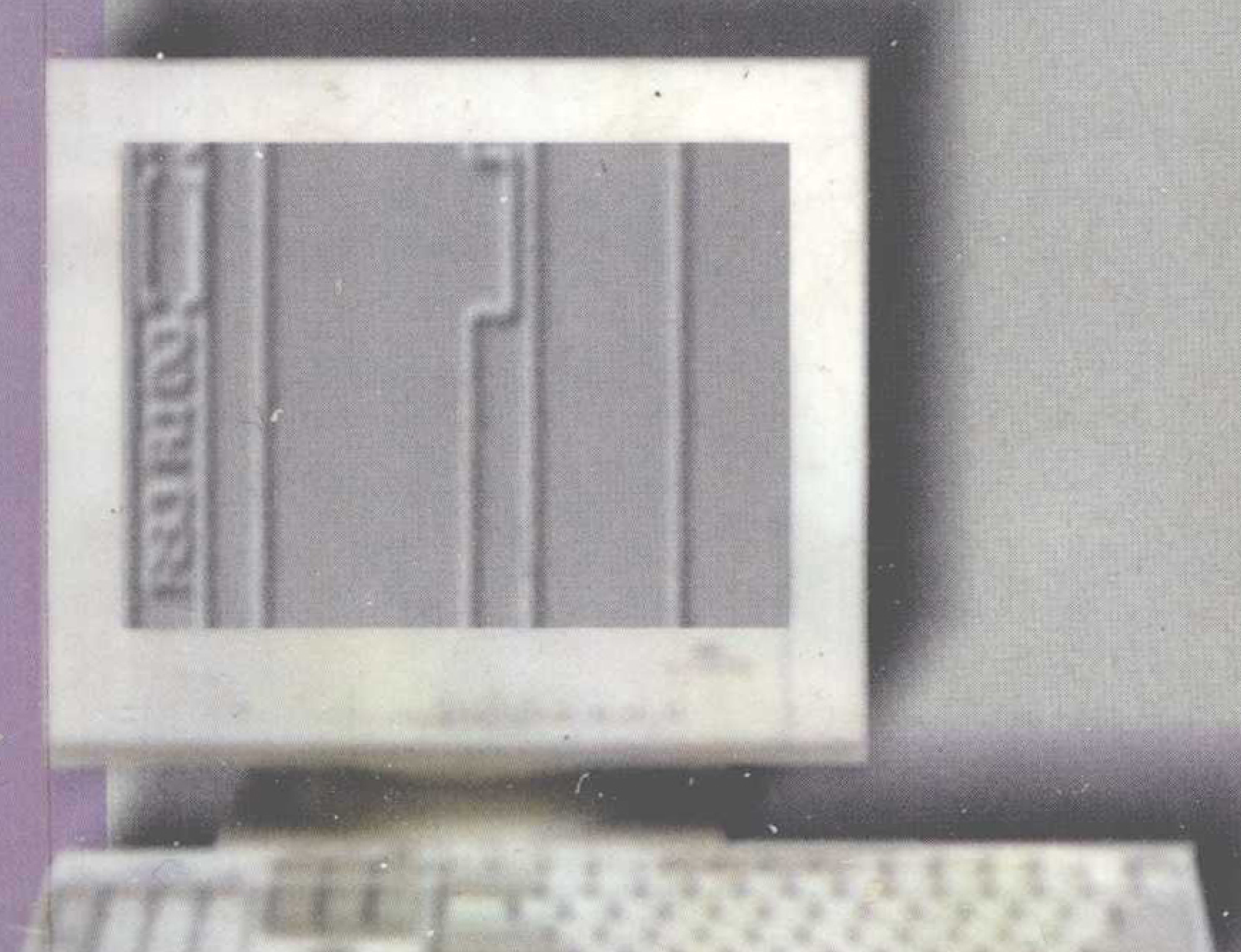
中等职业技术学校计算机专业系列教材

数字逻辑

SHU ZI LUO JI

ZHONG DENG ZHI YE JI SHU XUE XIAO JI SUAN JI ZHUAN YE XI LIE JIAO CAI



张天春／编

中国财政经济出版社

胡金柱 李邦畿 李晓燕 杨发明 主编

数 字 逻 辑

张天春 编

中国财政经济出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了数字逻辑电路的基本概念及常用逻辑电路的分析与设计方法。内容包括：数制与代码、逻辑代数与逻辑函数、组合逻辑电路及常用部件、触发器、时序逻辑电路及常用部件等。内容深入浅出，文字通俗易懂。各章均附有习题。

