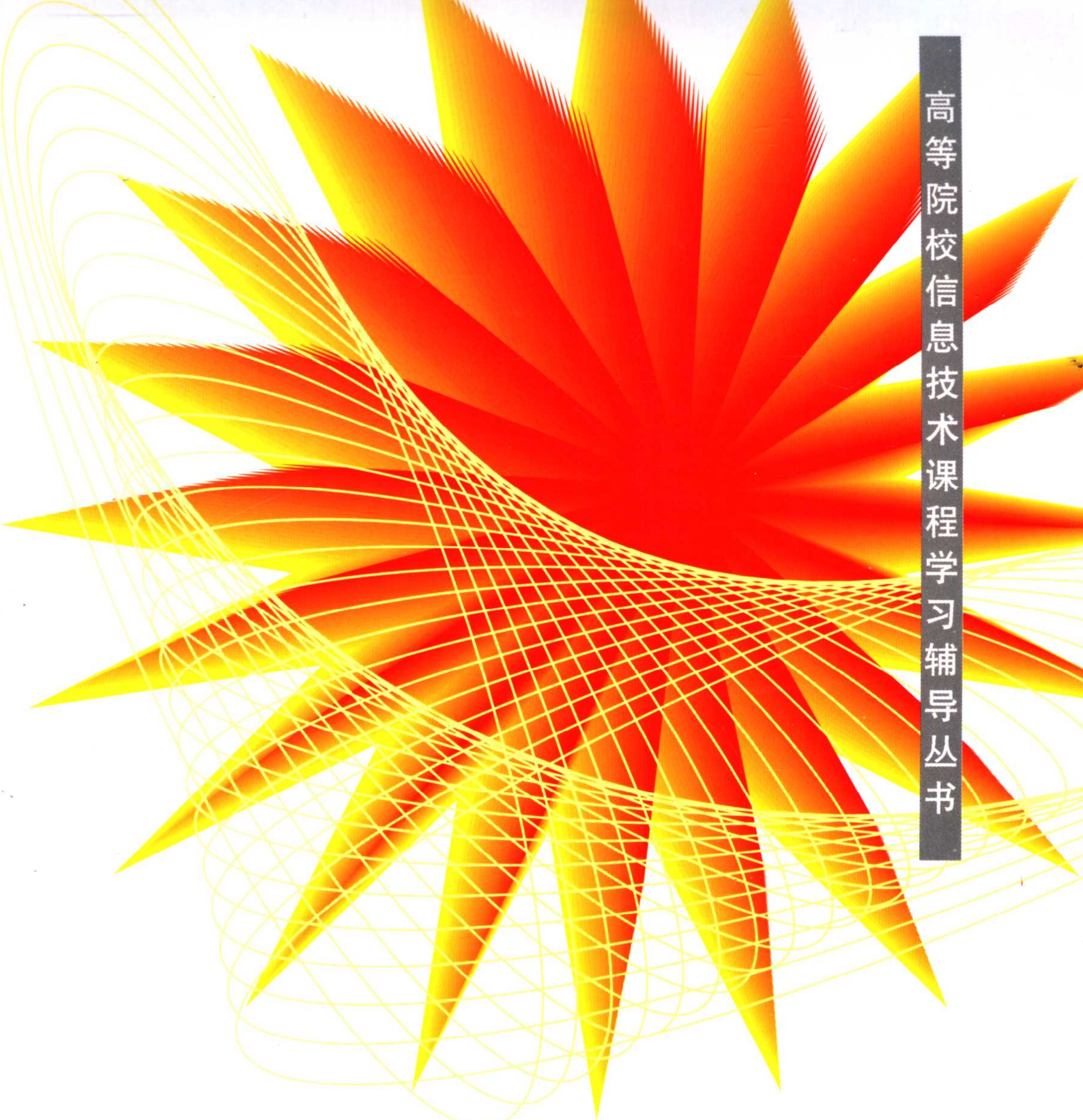
高等院校信息技术课程学习辅导丛书



# 数字逻辑学习辅导

王春露　编著

清华大学出版社

高等院校信息技术课程学习辅导丛书

# 数字逻辑学习辅导

王春露　编著

清华大学出版社
北京

## 内容简介

本书配合国内现有的各种数字逻辑教材，围绕数字逻辑的基本理论、基本分析方法和设计方法，编写了300余道习题和例题。全书共8章，内容包括：数字逻辑基础、布尔代数和逻辑函数化简、组合逻辑电路、触发器、寄存器和简单计数器、时序逻辑电路分析、时序逻辑电路设计、半导体存储器、可编程逻辑。各章按"知识要点"、"例题解析"、"习题"和"部分习题参考答案"进行组织。最后的附录中有3套本科试题和3套研究生试题及其参考答案。

本书可作为高等学校计算机、电子类和其他相关专业学生的辅导教材，也可作为研究生入学考试的指导用书，还可作为教师的参考用书。



**图书在版编目(CIP)数据**

数字逻辑学习辅导/王春露编著. -北京：清华大学出版社，2005.12
(高等院校信息技术课程学习辅导丛书)
ISBN 7-302-11763-2

Ⅰ. 数…　Ⅱ. 王…　Ⅲ. 数字逻辑—高等学校—教学参考资料　Ⅳ. TP302.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第102330号

**出 版 者**：清华大学出版社　　**地　　址**：北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn　　**邮　　编**：100084
**社 总 机**：010-62770175　　**客户服务**：010-62776969
**组稿编辑**：张　龙
**文稿编辑**：孙建春
**印 刷 者**：北京鑫丰华彩印有限公司
**装 订 者**：三河市化甲屯小学装订二厂
**发 行 者**：新华书店总店北京发行所
**开　　本**：185×260　