高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

数字电子技术

彭秋红 主编 高同辉 沈占彬 副主编

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高职高专电气自动化技术专业规划教材
GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

数字电子技术

主　编　彭秋红
副主编　高同辉　沈占彬
编　写　堵会晓　王绍武
主　审　龚　敏

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为高职高专电气自动化技术专业规划教材。

本书共分九章，主要内容包括数制和码制、逻辑代数基础、逻辑门、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲信号产生与整形电路、数模和模数转换器、半导体存储器和可编程逻辑器件等。为使学生更好地掌握本门课程的基本理论和实际应用技能，每章均配有小结、习题和相应技能训练项目。

本书主要作为高职高专电气自动化技术、电力系统自动化技术、机电一体化技术等相关专业教材，也可作为函授教材和工程技术人员参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

数字电子技术/彭秋红主编. —北京：中国电力出版社，2011.11

高职高专电气自动化技术专业规划教材

ISBN 978-7-5123-2286-8

Ⅰ. ①数… Ⅱ. ①彭… 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（2011）第 220946 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http：//www.cepp.sgcc.com.cn）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 347 千字

定价 **26.00** 元

高职高专电气自动化技术专业规划教材

编　委　会

前 言

本书是按照教育部颁发的《高职高专教育数字电子技术基础教程基本要求》编写的。全书充分考虑到高等职业教育的特点与要求，在结构与内容上都做了实用性处理，编写时力求精选内容、深入浅出、图文并茂，使其更通俗易懂、好学实用。

根据高职高专培养目标的要求以及现代科学技术发展的需要，本书对以往教材进行了精简、更新，以适应当前电子技术发展的新形势和社会对培养高等专科技术人才的迫切需要；减少了理论推导、分立元件的介绍等内容，加重了对集成器件及其应用的介绍，加重了理论联系实际的应用环节；在文字上力求做到简洁明了、通俗易懂。

本书的技能训练项目可促使学生理论联系实际，进行实际操作和综合能力方面的训练。技能训练内容丰富、实用。通过实训这个教学环节，一方面可激发学生的学习兴趣；另一方面使学生逐步提高获取知识的能力，逐步学会解决工程问题的思维方法和工作方法。

本书由平顶山工业职业技术学院彭秋红、高同辉、沈占彬、堵会晓、王绍武编写。第一、二章以及第七至九章由彭秋红、沈占彬编写，第三至六章由堵会晓、高同辉、王绍武编写。全书由彭秋红统稿，且担任主编；沈占彬、高同辉任副主编。本书由长沙电力职业技术学院龚敏主审，并提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免出现不妥和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编　者

2011 年 10 月

目 录

第一章

数制和码制

本章从十进制计数体系开始，引入二进制、八进制、十六进制的运算规则及它们相互间的转换方法，最后介绍几种数字电路中常用的BCD码和可靠性代码。

在观察自然界中形形色色的物理量时不难发现，尽管它们的性质各异，但就其变化规律的特点而言，不外乎两大类。其中一类物理量的变化在时间上和数量上都是离散的，也就是说，它们的变化在时间上是不连续的，总是发生在一系列离散的瞬间。同时，它们的数值大小和每次的增减变化都是某一个最小数量单位的整数倍，而小于这个最小数量单位的数值没有任何物理意义。这一类物理量叫做数字量，把表示数字量的信号叫做数字信号，并且把工作在数字信号下的电子电路叫做数字电路。例如，用电子电路记录从自动生产线上输出的零件数目时，每送出一个零件便给电子电路一个信号，使之计1，而平时没有零件送出时加给电子电路的信号是0，所以不计数。可见，零件数目这个信号无论在时间上还是在数量上都是不连续的，因此它是一个数字信号，最小的数量单位就是1。