本书可作为中等专业学校和职业技术学校计算机专业教材，也可作为计算机技术人员的自学用书。

图书在版编目（CIP）数据

数字逻辑/张天春编．-北京：中国财政经济出版社，1998.7
中等职业技术学校计算机专业系列教材
ISBN 7-5005-3818-9

Ⅰ.数… Ⅱ.张… Ⅲ.数字逻辑-技术学校-教材 Ⅳ.TP302.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（98）第 12639 号

中国财政经济出版社 出版
URL：http： www.cfeph.com
e—mail：cfeph drc.go.cn.net
（版权所有 翻印必究）
社址：北京东城大佛寺东街 8 号 邮政编码：100010
发行处电话：64033095 财经书店电话：64033436
北京财经印刷厂印刷 各地新华书店经销
787×1092 毫米 16 开 9.25 印张 217 000 字
1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月北京第 1 次印刷
印数：1— 20 055 定价：12.00 元
ISBN 7-5005-3818-9/TP·0023
（图书出现印装问题，本社负责调换）

编写与使用说明

为适应我国当前中等专业学校和中等职业技术学校有关计算机教学的需要，我们组织编写了这套实用系列教材。本套教材针对中专和中等职业学校学生的基础和接受能力，根据计算机课程教学的实际规律和需要，对本套书中的内容作了较周密地安排。不仅体系合理，而且深入浅出、文字流畅、概念清晰、通俗易懂、例题丰富。全套书共有24册，它们是：(1) 微型计算机组成原理；(2) 微型计算机操作；(3) BASIC语言程序设计；(4) C语言程序设计；(5) 数据结构初步；(6) FOXBASE$^+$关系数据库；(7) 关系数据库FOXPRO；(8) 微型计算机系统的安装与维护；(9) 计算机网络基础；(10) 计算机软件开发技术；(11) Windows基础教程；(12) 计算机专业英语；(13) 宏汇编语言；(14) 计算机操作系统原理；(15) 电子线路；(16) 数字逻辑；(17) 计算机多媒体基础教程；(18) 可视化编程与Visual Basic语言；(19) 计算机网络教程；(20) 计算机辅助设计；(21) 中文Word for Windows；(22) 中文Excel for Windows；(23) 微机常用工具软件；(24) 工具软件PCTOOLS和NORTON。

以上24本教材中，(1)、(2)、(4)、(5)、(7)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)、(15)、(16)等十二本可以作为中专和中等职业技术学校计算机专业学生的必修课教材；另外十二本可作为选修课教材，各学校可根据本校的实际情况灵活掌握、选择使用。其中的 (2)、(4)、(6)、(7)、(8)、(9)、(11)、(17)、(18)、(19)、(20)、(21)、(22)、(23)、(24) 等书还可以作为非计算机专业的公共课教材或自学参考书，或者作为等级考试培训班、普及培训班的培训教材。

对于计算机专业，本套教材可以安排使用5个或6个学期，每个学期可酌情安排2～5门课程。每门课程的总教学时数为60～90学时为宜，不宜太多或太少，其中包括计划内安排的实验或上机实习的学时数。本套教材的实用性较强，除计算机英语之外，一般都应安排实验或上机实习。每门课的实验或上机实习时数不得少于总课时的1/3，有些应占1/2以上。而《微型计算机操作》、《微型计算机系统的安装与维护》、《微机常用工具软件》、《工具软件PCTOOLS和NORTON》、《Windows基础教程》、《中文Word for Windows》、《中文Excel for Windows》等，还应以上机操作为主，讲授为辅，而且最好是在大屏幕投影教室或者多媒体计算机教室讲课，否则很难达到预期的教学效果。

本套教材每本书自成体系，可以独立使用。书中凡打星号（*）的章节可作为选讲内容，不作要求。FOXBASE$^+$与FOXPRO的许多命令相同，可酌情选择其中一本作教材，学生学会其中任何一种，另一种则很容易自学掌握，所以另一本可作为学生自学教材。五笔字型和自然码不要求学生都学，可选其中一种组织教学。

组织这样一套较完善的系列教材难度相当大，加之我们每位作者的教学、科研任务都很繁忙，书中肯定有许多不尽人意的错误和不妥之处。我们真诚地欢迎广大读者随时批评、指正，以便我们及时修订。

计算机系列教材编写组

1998年4月

前　　言

数字逻辑，即数字系统逻辑设计，是计算机科学重要的专业基础课。本课程着重培养学生分析逻辑电路和进行逻辑电路设计的能力，重点阐述数字逻辑电路的基本概念和常用的逻辑电路分析及设计方法。

