

///

高等学校规划教材

数字逻辑与 数字系统 学习指导

王永军 李新荃 主编



NEUPRESS
东北大学出版社

数字逻辑与数字系统学习指导

主 编 王永军 李新荃

TN79

版社

高等学校规划教材

数字逻辑与数字系统学习指导

主 编 王永军 李新荃

副主编 赵丽红 李景宏

东北大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字逻辑与数字系统学习指导/王永军, 李新荃主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2000.12

ISBN 7-81054-581-7

I. 数… II. ①王… ②李… III. 数字-逻辑-系统-指导 IV. TP302.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 35781 号

内 容 简 介

本书是电子工业出版社出版 (王永军、丛玉珍主编) 的《数字逻辑与数字系统》的配套教材。全书分十二章, 每章包括: 主要内容、重点与难点、解题指导、习题及解答五部分内容。书中列举了大量典型例题并进行解析, 以帮助学生深入掌握课程内容、澄清概念; 解决课程内容中的疑难问题, 掌握解题的思路和方法。

本书可作为计算机类、电子类、电气类、自动化类等有关专业本、专科生教学的参考书, 亦可作为上述专业成人教育、自学考试本、专科生教学参考书。

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110006)

电话: (024) 23890881 传真: (024) 23892538

网址: <http://www.neupress.com> E-mail: neuph@neupress.com

北宁市印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787mm×1092mm 1/16

字数: 356 千字

印张: 14.25

印数: 1~3060 册

2000 年 12 月第 1 版

2000 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 任 何 李 雨

责任校对: 米 戎

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

定价: 21.00 元

前 言

本书是电子工业出版社出版（王永军、丛玉珍主编）的《数字逻辑与数字系统》一书的配套教材。编写本书的目的是帮助学生深入掌握课程内容，解决课程内容中的疑难问题，提高学生分析问题和解决问题的能力，掌握解题的正确思路和方法。

本书虽然是《数字逻辑与数字系统》的配套教材，但内容并不仅限于教科书的内容和习题解答。本书是在总结作者多年教学经验，并参考了多本教科书内容的基础上编写而成的。全书分为数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、运算电路、半导体存储器、脉冲波形的产生和整形、可编程逻辑器件和现场可编程门阵列器件，数/模和模/数转换、数字系统分析与设计、单片机的基本结构及应用十二章。每章包括：主要内容、重点与难点、解题指导、习题及解答五部分内容。

