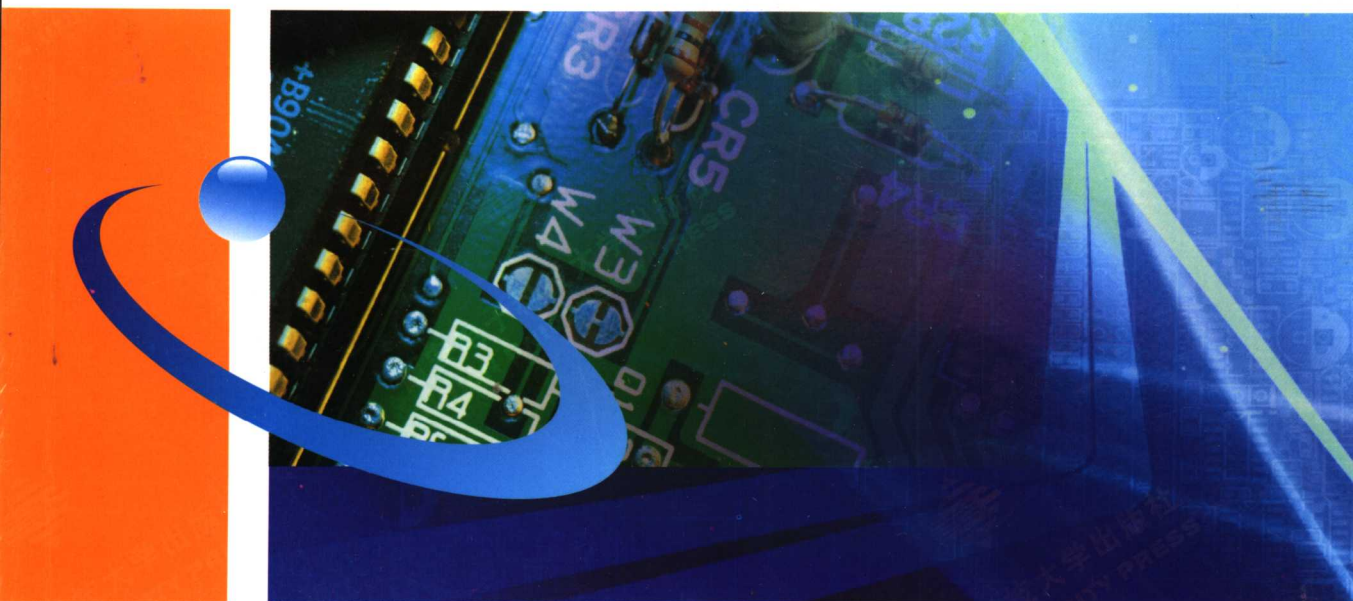




高 职 高 专 规 划 教 材



数字电子技术

蒋卓勤 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高职高专规划教材

数字电子技术

蒋卓勤 编著

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书根据高职高专电子技术课程教学要求编写。全书充分体现了职业教育的特点和要求,力求做到理论与实际紧密结合,通俗易懂,好学实用。本书共分8章,内容包括数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、小规模时序电路及其应用、中规模时序模块及其应用、数/模和模/数转换器原理与应用、存储器与可编程逻辑器件、脉冲单元电路。

本书可作为各类高职高专院校电气、自动化、机电等专业的教材或参考书,也可供相关专业工程技术人员参考。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/蒋卓勤编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2007.6

面向21世纪高职高专规划教材

ISBN 978-7-5606-1830-2

I. 数… II. 蒋… III. 数字电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 056050 号

策 划 臧延新

责任编辑 曹 昉 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2007年6月第1版 2007年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 12.125

字 数 281千字

印 数 1~4000册

定 价 15.00元

ISBN 978-7-5606-1830-2/TN·0370

XDUP 2122001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

为了适应职业教育的需要,作者根据教育部高教司高职高专院校课程教学要求编写了该教材。

数字电子技术是一门集电路基础、模拟电子电路、数字电路为一体的专业基础课。本书在编写过程中力求以实际应用为主线,以能力培养为根本,按照“必须、实用、够用”的原则,融入国外发达国家的教学理念,注重理论与实际的结合,并将知识进行重新组合与创新,实行整体优化,便于教学和自学。与现有的一些数字电路教材相比,本教材具有以下特点:

