

21世纪高职高专规划教材

电子信息基础系列

数字电路基础与实践

薛继霜 宋欣 主编



清华大学出版社

21世纪高职高专规划教材

电子信息基础系列

数字电路基础与实践



薛继霜 宋欣 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容主要包括逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器及其应用、时序逻辑电路、脉冲信号的产生及波形变换、数/模转换器和模/数转换器、半导体存储器与可编程逻辑器件、数字电路的设计。本书注重应用实践和基本技能的训练,加强了可编程逻辑器件以及开发软件的应用、VHDL的介绍与应用,以及综合性实训项目的设计与开发。

本书适用于高职院校电子技术、信息工程、自动控制、通信、机电一体化等各类专业使用,也可作为中等专业学校师生、工程技术人员的自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字电路基础与实践/薛继霜,宋欣主编.—北京:清华大学出版社,2013.2

(21世纪高职高专规划教材.电子信息基础系列)

ISBN 978-7-302-31134-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 319476 号

责任编辑:刘翰鹏

封面设计:刘艳芝

责任校对:李梅

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>,010-62795764

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.75 字 数:361千字

版 次:2013年2月第1版 印 次:2013年4月第2次印刷

印 数:201~1700

定 价:35.00元

产品编号:043481-01

前 言

本书是为满足当前数字电子技术发展以及当前高职院校教学改革的需要而编写。

本书在编写过程中,注重以下四点。

(1) 所选内容力求符合当前高等职业院校数字电子课程理论与实践教学的需要,内容涉及逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器及其应用、时序逻辑电路、脉冲信号的产生及波形变换、数/模转换器和模/数转换器、半导体存储器与可编程逻辑器件、数字电路的设计。

(2) 内容安排上,特别注重应用实践和基本技能的训练,在阐述理论知识的基础上,添加了技能拓展、思考练习、项目训练部分,层层递进,在巩固理论知识的同时,增强学生实践认识以及动手能力。

(3) 本书还依据相关电子企业的需要,加强了可编程逻辑器件以及开发软件的应用、VHDL 的介绍与应用,以及综合性实训项目的设计与开发,从而提高学生对数字电路实践应用的认识。

(4) 本书每个技能训练都可符合独立知识技能要求,每个技能训练之间层层递进,前一个项目是后一个项目的基础,力求体现实用性、可操作性等特点,呈现方式上力求图文并茂,文字叙述力求科学、规范、正确。

本书可用于高职院校电子技术、信息工程、自动控制、通信、机电一体化等各类专业使用,也可供中等专业学校师生、工程技术人员自学参考。

本书由天津职业大学薛继霜和宋欣主编,其中技能训练部分由宋欣编写,其余部分由薛继霜编写。全书由薛继霜编写大纲、统稿、定稿。此外,天津德力电子仪器有限公司张敬坡、郑玉宝、张艳辉等工程师在资料收集、技术指导等方面给予了大力支持与帮助,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请各位专家老师批评指正,以促进我们不断完善、提高,再次表示由衷的感谢!

编 者

2012年9月

目 录

第 1 章 数字电路基础	1
1.1 数字电路概述	1
1.1.1 数字信号和数字电路.....	1
1.1.2 数字电路的特点及应用.....	1
1.2 数制和码制	2
1.2.1 数制的表示方法.....	2
1.2.2 几种数制之间的相互转换.....	3
1.2.3 码制.....	4
1.3 逻辑代数的运算	5
1.3.1 逻辑代数的三种基本逻辑运算.....	5
1.3.2 逻辑代数的复合逻辑运算.....	7
1.3.3 逻辑代数的公式及定律	10
1.4 逻辑函数.....	11
1.4.1 逻辑函数的表示方法及标准形式	11
1.4.2 逻辑函数的最简形式	15
1.4.3 逻辑函数的公式化简法	15
1.4.4 逻辑函数的卡诺图化简法	16
1.5 集成逻辑门电路.....	19
1.5.1 晶体管逻辑门电路	20
1.5.2 TTL 逻辑门电路	21
1.5.3 CMOS 逻辑门电路	23
本章小结	24
拓展及应用	24
思考与练习	24
技能训练导论	26
技能训练 1 基本逻辑门电路认识及功能测试	29
技能训练 2 交通灯故障报警电路的制作与调试	33