本书由王永军、李新荃、赵丽红、李景宏编写。其中第一章～第九章由李新荃、赵丽红编写，第十章～第十一章由王永军编写，第十二章由李景宏编写，由王永军、李新荃统稿。

本书由东北大学王文辉教授主审。在编写过程中得到了东北大学电子技术教研室许多教师的大力支持和帮助，在此致以衷心的感谢。

本书可作为计算机类、电子类、电气类、自动化类等有关专业本科生教学的参考书，也可作为上述专业成人教育、自学考试本、专科生教学参考用书。

限于编者水平，加之时间仓促，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

2000年6月

目 录

前 言

第一章 数字逻辑基础..... 1

第一节 主要内容、重点与难点 1

一、主要内容 1

二、重 点 1

三、难 点 1

第二节 学习指导..... 1

一、数制与码制以及数值之间的转换 1

二、半导体二极管和三极管的开关特性 4

三、逻辑变量、逻辑函数及其表示方法以及逻辑函数形式的转换 4

四、高、低电平与正、负逻辑的规定 6

五、基本逻辑运算与基本逻辑门,复合逻辑运算与复合门 6

六、逻辑代数的基本公式、规则与常用公式 10

七、逻辑函数的公式化简和卡诺图化简 11

八、由混合逻辑图写出正逻辑表达式 16

第三节 解题指导 16

一、习 题 16

二、题 解 19

第二章 逻辑门电路 24

第一节 主要内容、重点与难点..... 24

一、主要内容 24

二、重 点 24

三、难 点 24

第二节 学习指导 24

一、集成 TTL 和 CMOS 门的结构和特点 24

二、集成 TTL 和 CMOS 门的主要参数与外特性 27

三、集成 TTL 和 CMOS 门的抗干扰能力和带负载能力 29

四、集电极开路门、漏极开路门、三态门、CMOS 传输门 30

第三节 解题指导 35

一、习 题 35

二、题 解 41

第三章 组合逻辑电路 47

第一节 主要内容、重点与难点..... 47

一、主要内容 47

二、重 点 47

三、难 点	47
第二节 学习指导	47
一、组合逻辑电路的特点	47
二、用小规模集成电路构成的组合电路的分析与设计	48
三、编码器	52
四、译码器	53
五、数据分配器	55
六、数据选择器	55
七、用中规模集成电路构成的组合电路的分析与设计	57
八、组合逻辑电路的竞争—冒险	62
第三节 解题指导	64
一、习 题	64
二、题 解	70
第四章 触发器	79
第一节 主要内容、重点与难点	79
一、主要内容	79
二、重 点	79
三、难 点	79
第二节 学习指导	79
一、触发器的特性	79
二、触发器的分类	80
三、触发器的功能	80
四、触发器的结构及动作特点(触发方式)	81
第三节 解题指导	86
一、习 题	86
二、题 解	89
第五章 时序逻辑电路	95
第一节 主要内容、重点与难点	95
一、主要内容	95
二、重 点	95
三、难 点	95
第二节 学习指导	95
一、时序电路的特点及逻辑功能的表示方法	95
二、用触发器构成的时序电路的分析方法	97
三、寄存器	100
四、计数器	102
五、节拍脉冲发生器	108
六、用触发器构成时序电路的设计方法	109
七、用中规模集成电路构成的时序电路的分析	110
八、用中规模集成电路构成的时序电路的设计	112
第三节 解题指导	113

一、习 题	113
二、题 解	119
第六章 运算电路	133
第一节 主要内容、重点与难点	133
一、主要内容	133
二、重 点	133
三、难 点	133
第二节 学习指导	133
一、二进制加法器	133
二、数值比较器	136
三、算术逻辑单元(ALU)	137
第三节 解题指导	138
一、习 题	138
二、题 解	141
第七章 半导体存储器	145
第一节 主要内容、重点与难点	145
一、主要内容	145
二、重 点	145
三、难 点	145
第二节 学习指导	145
一、概 述	145
二、只读存储器	146
三、随机存取存储器(RAM)	148
第三节 解题指导	151
一、习 题	151
二、题 解	155
第八章 脉冲波形的产生与整形	160
第一节 主要内容、重点与难点	160
一、主要内容	160
二、重 点	160
三、难 点	160
第二节 学习指导	160
一、矩形脉冲波的主要参数	160
二、集成 555 定时器	161
三、施密特触发器	161
四、多谐振荡器	162
五、单稳态触发器	165
第三节 解题指导	168
一、习 题	168

二、题解	172
第九章 可编程逻辑器件和现场可编程门阵列器件	180
第一节 主要内容、重点与难点	180
一、主要内容	180
二、重点	180
三、难点	180
第二节 学习指导	180
一、概述	180
二、PLD 逻辑表示法	181
三、可编程逻辑阵列(PLA)	182
四、可编程阵列逻辑(PAL)	184
五、通用阵列逻辑(GAL)	184
六、现场可编程门阵列(FPGA)	186
第三节 解题指导	187
一、习题	187
二、题解	189
第十章 数/模和模/数转换	197
第一节 主要内容、重点与难点	197
一、主要内容	197
二、重点	197
三、难点	197
第二节 学习指导	197
一、数/模转换和模/数转换的基本概念	197
二、二进制电阻 DAC 的工作原理	197
三、R-2R 倒 T 型电阻网络 DAC 的工作原理	198
四、DAC 的主要技术指标	198
五、模/数转换中常用的几个基本概念	199
六、并行比较 ADC 的工作原理	199
七、反馈比较式 ADC	199
八、双积分 ADC 的工作原理	200
九、ADC 的主要技术指标	200
第三节 解题指导	201
一、习题	201
二、题解	203
第十一章 数字系统分析与设计	207
第一节 主要内容、重点与难点	207
一、主要内容	207
二、重点	207
三、难点	207
第二节 学习指导	207

