

• 高等学校教学用书 •

数字电子技术基础教程

刘志刚 陈小军 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高等学校教学用书

数字电子技术基础教程

主 编	刘志刚	陈小军
副主编	黄 铂	胡燕妮
	田 磊	任少峰

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2010

内 容 简 介

本书介绍了数字电路的基础知识和常规内容,同时还介绍了数字电子技术的新器件、新技术,其中包括常用中、大规模数字集成电路的分析与应用,各类常用器件的测试技能等。全书共分8章,包括数字电路基础、门电路、组合逻辑电路的分析与设计、触发器、时序逻辑电路的分析与设计、脉冲波形的产生和整形、模拟量和数字量的转换及数字电子技术实验实训等。

本书深入浅出,重点明确,实例丰富,可以作为高校电子、通信、光电、计算机、电气及自动化等相关专业的教学用书,尤其适合高职高专院校和应用型本科院校电气信息类专业使用;也可供高级技术人员参考或作为相关工程技术人员培训教材及应用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础教程/刘志刚,陈小军主编. —北京:
冶金工业出版社, 2010. 8
高等学校教学用书
ISBN 978-7-5024-5313-8

I. ①数… II. ①刘… ②陈… III. ①数字电路—
电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 155337 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 张 晶 张 卫 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 卿文春 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5313-8

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 8 月第 1 版, 2010 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 10.5 印张; 276 千字; 156 页

23.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

“数字电子技术”是电子、通信、光电、计算机、电气及自动化等电类专业的一门重要专业基础课。随着电子技术和信息处理技术的迅猛发展,数字电子技术已成为当今电子领域不可或缺的一项技术。为了适应 21 世纪电子技术人才的培养需要,编者根据多年教学经验和体会,编写了本教材。本书系统地介绍了数字电子技术的基本理论和分析、设计方法,以及常用数字电路电子器件的应用。希望学生在学习完本教材后,能熟练掌握常用数字电路的基本结构和分析方法,为学习后续课程和将来从事电子技术及相关方面的工作打下良好的基础。

全书共分 8 章。第 1 章介绍了数字电路的基础知识、数字电路的测试方法以及逻辑代数、逻辑函数的各种表示方法和化简方法;第 2 章介绍了门电路及其基本应用;第 3 章介绍了组合逻辑电路,包括组合逻辑电路的分析、设计方法以及常用组合逻辑器件的应用;第 4 章讲述了各类触发器,包括触发器的组成与测试;第 5 章介绍了时序逻辑电路及其分析、设计和应用;第 6 章介绍了脉冲波形的产生和整形电路;第 7 章介绍了模拟量和数字量的转换接口(A/D 与 D/A)电路及其常用器件;第 8 章介绍了 6 个典型的数字电子技术实验实训,供读者参考。

根据高职高专学校和应用型本科院校教学实际情况而编制的本教材具有一些鲜明的特色:

(1) 针对实践性本、专科的教学特点,精选教材内容。根据“以实用为主,理论够用为度”的编写原则,选择学生能在后续课程和今后工作中应用的知识点为基础进行理论讨论和分析计算,所涉及的概念描述清晰简练,学习目的明确,内容鲜明实用。

(2) 编者注重理论的严谨性,在保持内容的先进性、完整性的同时,叙述力求深入浅出,且注重实用性。本书对每个问题的理论和概念的叙述力求由浅入深,避免了一些复杂的理论推导与计算,着重于结果的应用和物理意义的表述,特别是注重图解法与形象化的描述。

(3) 习题的选择“少而精”。根据每章要求学生必须掌握的知识点,精选了相应的习题。这样不仅让学生在练习中加深对知识点的印象,而且避免了学生因学习负担过重而缺乏自信心的情况。

(4) 全书结构合理, 内容精炼, 图文搭配, 既方便教师课堂讲授, 也利于学生课后自学。

通过本课程的教学, 力求使学生具备以下能力: (1) 能正确分析常见数字电路; (2) 能准确设计简单数字电路; (3) 能利用所学知识进行与数字电路相关的电子综合设计。

本书第1章由任少峰执笔; 第2章由陈小军执笔; 第3章由胡燕妮执笔; 第4章由黄铂执笔; 第5、第6、第8章和所有章节课后习题及参考答案由刘志刚执笔; 第7章由田磊执笔。全书由刘志刚统稿, 由熊年禄教授审稿。

