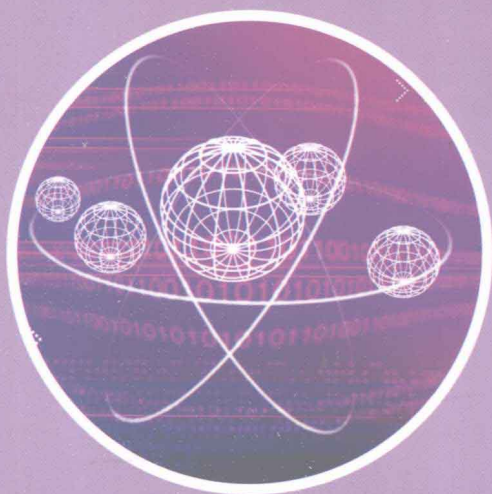




面向“十二五”精品规划系列教材

数字电子技术

宋家友 乐丽琴 ○ 主编
吴显鼎 ○ 主审



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



面向“十二五”精品规划系列教材

数字电子技术

主 编 宋家友 乐丽琴

副主编 黄礼万 栗红霞 王少华 万建臣

参 编 司小平 李姿景 王二萍 董雪峰

李海霞 田清华

主 审 吴显鼎



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

为适应电子技术迅速发展的需要,符合学校培养技术应用型人才的目标,在遵循“理论够用,注重实践”的原则下编写本教材。

本书全面介绍了数字电路和数字系统中常用电路及模块的工作原理、分析方法和设计方法,全书共9个章节,内容包括数字逻辑基础、集成逻辑门电路、组合逻辑门电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、半导体存储器与可编程逻辑器件、模数与数模转换电路、数字系统设计实例。

本书可作为高等学校电子工程、通信工程、自动控制、工业自动化、检测技术以及电子技术应用等专业的教材,同时也可作为本科数字电路课程的基本教材和教学参考书,还可供社会各种技能型人才教育培训及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/宋家友,乐丽琴主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0054 - 2

I. 数… II. ①宋… ②乐… III. 数字电路—电子技术 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 019937 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京朝阳印刷厂有限责任公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 17.25
字 数 409 千字
版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

《数字电子技术》是电子、通信、信息、雷达、计算机、电力系统及自动化等电类专业和机电一体化等非电类专业的一门专业基础课程。随着微电子技术和信息处理技术的迅速发展以及对新世纪人才培养目标的重新定位,对数字电路课程进行与时俱进的教学改革呼声越来越高,相关领域中不少专家学者已在这方面做出了瞩目的成就。本教材是编者长期致力于数字电路课程教学改革实践而编写的一本既满足专业培养要求,又具有一定特色的教材。

全书共9章。第1章为数字逻辑基础,主要介绍数制编码和逻辑代数的基本知识;第2章和第4章介绍基本数字器件集成逻辑门和触发器的基本特性,还对其内部结构作了简要讲述;第3章和第5章介绍了组合逻辑门电路和时序逻辑电路的分析方法和设计方法,重点是集成逻辑器件的应用,如各种常用中规模数字器件的基本功能及应用、以中规模器件为核心的组合电路和时序电路的分析、设计方法等;第6章介绍脉冲信号的产生与整形;第7章为半导体存储器和可编程逻辑器件,PLD是迅速发展起来的新型逻辑器件,本章简要介绍PLD的发展过程、电路结构特点、基本工作原理及开发过程,主要为今后应用这些器件打下基础;第8章为模数与数模转换电路;第9章为数字系统设计实例,通过几个常用的小型数字系统的设计举例,使读者了解数字系统的设计方法和设计过程。

本书在编写时精选内容、保证基础,同时又跟实际紧密结合,既能使学生学到基本数字电子技术知识,又能培养学生的工程实践能力。因此本教材在编写时具有以下特点:

(1)在内容选取上,本着“轻内部结构分析,重集成电路外特性及应用”的原则,更偏重于介绍目前普遍应用的新器件、新技术和新方法。

(2)在内容的次序安排上,注重既要使教师便于组织教学,又要便于学生自学和阅读,力求简明扼要,深入浅出,突出重点,并前后照应,便于自学。

(3)为提高学生解决实际问题的能力,编写时注重联系工程实际,在集成电路章节中选择了较多与实际紧密结合的例题和系统实例,并介绍了一些工程实践中常用的分析和设计方法,特别适用于培养应用型人才和三本院校以及高职高专院校的学生选用。

