

数字电子技术 及其应用



韩 伟 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

数字电子技术及其应用

韩伟 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术及其应用/韩伟编著. —北京:国防工业出版社, 2005.9

ISBN 7-118-04106-8

I. 数... II. 韩... III. 数字电路—电子技术
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091648 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15¼ 350 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

在电子技术飞速发展的今天,数字电路以其传输速度快、效率高、设计简便,广泛应用在现代工业、国防、科技和民用等各个领域,是电子行业超前发展的一门学科。

本书综合了当前数字电路发展的最相关、最主要的内容,以基本知识、基本技能和相应的基础理论为主,吸取了众多教材、读物之长,突出重点、详尽易懂,深入浅出,注重内容结构的合理性、题材的创新性和教育内容的科学性、系统性。在面向 21 世纪的教学、科研上,注重发展和使用,在内容编写上多有可直接应用的实例,有详细易懂的解题思路,采用了实际电路的设计常识、常规和次序。在注重实效的情况下,为巩固课程的提高和实践能力,加深学习内容的印象,配有一定量的习题,对于学习数字电路知识和设计数字电路的读者,会有很好的帮助和使用价值。

本书共为 9 章:第 1 章讲述数制的构成、数字电路主要应用的数制和数制的转换、运算;第 2 章以公式、符号和表的形式讲述了逻辑门电路及逻辑代数基本常用公式和基本解法;第 3 章门电路主要讲述逻辑门电路的内部结构及类别;第 4 章讲述组合逻辑电路的几种形式及设计方法,主要以中规模集成电路为主,可使学生基本掌握组合逻辑电路的设计和运用;第 5 章讲述时序逻辑电路的基本结构触发器的性能和类别;第 6 章讲述时序逻辑电路的功能及设计方法;第 7 章把施密特触发器及单片机 555 定时器所组成的几种触发器等,作为特性触发器来讲述,以突出其应用实效的特点;第 8 章主要讲述 ROM 和 RAM 存储器的阵列结构及可编程阵列逻辑 PLD 电路,可编程阵列是数字逻辑器件中发展较快较实用的部分,此章节可使读者掌握基本的设计原理和内容;第 9 章讲述数模 D/A 和模数 A/D 转换电路的几种类型。

本书力求做到内容丰富、选材得当、题目典型突出、通俗易懂。本书可作为高等院校理工、电类专业学生的教学教材和对数字电子技术感兴趣的非电类专业学生学习和选修用的教材,也可作为考研究生的学生复习考试用的参考书,以及工程技术人员的专业书籍。

限于编著水平,书中难免有错漏和不妥之处,敬请读者指正。

编著者

2005.3.5

目 录

概述	1
----	---

第1章 数字电路基础

1.1 数的概念	2
1.2 数制	2
1.3 数的转换	3
1.4 二—十进制代码	4
1.5 算术运算	5
习题	5

第2章 逻辑代数

2.1 逻辑运算	7
2.1.1 逻辑与	7
2.1.2 逻辑或	7
2.1.3 逻辑非	8
2.2 复合逻辑运算	8
2.2.1 与非逻辑	8
2.2.2 或非逻辑	9
2.2.3 与或非逻辑	9
2.2.4 同或逻辑	9
2.2.5 异或逻辑	9
2.3 逻辑代数的基本公式和常用公式	10
2.4 逻辑函数的简化	11
2.4.1 公式法	11
2.4.2 图解法	12
习题	15

第3章 门电路

3.1 半导体二极管和三极管的开关特性	19
3.1.1 二极管的开关特性	19
3.1.2 三极管的开关特性	19
3.2 二极管和三极管门电路	20

3.2.1	二极管与门电路	20
3.2.2	二极管或门电路	21
3.2.3	三极管非门电路	22
3.2.4	与非门电路	22
3.2.5	或非门电路	23
3.2.6	与或非门电路	24
3.2.7	异或门电路	24
3.2.8	同或门电路	24
3.3	TTL 门电路	27
3.3.1	TTL 与非门电路	27
3.3.2	TTL 与非门电路特性	28
3.3.3	TTL 或非门电路	30
3.3.4	TTL 与或非门电路	31
3.3.5	三态输出门电路	31
3.3.6	TTL 其他系列门电路	33
3.3.7	集电极开路的 TTL 与非门(OC 门)电路	33
3.4	CMOS 门电路	36
3.4.1	CMOS 与非门电路	36
3.4.2	CMOS 或非门电路	37
3.4.3	CMOS 传输门电路	37
3.5	TTL 门电路与 CMOS 门电路的接口	39
3.5.1	用 TTL 电路驱动 CMOS 电路	40
3.5.2	用 CMOS 电路驱动 TTL 电路	41
	习题	43