(1) 以数字集成电路及其应用贯穿全篇,同时考虑到当前数字电子技术飞速发展的现实,删除了晶体管开关特性、集成电路内部逻辑结构以及复杂的推导过程。内容上作到了简洁易懂、程度适中和重点突出。

(2) 突出了数字电子技术的应用性和实践性,强化了实际应用能力的培养,并配以大量的插图、表格、实物电路和实用电路,便于读者学习。

(3) 加强了中规模集成电路的介绍和应用,并适当介绍了大规模集成电路的原理和典型应用,既注意了与当前专业课的配合,又尽量考虑了今后的发展方向。

(4) 每章都有大量的计算机仿真和精心设计的习题,帮助学生理解,引导学生应用。

本教材由蒋卓勤教授主编,蒋卓勤、黄天录负责全书统稿。第1、2、3章由邓玉元编写,第4、5、6章由黄天录与蒋卓勤编写,第7、8章由蒋卓勤编写。

由于作者的学识水平和时间有限,书中难免存在不妥之处,殷切希望读者给予批评指正。

作 者

2007年3月

目 录

第 1 章 数字逻辑基础	1
1.1 数字信号与数字电路	1
1.1.1 模拟量与数字量	1
1.1.2 数字信号和数字电路	2
1.2 数制与编码	2
1.2.1 数制	2
1.2.2 数制间的转换	4
1.2.3 编码	5
1.3 逻辑代数的基本定律与规则	6
1.3.1 逻辑变量与逻辑函数	7
1.3.2 基本逻辑运算	7
1.3.3 逻辑代数的基本定律	10
1.3.4 逻辑代数的三个基本规则	11
1.3.5 逻辑函数的公式化简法	12
1.4 逻辑函数的卡诺图化简	14
1.4.1 逻辑函数的最小项表达式	14
1.4.2 逻辑函数的卡诺图表示法	15
1.4.3 逻辑函数的卡诺图化简法	17
1.4.4 包含任意项的逻辑函数的化简	21
本章小结	21
习题	22
第 2 章 逻辑门电路	24
2.1 常用逻辑门	24
2.1.1 基本逻辑门	24
2.1.2 复合逻辑门	27
2.2 TTL 逻辑门	28
2.2.1 TTL 与非门电路组成	29
* 2.2.2 工作原理	30
2.2.3 TTL 与非门的外部特性	30
2.2.4 其它逻辑功能的 TTL 门电路	33
2.3 MOS 门电路	35
2.3.1 NMOS 电路	35
2.3.2 CMOS 电路	36
2.4 集成电路使用常识	37
2.4.1 TTL 电路使用常识	37
2.4.2 CMOS 电路使用常识	40
2.5 逻辑门电路的计算机仿真实验	43
本章小结	43

习题	44
第 3 章 组合逻辑电路	47
3.1 组合电路的分析与设计	47
3.1.1 组合电路的分析	47
3.1.2 组合电路设计简介	50
3.2 中规模组合逻辑模块及其应用	51
3.2.1 加法器	52
3.2.2 数字比较器	53
* 3.2.3 编码器	55
3.2.4 译码器	58
3.2.5 数据选择器	64
* 3.3 组合电路的竞争与冒险	68
3.3.1 竞争与冒险	68
3.3.2 竞争与冒险的判断	69
3.3.3 消除冒险的方法	70
3.4 组合电路的计算机仿真实验	71
本章小结	72
习题	73
第 4 章 小规模时序电路及其应用	76
4.1 触发器	76
4.1.1 基本 RS 触发器	77
4.1.2 时钟 RS 触发器	80
4.1.3 时钟 D 触发器	82
4.2 集成触发器	83
4.2.1 JK 触发器	84
4.2.2 D 触发器	85
4.2.3 T 触发器	87
4.2.4 触发器的直接置位和直接复位	87
4.3 同步时序电路的分析	89
4.3.1 时序逻辑电路的一般结构	89
4.3.2 时序逻辑电路的一般分析方法	89
4.3.3 同步时序逻辑电路分析举例	90
* 4.4 典型同步时序电路的设计	92
4.4.1 设计步骤	93
4.4.2 设计举例	93
4.5 小规模时序电路的计算机仿真	94
本章小结	96
习题	97
第 5 章 中规模时序模块及其应用	101
5.1 中规模集成计数器及应用	101
5.1.1 二一五十一进制计数器 74LS90	101
5.1.2 四位二进制计数器 74LS161	108