一、数字系统结构及特点	207
二、寄存器传送语言	207
三、数字系统设计方法	208
四、简易计算机功能分析及框图设计	208
五、简易计算机控制器工作原理及电路设计	208
六、简易计算机各逻辑部件的设计	209
七、简易计算机工作过程分析	209
第三节 解题指导	209
一、习 题	209
二、题 解	210
第十二章 单片机的基本结构及应用	212
第一节 主要内容、重点与难点	212
一、主要内容	212
二、重 点	212
三、难 点	212
第二节 学习指导	212
一、单片机的主要功能特点	212
二、中断系统	212
三、用脉冲宽度调制输出 PWM 实现 D/A 转换	213
第三节 解题指导	213
一、习 题	213
二、题 解	214
参考文献	216

第一章 数字逻辑基础

第一节 主要内容、重点与难点

一、主要内容

- (1) 数制与码制以及数值之间的转换。
- (2) 二极管和三极管的开关特性。
- (3) 逻辑变量、逻辑函数及其表示方法以及逻辑函数形式的转换。
- (4) 高、低电平与正、负逻辑 的规定。
- (5) 基本逻辑运算与基本逻辑门, 复合逻辑运算与复合门。
- (6) 逻辑代数的基本公式、规则与常用公式。
- (7) 逻辑函数的公式化简和卡诺图化简。
- (8) 由混合逻辑图写出正逻辑表达式。

二、重 点

- (1) 十进制数转换为其他进制数。
- (2) 逻辑函数的建立以及四种表示方法之间的转换。
- (3) 逻辑函数的化简。

三、难 点

- (1) 用最少数量的逻辑门实现逻辑函数。
- (2) 具有无关项逻辑函数的化简。

第二节 学习指导

一、数制与码制以及数值之间的转换

数是用来表示物理量的多少的。物理量的多少常常需要由一些数码按照一定的进位规则排列而成的多位数来表示。多位数中每一位的组成方法和由低位向高位的进位规则称为数制。有十进制数, 二进制数, 八进制数, 十六进制数等不同进制数形式。

用于表示各种信息的数码称为代码或码组, 有时亦称码。建立代码与信息之间对应关系的过程称为编码。码制则是指编制代码的规则。不同的代码不仅可以表示数量的多少, 还可以表示不同的事物。

在数字系统和计算机中采用二值(0 和 1)代码。由于 0 和 1 也是二进制数的数字符号, 所以二值代码也称做二进制代码。

1. 四种数制

通常在数的右下脚处标 10, 2, 8, 16 或 D, B, Q, H 来分别表示十进制数、二进制数、八进制数、十六进制数。

为了对比方便, 将四种进制数例, 列于表 1-1 中。

表 1-1 四种进制数例

进制	系 数	基数	权	按 权 展 开 式
10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	10^i	$666_{10} = 6 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 6 \times 10^0$
2	0, 1	2	2^i	$11001_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ $= 25_{10}$
8	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	8	8^i	$666_8 = 6 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 6 \times 8^0 = 438_{10}$
16	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 A, B, C, D, E, F	16	16^i	$666_{16} = 6 \times 16^2 + 6 \times 16^1 + 6 \times 16^0$ $= 1638_{10}$ $2AF_{16} = 2 \times 16^2 + A \times 16^1 + F \times 16^0$ $= 2 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 15 \times 16^0$ $= 687_{10}$

2. 二进制、八进制、十六进制数转换成十进制数

将二进制数、八进制数、十六进制数写成按权展开式, 即可求出其十进制数, 实现二、八、十六进制数至十进制数的转换。

【例 1-1】 将二进制数 1101.0101_2 转换为十进制数。

【解】 $1101.0101_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$
 $= 13.3125_{10}$

【例 1-2】 将 623_8 和 $62DB_{16}$ 转换为十进制数。

【解】 $623_8 = 6 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = 384 + 16 + 3 = 403_{10}$

$62DB_{16} = 6 \times 16^3 + 2 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 11 \times 16^0 = 24576 + 512 + 208 + 11 = 25307_{10}$