第 4 章 组合逻辑电路

4.1	组合逻辑电路的分析	51
4.2	组合逻辑电路的设计方法	52
4.3	编码器	53
4.3.1	74LS148 型 8 线—3 线制优先码	53
4.3.2	编码器的功能拓展	55
4.4	译码器	57
4.4.1	74LS139 型 2 线—4 线译码器	57
4.4.2	七段数字显示器	58
4.5	数据选择器	63
4.5.1	基本数据选择器	63
4.5.2	数据选择器的拓展	63
4.6	数值比较器	66
4.6.1	1 位数值比较器	66

4.6.2 多位数值比较器	66
4.6.3 比较器集成电路	67
4.7 加法器	69
习题	74

第5章 触发器

5.1 R—S 触发器	82
5.2 同步 R—S 触发器	84
5.3 D 触发器	85
5.4 J—K 触发器	86
5.5 T 触发器	86
5.6 主从触发器	87
5.6.1 主从 R—S 触发器	87
5.6.2 主从 J—K 触发器	88
5.7 维持阻塞 D 触发器	90
5.7.1 工作原理	90
5.7.2 维持阻塞 D 触发器的阻塞作用	91
5.7.3 维持阻塞 D 触发器的抗干扰作用	91
习题	92

第6章 时序逻辑电路

6.1 时序逻辑电路的分析方法	101
6.2 常用的时序逻辑电路	103
6.2.1 寄存器	103
6.2.2 移位寄存器	103
6.2.3 双向移位寄存器	105
6.2.4 集成寄存器	106
6.3 计数器	110
6.3.1 二进制计数器	110
6.3.2 二—十进制计数器	111
6.3.3 集成同步计数器	116
6.3.4 集成异步计数器	117
6.4 时序逻辑电路的设计	120
6.5 时序逻辑电路自启动设计	122
习题	127

第7章 特性触发器

7.1 施密特触发器	135
7.2 施密特触发器的应用	137

7.2.1 波形变换	137
7.2.2 脉冲变形	137
7.2.3 脉冲鉴幅	138
7.3 多谐振荡器	139
7.3.1 电容正反馈多谐振荡器	139
7.3.2 带有 RC 延时电路的环形振荡器	140
7.3.3 由施密特触发器构成的多谐振荡器	142
7.3.4 石英晶体稳频多谐振荡器	143
7.4 单稳态触发器	143
7.4.1 微分型单稳态触发器	144
7.4.2 积分型单稳态触发器	145
7.4.3 集成单稳态触发器	146
7.5 555 定时器	147
7.5.1 555 定时器的组成与结构	147
7.5.2 用 555 定时器构成施密特触发器	148
7.5.3 用 555 定时器构成多谐振荡器	149
7.5.4 用 555 定时器构成单稳态触发器	152
习题	154

第 8 章 半导体存储器

8.1 只读存储器	159
8.1.1 EPROM 集成电路	165
8.2 随机存储器 (RAM)	165
8.2.1 地址译码器	166
8.2.2 存储矩阵	166
8.2.3 存储单元	166
8.2.4 读/写控制电路	167
8.2.5 RAM 集成电路	167
8.3 存储器容量的扩展	168
8.3.1 位的扩展	168
8.3.2 字的扩展	169
8.4 可编程 PLA 逻辑阵列	170
习题	175

第 9 章 数模互换电路

9.1 数模 D/A 转换器	181
9.1.1 T 形电阻 D/A 转换器	181
9.1.2 T 形电阻 D/A 集成转换器	183
9.1.3 权电流 D/A 转换器	185