5.2 中规模寄存器	112
5.2.1 寄存器	112
5.2.2 移位寄存器 74LS194	113
5.3 时序电路的计算机仿真	118
本章小结	120
习题	120
第 6 章 数/模和模/数转换器原理与应用	124
6.1 数/模转换器(DAC)	125
6.1.1 DAC 的主要技术参数	125
6.1.2 常用的 D/A 转换技术	126
6.1.3 典型 DAC 器件及其应用	129
6.2 模/数转换器(ADC)	132
6.2.1 A/D 转换的一般过程	132
6.2.2 ADC 的主要技术参数	134
6.2.3 常用 A/D 转换技术	135
6.2.4 典型集成 ADC 器件及其应用	138
6.3 A/D、D/A 转换器的计算机仿真	140
本章小结	141
习题	142
第 7 章 存储器与可编程逻辑器件	143
7.1 随机存储器 RAM	143
7.1.1 RAM 的存储单元	146
7.1.2 RAM 的结构	146
7.1.3 RAM 的扩展	148
7.2 可编程逻辑器件 PLD	149
7.2.1 可编程逻辑器件 PLD 的分类	149
7.2.2 PLD 器件的简化表示方法	151
7.2.3 PLD 器件的基本结构	151
7.3 只读存储器 ROM 和可编程逻辑阵列 PLA	153
7.3.1 ROM 的基本原理	153
7.3.2 ROM 在组合逻辑设计中的应用	154
7.3.3 ROM 的编程及分类	155
7.3.4 可编程逻辑阵列 PLA	156
* 7.4 PAL、GAL 的原理及应用	158
7.4.1 可编程阵列逻辑 PAL	158
7.4.2 GAL 的原理	160
7.4.3 GAL 的编程及应用	162
* 7.5 HDPLD 原理	163
7.5.1 阵列型 HDPLD	163
7.5.2 单元型 HDPLD	166
7.5.3 在系统编程技术和边界扫描技术简介	168
本章小结	169
习题	170

第 8 章 脉冲单元电路	171
8.1 555 定时器	171
8.1.1 芯片的电路结构	172
8.1.2 芯片的功能	173
8.2 施密特触发器	173
8.2.1 施密特触发器的特点	174
8.2.2 由 555 定时器构成的施密特触发器	174
8.2.3 施密特触发器的应用	175
8.3 多谐振荡器	176
8.3.1 与非门组成的多谐振荡器	176
8.3.2 由 555 定时器构成的多谐振荡器	178
8.3.3 多谐振荡器的应用	179
8.4 单稳态触发器	180
8.4.1 单稳态触发器的特点	180
8.4.2 由 555 定时器构成的单稳态触发器	180
8.4.3 单稳态触发器的应用	182
8.5 555 定时电路的计算机仿真	182
本章小结	183
习题	184
参考文献	185

第1章 数字逻辑基础

当今世界,“数字”这一术语已成为日常词汇,如在计算机、自动化装置、交通、电信、娱乐、空间探测等几乎所有的生产生活领域中,数字技术都得到了广泛的应用。通过本课程的学习,你会了解数字系统是如何工作的,并可以把所学到的知识应用于数字系统的分析与设计中。

1.1 数字信号与数字电路

1.1.1 模拟量与数字量

自然界中存在的物理量千变万化,但就其变化规律而言,可以分为模拟量和数字量两大类。

模拟量是指在时间上和幅度上都连续变化的物理量。图1-1(a)所示为某电路电压随时间变化的曲线。很显然,电压是随着时间的增加而连续变化的。再如一天中温度的变化也是连续的,所以,温度和电压等都属于模拟量。

