SHUZI DIANZI JISHU JICHU

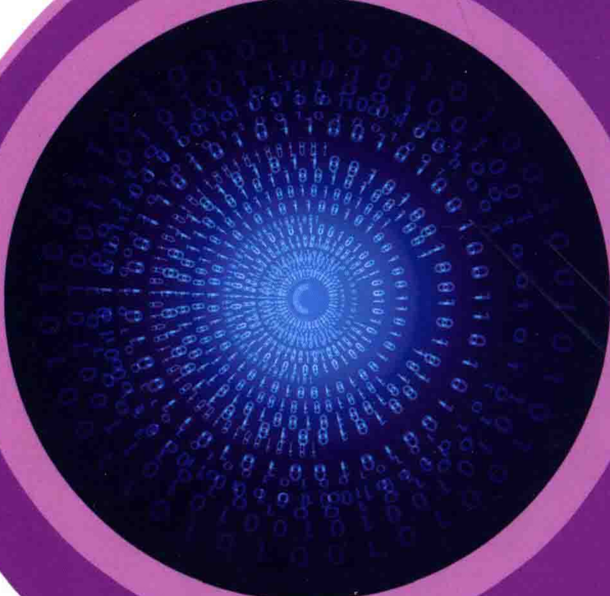
21世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

数字电子技术基础

主　编　卜新华　薛江清

副主编　吴蓬勃　李　莉　周继彦



北京邮电大学出版社

www.buptpress.com

21世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

数字电子技术基础

主　编　卜新华　薛江清
副主编　吴蓬勃　李　莉　周继彦

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内容简介

本书按照高职高专教学要求特点，以“够用、实用”为原则，将“数字电子技术基础”内容进行精心选择，每章前面介绍本章内容、本章重难点以及学习目的与要求；后面对本章知识点进行系统小结和练习思考题，另外在一些章节后配备实用性实训项目。

本书主要内容包括：数字电路基础、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲产生与整形以及数/模和模/数转换器。

本书力求切合实际、深入浅出、物理概念清晰、定量推导适度以及便于学习，本书可作为高职高专通信类、计算机类以及电子信息类等相关课程教材，也可作为相关技术人员职业资格认证及职工培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础 / 卜新华，薛江清主编. -- 北京 ：北京邮电大学出版社，2015.1

ISBN 978-7-5635-4283-3

Ⅰ. ①数… Ⅱ. ①卜…②薛… Ⅲ. ①数字电路—电子技术—高等职业教育—教材 Ⅳ. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 011585 号

书　　名：数字电子技术基础
著作责任者：卜新华　薛江清　主编
责 任 编 辑：孔　玥
出 版 发 行：北京邮电大学出版社
社　　址：北京市海淀区西土城路 10 号(邮编：100876)
发 行 部：电话：010-62282185　传真：010-62283578
E-mail：publish@bupt. edu. cn
经　　销：各地新华书店
印　　刷：北京源海印刷有限责任公司
开　　本：787 mm×1 092 mm　1/16
印　　张：10
字　　数：245 千字
版　　次：2015 年 1 月第 1 版　2015 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4283-3　　　　定　价：22.00 元

前　言

随着电子技术在各领域的广泛应用，数字电子技术基础已成为各工科专业的必修课，考虑到各个专业对数字电子技术课程的不同教学要求，以及高职高专课时教学要求，在编写中对该课程的内容做了相应的精简。本书与前期编写《电路与电子技术》为电子类系列教材，同时本书可与《数字电子技术实验指导与仿真》一书配套使用，可作为高等院校通信类、计算机类以及电子信息类相关专业的高职高专教材。

本书共6章，数字电路基础、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路以及数/模和模/数转换器。本书编写指导思想是：理论以够用为度，内容切合实际，保证基本知识，注重能力培养。在内容选取上，由浅入深、循序渐进、方便自学。本书物理概念清晰，通俗易懂，定量推理适度，回避集成电路内部繁琐的分析与推导，以器件应用为主，注重实际应用和能力的培养。

本书的特点之一为每一章都有概述，介绍该章的主要内容和重点，让读者能在开始学习之前有一个全局性的了解；特点之二是每章配有大量的例题和习题，这些题目都是由浅入深，循序渐进，由理论到实践，对基础欠缺或自学者有很好的引导作用；特点之三是希望在教学中能开拓学生的解题思路，提高学生分析解决问题的能力，多角度加深学生对所学知识的理解，在一些实用性强章节后面安排了实训项目。