9.1.4 DAC 的转换精度与转换速度	186
9.2 模数 A/D 转换器	187
9.2.1 A/D 转换器的集成化电路	189
9.2.2 A/D 转换器的类型	190
9.2.3 A/D 的转换精度、误差和速度	193
习题	194
附录 1 数字集成电路的型号命名法	200
附录 2 TTL 系列集成电路的直流参数	202
附录 3 TTL 集成电路的推荐工作条件	203
附录 4 数字集成电路的使用常识	204
参考答案	207
参考文献	235

概 述

在物质世界里,存在着许多形形色色的物理量,有的是连续变化的,有的是断续变化的。这些在时间和数值上都是连续变化的物理量叫做模拟量。例如,时间、温度、压力和速度等在时间和数值上都具有连续变化的特点;而在时间和数值上都是离散的、不连续的、瞬时的,数值大小和增减变化量都是一个最小单位的整数倍,这个物理量叫做数字量。

在电信号中,把随时间作连续变化的模拟量,技术上称之为模拟信号,与之对应的电路组合称为模拟电路或模拟系统。例如,在供热系统工作时输出的温度信号在时间上和数值上都是连续的,因为在任何情况下温度都不可能发生突变,所显示的信号,其连续变化过程中都有一个具体的物理量相对应,表示一个具体的温度。

与之对应的,在电信号中,在时间和数值上作断续、离散性变化的数字量称之为数字信号,与之对应的电路组合称为数字电路或数字系统。例如在灯控显示电路中,当灯亮时电子电路便可发出一个亮度信号,记作“1”;在灯灭时电子电路便可发出一个熄灭信号记作“0”。可见信号 1 和 0 在时间和数量上都是不连续的、离散的。

数字电路是在模拟电路基础上发展起来的,它撇开了模拟信号状态下的变化过程,研究、使用了信号变化的始终状态,以状态变化量来驱使、控制电路的运行。

数字电路以其抗干扰能力强、保密性好、易实现自动化和控制化的特点及能应用于计算机进行信号处理和控制在,形成自动交换通信网络,形成大规模、超大规模集成电路,使电路趋于简单化、智能化、自动化的特点,而使得其稳定性、可靠性大大提高。数字电路广泛应用于电视、雷达、通信、电子计算机、自动控制、测量、核物理和航天等各个领域。数字化产品、技术已经应用于社会的各个领域,成为电子技术进步的排头兵,是人类进入信息时代的必要条件。

第 1 章 数字电路基础

1.1 数的概念

数字电路研究的对象是电路的输出与输入间的逻辑关系,研究它所使用的变换工具是逻辑代数。研究逻辑代数的组合和应用是数字电路的基础。

用数字表示的物理量的大小,仅一位数码是不够用的,因此经常需要用进位计算的方法组成多位数码来表示。

1.2 数制

1. 十进制

日常生活中最常使用的是十进制。十进制数中,采用了 0~9 十个不同的数码,幂底基数是 10,在计数时“逢十进一”或“借一做十”。

例如 $(132.58)_{10}$ 可记作 $1 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$

所以任意一个十进制数都可展成 $\sum K_i \times 10^i$ 的形式。

2. 二进制

在数字电路中应用最广泛的是二进制。二进制只有 0 和 1 两个数码。幂底基数是 2,在计数时“逢二进一”或“借一做二”。

例如 $(101.01)_2$ 可记作 $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.25)_{10}$

所以任意一个二进制数都可展成 $\sum K_i \times 2^i$ 的形式。

3. 八进制

在微型计算机中,较多使用的是 8 位、16 位和 32 位二进制并行运算。

在八进制数中有 0~7 共 8 个数码,每一位系数包含这 8 个数中的任意一个,幂底基数是 8,在计数时是逢“逢八进一”或“借一做八”。

例如 $(168.25)_8$ 可记作 $1 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 8 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2} = (120.328)_{10}$

所以任意一个八进制数都可展成 $\sum K_i \times 8^i$ 的形式。

4. 十六进制

在十六进制中有 0~15 共 16 个数码,他们对应的数字字母表示为 0~9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)和 F(15)。每一位系数包含这 16 个数中的任意一个,幂底基数是 16,在计数时“逢十六进一”或“借一做十六”。