数字量是指在时间上和幅度上都是不连续变化的物理量,或者说是离散的物理量,如开关的状态、生产线上产品的件数、人口统计时人口的数量等。图1-1(b)所示为某学校近几年的招生人数变化图,从图中可以看到,每年招生人数是跳跃式变化的,而非连续变化。

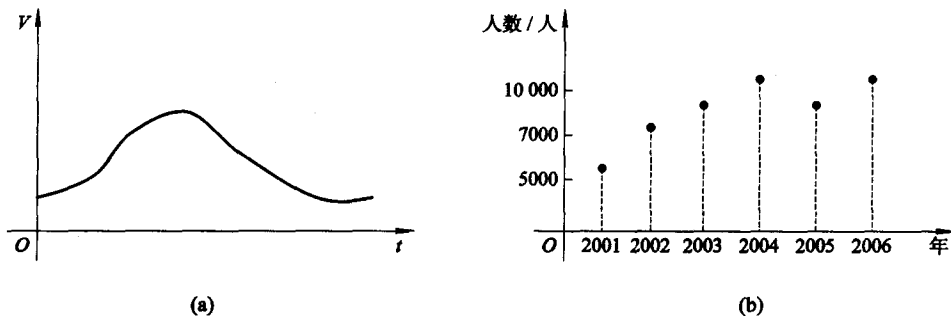


图1-1 模拟量与数字量

(a) 电压随时间变化曲线; (b) 学校招生人数变化图

模拟量的数字化是对模拟量分离取值的过程。如对气温的统计,每间隔一定时间记录一次,只按整数度记录,最小的表示单位是“度”,而实际气温变化是连续的。所以,记录气温的过程实际上是对模拟量数字化的结果。

数字量有一个最小数量单位,每次数值变化的增量或减量都是该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意义,如人口统计中的最小量化单位是一人。

1.1.2 数字信号和数字电路

表示数字量的信号称为数字信号，以数字信号方式工作的电路称为数字电路。一位数字信号只有 0 和 1 两个数码，用电路状态表示这两个数非常方便。相对模拟电路而言，数字电路具有误差小、抗干扰能力强、精度高等优点。

在数字电路中，我们将研究脉冲信号的产生与变换电路、分析与设计数字电路的数学工具——逻辑代数、组合电路和时序电路的分析与设计等。图 1-2 所示为一个数字频率计，它用来测量输入正弦信号的频率，其中包含了许多数字电路。

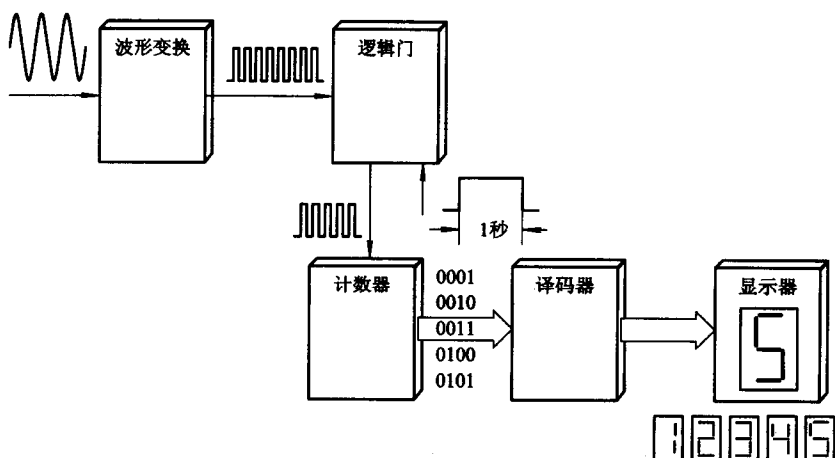


图 1-2 数字频率计组成框图

图 1-2 中各部分的功能如下：

波形变换：将输入的正弦波变换为脉冲波形输出。

逻辑门：由秒脉冲来控制门的断开和闭合。秒脉冲为高电位期间，逻辑门闭合，脉冲信号通过逻辑门；秒脉冲为低电位期间，逻辑门断开，脉冲信号无法通过逻辑门。

计数器：累计秒脉冲为高电位期间通过逻辑门的脉冲的数量，输出以二进制码表示。当逻辑门输出第一个脉冲时，计数器输出为 0001；当逻辑门输出第二个脉冲时，计数器输出为 0010。若在秒脉冲为高电位期间，共有 5 个脉冲通过逻辑门，则正弦信号的频率为 5 Hz。

