普通高等教育"十一五"规划教材

数字电子技术基础

李光辉 主 编

中国电力出版社
www.infopower.com.cn

普通高等教育"十一五"规划教材

数字电子技术基础

李光辉　主　编

周素茵　章　云　胡海根　副主编

中国电力出版社
www.infopower.com.cn

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材，是根据高等学校电气信息类专业数字电子技术基础课程教学的基本要求，结合应用型人才的培养目标，以培养学生的实际动手能力为出发点，并考虑数字技术和微电子技术的快速发展，结合编者多年的教学实践经验而编写的。全书共 8 章，重点介绍数字电子技术的基本理论与方法及其具体应用。考虑到数字集成电路是复杂数字系统设计的基础，本书还介绍了电子设计自动化的基本方法、工具和流程。为了让读者了解数字电子技术的最新发展前沿，介绍了有关的数字电子系统设计的验证与测试领域的基础知识。书中每章都配了大量的实例和习题，以加深对基础理论的理解，巩固所学知识。

本书适合作为高等院校电子信息、自动化、通信等工科专业的教材或教学参考书，也可作为全国大学生电子设计竞赛的培训教程和电子科技活动的参考资料，还非常适合广大数字电子爱好者自学使用。

图书在版编目（CIP）数据

数字电子技术基础 / 李光辉主编. —北京：中国电力出版社，2008.4

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-6653-1

Ⅰ. 数… Ⅱ. 李… Ⅲ. 数字电路－电子技术－高等学校－教材 Ⅳ. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 035083 号

丛 书 名：普通高等教育“十一五”规划教材
书　　名：数字电子技术基础
出版发行：中国电力出版社
　地　　址：北京市三里河路 6 号　　邮政编码：100044
　电　　话：（010）68362602　　传　　真：（010）68316497，88383619
　服务电话：（010）58383411　　传　　真：（010）58383267
　E-mail：infopower@cepp.com.cn
印　　刷：汇鑫印务有限公司
开本尺寸：185mm×260mm　　印　　张：15.25　　字　　数：341 千字
书　　号：ISBN 978-7-5083-6653-1
版　　次：2008 年 6 月北京第 1 版
印　　次：2008 年 6 月第 1 次印刷
印　　数：0001—4000 册
定　　价：24.00 元

前　　言

本书是根据高等学校电气信息类专业数字电子技术基础课程教学的基本要求，结合应用型人才的培养目标，以培养学生的实际动手能力为出发点，并考虑数字技术和微电子技术的快速发展，结合编者多年的教学实践经验而编写的。

本书既注重基础知识，又重视对学生应用能力的培养。书中重点介绍数字电子技术的基本理论与方法及其具体应用。考虑到数字集成电路是复杂数字系统设计的基础，本书还介绍了电子设计自动化的基本方法、工具和流程。为了让读者了解数字电子技术的最新发展前沿，介绍了有关的数字电子系统设计的验证与测试领域的基础知识。为了让学生加深对基础理论的理解，巩固所学知识，书中每章都提供了大量的实例和习题。

全书共分 8 章。第 1 章讲述数字逻辑基础，包括基本概念数制与编码、逻辑代数等。第 2 章讨论了组合逻辑电路的集成逻辑门、常用的组合逻辑模块、组合逻辑电路的分析与设计以及组合逻辑电路中的竞争与冒险。第 3 章介绍了时序逻辑基础与触发器，包括时序逻辑电路的结构与特点及分类和各种触发器。第 4 章介绍了时序逻辑电路的分析与设计，并着重介绍了同步时序电路的分析与设计以及计数器、寄存器等功能部件。第 5 章为可编程逻辑器件，介绍了不同类型的可编程逻辑器件及其编程与测试方法。第 6 章讲述了数字与模拟信号的相互转换的基本概念、原理、电路及应用。第 7 章介绍了数字电子系统设计的过程、方法与工具。第 8 章电子设计自动化技术中介绍了 EDA 工具、方法、逻辑模拟与逻辑综合，以及数字系统的可测试性设计方法。