本书由广东科学技术职业学院和石家庄邮电职业技术学院两所院校教师共同编写。卜新华和薛江清担任主编，同时负责统稿与审稿工作。卜新华编写第1章，薛江清编写第2章，吴蓬勃编写第3和4章，李莉编写第5章，周继彦编写第6章。另外石家庄邮电职业技术学院电子与信息教研室郭根芳、李学海、李建龙等老师和广东科学技术职业学院电子信息教学部卢敦陆、许裕华、樊秋月等老师对编写内容和章节顺序提出了许多宝贵意见。本书编写过程中，得到了编者所在学院领导和教务处的大力支持，编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在一些疏忽和不妥之处，敬请读者批评指正。

目　　录

第 1 章　数字电路基础 …… 1

1.1　数字电路概述 …… 1

1.1.1　数字电路及其特点 …… 2

1.1.2　数制和码制 …… 3

1.2　逻辑代数中的基本逻辑运算 …… 6

1.2.1　与运算(AND) …… 7

1.2.2　或运算(OR) …… 7

1.2.3　非运算(NOT) …… 8

1.2.4　其他逻辑运算 …… 8

1.3　逻辑代数的常用公式及基本定理 …… 9

1.3.1　基本公式 …… 9

1.3.2　其他常用公式 …… 10

1.3.3　逻辑代数的基本定理 …… 11

1.4　逻辑函数及其表示方法 …… 12

1.4.1　逻辑函数 …… 12

1.4.2　逻辑函数的表示方法 …… 12

1.4.3　逻辑函数之间的相互转换 …… 15

1.5　逻辑函数的化简 …… 17

1.5.1　逻辑函数的公式法化简 …… 17

1.5.2　逻辑函数的卡诺图法化简 …… 19

1.5.3　具有无关项的逻辑函数及其化简 …… 26

1.6　逻辑门电路 …… 27

1.6.1　分立元件门电路 …… 27

1.6.2　TTL 逻辑门、CMOS 逻辑门电路 …… 29

本章小结 …… 34

实训项目　火灾报警控制系统的设计 …… 35

思考题与练习题 …… 36

第 2 章　组合逻辑电路 …… 38

2.1　组合逻辑电路概述 …… 38

2.2　组合逻辑电路的分析 …… 39

2.3　组合逻辑电路的设计 …… 40

2.4 常见中规模集成组合逻辑电路…… 41
2.4.1 加法器…… 42
2.4.2 数值比较器…… 43
2.4.3 编码器…… 46
2.4.4 译码器…… 51
2.4.5 数据选择器…… 57
本章小结 …… 59
实训项目 编译码显示电路的设计 …… 60
思考与练习 …… 61

第 3 章 触发器 …… 64

3.1 触发器电路基础…… 64
3.1.1 概述…… 65
3.1.2 基本 *RS* 触发器 …… 66
3.1.3 同步触发器 …… 68
3.1.4 主从 *RS* 触发器 …… 72
3.1.5 边沿触发器 …… 73
3.1.6 触发器的逻辑功能及其描述方法 …… 75
3.2 常见集成触发器介绍与应用 …… 79
3.2.1 *RS* 触发器 …… 80
3.2.2 *JK* 触发器 …… 82
3.2.3 *D* 触发器 …… 84
本章小结 …… 85
实训项目 抢答器电路的设计 …… 86
思考题与练习题 …… 88

第 4 章 时序逻辑电路 …… 91

4.1 概述 …… 92
4.2 时序逻辑电路的分析方法 …… 92
4.2.1 时序逻辑电路逻辑功能的描述方法 …… 92
4.2.2 同步时序逻辑电路的分析方法 …… 93
4.2.3 异步时序逻辑电路的分析方法…… 95
4.3 时序逻辑电路的应用…… 96
4.3.1 寄存器…… 96
4.3.2 计数器 …… 101
4.3.3 顺序脉冲发生器 …… 111
4.4 时序逻辑电路设计 …… 112
本章小结…… 115
实训项目 数字钟电路的设计…… 115