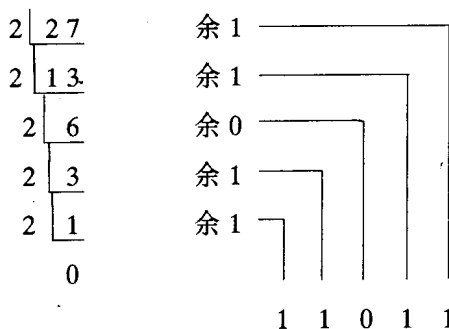
注意: 在十六进制数中 D 为 13_{10} , B 为 11_{10} 。

3. 十进制数转换成二进制数

将十进制数转换成二进制数可以采用“除 2 取余”法, 也可以采用“权值相加”法。

【例 1-3】 试用“除 2 取余”和“权值相加”法将十进制数 27 转换为二进制数。

【解】 ①除 2 取余法。对 27_{10} 逐次除 2, 直至商等于 0 为止。第一次除以 2 得的余数为二进制数最低位的数值, 最后一次除以 2 (商等于 0) 的余数为最高位的数值。



②权值相加法。由于二进制数的系数为 0 和 1, 系数为 0 的位值为 0; 系数为 1 的位值为该位的权值, 所以, 可以用“权值相加”法将十进制数转换成二进制数。

二进制数的权值	16	8	4	2	1
十进制数 27	1	1	0	1	1

二进制数

4. 十进制数转换成八、十六进制数

将十进制数转换成八进制数、十六进制数有两种方法。其一是“除 n 取余”法,即转换成八进制数除 8 取余,转换成十六进制数除 16 取余;其二是先将十进制数转换成二进制数,然后再分别转换成八进制或十六进制数。

【例 1-4】 试将 88_{10} , 304_{10} 分别转换成八进制和十六进制数。

【解】 ①除 n 取余法($n=8, 16$)。

8 88	余 0	16 304	余 0
8 11	余 3	16 19	余 3
8 1	余 1	16 1	余 1
0		0	

分别得: $88_{10} = 130_8$

$304_{10} = 130_{16}$

②先将 88_{10} , 304_{10} 转换成二进制数,然后再分别转换成八进制数和十六进制数。

二进制数权值 256 128 64 32 16 8 4 2 1

$88_{10} =$ 1 0 1 1 0 0 0

$304_{10} =$ 1 0 0 1 1 0 0 0 0

把二进制整数从最低位向高位,每三位分成一组,然后再对应写出八进制数,便得到相应的八进制数。把二进制整数从最低位向高位,每四位一组,并将对应的十六进制数连起来,便得到相应的十六进制数。

$88_{10} = 1\ 011\ 000 = 130_8$

$304_{10} = 1\ 0011\ 0000 = 130_{16}$

5. 二—十进制码(BCD)

BCD 码是用来表示十进制数的。其表现形式为二进制代码,其实质是十进制数。与二进制数有本质的区别。8421 码是 BCD 码中的一种,是一种有权码。

【例 1-5】 试写出十进制数 10_{10} 的 8421 码的形式。

【解】 10_{10} 的十位是 1,个位是 0。8421 码的 1_{10} 为 0001_{8421} ; 0_{10} 为 0000_{8421} ,故 10_{10} 的 8421 码为 00010000 ,即十位是 1,个位是 0。可写成

$10_{10} = 00010000_{8421}$

BCD 码除 8421 之外,还有余 3 码、5421 码等等。它们也可以表示十进制数。

【例 1-6】 试写出十进制数 10_{10} 的余 3 码形式。

【解】 余 3 码的 1_{10} 为 0100 ; 0_{10} 为 0011 。十进制数

$10_{10} = 01000011_{\text{余3码}}$

比较不同数制或码制的数大小时,一般都先转换成十进制数,然后再进行比较。

【例 1-7】 试比较下列数的大小: 110111_2 , 48_8 , 50_{10} , 48_{16} , 01100000_{8421} , $01100000_{\text{余3}}$ 。

【解】 题中的六个数对应的十进制数分别是:

$$110111_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 55_{10}$$

$$48_8 = 4 \times 8^1 + 8 \times 8^0 = 40_{10}$$

$$50_{10} = 50_{10}$$

$$48_{16} = 4 \times 16^1 + 8 \times 16^0 = 72_{10}$$

$$01100000_{8421} = 60_{10}$$

$$01100000_{\text{余}3} = 30_{10}$$

从而可以判断出以下六个数的大小,从小到大依次为:

$$01100000_{\text{余}3}, 48_8, 50_{10}, 110111_2, 01100000_{8421}, 48_{16}。$$

二、半导体二极管和三极管的开关特性

二极管在数字电路中作开关用时,二极管由截止变为导通所需时间很短,而由导通变为截止时,反向恢复时间 t_{re} 较大。当二极管正向电流较大,而变为截止时反向电流较小时, t_{re} 较大。反之,则 t_{re} 较小。这说明二极管的反向恢复时间不仅和二极管本身有关,还和电路有关。

