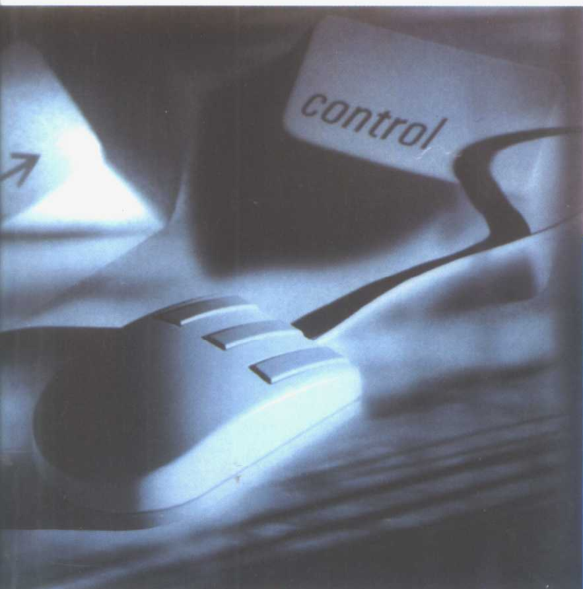
WUTP

普通高等学校计算机科学与技术专业新编系列教材

Digital Logic

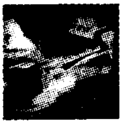
数字逻辑



张江陵　朱　勇　主编

```
#include <stdio.h>
void main()
{
  void swap(int *ptr1,int *ptr2);
  int x,y,*ptr1,*ptr2;
  printf("input x,y:");scanf("%d,%d",&x,
  printf("%d\t%d\n",x,y);ptr1=&x;ptr2=
  if(x<y)
  swap(ptr1,ptr2);
  printf("%d\t%d\n",x,y);
}
void swap(int *ptr1,int *ptr2)
```

武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press



普通高等学校计算机科学与技术专业新编系列教材

Digital Logic
数字逻辑

张江陵　朱　勇　主编

武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

内 容 提 要

本书根据普通高等学校计算机科学与技术专业(本科)教学大纲精神,以及数字逻辑课程的特点,全面系统地阐述了数字逻辑的基本理论、基本概念和基本方法。全书共分六章:逻辑理论基础、逻辑代数基础、组合逻辑、时序逻辑、编程逻辑、数字系统设计。

本书既继承了传统教科书的优点,又根据当今数字逻辑发展及实际工程应用背景,介绍了一些先进的逻辑器件及分析设计方法。理论紧密结合实践。最后一章数字系统又与后续课程密切相关,承前启后。

本书可作为高等院校计算机、通信、电子工程、自动控制等专业"数字逻辑"课程的教材,也可作为成人教育的教材和相关专业科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑/张江陵,朱勇主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2002.12

普通高等学校计算机科学与技术专业新编系列教材

ISBN 7-5629-1878-3

Ⅰ.数… Ⅱ.① 张… ② 朱… Ⅲ.数字逻辑-高等学校-教材 Ⅳ.TP302.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 106887 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

HTTP://www.whut.edu.cn/chubanl

E-mail:wutp @ public.wh.hb.cn

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×960 1/16

印 张:15.875

字 数:310 千字

版 次:2002 年 12 月第 1 版

印 次:2002 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~5000 册

定 价:22.00 元

普 通 高 等 学 校
计算机科学与技术专业新编系列教材
编 审 委 员 会

出版说明

当今世界已经跨入了信息时代，计算机科学与技术正在迅猛发展。尤其是以计算机为核心的信息技术正在改变整个社会的生产方式、生活方式和学习方式，推动整个人类社会进入信息化社会。为了顺应时代潮流，适应计算机专业调整及深化教学改革的要求，充分考虑到不同层次高校的教学现状，满足广大高校的教学需求，武汉理工大学出版社经过广泛调研，与国内近 30 所高等院校的计算机专家进行探讨，决定组织编写“普通高等学校计算机科学与技术专业新编系列教材”。