思考题与练习题 …… 119

第 5 章　脉冲的产生与整形 …… 123

5.1　概述 …… 123
5.2　门电路构成的脉冲产生与整形电路 …… 124
5.2.1　施密特触发器 …… 124
5.2.2　单稳态触发器 …… 126
5.2.3　多谐振荡器 …… 129
5.3　555 定时器及其应用 …… 131
5.3.1　555 定时器的电路结构及工作原理 …… 131
5.3.2　555 定时器组成的施密特触发器 …… 133
5.3.3　555 定时器组成的单稳态触发器 …… 135
5.3.4　555 定时器组成的多谐振荡器 …… 137
本章小结 …… 139
实训项目　简易防盗报警器的设计 …… 139
思考题与练习题 …… 141

第 6 章　模/数和数/模转换器 …… 142

6.1　数/模转换器 …… 142
6.2　模/数转换器 …… 145
本章小结 …… 150
思考题与练习题 …… 150

参考文献 …… 151

第1章　数字电路基础

本章内容

本章主要介绍数字电路的基本知识以及基本的逻辑门电路。首先介绍了进位计数规则以及各种进位制数之间的转换，重点阐述二进制数的表示方法，然后介绍逻辑代数基础知识，包括逻辑代数的常用公式、重要定理、基本定律，接着着重讲解逻辑函数常用的四种方法（真值表、逻辑表达式、卡诺图、逻辑图），然后介绍逻辑函数的常用化简方法，最后介绍了构成数字电路的基本单元门电路，主要介绍由分立元件构成的简单门电路，简单介绍了 TTL 门电路和 CMOS 门电路。

本章重点

- 各种数制及其相互之间的转换。
- 逻辑代数的基本运算。
- 逻辑函数的化简方法。

本章难点

- 逻辑函数的公式法化简。
- 逻辑函数的卡诺图化简。

本章学时数

- 建议 8 学时。

学习本章目的和要求

- 熟悉数制和码制的概念，并掌握常见的几种数制及其相互间的转换方法。
- 熟练掌握逻辑代数的运算。
- 熟练掌握逻辑函数的各种表示方法及其相互转换。
- 掌握逻辑函数的化简方法。
- 掌握分立元件构成的门电路的基本原理，了解 TTL 门电路和 CMOS 门电路。

1.1　数字电路概述

数字电路被广泛地应用于数字电子计算机、数字通信系统、数字仪器仪表、数字控制装

置以及工业逻辑系统等领域。数字电路能够完成存储、传输、运算处理等功能，是这些数字产品的核心组成部分。本章主要介绍数字电路的概念和特点，并为数字电路分析提供基础知识。

数字电路是处理数字信号的电路，包括组合逻辑电路和时序逻辑电路。组合逻辑数字电路没有记忆功能，电路的输出决定于当前的输入。时序逻辑电路具有记忆功能，电路的输出不但取决于当前信号的输入，还决定于电路当前的记忆状态。

1.1.1 数字电路及其特点

人类对信号的利用由来已久，如我国古代的“烽火”“旗语”等，人们可以根据长城上燃放的烽火判断出敌人来的方向、人数及携带的武器数量。近代对信号的利用更是深入到我们生活的每个角落，如红绿灯信号、计算机中的信号、现代通信中的信号，等等。信号种类繁多，但按本质和特点可分为两大类，即模拟信号与数字信号。

模拟信号是时间和幅值上都连续变化的信号，如温度的变化、声音的传播和模拟图像的视频信号等，如图 1-1 所示为模拟信号的波形图。

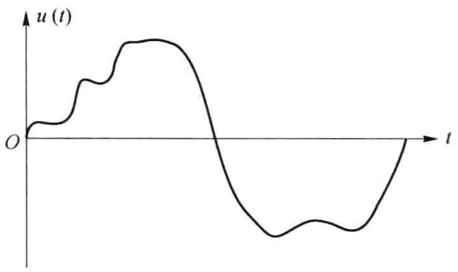


图 1-1 模拟信号

研究模拟信号时，注重的是电路输入、输出信号间的大小、相位关系，与其对应的电子电路是模拟电路，常见的模拟电路有交直流放大器、滤波器、信号发生器等。在模拟电路中，晶体管一般工作在放大状态。

数字信号是时间和数值都不连续变化的离散信号，如产品数量的统计、数字表盘的读数和灯光的亮灭，设备的启动与停止等，如图 1-2 所示为数字信号波形图。

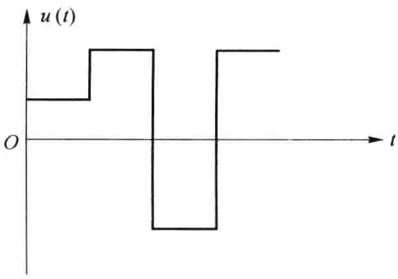


图 1-2 数字信号

常见的数字信号是二值信号，用两个电平（高电平和低电平）分别来表示两个逻辑值（逻辑 1 和逻辑 0）。对于数字信号有两种逻辑规定，正逻辑规定：高电平为逻辑 1，低电平为逻