本书的编写工作得到了武汉理工大学、武汉生物工程学院、中国地质大学江城学院、湖北生态工程职业技术学院、河南工业职业技术学院等院校领导和同事们的大力支持, 编写中熊年禄教授给予了热情的关心和帮助, 在此一并表示衷心的感谢, 同时也向本书编写过程中所用到的参考文献的作者表示最诚挚的谢意。读者如需本书的课后习题详细解答和配套电子课件, 或有相关建议和意见, 请发邮件到 893694917@qq.com。

编 者
2010年6月

目 录

1 数字电路基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 数字电路的基本概念及其特点	1
1.1.2 数制和码制	2
1.2 逻辑代数中的基本逻辑运算	6
1.2.1 “与”运算 (AND)	6
1.2.2 “或”运算 (OR)	7
1.2.3 “非”运算 (NOT)	7
1.2.4 其他逻辑运算	8
1.3 逻辑代数的常用公式及基本定理	9
1.3.1 基本公式	10
1.3.2 其他常用公式	10
1.3.3 逻辑代数的基本定理	10
1.4 逻辑函数及其表示方法	12
1.4.1 逻辑函数	12
1.4.2 逻辑函数的表示方法	12
1.5 逻辑函数的化简	13
1.5.1 逻辑函数的公式法化简	13
1.5.2 逻辑函数的卡诺图法化简	14
1.5.3 具有无关项的逻辑函数及其化简	16
1.6 本章小结	17
习题	17
2 门电路	19
2.1 分立元件门电路	19
2.1.1 二极管与门电路	19
2.1.2 二极管或门电路	19
2.1.3 三极管非门电路	20
2.2 集成 TTL 门电路	20
2.2.1 TTL 与非门电路	20
2.2.2 TTL 与非门的主要技术参数	23
2.2.3 集电极开路与非门和三态输出与非门	25
2.2.4 其他类型的 TTL 门电路	29

2.2.5	TTL 集成逻辑门电路系列简介	31
2.3	集成 CMOS 门电路	32
2.3.1	CMOS 反相器	32
2.3.2	CMOS 与非门	34
2.3.3	CMOS 漏极开路门 (OD 门)	34
2.3.4	CMOS 传输门	35
2.3.5	CMOS 逻辑门电路的系列及主要参数	36
2.4	门电路的接口	37
2.4.1	TTL 门驱动 CMOS 门	37
2.4.2	CMOS 门驱动 TTL 门	38
2.4.3	TTL 和 CMOS 电路带负载时的接口问题	39
2.4.4	多余输入端的处理	39
2.5	本章小结	40
	习题	40
3	组合逻辑电路的分析与设计	43
3.1	组合逻辑电路概述	43
3.2	组合逻辑电路的分析方法	43
3.2.1	组合逻辑电路的一般分析方法及步骤	43
3.2.2	组合逻辑电路分析示例	44
3.3	组合逻辑电路的设计方法	46
3.3.1	组合逻辑电路设计方法概述	46
3.3.2	组合逻辑电路的设计举例	46
3.4	常用中规模集成电路	49
3.4.1	编码器	49
3.4.2	译码器、数据分配器	52
3.4.3	加法器	56
3.4.4	数据选择器	58
3.4.5	一位数字比较器	60
3.5	组合逻辑电路中的竞争冒险现象	60
3.5.1	竞争冒险现象及其产生原因	60
3.5.2	消除竞争冒险的方法	61
3.6	本章小结	61
	习题	62
4	触发器	67
4.1	触发器概述	67
4.2	触发器的电路结构形式	67
4.2.1	基本 RS 触发器	67

4.2.2 同步触发器	69
4.2.3 主从触发器	72
4.2.4 维持阻塞边沿 D 触发器	77
4.2.5 触发器的脉冲工作特性	78
4.3 触发器的逻辑功能及其描述方法	80
4.3.1 触发器按逻辑功能的分类	80
4.3.2 不同触发器逻辑功能的转换	80
4.4 集成触发器	81
4.4.1 集成触发器的主要参数	81
4.4.2 集成触发器举例	82
4.5 本章小结	83
习题	84
5 时序逻辑电路的分析与设计	87
5.1 时序逻辑电路概述	87
5.1.1 时序逻辑电路的结构特点	87
5.1.2 时序逻辑电路的分类	87
5.1.3 时序逻辑电路的表示方法	88
5.2 时序逻辑电路的分析方法	88
5.2.1 同步时序逻辑电路分析举例	88
5.2.2 异步时序逻辑电路分析举例	90
5.3 常用的时序逻辑电路	91
5.3.1 数码寄存器和移位寄存器	91
5.3.2 计数器	95
5.4 同步时序逻辑电路的设计方法	104
5.5 本章小结	104
习题	105
6 脉冲波形的产生和整形	109
6.1 多谐振荡器	109
6.1.1 多谐振荡器的电路原理	109
6.1.2 石英晶体振荡器	110
6.2 单稳态触发器	111
6.2.1 微分型单稳态触发器	112
6.2.2 集成单稳态触发器	113
6.2.3 单稳态触发器的应用	116
6.3 施密特触发器	118
6.3.1 施密特触发器的电路组成和工作原理	118
6.3.2 集成施密特触发器及其应用	120