本书由黄河科技学院宋家友、乐丽琴任主编;广东阳江职业技术学院黄礼万,黄河科技学院栗红霞、万建臣,湖南生物机电职业技术学院王少华任副主编;黄河科技学院司小平、李姿景、王二萍、董雪峰、李海霞,石家庄职业技术学院田清华任参编;最后由宋家友、乐丽琴负责全书的修改和统稿工作。

本书由黄河科技学院吴显鼎审阅,并提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

编 者
2010年11月

目 录

第 1 章 数字逻辑基础

1.1 数制与编码	2
1.1.1 计数体制	2
1.1.2 数制间的转换	3
1.1.3 编码	4
1.2 逻辑代数基础	7
1.2.1 逻辑代数的基本概念	7
1.2.2 基本逻辑运算	8
1.2.3 复合逻辑运算	10
1.2.4 逻辑代数的基本定律、规则及常用公式	12
1.3 逻辑函数的化简	14
1.3.1 逻辑函数的两种标准形式	14
1.3.2 逻辑函数的常见表达式的类型	19
1.3.3 逻辑函数的代数法化简	19
1.3.4 逻辑函数的卡诺图化简	21
1.3.5 具有无关项的逻辑函数及其化简	27
▲思考题与习题 1	30

第 2 章 集成逻辑门电路

2.1 概述	34
2.2 晶体管的开关特性	35
2.2.1 半导体二极管的开关特性	35
2.2.2 半导体三极管的开关特性	36
2.2.3 MOS 管的开关特性	37
2.3 分立元件门电路	38
2.3.1 二极管与门	38
2.3.2 二极管或门	39
2.3.3 三极管非门	39

2.4 集成逻辑门电路	40
2.4.1 TTL 集成逻辑门	40
2.4.2 CMOS 电路	47
2.4.3 集成逻辑门电路的使用	51
▲思考题与习题 2	52

第3章 组合逻辑门电路

3.1 概述	55
3.2 组合逻辑电路的基本分析	55
3.3 组合逻辑电路的基本设计	58
3.4 典型的组合逻辑电路及应用	60
3.4.1 加法器	60
3.4.2 数值比较器	64
3.4.3 编码器	66
3.4.4 译码器	70
3.4.5 数据选择器	75
3.4.6 数据分配器	78
3.4.7 组合逻辑电路中的竞争冒险	79
▲思考题与习题 3	82

第4章 触发器

4.1 概述	86
4.2 基本 RS 触发器	86
4.2.1 由与非门构成的基本 RS 触发器	86
4.2.2 由或非门构成的基本 RS 触发器	87
4.2.3 基本触发器的功能描述方法	87
4.3 同步触发器	89
4.3.1 同步 RS 触发器	89
4.3.2 同步 D 触发器	91
4.3.3 同步 T 触发器和同步 T' 触发器	93
4.3.4 同步 JK 触发器	95
4.3.5 电平触发方式的工作特点	96
4.4 集成触发器	96
4.4.1 维持阻塞触发器	96
4.4.2 边沿触发器	97
4.4.3 主从触发器	98

4.5 触发器的逻辑符号及时序图	98
4.5.1 触发器的逻辑符号	98
4.5.2 触发器的时序图	100
▲思考题与习题 4	102

第5章 时序逻辑电路

5.1 概述	106
5.1.1 时序逻辑电路的特点及分类	106
5.1.2 时序逻辑电路的功能描述	107
5.2 时序逻辑电路的基本分析	107
5.3 时序逻辑电路的基本设计	113
5.4 计数器	120
5.4.1 计数器概述	120
5.4.2 2^n 进制计数器	121
5.4.3 集成计数器及其应用	125
5.5 寄存器和移位寄存器	135
5.5.1 基本寄存器 (Register)	135
5.5.2 移位寄存器	137
5.5.3 集成移位寄存器	139
5.5.4 移位寄存器型计数器	141
5.6 顺序脉冲发生器	145
▲思考题与习题 5	150