**印张**：11.75　**字数**：276千字
**版　　次**：2005年12月第1版　2005年12月第1次印刷
**书　　号**：ISBN 7-302-11763-2/TP · 7676
**印　　数**：1～4000
**定　　价**：16.00元

FOREWORD

# 前言

本书根据计算机学科教学计划及相关信息类专业教学大纲编写，力求配合国内一些通用教材的体系，既可作为普通在校生数字逻辑课程的学习指导，也适合于研究生入学考试的指导用书。

读者在学习数字逻辑课程的时候，普遍感到这门课程涉及面广，理论与实践结合密切，特别是有一种“教材内容理解了，但遇到习题却无从下手”的感觉。本书覆盖了国内外有关教材的内容和经典习题，并对这些习题做了详细的分析解答或给出了提示信息。

本书有助于学生深入理解教材内容，巩固基本概念和定义，培养分析解决问题的能力，做到学以致用、举一反三。其中一些题目可以检查学生对授课内容的理解和掌握程度，有助于教师因材施教，提高教学质量。

本书共分为 8 章，内容按“知识要点”、“例题解析”、“习题”和“部分习题参考答案”进行组织。“知识要点”对本章内容进行高度概括，以期达到缩短复习时间的目的；“例题解析”精选了有代表性的各种题型的习题，并对这些习题提供了解题分析和详细答案。通过对这一部分内容的学习，读者完全有能力独立完成“习题”部分的各种练习题。“部分习题参考答案”有选择性地给出了部分习题的提示信息或参考答案。

本书的附录给出了 3 套本科生考试试题和 3 套研究生考试试题，并对每一套题的每个题目给出了详细的参考答案。

本书是在作者多年教学实践的基础上编写而成的。在整个编写过程中，于顺治、李凯、侯玮玮等都付出了辛勤劳动，在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加之数字逻辑课程的系统性和复杂性关系，书中可能存在错误之处，我们诚恳地欢迎广大读者批评指正，并将意见反馈给我们。在此谨向热情的读者致以诚挚的谢意。