第 2 章 组合逻辑电路的设计	35
2.1 组合逻辑电路的分析与设计方法	35
2.1.1 组合逻辑电路的分析	35
2.1.2 组合逻辑电路的设计	37
2.2 编码器	39
2.2.1 编码器的工作原理	39
2.2.2 优先编码器	41
2.3 译码器	42
2.3.1 二进制译码器	42
2.3.2 二十进制译码器	43
2.3.3 显示译码器	44
2.4 数据选择器	46
2.5 加法器	48
2.6 数值比较器	50
本章小结	50
拓展及应用	51
思考与练习	51
技能训练 3 设计实现显示译码电路	53
第 3 章 触发器的设计与应用	58
3.1 RS 触发器	58
3.1.1 基本 RS 触发器	58
3.1.2 同步 RS 触发器	60
3.1.3 主从 RS 触发器	62
3.2 JK 触发器	63
3.2.1 同步 JK 触发器	63
3.2.2 主从 JK 触发器	65
3.2.3 边沿 JK 触发器	65
3.3 D 触发器	66
3.3.1 同步 D 触发器	66
3.3.2 边沿 D 触发器	67
3.4 T 触发器	68
3.5 触发器的逻辑功能	68
3.5.1 触发器的分类	68
3.5.2 触发器功能的转换	69
本章小结	71

拓展及应用	72
思考与练习	72
技能训练 4 触发器逻辑功能测试	73
技能训练 5 抢答器电路的设计与制作	76
第 4 章 时序逻辑电路的设计	79
4.1 时序逻辑电路的分析与设计	79
4.1.1 时序逻辑电路的分析	80
4.1.2 时序逻辑电路的设计	83
4.2 计数器	85
4.2.1 异步计数器	86
4.2.2 同步计数器	88
4.2.3 集成计数器	89
4.3 寄存器	92
4.3.1 移位寄存器	92
4.3.2 集成移位寄存器	92
本章小结	93
拓展及应用	94
思考与练习	94
技能训练 6 用集成计数器构成任意进制计数器	95
第 5 章 脉冲信号的产生及波形变换	103
5.1 集成 555 定时器	103
5.1.1 集成 555 定时器的分类	103
5.1.2 集成 555 定时器的组成与功能	104
5.2 集成 555 定时器的应用	105
5.2.1 单稳态触发器	105
5.2.2 多谐振荡器	107
5.2.3 施密特触发器	110
本章小结	113
拓展及应用	114
思考与练习	114
技能训练 7 秒脉冲信号电路制作与调试	116
第 6 章 数/模和模/数转换器	118
6.1 数/模转换器(DAC)	119
6.1.1 数/模转换器的工作原理	120

6.1.2 集成 DAC	124
6.2 模/数转换器(ADC)	125
6.2.1 ADC 的工作原理	125
6.2.2 集成 ADC	130
本章小结	131
拓展及应用	131
思考与练习	131
技能训练 8 D/A 和 A/D 转换器的使用	132
第 7 章 半导体存储器与可编程逻辑器件	138
7.1 只读存储器(ROM)	139
7.2 随机存储器(RAM)	150
7.3 可编程逻辑器件	157
7.3.1 FPGA	158
7.3.2 MAX+plus II 开发软件	159
7.4 硬件描述语言 VHDL	167
7.4.1 VHDL 概述	167
7.4.2 VHDL 基本结构	168
7.4.3 库、包和配置	172
7.4.4 VHDL 中使用的数据类型和运算操作	175
7.4.5 VHDL 中的数据类型	176
7.4.6 VHDL 语言的运算操作符	179
7.4.7 VHDL 语言构造体的描述方式	181
7.4.8 VHDL 语言的主要描述语句	183
7.4.9 基本逻辑电路设计	190
本章小结	197
思考与练习	198
第 8 章 数字电子系统的设计与开发	199
8.1 数字电子系统设计的方法和步骤	199
8.1.1 数字系统的类型	199
8.1.2 数字系统的设计方法	200
8.1.3 数字系统的设计步骤	200
8.2 数字电子系统的调试	201
8.3 数字电子系统的设计实例	202
8.3.1 计数译码显示器的制作与调试	202
8.3.2 整点报时器的制作与调试	206

