



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书



数字电子技术基础 学习指导及习题解答

哈尔滨工业大学电子学教研室 编

主 编 杨春玲 陶隽源



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

013047530



普通高等教育“十一五”国家级规划

TN79
240



数字电子技术基础 学习指导及习题解答

Shuzi Dianzi Jishu Jichu Xuexi Zhidao ji Xiti Jieda

哈尔滨工业大学电子学教研室 编

主 编 杨春玲 陶隽源

TN79/240



北航

C1654682



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

《数字电子技术基础学习指导及习题解答》是杨春玲、王淑娟主编，高等教育出版社出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《数字电子技术基础》的配套教学辅导书。

本书对主教材各个章节内容进行了概括和总结，指出了需掌握的要点，对书后习题给出了详细的解答。书中还附了哈尔滨工业大学2009年至2013年研究生入学考试试题，适于作为高等院校电气类、自动化类、电子信息类专业数字电子技术基础课程的教学辅导书，也可作为工程技术人员的参考书，还可作为研究生入学考试的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础学习指导及习题解答/杨春玲，陶隽源主编；哈尔滨工业大学电子学教研室编．--北京：高等教育出版社，2013.6

ISBN 978-7-04-037338-7

I. ①数… II. ①杨…②陶…③哈… III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第097515号

策划编辑 王勇莉

责任编辑 王勇莉

封面设计 于涛

版式设计 马敬茹

插图绘制 尹莉

责任校对 胡晓琪

责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京北苑印刷有限责任公司

开本 787mm×960mm 1/16

印张 14.5

字数 260千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

版次 2013年6月第1版

印次 2013年6月第1次印刷

定价 23.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 37338-00

前 言

本书是为配合《数字电子技术基础》(杨春玲、王淑娟主编,高等教育出版社出版)的使用而编写的,既可以作为学习数字电子技术基础课程的辅助教材,也可以作为研究生入学考试的复习参考资料。全书由数字电子技术基础教学内容和学习要求、习题解答以及研究生入学考试试卷三部分组成。

第一部分按《数字电子技术基础》的章节顺序,逐章讲解了每章内容的重点及学习要求;对读者在学习容易产生疑问的主要难点做了论述,给出了需掌握的要点;第二部分对书后习题给出了详细的解答;第三部分内容中给出了2009年至2013年研究生入学考试采用过的试题、评分标准以及答案。由于设计性题目的答案往往不是唯一的,所以书中给出的这类题目的答案可能只是其中的一种,不能以此作为判断正、误的唯一标准。

参加本书编写工作的有杨春玲、陶隽源、王淑娟、刘贵栋、齐明、吕超、王立欣、于泳、杨荣峰、朱敏、徐乐和张岩。全书由杨春玲和陶隽源任主编,张岩校对。

作者衷心期望本书提供的内容能够对读者在更好地掌握课程内容、提高解题能力以及系统复习迎接考试等方面有所帮助,本书编写力求条理清晰、语言准确、文字简洁、图表规范。由于我们的能力和水平有限,书中定有错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正意见和建议请发至E-mail:yangcl1@hit.edu.cn。

编者于哈尔滨工业大学

2012年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 教学内容	1
1.2 学习要求	2
第2章 数制和码制	3
2.1 教学内容	3
2.1.1 数制及二进制数的算术运算	3
2.1.2 几种常用的编码	4
2.2 学习要求	6
2.3 课后习题及解答	6
第3章 逻辑代数基础	9
3.1 教学内容	9
3.1.1 逻辑代数的基本概念	9
3.1.2 逻辑代数的化简	10
3.2 学习要求	12
3.3 课后习题及解答	13
第4章 门电路	19
4.1 教学内容	19
4.1.1 二极管和晶体管的开关特性	19
4.1.2 标准 TTL 与非门	20
4.1.3 TTL 集电极开路门	24
4.1.4 三态门	25
4.1.5 CMOS 门电路	26
4.2 学习要求	27
4.3 课后习题及解答	28
第5章 组合逻辑电路	35
5.1 教学内容	35
5.1.1 组合逻辑电路的分析和设计方法	35
5.1.2 常用组合逻辑器件	36
5.2 学习要求	41