另一类物理量的变化在时间上或数值上则是连续的。这一类物理量叫做模拟量，把表示模拟量的信号叫做模拟信号，并把工作在模拟信号下的电子电路称为模拟电路。例如，热电偶在工作时输出的电压信号就属于模拟信号，因为在任何情况下被测温度都不可能发生突跳，所以测得的电压信号无论在时间上还是在数量上都是连续的。而且，这个电压信号在连续变化过程中的任何一个取值都有具体的物理意义，即表示一个相应的温度。

第一节　数　　制

一、常用的数制

用数字量表示物理量的大小时，仅用一位数码往往不够用，因此经常需要用进位计数的方法组成多位数码使用。将多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位的进位规则称为数制。

在数字电路中经常使用的计数进制除了十进制以外，还经常使用二进制、八进制和十六进制。

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。在十进制数中，每一位有0～9十个数码，所以计数的基数是10。超过9的数必须用多位数表示，其中低位和相邻高位之间的关系是“逢十进一”，故称为十进制。例如

$$143.75 = 1\times10^2 + 4\times10^1 + 3\times10^0 + 7\times10^{-1} + 5\times10^{-2}$$

任意一个十进制数D均可展开为

$$D = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i 10^i \tag{1-1}$$

其中 k_i 是第 i 位的系数，它可以是 0～9 这十个数码中的任何一个。若整数部分的位数是 n，小数部分的位数为 m，则 i 包含从 $n-1$ 到 0 的所有正整数和从 -1 到 $-m$ 的所有负整数。

若以 N 取代式（1-1）中的 10，即可得到任意进制（N 进制）数展开式的普遍形式

$$D=\sum_{i=-m}^{n-1}k_iN^i \tag{1-2}$$

式（1-2）中 i 的取值与式（1-1）的规定相同，N 称为计数的基数，k_i 为第 i 位的系数，N^i 称为第 i 位的权。

2. 二进制

目前在数字电路中应用最广的是二进制。在二进制数中，每一位仅有 0 和 1 两个可能的数码，所以计数基数为 2。低位和相邻高位间的进位关系是“逢二进一”，故称为二进制。

根据式（1-2），任何一个二进制数均可展开为

$$D=\sum_{i=-m}^{n-1}k_i2^i \tag{1-3}$$

并计算出它所表示的十进制数的大小。例如

$$(101.11)_2=1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(5.75)_{10}$$

上式中分别使用下脚注的 2 和 10 表示括号里的数是二进制数和十进制数。有时也用 B（Binary）和 D（Decimal）代替 2 和 10 这两个脚注。

3. 八进制

八进制是以 8 为基数的计数体制。在八进制当中，每位有 0、1、2、3、4、5、6、7 八个不同的数码，它的进位规律是逢八进一。因此，任意一个八进制数均可展开为

$$D=\sum_{i=-m}^{n-1}k_i8^i \tag{1-4}$$

由此式计算出它所表示的十进制数值。例如

$$(437.25)_8=4\times8^2+3\times8^1+7\times8^0+2\times8^{-1}+5\times8^{-2}=(287.328125)_{10}$$

上式中使用下脚注的 8 表示括号里的数是八进制数，有时也用 O（Octal）代替这个脚注。

4. 十六进制

十六进制数的每一位有十六个不同的数码，分别用 0～9、A、B、C、D、E、F 表示，其中 A、B、C、D、E、F 分别对应十进制 10、11、12、13、14、15。因此，任意一个十六进制数均可展开为

$$D=\sum_{i=-m}^{n-1}k_i16^i \tag{1-5}$$

并由此式计算出它所表示的十进制数值。例如

$$(2A.7F)_{16}=2\times16^1+10\times16^0+7\times16^{-1}+15\times16^{-2}=(42.4960937)_{10}$$

上式中的下脚注 16 表示括号里的数是十六进制数，有时也用 H（Hexadecimal）代替这个脚注。

由于目前在微型计算机中普遍采用 8 位、16 位和 32 位二进制并行运算，而 8 位、16 位和 32 位的二进制数可以用 2 位、4 位和 8 位的十六进制数表示，因而用十六进制符号书写程序十分简便。