本书由李光辉主编，并与周素茵、章云、胡海根等同志合作编写。其中，李光辉负责本书的编写提纲和修改定稿，以及第 8 章的编写。周素茵编写了第 1、2、5 章，章云编写了第 3、4、6 章。胡海根编写了第 7 章。

在本书的编写过程中，参考和借鉴了国内外大量同行专家的著作和研究成果。在此，向他们表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中难免有疏漏或不足之处，恳请读者指正。

编　者

2008 年 5 月

目　录

第 1 章　数字逻辑基础

本章主要介绍数字逻辑的基本概念和数学工具，其内容包括数字设备中常用的数制与编码、逻辑代数基础、逻辑函数的描述方法以及逻辑函数的卡诺图化简法等。这些内容是分析和设计数字电路的基础，将贯穿全书的始终。

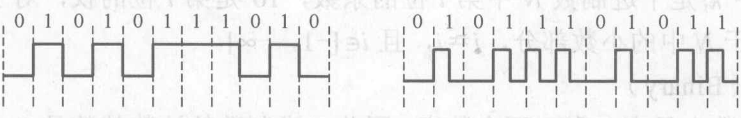
1.1 数字电路的基本概念

1.1.1　什么是数字电路

在自然界中，存在着各种各样的物理量，这些物理量就共性特征而言，可以归纳为两类，一类称为模拟量，另一类称为数字量。其中模拟量的典型特征为其变化是连续的，在变化过程中的任何一点都具有实际的物理意义，如温度、压力、交流电压等就是典型的模拟量。数字量的变化是不连续的（即离散的），如学生人数、货架上商品的个数等就是典型的数字量。

（1）模拟信号与数字信号。在电子设备中，常常将表示模拟量的电信号叫做模拟信号（Analog Signal）；将表示数字量的电信号叫做数字信号（Digital Signal）。例如，正弦波信号和方波信号即分别为典型的模拟信号和数字信号。

数字信号包括两种传输波形，一种称为电平型，另一种称为脉冲型。电平型数字信号是以一个时间节拍内信号是高电平还是低电平来表示“1”或“0”，而脉冲型数字信号是以一个时间节拍内有无脉冲来表示“1”或“0”，如图 1.1 所示。从图 1.1 中可见两者在波形上的显著差别是，电平型信号波形在一个节拍内不会归零，而脉冲型信号波形在一个节拍内会归零。



（a）电平型信号　　（b）脉冲型信号

图 1.1　数字信号传输波形

（2）模拟电路与数字电路。与电路所采用的信号形式相对应，将传送、变换、处理模拟信号的电子电路叫做模拟电路（Analog Circuit）；将传送、变换、处理数字信号的电子电路叫做数字电路（Digital Circuit）。例如，各种放大电路是典型的模拟电路，而数字表、数字钟的定时电路是典型的数字电路。

与模拟电路相比，数字电路具有抗干扰能力强、可靠性高、精确性和稳定性好、通用性广、便于集成、便于故障诊断和系统维护等突出优点。

1.1.2 数字电路的应用

数字电路在日常生活中应用相当广泛，尤其是数字电路和计算机技术的迅猛发展，使数字电路的应用越来越普遍，广泛应用于工业、农业、通信、医疗、家用电子等各个领域，如工农业生产中用到的数控机床、温度控制、气体检测、家用冰箱、空调的温度控制、通信用的数字手机，以及正在发展中的网络通信、数字化电视等。随着数字电路的发展，其应用将会越来越广泛，它将会深入到生活的每一个角落。

1.2 数制与编码

1.2.1 数制

数制，即进位计数制。日常生活中最常用的是十进制，而在数字系统中多采用二进制。为了便于书写和记忆，数字在计算机中常采用八进制或十六进制表示，且这 4 种进制之间可进行相互转换。

1. 十进制（Decimal）

数制包含两个基本要素，基数与位权。基数是指一种数制中所包含的基本数字的个数，基数为 R 的数制（简称 R 进制）的进位规则是“逢 R 进一”。在十进制数中，每一位有 0～9 十个数字，因此十进制数的计数基数是 10，进位规则为“逢十进一”。位权是指基数的幂，与数字在数中的位置有关。