辑 0;负逻辑规定:低电平为逻辑 1,高电平为逻辑 0。本书不加特别说明,均采用正逻辑。

数字信号具有突变性和不连续性。数字电路中的波形都是这类不连续的波形,这类波形通常又统称为脉冲。

工作在数字信号下的电子电路称为数字电路。数字电路的工作信号是离散的,反映在电路上只有高、低电平两种状态,因此可以很方便地用二进制数表示信息的传输和处理,在电路上可以利用二极管导通与截止或三极管的开、关状态来实现,即主要利用晶体管的饱和状态或截止状态。实际电路中可以利用各种门电路及其组合来实现各种功能。数字电路对元器件的参数要求较低,便于大规模集成、生产,产品成品率高。

数字电路主要研究逻辑关系,即输入和输出的因果关系,即电路的逻辑功能,因此不能采用模拟电路的分析方法,其研究工具是逻辑代数,包括了用逻辑图、表达式、真值表、卡诺图等方法表示电路的逻辑功能,所以数字电路又称为逻辑电路。

与模拟电路相比,数字电路的主要优点包括:

(1) 表示方法简单。数字电路在稳定时,具有两种状态:0 或 1,采用电子器件处于开关状态可实现电流的有、无以及电压的高、低。

(2) 基本单元电路简单,稳定性高。由于元件仅需要工作在开关状态,在电路设计上很容易实现,便于集成化生产,使用方便,可靠性高,价格低廉等。

(3) 抗干扰能力强,精度高,保密性好。由于数字电路通常处理的信号仅有两个状态,因此电路的稳定性高,数字信号可以很容易实现加密,即便得到了加密后的信号也不能获取信号的内容,保密性较好。

(4) 由于数字电路工作状态、研究内容与模拟电路不同,所以分析方法也不同,在数字电路中,电路功能常常采用真值表、逻辑函数表达式、卡诺图、状态转移图等来表示。

(5) 研究的主要内容是输入信号与输出信号的逻辑关系,反映电路的逻辑功能。数字电路的研究可以分为逻辑分析与逻辑设计,逻辑分析是分析已有电路的逻辑功能;逻辑设计师按逻辑功能要求设计出满足逻辑功能的电路。

1.1.2　数制和码制

1. 数制

数制是一种计数的方法,是进位计数制的简称,它是多位数码中每位数码的构成方法及低位到高位的进位规则。每种数制中所能使用的数码都是一定的,数码的总数称为基数或底数。数字系统中常见的数制包括十进制、二进制、八进制和十六进制。

(1) 十进制

十进制(Decimal)是我们最早接触到的一种数制,也是日常生活和工作中使用最广泛的进位计数制。十进制数的基数是 10,每一位可使用 0～9 十个数码,不同位置的数码代表不同的数值(称为权),遵循"逢十进一"的进位规律。利用数码和权,每个十进制数均可表示成和的形式,十进制数下标用"D"或者"10"来表示,由于十进制是日常使用最普遍的进制数,下标经常会忽略不写,如

$$(235.37)_D = 2\times10^2 + 3\times10^1 + 5\times10^0 + 3\times10^{-1} + 7\times10^{-2}$$

所以任意十进制数 N 都可以展开为

$$N = \sum K_i \times 10^i \tag{1-1}$$

其中，K_i 是第 i 位的系数，是 0～9 这十个数码中的任意一个，10^i 是第 i 位的权。只要将 10 换成不同进制的基数，则任意进制的数均可展开成此形式。

(2) 二进制

二进制(Binary)是数字电路中应用最广泛的一种进制方法。二进制的基数为 2，每一位仅有 0 和 1 两个可能的数码，遵循“逢二进一”的进位规律，二进制数下标用“B”或者“2”来表示，如

$$(1001.11)_B = 1\times2^3 + 0\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0 + 0\times2^{-1} + 1\times2^{-2}$$

