

高等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

数字电子 技术基础

主编 李明杰 侯雅波



9
2



國防工業出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

数字电子技术基础

主 编 李明杰 侯雅波

副主编 汪 涛 王立颖 高 萍

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书内容包括脉冲和数字电路、数字电路的基础知识、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、存储器与可编程逻辑器件及数字电路的应用七部分。书中编写了较多工程应用实例和例题。每章之后有小结和思考练习题,书末附有模拟测试题,便于教学与自学。

本书可作为高职院校电子工程、通信、工业自动化、计算机应用技术、仪器仪表等专业的专业基础教材,也可作为相关专业技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/李明杰,侯雅波主编. —北京:国防工业出版社,2010.6

高等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06874-0

I. ①数... II. ①李... ②侯... III. ①数字电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 097387 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 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*
开本 787×1092 1/16 印张 9½ 字数 213 千字

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 22.00 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

本书是根据国家培养高素质技能型专门人才的有关要求编写的,本书内容的基本理论以必需、适度、够用为原则,尽量减少数理论证,以掌握概念、突出应用、培养技能为教学重点。如脉冲和数字电路部分重点介绍了脉冲信号和数字电路的概念、特点、分类和学习方法,介绍了常用逻辑运算关系、函数表示方法以及逻辑代数的化简方法;组合逻辑电路主要介绍了常用组合逻辑电路的分析与设计方法;触发器、时序逻辑电路部分重点介绍了触发器的基本类型、工作原理与特点,讨论了常用时序逻辑电路的分析方法与应用;并在最后一章介绍了数字电路的具体应用。全书概念叙述清楚,深入浅出,通俗易懂。书中理论联系实际,编写了较多工程应用实例和例题。每章之后有小结和思考练习题,书末附有模拟测试题部分,便于教学与自学。

本书由李明杰、侯雅波任主编。李明杰编写第1章、第2章、第3章,侯雅波编写第4章,王立颖编写第5章,汪涛编写第6章,高萍编写第7章。在本书编写过程中,得到了白城职业技术学院、咸宁职业技术学院、辽宁警官高等专科学校等学校的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于时间仓促,编者水平有限,书中恐有一些疏漏、欠妥和错误之处,敬请读者批评指正。如有问题,请与张永生编辑联系,电子邮箱:zhangyongsheng100@163.com。

编 者

目 录

第 1 章 脉冲和数字电路	1
1.1 脉冲信号和数字电路	1
1.2 脉冲信号的特点、波形与参数	2
1.2.1 脉冲信号的基本特点	2
1.2.2 脉冲信号的波形与参数	2
1.3 数字电路的分类和学习方法	3
1.3.1 数字电路的分类	3
1.3.2 数字电路的学习方法	3
本章小结	4
思考与练习题	4
第 2 章 数字电路的基础知识	5
2.1 数字电路概述	5
2.1.1 数字电路的基本概念	5
2.1.2 数制与编码	5
2.2 逻辑运算	9
2.2.1 逻辑代数的基本逻辑运算	10
2.2.2 逻辑函数及其表示方法	12
2.3 逻辑代数及逻辑函数的化简	13
2.3.1 逻辑代数的基本公式	13
2.3.2 逻辑代数的基本规则	14
2.3.3 逻辑函数的代数化简法	14
本章小结	18
思考与练习题	19
第 3 章 组合逻辑电路	21
3.1 集成门电路	21
3.1.1 基本逻辑门电路	21
3.1.2 三极管—三极管逻辑门电路(TTL)	25
3.1.3 CMOS 门电路	28

3.2 组合逻辑电路的分析和设计	32
3.3 常用组合逻辑电路	36
3.3.1 编码器	36
3.3.2 译码器	40
3.3.3 加法器	51
本章小结	53
思考与练习题	53
第4章 触发器	55
4.1 RS 触发器	55
4.1.1 基本 RS 触发器	55
4.1.2 同步 RS 触发器	58
4.2 JK 触发器	60
4.2.1 主从 RS 触发器	60
4.2.2 主从 JK 触发器	61
4.3 D 触发器和 T 触发器	63
4.3.1 D 触发器	63
4.3.2 T 触发器	64
4.4 CMOS 触发器	65
4.5 触发器应用实例	66
本章小结	69
思考与练习题	69
第5章 时序逻辑电路	72
5.1 同步时序逻辑电路的分析方法	73
5.1.1 同步时序逻辑电路分析步骤	73
5.1.2 同步时序电路分析举例	74
5.2 寄存器	77
5.2.1 数码寄存器	77
5.2.2 移位寄存器	79
5.3 计数器	81
5.3.1 二进制计数器	82
5.3.2 十进制计数器	87
5.3.3 集成计数器的应用	90
本章小结	93
思考与练习题	94