编　者

2005 年 2 月

CONTENTS

# 目录

CHAPTER 1

# 第1章 数字逻辑基础

## 1.1 知识要点

### 1.1.1 数字电路和模拟电路

数字电路：工作在数字信号下的电子电路叫做数字电路。数字信号的变化在时间上和数值上都是不连续的，它们的数值大小和每次的增减变化都是某一个最小数量单位的整数倍，而小于这个最小数量单位的数值没有任何物理意义。

模拟电路：工作在模拟信号下的电子电路叫做模拟电路。模拟信号的变化在时间上和数值上是连续的。

### 1.1.2 常用数制和数制之间的转换

#### 1. 常用数制

(1) 十进制数

十进制数采用0、1、2、3、4、5、6、7、8和9等10个数码表示。逢十进一。任意一个十进制数$(S)_{10}$可以表示为

$$(S)_{10}=k_n10^{n-1}+k_{n-1}10^{n-2}+\cdots+k_110^0+k_010^{-1}+k_{-1}10^{-2}+\cdots+k_{-m}10^{-m-1}$$

其中，$k_i$是0～9十个数码中的任意一个；$m$和$n$是正整数，表示权；$k_i$，$m$，$n$均由$(S)_{10}$决定。

(2) 二进制数

二进制数中只有0和1两个数码。逢二进一。任意一个二进制数可以表示为

$$(S)_2=k_n2^{n-1}+k_{n-1}2^{n-2}+\cdots+k_12^0+k_02^{-1}+k_{-1}2^{-2}+\cdots+k_{-m}2^{-m-1}$$

其中，$k_i$只能取0或1。

(3) 八进制数

八进制数中有0、1、2、3、4、5、6和7等8个数码。逢八进一。任意一个八进制数可以表示为

$$(S)_8=k_n8^{n-1}+k_{n-1}8^{n-2}+\cdots+k_18^0+k_08^{-1}+k_{-1}8^{-2}+\cdots+k_{-m}8^{-m-1}$$

其中，$k_i$可取0,1,2,…,7八个数之一。

(4) 十六进制数

十六进制数中有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E和F等16个数码。逢十六进

一。任意一个十六进制数可以表示为

$$(S)_{16} = k_n 16^{n-1} + k_{n-1} 16^{n-2} + \cdots + k_1 16^0 + k_0 16^{-1} + k_{-1} 16^{-2} + \cdots + k_{-m} 16^{-m-1}$$

其中，$k_i$ 可取 0,1,2,…,9,A,B,C,D,E,F 等 16 个数码、字母之一。

**2. 不同进制数的相互转换**

- 二、八、十六进制数转换为十进制数时，将每位二、八、十六进制数按权展开相加，即得对应十进制数。
- 十进制整数转化成其他进制数时，十进制整数部分采用连除取余法（精确到小数点后几位），要将其转化为几进制就除以几；小数部分采用连乘取整法，要将其转化为几进制就乘以几。
- 二进制数转化成八、十六进制数时，从小数点开始，分别从左右将每 3 位（或 4 位）二进制数分为一组（不足位整数部分在有效位左边补 0，不足位小数部分在有效位右边补 0），并代之以等值的 1 位八进制数（十六进制数），即可得到对应的八进制数（十六进制数）。
- 十进制数转换成二进制数时，若数值较大，可采用八进制数或十六进制数作为中间过渡。

## 1.1.3 二进制编码

数字系统中的信息有 2 类，一类是数码信息，另一类是代码信息。数码代表一个确切的数字，而代码是不同信息的代号，没有数的意义。

在用 4 位二进制数码表示 1 位十进制的 0～9 这 10 个状态时，就有多种不同的码制。通常将这些代码称为二-十进制编码，简称 BCD 码。常用的 BCD 码有 8421BCD、5421BCD、余 3 码等，它们都是用 4 位二进制代码表示 1 位十进制数，每种编码均有 6 种组合不允许出现。