利用数码和权，每个二进制数也可表示成和的形式，所以任意二进制数 N 都可以展开为

$$(N)_2 = \sum K_i \times 2^i \tag{1-2}$$

(3) 八进制

八进制(Octal)是经常用到的一种进制方法，其基数为 8，每位可使用 0～7 八个数码，遵循“逢八进一”的进位规律，八进制数下标用“O”或者“8”来表示，如

$$(16.27)_O = 1\times8^1 + 6\times8^0 + 2\times8^{-1} + 7\times8^{-2}$$

利用数码和权，每个八进制数可展开为

$$(N)_8 = \sum K_i \times 8^i \tag{1-3}$$

(4) 十六进制

十六进制(Hexadecimal)也是实际中应用比较广泛的一种进制方法，基数为 16，数码包括 0～9，A，B，C，D，E，F 共 16 个，其中，英文字母 A～F 依次对应十进制数 10～15，遵循“逢十六进一”的进位规律，十六进制数下标用“H”或者“16”来表示，如十六进制数 $(4C.85)_H$。

$$(4C.85)_H = 4\times16^1 + 12\times16^0 + 8\times16^{-1} + 5\times16^{-2}$$

利用数码和权，每个十六进制数可展开为

$$(N)_{16} = \sum K_i \times 16^i \tag{1-4}$$

二进制是数字电路中的基本数制，但用其表示的数位数较多，读写不便，因此，往往采用八进制或十六进制来表示。

2. 数制转换

(1) 其他进制数转换为十进制数

将其他进制数转换为十进制数只须利用其展开形式求和即可，即利用式(1-2)、式(1-3)、式(1-4)进行转换。例如：

二-十转换：$(110.01)_2 = 1\times2^2 + 1\times2^1 + 0\times2^0 + 0\times2^{-1} + 1\times2^{-2} = (6.25)_{10}$

八-十转换：$(35.62)_8 = 3\times8^1 + 5\times8^0 + 6\times8^{-1} + 2\times8^{-2} = (29.7813)_{10}$

十六-十转换：$(3E.28)_{16} = 3\times16^1 + 14\times16^0 + 2\times16^{-1} + 8\times16^{-2} = (62.15625)_{10}$

(2) 二进制与八进制之间的转换

三位二进制数有 8 个状态，恰好和八进制数的 8 个数码对应，其对应关系为：

八进制：0　　1　　2　　3　　4　　5　　6　　7

二进制：000　001　010　011　100　101　110　111

利用这种关系可方便地进行二-八进制之间的转换，其方法为：以小数点为界，二进制整数部分从低位开始向左，小数从高位开始向右，每 3 位分成一组，特别注意小数部分不足 3 位要在末尾补零，然后将每组的 3 位二进制数转换为 1 位八进制数；八进制数转换为二进制数只须把每个八进制数用 3 位二进制数表示即可。

例如，将二进制数 11110001000.1011 转换为八进制数可得：

$$(11110001000.1011)_2=(11\quad 110\quad 001\quad 000.101\quad 100)_2$$

$$=(3\quad 6\quad 1\quad 0.\quad 5\quad 4)_8$$

八进制数转为二进制数与上述过程相反。

(3) 二进制与十六进制之间的转换

四位二进制数有 16 个状态，恰好和十六进制数的 16 个数码对应，其对应关系为：

十六进制：　0～9　　A　　B　　C　　D　　E　　F

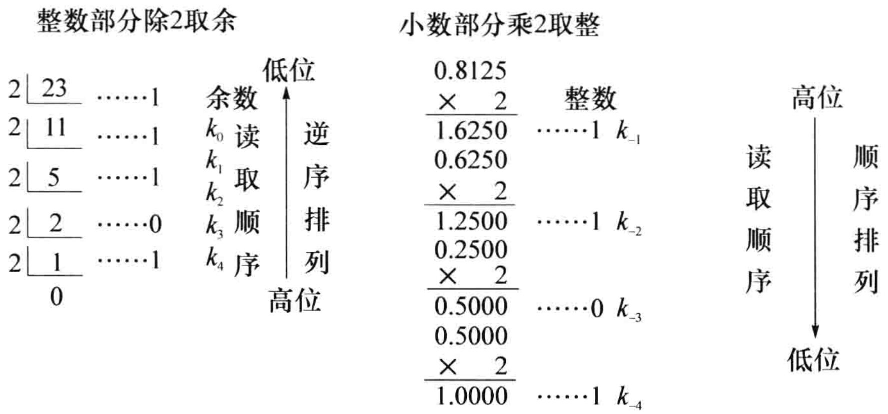
二进制：　0000～1001　1010　1011　1100　1101　1110　1111