全书共分七章。第一章数制与代码，介绍数字系统中常用的数制和代码，以及各数制之间的转换。第二章逻辑代数与逻辑函数，介绍逻辑代数、逻辑函数的基本概念及化简。第三章组合逻辑电路，介绍组合逻辑电路的分析和设计方法。第四章常见组合逻辑电路及应用，介绍加法器、译码器、编码器等器件的逻辑功能及其应用。第五章触发器，介绍各类触发器的逻辑功能及相互之间的转换。第六章时序逻辑电路，介绍同步时序电路和异步时序电路的分析和设计方法。第七章常见时序逻辑电路及应用，介绍寄存器、计数器的逻辑功能及其应用。

本书是《中等职业技术学校计算机专业系列教材》之一，适用于中等专业学校和职业技术学校计算机专业的教材，也可作为自学参考书。鉴于目前集成电路的迅速发展和广泛应用，本书在介绍基本逻辑电路的同时，相应介绍了部分中规模集成电路的功能及典型应用。全书在内容选取、概念引入、文字表述及例题选择上力求做到深入浅出，通俗易懂，便于自学。各章后均附有一定数量的习题。

本书由张天春编写，由胡金柱教授审定。在编写过程中，得到了同行们的热忱关怀和大力支持。在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在一些不妥或错误之处，殷切希望广大读者批评指正。

编　　者

1998 年 5 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　　录

第一章　数制与代码……………………………………………………………（1）

§1.1　进位计数制 ……………………………………………………………（1）
1.1.1　十进制 ……………………………………………………………（1）
1.1.2　二进制 ……………………………………………………………（1）
1.1.3　八进制 ……………………………………………………………（1）
1.1.4　十六进 ……………………………………………………………（2）
1.1.5　二进制与其它进制的转换 ……………………………………………（2）
§1.2　二进制的正负数表示法 ………………………………………………（4）
1.2.1　原码表示法 …………………………………………………………（5）
1.2.2　反码表示法 …………………………………………………………（5）
1.2.3　补码表示法 …………………………………………………………（5）
1.2.4　补码的算术运算 ……………………………………………………（5）
§1.3　常用编码 ……………………………………………………………（6）
1.3.1　二-十进制编码……………………………………………………（6）
1.3.2　可靠性编码 …………………………………………………………（7）
1.3.3　字符代码 ……………………………………………………………（7）
习题一……………………………………………………………………（8）

第二章　逻辑代数与逻辑函数……………………………………………………（9）

§2.1　基本概念 ……………………………………………………………（9）
2.1.1　逻辑代数与普通代数的异同 …………………………………………（9）
2.1.2　基本逻辑运算 ………………………………………………………（9）
2.1.3　逻辑函数……………………………………………………………（11）
2.1.4　逻辑函数表示法……………………………………………………（12）
§2.2　逻辑代数的公理、定理及运算规则 ……………………………………（14）
2.2.1　逻辑代数公理………………………………………………………（14）
2.2.2　逻辑代数的基本定理………………………………………………（15）
2.2.3　逻辑代数中三个运算规则…………………………………………（16）
§2.3　逻辑函数的简化……………………………………………………（17）
2.3.1　逻辑函数的表达式及形式变换……………………………………（17）
2.3.2　代数化简法…………………………………………………………（21）
2.3.3　卡诺图化简法………………………………………………………（22）
习题二 ……………………………………………………………………（28）

第三章　组合逻辑电路 ……………………………………………………（31）

§3.1　逻辑门电路…………………………………………………………（31）

3.1.1 基本逻辑门…………………………………………………………………………………（31）
3.1.2 复合逻辑门…………………………………………………………………………………（32）
3.1.3 正逻辑与负逻辑……………………………………………………………………………（34）
§3.2 组合逻辑电路的分析………………………………………………………………………（35）
3.2.1 组合逻辑电路分析的基本步骤……………………………………………………………（36）
3.2.2 组合逻辑电路分析举例……………………………………………………………………（36）
§3.3 组合逻辑电路的设计………………………………………………………………………（39）
3.3.1 组合逻辑电路设计的基本步骤……………………………………………………………（39）
3.3.2 组合逻辑电路的设计举例…………………………………………………………………（39）
§3.4 组合逻辑电路的竞争与冒险………………………………………………………………（42）
3.4.1 竞争冒险的产生……………………………………………………………………………（42）
3.4.2 竞争冒险的判断……………………………………………………………………………（43）
3.4.3 竞争冒险的消除方法………………………………………………………………………（44）
习题三 ……………………………………………………………………………………………（45）

第四章 常见组合逻辑电路及应用举例 ……………………………………………………（47）

§4.1 加法器………………………………………………………………………………………（47）
4.1.1 半加器………………………………………………………………………………………（47）
4.1.2 全加器………………………………………………………………………………………（48）
§4.2 编码器和译码器……………………………………………………………………………（52）
4.2.1 编码器………………………………………………………………………………………（52）
4.2.2 译码器………………………………………………………………………………………（55）
§4.3 数据选择器和分配器………………………………………………………………………（58）
4.3.1 数据选择器…………………………………………………………………………………（58）
4.3.2 数据分配器…………………………………………………………………………………（60）
§4.4 数值比较器…………………………………………………………………………………（61）
§4.5 应用举例……………………………………………………………………………………（64）
习题四 ……………………………………………………………………………………………（66）