例如：$(168.45)_{10}=1\times10^2+6\times10^1+8\times10^0+4\times10^{-1}+5\times10^{-2}$

上式中的下标 10 表示括号里的数是十进制数，因此任意一个十进制数 N 可展开为如下的形式：

$$N=\sum k_i\times10^j \tag{1.1}$$

式（1.1）中 k_i 是十进制数 N 中第 i 位的系数，10^j 是第 i 位的权，对于 N 中的整数部分，$j=i-1$；对于 N 中的小数部分，$j=i$，且 $i\in[-1, -\infty]$。

2. 二进制（Binary）

由于二进制数中只有 0 和 1 两个数字，因此二进制数的计数基数是 2，进位规则为“逢二进一”。因此，任意一个二进制数均可展开为如下的形式：

$$N=\sum k_i\times2^j \tag{1.2}$$

例如：$(1011.011)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}=(11.375)_{10}$

式（1.2）表明，任何一个二进制数按权展开后的各项相加得到的数值是一个十进制数，即二进制数可转换为十进制数。

3. 八进制（Octal）

八进制数中有 0～7 共八个数字，因此其基数是 8，进位规则是“逢八进一”。任意一个八进制数可展开为如下的形式：

$$N=\sum k_i \times 8^j \tag{1.3}$$

例如：$(127.14)_8=1\times8^2+2\times8^1+7\times8^0+1\times8^{-1}+4\times8^{-2}=(87.1875)_{10}$

式（1.3）表明，任意一个八进制数按权展开后相加得到的和也是一个十进制数，即八进制数也可转换为十进制数。

4. 十六进制（Hexadecimal）

十六进制数有 0～9 和 A～F 共 16 个数字，其中 A～F 代表的数值是 10～15。同样，任意一个十六进制数也可按权展开后相加得到一个十进制数，其可展开为如下的形式：

$$N=\sum k_i \times 16^j \tag{1.4}$$

例如：$(3B.8)_{16}=3\times16+B\times16^0+8\times16^{-1}=(59.5)_{10}$

以上 4 种进制数的表示也可采用加字母下标的方式，如 $(1011.01)_B$、$(123.45)_D$、$(27.1)_O$ 和 $(2C.8)_H$ 这 4 个数分别表示二进制数、十进制数、八进制数和十六进制数，其中下标字母 B、D、O 和 H 分别是 4 种进制英文单词的首字母。

1.2.2 数制转换

1. 二、八、十六进制数转换为十进制数

根据式（1.2）～式（1.4），将二进制数、八进制数和十六进制数按权展开求和即是对应的十进制数，1.2.1 小节中已举例，此处不再赘述。

2. 十进制数转换为二、八、十六进制数

十进制数转换成二、八、十六进制数时，整数和小数部分需分别转换。转换方法如下。

（1）对于整数部分，采用除以新基数（如 2、8、16）倒序取余法。具体步骤如下：

①用新基数除十进制数，第一次得到的余数为新基数制的最低位数字；

②用新基数除第①步中得到的商，第二次得到的余数为新基数制的次低位数字；

③重复第②步，直到商等于 0。商为 0 时的余数为新基数制的最高位数字。

（2）对于小数部分，采用乘以新基数顺序取整法。具体步骤如下：

①用新基数乘十进制小数，第一次得到的乘积的整数部分的数字是新基数小数的最高位数字；

②用新基数乘前一次乘积的小数部分，第二次得到的乘积的整数部分是新基数小数的次高位数字；

③重复第②步，直到乘积的小数部分为 0，或者“四舍五入”后达到其误差要求的小数转换精度位置即可。

例 1.1 将 $(25.125)_{10}$ 转换成二进制数。

解：按照整数与小数分别转换的总体原则，有

（1）整数部分的转换。

		余数		
2	25	1		（最低位）
2	12	0	↑	
2	6	0		（读数方向）
2	3	1		
2	1	1		（最高位）
	0			

故 $(25)_{10}=(11001)_2$

（2）小数部分的转换。

	整数		
$0.125\times2=0.25$	0		（最高位）
$0.25\times2=0.5$	0	↓	（读数方向）
$0.5\times2=1.0$	1		（最低位）