利用这种关系可方便地进行二-十六进制之间的转换，其方法与二-八进制转换相同，只不过需要每 4 位为一组。

(4) 十进制数转换为其他进制数

①十-二进制转换

十进制数转换为二进制数：整数部分采用除 2 取余法，其余数按逆序排列；小数部分采用乘 2 取整法，其整数按顺序排列，最后将两部分合起来即可。这里 2 是二进制数的基数。例如，将$(23.8125)_{10}$化为二进制数可按如下方法实现：



因此，整数部分$(23)_{10}=(10111)_2$；小数部分$(0.8125)_{10}=(0.1101)_2$。将两部分加起来即可得$(23.8125)_{10}=(10111.1101)_2$。

② 十进制数转换为八或十六进制数

十进制数化为八进制或十六进制数有两种方法：一种方法和十进制化为二进制相同，只不过要用不同的基数 8 或 16；另一种方法是先把十进制数化为二进制数再化为八或十六进制数。

3. 码制

数码可记录事物数量大小,也可用来区别不同的事物。区别事物时,只表示不同事物的代号,这些代号称为代码。如产品编号、学生学号和利用三原色构成的数字色彩等。码制就是在编制代码时要遵循的规则。表 1-1 是常见的几种二-十进制代码,简称 BCD (Binary Coded Decimal)代码,它们是用四位二进制数码表示十进制数的 0~9,其编码规则各不相同。

8421 码是应用最广泛的一种 BCD 码,其四位二进制数的权自左向右依次为十进制数 8,4,2,1,且这种权是固定不变的,故称为恒权。例如,8421BCD 码的 1001 代表:1×8+0×4+0×2+1×1=9。注意:8421 码中不允许出现 1010~1111 六种情况,只能出现表中所列 9 种情况,其他几种恒权码与此相同,只是位权不同。

表 1-1 几种常见的 BCD 代码

十进制数 \ 编码类型	8421 码（恒权）	余 3 码（无权）	2421 码（恒权）	5211 码（恒权）	5421 码（恒权）	格雷码（变权）
0	0000	0011	0000	0000	0000	0010
1	0001	0100	0001	0001	0001	0110
2	0010	0101	0010	0100	0010	0111
3	0011	0110	0011	0101	0011	0101
4	0100	0111	0100	0111	0100	0100
5	0101	1000	1011	1000	1000	1100
6	0110	1001	1100	1001	1001	1101
7	0111	1010	1101	1100	1010	1111
8	1000	1011	1110	1101	1011	1110
9	1001	1100	1111	1111	1100	1010
位权	8421		2421	5211	5421	

余 3 码由 8421 码加 3(0011)得到,这种代码的四位二进制数正好比它所代表的十进制数多 3,故称余 3 码,是一种无权码,无权码不能使用权展开式。

格雷码是一种变权码,即每一位的 1 在不同位并不代表固定的数值,其主要特点是相邻的两个代码之间仅有一位的状态不同,由于最大数与最小数之间也仅一位数不同,即“首尾相连”,故又称为循环码。格雷码的编码方案有多种,表中所列只是一种,在后面逻辑函数卡诺图化简中将会用到这一特点。

1.2 逻辑代数中的基本逻辑运算

当二进制数码表示数值的大小时,可以进行算术运算,其规则与十进制运算相同,其区别仅在于二进制是“逢二进一”而十进制是“逢十进一”。

逻辑代数是一种描述客观事物逻辑关系的数学方法,是英国数学家乔治·布尔(George Boole)于 1847 年首先提出来的,所以又称布尔代数。所谓逻辑是指事物间的因果

关系，逻辑代数是研究数字电路的数学工具，是分析和设计逻辑电路的理论基础。逻辑代数研究的内容是逻辑函数与逻辑变量之间的关系，数字电路研究更多的是输入和输出间的逻辑关系。

逻辑代数与普通代数相似，有变量也有常量。逻辑代数中的变量用大写英文字母 A，B，C，…表示，称为逻辑变量。每个逻辑变量的取值只有“0”和“1”两种。逻辑代数中的常量，只有两个“0”和“1”，故又被称开关代数。与普通代数不同的是这里的“0”和“1”不再表示数值的大小，而是代表两种不同的逻辑状态。例如，可以用“1”和“0”表示开关的“闭合”与“断开”；信号的“有”和“无”；“高电平”与“低电平”；“是”与“非”等。究竟代表什么意义，要视具体情况而定。