8.3.3 数字计时器的制作与调试·····	210
8.3.4 流水彩灯的制作与调试·····	213
本章小结·····	216
附录 1 常见数字集成电路的型号、功能及引脚图 ·····	217
附录 2 常见测试仪器使用说明 ·····	225
附录 3 简要答案 ·····	231
参考文献 ·····	243

数字电路基础

单元技能目标

- (1) 能识别常见数字集成电路的类型。
- (2) 会用门电路实现简单逻辑电路。
- (3) 能设计制作交通灯故障报警电路。

单元知识目标

- (1) 掌握数字电路的特点,数制及其相互转换,数码的概念。
- (2) 熟悉基本逻辑门和组合逻辑门的概念、表示方法。
- (3) 了解 TTL、CMOS 集成与非门、OC 门、三态门、传输门等逻辑电路简介。
- (4) 掌握逻辑函数的表示方法。
- (5) 掌握逻辑运算的基本规则及逻辑函数的化简。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号和数字电路

电子电路中信号可分为两类:一类是模拟信号,其特点是它的电压或电流的幅度随时间连续变化,如温度、速度、压力、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号,模拟语音的音频信号和模拟图像的视频信号等。如图 1-1(a)为模拟信号波形。用于传送、加工和处理模拟信号的电路称为模拟电路,如放大器、滤波器、信号发生器等;另一类是数字信号,其特点是它的电压或电流在幅度上和时间上都是离散的、突变的信号,即常称的离散信号,如图 1-1(b)为数字信号波形。数字电路是处理数字信号的电路,所谓处理是指数字信号的产生、整形、变换、传送、逻辑运算、控制、计数、寄存、显示等。如数字电子钟、数字万用表等都是由数字电路组成的。

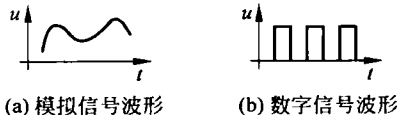


图 1-1 模拟信号和数字信号波形

1.1.2 数字电路的特点及应用

1. 数字电路的特点

近 20 年来,数字电子技术发展迅速,尤其是随着中、大规模和超大规模集成电路的飞

速发展,在许多场合,传统的模拟电子系统已逐渐被性能优越的数字电子系统所代替。与模拟电路相比,数字电路主要有以下特点。

(1) 数字电路采用二进制,结构简单。数字电路的输入/输出只有两个状态,即高电平和低电平状态,因而可以用二进制的“1”和“0”两个数码来表示电路的这两种状态。因此,数字电路的基本单元电路较简单,对元器件精度要求不高,便于集成化。

(2) 抗干扰能力强。由于数字信号是用0或1两个状态来表示的,它不易受到外界信号的干扰,因此,它的抗干扰能力很强。

(3) 保密性好。数字信号比较容易进行加密处理,这使信息资源不易被窃取。

(4) 处理功能强。数字电路不仅能完成数值运算,而且还能进行逻辑判断和运算。因此,数字电路又被称为数字逻辑电路。

2. 数字电路的应用

现代社会中,数字电路有着广泛的应用。数字电子计算机、数字式仪表、数字控制装置、工业逻辑系统等现代电子控制设备都是以数字电路为基础的。分析设计数字电路的基础是逻辑代数和基本逻辑电路的功能和特性,数字电路的输入、输出是用逻辑函数描述的逻辑关系,逻辑函数的化简是数字电路分析和设计的基础。