译码器：对计数器的输出进行译码，为显示器提供输入和驱动。

显示器：显示计数器的输出。当计数器输出为 0101 时，显示器即显示数字 5，表示正弦信号的频率为 5 Hz。

那么，波形变换电路如何将输入的正弦波转换为脉冲波形，逻辑门如何控制信号的通与断，计数器如何统计门电路输出的脉冲数，译码器如何译码，显示器又是如何来显示门电路输出的脉冲数，所有这些问题在我们学完了这门课之后都能得到圆满的解决。

1.2 数制与编码

1.2.1 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，因此通常需要用进位计数

的方法来表示多位数码。我们把多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位进位的规则称为数制。

在日常生活中,常用的数制有很多。除了人们熟悉并常用的十进制外,还有时间单位中秒和分之间采用的六十进制,月和年之间采用的十二进制等。在数字系统中,广泛采用的则是二进制、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用的进位计数制。在十进制数中,每一位可以是0~9这10个数码中的一个。我们把十进制数中每一位可能出现的数码的个数称之为十进制计数的基数,所以,十进制数的基数是10。低位和相邻高位间的进位关系为“逢十进一”。

例如,任意一个十进制数,如 $(25)_{10}$ (本书中用下脚注表示括号里的数的进制数。下脚注10表示括号里的数为十进制数),都可以写成下面的表达式:

$$(25)_{10} = 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

从上式可以看出,十进制数中的每一位数码都乘上了10的幂次方。我们把 10^2 、 10^1 、 10^0 分别称为十进制数各位对应的权值,其大小为基数的幂次方。

2. 二进制

在数字电路中应用最广的计数进制是二进制。在二进制数中,每一位仅有0和1两个可能的数码,所以二进制数的基数为2。低位和相邻高位间的进位关系为“逢二进一”,故称二进制。二进制数各位的权为 2^i 。

例如,二进制数 $(1011)_2$ 可以展开为

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

上式表明,二进制数 $(1011)_2$ 代表的十进制数的大小为11。

二进制数的物理实现简单、易行、可靠,并且存储和传送方便,运算规则简单,在数字电路中得到了广泛的应用,但是二进制数书写位数太多,不便于记忆且不便于读出其大小。为此数字电路中也常采用八进制和十六进制。

3. 八进制

八进制数的每一位有0~7共8个可能的数码,所以计数基数为8。低位和相邻高位间的进位关系为“逢八进一”。

例如,八进制数 $(372)_8$ 可以展开为

$$(372)_8 = 3 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0 = (250)_{10}$$

所以,八进制数 $(372)_8$ 代表的十进制数的大小为250。

4. 十六进制

十六进制数的每一位有16个可能的数码,分别用0~9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15)表示,字母A~F分别表示十六进制数的10~15。十六进制数的基数为16,进位规律为“逢十六进一”。

例如,十六进制数 $(D7)_{16}$ 可以展开为

$$(D7)_{16} = 13 \times 16^1 + 7 \times 16^0 = (215)_{10}$$

所以,十六进制数 $(D7)_{16}$ 表示的十进制数的大小为215。

1.2.2 数制间的转换

数字电路中常使用的是二进制数，而我们熟悉的是十进制数，所以，在输入/输出接口上，经常需要进行数制之间的转换。

1. 二一十转换

把二进制数转换为等值的十进制数称为二一十转换。转换时只要将二进制数按多项展开式展开，求出系数与位权之积，然后把各项乘积相加，即可得到等值的十进制数了。

【例 1.1】 把二进制数 $(101111)_2$ 转换为十进制数。

$$(101111)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (47)_{10}$$

其它进制数转换为十进制数的方法与二一十转换的方法是类似的，在此不再叙述。

2. 十一二转换

十一二转换是指把十进制数转换为等值的二进制数。

【例 1.2】 把 $(21)_{10}$ 转换为二进制数。

转换方法采用“除 2 取余法”，即将十进制数的整数部分除以 2，得到商和余数，该余数即为二进制数整数部分的最低位 K_0 ；将除以 2 所得的商再次除以 2，则所得余数为 K_1 ；依次类推，直到商等于 0 为止，即可求得二进制整数的每一位了。