二、数制转换

1. 二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数

二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数时，只要将它们按权展开，求出各加权系数的和，便得到相应进制数对应的十进制数。例如

$$(1011.01)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(11.25)_{10}$$

$$(172.01)_8=1\times8^2+7\times8^1+2\times8^0+0\times8^{-1}+1\times8^{-2}=(122.015625)_{10}$$

$$(4C2)_{16}=4\times16^2+12\times16^1+2\times16^0=(1218)_{10}$$

2. 十进制数转换成二进制数、八进制数、十六进制数

十进制数分整数部分和小数部分，因此，需将整数和小数分别进行转换，再将转换结果按原顺序排列起来，就得到该十进制数转换的完整结果。下面举例说明十进制数转换成二进制数的方法。

［例 1-1］ 将十进制数（23.8125）$_{10}$转换成二进制数。

解　(1) 十进制数转换成二进制数时，整数的转换采用“除 2 取余法”。

假定十进制整数为（S）$_{10}$，等值的二进制数为（$k_nk_{n-1}\cdots k_0$）$_2$，则由式（1-3）可知

$$\begin{aligned}(S)_{10}&=k_n2^n+k_{n-1}2^{n-1}+\cdots+k_12^1+k_02^0\\&=2(k_n2^{n-1}+k_{n-1}2^{n-2}+\cdots+k_1)+k_0\end{aligned}\qquad(1-6)$$

式（1-6）表明，若将（S）$_{10}$除以 2，则得到的商为 $k_n2^{n-1}+k_{n-1}2^{n-2}+\cdots+k_1$，而余数即是 k_0。

同理，将式（1-6）中的商除以 2 得到新的商可写成

$$k_n2^{n-1}+k_{n-1}2^{n-2}+\cdots+k_1=2\ (k_n2^{n-2}+k_{n-1}2^{n-3}+\cdots+k_2)\ +k_1\qquad(1-7)$$

由式（1-7）不难看出，若将（S）$_{10}$除以 2 所得的商再次除以 2，则所得余数即是 k_1。

依此类推，反复将每次得到的商再除以 2，就可求得二进制数的每一位。

因此，$(23)_{10}$化为二进制数可如下进行

$$\begin{array}{r|l l l}
2 & \underline{23} & \cdots\cdots\text{余 }1 & b_0 \\
2 & \underline{11} & \cdots\cdots\text{余 }1 & b_1 \\
2 & \underline{5} & \cdots\cdots\text{余 }1 & b_2 \\
2 & \underline{2} & \cdots\cdots\text{余 }0 & b_3 \\
2 & \underline{1} & \cdots\cdots\text{余 }1 & b_4 \\
 & 0 & &
\end{array}\quad\uparrow\text{读取次序}$$

故十进制数（23.8125）$_{10}$整数部分可以转换为（23）$_{10}$=(10111)$_2$。

(2) 十进制数转换成二进制数时，小数的转换采用“乘 2 取整法”。

若（S）$_{10}$是一个十进制的小数，对应的二进制小数为（$0.k_{-1}k_{-2}\cdots k_{-m}$）$_2$，据式（1-3）可知

$$(S)_{10}=k_{-1}2^{-1}+k_{-2}2^{-2}+\cdots+k_{-m}2^{-m}$$

将上式两边同乘以 2 得到

$$2(S)_{10}=k_{-1}+(k_{-2}2^{-1}+k_{-3}2^{-2}+\cdots+k_{-m}2^{-m+1})\qquad(1-8)$$

式（1-8）说明，将小数（S）$_{10}$乘以 2 所得乘积的整数部分即 k_{-1}。

同理，将式（1-8）中的小数部分再乘以 2 又可得到

$$2(k_{-2}2^{-1}+k_{-3}2^{-2}+\cdots+k_{-m}2^{-m+1})=k_{-2}+(k_{-3}2^{-1}+\cdots+k_{-m}2^{-m+2}) \qquad (1-9)$$