6.4 555 定时器及其应用	122
6.4.1 555 定时器的内部结构	123
6.4.2 555 定时器的应用	124
6.5 本章小结	127
习题	127
7 模拟量和数字量的转换	131
7.1 数/模 (D/A) 转换器	131
7.1.1 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	131
7.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	132
7.1.3 集成 D/A 转换器 AD7520、ADC0832 及其应用	133
7.2 模/数 (A/D) 转换器	136
7.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器的工作原理	136
7.2.2 A/D 转换器的主要技术指标	136
7.2.3 集成 A/D 转换器 ADC0809 及其应用	137
7.3 本章小结	138
习题	138
8 数字电子技术实验实训	140
实验 1 TTL 与非门的参数和特性测试	140
实验 2 组合数字电路	141
实验 3 555 定时器的应用	145
实验 4 中规模计数器	147
实验 5 波形发生电路	149
实验 6 开关稳压电源控制器 SG3524 及其应用	150
附 录	153
附录 A TTL 和 CMOS 逻辑门电路的技术参数	153
附录 B 常用逻辑符号对照表	154
参考文献	156

1 数字电路基础

伴随现代电子技术的发展，人们正处于一个信息高速发展的时代，“数字”二字正以越来越高的频率出现在各个领域，如数字电视、数字通信、数字控制等，数字化已成为当今电子技术的发展潮流。数字电路几乎应用于每一个电子设备或电子系统中。电子计算机、数控技术、通讯设备、图像处理、数字仪表等无一不采用数字电路。

本章首先介绍数字电路的一些基本概念、特点及常用数制和码制；然后介绍逻辑代数中的基本运算、常用公式及基本定理；最后介绍逻辑函数及其表示和化简方法。

1.1 概 述

1.1.1 数字电路的基本概念及其特点

1.1.1.1 数字信号

电子电路中的信号可分为两类：一类是指时间上和数值上都连续变化的信号，称为模拟信号，如图 1-1 所示；另一类是指时间和数值上都不连续变化的离散信号，称为数字信号，如图 1-2 所示。

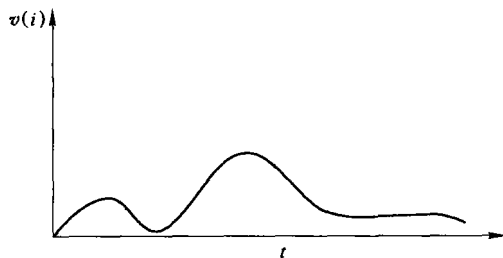


图 1-1 模拟信号

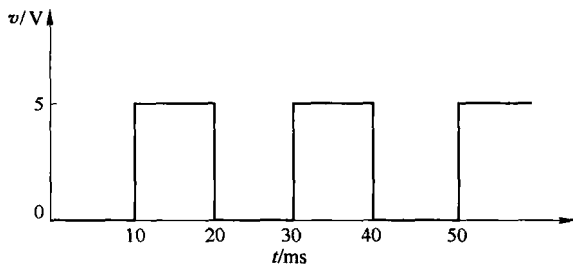


图 1-2 典型的数字信号图

数字信号是表示数字量的信号，一般来说，数字信号是在两个稳定状态之间作跳跃式变化，它有电位型和脉冲型两种表示形式：（1）用高低不同电位信号表示数字 1 和 0 的是电位型表示法；（2）用有无脉冲表示数字 1 和 0 的是脉冲型表示法。

1.1.1.2 数字电路

用于生产、传输、处理数字信号的电路称为数字电路。

A 数字电路的分类

数字电路按其组成结构不同分为分立元件和集成电路两类。其中，集成电路按集成度大小分为小规模集成电路（SSI 集成度为 1 ~ 10 门/片）、中规模集成电路（MSI 集成度为 10 ~ 100 门/片）、大规模集成电路（LSI 集成度为 100 ~ 1000 门/片）和超大规模集成电路（VLSI 集成度为大于 1000 门/片）。