故 $(0.125)_{10}=(0.001)_2$

因此，由（1）和（2）可得最终的转换结果：

$$(25.125)_{10}=(11001)_2+(0.001)_2=(11001.001)_2$$

例 1.2 将 $(543.65625)_{10}$ 转换成十六进制数。

解：按照整数与小数分别转换的总体原则，有

（1）整数部分的转换。

		余数		
16	543	F		（最低位）
16	33	1	↑	（读数方向）
16	2	2		（最高位）
	0			

故 $(543)_{10}=(21F)_{16}$

（2）小数部分的转换。

	整数		
$0.65625\times16=10.5$	A		（最高位）
		↓	（读数方向）
$0.5\times16=8.0$	8		（最低位）

故 $(0.65625)_{10}=(0.A8)_{16}$

因此，由（1）和（2）可得最终的转换结果：

$$(543.65625)_{10}=(21F)_{16}+(0.A8)_{16}=(21F.A8)_{16}$$

3. 二进制数转换成八进制数、十六进制数

由于 3 位二进制数恰好有 8 个状态，因此二进制数转换成八进制数可采用“三位聚一位”的方法，即从二进制数的小数点开始，整数部分自右往左每 3 位一组，最高位不够 3

位数的左边补“0”；小数部分自左往右每3位一组，最低位不够3位数的右边补“0”，然后顺序写出对应的八进制数即可。

同理，二进制转换成十六进制数可采用“四位聚一位”法，分组规则与八进制数相同。

例 1.3　将 $(10110101.01110101)_2$ 转换为八进制数。

解：按照“三位聚一位”法，有

二进制数：010　110　101　.　011　101　010

　　　　　↓　　↓　　↓　　　↓　　↓　　↓

八进制数：2　　6　　5　　.　3　　5　　2

故 $(10110101.01110101)_2=(265.352)_8$

例 1.4　将 $(1011111.1001011)_2$ 转换为十六进制数。

解：按照“四位聚一位”法，有

二进制数：0101　1111　.　1001　0110

　　　　　↓　　↓　　　↓　　↓

八进制数：5　　F　　.　9　　6

故 $(1011111.1001011)_2=(5F.96)_{16}$

4. 八进制数、十六进制数转换成二进制数

八进制数转换成二进制数时，采用“一位拆三位”法，即将每位八进制数字用相应的3位二进制数来表示，最后去掉整数部分最高位和小数部分最低位的“0”。

十六进制数转换成二进制数时，采用“一位拆四位”法，即将每位十六进制数字用相应的4位二进制数来表示，最后去掉整数部分最高位和小数部分最低位的“0”。

例 1.5　将 $(3AD.5C)_{16}$ 转换为二进制数。

解：按照“一位拆四位”法，有

十六进制数：3　　A　　D　.　5　　C

　　　　　　↓　　↓　　↓　　　↓　　↓

二进制数：　0011　1010　1101　.　0101　1100

故 $(3AD.5C)_{16}=(1110101101.010111)_2$

1.2.3　编码

在数字系统中，常用0和1的有规律的各种组合来表示不同的数字、符号、动作或事物，这一过程称为编码，这些组合称为代码（Code）。代码可分为数字型和字符型，有权和无权的。其中数字型代码用来表示数字的大小，字符型代码用来表示不同的符号、动作或事物。有权代码中的每一位数字都定义了相应的位权，无权代码中的数字没有定义相应的位权。下面介绍几种最常用的二进制编码。

1. 常用的BCD码

十进制数共有0～9这十个数码，而4位二进制数有16种不同的组合，用4位二进制数中的任意10种组合来表示10个十进制数码，这种编码方式称为二—十进制编码，简称BCD（Binary Coded Decimal）码。几种常用的BCD码如表1.1所示。