我们在组织编写新编本套系列教材时，**以培养现代化高级人才为重任，以提高学生综合素质、培养学生应用能力和创新能力为目的，以面向现代化、面向世界、面向未来为准绳，注重系列教材的特色和实用性，反映最新的教学与科研成果，体现本专业的时代特征。**同时，面对教育改革的需要、人才的需要和社会的需要，在编写本教材时，借鉴、学习国外一流大学的先进教学体系，结合国内的实际需要，吸取具有先进性、实用性和权威性的国外教材的精华，以更好地促进国内教材改革顺利进行。从时代和国际竞争要求的高度来思考，为打造一套高起点、高水平、高质量的系列教材而努力。

本套教材具有以下特色：

与时俱进，内容科学先进——充分体现计算机学科知识更新快的特点，及时更新知识，确保教材处于学科前沿，以拓宽学生知识面，培养学生的创新能力。

紧跟教学改革步伐，体现教学改革的阶段性成果——符合全国高校计算机专业教学指导委员会、中国计算机学会教育委员会制订的“计算机学科教学计划 2000”的内容要求。

实现立体化出版，适应教育方式的变革——本套教材努力使用和推广现代化的教学手段，凡有条件的课程都准备组织编写、制作和出版配合教材使用的实验、习题、课件、电子教案及相应的程序设计素材库。

本套教材首批 25 种预定在 2003 年秋季全部出齐。我们的编审者、出版者决不敢稍有懈怠，一定高度重视，兢兢业业，按最高的质量标准工作。教材建设是我们共同的事业和追求，也是我们共同的责任和义务，我们诚恳地希望大家积极选用本套教材，并在使用过程中给我们多提意见和建议，以便我们不断修订、完善全套教材。

武汉理工大学出版社

2002 年 10 月

前 言

21世纪是信息与数字时代。数字技术是信息实现的基础,它是当今社会最具活力的一门科学技术。社会对信息的不断需求,一方面导致各种信息技术的不断涌现,另一方面对信息技术人才的要求也越来越严格了。人才的培养离不开高等教育,具体实现就是通过对专业结构、课程体系、教学内容和教学方法进行系统的改革,教材建设便是其中的一个重要环节。

"数字逻辑"作为计算机专业硬件方向的基础课程,其主要目的在于使学生掌握数字逻辑电路分析、设计的基本方法,并具有使用中规模逻辑构件和可编程逻辑器件解决实际问题的能力,为计算机、数字系统的分析、设计和后续硬件课程的学习奠定坚实的基础。

数字技术的发展速度可谓一日千里,新理论、新技术不断涌现。分立电子元件早已成为了老黄历,逻辑芯片实现技术从标准通用片、现场片、通用逻辑阵列,发展到大规模的FPGA和CPLD,SOC(在片系统)也已步入了数字逻辑设计的实用领域。技术每次更新的时间越来越短。数字系统设计方法也更加系统和先进,由原来的手工化简逻辑表达式、设计数字电路,发展成为集CAD、EDA手段和HDL描述语言于一体的更高层次平台的设计方法。它能设计出更加复杂和抽象的数字系统,以适应于当今对信息处理的要求。

《数字逻辑》一书以全国高等学校计算机教育研究会推荐的《计算机学科教学计划》为指导思想,以当今飞速发展的数字科学技术为背景,完整地阐述了逻辑设计的基本理论、基本概念和基本方法。力图使学生在掌握数字逻辑分析、设计基本方法的基础上,了解当今逻辑设计的主流发展方向,培养和提高他们解决实际问题的综合能力。

本教材内容全面、概念清楚、系统性强,使学生能建立数字系统的总体概念;基础理论与新技术结合,注重学生综合能力的培养;适应性广,既可作为本科生的学习教材,也能用作从事数字系统开发人员的