第五章 触发器 ………………………………………………………………………………（68）

§5.1 触发器的类型及其逻辑功能………………………………………………………………（68）
5.1.1 基本 R—S 触发器…………………………………………………………………………（68）
5.1.2 时钟控制 R—S 触发器……………………………………………………………………（71）
5.1.3 D 触发器 …………………………………………………………………………………（73）
5.1.4 J—K 触发器 ………………………………………………………………………………（74）
5.1.5 T 触发器 …………………………………………………………………………………（76）
5.1.6 主从触发器…………………………………………………………………………………（77）
5.1.7 边沿触发器…………………………………………………………………………………（81）
§5.2 触发器逻辑功能的转换……………………………………………………………………（82）
5.2.1 D 触发器转换成其它类型触发器 ………………………………………………………（82）

5.2.2 J—K 触发器转换成其它类型触发器 ………………………………………… (83)
§5.3 触发器应用举例…………………………………………………………………… (84)
5.3.1 分频器…………………………………………………………………………… (84)
5.3.2 单脉冲发生器…………………………………………………………………… (86)
习题五 ……………………………………………………………………………………… (86)

第六章 时序逻辑电路 ……………………………………………………………… (88)

§6.1 时序逻辑电路的特点和分类……………………………………………………… (88)
6.1.1 时序逻辑电路的特点………………………………………………………… (88)
6.1.2 时序逻辑电路的分类………………………………………………………… (89)
§6.2 同步时序电路的分析与设计……………………………………………………… (90)
6.2.1 同步时序电路的分析与举例………………………………………………… (91)
6.2.2 同步时序电路的设计与举例………………………………………………… (94)
§6.3 异步时序电路的分析与设计 …………………………………………………… (106)
6.3.1 脉冲异步时序电路的分析与举例 ………………………………………… (108)
6.3.2 脉冲异步时序电路的设计与举例 ………………………………………… (111)
习题六………………………………………………………………………………………… (116)

第七章 常见时序逻辑电路及应用举例……………………………………………… (119)

§7.1 寄存器 …………………………………………………………………………… (119)
7.1.1 数码寄存器 ……………………………………………………………………… (119)
7.1.2 移位寄存器 ……………………………………………………………………… (120)
7.1.3 集成寄存器 ……………………………………………………………………… (122)
7.1.4 寄存器应用举例 ………………………………………………………………… (124)
§7.2 计数器 …………………………………………………………………………… (125)
7.2.1 二进制计数器 …………………………………………………………………… (126)
7.2.2 十进制计数器 …………………………………………………………………… (131)
7.2.3 N 进制计数器 …………………………………………………………………… (133)
7.2.4 集成计数器 ……………………………………………………………………… (134)
7.2.5 计数器应用举例 ………………………………………………………………… (135)
习题七………………………………………………………………………………………… (137)

第一章　数制与代码

本章主要讨论数字系统中数的表示方法。从人们熟悉的十进制计数制开始，把数制的基本概念扩展到二进制、八进制、十六进制以及二进制与各种数制之间的转换；而后讨论二进制正、负数在计算机中的表示方法；此外，还将介绍计算机中常用的几种编码。

§1.1　进位计数制

1.1.1　十进制

十进制是在日常生活中使用最广泛，最习惯的一种计数制。十进制共有0～9十个数码。每种计数制所使用的数码个数，称为该计数制的基数。十进制的基数是10。计数制中的每个数码仅是个符号，它本身并不能说明它所代表的实际量，同一个数码在一个数码序列中处的位置不同，它所表示的实际量就不同。十进制以10的幂次作为权。在十进制的加法运算中是“逢十进一”，减法运算中是“借一当十”。其一般形式可表示为：

$$N=\pm[K_n\times10^n+K_{n-1}\times10^{n-1}+\cdots+K_1\times10^1+K_0\times10^0+K_{-1}\times10^{-1}+K_{-2}\times10^{-2}+\cdots+K_{-m}\times10^{-m}]=\pm\sum_{i=-m}^{n}K_i\times10^i$$

如：$(1234.56)_{10}=1\times10^3+2\times10^2+3\times10^1+4\times10^0+5\times10^{-1}+6\times10^{-2}$