三极管的开启时间 $t_{on} = t_d + t_r$, 关闭时间 $t_{off} = t_s + t_f$ 。其中存储时间 t_s 与电路关系较大。三极管饱和越深, t_s 就越大。要想减小 t_s , 除减少三极管的饱和深度外,还要加大反向电压,使三极管的反向基极电流加大,以加速基区中过剩的电荷的消散,减小存储时间 t_s 。

MOS 管是单极型器件。它的沟道形成和消失所需的时间极短。但是, MOS 管的导通电阻较大,极间又有电容存在,使得电容充、放电的时间常数较大,故 MOS 电路的工作速度一般较慢。

三、逻辑变量、逻辑函数及其表示方法以及逻辑函数形式的转换

逻辑变量:具有逻辑属性的自变量称为逻辑变量。

逻辑函数:具有逻辑属性的因变量称为逻辑函数。

在数字电路中采用二值逻辑,因此逻辑变量和逻辑函数的取值只能是 0 和 1。

逻辑函数共有四种表示方法,即真值表、函数式、逻辑图和卡诺图。这四种方法之间可以任意地互相转换。可以根据具体的使用情况选择最适当的一种方法表示所研究的逻辑函数。其中,逻辑函数的真值表和卡诺图的形式是惟一的,而表达式和逻辑图却可以有多种。

用真值表表示逻辑函数的功能最为直观。由真值表很容易写出最小项的表达式。变量取值为 0 写成反变量,变量取值为 1 写成原变量,便可得到最小项,如 ABC 取值为 000 时,最小项写成 $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$;而 ABC 取值为 001 时,则最小项写成 $\bar{A}\bar{B}C$;其余以此类推。而将逻辑函数值为 1 所对应的最小项相加得原函数,将逻辑函数为 0 所对应的最小项相加得反函数。

由真值表可以很容易画出卡诺图。卡诺图的形式必定是几何相邻与逻辑相邻相一致,以保证两个几何相邻的最小项圈在一起相加,相加的结果将消去互为反变量的因子。例如 $\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC = \bar{A}C$ 。

由真值表直接写出的最小项表达式(标准与或式)是惟一的。对其化简或变换,可以得到不同形式的表达式。根据这些不同形式的表达式,可以画出不同形式的逻辑图。

【例 1-8】 一个二输入(A, B),一输出(F)数字电路,在两个输入变量不一致时,输出为 0,而二输入变量相同时,输出为 1,试求:

①列出该电路的真值表;

②写出该电路输出 F 的最小项表达式;

③写出该电路输出 $\bar{F}$ 的最小项表达式;

④画出该电路输出 F 的卡诺图;

⑤画出用与门、或门、非门实现逻辑函数 F 的逻辑图;

⑥该电路的逻辑功能可否用一个逻辑门实现? 若可以用一个门, 该用什么门?

⑦用与非门实现该电路的逻辑功能。

【解】 ①根据题意, AB 取值为 01 和 10 时, $F=0$; 而 AB 取值为 00 和 11 时, $F=1$ 。由此列出的真值表如表 1-2 所示。

表 1-2 【例 1-8】的真值表

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

②真值表中逻辑函数 F 在 AB 取值为 00 和 11 时, $F=1$, 故

$$F = \bar{A}\bar{B} + AB$$

③将 $F=0$ 对应的两个最小项相加, 便得反函数, 即

$$\bar{F} = \bar{A}B + A\bar{B}$$

④由表 1-2 可知, F 为二输入、单输出逻辑函数, 故画一个二变量卡诺图, 如图 1-1 所示。

⑤根据 $F = \bar{A}\bar{B} + AB$ 画出的逻辑图, 如图 1-2 所示。

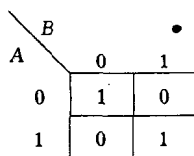


图 1-1 【例 1-8】的卡诺图

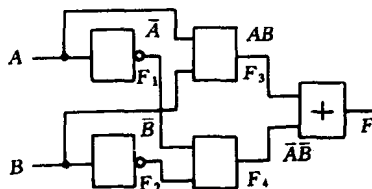


图 1-2 【例 1-8】⑤的逻辑图

⑥根据 $F = \bar{A}\bar{B} + AB = \overline{A \oplus B}$, 可断定用一个同门, 便可实现表 1-2 所示的逻辑函数。