参考书；介绍前沿技术和设计方法，适应数字技术发展需求。

本教材分为三大部分，第一部分为数字逻辑理论基础，包括第1章逻辑理论基础和第2章逻辑代数基础；第二部分是主干逻辑，详细阐述了逻辑分析、逻辑设计及逻辑器件的使用方法，它由三大逻辑组成，即组合逻辑、时序逻辑和编程逻辑；最后一部分介绍了数字系统的基本概念和设计方法。教材对于较难掌握的内容，如时序逻辑作了非常详尽的阐述，内容全面，系统性强；对于当今数字系统设计的先进技术，如编程逻辑的基本原理和设计方法也作了广泛的讲解，这也是本教材的特色之一。

编写本教材的人员都是长期执教“数字逻辑”教学的一线教师，对本门课程有丰富的教学经验和独到见解。其中武汉理工大学潘昊副教授编写第1章和第2章，湖北大学黄耀峰硕士编写第3章，武汉理工大学胡家宝副教授编写第4章，武汉科技学院副教授朱勇编写第5章，中南民族大学喻成副教授编写第6章。由朱勇统审全稿，华中科技大学博士生导师张江陵教授对全书提出了指导性意见。

武汉理工大学出版社对本教材的出版给予了大力支持，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，教材中不免有疏漏之处，恳请广大读者见谅、斧正。

编　者

2002 年 10 月

目　录

1 逻辑理论基础

本章提要

逻辑理论主要用于数字系统。数字系统包含两种类型的运算，即逻辑运算和算术运算。不论哪种运算都与数关系密切，因此了解数的表示形式和基本特征大有必要。计算机是数字系统中最常见、最有代表性的设备，因此我们必须了解数在计算机系统中的表示方法和特征。

数字系统所处理的信息都是离散元素，这些离散元素可以有不同的表示形式，比如十进制数字、字母、标点符号等。现实生活中人类通常采用十进位计数制来表示数，但计算机不能直接接受我们熟悉的十进制。因此需要选择一种进位计数制，来确定小数点及数的正负符号在机器中的表示，同时人机通信也需要进行进制转换。

本章主要讨论数在数字系统中的表示方法。

1.1 概　　述

1.1.1 数字逻辑研究的对象及方法

数字逻辑研究的对象是数字电路。从功能上说，它除了可以对信号进行算术运算外，还能够进行逻辑判断，即具有一定的“逻辑思维能力”。所谓逻辑，是指一定的规律性。逻辑电路就是按一定的规律性控制和传送多种信号的电路，它实际上就是用电来控制的开关。当满足某些条件时，开关即接通，信号就能通过；否则开关断开，信号不能通过。好像门一样，所以逻辑电路又叫开关电路或

门电路。它是构成数字电路的基本单元。数字电路所研究的问题和使用的分析方法与模拟电路有很大不同。在模拟电路中，研究的主要问题是怎样不失真地放大模拟信号；而在数字电路中，研究的主要问题是电路的输出输入间的逻辑关系，研究的主要工具是逻辑代数这一数学工具，主要方法是真值表和逻辑函数表达式等。

1.1.2　数字逻辑的应用与发展

20 世纪 90 年代开始，整个社会进入数字化、信息化、知识化的时代，数字技术与国民经济和社会生活的关系日益密切，计算机、计算机网络、通信、电视及音像传媒、自动控制、医疗、测量等无一不纳入数字技术并获得了较大的技术进步。例如互联网、程控电话、移动通信、可视电话、会议电视、数字电视、数字相机、VCD、DVD 等。

可见数字逻辑在数字系统即数字通信、系统数字化测量、数字设备、数字电子计算机等方面已经得到极为广泛的应用。数字通信系统抗干扰能力强，保密性好，容量大；数字化测量精度高，功能完备，具有数控测试功能；数字设备精度高，智能化，功能全；计算机是最有代表性的数字系统，具有极强的信息处理和控制能力。