例如 $(2AC.8B)_{16}$ 可记作 $2 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 12 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} + 11 \times 16^{-2} = (684.543)_{10}$

1.3 数的转换

1. 二进制转换成十进制

将二进制数转换成十进制数时,只要将二进制数按和的形式展开,然后把各项按十进制相加,就得到等值的十进制。

例如 $(1011.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (11.25)_{10}$

2. 十进制数转换成 R 进制数

十进制数转换成 R 进制数,需将十进制整数部分和小数部分分别进行转换,然后将它们相加即得。

在十进制整数转换成 R 进制数时,是将十进制数除以 R,余数作为 R 进制的最低位 (Least Significant Bit) LSB,将前面余数再依次除以 R,直至商为 0,最后的余数即为 R 进制的最高位 (Most Significant Bit) MSB。

在十进制小数转换成 R 进制数时,是将十进制数乘以 R,取其整数部分作为 R 进制小数部分,直至为 0 或达到一定精确度为止。其次序为:第一次整数为最高位 MSB,末位为最低位 LSB。

当余数超过 10 时,用 A、B、C、D、E、…代换 10、11、12、13、14、…数字,如 $(7DA)_{10}$ 等。

(1) 十进制转成二进制

a. 十进制整数转成二进制

将十进制整数转成二进制时,只要将十进制整数逐次除以 2,取其余数倒序,直到进行到最后一位为止。

例 1.1 将十进制数 $(123)_{10}$ 转为二进制数。

解:

2	1	2	3	
2	6	1		--- 余 1
2	3	0		--- 余 1
2	1	5		--- 余 0
2	7			--- 余 1
2	3			--- 余 1
2	1			--- 余 1
	0			--- 余 1

所得余数的二进制末位为最高位,排列为 1111011,即 $(123)_{10} = (1111011)_2$ 。还可以验证将 $(1111011)_2$ 转换成十进制,即

$$(1111011)_2 = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 2^0 = (123)_{10}$$

b. 十进制小数转换成二进制

将十进制小数转换成二进制时,是将十进制小数乘以 2 后取其整数部分作为二进制数,然后将其小数部分再依次乘以 2,同样取其整数部分,直至使其小数部分乘尽或取其适当的位数得到较小的误差值。

例如:将十进制 $(0.6875)_{10}$ 转换成二进制

解:

将十进制小数乘以 2

$$\begin{array}{r} 0.6875 \\ \times \quad 2 \\ \hline 1.3750 \end{array} \quad \text{— 取整数部分 1}$$

再取其小数部分乘以 2

$$\begin{array}{r} 0.3750 \\ \times \quad 2 \\ \hline 0.7500 \\ \times \quad 2 \\ \hline 1.5000 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{— 取整数部分 0} \\ \text{— 取整数部分 1} \end{array}$$

再将小数部分乘以 2

$$\begin{array}{r} 0.5000 \\ \times \quad 2 \\ \hline 1.0000 \end{array} \quad \text{— 取整数部分 1}$$

即得到二进制数 $(0.1011)_2$

例 1.2 将十进制数 $(723.25)_{10}$ 转换成八进制数。

解:

首先将十进制整数部分 $(723)_{10}$ 转换,再将小数部分 $(0.25)_{10}$ 转换,然后合成。

整数部分

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 723} \\ 8 \overline{) 90} \quad \text{--- 余 3} \\ 8 \overline{) 11} \quad \text{--- 余 2} \\ 8 \overline{) 1} \quad \text{--- 余 3} \\ 0 \quad \text{--- 余 1} \end{array}$$

即得八进制整数部分为 $(1323)_8$

小数部分

$$\begin{array}{r} 0.25 \\ \times \quad 8 \\ \hline 2.00 \end{array} \quad \text{— 取整数部分 2}$$