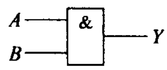
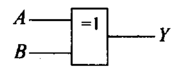
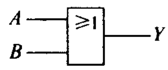
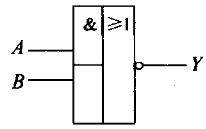
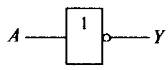
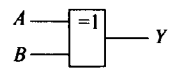
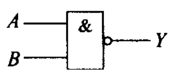
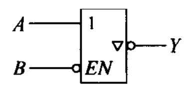
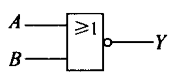
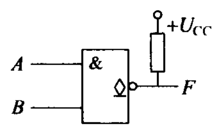
二进制数与 BCD 码的转换方法：先将二进制数转换为十进制数，然后再根据十进制数与各种 BCD 码的一一对应关系转换。

## 1.1.4 基本逻辑运算

数字电路是一种开关电路，其输入、输出量是高、低电平，可以用二元常量 0 和 1 来表示。数字电路的输入量和输出量之间的关系是一种逻辑上的因果关系。可以用逻辑函数来描述。逻辑代数（又称布尔代数）是研究逻辑函数的一种数学工具，在布尔代数中，与、或、非是 3 种最基本的逻辑运算。其中，与运算要全部条件同时具备时结果才发生，或运算只要有一个条件具备结果就发生，而非运算是条件不具备时结果发生。3 种运算可以进一步组合，形成更为复杂的逻辑运算。

表 1-1 列出了各种常见的逻辑门图形符号及逻辑函数表达式。

表 1-1

| 逻辑门 | 图形符号 | 逻辑函数 | 逻辑门 | 图形符号 | 逻辑函数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 与 |  | $Y=A\cdot B$ | 异或 |  | $Y=A\oplus B$ |
| 或 |  | $Y=A+B$ | 与或非 |  | $Y=\overline{AB+CD}$ |
| 非 |  | $Y=\overline{A}$ | 同或 |  | $Y=AeB$ |
| 与非 |  | $Y=\overline{A\cdot B}$ | 三态非门 |  | $B=1$ 时 $Y$ 高阻<br>$B=0$ 时 $Y=\overline{A}$ |
| 或非 |  | $Y=\overline{A+B}$ | OC 门 |  | $F=\overline{AB}$ |

## 1.2 例题解析

**【例题 1.1】** $(726)_{10}=(?)_8$

**解**：一个十进制整数转换成八进制数时，按除 8 取余的方法进行。

$$\begin{array}{r|l l}
8 & 7\ 2\ 6 & \text{余数 } 6 \\
8 & 9\ 0 & \text{余数 } 2 \\
8 & 1\ 1 & \text{余数 } 3 \\
8 & 1 & \text{余数 } 1 \\
 & 0 &
\end{array}$$

转换结果，得到 $(726)_{10}=(1326)_8$

**【例题 1.2】** $(726)_{10}=(?)_{16}$

**解**：一个十进制整数转换成十六进制数时，按除 16 取余的方法进行。

$$\begin{array}{r|l l}
16 & 7\ 2\ 6 & \text{余数 } 6 \\
16 & 4\ 5 & \text{余数 } 13 \\
16 & 2 & \text{余数 } 2 \\
 & 0 &
\end{array}$$

转换结果，得到 $(726)_{10}=(2D6)_{16}$

**【例题 1.3】** $(0.7875)_{10}=(?)_8$；$(0.125)_{10}=(?)_{16}$

**解**：一个十进制小数转换成八进制数时，可按乘 8 取整的方法进行，一个十进制小数转换

成十六进制小数时，可按乘 16 取整的方法进行。

转换结果，可得

$$(0.7875)_{10} \approx (0.623)_8；(0.125)_{10} = (0.2)_{16}$$

注意，小数转换不一定能算尽，只能算到一定精度的位数为止，故要产生一些误差。当位数较多时，这个误差就很小了。

**【例题 1.4】** $(167.2)_8 = (?)_{10}$；$(1C4.E)_{16} = (?)_{10}$

**解**：八进制数或十六进制数转换成等值的十进制数时，可按权相加的方法进行。

$$(167.2)_8 = 1\times 8^2 + 6\times 8^1 + 7\times 8^0 + 2\times 8^{-1} = 64+48+7+0.25 = (119.25)_{10}$$