5.3 课后习题及解答	42
第6章 触发器	53
6.1 教学内容	53
6.1.1 触发器的分类及功能	53
6.1.2 基本 RS 触发器	53
6.1.3 时钟触发器	54
6.2 学习要求	58
6.3 课后习题及解答	58
第7章 时序逻辑电路	65
7.1 教学内容	65
7.1.1 时序逻辑电路的特点和分类	65
7.1.2 时序逻辑电路的分析和设计方法	65
7.1.3 集成时序逻辑器件	67
7.2 学习要求	74
7.3 课后习题及解答	74
第8章 半导体存储器	86
8.1 教学内容	86
8.1.1 只读存储器 ROM	86
8.1.2 随机存储器 RAM	88
8.2 学习要求	90
8.3 课后习题及解答	90
第9章 可编程逻辑器件	95
9.1 教学内容	95
9.1.1 可编程逻辑器件的发展	95
9.1.2 可编程逻辑器件的结构	96
9.1.3 用可编程逻辑器件实现基本逻辑电路	99
9.2 学习要求	100
9.3 课后习题及解答	100
第10章 Verilog 硬件描述语言实例	102
10.1 教学内容	102
10.2 学习要求	102
10.3 课后习题及解答	102
第11章 脉冲产生及变换电路	115
11.1 教学内容	115
11.1.1 施密特触发器及其构成的多谐振荡器	115

11.1.2 集成单稳态触发器	116
11.1.3 555 定时器及应用	118
11.2 学习要求	121
11.3 课后习题及解答	122
第 12 章 数模与模数转换器	127
12.1 教学内容	127
12.1.1 数模与模数转换器的基本概念	127
12.1.2 D/A 转换器	127
12.1.3 A/D 转换器	130
12.2 学习要求	134
12.3 课后习题及解答	134
第 13 章 试卷及其参考答案	139
13.1 试卷 1 及其参考答案(2009 年仪器科学与技术专业)	139
13.1.1 试卷 1	139
13.1.2 参考答案	148
13.2 试卷 2 及其参考答案(2009 年电气工程专业)	152
13.2.1 试卷 2	152
13.2.2 参考答案	155
13.3 试卷 3 及其参考答案(2010 年仪器科学与技术专业)	157
13.3.1 试卷 3	157
13.3.2 参考答案	166
13.4 试卷 4 及其参考答案(2010 年电气工程专业)	171
13.4.1 试卷 4	171
13.4.2 参考答案	174
13.5 试卷 5 及其参考答案(2011 年仪器科学与技术专业)	177
13.5.1 试卷 5	177
13.5.2 参考答案	185
13.6 试卷 6 及其参考答案(2011 年电气工程专业)	192
13.6.1 试卷 6	192
13.6.2 参考答案	196
13.7 试卷 7 及其参考答案(2012 年仪器科学与技术专业)	199
13.7.1 试卷 7	199
13.7.2 参考答案	207
13.8 试卷 8 及其参考答案(2012 年电气工程专业)	211
13.8.1 试卷 8	211

第 1 章 绪 论

1.1 教学内容

本章主要介绍了数字电路的特点及其常用芯片,电子设计自动化技术和数字电子技术基础课程内容和学习方法。

一、数字电路及其常用芯片

电子电路中的信号分为模拟信号与数字信号。模拟信号是指随时间连续变化的信号。数字信号是指随时间断续变化的信号。处理模拟信号的电子电路称为模拟电路,处理数字信号的电子电路称为数字电路(也称逻辑电路)。与模拟电路相比,数字电路具有如下特点:

(1) 在数字电路中晶体管工作在开关状态(饱和区或截止区),电路的抗干扰能力强,可靠性高。

(2) 数字电路易于设计。

(3) 数字电路易于集成,成本低,体积小。数字电路的集成度一般高于模拟电路。

(4) 数字电路具有可编程性。可以采用计算机语言对某些数字电路进行编程设计,实现相应的逻辑功能。

数字电路的常用芯片有 3 种:标准芯片、可编程逻辑器件和定制芯片。

二、电子设计自动化技术

电子设计自动化(EDA)技术是指以计算机为工作平台,融合电子技术、计算机技术、智能化技术最新成果研制而成的电子 CAD 通用软件包,主要辅助进行 4 方面的设计工作,即可编程逻辑器件的设计、集成电路(IC)设计、电子电路设计和 PCB 设计。