⑦要想用与非门实现表 1-2 所示逻辑函数(可以有反变量输入), 需要将 F 的与或式变成与非—与非式。

$$F = \bar{A}\bar{B} + AB = \overline{\overline{\bar{A}\bar{B} + AB}} = \overline{\overline{\bar{A}\bar{B}} \cdot \overline{AB}} = \overline{\bar{A}\bar{B} \cdot AB}$$

根据 F 的与非—与非式, 画出逻辑图如图 1-3 所示。

逻辑函数表达式有多种形式, 它们都可以从与或式转换得来。逻辑函数表达式的形式有:

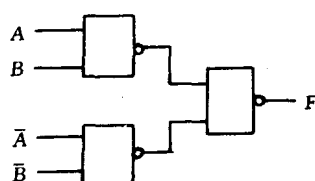


图 1-3 【例 1-8】⑦的逻辑图

$$F = AB + BC + AC$$

与或表达式

$$F = (AB + BC) + AC$$

$$= (AB + BC + A)(AB + BC + C)$$

$$= (A + B)(A + C)(A + C)(B + C)$$

$$= (A + B)(B + C)(C + A)$$

或与表达式

$$F = \overline{\overline{AB + BC + AC}}$$

$$= \overline{\bar{A}\bar{B} \cdot \bar{B}\bar{C} \cdot \bar{A}\bar{C}}$$

与非与非表达式

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

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

或非或非表达式

$$F = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{C} \cdot \bar{A}}$$

与或非表达式

在逻辑函数表达式中,只有最小项表达式才是惟一的。它和真值表,卡诺图有一一对应的关系。

四、高、低电平与正、负逻辑的规定

数字电路用来实现二值逻辑,其值为 0 和 1。其输出电压有高、低之分。这里的高、低电平不是指某一个具体电压值,而是一个电压范围。通常,高电平不能低于高电平的下限值,低电平不能高于低电平的上限值。高、低电平是相对的,0V 对 +3V 为低电平,而 0V 对 -3V 则为高电平。数字电路输出的高、低电平与二值逻辑的逻辑值相对应,就有了正、负逻辑之分。高电平用逻辑 1 表示,低电平用逻辑 0 表示为正逻辑;而高电平用逻辑 0 表示,低电平用逻辑 1 表示,则为负逻辑。

数字电路的输出高、低电平与输入高、低电平对应关系是一定的。教材图 2-1(a)输入、输出间的电位关系如表 1-3 所示。其功能表是惟一的。若采用正逻辑,可得表 1-4 所示的真值表;而采用负逻辑,则可得表 1-5 所示的真值表。

表 1-3 教材图 2-1 电压关系

A	B	F
H	H	H
H	L	L
L	H	L
L	L	L

表 1-4 表 1-3 的正逻辑真值表

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

表 1-5 表 1-3 的负逻辑真值表

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

表 1-4 所示真值表为正逻辑与的真值表,表 1-5 所示真值表为负逻辑或的真值表。可见正逻辑与和负逻辑或的功能是一样的。负逻辑门的符号是在正逻辑门的符号基础上得到的。只是在正逻辑符号的输入和输出都加上小圆圈,实现非的功能,两个小圆圈即非两次,从而被去掉(正、负逻辑门符号见教材图 1-24)。由负逻辑或门,按小圆圈为非,可写出

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

对 F 变换,可得

$$F = AB$$

说明负逻辑或和正逻辑与的功能是一样的。

五、基本逻辑运算与基本逻辑门,复合逻辑运算与复合门

基本逻辑运算有与、或、非三种。实现这三种基本逻辑运算的电路称为基本逻辑门(与门、或门和非门)。由与、或、非三种基本逻辑运算,可以复合成与非、或非、与或非、异或、同(异或非)等复合运算。实现上述逻辑运算的逻辑门,分别为与非门、或非门、与或非门、异或门、同门。其逻辑符号及功能等见表 1-6 所示。