表 1.1 常用的 BCD 码

编码种类 / 十进制数	8421 码	余 3 码	5211 码	5421 码	2421 码	余 3 循环码
0	0000	0011	0000	0000	0000	0010
1	0001	0100	0001	0001	0001	0110
2	0010	0101	0100	0010	0010	0111
3	0011	0110	0101	0011	0011	0101
4	0100	0111	0111	0100	0100	0100
5	0101	1000	1000	1000	0101	1100
6	0110	1001	1001	1001	0110	1101
7	0111	1010	1100	1010	0111	1111
8	1000	1011	1101	1011	1110	1110
9	1001	1100	1111	1100	1111	1010
权	8421		5211	5421	2421	

8421 码是 BCD 代码中最常用的一种，它是利用 4 位二进制数 0000～1001 来分别表示 10 个十进制数码 0～9，由于将代码中的每一位从左到右按权 8、4、2、1 展开后相加，所得的结果就是其所表示的十进制数，所以称为 8421 码。8421 码是有权代码，且该代码中每一位的权又是恒定不变的，故属于恒权代码。

除 8421 码以外，2421 码、5211 码和 5421 码也是恒权代码，这些代码中的每一位从左到右的权分别是 2、4、2、1，5、2、1、1 和 5、4、2、1，将这些代码分别按照相应的权展开后相加，得到的结果就是所表示的十进制数。

余 3 码也是一种被广泛采用的二—十进制编码。对应于同样的十进制数，余 3 码比相应的 8421BCD 码多出 0011，所以称为余 3 码。

余 3 码有两大特点：一是该码中的 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 互为反码；二是利用第一个特点，当两个用余 3 码表示的数相减时，可以将原码的减法改为反码的加法，这样有利于简化 BCD 码的减法运算。

余 3 循环码也是一种无权码，由于它是将 4 位二进制循环码去除首尾各 3 组代码而得到的，且保留了循环码的特性，因而称为余 3 循环码。它的主要特点是相邻两个代码之间有且仅有一位不同。

2. 格雷（Gray）码

多位二进制代码在形成和传输的过程中，由于各位的变化速度不同而可能产生错误。为了减小这种错误发生的可能性，出现了一种常用的可靠性编码的方法，即格雷码（属于循环码）。格雷码也是一种无权码。在格雷码当中，任意两个相邻代码中的数码只有一位不同，其余各位均相同。而且首尾（0 和 15）两个代码也仅有一位不同，构成“循环”。根据这个特点，在数码变化时采用格雷码可大大减少错码的可能性。

表 1.2 中列出了十进制数 0～15 的四位格雷码。由表 1.2 可以看出，用格雷码也可以表示十进制数的 0～9，因此该表中的 0000～1101 共 10 组二进制代码也属于 BCD 码。它是一种无权码。

表 1.2　　　　　　　　　四位格雷码

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

格雷码也是一种易于校正的编码，它与二进制数之间的转换关系如下：

（1）已知二进制数，求对应的格雷码。设二进制数为 $B=B_nB_{n-1}\cdots B_1B_0$，其对应的格雷码为 $G=G_nG_{n-1}\cdots G_1G_0$，则有

$$\begin{cases} G_n=B_n \\ G_i=B_{i+1}\oplus B_i \qquad i=0,1,2,\cdots,n-1 \end{cases}$$

其中，⊕是异或逻辑运算符号。当参与异或运算的两个逻辑变量取值相同时，结果为 0，不同时结果为 1，简记为“同为 0，异为 1”。

例 1.6　将二进制数 1011 转换为格雷码。

解：根据二进制数到格雷码的转换公式有

二进制数：　1　　0　　1　　1

　　　　　　　　⊕　　⊕　　⊕

格雷码：　　1　　1　　1　　0

（2）已知格雷码，求对应的二进制数。由格雷码到二进制数的求解公式为

$$\begin{cases} B_n=G_n \\ B_i=B_{i+1}\oplus G_i \qquad i=0,1,2,\cdots,n-1 \end{cases}$$