硬件描述语言是一种用于设计硬件电子系统的计算机语言。它用软件编程的方式来描述电子系统的逻辑功能、电路结构和连接形式。与传统的门级描述方式相比,HDL 语言更适合大规模集成电路设计。HDL 语言可读性强,易于修改和发现错误。目前常用的 HDL 语言有 VHDL 语言和 Verilog HDL 语言。

三、数字电子技术基础课程

1. 课程内容

本书内容可以分为3部分:中小规模数字集成电路、大规模数字集成电路和模数混合电路。中小规模数字集成电路包括门电路、组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路;大规模数字集成电路包括存储器和可编程逻辑器件;模拟数字混合电路包括脉冲的产生和变换电路及接口电路。

2. 课程学习方法

(1) 数字电子技术的数学基础是逻辑代数,与其他课程关联较小,简单易学。

(2) 数字电路以集成电路为主,学习中应注重掌握其外部特性,了解电路内部结构是为了更好地掌握数字电路的逻辑功能。

(3) 数字电子技术基础课程是实践性很强的课程,加强实践性训练是掌握这门课程必不可少的条件。

(4) 电子设计自动化是电子技术的最新发展方向,可编程逻辑器件也是目前使用最多的逻辑器件,可编程逻辑器件设计需要通过电子设计自动化技术来实现。

(5) 附录给出了可编程逻辑器件设计套件 Quartus II 的使用方法,采用 Quartus II 对数字电路进行功能仿真,培养学生对数字电路的仿真能力。

1.2 学习要求

1. 了解数字电路的特点。
2. 了解电子设计自动化技术。
3. 了解数字电子技术基础课程的教学内容及学习方法。

第2章 数制和码制

2.1 教学内容

本章的教学内容包括数制和码制的基本概念和数字电路中常用的数制和编码。讨论了不同数制之间的转换方法。介绍了二进制数的基本运算方法和补码、反码的定义及运算。

2.1.1 数制及二进制数的算术运算

一、数制及不同数制间的转换方法

数制是用来表示数值大小的方法。人们是按照进位的方式来计数的,称为进位制,简称进制。经常采用的有十进制、二进制、十六进制和八进制数。

任意 R 进制数都可用位权展开式表示

$$[N]_R = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times R^i$$

式中 n 和 m 为正整数,分别代表此数的整数和小数部分的位数, R 为计数的基数, K_i 代表第 i 位上的数码 $[0 \sim (R-1)]$, R^i 为第 i 位的权值。

数制转换就是一个数从一种进位制的表示形式转换成等值的另一种进位制的表示形式,其实质为权值的转换。将二进制、八进制、十六进制转换为十进制,只需将二进制、八进制、十六进制数按权展开,求各位数值之和即可得到相应的十进制数。将十进制转换为二进制、八进制、十六进制,整数部分转换采用除基取余法,而小数部分转换采用乘基取整法。二进制转化为十六(八)进制可采用以下方法:以小数点为界,将二进制数整数部分从低位开始,小数部分从高位开始,每四(三)位一组,首尾不足四(三)位的补零,然后将每组四(三)位二进制数用一位十六(八)进制数表示。十六(八)进制转换为二进制可将一位十六(八)进制数用四(三)位二进制数表示即可。

二、二进制数的算术运算

二进制数的算术运算和十进制数的算术运算规则基本相同,唯一区别在于二进制数是“逢二进一”及“借一当二”,而不是“逢十进一”及“借一当十”。

在数字电路中,如果用反码或补码实现减法运算,可以把减法运算变成加法运算,其基本原理是把减去一个正数当作加上一个负数,从而只进行加法运算。二进制数的加、减、乘、除全部可以用移位和相加这两种操作实现。

1. 补码的定义

若 n 位二进制数的原码为 N ,则与其对应的补码定义为

$$[N]_{\text{补}} = 2^n - N$$

其中, n 是二进制数 N 整数部分的位数。

2. 反码的定义

若 n 位二进制数的原码为 N ,则与其对应的反码定义为

$$[N]_{\text{反}} = (2^n - 1) - N$$

带符号的二进制数,用二进制数码的最高位表示符号,0 表示正,1 表示负,其余各位表示数的绝对值,称为数值位。二进制正负数的表示法有原码、反码和补码三种表示方法。对于正数,三种表示法都是一样的,即符号位为 0,随后是二进制数的绝对值,即原码。二进制负数的原码、反码和补码三种表示方法分别为符号位 1 加原码、符号位 1 加反码、符号位 1 加补码。