亦即乘积的整数部分就是 k_{-2}。

依此类推，将每次乘 2 后所得乘积的小数部分再乘以 2，便可求出二进制小数的每一位。

因此，$(0.8125)_{10}$化为二进制小数时可如下进行

$$\begin{array}{rl} 0.8125 & \\ \times\quad 2 & \\ \hline 1.6250 & \cdots\cdots\cdots\cdots \text{整数部分}=1=k_{-1} \\ 0.6250 & \\ \times\quad 2 & \\ \hline 1.2500 & \cdots\cdots\cdots\cdots \text{整数部分}=1=k_{-2} \\ 0.2500 & \\ \times\quad 2 & \\ \hline 0.5000 & \cdots\cdots\cdots\cdots \text{整数部分}=0=k_{-3} \\ 0.5000 & \\ \times\quad 2 & \\ \hline 1.0000 & \cdots\cdots\cdots\cdots \text{整数部分}=1=k_{-4} \end{array}$$

故十进制数 $(23.8125)_{10}$小数部分可以转换为 $(0.8125)_{10}=(0.1101)_2$，因此得

$$(23.8125)_{10}=(10111.1101)_2$$

十进制数转换成八进制数、十六进制数与十进制数转换成二进制数一样，也要将整数部分和小数部分分别进行转换，然后再将转换结果按原顺序排列起来就得到八进制数、十六进制数。此处不再赘述。

3. 二进制数与八进制数、十六进制数间的相互转换

把二进制数转换成等值的八进制数称为二—八转换数；把二进制数转换成等值的十六进制数称为二—十六转换。

(1) 由于 3 位二进制数恰好有 8 个状态，而把这 3 位二进制数看作一个整体时，它的进位输出又正好是逢八进一，所以只要从低位到高位将每 3 位二进制数分为一组并代之以等值的八进制数，即可得到对应的八进制数。

例如，将 $(11100101.11101011)_2$ 化为八进制数时可得

$$\begin{array}{cccccc} (011 & 100 & 101. & 111 & 010 & 110)_2 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ =(3 & 4 & 5. & 7 & 2 & 6)_8 \end{array}$$

(2) 二—十六转换是指把二进制数转换成等值的十六进制数。由于 4 位二进制数恰好有 16 个状态，而把这 4 位二进制数看作一个整体时，它的进位输出又正好是逢十六进一，所以只要从低位到高位将每 4 位二进制数分为一组并代之以等值的十六进制数，即可得到对应的十六进制数。

例如，将 $(01011110.10110010)_2$ 化为十六进制数时可得

$$\begin{array}{cccc} (0101 & 1110. & 1011 & 0010)_2 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ =(5 & \mathrm{E}. & \mathrm{B} & 2)_{16} \end{array}$$

相反地，把八进制数转换成等值的二进制数称为八—二转换，把十六进制数转换成等值的二进制数称为十六—二转换。转换时只需将八进制数和十六进制数的每一位分别用等值的3位、4位二进制数代替就行了。

例如，将八进制数 $(74.31)_8$ 化为二进制数时得到

$$\begin{array}{ccccc} & (7 & 4. & 3 & 1)_8 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ = & (111 & 100. & 011 & 001)_2 \end{array}$$

例如，将十六进制数 $(8F.C6)_{16}$ 化为二进制数时得到

$$\begin{array}{ccccc} & (8 & F. & C & 6)_{16} \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ = & (1000 & 1111. & 1100 & 0110)_2 \end{array}$$

第二节 码　　制

不同的数码不仅可以表示数量的不同大小，而且还能用来表示不同的事物。在后一种情况下，这些数码已没有表示数量大小的含义，只是表示不同事物的代号而已。这些数码称为代码。例如在举行长跑比赛时，为便于识别运动员，通常给每个运动员编一个号码。显然，这些号码仅仅表示不同的运动员，已失去了数量大小的含义。