如图 1-2 所示为用来测量周期信号频率的数字频率计的逻辑框图,测量结果用十进制数字显示出来。被测信号一般是模拟信号,所以首先要将被测信号放大并整形,使被测信号变换为频率和它相同的矩形脉冲信号。为了测量频率,需要有时间,以秒(s)为单位,把 1s 内通过的脉冲个数记录下来,得出被测信号频率。这个时间标准由秒脉冲发生器产生,它是一个宽度为 1s 的矩形脉冲,称为秒脉冲。用秒脉冲去控制门电路,把门打开 1s。在这段时间内,来自整形电路的矩形脉冲可以通过门电路进入计数器。计数器累计的脉冲个数就是被测信号 1s 内重复的次数,即被测信号的频率。最后通过数字显示电路和显示器将测量结果直接显示出来。

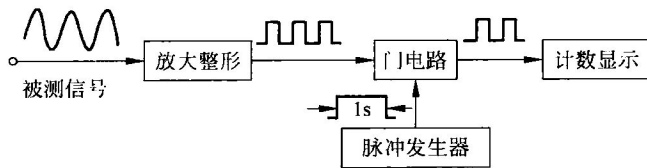


图 1-2 数字频率计逻辑框图

1.2 数制和码制

1.2.1 数制的表示方法

所谓数制就是记数的方法,在生产实践中人们通常采用位置记数法,即将表示数字的数码从左至右排列起来。用符号所组成数的体制就是数制,常用的有十进制、二进制和十六进制等,是进位计数制的简称。

1. 十进制

十进制是日常生活和工作中最常使用的进位计数制。其主要特点是采用 0~9 共 10 个符号表示,基数为 10,第 i 位的权重为 10^i ,它的进位规律是“逢十进一,借一当十”。如十进制数 352.6 按权重展开的形式如下:

$$(352.6)_{10} = (352.6)_D = 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1}$$

上式的十进制数中各位的权都是 10 的幂,某位数码(如 3)与该位权(10^2)的乘积,称为加权系数(3×10^2),所以,十进制的数值实际上就是各位加权系数的和。

2. 二进制

在数字电路中应用最广的是二进制。其主要特点是每一位状态采用“0”和“1”两个数字符号来表示,它的进位规律是“逢二进一”。如:

$$(101.11)_2 = (101.11)_B = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.75)_{10}$$

和十进制相似,二进制是以 2 为基数的计数体制,各位的权都是 2 的幂。(101.11)₂ 中的二进制数,各位的权依次为 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 。

3. 八进制

采用 0~7 共 8 个符号来表示,它的进位规律是“逢八进一,借一当八”。因此,八进制数是以 8 为基数的计数体制,在不同数位上的数码其值是不同的,如八进制数 285.3 可表示为

$$(285.3)_8 = (285.3)_O = 2 \times 8^2 + 8 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} = (197.375)_{10}$$

4. 十六进制等

与上述的十进制类似,十六进制的数码除了 0~9 这 10 个数之外,还增加了 A、B、C、D、E、F,分别与 10、11、12、13、14、15 相对应,各位的权为 16 的幂。如:

$$(5E8)_{16} = (5E8)_{H} = 5 \times 16^2 + E \times 16^1 + 8 \times 16^0 = (1512)_{10}$$

1.2.2 几种数制之间的相互转换

(1) 二进制数转换成十进制数:将二进制数按位权展开,并把各位的加权系数求和即可。

【例 1-1】 $(11.1)_2 = (?)_{10}$

解: $(11.1)_2 = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = (3.5)_{10}$

(2) 十进制数转换成二进制数:转换方法是首先把整数和小数分开后分别转换,然后再合并。例如把 $(14.6875)_{10}$ 转换成二进制数时,先把 $(14)_{10}$ 转换成二进制数,再把 $(0.6875)_{10}$ 转换成二进制数。

整数部分的转换方法:“除 2 取余,倒序排列”,即用 2 不断地去除要转换的十进制数,直到商为 0 为止。然后把全部余数按相反的次序排列起来,即得到所转换的二进制数。