按电路所用器件不同分为双极型和单极型电路。其中双极型电路有 DTL、TTL、ECL 等；单极型电路有 JFET、NMOS、PMOS、CMOS 等。

按电路逻辑功能的特点分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

B 数字电路的特点

与模拟电路相比，数字电路具有以下特点：

(1) 在数字电路中一般采用二进制，因此凡元件具有的两个稳定状态都可用来表示二进制的两个数码，故其基本单元电路简单，对电路中各元件的精度要求不很严格，允许元件参数有较大的分散性，只要能区分两种截然不同的状态即可。这一特点对实现数字电路集成化是十分有利的。

(2) 数字电路不仅具有算术运算功能，还具有一定的“逻辑思维功能”。电路的输出与输入之间的关系是逻辑关系，因此数字电路又称为逻辑电路。

(3) 抗干扰能力强、精度高。由于数字电路传递、加工和处理的是二值信息，不易受外界干扰，因而抗干扰能力强。另外，它可用增加二进制数位数的方法来提高电路的精度。

(4) 数字信号便于长期存储，使大量可贵的信息资源得以保存。

(5) 保密性好。在数字电路中进行加密处理，使一些私密资料不易被窃取。

(6) 通用性强。可以采用标准化的逻辑部件来构成各种各样的逻辑系统。

由于数字电路具有以上特点，其发展十分迅速，在国民经济的各个方面得到了越来越广泛的应用。

1.1.2 数制和码制

1.1.2.1 十进制

数制也称进位计数制，是人类按照进位的方法对数量进行计数的一种统计规律。在日常生活中，常常用到的是十进制，也就是逢十进一的进位计数制。在数字系统中，常常用到的数制是二进制、八进制和十六进制。

基数是指一种数制中所用到的数码个数。一般称基数为 R 的数制为 R 进制，即逢 R 进一，它包括 $0、1、\dots、R$ 等 R 个数码。所谓十进制就是以 10 为基数的计数体制。因此，在十进制数中，每位有 $0、1、2、3、4、5、6、7、8、9$ 十个不同的数码，其进位规律是“逢十进一”。数码所处的位置不同时，其代表的数值也不同。

位权是指在 R 进位制所表示的数中，处于某个固定数位上的计数单位。某一个数位上的数值是由这一位上的数字乘以这个数位的位权值得到的。不同的数位上有不同的位权值。例如，十进制百位的位权值是 10^2 ，千位的位权值是 10^3 ，百分位的位权值是 10^{-2} 等。位权值简称为权。以十进制数 137.25 为例，有：

$$(137.25)_{10} = 1 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

上式左端括号下方数字 $R(10)$ 代表 $R(10)$ 进制，其他进制相同。通常在数字后面紧跟一英文字母表示该数为几进制，例如 D 代表十进制，B 代表二进制，H 代表十六进制，O 代表八进制等等。在约定的情况下，后缀可以省去。

1.1.2.2 二进制

在数字电路中，数以电路的状态来表示。找一个具有十种状态的电子器件比较困难，而找一个具有两种状态的器件很容易，所以数字电路中广泛使用二进制。二进制的数码只有两个，即 0 和 1，进位规律是“逢二进一”。

二进制数 1011.01 可以用一个多项式形式表示成:

$$(1011.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

对任意一个二进制数可表示为:

$$(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 2^i$$

(1) 二进制的加法规律: $0+0=0$; $1+1=1$; $0+1=1+0=1$ 。

(2) 二进制的乘法规律: $0 \times 0=0$; $1 \times 1=1$; $0 \times 1=1 \times 0=0$ 。

可见,二进制的运算规律非常简单,而且因为它每位只有 0 和 1 两种表示,所以在数字系统中实现起来很方便,如人们经常用 0 来表示低电位或晶体管的导通,用 1 来表示高电位或晶体管的截止等。

1.1.2.3 八进制、十六进制

基数为 8 的数制为八进制,因此,在八进制中,进位规律是“逢八进一”,表示数值的数字有 8 个即 0~7。

基数为 16 的数制为十六进制,因此,在十六进制中,进位规律是“逢十六进一”,十六进制表示数值的数字比较特殊,共有 16 个,包括 0~9 十个数字和六个符号 A、B、C、D、E、F (相当于十进制的 10~15)。

1.1.2.4 各进制之间的转换

在计算机中存储数据和对数据进行运算采用的是二进制,当把数据输入到计算机中,或者从计算机中输出数据时,要进行不同计数制之间的转换。

A 二进制转换成十进制

【例 1-1】将二进制数 11011.101 转换成十进制数。

解:将每一位二进制数乘以位权,然后相加,可得:

$$\begin{aligned} (11011.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= (27.625)_{10} \end{aligned}$$