即得八进制小数部分为 $(0.2)_8$

将整数部分和小数部分合成为 $(1323.2)_8$ 。

1.4 二—十进制代码

不同的数码不仅可以表示不同的数量大小,而且还能表示不同的事物,这些数码已经没有数量上的大小含意,在事物中人们以不同的数字符号预先约定这些事物的类别,使其简单明了化,易于排列组合,进行信息处理,而这些符号称为代码。例如“26”次列车,“52”中学,“389”号等等。在数字电路中,以二进制代码符号 1 和 0 作为组成众多代码符号的基本微粒。

二—十进制代码即以二进制的形式表示十进制数量的大小,简称 BCD(Binary Coded Decimal)代码。

8421 码是 BCD 代码中最常用的一种,它由四位二进制数组成,每一位二进制数 1 都代表一个固定的十进制数值,把每一位 1 代表的十进制数加起来,就得到了十进制数码。其排序 1111,由左至右代表十进制数为 8、4、2 和 1,故称为 8421 码。

例如 1011 表示为 $1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1$ 等于 11。可将二进制 1011 转换成十进制数方式以验证

则 $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (11)_{10}$

其编码表示如表 1.1 所示。

表 1-1 8421 代码

8421 码	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

1.5 算术运算

当两个二进制数码表示两个数量大小时,可以进行数值运算,这种运算称为算术运算。其运算规则与十进制相同,区别在于“逢二进一”或“借一做二”。

加法运算

$$\begin{array}{r} 1010 \\ + 0101 \\ \hline 1111 \end{array}$$

减法运算

$$\begin{array}{r} 1010 \\ - 0101 \\ \hline 0101 \end{array}$$

乘法运算

$$\begin{array}{r} 1010 \\ \times 0101 \\ \hline 1010 \\ 0000 \\ 1010 \\ 0000 \\ \hline 0110010 \end{array}$$

除法运算

$$\begin{array}{r} 1.11\dots \\ 0101 \overline{) 1010} \\ \underline{0101} \\ 1010 \\ \underline{0101} \\ 1010 \\ \underline{0101} \\ 1010 \end{array}$$

二进制代码的正负号也是用 0 和 1 表示的,在有符号数的数码中,最高位为符号位,正号为 0,负号为 1。例如 $(01011)_2 = (+11)_{10}$ $(11011)_2 = (-11)_{10}$

习 题

- 1.1 何谓数字信号? 数字信号变化和模拟信号变化有什么不同?
- 1.2 数字信号研究的对象是什么? 它与模拟信号研究的对象有什么不同?
- 1.3 数字信号背离了模拟信号传输规律吗?
- 1.4 数字电路为什么要进行数的转换?
- 1.5 二进制和十进制进位上有什么不同?
- 1.6 二进制能表示哪些内容?
- 1.7 何谓 8421 码?
- 1.8 三位二进制可以表示几种十进制数?

1.9 将下列二进制数化成十进制数

- (1) $(1011)_2$; (2) $(110101)_2$; (3) $(0.1011)_2$; (4) $(10.11010)_2$;
(5) $(101001.10010)_2$ 。

1.10 将下列十进制数化成二进制数,小数点后保留 4 位。

- (1) $(16)_{10}$; (2) $(32)_{10}$; (3) $(0.38)_{10}$; (4) $(25.3)_{10}$; (5) $(105.375)_{10}$ 。

1.11 将下列十进制数化成八进制数和十六进制数。

- (1) $(125)_{10}$; (2) $(625)_{10}$; (3) $(76.125)_{10}$; (4) $(145.68)_{10}$ 。

1.12 将以下二进制数组分别进行加、减、乘、除算术运算,第一项为被加、减、乘、除数。

- (1) 1101 0101; (2) 1001 0110; (3) 101101 011010。

第 2 章 逻辑代数

在事物呈现出某一种特征时,我们用一个瞬时的代表量来表示它,称为逻辑表示法。如用二进制 1、0 表示它的某一种状态、变量、性质、特征等,它已没有数量上的含义,它只有 1 和 0 两种状态的可能,我们称这种变量为逻辑变量,如用 1 和 0 表示电位的高低、脉冲的大小、开关的合开、事物的有无等。

在逻辑表示中,如果以 1 表示事物的存在,以 0 表示事物的不存在,称为正逻辑,如灯亮为 1,灯灭为 0;反之以 1 表示事物的不存在,以 0 表示事物的存在称为负逻辑。