$$\begin{aligned}(1C4.E)_{16} &= 1\times 16^2 + C\times 16^1 + 4\times 16^0 + E\times 16^{-1}\\ &= 256+192+4+0.875 = (452.875)_{10}\end{aligned}$$

**【例题 1.5】** $(657.632)_8 = (?)_2$；$(2BA4)_{16} = (?)_2$

**解**：1 位八进制数表示的数值恰好相当于 3 位二进制数能表示的数值，1 位十六进制数表示的数值恰好相当于 4 位二进制数能表示的数值。

因此彼此之间的转换极为方便：只要从小数点开始，分别向左右展开即可。

$$(657.632)_8 = (110101111.110011010)_2$$

$$(2BA4)_{16} = (0010101110100100)_2$$

**【例题 1.6】** 将十进制数 $(2003)_{10}$ 转换成二进制数。

**解**：当十进制数转换成二进制数时，对于较大的数，可采用八进制数或十六进制数作为中间过渡。

$$(2003)_{10} = (7D3)_{16} = (11111010011)_2$$

**【例题 1.7】** 将二进制数 $(1011.011)_2$ 转换成十进制数。

**解**：当二进制数转换成十进制数时，也可采用八进制数或十六进制数作为中间过渡。

$$(1011.011)_2 = (B.6)_{16} = (11\times 16^0 + 6\times 16^{-1})_{10} = (11.375)_{10}$$

**【例题 1.8】** 找出下列数中与 $(10100101.1011)_2$ 相等的数。

$(26.64)_8$，$(A5.B)_{16}$，$(11.375)_{10}$，$(0010001000000011.011000100101)_{8421BCD}$

**解**：先将上面的数都转换为二进制数：

$(26.64)_8 = (10110.110100)_2$

$(A5.B)_{16} = (10100101.1011)_2$

$(11.375)_{10} = (1011.011)_2$

$(0010001000000011.011000100101)_{8421BCD} = (2203.625)_{10} = (100010011011.101)_2$

由上面可知，只有 $(A5.B)_{16}$ 是与 $(10100101.1011)_2$ 相等的数。

**【例题 1.9】** 对 70 个或 150 个信息编码，各需要多少位二进制码？

**解**：对 $M$ 个信息编码需要 $n$ 位二进制码，其中有 $2^{(n-1)} < M \leqslant 2^n$。

对 70 个信息编码，需要 7 位二进制码。

对 150 个信息编码，需要 8 位二进制码。

**【例题 1.10】** 二进制数 000000～111111 可代表多少个数？而二进制数 000000000～

111111111 呢?