逻辑代数的基本运算包括与、或、非三种，其他任何复杂的运算都可以通过这三种基本运算的组合实现。

1.2.1　与运算(AND)

与运算是指只有决定一件事情的条件全部具备之后，这件事情才会发生。这种因果关系称为逻辑与，也称逻辑乘。

如图 1-3 所示，只有当 A，B 两个开关同时闭合灯 F 才亮，否则灯不亮。灯 F 与 A 和 B 的关系即为逻辑与，并把实现逻辑与功能的逻辑电路称为与门。

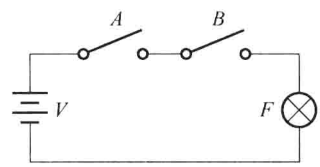


图 1-3　逻辑与示例

图 1-3 中开关 A，B 的状态作为输入逻辑变量，并以 1 表示开关闭合，0 表示开关断开，灯 F 的状态作为输出变量，以 1 表示灯亮，0 表示灯灭。将所有输入逻辑变量的可能组合与其对应的输出逻辑函数值排列在一起组成的表称为真值表。表 1-1 即为图 1-3 逻辑与电路的真值表。

由表 1-2 得逻辑与的运算规则：只要有一个输入为 0 则输出即为 0，输入都为 1 输出才为 1。

逻辑代数中，以“ · ”表示与运算，A 和 B 进行与逻辑运算可写成

$$F=A\cdot B \tag{1-5}$$

在不至于混淆情况下，可直接写作 $F=AB$。如图 1-4 所示为与门的国标逻辑符号。

表 1-2　与运算真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

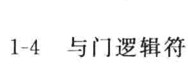


图 1-4　与门逻辑符号

1.2.2　或运算(OR)

或运算是指决定一件事情的几个条件中，只要有一个或一个以上具备，这件事情就发

生。这种因果关系称为逻辑或，也称逻辑加。

如图 1-5 所示，只要 A 或 B 或两者都闭合时，灯 F 就会亮，只有两者都断开时，灯 F 灭。灯 F 与 A 和 B 的关系即为逻辑或，并把实现逻辑或功能的逻辑电路称为或门。

表 1-3 即为或运算的真值表。由表可得或运算规则：有 1 得 1，全 0 才得 0。

逻辑代数中，以"＋"表示或运算，A 和 B 进行或逻辑运算可写成

$$F=A+B \tag{1-6}$$

或门的逻辑符号如图 1-6 所示。

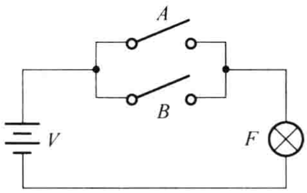


图 1-5　逻辑或示例

表 1-3　或运算真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

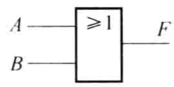


图 1-6　或门逻辑符号

1.2.3　非运算(NOT)

非运算是指条件具备时结果不发生，而条件不具备时结果反而发生。这种因果关系称为逻辑非，也称逻辑求反。

如图 1-7 所示，开关 A 断开时灯 F 亮，A 闭合时灯反而不亮。灯 F 与 A 的关系即为逻辑反，并把实现逻辑反功能的逻辑电路称为非门（也称反相器）。表 1-4 即为非运算的真值表，由表可得非运算规则：有 0 得 1，有 1 得 0。

逻辑代数中，以"—"表示非运算，A 和 B 进行非逻辑运算可写成

$$F=\overline{A} \tag{1-7}$$

非门的逻辑符号如图 1-8 所示。

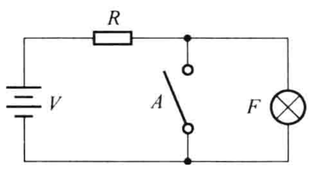


图 1-7　逻辑非实例

表 1-4　非运算真值表

A	F
0	1
1	0

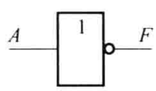


图 1-8　非门逻辑符号

1.2.4　其他逻辑运算

除了上述的与、或、非三种基本逻辑运算外，还有几种常用的复合逻辑运算，主要有与非、或非、与或非、异或、同或等，都可以用三种基本逻辑运算为基础表示。其逻辑符号如图 1-9 所示。