通常，对十进制的表示，可在数字的右下角标注10或D。

1.1.2　二进制

二进制是电子计算机中普遍使用的一种计数制。二进制共有两个数码，即“0”和“1”。二进制以2的幂次作为权。其运算规则是：进位为“逢二进一”，借位为“借一当二”。其一般形式可表示为：

$$N=\pm[K_n\times2^n+K_{n-1}\times2^{n-1}+\cdots+K_1\times2^1+K_0\times2^0+K_{-1}\times2^{-1}+K_{-2}\times2^{-2}+\cdots+K_{-m}\times2^{-m}]=\pm\sum_{i=-m}^{n}K_i\times2^i$$

如：$(1101.01)_2=1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}$

通常，对二进制的表示，可在数字的右下角标注2或B。

1.1.3　八进制

八进制也是计算机中常用的一种计数制，它的基数是8，共有8个数码，即0～7。八进制以8的幂次作为权。其运算规则是“逢八进一”，“借一当八”。其一般形式可表示为：

$$N=\pm[K_n\times8^n+K_{n-1}\times8^{n-1}+\cdots+K_1\times8^1+K_0\times8^0+K_{-1}\times8^{-1}+K_{-2}\times8^{-2}+\cdots+K_{-m}\times8^{-m}]=\pm\sum_{i=-m}^{n}K_i\times8^i$$

如：$(153.5)_8=1\times8^2+5\times8^1+3\times8^0+5\times8^{-1}$

通常，对八进制的表示，可在数字的右下角标注 8 或 O 。

1.1.4　十六进制

计算机中常用到的还有十六进制。它的基数为 16，共有 16 个数码。即 0～9、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。其运算规则是“逢十六进一”，“借一当十六”。其一般形式可表示为：

$$N=\pm[K_n\times16^n+K_{n-1}\times16^{n-1}+\cdots+K_1\times16^1+K_0\times16^0+K_{-1}\times16^{-1}+K_{-2}\times16^{-2}+\cdots+K_{-m}\times16^{-m}]=\pm\sum_{i=-m}^{n}K_i\times16^i$$

如：$(7C0)_{16}=7\times16^2+C\times16^1+0\times16^0$

通常，对十六进制的表示，可在数字的右下角标注 16 或 H 。

1.1.5　二进制与其它进制的转换

把二进制数（或其它进制数）变换成等值的其它进制数（或二进制数），称为二进制与其它进制转换。

1. 二进制转换成十进制

其规则是“按权展开相加”。

例如：$(1011.01)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(11.25)_{10}$

式中，括号外的“2”和“10”分别表示“二进制”数和“十进制”数。

2. 十进制转换成二进制

其规则是：

(1) 对于十进制的整数部分，是“除 2 取余，直至商为零。余数倒排”。

例如：$(136)_{10}=(\ ?\ )_2$

2	136	余0……K_0	低位
2	68	余0……K_1	↑
2	34	余0……K_2	
2	17	余1……K_3	
2	8	余0……K_4	
2	4	余0……K_5	
2	2	余0……K_6	
2	1	余1……K_7	高位
	0		

即：$(136)_{10}=(10001000)_2$

(2) 对于小数部分,是“乘 2 取整,直到小数为零或满足精度要求。整数顺排”。

例如:$(0.75)_{10}=(\ ?\ )_2$

$$
\begin{array}{r}
0.75 \\
\times\quad 2 \\
\hline
1.50
\end{array}
\qquad \text{整数 } 1\cdots\cdots K_{-1} \qquad \text{高位}
$$

$$
\begin{array}{r}
0.5 \\
\times\quad 2 \\
\hline
1.0
\end{array}
\qquad \text{整数 } 1\cdots\cdots K_{-2} \qquad \text{低位}
$$

即:$(0.75)_{10}=(0.11)_2$

(3) 对同时含有整数和小数的十进制数转换成二进制数,是“整数和小数分别按转换规则转换,然后将结果合并”。

例如:$(136.75)_{10}=(10001000.11)_2$

3. 二进制转换成八进制

其规则是“小数点起,三位并一”。即以小数点为基点,分别向左、右每三位一节,最左或最右一组不足三位时,用零补足三位,然后每三位用一个八进制数表示。

例如:$(11011010111.101110001)_2=(\ ?\ )_8$

$$
\text{补零}\rightarrow \underset{3}{\underline{011}}\quad \underset{3}{\underline{011}}\quad \underset{2}{\underline{010}}\quad \underset{7}{\underline{111}}\,.\,\underset{5}{\underline{101}}\quad \underset{6}{\underline{110}}\quad \underset{1}{\underline{001}}
$$

即:$(11011010111.101110001)_2=(3327.561)_8$

4. 八进制转换成二进制

其规则是“一位化三”。即八进制数的每一位用三位二进制数表示,是二进制转换成八进制的逆过程。

例如:$(10500)_8=(\ ?\ )_2$

$$
\begin{array}{ccccc}
1 & 0 & 5 & 0 & 0 \\
001 & 000 & 101 & 000 & 000
\end{array}
$$