第 6 章 半导体存储器与可编程逻辑器件	96
6.1 半导体存储器概述	96
6.1.1 半导体存储器的分类	96
6.1.2 半导体存储器的主要技术指标	97
6.2 随机读写存储器	99
6.2.1 RAM 芯片的基本结构	99
6.2.2 SRAM	101
6.2.3 DRAM	103
6.2.4 RAM 的扩展	104
6.3 只读存储器	106
6.3.1 掩膜式只读存储器(MROM)	106
6.3.2 可编程只读存储器(PROM)	108
6.3.3 可擦除、可再编程只读存储器(PROM)	109
6.3.4 ROM 的应用	110
6.4 可编程逻辑器件	112
6.4.1 概述	112
6.4.2 PLD 的结构	112
本章小结	114
思考与练习题	115
第 7 章 数字电路的应用	117
7.1 整形与信号发生电路	117
7.1.1 集成 555 定时器	117
7.1.2 单稳态触发器	119
7.1.3 施密特触发器	121
7.1.4 多谐振荡器	123
7.2 数/模(D/A)与模/数(A/D)转换电路	125
7.2.1 数/模转换器(DAC)	125
7.2.2 模/数转换器(ADC)	128
本章小结	130
思考与练习题	131
附录 模拟测试题	132
参考文献	144

第1章 脉冲和数字电路

【学习目标】

1. 了解模拟信号与数字信号的概念。
2. 掌握脉冲信号的特点,了解常用脉冲信号的波形与参数。
3. 了解本课程的学习方法。

1.1 脉冲信号和数字电路

脉冲与数字电子技术已经广泛地应用于电视、雷达、通信、电子计算机、自动控制、电子测量仪表、核物理、航天等各个领域。例如:在通信系统中,应用数字电子技术的数字通信系统,不仅比模拟通信系统抗干扰能力强、保密性好,而且还能应用电子计算机进行信息处理和控制在,形成以计算机为中心的自动交换通信网;在测量仪表中,数字测量仪表不仅比模拟测量仪表精度高、测试功能强,而且还易实现测试的自动化和智能化。随着集成电路技术的发展,尤其是大规模和超大规模集成器件的发展,使得各种电子系统可靠性大大提高,设备的体积大大缩小,各种功能尤其是自动化和智能化程度大大提高。全世界正在经历一场数字化信息革命,即用0和1数字编码来表述和传输信息的一场革命。21世纪是信息数字化的时代,数字化是人类进入信息时代的必要条件。“数字逻辑设计”是数字技术的基础,是电子信息类各专业的主要技术基础课程之一。

自然界中有许多物理量是以模拟信号形式存在的。例如,时间、温度、压力、速度等,它们在时间和数值上都具有连续变化的特点,这种连续变化的物理量,习惯上称为模拟量。把表示模拟量的信号叫做模拟信号。例如,正弦变化的交流信号,它在某一瞬间的值可以是一个数值区间内的任何值。

还有一种物理量,它们在时间上和数量上是不连续的。它们的变化总是发生在一系列离散的瞬间,数量大小和每次的增减变化都是某一个最小单位的整数倍,而小于这个最小量单位的数值是没有物理意义的。例如,工厂中的生产只能在一些离散的瞬间完成产品,而且产品的个数也只能一个单位一个单位地增减。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,存在数字信号的电路叫做数字电路。

在数字电路中采用只有0、1两种数值组成的数字信号。一个0或一个1通常称为1bit,有时也将一个0或一个1的持续时间称为一拍。对于0和1可以用电位的低和高来表示,也可以用脉冲信号的无和有来表示。图1-1所示为数字信号1101110010的波形,高电平表示1、低电平表示0。