1.2　数制及其转换

1.2.1　进位计数制

进位计数制简称数制，是用一组统一的符号和规则来表示数的方法，包括十进制、二进制、八进制、十六进制等。其中十进制是我们生活中最常用的。

十进制使用的数字符号有 10 个，即 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9；使用的组合规则是“逢十进一”。即每位累计不超过 9，满 10 则应向高位进一。其中数字符号的个数即基数为 10。处在不同位置上的数字符号代表不同的意义，即各位的权(Weight)不同。

例如十进制数 421.3 中：“4”代表 4×100，“2”代表 2×10，“1”代表 1×1，“3”代表 3×0.1。其权值从左到右分别为 100,10,1,0.1。421.3 按权展开如下：

$$421.3=4\times100+2\times10+1\times1+3\times0.1$$

等式左边采用了位置计数法，右边按权展开式采用了多项式表示法。推广到一般，对任意一个十进制数 N，都有两种表示方法：

(1) 位置计数法：

$$(N)_{10}=(a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0\cdot a_{-1}a_{-2}a_{-m})_{10}$$

(2) 多项式表示法：

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

其中，n 为整数部分的位数，m 为小数部分的位数，a_i 为数字符号($0\leqslant a_i\leqslant 9$)，基数为 10，权值为 10^i。

在数字系统中使用的进位计数制并不限于十进制，对任意的 r 进制而言，数 N 的表示方法也有以下两种：

(1) 位置计数法：

$$(N)_r=(a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0\cdot a_{-1}a_{-2}a_{-m})_r$$

(2) 多项式表示法：

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

其中，n 为整数部分的位数，m 为小数部分的位数，a_i 为数字符号($0\leqslant a_i\leqslant r-1$)，$r$ 为进位计数制基数，r^i 为 a_i 位上的权值。r 进制的计数规则是“逢 r 进一”。

当 $r=2$ 时，称为二进位计数制，简称二进制。二进制如$(110)_2$，只有两个数字符号 0，1；计数规则是“逢二进一”。

当 $r=8$ 时，称为八进制。采用的数字符号是 0，1，2，3，4，5，6，7。计数规则是“逢八进一”。八进制数如$(146.6)_8$。

当 $r=16$ 时，称为十六进制。采用的数字符号是 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F。其中 A，B，C，D，E，F 分别代表十进制数字 10，11，12，13，14，15。计数规则是“逢十六进一”。十六进制数如$(A23.B)_{16}$。

表 1.1 列出了 $r=10,2,8,16$ 时各种数制的头 16 个自然数。

表 1.1　十、二、八、十六进制的头 16 个自然数

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

1.2.2　数制转换

1.2.2.1　二进制、八进制、十六进制和十进制的转换

二进制、八进制、十六进制转换成十进制采用多项式替代法，即将 2^n 进制数写成按权展开式，再按十进制运算规则求和，即可得到与 2^n 等同的十进制数。

【例 1.1】 将二进制数 101.1 转换成十进制数。

【解】 $(101.1)_2=(1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1})_{10}=(5.5)_{10}$

【例 1.2】 将八进制数 152 转换成十进制数。

【解】 $(152.4)_8=(1\times8^2+5\times8^1+2\times8^0+4\times8^{-1})_{10}=(106.5)_{10}$

【例 1.3】 将十六进制数 $A1F$ 转换成十进制数。

【解】
$$\begin{aligned}(A1F)_{16}&=(A\times16^2+1\times16^1+F\times16^0)_{10}\\&=(10\times16^2+1\times16^1+15\times16^0)_{10}\\&=(2591)_{10}\end{aligned}$$

说明：十六进制数转换成十进制数时，应将其字母 $A\sim F$ 转换成相应的十进制数。

十进制数转换成 2^n 进制数时，需将待转换的数分成整数部分和小数部分，分别按基数除法和基数乘法进行转换。

(1) 整数转换

十进制整数部分采用基数除法，即“除 2^n 取余”进行转换。把十进制整数除以 2^n，取出余数作为相应 2^n 进制的最低位，把得到的商再除以 2^n，再除余数作为 2^n 进制的次低位。反复此过程至商为 0，所得余数为最高位为止。