即:$(10500)_8=(1000101000000)_2$

5. 二进制转换成十六进制

其规则是“小数点起,四位并一”。即以小数点为基点,分别向左、右每四位一节,最左或最右一组不足四位,用零补足四位,然后每四位用一个十六进制数表示。

例如:$(1011110.100111)_2=(\ ?\ )_{16}$

$$
\text{补零}\rightarrow \underset{5}{\underline{0101}}\quad \underset{E}{\underline{1110}}\quad .\,\underset{9}{\underline{1001}}\quad \underset{C}{\underline{1100}}\leftarrow\text{补零}
$$

即:$(1011110.100111)_2=(5E.9C)_{16}$

6. 十六进制转换成二进制

其规则是“一位化四”。即十六进制数的每一位用四位二进制数表示,是二进制转换成十六进制的逆过程。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

例如：$(2D.51)_{16}=(\ ?\ )_2$

$$\begin{array}{ccccc} 2 & D & . & 5 & 1 \\ 0010 & 1101 & . & 0101 & 0001 \end{array}$$

即：$(2D.51)_{16}=(101101.01010001)_2$

表 1.1 列出了不同进位计数制中开头的十六个自然数。

表 1.1 不同进位计数制的各种数码

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0	0000	00	0
1	0001	01	1
2	0010	02	2
3	0011	03	3
4	0100	04	4
5	0101	05	5
6	0110	06	6
7	0111	07	7
8	1000	10	8
9	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

§1.2　二进制的正负数表示法

对于十进制数，习惯在一个数的左边加上“＋”、“－”符号表示正数和负数，如＋15，－3.6 等。对于二进制数可采取同样方法表示正负数。但是，由于电路不能识别“＋”、“－”符号，所以“＋”、“－”符号不能直接用于计算机中，只能用 0 和 1 两个状态表示数的符号。习惯上用 0 表示正号，用 1 表示负号。当使符号数值化以后，就可在计算机中使用它。

例如，二进制正数＋0.1011 在机器中的表示如图 1－1 (a) 所示，二进制负数－0.1011 在机器中的表示如图 1－1 (b) 所示。

$$\underset{\uparrow \atop \text{符号}}{0}\ \underbrace{1\ 0\ 1\ 1}_{\text{数值}} \qquad\qquad \underset{\uparrow \atop \text{符号}}{1}\ \underbrace{1\ 0\ 1\ 1}_{\text{数值}}$$

(a)　　　　　　(b)

图 1－1　二进制数在机器中的表示

在数值系统中，二进制正负数有三种表示方法：即原码表示法、反码表示法和补码表示法。

1.2.1 原码表示法

在二进制数绝对值的左端加上符号位 0 或 1，则表示正二进制数或负二进制数。这种方法称为原码表示法。

如两个带符号的二进制数分别为 N_1和 N_2，

$$N_1 = +10011 \qquad N_2 = -01010$$

则 N_1和 N_2 的原码表示形式为

$$[N_1]_{原} = 010011 \qquad [N_2]_{原} = 101010$$

由此例可见，当 N 为正数时，$[N]_{原}$就是 N 本身，因为在数的左边加 0 对该数的数值并无影响；当 N 为负数时，$[N]_{原}$就是在 N 的左边增加一位用 1 表示的符号位。

1.2.2 反码表示法

二进制数用反码表示时，左边第一位也为符号位，符号位为 0 代表正数，1 代表负数。对于正数，反码和原码相同；对于负数，反码的数值是将原码数值按位求反，即原码的某位为 1，反码的相应位就为 0，原码的某位为 0，反码的相应位就为 1。

如两个带符号的二进制数分别为 N_1 和 N_2，

$$N_1 = +10011 \qquad N_2 = -01010$$

则 N_1和 N_2 的反码表示形式为：

$$[N_1]_{反} = 010011 \qquad [N_2]_{反} = 110101$$

1.2.3 补码表示法

二进制数用补码表示时，对于正数，补码与原码、反码相同；而对于负数，补码的符号位为 1，其数值部分是将原码按位求反，再在最低位加 1 。即反码数值加 1 。

如两个带符号的二进制数分别为 N_1 和 N_2，

$$N_1 = +10011 \qquad N_2 = -01010$$

则 N_1和 N_2 的补码表示形式为

$$[N_1]_{补} = 010011 \qquad [N_2]_{补} = 110110$$

表 1.2 列出了$(\pm 7)_{10}$的二进制原码、反码和补码。请注意，在反码中，0 有两种表达形式：0000 和 1111。

表 1.2 三种二进制正负数表示法

十进制数	二进制		
	原码	反码	补码
−8			1000
−7	1111	1000	1001
−6	1110	1001	1010
−5	1101	1010	1011
−4	1100	1011	1100
−3	1011	1100	1101
−2	1010	1101	1110
−1	1001	1110	1111
−0		1111	
+0	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0010	0010
3	0011	0011	0011
4	0100	0100	0100
5	0101	0101	0101
6	0110	0110	0110
7	0111	0111	0111