**解**：二进制数 000000～111111 可代表 $2^6=64$ 个数，二进制数 000000000～111111111 可代表 $2^9=512$ 个数。

**【例题 1.11】** 将下列十进制数转换为 8421BCD 码。

(1) $(125.6)_{10}$，(2)$(1985.67)_{10}$，(3)$(2954.13)_{10}$

**解**：(1) $(125.6)_{10}=(000100100101.0110)_{8421BCD}$

(2) $(1985.67)_{10}=(0001100110000101.01100111)_{8421BCD}$

(3) $(3854.13)_{10}=(0011100001010100.00010011)_{8421BCD}$

**【例题 1.12】** 写出下列 BCD 码对应的十进制数。

(1) $(1000100100111000.0111)_{8421BCD}$

(2) $(100001110101.10010011)_{余3码}$

**解**：(1) $(1000100100111000.0111)_{8421BCD}=(8938.7)_{10}$

(2) $(100001110101.10010011)_{余3码}=(542.60)_{10}$

**【例题 1.13】** 用余 3 码表示下列十进制数。

(1) 92.15

(2) 764.3

**解**：(1) $(92.15)_{10}=(11000101.01001000)_{余3码}$

(2) $(764.3)_{10}=(101010010111.0110)_{余3码}$

**【例题 1.14】** 将下列 8421BCD 码转换为二进制数。

(1) 01111000.011000100101

(2) 00111001

**解**：先写出 BCD 码表示的十进制数，然后再根据十进制数变换为二进制数的方法转换为二进制数，即 BCD 码→十进制数→二进制数。

(1) $(01111000.011000100101)_{8421BCD}=(78.625)_{10}=(1001110.101)_2$

(2) $(00111001)_{8421BCD}=(39)_{10}=(100111)_2$

**【例题 1.15】** 将下列二进制数转换为 8421BCD 码。

(1) 11000101.01001

(2) 1010101

**解**：先将二进制数转换为十进制数，然后再根据十进制数与 8421BCD 码之间的对应关系写出相应的 BCD 码，即二进制数→十进制数→BCD 码。

(1) $(11000101.01001)_2=(197.28125)_{10}=(000110010111.0010100000100100101)_{8421BCD}$

(2) $(1010101)_2=(85)_{10}=(10000101)_{8421BCD}$

**【例题 1.16】** 将下列一组数按照从小到大的顺序排列：

$(11011001)_2$，$(135.6)_8$，$(27)_{10}$，$(3AF)_{16}$，$(00111000)_{8421BCD}$

**解**：先将所有的数都变换到同一数制下：

$$(11011001)_2=(217)_{10}$$
$$(135.6)_8=(93.75)_{10}$$
$$(3AF)_{16}=(943)_{10}$$
$$(00111000)_{8421BCD}=(38)_{10}$$

因此，上面一组数从小到大的排列顺序为：

$$(27)_{10}<(00111000)_{8421BCD}<(135.6)_8<(11011001)_2<(3AF)_{16}$$

**【例题 1.17】** 某 TTL 门的 $I_{OHmax}=5mA$，$I_{OLmax}=20mA$；开门电平 $U_{ON}=1.8V$，关门电平 $U_{OFF}=0.8V$。用该 TTL 门构成的电路如图 1-1 所示。各电路的输出函数表达式如下，判断这些表达式是否成立，并简述理由。

(1) $F_1=\overline{\overline{AB}\cdot\overline{CD}}$ (2) $F_2=\overline{\overline{AB}\cdot\overline{CD}}$ (3) $F_3=\overline{\overline{AB}\cdot\overline{CD}}$ (4) $F_4=\overline{AB+CD}$