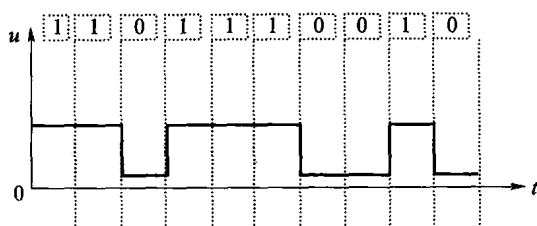


图 1-1 数字信号 1101110010 波形

1.2 脉冲信号的特点、波形与参数

1.2.1 脉冲信号的基本特点

人的脉搏是断续的、突然的跳动。脉冲这个词含有脉动和短促两层意思。开始,人们把两次作用间隔时间较长、而作用时间很短的电流或电压叫做脉冲电流或电压。现在,把一切具有突变性、周期性、非正弦波形的电流或电压信号统称为脉冲信号。脉冲信号是一种离散信号,形状多种多样,与普通模拟信号(如正弦波)相比,波形之间在时间轴不连续(波形与波形之间有明显的间隔)。最常见的脉冲波是矩形波(也就是方波)。脉冲信号可以用来表示信息,也可以用来作为载波,比如脉冲调制中的脉冲编码调制(PCM)、脉冲宽度调制(PWM)等,还可以作为各种数字电路、高性能芯片的时钟信号。

1.2.2 脉冲信号的波形与参数

脉冲信号的种类繁多,其常见波形如图 1-2 所示。

电子电路中的实际波形,并不像图 1-2 所示那么平直。图 1-3 是电路中的一种矩形波,以它为例,介绍其主要参数。

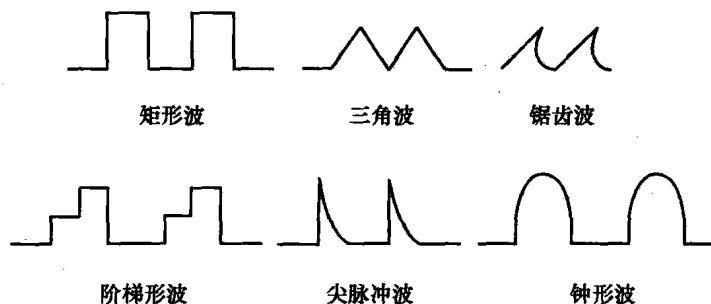


图 1-2 常见的脉冲信号波形

(1) 脉冲。指脉冲信号由静态值到峰值之间的变化量,也就是脉冲信号的最大值。若峰值大于静态值,为正脉冲;若峰值小于静态值,为负脉冲。

(2) 脉冲上升时间 t_r 。指脉冲信号从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所用的时间。脉冲上升时间也称脉冲前沿。

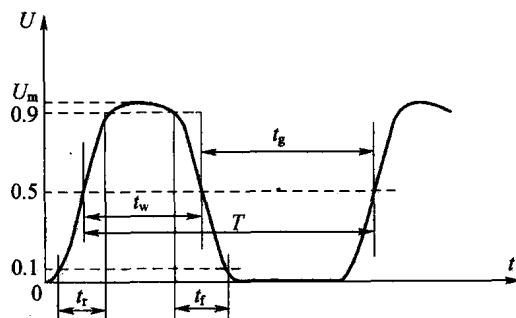


图 1-3 实际波形及参数

(3) 脉冲下降时间 t_f 。指脉冲信号从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所用的时间。脉冲下降时间也称脉冲后沿。