1.2.4 补码的算术运算

用原码进行算术运算，需要复杂的电路，而且速度慢，所以原码表示法在计算机中已经基本不采用了；用反码进行算术运算，若符号位产生进位处理也较麻烦。在近代计算机中，加、减

法几乎都采用补码运算。下面介绍二进制的补码运算。

补码的加、减运算规则为：

$$[N_1+N_2]_{补}=[N_1]_{补}+[N_2]_{补}$$

$$[N_1-N_2]_{补}=[N_1]_{补}+[-N_2]_{补}$$

运算时，符号位和数值位一样参加运算，如果符号位产生进位，则“舍去”最高位的进位输出。运算结果的符号位为 0 时，说明是正数的补码；符号为 1 时，说明是负数的补码。

例 1.1 $N_1=+1010$ ，$N_2=-0011$ ，求 $[N_1+N_2]_{补}$。

解 $[N_1+N_2]_{补}=[N_1]_{补}+[N_2]_{补}=01010+11101$

$$\begin{array}{rrrrrr} & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ +) & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ \hline \boxed{1} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

符号位进位丢掉 ←

$[N_1+N_2]_{补}=00111$　　　则 $[N_1+N_2]_{原}=00111$

故　　　$N_1+N_2=+0111$

例 1.2 $N_1=+0011$　$N_2=+1011$，求 $[N_1-N_2]_{补}$

解 $[N_1-N_2]_{补}=[N_1]_{补}+[-N_2]_{补}=00011+10101$

$$\begin{array}{rrrrrr} & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ +) & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

即　　$[N_1-N_2]_{补}=11000$

由于运算结果的符号位为 1，是负数的补码，应再求结果的补码才得原码，即

$[N_1-N_2]_{原}=11000$

故　　　$N_1-N_2=-1000$

§1.3 常用编码

1.3.1 二-十进制编码

对于数字计算机来说，二进制是最方便的数制。但人们却习惯于十进制。所以计算机的输入、输出采用十进制。这就需要进行十进制数与二进制数之间的转换，这个转换是利用二进制数对十进制数进行编码来实现的，这种编码称为二-十进制编码或 BCD 码，它既有二进制形式，又有十进制的特点，便于计算机的识别与转换。

十进制数有 0～9 十个数码，至少要用四位二进制编码表示一位十进制数。而四位二进制数有 $2^4=16$ 个状态，因此有六个状态是多余的。二-十进制编码有许多种不同的编码方案，这里只介绍按 8421 编码的 BCD 码。如表 1.3 所示。

这种编码方式是目前最常用的一种，简单明了，具有标准的 8421 位权，故称为有权码。

例如：8421 码 0101，其按权展开式为：

$0\times8+1\times4+0\times2+1\times1=5$

故代码 0101 表示十进制数 5。

值得注意的是，8421 码仅用了 0000～1001 这十种状态，而 1010～1111 为禁用码，因为在十进制中，没有数字同它们对应。

表 1.3 8421(BCD)码编码表

十进制数字	8421(BCD)码
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

1.3.2 可靠性编码

为了发现或纠正代码在形成和传输过程中可能发生的错误，应采用可靠性编码的方式。常用的可靠性编码有格雷(Gray)码。

格雷码是一种无权码，也称单位间距码、循环码。其特点是：相邻两个码之间只有一位不同，即从一个代码变为相邻的另一个代码时，其中只有一位的值发生变化，这个特点可以使代码在形成中不易出错。十进制数 0～9 的格雷码如表 1.4 所示。

表 1.4 十进制数码的格雷码

十进制数码	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
二进制数码	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
格雷码	0000	0001	0011	0010	0110	0111	0101	0100	1100	1101

1.3.3 字符代码

字符是字母、标点符号、运算符号及其它特殊符号的统称。字符代码就是表示各种字符的

表 1.5 七位 ASCII 码编码表

高 4 位代码 ($a_7a_6a_5a_4$)	低 3 位代码($a_3a_2a_1$) 000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL
0001	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
0010	DEL	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB
0011	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
0100	SP	!	”	#	$	%	&	'
0101	(	)	*	+	,	—	.	/
0110	0	1	2	3	4	5	6	7
0111	8	9	:	;	<	=	>	?
1000	@	A	B	C	D	E	F	G
1001	H	I	J	K	L	M	N	O
1010	P	Q	R	S	T	U	V	W
1011	X	Y	Z	[	\	]	ˆ	—
1100	'	a	b	c	d	e	f	g
1101	h	i	j	k	l	m	n	o
1110	p	q	r	s	t	u	v	w
1111	x	y	z	{	|	}	～	DEL

