算器、存储器、输入输出设备、电源等。元器件包括集成电路、印刷电路板以及其他磁性元件、电子元件等。此外，计算机硬件还包括计算机制造、计算机检测以及计算机维护等技术。

计算机组织与体系结构着重研究计算机系统的物理和硬件结构、各组成部分的属性以及这些部分的相互联系。其内容包括计算机体系结构、计算机组成、计算机类型、计算机网络、计算机 RAS 技术（计算机可靠性 Reliability、可用性 Availability、可维护性 Serviceability 的简称）和计算机性能评价。

由于计算机硬件、计算机组织与体系结构有着密切的关系，本书在组织上将计算机硬件与体系结构合成为一个部分。

在计算机硬件与体系结构这部分中，首先介绍计算机硬件的基础，即数字电路技术。然后介绍什么是电子计算机，计算机的分类。之后，按照计算机的各组成部件分别介绍中央处理器、存储器、输入/输出、外部设备等。在对计算机硬件组成有较为详细的了解后，介绍微机的基本原理以及如何使用汇编语言进行编程，控制微机的硬件。最后，介绍计算机体系结构，并介绍最近流行的嵌入式系统。

# 第 1 章 逻辑代数和数字电路

## 1.1 逻辑代数

### 1.1.1 逻辑代数

自然界中事物的发展总是有一定的因果关系。比如，电灯的亮、灭决定于开关是否接通，如果接通，电灯就亮，否则就灭。电源是否接通是原因，电灯的亮灭是结果。这种因果关系，一般称为逻辑关系，反映和处理这种关系的数学工具，就是逻辑代数（Logic Algebra）。

逻辑代数是英国数学家 George Boolean 在 19 世纪中叶创立的，所以也称为布尔代数（Boolean Algebra）。直到 20 世纪 20 年代，美国人 Claude E. Shannon 在开关电路中才找到了它的用途，并且很快就成为分析和综合开关电路的重要数学工具。因此它又被称为开关代数。

和普通代数相比，在逻辑代数中也有用字母表示的变量，但这些变量的情况要简单的多，它们只可能代表 0 和 1 两种情况。而且这里的 0 和 1 并不是表示它们之间的大小关系，而是表示两种不同的逻辑关系，比如我们常用 0 表示假，1 表示真，如果我们设命题 A：天是蓝的，那么 A 是真命题，那么变量 A 的值就是 1。除用 0 和 1 指代真假外，它们也可以指代任何一种不相交的状态，比如是与否，电流的有与无，电压的高与低。正是以上的特点，因此在逻辑代数中虽然有些公式和普通代数中没有区别，但也有一些完全不同。

### 1.1.2 数制

由于逻辑代数的特点，二进制是数字电路中普遍使用的一种数值表示方法。为了能更容易理解有关概念，先介绍一些有关数制的概念。

#### (1) 十进制和数制

十进制是我们日常生活中普遍使用的数制。在这种数制表示方法中，一个数字表示为由左至右并排书写的一行数字，如  $r_{n-1}r_{n-2}\dots r_2r_1r_0$  就表示了一个 n 位的十进制数。十进制数的每一位都用 0~9 这十个数码表示，所以基数是 10。超过 9 的数则需要用多位表示，其中低位数和相邻的高位间的关系是逢 10 进 1，故称为十进制。

例如： $527.45=5\times 10^2+2\times 10^1+7\times 10^0+4\times 10^{-1}+5\times 10^{-2}$

任意一个十进制数都可以用以下通式表示：

$$\sum k_i 10^i$$

其中  $k_i$  是第  $i$  位的系数，它可能是 0~9 十个数码中的任意一个。若整数部分位数是  $n$ ，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。

如果我们用 N 来取代上式中的 10，就得到了 N 进制数的表示方法，即：

$$\sum k_i N^i$$

#### (2) 二进制数

在数字电路中应用最广泛的是二进制。在二进制中，每一位仅有 0 和 1 两种可能，因此基数是  $N=2$ ，相邻的低位和高位之间的关系是逢二进一。

根据上面的通式，任何一个二进制数可以展开成为：

$$\sum k_i 2^i$$

这里  $k_i$  的取值只有 0 和 1 两种可能。

例如： $1011.101=1 \times 2^3+0 \times 2^2+1 \times 2^1+1 \times 2^0+1 \times 2^{-1}+0 \times 2^{-2}+1 \times 2^{-3}$