为便于记忆和处理，在编制代码时总要遵循一定的规则，这些规则就叫做码制。例如，在用4位二进制数码表示1位十进制数的0～9这十个状态时，就有多种不同的码制。通常将这些代码称为二—十进制代码，简称BCD（Binary Coded Decimal）代码。

表1-1列出了几种常见的BCD代码，它们的编码规则各不相同。

表1-1　　几种常见的BCD代码

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

一、8421码

8421码是BCD代码中最常用的一种。在这种编码方式中每一位二值代码的1都代表一个固定数值，把每一位的1代表的十进制数加起来，得到的结果就是它所代表的十进制数。

由于代码中从左到右每一位的 1 分别表示 8、4、2、1，所以把这种代码叫做 8421 码。每一位的 1 代表的十进制数称为这一位的权。8421 码中每一位的权是固定不变的，它属于恒权代码。

二、余 3 码

余 3 码的编码规则与 8421 码不同，如果把每一个余 3 码看作 4 位二进制数，则它的数值要比它所表示的十进制数码多 3，故而将这种代码叫做余 3 码。

如果将两个余 3 码相加，所得的和将比十进制数和所对应的二进制数多 6。因此，在用余 3 码作十进制加法运算时，若两数之和为 10，正好等于二进制数的 16，于是便从高位自动产生进位信号。

此外，从表 1-1 中还可以看出，0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 的余 3 码互为反码，这对于求取对 10 的补码是很方便的。

余 3 码不是恒权代码。如果试图把每个代码视为二进制数，并使它等效的十进制数与所表示的代码相等，那么代码中每一位的 1 所代表的十进制数在各个代码中不能是固定的。

余 3 循环码是一种变权码，每一位的 1 在不同代码中并不代表固定的数值。它的主要特点是相邻的两个代码之间仅有一位的状态不同。因此，按余 3 循环码接成计数器时，每次状态转换过程中只有一个触发器翻转，译码时不会发生竞争—冒险现象。

三、2421 码和 5211 码

2421 码是一种恒权代码，它的 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 也互为反码，这个特点和余 3 码相仿。

5211 码是另一种恒权代码。如果按 8421 码接成十进制计数器，则连续输入计数脉冲时 4 个触发器输出脉冲对于计数脉冲的分频比从低位到高位依次为 5∶2∶1∶1。可见，5211 码每一位的权正好与 8421 码十进制计数器 4 个触发器输出脉冲的分频比相对应。这种对应关系在构成某些数字系统时很有用。

四、格雷码

格雷码是一种无权码。它的特点是相邻两组代码之间只有一位代码不同，其余各位都相同，而 0 和最大数 9 两组代码之间也只有一位代码不同。因此，它是循环码。如计数器按格雷码计数，则计数器每次状态更新也只有一位代码变化，这与其他代码同时改变两位或多位的情况相比，工作更为可靠。

本 章 小 结

1. 二进制是以 2 为基数的计数体制，它的进位规律是逢二进一，各位的权都是 2 的幂。二进制数转换为十进制数的方法是：将二进制数按权展开，然后求出各位加权系数的和即为所求十进制数。十进制数转换为二进制数的方法是：整数部分采用“除 2 取余”法，小数部分采用“乘 2 取整”法，然后按原顺序写出二进制数，就是十进制数对应的二进制数。十进制数和二进制数相互转换的方法也适用于十进制数和八进制数、十六进制数间的相互转换。

2. 二进制、八进制、十六进制的构成方法相同，所不同的是它们的基数（分别为 2、8、16）不同。求它们对应的十进制数的方法是将它们按权展开，然后求得各加权系数的和即可。二进制数和八进制数、十六进制数间的相互转换主要采用数位对照关系进行转换。

3. 常用BCD码有8421码、2421码、5421码、余3码、格雷码等，其中以8421码使用最广泛。

4. 格雷码为无权码，其特点是相邻两组代码之间只有一位代码不同，其余各位都相同，0和最大数9两组代码之间也只有一位不同，它是一种循环码。它在传输和转换过程中减少了错误，提高了可靠性。