例 1.7　将格雷码 1101 转换为二进制数。

解：根据格雷码到二进制数的转换公式有

格雷码：　　1　　1　　0　　1

　　　　　　　　⊕　　⊕　　⊕

二进制数：　1　　0　　0　　1

3. ASCII 码

表 1.3　ASCII 码

$b_7b_6b_5$ / $b_4b_3b_2b_1$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	–	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

通常人们通过键盘上的字母、符号和数码向计算机或其他数字系统传送数据和指令，所以这些字母和符号也需要用特定的二进制代码来表示。ASCII 码，即美国信息交换标准代码（American Standard Code for Information Interchange），就可以满足这种需求。ASCII 码是国际上广泛采用的一种字符码，它用 7 位二进制代码来表示 128 个不同的字符和符号。这些字符和符号包括十进制数、英文字母（大小写）和专用符号，如表 1.3 所示。

1.3　逻辑代数基础

逻辑代数是由英国数学家乔治·布尔于 1849 年首先提出来的，因此也称为布尔代数。由于逻辑代数广泛地应用于开关电路和数字逻辑电路的分析与设计上，所以也叫做开关代数。逻辑代数用来研究逻辑变量间的相互关系，是分析和设计逻辑电路不可缺少的数学工具。逻辑代数中的变量称为逻辑变量，可用字母 A、B 等表示。逻辑变量与一般代数变量不同，其取值只有 0 和 1。这里的 0 和 1 不表示数量的大小，而仅仅表示两种不同的逻辑对立状态。

1.3.1　逻辑代数的基本运算

逻辑代数的基本运算包括逻辑与、逻辑或、逻辑非这 3 种。

1. 逻辑与

只有当决定某事件的全部条件同时具备时，该事件才会发生，这样的逻辑关系称为逻辑与。

在图 1.2 电路中，只有当开关 A 和 B 同时闭合时，电灯 Y 才会亮。若以 A 和 B 表示两个开关的状态，Y 表示电灯的状态，开关闭合和灯亮用逻辑 1 表示，开关断开和灯灭用逻辑 0 表示，则只有当 A 和 B 同时为 1 时，Y 才为 1，根据与逻辑的定义，可知 Y 与 A 和 B 之间是一种与的逻辑关系。与运算可写为 $Y=A \cdot B$ 或 $Y=AB$。

逻辑变量之间的运算可用表格来表示，这种表格称为逻辑真值表，简称真值表。与逻辑运算的真值表如表 1.4 所示。

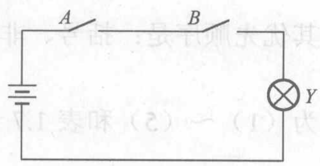


图 1.2　与逻辑电路

表 1.4　与逻辑运算的真值表

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

2. 逻辑或

在决定某事件的多个条件中，当有一个或一个以上具备时，该事件都会发生，这样的逻辑关系称为逻辑或。

在图 1.3 电路中，当开关 A 和 B 中有一个闭合（$A=1$ 或 $B=1$）或两个都闭合（$A=1$ 且 $B=1$）时，灯 Y 都会亮（$Y=1$），根据或逻辑的定义，可知 Y 与 A、B 之间是一种或的逻辑关系，或运算可写为 $Y=A+B$。或逻辑关系的真值表如表 1.5 所示。

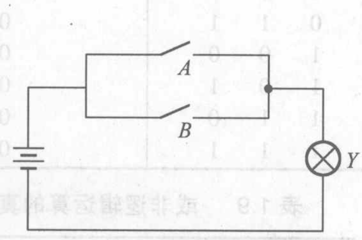


图 1.3　或逻辑电路

表 1.5　或逻辑运算的真值表

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

3. 逻辑非

在只有一个条件决定某事件的情况下，如果当条件具备时，该事件不发生；而当条件不具备时，该事件反而发生，这样的逻辑关系称为逻辑非。

在图 1.4 电路中，当开关 A 闭合（$A=1$）时，灯 Y 不亮（$Y=0$）；而当开关 A 断开（$A=0$）时，灯 Y 亮（$Y=1$）。根据非逻辑的定义，可知 Y 与 A 之间是一种非的逻辑关系，写成 $Y=\overline{A}$。非逻辑关系的真值表如表 1.6 所示。