(4) 脉冲宽度 t_w 。指脉冲信号所持续的时间,即脉冲信号从脉冲前沿 $0.5U_m$ 处到脉冲后沿 $0.5U_m$ 处所用的时间。

(5) 脉冲间隔 t_g 。从上一个脉冲后沿 $0.5U_m$ 处到下一个脉冲前沿 $0.5U_m$ 处所用的时间。脉冲间隔也称脉冲休止期。

(6) 脉冲周期 T 。指两个相邻的同向脉冲信号上的对应点之间的间隔时间,且有 $T = t_w + t_g$ 。

(7) 脉冲频率 f 。脉冲周期的倒数就是脉冲频率,即 $f = 1/T$ 。脉冲频率的单位是赫 (Hz)。

(8) 空度系数 Q 。指脉冲周期与脉冲宽度的比值,即 $Q = T/t_w$ 。当矩形波的 $Q = 2$ 时,称为方波。

1.3 数字电路的分类和学习方法

1.3.1 数字电路的分类

因为数字电路具有“逻辑思维”能力,所以数字电路又称为数字逻辑电路。数字电路通常分为两大类,即组合逻辑电路和时序逻辑电路。

组合逻辑电路在逻辑功能上的特点是任意时刻的输出仅仅取决于该时刻的输入,与电路原来的状态无关。

时序逻辑电路在逻辑功能上的特点是任意时刻的输出不仅取决于当时的输入信号,而且还取决于电路原来的状态,或者说,还与以前的输入有关。

1.3.2 数字电路的学习方法

本课程的重点是数字电路的基本概念、基本原理、分析方法、设计方法和实验调试方法。

(1) 要掌握基本的原理和方法。只要掌握了基本的原理和方法,就可以分析给出的任何一种数字电路;也可以根据提出的任何一种逻辑功能,设计出相应的逻辑电路。

(2) 对于各类数字集成电路器件,重点是掌握它们的外部特性,包括逻辑功能和输入、输出端的电气特性。

(3) 重视实验和课程设计。实验前要先预习,实验在本课程中有着重要的作用,它可以帮助验证所学的理论,加深对理论知识的理解和掌握,培养理论联系实际的能力,培养实际动手能力及实验技能,培养分析问题与解决问题的能力。

(4) 学会查阅器件手册。从数字集成电路数据手册上查找所需要的器件型号,同时研究所选器件的功能真值表(时序器件还要研究时序图),从功能真值表中获取以下信息:①该器件本身的逻辑功能;②该器件的正确使用方法;③使用中注意事项等。

本章小结

本章通过对脉冲信号与数字电路的简单描述,分别介绍了数字信号与模拟信号的概念,同时也介绍了脉冲信号的主要参数。

模拟信号在时间和数值上有连续变化的特点;数字信号在时间和数值上变化不连续。

脉冲信号的主要参数有脉冲、脉冲上升时间 t_r 、脉冲下降时间 t_f 、脉冲宽度 t_w 、脉冲间隔 t_g 、脉冲周期 T 、脉冲频率 f 、空度系数 Q 。

另外,通过本章的学习,大家还了解了学习本课程的基本方法,希望大家在今后的学习中,在此基础上不断地推陈出新,举一反三。

思考与练习题

1-1 数字信号与模拟信号各有什么特点。

1-2 举例介绍你所了解的脉冲信号。

第2章 数字电路的基础知识

【学习目标】

1. 了解数字电路的基本概念。
2. 掌握不同进制之间的转换。
3. 熟练掌握基本逻辑运算,熟练运用真值表、逻辑式、逻辑图来表示逻辑函数。
4. 理解并掌握逻辑代数的基本公式和基本规则。
5. 熟练掌握逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。

2.1 数字电路概述

2.1.1 数字电路的基本概念

数字电子技术是现代工程技术的重要部分,是信息技术的基础。近几十年来,数字电子技术的飞跃发展给人们的日常生活带来了质的改变。

数字电路的工作信号是不连续变化的,其电路元件结构简单,易于集成化。可以采用逻辑代数、真值表、逻辑图等方法进行运算和分析。数字电路可以方便地对信息进行各种运算、处理,还可以模拟人脑进行逻辑判断与逻辑思维。

2.1.2 数制与编码

1. 数制

1) 数的几种常用进制

数制就是计数的方式。日常生活中,常用十进制数来记录事件的多少。在数字电路及其系统中,主要使用二进制和十六进制。在某些场合有时也使用八进制。

(1) 十进制(Decimal, D)。十进制是我们熟悉的计数体制。它用0~9十个数字符号,按照一定的规律排列起来,表示数值的大小。例如:

$$1991 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 1 \times 10^0$$

从这个四位十进制数不难发现十进制数的特点:

- ① 每一位有0~9十个数码,所以它的计数基数为10;
 - ② 同一个数字符号在不同的数位代表的数值不同,各位1所表示的值称为该位的权,它是10的幂;
 - ③ 低位数和相邻的高位数之间的进位关系是“逢十进一”。
- 所以, n 位十进制整数 $[M]_{10}$ 的表达式为

$$[M]_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 10^i$$

式中: K_i 为第 i 位的系数, 它可以取 0~9 十个数字符号中任意一个, 10^i 为第 i 位的权。

(2) 二进制(Binary, B)。二进制是在数字电路中应用最广的计数体制。它只有 0 和 1 两个数字符号, 所以计数的基数为 2。各位数的权是 2 的幂, 低位和相邻高位之间的进位关系是“逢二进一”。 n 位二进制整数 $[M]_2$ 的表达式为

$$[M]_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 2^i$$

式中: K_i 为第 i 位的系数, 可取 0 和 1 中任意一个; 2^i 为第 i 位的权。

二进制数只有两个数字符号, 运算规则简单, 在电路上实现起来也比较容易, 所以数字系统广泛采用二进制。但是, 数值大, 需要二进制数位数会很多, 既难记忆, 又不便于读写。为此, 在数字系统中, 又常使用八进制和十六进制。