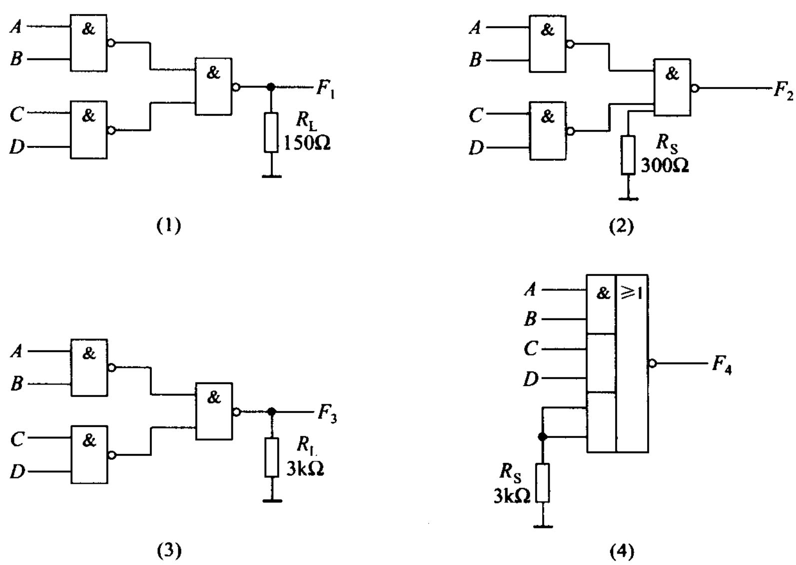



图 1-1

**解**：(1) 不成立。因为其负载电阻只有 150Ω，其输出高电平

$$U_{OH}=I_{OHmax}R_L=0.005\times150=0.75V$$

不符合逻辑要求。

(2) 不成立。因为 $R_S<500\Omega$，该输入端相当于输入逻辑"0"，$F_3=\overline{\overline{AB}\cdot\overline{CD}\,0}=1$。

(3) 成立。为使该电路输出的 $U_{OH}$ 能使负载门开启，其 $U_{OHmin}=U_{ON}=1.8V$，故

$$R_{Lmin}=\frac{U_{OHmin}}{I_{OH}}=\frac{1.8}{0.005}=360\Omega$$

本电路的 $R_L=3k\Omega$，满足要求。

(4) 不成立。因为 $R_S=3k\Omega>2k\Omega$，该输入端相当于输入逻辑"1"，故

$$F_4=\overline{AB+CD+1}=0$$

# 1.3 习　　题

1. 将下列十进制数转换为等值的二进制数(准确到小数点后两位)。

(1) 13

(2) 43

(3) 58

(4) 1024.5

(5) 255.76

2. 将下列二进制数转换为等值的十进制数。

(1) 1100110

(2) 11001.1

(3) 100111.11

(4) 11001101.111

3. 将下列二进制数转换为等值的八进制数和十六进制数。

(1) 1001100101101

(2) 1010011011010

4. 将下列八进制数转换为等值的二进制数。

(1) 24.3

(2) 67.731

(3) 365.66

5. 将下列十六进制数转换为等值的二进制数。

(1) 3AB4

(2) FAC.B

(3) 37AD.9B

(4) CDE2.F5

6. 将下列数转换成十进制数。

(1) $(135.6)_8$

(2) $(5D.C)_{16}$

(3) $(201)_3$

7. 指出下列一组数中的最大数与最小数。

$(10100)_2$, $(10)_{10}$, $(110)_8$, $(011)_{16}$, $(10010001)_{8421BCD}$

8. 求出下列各式的值。

(1) $(101101)_2=(\quad)_{10}$

(2) $(736.21)_8=(\quad)_{16}$

(3) $(8AB5)_{16} = (\quad)_4$

(4) $(2586.85)_{10} = (\quad)_8$

9. 写出对给定十进制数的以下 BCD 带权编码。

(1) 用 8,4,2,1;7,4,2,1;8,4,−2,−1 码表示 8210

(2) 用 8,4,2,1;5,4,2,1;5,3,1,1 码表示 32.110

(3) 用余 3 码;7,4,2,1;8,4,−2,−1 码表示 295.4710

10. 将下列 8421BCD 码转换为八进制数。

(1) 010100111001.011010001001

(2) 100101110100

11. 对于图 1-2 所示各种 TTL 电路,分别写出输出端表达式。

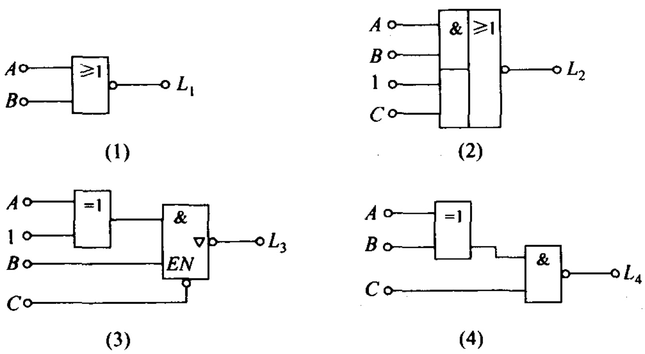



图 1-2

12. 二极管门电路如图 1-3 所示,二极管具有理想导电特性。$A$、$B$ 的高电平输入为 3V,低电平输入为 0.3V,分别列出图(1)、图(2)的真值表,并写出输出函数表达式。