### (3) 八进制和十六进制——二进制的缩写形式

#### ① 八进制数

在八进制数中，每一位用 0~7 八个数码表示，所以基数是 8。低位和相邻高位之间的关系是逢八进一。它们可以表示成  $\sum k_i 8^i$  的形式，其中  $k_i$  可以是 0~7 中的任意一个。

例如： $651.51=6 \times 8^2+5 \times 8^1+1 \times 8^0+5 \times 8^{-1}+1 \times 8^{-2}$

因为同样一个数字用八进制数写比用二进制数要简单得多，而且在下面还会看到，八进制数和二进制数可以方便地互换，因此在书写计算机程序或设计数字电路的时候，经常使用八进制数。

#### ② 十六进制数

在十六进制数中，每一位用 0~9 和 A~F（分别相当于十进制中的 10~15）共十六个数码来表示。低位和相邻高位之间的关系是逢十六进一。它的通式是  $\sum k_i 16^i$ ，其中  $k_i$  可以是 0~F 中的任意一个。

例如： $F5.6E=F \times 16^1+5 \times 16^0+6 \times 16^{-1}+E \times 16^{-2}$

和八进制数一样，十六进制数也可以和二进制数方便地换算。因此，它也是计算机和数字电路设计中经常使用的数制之一。

### (4) 几种常用数制之间的转换

#### ① 各种数制向十进制的转换

把各种数制表示的数字按它们的数制定义式展开就达到了对应的十进制数。

例如： $(1011.101)_2=1 \times 2^3+0 \times 2^2+1 \times 2^1+1 \times 2^0+1 \times 2^{-1}+0 \times 2^{-2}+1 \times 2^{-3}=11.625$

$(651.51)_8=6 \times 8^2+5 \times 8^1+1 \times 8^0+5 \times 8^{-1}+1 \times 8^{-2}=425.640625$

$(F5.6E)_{16}=F \times 16^1+5 \times 16^0+6 \times 16^{-1}+E \times 16^{-2}=245.4296875$

#### ② 十进制和二进制转换

对整数部分，假设一个十进制整数  $D_{10}$ ，它对应的二进制数为  $(r_{n-1}r_{n-2}\dots r_2r_1r_0)_2$ ，则可知：

$$\begin{aligned} D_{10} &= 2^{n-1} \times r_{n-1} + 2^{n-2} \times r_{n-2} \dots 2^2 \times r_2 + 2^1 \times r_1 + 2^0 \times r_0 \\ &= 2 (2^{n-2} \times r_{n-1} + 2^{n-3} \times r_{n-2} \dots 2^1 \times r_2 + 2^0 \times r_1) + r_0 \end{aligned}$$

因此，若将上式两边同除以 2，那么两边的商和余数必然相等，商是  $2^{n-2} \times r_{n-1} + 2^{n-3} \times r_{n-2} \dots 2^1 \times r_2 + 2^0 \times r_1$ ，余数是  $r_0$ ，同理，再把商除以 2，就得到了  $r_1$ ，持续这个过程，直到除尽，就得到了对应二进制数字的每一位。

例如：将  $(173)_{10}$  化为二进制数：

$$173/2=86 \text{ 余 } 1 \quad r_0$$

$$86/2=43 \text{ 余 } 0 \quad r_1$$

$$43/2=21 \text{ 余 } 1 \quad r_2$$

$$21/2=10 \text{ 余 } 1 \quad r_3$$

$$10/2=5 \text{ 余 } 0 \quad r_4$$

$$5/2=2 \text{ 余 } 1 \quad r_5$$

$$2/2=1 \text{ 余 } 0 \quad r_6$$

$$1/2=0 \text{ 余 } 1 \quad r_7$$

得:  $(173)_{10} = (10101101)_2$

对小数部分, 一个十进制小数  $D_{10}$ , 它对应的二进制数为  $(r_{n-1}r_{n-2}\dots r_2r_1r_0)_2$ , 则可知:

$$D_{10} = 2^{-1} \times r_{-1} + 2^{-2} \times r_{-2} + \dots + 2^{-n+2} \times r_{-n} + 2^{-n+1} \times r_{-n+1} + 2^{-n} \times r_{-n}$$
$$2D_{10} - r_{-1} = 2^{-1} \times r_{-2} + \dots + 2^{-n+3} \times r_{-n} + 2^{-n+2} \times r_{-n+1} + 2^{-n+1} \times r_{-n}$$