3. 反码运算

反码在进行算术运算时不需判断两数符号位是否相同,两数反码之和等于两数之和的反码,即 $[X_1]_{\text{反}} + [X_2]_{\text{反}} = [X_1 + X_2]_{\text{反}}$,符号位参加运算。当符号位有进位时需循环进位,即把符号位进位加到和的最低位。

4. 补码运算

补码的运算与反码相似,两数补码之和等于两数之和的补码,即 $[X_1]_{\text{补}} + [X_2]_{\text{补}} = [X_1 + X_2]_{\text{补}}$,符号位参加运算。不需循环进位,如有进位,自动丢弃。

2.1.2 几种常用的编码

用文字、符号或数码表示特定对象的过程称为编码。数字系统中常用的是二进制编码,即用二进制代码表示相关的对象。二进制编码包括各种 BCD 码、循环码、ASCII 码等。

1. 自然二进制码

n 位二进制有 2^n 个状态,将这些状态按转换为十进制数的大小排列,就构成了 n 位自然二进制码。如 3 位二进制码、4 位二进制码。

2. 二-十进制码 BCD 码

二-十进制码,是用二进制码表示十进制码,也称 BCD 码(Binary Code Decimal)。有多种 BCD 码,常用的有 8421 码、2421 码、5421 码、余 3 码等。具体见表 2.1.1。其中 8421 码、2421 码、5421 码是有权码,余 3 码是偏权码。

表 2.1.1 各种常用的 BCD 编码

十进制数	BCD8421	BCD5421	BCD2421	BCD2421 *	余三码	余三循环码
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 1 0
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 1 1 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 1	0 1 1 1
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 1 0	0 1 0 1
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 0 0
5	0 1 0 1	1 0 0 0	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0	1 1 0 0
6	0 1 1 0	1 0 0 1	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1	1 1 0 1
7	0 1 1 1	1 0 1 0	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0	1 1 1 1
8	1 0 0 0	1 0 1 1	1 1 1 0	1 1 1 0	1 0 1 1	1 1 1 0
9	1 0 0 1	1 1 0 0	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 0	1 0 1 0

3. 循环码

循环码是一种无权码,又称格雷码(Gray Code)。它有多种编码形式,但有一个特点:相邻两个代码之间仅有一位不同,且以中间为对称的两个代码也有一位不同。表 2.1.2 列出了十进制数 0 到 15 所对应的四位循环码。循环码在实际应用中很有意义。

表 2.1.2 4 位循环码

十进制	二进制	循环码	十进制	二进制	循环码
0	0000	0000	8	1000	1100
1	0001	0001	9	1001	1101
2	0010	0011	10	1010	1111
3	0011	0010	11	1011	1110
4	0100	0110	12	1100	1010
5	0101	0111	13	1101	1011
6	0110	0101	14	1110	1001
7	0111	0100	15	1111	1000

4. 常用字符代码

字符代码是对常用字母、符号进行的编码。常用的字符代码有 ASCII 码(美国信息交换标准码)、ISO 码(国际标准化组织码)和我国国家标准码。

ASCII 码由七位二进制码表示,共 128 个。它能表示 0~9 十个数字码、二十

六个英文字母的大小写、各种常用符号及字符等,目前已被确认为国际标准代码。

2.2 学习要求

1. 掌握十进制、二进制、八进制、十六进制的表示方式。
2. 掌握数制之间的转换方法。
3. 掌握用二进制进行算术运算和用补码进行二进制数算术运算的方法。
4. 掌握各种不同的编码方式。

2.3 课后习题及解答

【2-1】 下面每一个十进制数中,数字3的权各是多少?