第6章 脉冲信号的产生与整形

6.1 概述	156
6.2 555 定时器电路	156
6.2.1 555 定时器电路的基本组成	157
6.2.2 555 定时器电路的工作原理及特点	158
6.3 施密特触发器	158
6.3.1 由 555 定时器电路构成的施密特触发器	159
6.3.2 集成施密特触发器	161
6.3.3 施密特触发器的应用	163
6.4 单稳态触发器	164
6.4.1 由 555 定时电路构成的单稳态电路	165
6.4.2 集成单稳态触发器	167
6.4.3 单稳态触发器的应用	170

6.5 多谐振荡器	172
6.5.1 由 555 定时电路构成的多谐振荡器	172
6.5.2 多谐振荡器的应用	174
6.5.3 石英晶体多谐振荡器	176
▲思考题与习题 6	178

第 7 章 半导体存储器与可编程逻辑器件

7.1 概述	182
7.2 只读存储器 (ROM)	182
7.2.1 只读存储器 (ROM) 的电路结构	183
7.2.2 掩膜 ROM	183
7.2.3 可编程 ROM (PROM)	188
7.2.4 可擦除可编程 ROM (EPROM)	189
7.2.5 电信号擦除的可编程 ROM (EEPROM)	189
7.2.6 快闪存储器 (Flash Memory)	190
7.3 随机存取存储器 (RAM)	191
7.3.1 静态 RAM (SRAM)	193
7.3.2 动态 RAM (DRAM)	194
7.3.3 RAM 的应用	194
7.4 可编程逻辑器件简介	196
7.4.1 可编程逻辑器件的基本结构和电路表示方法	197
7.4.2 可编程阵列逻辑 PAL	198
7.4.3 可编程通用阵列逻辑 GAL	199
7.4.4 复杂可编程逻辑器件 CPLD	200
7.4.5 现场可编程门阵列 FPGA	201
7.4.6 在系统可编程逻辑器件 ISP-PLD	202
▲思考题与习题 7	204

第 8 章 模数与数模转换电路

8.1 概述	206
8.1.1 数模、模数转换应用系统举例	206
8.1.2 数模、模数转换器的精度和速度	208
8.2 D/A 转换器 (DAC)	208
8.2.1 数模转换器的基本工作原理	208
8.2.2 T 型和倒 T 型电阻网络 DAC	210
8.2.3 权电流型 D/A 转换器	213
8.2.4 脉冲积分型 D/A 转换器	214

8.2.5	D/A 转换器的输出方式	214
8.2.6	数模转换器的主要技术指标	216
8.2.7	集成 D/A 转换器及其应用	217
8.3	A/D 转换器 (ADC)	222
8.3.1	A/D 转换的一般过程	222
8.3.2	A/D 转换器的工作原理	224
8.3.3	A/D 转换器的主要技术指标与选用原则	228
8.3.4	集成 A/D 转换器及其应用	229
▲	思考题及习题 8	236
 第 9 章 数字系统设计实例 		
9.1	数字电压表设计	239
9.2	数字频率计设计	242
9.3	数据采集系统设计	245
9.4	交通信号灯控制系统	249
附录		253
附录一	常用逻辑符号	253
附录二	数字集成电路型号命名法	256
附录三	文字符号及说明	258
附录四	常用标准数字集成电路器件索引	260
参考文献		265

第1章

数字逻辑 基础

▶ 数字逻辑电路主要研究数字信号的产生、存储、变换及运算等，其分析和设计方法是电子工程技术人员所必备的专业基础知识。

本章首先讲述数字设备中进行算术运算的基本知识——数制与编码，接着扼要的介绍逻辑代数的基本概念、基本的逻辑运算和常用的公式、定律及规则，最后着重讲述逻辑函数及其化简方法。

1.1 数制与编码

处理数字信号的电路称为数字电路，它能产生、存储、变换、传送数字信号以及具有对数字信号进行算术运算、逻辑运算、计数、显示等功能。数字电路的基本单元是开关器件或作为开关运用的各种电子器件，只有“接通”和“断开”两种状态。因此在数字系统中，要进行数据运算和数据处理，便相应地采用二进制数，即数字系统只能识别并处理二进制信息。可是人们在日常生活中习惯于用十进制，当要利用电子数字设备对十进制数进行处理时，必须把它转换成二进制，最后还要把用二进制表示的处理结果转换成便于人类识别的十进制。因此，需要学习不同的进制及其转换方法。