(3) 八进制和十六进制。

① 八进制。在八进制数中, 有 0~7 八个数字符号, 计数的基数为 8, 低位和相邻高位间的关系是“逢八进一”, 各位数的权是 8 的幂。 i 位八进制整数表达式为

$$[M]_8 = K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 8^i$$

② 十六进制数。在十六进制数中, 计数的基数为 16, 有 16 个不同的数字符号: 0~9, A~F。低位和相邻高位间的关系是“逢十六进一”, 各数位的权是 16 的幂。 n 位十六进制数表达式为

$$[M]_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 16^i$$

例 2-1 求二位十六进制数 $[9E]_{16}$ 所对应的十进制数的值。

解: $[9E]_{16} = 9 \times 16^1 + 14 \times 16^0 = [158]_{10}$

可以看出, 用八进制和十六进制表示同一数值, 要比二进制简单得多, 而二进制转换成八进制和十六进制十分方便, 因此, 编写计算机程序时, 广泛使用八进制和十六进制。

2) 不同进制数的相互转换

为了简单了解不同进制数间的转化规律, 这里主要介绍它们整数的相互转换方法。

(1) 二进制和其他进制数转换成十进制数。由二进制、八进制和十六进制的一般表达式可知, 只要将它们按权展开, 求各位数值之和, 即可得到对应的十进制数。

例 2-2 试将八进制数 $[403]_8$ 转换成十进制数。

解: $[403]_8 = 4 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = [257]_{10}$

(2) 十进制数转换成二进制数, 见表 2-1。

表 2-1 十进制—二进制转换部分对照表

十 进 制	二 进 制
1(2^0)	1
2(2^1)	10
4(2^2)	100
8(2^3)	1000
16(2^4)	10000

(续)

十进制	二进制
$32(2^5)$	100000
$64(2^6)$	1000000
$128(2^7)$	10000000
$256(2^8)$	100000000
$512(2^9)$	1000000000
$1024(2^{10})$	10000000000

将十进制数转换为二进制数的方法是:连续除以2,直到商为0,每次所得到的余数从后向前排列即为转换后的二进制数。这种方法简称“除2逆取余法”。

按此方法,可用竖式除法表示转换过程。

例如:

$$\begin{array}{r|l} 2 & 11 \quad \dots \text{余数} \\ \hline 2 & 5 \quad \dots 1 \\ \hline 2 & 2 \quad \dots 1 \\ \hline 2 & 1 \quad \dots 0 \\ \hline & 0 \quad \dots 1 \end{array}$$

所以: $[11]_{10} = [1011]_2$ 。

(3) 八进制、十六进制和二进制的相互转换。

① 八进制和二进制整数的相互转换。八进制的基数 $8 = 2^3$, 所以,三位二进制数构成一位八进制数。若要将二进制整数转换成八进制数时,只要从最低位开始,按三位分组,不满三位者在前面加0,每组以其对应八进制数字代替,再按原来顺序排列即为等值的八进制数。如果八进制整数转换成二进制数,只要将每位八进制数字写成对应的三位二进制数,再按原来的顺序排列起来即可,见表2-2。

表 2-2 八进制—二进制转换对照表

八进制	二进制
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

例 2-3 将 $(110110110011011101)_2$ 转换为八进制数。

解: 110 110 110 011 011 101

6 6 6 3 3 5

即: $(110110110011011101)_2 = (666335)_8$ 。

② 十六进制和二进制整数的相互转换。由于十六进制的基数 $16 = 2^4$, 所以四位二进制数对应一位十六进制数。按照上述转换步骤, 只要将二进制数按四位分组, 即可实现它们之间的转换, 见表 2-3。

表 2-3 十六进制—二进制转换对照表

十六进制	二进制
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

例 2-4 试将二进制数 $[10110100111100]_2$ 转换成十六进制数。

解: $[10110100111100]_2 = [2D3C]_{16}$ 。

2. 编码

在数字系统中, 由 0 和 1 组成的二进制数码不仅可以表示数值的大小, 而且还可以用来表示特定的信息。这种具有特定含义的数码称为二进制代码。本书中常见的代码有二—十进制 (Binary Coded Decimal Codes, BCD) 码。

二—十进制码又称 BCD 码。它用四位二进制数组成一组代码, 来表示 0~9 十个数字。而代码与代码之间则为十进制关系。因为四位二进制代码有 $2^4 = 16$ 种状态组合, 从中取出十种组合表示 0~9 可以有多种方式, 因此 BCD 码有多种。