其整数部分的除法算式如下：

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 21} \cdots \cdots 1 \cdots \cdots K_0 \cdots \cdots \text{最低位} \\ 2 \overline{) 10} \cdots \cdots 0 \cdots \cdots K_1 \\ 2 \overline{) 5} \cdots \cdots 1 \cdots \cdots K_2 \\ 2 \overline{) 2} \cdots \cdots 0 \cdots \cdots K_3 \\ 2 \overline{) 1} \cdots \cdots 1 \cdots \cdots K_4 \quad \text{最高位} \\ 0 \end{array}$$

所以， $(21)_{10} = (10101)_2$ 。

将十进制整数转换为八进制、十六进制数的方法与十一二转换相同，即采用“除 R 取余”的方法。

【例 1.3】 将 $(53)_{10}$ 转换为八进制数。

其整数除法算式如下：

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 53} \cdots \cdots 5 \cdots \cdots K_0 \\ 8 \overline{) 6} \cdots \cdots 6 \cdots \cdots K_1 \\ 0 \end{array}$$

所以， $(53)_{10} = (65)_8$ 。

3. 二一八、十六转换

二进制转换为八进制或十六进制时，其整数部分从低位向高位每三位或四位为一组，最高一组不够时，用 0 补足，然后把每三位一组或四位一组的二进制数用相应的八进制或十六进制数表示。

【例 1.4】 将 $(11011100)_2$ 分别转换为八进制数和十六进制数。

分别将二进制数三位、四位一组可得：

$$(11011100)_2 = (11, 011, 100)_2 = (334)_8$$

$$(11011100)_2 = (1101, 1100)_2 = (DC)_{16}$$

4. 八、十六一二转换

转换时只需将八、十六进制数的每一位用等值的三位、四位二进制数替代就行了。

【例 1.5】将 $(54)_8$ 、 $(A8)_{16}$ 转换为二进制数。

$$(54)_8 = (101, 100)_2$$

$$(A8)_{16} = (1010, 1000)_2$$

1.2.3 编码

用特定的数码来表示不同的事物的过程称为编码。日常生活中关于编码的例子有很多,如电视机的遥控器、电脑、手机、计算器的输入设备——键盘等,都是通过编码的原理将输入要求转换为电视、电脑、手机能够识别的二进制代码。

通常,经过编码后得到的特定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,这些数码常称为代码。例如在举行体育比赛时,为便于识别运动员,通常给每个运动员编一个号。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,从而形成不同的编码形式。数字电路中常用的编码为二进制编码。常见的二进制编码如下。

1. 二一十进制码(BCD 码)

二一十进制码是指用四位二进制代码表示一位十进制数的编码方式,简称BCD码。由于四位二进制数共有16种组合,从中取出10个来表示一位十进制数,可以有很多种方案,即有多种不同的编码。表1-1列出了几种常见的BCD码。

表 1-1 几种常见的 BCD 码

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

8421BCD 码是 BCD 代码中最常用的一种。由于代码中从左到右每一位的 1 分别表示 8、4、2、1,所以把这种码叫作 8421 码。每一位的 1 代表的十进制数称为这一位的权。所以,8421 码为一种有权码,即把每一位的 1 代表的十进制数相加,得到的结果就是它所表示的十进制数码。如 $(1001)_{8421BCD} = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = (9)_{10}$ 。

5421 码、2421 码是另外两种有权码,只是权值和 8421 码不同。如 $(1001)_{5421BCD} = 1 \times 5$

$+1 \times 1 = (6)_{10}$ 。

余 3 码的编码规则和 8421 码、5421 码、2421 码不同。如果把每一个余 3 码看作四位二进制数, 则它所对应的十进制数值要比它表示的十进制数多 3, 所以称这种码为余 3 码。余 3 码中, 每一个余 3 码和它所表示的十进制数之间没有数值对应关系, 所以, 余 3 码属于无权码。