1.1.1 计数体制

数制 (Number System) 是计数进位制的简称，多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位进位的进位原则称为计数进位制。

数制有三个要素：数符，进位规律和进位基数。常用的数制有十进制、二进制、八进制及十六进制。

1. 十进制 (Decimal)

十进制 (Decimal) 用 0~9 这 10 个数符来表示，任何一个十进制数都可以用这十个数符按一定的规律并列在一起来表示，计数规则为“逢十进一，借一当十”，故称为十进制。任意一个十进制数 $(D)_{10}$ 均可展开为

$$\begin{aligned}(D)_{10} &= \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 10^i = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 + \\ &\quad K_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + K_{-m} \times 10^{-m} \\ &= (K_{n-1} K_{n-2} \cdots K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \cdots K_{-m})_{10}\end{aligned}\quad (1.1.1)$$

其中 k_i 是第 i 位的系数，它可以是 0~9 这 10 个数符中的任何一个，若整数部分的位数是 n ，小数部分的位数是 m ，则 i 包含 $(n-1) \sim 0$ 间的所有正整数和 $-1 \sim -m$ 间的所有负整数， 10^i 称为第 i 位的权值 (即基数的幂次)，十进制数各个位数的位权值是 10 的幂，“10”称为十进制数的基数。

【例 1.1】 $(136.65)_{10} = 1 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$ ，推导出 R 进制普遍表达式。

解：若以基数 R 代替题目中的 10，就可以得到 R 进制 (任意进制) 的普遍表达式：

$$\begin{aligned}(N)_R &= \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times R^i = K_{n-1} \times R^{n-1} + K_{n-2} \times R^{n-2} + \cdots + K_1 \times R^1 + K_0 \times R^0 \\ &\quad + K_{-1} \times R^{-1} + \cdots + K_{-m} \times R^{-m} \\ &= (K_{n-1} K_{n-2} K_{-2} \cdots K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \cdots K_{-m})_R\end{aligned}\quad (1.1.2)$$

2. 二进制 (Binary)

二进制 (Binary) 用 0 和 1 这两个数符来表示数字信息，基数 $R=2$ ，低一位权与高一位权之间的关系为“逢二进一，借一当二”，第 i 位的权值是 2^i ，任意一个二进制数 $(B)_2$ 可写成

$$\begin{aligned}
 (B)_2 &= \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 2^i = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 \\
 &\quad K_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m} \\
 &= (K_{n-1} K_{n-2} \cdots K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \cdots K_{-m})_2
 \end{aligned} \quad (1.1.3)$$

3. 2^K 进制计数制

用二进制表示较大的数值时,位数很多,例如: $(1024)_{10} = (10000000000)_2$,读写时容易出错,为了简洁的表示一个很长的二进制数,常常采用基数为 2^K 的进制计数制, K 是正整数,其中常用有八进制及十六进制。

八进制 (Octal) 是用 $0 \sim 7$ 共 8 个数符来表示数,计数的基数是 8,权值为 8^i ,低位和相邻高位之间的关系是“逢八进一,借一当八”,故称八进制。

十六进制 (Hexadecimal) 是用 $0 \sim 9$ 和 $A \sim F$ 这 16 个数符来表示数,计数的基数是 16,权值为 16^i ,低位和相邻高位之间的关系是“逢十六进一,借一当十六”,故称十六进制。

1.1.2 数制间的转换

1. R 进制—十进制转换

将 R 进制 (二进制、八进制、十六进制) 数转换为等值的十进制数,方法是:先将 R 进制数按位权展开,再将展开式按十进制规则相加,即可得到等值的十进制数。

【例 1.2】 将 R 进制数 $(10110.01)_2$, $(1024.2)_8$, $(2A.7F)_{16}$ 转换为十进制数。

解:

$$(10110.01)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-2} = 16 + 8 + 4 + 2 + 1 + 1 \times 2^{-2} = 31.25$$

$$(1024.2)_8 = 1 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 4 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} = 512 + 16 + 4 + 0.25 = 532.25$$

$$\begin{aligned}
 (2A.7F)_{16} &= 2 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 7 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2} = 32 + 10 + 0.438 + 0.059 \\
 &= 42.497
 \end{aligned}$$