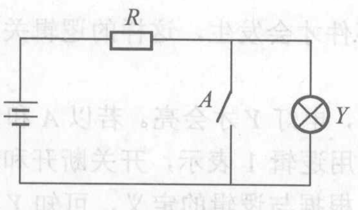


图 1.4　非逻辑电路

表 1.6　非逻辑运算的真值表

A	Y
0	1
1	0

1.3.2　复合逻辑运算与常用逻辑门

在逻辑代数中，除了与、或、非这 3 种基本逻辑运算外，还有几种常见的复合逻辑运算，如与非、或非、与或非、同或、异或等。

在复合逻辑运算中要特别注意运算的优先顺序，其优先顺序是：括号、非运算、与运算、或运算。

这几种复合逻辑运算的逻辑表达式和真值表分别为（1）～（5）和表 1.7～表 1.11。

（1）与非表达式：$Y=\overline{A\cdot B}$

（2）或非表达式：$Y=\overline{A+B}$

（3）与或非表达式：$Y=\overline{A\cdot B+C\cdot D}$

（4）异或表达式：$Y=A\oplus B=\overline{A}B+A\overline{B}$

（5）同或表达式：$Y=\overline{A\oplus B}=AB+\overline{A}\,\overline{B}$

表 1.7　与或非逻辑运算的真值表

A	B	C	D	Y	A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	0

表 1.8　与非逻辑运算的真值表

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

表 1.9　或非逻辑运算的真值表

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

表 1.10　异或逻辑运算的真值表

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

表 1.11　同或逻辑运算的真值表

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

由同或和异或的表达式或真值表，可知异或和同或互为反运算。

通常，把实现逻辑运算的单元电路叫做门电路。因此常用的门电路有与门、或门、非门、与非门、或非门、与或非门、同或门、异或门等。这些逻辑门可用表示逻辑运算的图形符号来表示（如图 1.5 所示）。

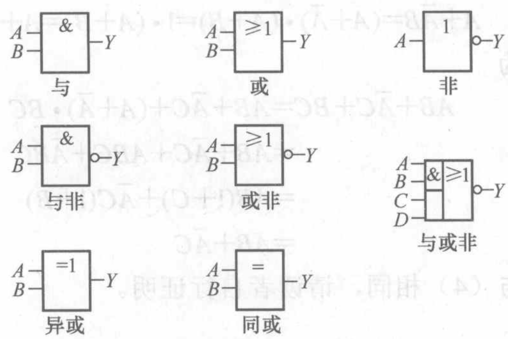


图 1.5　各种逻辑门的图形符号

1.3.3　逻辑代数的基本公式和运算规则

1. 基本公式

（1）基本运算

与运算：$0 \cdot A=0$；$1 \cdot A=A$；$A \cdot A=A$

或运算：$1+A=1$；$0+A=A$；$A+A=A$

非运算：$\overline{0}=1$；$\overline{1}=0$；$\overline{\overline{A}}=A$

（2）互补运算：$A \cdot \overline{A}=0$；$A+\overline{A}=1$

（3）交换律：$A \cdot B=B \cdot A$；$A+B=B+A$

（4）结合律：$A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$；$A+(B+C)=(A+B)+C$

（5）分配律：$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$；$A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$

（6）反演律（摩根定律或摩根定理）：$\overline{A \cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$；$\overline{A+B}=\overline{A} \cdot \overline{B}$

注：以上公式可采用真值表法证明成立。

例 1.8　证明反演律 $\overline{A+B}=\overline{A} \cdot \overline{B}$ 成立。

证明：令 $X=A+B$，$Y=\overline{A} \cdot \overline{B}$，则有

$$X \cdot Y=(A+B)\overline{A} \cdot \overline{B}=A \cdot \overline{A} \cdot \overline{B}+B \cdot \overline{A} \cdot \overline{B}=0+0=0$$