习 题

1-1 填空题。

1. 二进制是以______为基数的计数体制，十进制是以______为基数的计数体制，十六进制是以________为基数的计数体制。

2. 二进制数只有____和____两个数码，其计数的基数是______，加法运算进位关系为______。

3. 十进制数转换为二进制数的方法是：整数部分用__________法，小数部分用____法。

4. 十进制数 $(23.76)_{10}$ 对应的二进制数为________，8421码为________，余3码为__________。

5. 二进制数转换为十进制数的方法是________。

6. 将二进制数 $(1011011)_2$ 表示为加权系数之和的形式为____________。

7. 格雷码的特点是________不同，其余各位________。

8. 数字电路主要是研究电路输出与输入信号之间的________，故数字电路又称____________。

1-2 判断题（正确的题在括号内填上"√"，错误的题则填上"×"）。

1. 二进制是以2为基数的计数体制。 （ ）
2. 二进制数的权值是10的幂。 （ ）
3. 十进制数整数转为二进制数的方法是采用"除2取余法"。 （ ）
4. BCD码是用4位二进制数表示1位十进制数。 （ ）
5. 二进制数转换为十进制数的方法是各位加权系数之和。 （ ）
6. 模拟电路又称逻辑电路。 （ ）
7. 余3码是用3位二进制数表示1位十进制数。 （ ）
8. 二进制数整数最低位的权值为2。 （ ）

1-3 选择题（正确的答案填入括号内）。

1. 1010的基数是（ ）。

A. 10　　B. 2　　C. 16　　D. 任意数

2. 下列数中，不是余3码的是（ ）。

A. 1011　　B. 1010　　C. 0110　　D. 0000

3. 二进制数整数最低位的权值是（ ）。

A. 0　　B. 1　　C. 2　　D. 4

4. 十进制数的权值为（ ）。

A. 10的幂　　B. 2的幂　　C. 16的幂　　D. 8的幂

5. 二进制数的权值为（　　）。
A. 10 的幂　B. 2 的幂　C. 16 的幂　D. 8 的幂

6. 在二进制计数系统中每个变量的取值为（　　）。
A. 0 和 1　B. 1～7　C. 0～10　D. 0～16

7. 十进制计数系统包含（　　）。
A. 六个数字　B. 十个数字　C. 十六个数字　D. 三十二个数字

8. $(1000100101110101)_{8421}$对应的十进制数为（　　）。
A. 8561　B. 8975　C. 2　D. 4

1－4　数制换算。

$(1011011)_2=(\quad)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_8$

$(110111101)_2=(\quad)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_8$

$(11001.11)_2=(\quad)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_8$

$(1010001.101)_2=(\quad)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_8$

$(205)_{16}=(\quad)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(3BD)_{16}=(\quad)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(B5.D)_{16}=(\quad)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(F5.C)_{16}=(\quad)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(149)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(89)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(127)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_2=(\quad)_8$

$(215.75)_{10}=(\quad)_{16}=(\quad)_2=(\quad)_8$

第二章

逻辑代数基础

逻辑代数是分析和设计数字电路的基础，本章将介绍逻辑代数的基本公式、常用定律和三个重要规则，然后介绍逻辑函数的表示方法，最后介绍逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。

逻辑代数是按一定的逻辑关系进行运算的代数，是分析和设计数字电路的数学工具。在逻辑代数中，只有 0 和 1 两种逻辑值，有与、或、非三种基本逻辑运算，还有或非、与非、与或非、异或几种导出逻辑运算。