2. 十进制— R 进制转换

将十进制转换为等值的 R 进制 (二进制、八进制、十六进制) 时,整数和小数部分的转换方法是不同的。整数部分的转换方法是:连除基数倒取余数,直到商为 0,转换结果是精确的。小数部分的转换方法是:连乘基数正取整,若经过若干次乘基数之后,其小数部分变为 0 时转换结束,若其小数部分结果将永远不会为 0,可以按照转换精度的要求,进行若干次乘基数运算后结束转换。

【例 1.3】 将十进制数 $(93)_{10}$ 转换成等值的十六进制数。

解:将十进制数 93 依次除以十六进制数的基数 16,并倒取其余数,转换过程如下:

	余数	↑ 低位
16	93	 D
16	5	 5
0		
		↑ 高位

因此,转换结果为 $(93)_{10} = (5D)_{16}$ 。

【例 1.4】 将十进制数 $(0.375)_{10}$ 转换成二进制数。

解：将十进制数 $(0.375)_{10}$ 依次乘以二进制数的基数 2，取乘积的整数部分，转换过程如下：

$0.375 \times 2 = 0.75$	取整	0	↓ 高位 低位
$0.75 \times 2 = 1.5$		1	
$0.5 \times 2 = 1.0$		1	

因此，转换结果为 $(0.375)_{10} = (0.011)_2$

3. 二进制— 2^K 进制转换

二进制数与 2^K 进制数之间可以很方便地转换，只要从二进制整数的最低位开始，每 K 个二进制数分为一组（不够 K 位的在前面补 0），然后写出每组对应的 2^K 进制数即可。反之，将 2^K 进制数转换为二进制时，只要将每位 2^K 进制数值转换为相应的 K 位二进制数即可。

【例 1.5】 将二进制数 $(11100011)_2$ 转换为八进制数 $(N)_8$ 。

解： $(11100011)_2 = (011'100'011)_2 = (343)_8$

【例 1.6】 将十六进制数 $(3AF)_{16}$ 转换为二进制数 $(N)_2$ 。

解： $(3AF)_{16} = (0011'1010'1111)_2 = (1110101111)_2$

1.1.3 编码

在数字系统中，常用 0 和 1 的组合来表示不同的数字、符号、动作或事物，这一过程叫做编码（Encode），这些组合称为代码（Code）。如“007”号运动员，“906”路公交车，学号“09001521”等。代码可以分为数字型和字符型，有权的和无权的。数字型代码用来表示数字的大小，字符型数码用来表示不同的符号、动作或事物。有权代码的每一位都定义了相应的位权，无权代码的数位没有定义相应的位权。

在编制代码时所遵循的规则称为码制。

1. 二进制编码（BCD 码）

二进制编码是用一组四位二进制码的 10 种组合表示一位十进制数 0~9，简称 BCD 码（Binary Coded Decimal）。

表 1.1.1 几种常用的 BCD 码

编码类型 十进制数	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码	余 3 循环码	5211 码
0	0000	0000	0000	0011	0010	0000
1	0001	0001	0001	0100	0110	0001
2	0010	0010	0010	0101	0111	0100
3	0011	0011	0011	0110	0101	0101
4	0100	0100	0100	0111	0100	0111
5	0101	1000	1011	1000	1100	1000
6	0110	1001	1100	1001	1101	1001
7	0111	1010	1101	1010	1111	1100

表 1.1.1 (续)

编码类型 十进制数	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码	余 3 循环码	5211 码
8	1000	1011	1110	1011	1110	1101
9	1001	1100	1111	1100	1010	1111
权值	8421	5421	2421	无	无	5211

①**有权码** 在有权码的编码方式中，每位代码的“1”都代表一个固定的十进制数值，称为这一位的权值。把每一位的“1”代表的十进制数值加起来，得到的结果就是它所代表的十进制数值。