【例 1-2】 $(14)_{10} = (?)_2$

解:	2 14 余0	k_0
	2 7 余1	k_1
	2 3 余1	k_2
	2 1 余1	k_3
	0		

$$(14)_{10} = (k_3 k_2 k_1 k_0)_2 = (1110)_2$$

小数部分转换成二进制数：转换方法是“乘 2 取整，顺序排列”，即用 2 不断地去乘要转换的十进制数，直到满足所要求的精度或小数部分是 0 为止。然后，把整数按顺序排列，即得到所转换的二进制数。

【例 1-3】 $(0.6875)_{10} = (?)_2$

解：整数 0.6875
 × 2

 1.3750
 1 0.3750
 × 2

 0.750
 0 0.750
 × 2

 1.50
 1 0.50
 × 2

 1.0
 1 1.0

即： $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$

(3) 二进制数转换成十六进制数：由于十六进制数的基数 $16 = 2^4$ ，故二进制数转换成十六进制数时，其整数/小数部分从小数点开始，向左/向右每 4 位一组，不足补零，每组对应转换为 1 位十六进制数。

【例 1-4】 $(1101011111.0110111)_2 = (?)_{16}$

解：整数部分 $(1101011111)_2 \rightarrow (0110, 1011, 1111) \rightarrow (6, B, F)_{16}$

小数部分 $(.0110111)_2 \rightarrow (0110, 1110) \rightarrow (6, E)_{16}$

所以 $(1101011111.0110111)_2 = (6BF.6E)_{16}$

(4) 十六进制数转换成二进制数：不论小数或整数，只需用 4 位二进制数代替每一位相应的十六进制数即可。

【例 1-5】 $(5AE7)_{16} = (?)_2$

解： 5 A E 7
 0101 1010 1110 0111

即： $(5AE7)_{16} = (0101101011100111)_2$

1.2.3 码制

码制是指用 0 和 1 的不同组合来编码的体制。码只是一个代号，是人们预先赋予它的某种特定的含义，不是“数”。例如某足球队守门员的代号为 0001 号，前锋代号为 0010 号，后卫代号为 0011 号，也可以把它看做是一个“数”，即把守门员称作 1 号运动员，前锋称作 2 号运动员，后卫称作 3 号运动员。当出现各种代码和十进制数之间的对应关系时，可以把代码对应的十进制数理解成代码的编号。这里介绍几种常见的代码。

(1) 二进制码。在数字系统中，任何数据的信息都是用 0 和 1 组成的代码来表示的，

将若干个二进制数码 0 和 1 按一定的规则排列起来表示某个特定含义的代码,称为二进制码。自然二进制码在形式上和二进制数完全一样,因此完全可当做二进制数看待。

(2) 8421BCD 码。由 4 个 0、1 的不同组合而构成,且和一位十进制数相对应的码称为 8421BCD 码。其对应关系就是按 8421 权重展开得到的十进制数。

例如: $(0011)_{8421\text{BCD码}} \Rightarrow (3)_{10}$

(3) 余 3 码。余 3 码也是用 4 个 0、1 组合而成的码,且和一位十进制数相对应。码和一位十进制数的对应关系是把码按 8421 权重展开所得到的十进制数减 3。

例如: $(0011)_{\text{余3码}} \Rightarrow (0)_{10}$

(4) 格雷码。格雷码是控制中常用的可靠性编码,其特点是每相邻的两个码之间只有一位码有差异。

为便于对照和进一步加深上述各种代码和十进制数的对应关系,给出上述几种代码和十进制数对应关系列表,如表 1-1 所示。

表 1-1 常见代码与十进制数对应关系

十进制数	二进制码	8421BCD 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0111	0110
5	0101	0101	1000	0111
6	0110	0110	1001	0101
7	0111	0111	1010	0100
8	1000	1000	1011	1100
9	1001	1001	1100	1101
10	1010	00010000	01000011	1111
15	1111	00010101	01001000	1000