表示一个十进制数可以有很多种编码形式。例如, 十进制数 75 可以表示为

$$(75)_{10} = (01110101)_{8421BCD} = (10101000)_{5421BCD} = (10101000)_{\text{余3码}}$$

* 2. 格雷码

格雷码是一种无权码, 其特点是任意两个相邻码组之间只有一位代码不同。表 1-2 给出了四位格雷码的编码顺序。格雷码在传输过程中引起的误差较小, 所以是一种高可靠性编码。

表 1-2 四位格雷码

十进制数	二进制码				格雷码			
	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	G ₃	G ₂	G ₁	G ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0

1.3 逻辑代数的基本定律与规则

逻辑代数是英国数学家乔治·布尔(George Boll)在 19 世纪中叶提出的, 是用来描述客观事物之间逻辑关系的数学工具, 故又称为布尔代数。后来香农(Shannon)将布尔代数用到开关矩阵电路中, 因而又称为开关代数。现在, 逻辑代数被广泛用于数字逻辑电路和计算机电路的分析与设计中, 成为数字逻辑电路的理论基础, 是数字电路分析和设计的数学工具。

1.3.1 逻辑变量与逻辑函数

1. 逻辑变量

和初等代数中变量用字母表示一样,逻辑代数中的变量也用字母 A、B、C 等表示,这种变量称为逻辑变量。逻辑变量虽然也用字母表示,但其表示的含义以及取值都发生了变化。逻辑变量只有“1”和“0”两种可能的取值。这里“1”和“0”已不再表示数值的大小,而是代表完全对立的两种状态。例如,如果用“1”表示开关闭合,“0”则表示开关断开;用“1”表示高电位,“0”则表示低电位。

2. 逻辑函数

逻辑变量按照一定的逻辑运算规则构成的运算关系称为逻辑函数,用 $F=f(A, B, C, \dots)$ 表示,式中, A、B、C 称为输入逻辑变量(简称输入变量), F 称为逻辑函数。实际上,逻辑函数 F 也只有“0”和“1”两种取值,所以 F 也是一个逻辑变量。

3. 逻辑函数的描述

同一逻辑函数可有多种描述方法:逻辑表达式、真值表、卡诺图、逻辑图、波形图等。

(1) 逻辑表达式。用逻辑代数的基本运算表示逻辑变量之间关系的代数式叫作逻辑表达式。逻辑表达式的形式很多,基本的逻辑表达式有两种:与或式和或与式。

(2) 真值表。逻辑函数的真值表是一张用来描述输入变量与输出函数对应取值关系的表格。在真值表中,输入变量的各种取值组合和函数取值一一对应。

(3) 卡诺图。卡诺图是图形化的真值表,如果把各种输入变量取值组合下的输出函数值填入一种特殊的方格图中,即可得到逻辑函数的卡诺图。

(4) 逻辑图。用代表逻辑关系的逻辑符号所构成的逻辑函数关系图形叫作逻辑电路图,简称逻辑图。

(5) 波形图。根据输入变量的波形画出与之相对应的输出函数波形,即得到逻辑函数的工作波形图。

以上各种描述方法将在后面逐一介绍。

1.3.2 基本逻辑运算

和初等代数中有加、减、乘、除等基本运算一样,逻辑代数中也有基本逻辑运算。逻辑代数遵循逻辑运算规则,初等代数中的运算规则在逻辑代数中已不再适用,学习时一定要注意。

逻辑代数中的基本逻辑关系有三种:与逻辑、或逻辑、非逻辑。与之对应,逻辑代数中有三种基本的逻辑运算:与运算、或运算、非运算。

1. 与逻辑

为了便于理解与逻辑的含义,我们来看一个简单的开关电路。

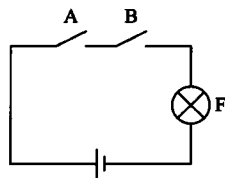


图 1-3 与逻辑开关电路

图 1-3 中,只要 A、B 两个开关中有一个是断开的,指示灯 F 就不会发亮,而只有当

A、B 两个开关同时闭合时，指示灯 F 才会发亮。也就是说，指示灯能否发亮取决于开关 A、B 的状态。如果把灯亮作为结果，决定灯亮时开关 A、B 的状态作为条件，我们称这种条件与结果之间的关系叫作与逻辑关系，简称与逻辑，也叫作逻辑乘。