例如：在 8421BCD 码中，从左到右每一位“1”的权值分别为 8、4、2、1，所以这种代码称为 8421 码，因每一位的权都是固定不变的，所以属于恒权代码。另外，5421 码，2421 码，5211 码也属于恒权代码。

5421 码的显著特点是：最高位连续 5 个 0 之后连续 5 个 1，当计数器采用这种编码时，最高位可产生对称方波输出。

2421 码的显著特点是：将任意一个十进制数符 D 的代码的各位取反，正好是与 9 互补的那个十进制数符 $(9-D)$ 的代码，如 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 均互为反码，这种特性称为自补特性，具有自补特性的代码称为自补码 (Self-Complementing Code)。

②**无权码** 在无权码的编码方式中，每位代码的“1”都不代表固定的数值，因此不能按照有权码的方法找到每个代码的十进制数值。

一般无权码都有一定的编码规则，例如：余 3 码是由 8421 码加上 3 (即 0011) 后得到的，余 3 码也是一种自补码。

余 3 循环码由 4 位二进制格雷码去除首尾各 3 组代码得到，仍然具有格雷码的特性，因而也称为格雷码。

2. 可靠性编码

①**Gray 码 (格雷码)** Gray 码也称循环码，其最基本的特性是任何相邻的两组代码中，仅有一位数码不同，(即代码的距离均为 1)，因而又叫单位距离码。Gray 码的单位距离特性有很重要的意义。假如两个相邻的十进制数 13 和 14，相应的二进制码为 1101 和 1110，在用二进制数作加 1 计数时，如果从 13 变 14，二进制码的最低两位都要改变，但实际上两位改变不可能完全同时发生，若最低位先置 0，然后次低位再置 1，则中间会出现 1101—1100—1110，即出现暂短的误码 1100，而 Gray 码只有一位变化，从而避免了出现这种错误的可能。

Gray 码的编码方案有多种，典型的 Gray 码如表 1.1.2 所示。从表中可以看出，这种代码除了具有单位距离码的特点外，还具有反射特性，即按表中所示的对称轴为界，除最高位互补反射外，其余低位数沿对称轴镜像对称。利用这一反射特性可以方便地构成位数不同的 Gray 码。

表 1.1.2 典型的 Gray 码

十进制数	二进制码	Gray 码	
	$B_3 B_2 B_1 B_0$	$G_3 G_2 G_1 G_0$	
0	0000	0000	…一位反射对称轴
1	0001	0001	…二位反射对称轴
2	0010	0011	
3	0011	0010	…三位反射对称轴
4	0100	0110	
5	0101	0111	
6	0110	0101	
7	0111	0100	…四位反射对称轴
8	1000	1100	
9	1001	1101	
10	1010	1111	
11	1011	1110	
12	1100	1010	
13	1101	1011	
14	1110	1001	
15	1111	1000	

②奇偶校验码 代码（或数据）在传输和处理过程中，有时会出现代码中的某一位由 0 错变成 1，或 1 变成 0。奇偶校验码是一种具有检验出这种错误能力的代码，奇偶校验码由信息位和一位奇偶检验位两部分组成。信息位是位数不限的任意一种二进制代码。检验位仅有一位，它可以放在信息位的前面，也可以放在信息位的后面。它的编码方式有奇校验和偶校验两种：使得一组代码中信息位和检验位中“1”的个数之和为奇数，称为奇校验；使得一组代码中信息位和检验位中“1”的个数之和为偶数，称为偶校验。

表 1.1.3 带奇偶校验的 8421BCD 码

十进制数	8421BCD 奇校验	8421BCD 偶校验
0	0000 1	0000 0
1	0001 0	0001 1
2	0010 0	0010 1
3	0011 1	0011 0
4	0100 0	0100 1
5	0101 1	0101 0
6	0110 1	0110 0
7	0111 0	0111 1
8	1000 0	1000 1
9	1001 1	1001 0
	信 检 息 验 位 位	信 检 息 验 位 位

③字符代码 ASCII 码，即美国信息交换标准码（American Standard Code for Information Interchange），是目前大部分计算机与外部设备交换信息的字符编码，在国际上广泛被采用，它用 7 位二进制代码表示 128 个字符和符号。ASCII 编码如表 1.1.4 所示。