(1) 与非运算

与运算的结果再求反即得与非运算,即 $F=\overline{AB}$。

(2) 或非运算

或运算的结果再求反即得或非运算,即 $F=\overline{A+B}$。

(3) 与或非运算

先与后或再取反即得与或非运算,即 $F=\overline{AB+CD}$。

(4) 异或运算

异或运算为:$F=\overline{A}B+A\overline{B}=A\oplus B$。当两个变量取值相同时,逻辑函数值为 0;当两个变量取值不同时,逻辑函数值为 1。

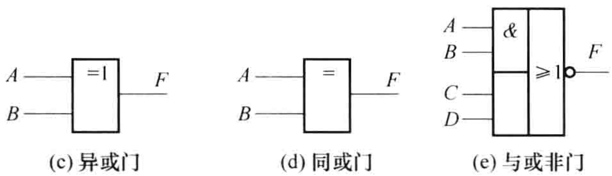


图 1-9　复合逻辑的图形符号

(5) 同或运算

同或运算为:$F=\overline{A}\,\overline{B}+AB=A\odot B$。当两个变量取值相同时,逻辑函数值为 1;当两个变量取值不同时,逻辑函数值为 0。

异或、同或运算应用相当广泛,且其互为反运算,即

$$A\oplus B=\overline{A\odot B};\quad A\odot B=\overline{A\oplus B} \tag{1-8}$$

1.3　逻辑代数的常用公式及基本定理

逻辑代数是分析数字电路的重要工具,其常用的公式及基本定理是逻辑代数中的重要内容,应用非常广泛。

1.3.1　基本公式

表 1-5 列出了逻辑代数的基本公式,这些公式的正确性可用真值表验证,若等式成立,则等式两边对应的真值表也必然相同。

表 1-5　逻辑代数的基本公式

序号	名称	公式 1	公式 2
1	0-1 律	$A\cdot 1=A;A\cdot 0=0$	$A+0=A;A+1=1$
2	重叠律	$AA=A$	$A+A=A$

续 表

序号	名称	公式 1	公式 2
3	互补律	$A\overline{A}=0$	$A+\overline{A}=1$
4	交换律	$AB=BA$	$A+B=B+A$
5	结合律	$A(BC)=(AB)C$	$A+(B+C)=(A+B)+C$
6	分配律	$A(B+C)=AB+AC$	$A+BC=(A+B)(A+C)$
7	反演律	$\overline{AB}=\overline{A}+\overline{B}$	$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$
8	还原律	$\overline{\overline{A}}=A$	

1.3.2 其他常用公式

除去上述基本公式外，还有一些由基本公式导出的公式在逻辑函数化简中会经常被用到，主要包括以下几个。

1. $A+AB=A$

证明：
$$A+AB=A(1+B)=A\cdot 1=A$$

引申：
$$A(A+B)=AA+AB=A+AB=A$$

注意：上式中的 A，B 是泛指，它们可以是任何单个变量或多个变量的复合形式，如以 AC 代替 A，BD 代替 B，则上式仍然成立，即 $AC+(AC)(BD)=AC$。以下各式中的变量含义均与此相同。

2. $A+\overline{A}B=A+B$

证明：
$$A+\overline{A}B=A+AB+\overline{A}B=A+B(A+\overline{A})=A+B$$

3. $AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$

证明：
$$\begin{aligned}AB+\overline{A}C+BC&=AB+\overline{A}C+(A+\overline{A})BC\\&=AB+\overline{A}C+ABC+\overline{A}BC\\&=AB(1+C)+\overline{A}C(1+B)\\&=AB+\overline{A}C\end{aligned}$$

此公式说明，若两个乘积项中分别包含 A 和 $\overline{A}$ 两个因子，而这两个乘积项的其余因子构成的第三个乘积项可以消去。

引申：上式中的第三个乘积项除包含两个乘积项的其余因子外还可包含其他因子，该式仍然成立，如以 $BCDE$ 代替 BC，仍有 $AB+\overline{A}C+BCDE=AB+\overline{A}C$，读者可自行证明。

4. $(A+B)(\overline{A}+C)(B+C)=(A+B)(\overline{A}+C)$

证明：
$$\begin{aligned}(A+B)(\overline{A}+C)(B+C)&=ABC+AC+\overline{A}BC+\overline{A}B\\&=AC+\overline{A}B\\&=AC+\overline{A}B+A\overline{A}+BC\\&=C(A+B)+\overline{A}(A+B)\\&=(A+B)(\overline{A}+C)\end{aligned}$$

5. $A(\overline{A}+B)=AB$

证明：
$$A(\overline{A}+B)=A\overline{A}+AB=AB$$