在逻辑代数中，把与逻辑关系看作变量 A、B 之间的一种基本逻辑运算，简称与运算。描述与逻辑关系的表达式称为与逻辑表达式。与逻辑表达式为

$$F = A \cdot B = AB = A \times B$$

其中，“ $\cdot$ ”、“ $\times$ ”均表示与逻辑的运算符，读做“与”或“逻辑乘”。

若以 A、B 表示开关的状态，并用 1 表示开关闭合，用 0 表示开关断开；以 F 表示指示灯的状态，并用 1 表示灯亮，用 0 表示灯灭，则可列出用 0、1 表示的与逻辑关系的图表，如表 1-3 所示。这种图表叫作逻辑真值表，简称真值表。可见，所谓真值表是指把逻辑变量取值的所有可能组合及其对应的结果列成表格的形式。

由真值表可知，与运算的运算规则是：输入全 1，输出才为 1，即

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

表 1-3 与逻辑真值表

输 入		输出
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

2. 或逻辑

或逻辑可以用图 1-4 所示的开关电路来帮助理解。图 1-4 中 A、B 两个开关只要有一个或一个以上是闭合的，指示灯 F 就会发亮。这种条件与结果之间的关系叫作或逻辑关系，简称或逻辑，也叫作逻辑加。或逻辑表达式为

$$F = A + B$$

其中，“+”为或逻辑的运算符，读做“或”或“逻辑加”。

和描述与逻辑一样，若以 A、B 表示开关的状态，并用 1 表示开关闭合，用 0 表示开关断开；以 F 表示指示灯的状态，并用 1 表示灯亮，用 0 表示灯灭，则可列出或逻辑关系的真值表，如表 1-4 所示。

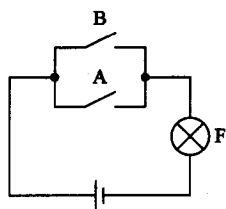


图 1-4 或逻辑开关电路

表 1-4 或逻辑真值表

输 入		输出
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

由或逻辑的真值表可以得到或运算的运算规则是：输入有 1，输出就为 1，即

$$0+0=0$$

$$0+1=1+0=1$$

$$1+1=1$$

3. 非逻辑

图 1-5 中开关 A 闭合时, 指示灯不亮; 开关断开时, 指示灯反而发亮。这种条件与结果之间的关系叫作非逻辑关系, 简称非逻辑, 也叫作逻辑求反。非逻辑的真值表如表 1-5 所示。

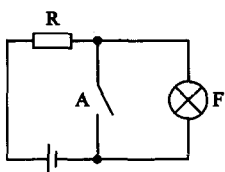


图 1-5 非逻辑开关电路

表 1-5 非逻辑真值表

输入	输出
A	F
0	1
1	0

非逻辑的运算关系表达式为

$$F = \overline{A}$$

其中, 变量 A 上的短横线代表逻辑非, 读作“A 非”或“非 A”。非运算的运算规则是: 输出与输入相反, 即

$$\overline{1}=0$$

$$\overline{0}=1$$

4. 复合逻辑关系

与、或、非是逻辑代数中最基本的逻辑运算, 而复杂的逻辑问题往往需要用与、或、非的复合逻辑运算来实现。比较常见的复合逻辑运算有与非、或非、与或非、异或和同或等。表 1-6 给出了这些关系的真值表。

(1) 与非逻辑。把与逻辑运算和非逻辑运算相结合可实现与非逻辑。其逻辑关系式为

$$F = \overline{AB}$$

运算顺序为: 先进行与运算, 然后进行非运算。由真值表 1-6 可知, 只有 A、B 全部为 1 时, 输出才为 0。与非运算规则是: 输入全 1, 输出才为 0。

表 1-6 复合逻辑关系真值表

运 算	与 非			或 非			异 或			同 或		
逻辑表达式	$F = \overline{AB}$			$F = \overline{A+B}$			$F = A \oplus B$			$F = A \odot B$		
真值表	A	B	F	A	B	F	A	B	F	A	B	F
	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1