依此类推, 直到结果为 1, 即可得到相应的二进制数各位数字。

例如: 将  $(0.8125)_{10}$  化为二进制数:

$$0.8125 \times 2 = 1.6250 \dots\dots \text{整数部分 } 1 = r_{-1}$$

$$0.6250 \times 2 = 1.2500 \dots\dots \text{整数部分 } 1 = r_{-2}$$

$$0.2500 \times 2 = 0.5000 \dots\dots \text{整数部分 } 0 = r_{-3}$$

$$0.5000 \times 2 = 1.0000 \dots\dots \text{整数部分 } 1 = r_{-4}$$

得:  $(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$

### ③ 二进制和八、十六进制的互换

对于 3 位二进制数, 一共有八个状态, 而且它的进位也是逢八进一的, 因此可以用一位八进制数来表示。这样一来, 二进制数和八进制数间的转化要比 2-10 进制间的互化容易得多。对于 2-8 进制转换, 只要从 0 位开始, 每三位划分为一组, 转化成一八进制数即可以, 相反地, 对于 8-2 进制转换, 只需把每一位八进制数转换为三位二进制数。

例如:

$$(101\ 110\ 001.010\ 111\ 011)_2 = (5\ 6\ 1.2\ 7\ 3)_8$$

$$(7\ 4\ 3.5\ 2\ 4)_8 = (111\ 100\ 011.101\ 010\ 100)_2$$

对于十六进制和二进制的互换有类似的关系, 只是由 4 位二进制数对应 1 位十六进制数。

例如:

$$(1010\ 0110\ 0010.1011\ 1111\ 0011)_2 = (A\ 6\ 2.B\ F\ 3)_{16}$$

$$(7\ E\ 3.5\ B\ 4)_{16} = (0111\ 1110\ 0011.0101\ 1011\ 0100)_2$$

## 1.1.3 二进制编码

用二进制数表示文字、符号等信息的过程叫做编码, 用来进行编码之后的二进制数称为二进制代码。在逻辑代数乃至整个数字电路中, 使用十分广泛。

在日常生活中用得最多的是十进制代码。比如每位同学的学号。这种编码虽然也遵循某种规则, 但并没有大小含义, 每位同学学号的大小与成绩的好坏并没有必然的联系。

在数字电路中, 由于二进制数用电路实现起来比较容易, 所以在编码中广泛使用的是二进制数。以下列举了几种常用的二进制编码。

### (1) 8421BCD 码

这种编码的特点是, 若把代码看成 4 位二进制数, 则个位的位权便依次是 8、4、2、1, 而且每个代码的十进制数值, 恰好就是它们所表示的十进制数值。其编码表如下:

$$0=0000; 1=0001; 2=0010; 3=0011; 4=0100;$$

$$5=0101; 6=0110; 7=0111; 8=1000; 9=1001。$$

### (2) 余三码

把 8421BCD 码的每个编码加上 3 就得到了余三码, 其编码表如下:

$$0=0011; 1=0100; 2=0101; 3=0110; 4=0111;$$

$$5=1000; 6=1001; 7=1010; 8=1011; 9=1100。$$

### (3) 循环码 (格雷码)

把 8421BCD 的每个编码, 最高位照旧, 后面每一位与前一位取异或, 就得到了循环码, 其编码表如下:

0=0000; 1=0001; 2=0011; 3=0010; 4=0110;  
5=0111; 6=0101; 7=0100; 8=1100; 9=1101。

## 1.1.4 逻辑代数的基本关系、公式和定理

### (1) 三种基本逻辑关系和逻辑运算

#### ① 与逻辑关系和与运算

当决定一件事情的各个条件全部具备时, 这件事情才会发生, 这样的因果关系, 称为“与逻辑关系”。满足与逻辑关系的运算叫做“与运算”, 记做:  $Y=A \cdot B$ , 读做“Y 等于 A 与 B”, Y 只要当 A 和 B 都是 1 的时候才是 1, 否则为 0。与运算的真值表如表 1-1。

由于与运算和普通代数中乘法的相似性, 与运算有时也被简称为“逻辑乘”或“布尔乘”。

#### ② 或逻辑关系和或运算

当决定一件事情的各个条件中, 只要有一个具备, 这件事情就会发生, 这样的因果关系叫做“或逻辑关系”。满足或逻辑关系的运算叫做“或运算”, 记做:  $Y=A+B$ , 读做“Y 等于 A 或 B”, 只要 A 或 B 中有一个是 1, Y 就是 1。或运算的真值表如表 1-2。