1.3 逻辑代数的运算

在日常生活中常常会遇到许多对立的事物,如信号的有无、开关的闭合与断开以及事情的真与假、对与错等,这类只有两种可能取值的关系,在逻辑代数中往往采用仅有两个取值的变量,如逻辑 0 和逻辑 1 来描述,这种二值变量称为逻辑变量。逻辑电路就是用来描述这种逻辑关系的电路。

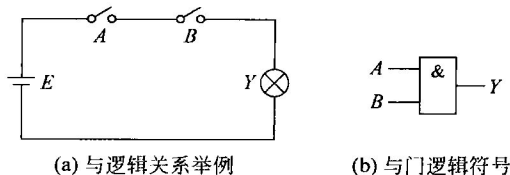
用 0 表示低电平,用 1 表示高电平,这是正逻辑关系;用 1 表示低电平,用 0 表示高电平,是负逻辑关系。如果不加说明,通常采用的是正逻辑关系。

1.3.1 逻辑代数的三种基本逻辑运算

在数字电路中,常用简单的逻辑关系来描述复杂的逻辑电路。最基本的逻辑关系有 3 种:与逻辑、或逻辑和非逻辑,而实现这三种基本逻辑运算的电路分别为与门、或门和非门。

1. 与逻辑

所谓与逻辑是指决定一个逻辑事件发生的几个条件都满足时,这个事件才发生,否则就不发生。如图 1-3(a)所示,图中开关 A 和 B 是决定逻辑事件灯 Y 亮还是不亮的两个条件,只有当 A 、 B 都合上时,灯 Y 才会亮,否则灯 Y 就不亮。如表 1-2 所示,为与逻辑功能表。实现与逻辑的电路称为与门,与门的逻辑符号如图 1-3(b)所示。



(a) 与逻辑关系举例

(b) 与门逻辑符号

图 1-3 与逻辑关系举例及其逻辑符号

如图 1-3 所示,用逻辑变量 A 、 B 表示电路中的两个开关,用 1 表示闭合,用 0 表示断开;用逻辑函数 Y 表示灯的状态,用 1 表示灯亮,用 0 表示灯灭。则输出 Y 和输入 A 、 B 间的逻辑关系可用表 1-3 的真值表来表示。

表 1-2 与逻辑功能表

A	B	Y
断开	断开	灭
断开	闭合	灭
闭合	断开	灭
闭合	闭合	亮

表 1-3 与门真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

从表中看出,只有当输入 A 、 B 都为 1 时,输出才为 1,其他各种输入状态,输出均为 0,这是“与”逻辑的关系。其逻辑表达式可表示为

$$Y = A \cdot B \quad (1-1)$$

上式中“ \cdot ”表示逻辑乘的运算符号,读作“与”或“逻辑乘”。与逻辑可推广到多输入变量,一般形式为

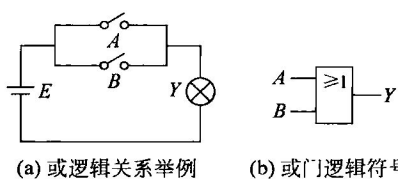
$$Y = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdots$$

有时“ \cdot ”可以省去,即也可简写为

$$Y = ABCD \cdots$$

2. 或逻辑

所谓或逻辑是指决定一个逻辑事件发生的几个条件,只要有任何一个条件满足,这个事件就发生,只有所有条件都不满足时,这个逻辑事件才不会发生的一种因果关系。如图 1-4(a)所示,其中开关 A 、 B 是决定逻辑事件灯 Y 亮还是不亮的两个条件。只要 A 、 B 中有一个合上,灯 Y 就亮,只有 A 、 B 都断开时,灯 Y 才灭。表 1-4 为或逻辑功能表。