第一节　逻辑代数中的三种基本运算

数字电路实现的是逻辑关系。逻辑关系是指某事物的条件（或原因）与结果之间的关系。逻辑关系常用逻辑函数来描述。

一、基本逻辑运算

逻辑代数中有三种基本逻辑运算：与、或、非。

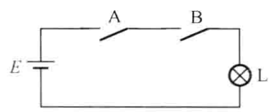
1. 与逻辑运算

与逻辑运算——只有当决定一件事情的条件全部具备之后，这件事情才会发生。我们把这种因果关系称为与逻辑运算。与逻辑运算的电路图如图 2－1（a）所示。

可以用列表的方式表示上述逻辑关系，称为真值表。与运算的真值表如图 2－1（b）所示。

如果用二值逻辑 0 和 1 来表示，并设 1 表示开关闭合或灯亮；0 表示开关不闭合或灯不亮，则得到如图 2－1（c）所示的表格，称为逻辑真值表。

与运算的规则为：“输入有 0，输出为 0；输入全 1，输出为 1”。



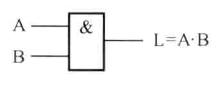
(a)

A	B	灯L
不闭合	不闭合	不亮
不闭合	闭合	不亮
闭合	不闭合	不亮
闭合	闭合	亮

(b)

A	B	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(c)



(d)

图 2－1　与逻辑运算

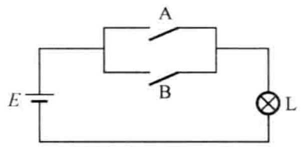
(a) 电路图；(b) 真值表；(c) 逻辑真值表；(d) 图形符号

在数字电路中能实现与运算的电路称为与门电路，其图形符号如图 2－1（d）所示。与运算可以推广到多变量，即

$$L = A \cdot B \cdot C \cdot \cdots$$

2. 或逻辑运算

或逻辑运算——当决定一件事情的几个条件中，只要有一个或一个以上条件具备，这件事情就会发生。我们把这种因果关系称为或逻辑运算。或逻辑运算的电路图如图 2－2（a）所示。



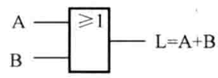
(a)

开关A	开关B	灯L
不闭合	不闭合	不亮
不闭合	闭合	亮
闭合	不闭合	亮
闭合	闭合	亮

(b)

A	B	L=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(c)



(d)

图 2-2　或逻辑运算

(a) 电路图；(b) 真值表；(c) 逻辑真值表；(d) 图形符号

或运算的真值表如图 2-2（b）所示，逻辑真值表如图 2-2（c）所示。若用逻辑表达式来描述，则可写为

$$L = A + B$$

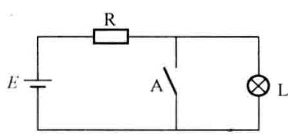
或运算的规则为："输入有 1，输出为 1；输入全 0，输出为 0"。

在数字电路中能实现或运算的电路称为或门电路，其图形符号如图 2-2（d）所示。或运算也可以推广到多变量，即

$$L = A + B + C + \cdots$$

3. 非逻辑运算

非逻辑运算——某事情发生与否，仅取决于一个条件，而且是对该条件的否定，即条件具备时事情不发生，条件不具备时事情才发生。



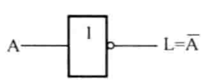
(a)

开关A	灯L
不闭合	亮
闭合	不亮

(b)

A	$L=\overline{A}$
0	1
1	0

(c)



(d)

图 2-3　非逻辑运算

(a) 电路图；(b) 真值表；(c) 逻辑真值表；(d) 图形符号

例如图 2-3（a）所示的电路，当开关 A 闭合时，灯不亮；而当 A 不闭合时，灯亮。其真值表如图 2-3（b）所示，逻辑真值表如图 2-3（c）所示。若用逻辑表达式来描述，则可写为

$$L = \overline{A}$$

非运算的规则为$\overline{0}=1$；$\overline{1}=0$。

在数字电路中实现非运算的电路称为非门电路，其图形符号如图 2-3（d）所示。

二、其他常用逻辑运算

任何复杂的逻辑运算都可以由这三种基本逻辑运算组合而成。在实际应用中为了减少逻