二进制代码。目前最常用的是 ASCII 码(美国标准信息交换码),它是用七位二进制数表示 128 种不同的字符。ASCII 码的编码如表 1.5 所示。

习　题　一

1. 将下列二进制数转换成十进制数、八进制数和十六进制数。

(1) 10101101　　(3) 10001100

(2) 1110011　　(4) 110110100

2. 将下列十进制数转换成二进制数、八进制数和十六进制数。

(1) 12.5　　(2) 66.75　　(3) 136

3. 下列各进制中的数 10 表示十进制中的什么数?

(1) $(10)_2$　　(2) $(10)_8$　　(3) $(10)_{16}$

4. 将下列 8421(BCD) 码译成十进制数。

(1) 11001　　(2) 100110　　(3) 1101101001

5. 将下列十进制数编成 8421(BCD) 码。

(1) 248　　(2) 1357　　(3) 609

6. 字符"A","a","?"的 ASCII 码分别为多少?

7. 完成下列各式二进制数的运算。

(1) 110 + 11　　(4) 111 − 101

(2) 101 + 111　　(5) 10101 − 1010

(3) 1100110 + 1010100　　(6) 111001 − 1101

8. 如何判断二进制中的奇数和偶数?

9. 写出下列各数的原码、反码和补码。

(1) +1001　　(3) +1101

(2) −1011　　(4) −1010

10. 实现下列转换。

(1) 已知 $[N]_{原} = 1101$,求$[N]_{反}$、$[N]_{补}$和 N 。

(2) 已知 $[N]_{反} = 1101$,求$[N]_{原}$、$[N]_{补}$和 N 。

(3) 已知 $[N]_{补} = 1101$,求$[N]_{反}$、$[N]_{原}$和 N 。

第二章　逻辑代数与逻辑函数

§2.1　基本概念

2.1.1　逻辑代数与普通代数的异同

逻辑代数的基本概念是由英国的乔治·布尔在1847年首先提出的，所以又称布尔代数。它是分析和设计逻辑电路的数学工具。

逻辑代数与普通代数的相似之处有两点：一是逻辑代数也是用A、B、C，...X、Y、Z等字母表示变量，二是逻辑代数也由变量组成函数式，并按一定的运算规则进行运算。

然而，逻辑代数与普通代数在本质上有很大区别。主要有以下两点：

第一，就变量的取值范围而言，逻辑变量的取值只有“0”和“1”两个值。逻辑值的“0”和“1”不再表示具体的数量大小，而是代表两种互相对立的可能性或两种不同的物理状态。它仅仅只是一种表示两种截然相反的逻辑状态的符号。例如：在数字电路中，开关的接通与断开，电压的高和低，信号的有和无，晶体管的导通与截止等两种稳定且对立的物理状态，均可用1和0来表示。

第二，就变量之间的运算关系而言，逻辑代数的基本运算只有三种。即：与运算（也称逻辑乘）、或运算（也称逻辑加）、非运算（也称逻辑否定）。逻辑运算与算术运算有着本质的不同，逻辑运算中的加号、乘号等并不代表算术运算中的相加或相乘的数量之间的运算关系，它仅仅是借用这种数学符号去描述各事物之间的依存关系，即因果关系。其运算结果的逻辑值也只能是表示有或无，通或断，是或非，高或低，完全不包含数量大小的含义。

2.1.2　基本逻辑运算

逻辑代数中，基本逻辑运算分为与运算、或运算、非运算三种。逻辑代数中的这三种基本运算对应着三种基本逻辑关系。

所谓逻辑关系，就是指某一事件的条件和结果之间的关系，习惯上称为因果关系。我们将条件用逻辑变量A、B…来表示，事件结果用逻辑变量F表示。当条件具备时，其逻辑变量取值为1，当条件不具备时，取值为0。事件F作为A、B…的结果也只有发生（取值为1）和不发生（取值为0）两种取值。这种自变量A、B…和因变量F的所有可能取值关系，就是我们讨论这三种逻辑运算的前提。

为了说明这三种基本逻辑运算的含义，我们分别用下面三个指示灯的开关控制电路来解释。设灯亮为逻辑1，灯灭为逻辑0；开关闭合为逻辑1，开关断开为逻辑0；开关A、B为条件，灯F为结果。

1.“与”逻辑运算

在逻辑问题中，“与”逻辑关系指的是“只有当决定某一事件发生的多个条件全部具备之后，这事件才会发生”。在逻辑代数中，这一逻辑关系称为“与”逻辑运算或逻辑乘。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com