1) 8421 码

这种代码每一位的权都是固定不变的; 属于恒权代码。它和四位二进制数一样, 从高位到低位各位的权分别是 8、4、2、1, 故称为 8421 码。每个代码的各位数值之和就是它所

表示的十进制数。所以,它便于记忆,应用也比较普遍。

2) 2421 码和 5211 码

它们也属于恒权代码,从高位到低位的权分别是 2、4、2、1 和 5、2、1、1,故而得名。其中 2421 码又分为(A)和(B)两种代码,它们的编码状态不完全相同。在 2421(B)码中,0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 互为反码,即两码对应位的取值相反。

3) 余 3 码

这种代码所组成的四位二进制数,正好比它代表的十进制数多 3,故称余 3 码。两个余 3 码相加时,其和要比对应表示的十进制数之和多 6。因而两个十进制数之和等于 10 时,两个对应余 3 码之和相当于四位二进制的 16,刚好产生进位信号,不必进行修正。另外,余 3 码的 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 也互为反码。余 3 码不能由各位二进制数的权来决定其代表的十进制数,故属于无权码。

表 2-4 列出几种常用的二—十进制码。

表 2-4 几种常用的二—十进制码

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

2.2 逻辑运算

在数字逻辑电路中,为了描述事物两种对立的逻辑状态,采用的是仅有两个取值的变量。这种变量称为逻辑变量。逻辑变量和普通代数变量一样,都是用字母表示。但是它又和普通代数变量有本质的区别:逻辑变量是用 1 位二进制数码的 0 和 1 表示一个事物的两种不同逻辑状态。

“逻辑”在这里是指事物间的因果关系。当两个二进制数码表示不同的逻辑状态时,它们之间可以按照指定的某种因果关系进行推理运算。我们将这种运算称为逻辑运算。

英国数学家乔治·布尔(George Boole)在 1847 年首先提出了进行逻辑运算的数学方法——布尔代数。后来,由于布尔代数被广泛用于解决开关电路和数字逻辑电路的分析

与设计中,所以也将布尔代数称为逻辑代数。本节所讲的逻辑代数就是布尔代数在二值逻辑电路中的应用。

2.2.1 逻辑代数的基本逻辑运算

1. 与运算(逻辑与)

图 2-1 给出了指示灯的两开关串联控制电路。由图可知,只有 A 和 B 两个开关全都接通时,指示灯 Y 才会亮;如果有一个开关不接通,或两个开关均不接通,则指示灯不亮。由此例可以得到的逻辑关系如图 2-2 所示:只有决定事物结果(灯亮)的几个条件(开关 A 和 B 接通)同时满足时,结果才会发生。这种因果关系称为逻辑与,也叫与逻辑关系。

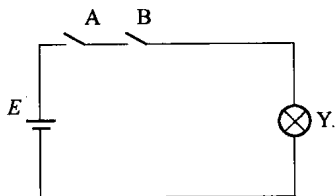


图 2-1 指示灯的两开关串联控制电路

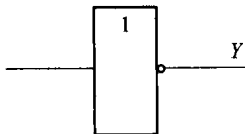


图 2-2 与逻辑关系符号

为了详细描述逻辑关系,常把“条件”和“结果”的各种可能性列成表格对应表示出来,表 2-5(a)为与逻辑关系表。如果用二值逻辑变量来表示上述关系,假设开关接通和灯亮均用 1 表示,开关不通(断)和灯不亮(灭)均用 0 表示,则可得到表 2-5(b)。这种用逻辑变量的真正取值反映逻辑关系的表格称为逻辑真值表,简称真值表。在逻辑代数中,把逻辑变量的直接逻辑与关系称作与运算,也叫逻辑乘法运算,并用符号“ $\cdot$ ”表示与。因此 A、B 和 Y 的与逻辑关系可写成

$$Y = A \cdot B$$

称为与逻辑表达式。

表 2-5 与逻辑关系与真值表

(a) 与逻辑关系表			(b) 与逻辑关系真值表		
开关 A	开关 B	灯 Y	A	B	Y
断	断	灭	0	0	0
断	通	灭	0	1	0
通	断	灭	1	0	0
通	通	亮	1	1	1

与逻辑关系还可以用逻辑符号表示,如图 2-2 所示。

2. 或运算(逻辑或)

图 2-3 给出了指示灯的两开关并联控制电路。显而易见,只要任何一个开关(A 或 B)接通或两个均接通,指示灯 Y 都会亮;如果两个开关均不接通,则灯不亮。由此可以得