表 1.1.4 ASCII 编码表

字 符 $B_7B_6B_5$ $B_4B_3B_2B_1$	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	E\C	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	↓	o	DEL

1.2 逻辑代数基础

逻辑代数（Logic Algebra）又称为布尔代数（Boolean Algebra）或开关代数（Switching Algebra），是英国数学家乔治·布尔创立的。逻辑代数研究逻辑变量间的相互关系，是分析和设计数字电路的数学工具。

1.2.1 逻辑代数的基本概念

逻辑是指事物因果之间所遵循的规律。为了避免用冗繁的文字来描述逻辑问题，逻辑代数采用逻辑变量和一套运算符组成逻辑函数表达式来描述事物的因果关系。

逻辑代数中的变量称为逻辑变量，一般用大写字母 A, B, C...表示，逻辑变量的取值只有两种，即逻辑 0 和逻辑 1，0 和 1 称为逻辑常量。但必须指出，这里的逻辑 0 和逻辑 1 本身并没有数值意义，它们并不代表数值的大小，而仅仅是作为一种符号，代表事物矛盾双方的两种状态。

逻辑函数与普通代数中的函数相似，它是随自变量的变化而变化的因变量。因此，如果用自变量和因变量分别表示某一事件发生的条件和结果，那么该事件的因果关系就可以用逻辑函数来描述。

数字电路的输入、输出量一般用高、低电平来表示，高、低电平也可以用逻辑 1 和 0 来表示。同时数字电路的输入与输出之间的关系是一种因果关系，因此它可以用逻辑函数来描述，并称为逻辑电路。对于任何一个电路，若输入逻辑变量 $A, B, C \dots$ 的取值确定后，其输出逻辑变量 F 的值也被唯一地确定了，则可以称 F 是 $A, B, C \dots$ 的逻辑函数，并记为

$$F = f(A, B, C \dots) \quad (1.2.1)$$

1.2.2 基本逻辑运算

1. 与运算（逻辑乘）

与运算（逻辑乘）表示这样一种逻辑关系：只有当决定某一事件结果的所有条件同时具备时，结果才能发生。例如，在图 1.2.1 所示的串联开关电路中，只有在开关 A 和 B 都闭合的条件下，灯 F 才亮，这种灯亮与开关闭合的关系就称为与逻辑。如果设开关 A, B 闭合为 1，断开为 0，设灯 F 亮为 1，灯灭为 0，则 F 与 A, B 的与逻辑关系可以用表 1.2.1 所示的真值表来描述。真值表就是将自变量的各种可能的取值组合与其因变量的值一一列出来的表格形式。

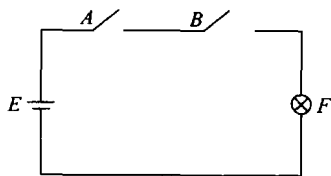


图 1.2.1 与逻辑实例

表 1.2.1 与逻辑运算真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

与逻辑可以用逻辑表达式表示为

$$F = A \cdot B \quad (1.2.2)$$

在逻辑代数中，与逻辑又称为与运算或逻辑乘。符号“ $\cdot$ ”表示逻辑乘，在不致混淆的情况下，常省去符号“ $\cdot$ ”。

实现与逻辑的单元电路称为与门，其逻辑符号如图 1.2.2 所示，其中图 (a) 为我国常用的传统符号，图 (b) 为国外流行的符号，图 (c) 为国标符号。图 1.2.3 是一个 2 输入的二极管与门电路。图中输入端 A, B 的电位可以取两种值如高电位 +3V 或低电位 0V。

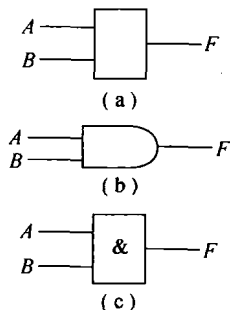


图 1.2.2 与门的逻辑符号

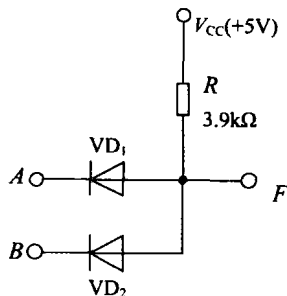


图 1.2.3 二极管与门电路