由于或运算和普通代数中加法的相似性, 或运算有时也被简称为“逻辑加”或“布尔加”。

#### ③ 非逻辑关系和非运算

非即否定。满足非逻辑关系的运算叫“非运算”, 记做:  $Y=!A$ , 读做“Y 等于非 A”。非运算的真值表如表 1-3。

### (2) 逻辑变量与逻辑函数及几种常用逻辑运算

#### ① 逻辑变量

在逻辑代数中, 和普通代数一样, 也用英文字母来表示变量, 叫做逻辑变量。不过其取值十分简单, 在二值逻辑中, 不是 1 就是 0, 没有第三种可能。而且在这里的 0 和 1 是没有数值大小含义的。它们只是用来表示事物相互对立有相互联系的两个方面, 即两种状态。比如开关的闭合与断开, 电灯的亮与灭等。

#### ② 逻辑函数

在上面所列举的各个算式都是逻辑表达式。式中 A、B 称为输入逻辑变量, Y 叫做输出逻辑变量, 字母上面没有反号的成为“原变量”, 有反号的叫“反变量”。一般的说, 如果输入逻辑变量 A、B、... 的取值确定之后, 输出逻辑变量 Y 的值也被唯一地确定了, 那么就称 Y 是 A、B、... 的逻辑函数, 并写成为  $Y=F(A, B, \dots)$ 。

一般情况下, 常用真值表描述变量取值和函数之间的对应关系。由于在二值逻辑中, 变量和函数的取值都只有 0、1 两种可能, 十分简单, 所以可以用穷举方法, 把变量的各种可能取值和相应的函数值, 以表格形式全部列出来, 来表示变量与函数之间的关系, 这种表格

表 1-1 与运算真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 1-2 或运算真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

表 1-3 非运算真值表

A	Y
0	1
1	0



叫做真值表 (Truth Table)。

③ 常用逻辑运算

与、或、非运算                  与非运算                  或非运算

$$Y_1 = A \cdot B$$

$$Y_2 = A + B$$

$$Y_3 = \overline{A}$$

与或非运算

$$Y_6 = \overline{A \cdot B + C \cdot D}$$

异或运算

$$Y_4 = \overline{A \cdot B}$$

$$Y_5 = \overline{A + B}$$

$$Y_7 = A \oplus B = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$$

④ 基本和常用逻辑运算的符号

在数字电路中，基本和常用逻辑运算应用十分广泛，是构成各种复杂逻辑运算的基础。因此都有实现这些运算的称之为门电路的逻辑电路存在，而它们也是组成各种数字电路的基本单元。图 1.1 给出的就是实现基本和常用逻辑运算的逻辑符号。

需要特别说明的是，逻辑符号是不能主观臆造的。图 1.1 中给出的符号，都有具体的逻辑电路器件存在，也是可以买到的。

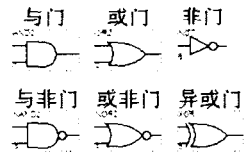


图 1.1 基本和常用逻辑运算的逻辑符号

(3) 逻辑函数的表示方法

一般用来表示逻辑函数的方法，归纳起来有真值表、卡诺图、表达式、逻辑图和波形图等五种。

① 真值表

把变量的各种可能取值与想对应的函数值，用表格的形式一一列举出来，这种表格就叫做真值表。设一个变量均有 0、1 两种可能取值， $n$  个变量共有  $2^n$  种可能，将它们按顺序（一般按二进制数递增规律）排列起来，同时在相应位置上写上逻辑函数的值，便可得到该逻辑函数的真值表。例如：逻辑函数的  $Y=AB+BC+CA$  的真值表如下：

真值表以表格的形式表示逻辑函数，其优点是直观明了。输入变量取值一旦确定，即可以从表中查出相应的函数值。所以，在许多数字集成电路手册中，常常以不同形式的真值表，给出器件的逻辑功能。另外，在把一个实际逻辑问题，抽象成为数学表达式形式时，使用真值表是最方便的。所以，在数字电路逻辑设计过程中，第一步就是要列出真值表；在分析数字电路逻辑功能时，最后也要列出真值表。但是，真值表也有一些缺点：首先，难以对其使用逻辑代数的公式和定理进行运算和变换；其次，当变量比较多时，列真值表会十分繁琐。因此，在许多情况下，为了简单起见，在真值表中只列出使函数值为 1 的输入变量取值。

表 1-4 逻辑函数  $y$  的真值表

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

② 卡诺图

卡诺图可以说是真值表的一种方块图表达式，只不过是变量取值，必须按照循环码的顺序排列而已，与真值表有严格的一一对应关系，因此也可以叫做真值方格图。

卡诺图的优点，是用几何相邻形象直观地表示了函数各个最小项在逻辑上的相邻性，便于化简逻辑表达式。

表 1-5 卡诺图真值表

BC \ A	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1