(1) 325 (2) 4513 (3) 32658 (4) 236

解:(1) 100 (2) 1 (3) 10000 (4) 10

【2-2】 把下面二进制数表示为加权和的形式。

(1) 10010 (2) 110 (3) 1011001 (4) 11010100

解:(1) $(10010)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

(2) $(110)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

(3) $(1011001)_2 = 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

(4) $(11010100)_2 = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

【2-3】 把下面每一个二进制数都转成十进制数。

(1) 100 (2) 1011 (3) 0.1001 (4) 101101.011

解:(1) 4 (2) 11 (3) 0.5625 (4) 45.375

【2-4】 把下面每一个十进制数都转成二进制数,误差小于5‰。

(1) 28 (2) 422 (3) 0.32 (4) 0.246

解:(1) 11100 (2) 110100110 (3) 0.0101001 (4) 0.01

【2-5】 将题2-2中各二进制数转为十六进制数和八进制数。

解:十六进制:(1) 12 (2) 06 (3) 59 (4) D4

八进制:(1) 22 (2) 06 (3) 131 (4) 324

【2-6】 用二进制完成下列十进制运算。

(1) $21 + 18$ (2) $54 - 23$ (3) 32×11 (4) $18 \div 3$

解: (1) $(21 + 18)_{10} = (10101)_2 + (10010)_2 = (100111)_2$

(2) $(54 - 23)_{10} = (110110)_2 - (10111)_2 = (11111)_2$

(3) $(32 \times 11)_{10} = (100000)_2 \times (1011)_2 = (101100000)_2$

(4) $(18 \div 3)_{10} = (10010)_2 \times (011)_2 = (110)_2$

【2-7】 试写出下列二进制数的原码、反码和补码。

(1) +43 (2) -126 (3) +10 (4) -38

解: 原码: (1) 00101011 (2) 11111110 (3) 00001010 (4) 10100110

反码: (1) 00101011 (2) 10000001 (3) 00001010 (4) 11011001

补码: (1) 00101011 (2) 10000010 (3) 00001010 (4) 11011010

【2-8】 试用反码运算和补码运算完成下列运算。

(1) $00100011 - 00010010$ (2) $00001100 - 00100000$

(3) $01111100 - 01000011$ (4) $00010000 - 00100000$

解: 反码运算:

(1) $[00100011]_{\text{反}} = 00100011$ $[-00010010]_{\text{反}} = 11101101$

$[00100011 - 00010010]_{\text{反}} = [00100011]_{\text{反}} + [-00010010]_{\text{反}} = 00010001 =$
 $[00010001]_{\text{反}}$

$00100011 - 00010010 = 00010001$

(2) $[00001100]_{\text{反}} = 00001100$ $[-00100000]_{\text{反}} = 11011111$

$[00001100 - 00100000]_{\text{反}} = [00001100]_{\text{反}} + [-00100000]_{\text{反}} = 11101011 =$
 $[10010100]_{\text{反}}$

$00001100 - 00100000 = 10010100$

(3) $[01111100]_{\text{反}} = 01111100$ $[-01000011]_{\text{反}} = 10111100$

$[01111100 - 01000011]_{\text{反}} = [01111100]_{\text{反}} + [-01000011]_{\text{反}} = 00111001 =$
 $[00111001]_{\text{反}}$

$01111100 - 01000011 = 00111001$

(4) $[00010000]_{\text{反}} = 00010000$ $[-00100000]_{\text{反}} = 11011111$

$[00010000 - 00100000]_{\text{反}} = [00010000]_{\text{反}} + [-00100000]_{\text{反}} = 11101111 =$
 $[10010000]_{\text{反}}$

$00010000 - 00100000 = 10010000$

补码运算:

(1) $[00100011]_{\text{补}} = 00100011$ $[-00010010]_{\text{补}} = 11101110$

$[00100011 - 00010010]_{\text{补}} = [00100011]_{\text{补}} + [-00010010]_{\text{补}} = 00010001 =$
 $[00010001]_{\text{补}}$

$00100011 - 00010010 = 00010001$

(2) $[00001100]_{\text{补}} = 00001100$ $[-00100000]_{\text{补}} = 11100000$

$$[00001100 - 00100000]_{\text{补}} = [00001100]_{\text{补}} + [-00100000]_{\text{补}} = 11101100 = [10010100]_{\text{补}}$$

$$00001100 - 00100000 = 10010100$$

$$(3) [01111100]_{\text{补}} = 01111100 \quad [-01000011]_{\text{补}} = 10111101$$

$$[01111100 - 01000011]_{\text{补}} = [01111100]_{\text{补}} + [-01000011]_{\text{补}} = 00111001 = [00111001]_{\text{补}}$$

$$01111100 - 01000011 = 00111001$$

$$(4) [00010000]_{\text{补}} = 00010000 \quad [-00100000]_{\text{补}} = 11100000$$

$$[00010000 - 00100000]_{\text{补}} = [00010000]_{\text{补}} + [-00100000]_{\text{补}} = 11110000 = [10010000]_{\text{补}}$$