2.1 逻辑运算

逻辑代数的基本运算有三种形式:逻辑乘(与)、逻辑加(或)和逻辑反(非)。设事件为 A 、 B ,结果为 Y ,则逻辑表示为: $Y = AB$, $Y = A + B$, $Y = \bar{A}$ 。逻辑状态如图 2.1 所示。

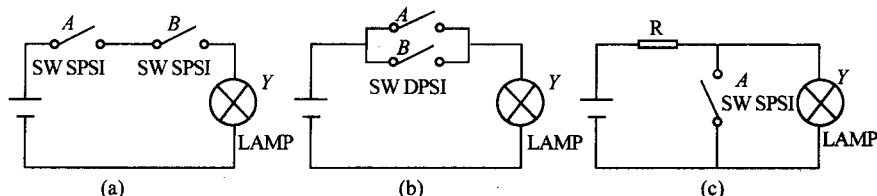


图 2.1 电灯控制电路

(a) $Y = AB$; (b) $Y = A + B$; (c) $Y = \bar{A}$ 。

2.1.1 逻辑与

图 2.1 中给出三种指示灯控制电路。在图 2.1(a)中只有当两个开关同时闭合时,电灯才会亮。这种决定事物结果条件全部具备时,结果才会发生的因果关系称之为逻辑与。以 A 、 B 表示两个开关的状态,以 1 表示闭合,以 0 表示断开,以 Y 表示指示灯的状态结果,且以 1 表示灯亮,以 0 表示灯不亮。其逻辑关系式为

$$Y = AB$$

下面以列表的形式表示 A 、 B 处于各种不同状态下, Y 所产生的结果,这种表称之为真值表,如表 2.1 所示。

表 2.1 与真值表

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

2.1.2 逻辑或

在图 2.1(b)中,只要有任何一个开关闭合,指示灯就会亮,在决定事物诸多条件中只

要有任何一个条件满足,结果就会发生,这种因果关系称之为逻辑或。其逻辑关系式为

$$Y = A + B$$

真值表 2.2 表示 A、B 所处状态下的因果关系。

表 2.2 或真值表

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

2.1.3 逻辑非

在图 2.1(c)中,开关断开时灯亮,开关闭合时灯不亮。这种在条件具备时,结果不发生,条件不具备时结果发生的因果关系称为逻辑非。其逻辑关系为

$$Y = \overline{A}$$

真值表 2.3 表示了开关 A 所处状态下的因果关系。

表 2.3 非真值表

A	Y
0	1
1	0

以上三种逻辑表达式的图形符号如图 2.2 所示,也表示为相应的门电路。

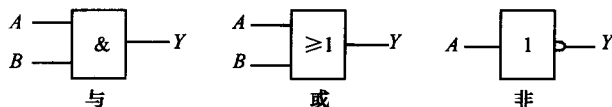


图 2.2 与、或、非图形符号

2.2 复合逻辑运算

在逻辑关系中,除了以上所述基本逻辑结构外,根据电路设置的需要,会有许多不同的逻辑关系结合,如:与非、或非、与或非、同或和异或。

2.2.1 与非逻辑

与非逻辑运算是与逻辑运算与非逻辑运算的结合,它是将输入变量先进行与的逻辑运算,再进行非逻辑运算。其逻辑表达式为

$$Y = \overline{AB}$$

表 2.4 与非逻辑真值表

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

逻辑符号如图 2.3(a)所示。逻辑真值表如表 2.4 所示。

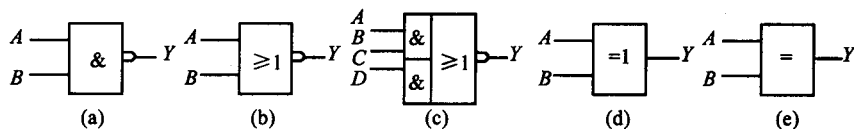


图 2.3 门电路逻辑符号

(a) 与非; (b) 或非; (c) 与或非; (d) 异或; (e) 同或。

它的逻辑概念是只要两个输入变量 A、B 有一个为零,输出 Y 则为 1;只有输入变量全部为 1 时,输出才为零。