【例 1.4】 将十进制数 30 转换为二进制数。

【解】

2	30		
2	15	0	低位
2	7	1	
2	3	1	
2	1	1	
	0	1	高位

$(30)_{10}=(11110)_2$

【例 1.5】 将十进制数 381 转换成八进制数、十六进制数。

【解】

16	381		
16	23	13	低位
16	1	7	
	0	1	高位

$$(381)_{10}=(17D)_{16}$$

8	381		
8	23	5	低位
8	1	7	
	0	5	高位

$$(381)_{10}=(575)_{8}$$

(2) 小数转换

十进制小数部分采用基数乘法，即“乘 2^n 取整”进行转换，把十进制小数乘以 2^n，取其整数作为 2^n 进制小数的最高位；然后将所得的乘积的小数部分再乘以 2^n，并再取整数作为次高位，反复此过程至小数部分为 0 或达到所要求的精度为止。

【例 1.6】 将十进制数 0.125 转换成二进制小数。

【解】

0.125		
× 2		
0.250	0	高位
× 2		
0.500	0	
× 2	0	
1.000	1	低位

此时，乘积小数部分为 0，不再乘以基数 2。

$$(0.125)_{10}=(0.001)_{2}$$

说明：所得乘积中的整数不再参加连乘。

不是每个十进制小数都能用有限位小数表示，若不能，则只需达到要求精度即可。

【例 1.7】 将十进制数 0.17 转换成二进制数，精确到小数点后三位。

【解】

$$
\begin{array}{rll}
 & 0.17 & \\
\times & 2 & \\
\hline
 & 0.34 & 0 \quad \text{高位} \\
\times & 2 & \\
\hline
 & 0.68 & 0 \\
\times & 2 & \\
\hline
 & 1.36 & 1 \\
\times & 2 & \\
\hline
 & 0.72 & 0 \quad \text{低位}
\end{array}
$$

第四位为 0 舍去，若为 1 则入。

精确到小数点后三位的结果是$(0.17)_{10} \approx (0.001)_2$。

用类似方法可将十进制小数部分转换为 2^n 进制小数。

若一个十进制数既有整数部分，又有小数部分，则转换时分别进行转换，再将转换的结果合并。

【例 1.8】 将$(58.125)_{10}$转换成二进制数。

【解】 $(58.125)_{10} = (58)_{10} + (0.125)_{10} = (111010)_2 + (0.001)_2$

$= (111010.001)_2$

1.2.2.2　八进制数、十六进制数与二进制数的互换

二进制数、八进制数和十六进制数的基数都是 2^n，故可以直接进行转化。将二进制数转换成 2^n($n>1$)进制数的具体方法是从小数点开始，分别向左、右按 n 位分组，最后不满 n 位的则需加 0，将每组以对应的 2^n 进制数代替，即为等值的 2^n 进制数，这也称为 n 分法。例如：

八进制（n=3）　5　7　2　.　3　0　4

　　　　　　　1 0 1 1 1 1 0 1 0 . 0 1 1 0 0 0 1 0 0

二进制

十六进制（n=4）1　7　A　.　6　2　0

所以，$(572.304)_8 = (101111010.011000100)_2 = (17A.620)_{16}$。

知道上述方法后，将十进制转换为十六、八进制时便也可分步进行。先将十进制转换成二进制，再将二进制转换成八进制或十六进制。

将八进制、十六进制数转换为二进制数为上述方法的逆过程。

通过以上讨论，我们知道十、二、八、十六进制数任何二者都可进行相互转换。而其中涉及到的方法不外三种：多项式替代法，基数乘除法，n 分法。熟练