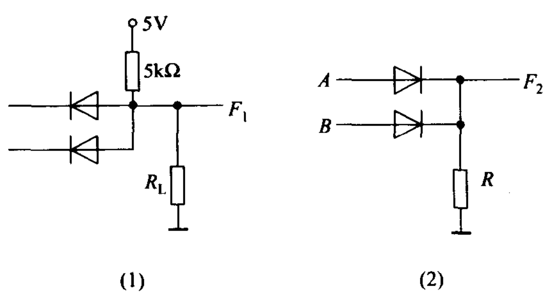



图 1-3

## 1.4 部分习题参考答案

1. (1) 1101  (2) 101011  (3) 111010  (4) 10000000000.1

(5) 11111111.11

2. (1) 102 (2) 25.5 (3) 39.75 (4) 205.875

3. (1) $(11455)_8$ $(132D)_{16}$ (2) $(12332)_8$ $(14DA)_{16}$

4. (1) 10100.011 (2) 110111.111011001

(3) 11110101.11011

5. (1) 0011101010110100 (2) 111110101100.1011

(3) 0011011110101101.10011011 (4) 1100110111100010.11110101

6. (1) 93.75 (2) 93.75 (3) 19

8. (1) 45 (2) 1DE.44 (3) 20222311 (4) 5032.6631

10. (1) 1033.5406 (2) 1716

11. 输出信号 $L$ 的表达式如下。

$$L_1 = \overline{A+B}$$

$$L_2 = \overline{AB+C}$$

$$L_3 = \begin{cases} \overline{AB} & (C=0) \\ Z & (C=1) \end{cases}$$

$$L_4 = \overline{(A \oplus B)C}$$

12. (1) $F_1 = AB$ (2) $F_2 = A+B$

CHAPTER 2

# 第 2 章 布尔代数和逻辑函数化简

## 2.1 知识要点

### 2.1.1 逻辑函数的表示方法

一个逻辑函数可以用以下 6 种方法来表示：逻辑表达式法、真值表法、逻辑图法、卡诺图法、波形图法、点阵图法和硬件设计语言法。这些表示方法可以相互转换。逻辑表达式是逻辑函数的最基本的表示方法，通常由真值表得到。逻辑表达式表示逻辑函数时有两种标准形式：即最小项表达式和最大项表达式。

### 2.1.2 布尔代数基本定律

布尔代数基本定律见表 2-1。

**表 2-1**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 基本定律 | $A+0=A$ | $A\cdot 0=0$ | $\overline{\overline{A}}=A$ |
| | $A+1=1$ | $A\cdot 1=A$ | $A+\overline{A}=1$ |
| | $A+A=A$ | $A\cdot A=A$ | $A\overline{A}=0$ |
| 结合律 | $(A+B)+C=A+(B+C)$ | $(AB)C=A(BC)$ | |
| 交换律 | $A+B=B+A$ | $AB=BA$ | |
| 分配律 | $A(B+C)$ | $A+BC=(A+B)(A+C)$ | |
| 摩根定律 | $\overline{A\cdot B\cdot C\cdots}=\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}\cdots$ | $\overline{A+B+C\cdots}=\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C}\cdots$ | |
| 吸收律 | $A+A\cdot B=A$ | | |
| | $A\cdot(A+B)=A$ | | |
| | $A+\overline{A}\cdot B=A+B$ | | |
| | $(A+B)\cdot(A+C)=A+BC$ | | |
| 包含律 | $AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$ | $(A+B)(\overline{A}+C)(B+C)=(A+B)(\overline{A}+C)$ | |