(a) 或逻辑关系举例

(b) 或门逻辑符号

图 1-4 或逻辑关系举例及其逻辑符号

图 1-4(b)为或门的逻辑符号。或门的真值表如表 1-5 所示,其逻辑表达式为

$$Y = A + B \quad (1-2)$$

表 1-4 或逻辑功能表

A	B	Y
断开	断开	灭
断开	闭合	亮
闭合	断开	亮
闭合	闭合	亮

表 1-5 或门真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

式中“+”读作“或”,也可读作“逻辑加”。与逻辑可推广到多输入变量,一般形式为

$$Y = A + B + C + D + \dots$$

3. 非逻辑

非逻辑是指逻辑事件的条件满足了,逻辑事件就不发生,而条件不满足时,逻辑事件反而发生的因果关系。图 1-5(a)是一个非逻辑事件的举例,其中开关 A 是决定非逻辑事件的条件,当 A 合上时,灯 L 不亮,当 A 断开时,灯 L 就亮,表 1-6 是非逻辑功能表。

图 1-5(b)为非门的逻辑符号。非门的输入与输出之间的关系如表 1-7 所示,其逻辑表达式为

$$Y = \bar{A} \quad (1-3)$$

表 1-6 非逻辑功能表

A	Y
断开	亮
闭合	灭

表 1-7 逻辑真值表

A	Y
0	1
1	0

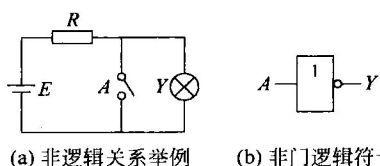


图 1-5 非逻辑关系举例及其逻辑符号

式(1-3)中符号“ $\bar{\quad}$ ”读作“非”。逻辑符号中小圆圈“ \circ ”表示非运算,“1”表示缓冲。

1.3.2 逻辑代数的复合逻辑运算

在数字电路中,除了基本的逻辑运算以外,将与、或、非三种基本逻辑门电路进行组合就可以构成复合逻辑门电路。最常用的复合门电路有与非、或非、与或非、异或、同或等。

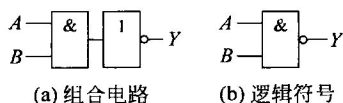


图 1-6 与非门组合电路及逻辑符号

1. 与非门

与非门是实现先“与”后“非”的数字单元电路,与非门的逻辑函数表达式为

$$Y = \overline{AB} \quad (1-4)$$

图 1-6(a)是先与后非的组合电路,图 1-6(b)是与非门逻辑符号。表 1-8 是与非门的真值表。

表 1-8 与非门真值表

A	B	Y	A	B	Y
0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0

由表可见,只有所有输入逻辑变量同时为 1 时,输出才为 0。可推广到多变量,一般形式为

$$Y = \overline{ABCD\dots}$$

2. 或非门

或非门是实现先“或”后“非”的数字单元电路,或非门的逻辑函数表达式为

$$Y = \overline{A + B} \quad (1-5)$$

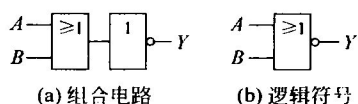


图 1-7(a)是先或后非的组合电路,图 1-7(b)是或非门的逻辑符号。

表 1-9 是或非门的真值表。由表可见,只有所有输入逻辑变量同时为 0 时,输出才为 1。可推广到多变量,一般形式为

$$Y = \overline{A + B + C + D + \dots}$$

表 1-9 或非门真值表

A	B	Y	A	B	Y
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0

3. 与或非门

与或非门是实现先“与”后“或”再“非”的数字单元电路,与或非门的逻辑函数表达式为

$$Y = \overline{AB + CD} \quad (1-6)$$

图 1-8(a)是先与后或非再非的组合电路,图 1-8(b)是与或非门的逻辑符号。表 1-10 是与或非门的真值表。

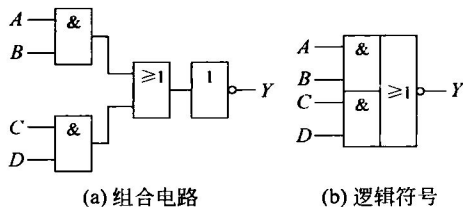


图 1-8 与或非门组合电路及逻辑符号

4. 异或门

异或门是实现异或运算的数字单元电路,所谓异或运算是指在只有两个输入变量 A、