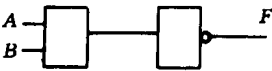
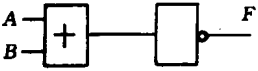
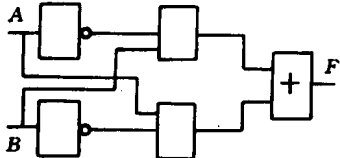
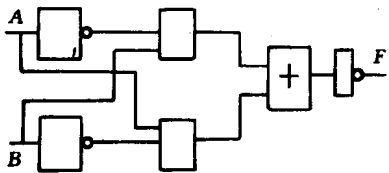
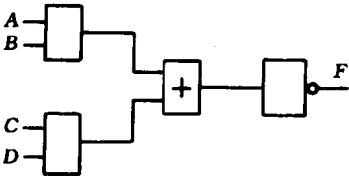
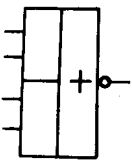
由表 1-6 很容易得出与非、或非、异或、同、与或非五种复合逻辑运算的真值表,如表 1-7,表 1-8,表 1-9,表 1-10,表 1-11 所示。

逻辑门是构成数字电路的最基本单元电路。要学好本门课程,必须熟记逻辑门的符号、表达式及功能说明。

逻辑运算不同于算术运算。二值逻辑的逻辑值为 0 和 1,与二进制数的数字符号 0 和 1 相同,但其含义不同。做逻辑运算时,1+1=1;而做二进制加法运算时,1+1=10₂。

表 1-6

复合逻辑运算及复合门

运算类型	逻辑表达式	与、或、非门组成的电路	逻辑符号	功能说明
与非	$F = \overline{AB}$			有 0 为 1 全 1 为 0
或非	$F = \overline{A+B}$			有 1 为 0 全 0 为 1
异或	$F = A\overline{B} + \overline{A}B$ $= A \oplus B$			不同为 1 相同为 0
同	$F = \overline{A\overline{B} + \overline{A}B}$ $= AB + \overline{A}\overline{B}$ $= A \odot B$			相同为 1 不同为 0
与或非	$F = \overline{AB + CD}$			一组全 1 为 0 每组有 0 为 1

注：①运算顺序为先与后或；

②⊕读作异或，为异或运算符号；

③⊙读作同(异或非)，为同运算(异或非运算)符号；

④逻辑符号参看教材表 2-6。

表 1-7 与非真值表

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

表 1-8 或非真值表

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

表 1-9 异或真值表

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

表 1-10 同真值表

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

表 1-11 与或非真值表

A	B	C	D	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

注意:异或门、同门只有两个输入端,而其他逻辑门(非门除外)可以有更多的输入端。

【例 1-9】 试画出图 1-4 中各门电路的输出波形,输入端 A, B 的波形已在图中给出。

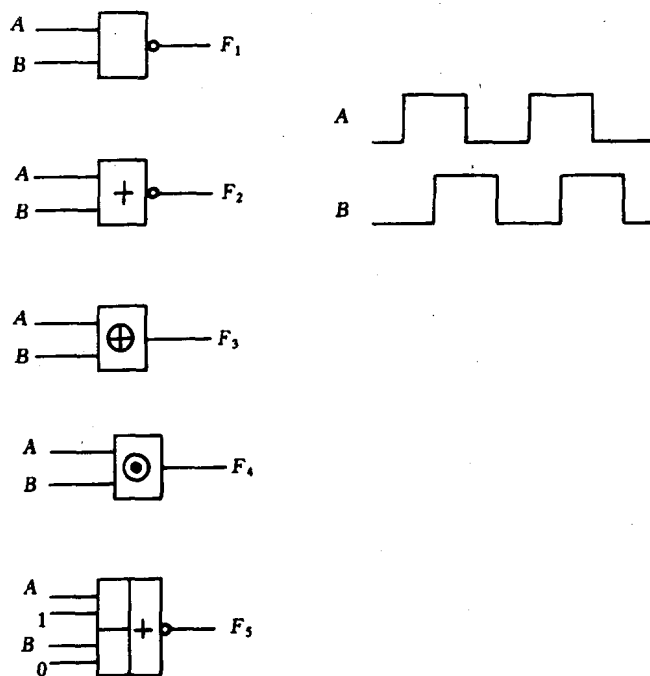


图 1-4 【例 1-9】的门电路和输入波形