$$00010000 - 00100000 = 10010000$$

【2-9】 将下列 BCD5421 码转换成二进制数、十进制数和 BCD8421 码。

(1) 1001 0011 (2) 1100 1010 0001 (3) 0011 1000 1001 (4) 1011 0010.0100

解:二进制数:(1) 00111111 (2) 0011 1100 1011 (3) 0001 0110 0100
(4) 0101 0010.0111

十进制数:(1) 63 (2) 971 (3) 356 (4) 82.4

BCD8421 码 (1) 0110 0011 (2) 1001 0111 0001 (3) 0011 0101 0110
(4) 1000 0010.0100

第3章 逻辑代数基础

3.1 教学内容

本章的教学内容包括逻辑代数中的逻辑运算、基本定理和基本规则,最小项和最大项的定义及性质,逻辑函数式的化简方法(包括代数法和卡诺图化简法)。

3.1.1 逻辑代数的基本概念

一、基本逻辑运算

逻辑代数中用字母表示变量,称为逻辑变量。逻辑变量有两种取值:0或1。基本的逻辑运算有3种:与运算、或运算和非运算。

1. 与运算

只有当 A 和 B 代表的事件都发生, F 代表的事件才会发生,这种关系称为与逻辑,表征与逻辑关系的运算称为与运算(又称逻辑乘)。可以用逻辑表达式 $F = A \cdot B$ 来表示。

2. 或运算

只要 A 和 B 代表的事件有一个发生, F 代表的事件就会发生,这种关系称为或逻辑,表征或逻辑关系的运算称为或运算(又称逻辑加)。用逻辑表达式 $F = A + B$ 来表示。

3. 非运算

A 所代表的事件不发生时, F 所代表的事件才会发生,这种关系称为非逻辑,表征非逻辑关系的运算称为非运算(又称逻辑求反)。用逻辑表达式 $F = \overline{A}$ 来表示。

将基本逻辑运算进行各种组合,可以获得与非、或非、与或非、异或、同或等组合逻辑运算。

形式定理是进行逻辑运算的基本定理,用于代数法化简逻辑函数。表3.1.1列出了逻辑代数中常用的基本定理,共17个,第3列是第2列的对偶式。

表 3.1.1 形式定理

名称	基本定理	基本定理
变量与常量之间的关系	$A \cdot 0 = 0$	$A + 1 = 1$
	$A \cdot 1 = A$	$A + 0 = A$
变量自身之间的关系	$A \cdot A = A$	$A + A = A$
	$A \cdot \bar{A} = 0$	$A + \bar{A} = 1$
吸收	$A + AB = A$	$A(A + B) = A$
去因子	$A + \bar{A}B = A + B$	$A(\bar{A} + B) = AB$
消项	$AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$	$(A + B)(\bar{A} + C)(B + C) = (A + B)(\bar{A} + C)$
摩根定理	$\overline{AB} = \bar{A} + \bar{B}$	
	$\overline{A + B} = \bar{A}\bar{B}$	
还原律	$\overline{\bar{A}} = A$	

二、基本规则

基本规则包括以下三个：

1. 代入规则

在任一含有变量 A 的逻辑等式中,如果用另一个逻辑函数 F 去代替所有的变量 A ,则等式仍然成立。

2. 对偶规则

(1) 对偶变换

对于任何一个逻辑函数式 P ,实行“+”、“·”互换,0、1互换,得到新的逻辑函数式 P' ,则称 P' 为 P 的对偶式。

(2) 对偶规则

如果逻辑函数式 F 和 G 相等,则其对偶式 F' 和 G' 也相等。

3. 反演规则

在一个逻辑函数式 P 中,如果进行“+”、“·”互换,0、1互换、原反互换,得到原逻辑函数 P 的逻辑求反,记为 $\bar{P}$ 。

3.1.2 逻辑代数的化简

一、最小项和最大项

1. 最小项和最大项的定义

(1) 若逻辑函数有 n 个输入变量,则全部 n 个变量的逻辑乘即是最小项。在最小项中,每个变量均以原变量或反变量的形式出现,且仅出现一次,所以可能有 2^n 个最小项,用符号 m_i 表示。

(2) 逻辑函数的最大项为 n 个输入变量的逻辑和,每个变量均以原变量或