B 十进制转换成二进制

可用“除 2 取余”法将十进制的整数部分转换成二进制。

【例 1-2】将十进制数 23 转换成二进制数。

解:根据“除 2 取余”法的原理,按如下步骤转换:

$$\begin{array}{rcl} 2 \overline{) 23} & \cdots \cdots \cdots & \text{余} 1 \quad b_0 \\ 2 \overline{) 11} & \cdots \cdots \cdots & \text{余} 1 \quad b_1 \\ 2 \overline{) 5} & \cdots \cdots \cdots & \text{余} 1 \quad b_2 \\ 2 \overline{) 2} & \cdots \cdots \cdots & \text{余} 0 \quad b_3 \\ 2 \overline{) 1} & \cdots \cdots \cdots & \text{余} 1 \quad b_4 \\ & 0 & \end{array} \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{读} \\ \text{取} \\ \text{次} \\ \text{序} \end{array}$$

则 $(23)_{10} = (10111)_2$

C 二进制转换成十六进制

由于十六进制基数为 16,而 $16=2^4$,因此,4 位二进制数就相当于 1 位十六进制数。

二进制整数转换为十六进制数的方法是:从二进制数的最低位开始,每 4 位分成一组,若最高位的一组不足 4 位,则在其左边添加 0 补足 4 位,然后用每组 4 位二进制数所对应的十六

进制数取代该组的 4 位二进制数, 就可以得到对应的十六进制数。

【例 1-3】将二进制数 1101101.101011 转换成十六进制数。

解: $(1101101.101011)_2 = (0110\ 1101.1010\ 1100)_2 = (6D.AC)_{16}$

同理, 若将二进制数转换为八进制数, 可将二进制数分为 3 位一组, 再将每组的 3 位二进制数转换成一 8 进制即可。

D 十六进制转换成二进制

由于每位十六进制数对应于 4 位二进制数, 因此, 十六进制数转换成二进制数, 只要将每一位变成 4 位二进制数, 按位的高低依次排列即可。

【例 1-4】将十六进制数 6E.3B5 转换成二进制数。

解: $(6E.3B5)_{16} = (110\ 1110.0011\ 1011\ 0101)_2$

同理, 若将八进制数转换为二进制数, 只需将每一位变成 3 位二进制数, 按位的高低依次排列即可。

1.1.2.5 编码

用二进制数码表示十进制数或其他特殊信息, 如字母、符号等的过程称为编码。编码在数字系统中经常使用, 例如通过计算机键盘将命令、数据等输入后, 首先将它们转换为二进制码, 然后才能进行信息处理。

A 二—十进制码 (BCD 码)

二—十进制码是用四位二进制码表示一位十进制数的代码, 简称为 BCD 码。这种编码的方法很多, 常用的有 8421 码、5421 码和余 3 码等。

a 8421 码

8421 码是最常用的一种十进制数编码, 它是用四位二进制数 0000 到 1001 来表示一位十进制数, 每一位都有固定的权, 从左到右, 各位的权依次为 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 , 即 8、4、2、1。可以看出, 8421 码对十进制数的十个数字符号的编码表示和二进制数中表示的方法完全一样, 但不允许出现 1010 到 1111 这六种编码, 因为没有相应的十进制数字符号和其对应。表 1-1 中给出了 8421 码和十进制数之间的对应关系。

表 1-1 8421 码和十进制数之间的对应关系

十进制数	8421 码	十进制数	8421 码
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

【例 1-5】将十进制数 78.35 转换成 BCD 码。

解: $78.35 = (0111\ 1000.0011\ 0101)_{BCD}$

b 余 3 码

余 3 码也是用四位二进制数表示一位十进制数, 但对于同样的十进制数字, 其表示比 8421 码多 0011 (3), 所以叫余 3 码。余 3 码用 0011 到 1100 这十种编码表示十进制数的十个数字符号, 它与十进制数之间的对应关系如表 1-2 所示。

表 1-2 余 3 码和十进制数之间的对应关系

十进制数	余 3 码	十进制数	余 3 码
0	0011	5	1000
1	0100	6	1001
2	0101	7	1010
3	0110	8	1011
4	0111	9	1100

余 3 码表示不像 8421 码那样直观，各位也没有固定的权。但余 3 码是一种对 9 的自补码，即将一个余 3 码按位变反，可得到其对 9 的补码，这在某些场合是十分有用的。两个余 3 码也可直接进行加法运算，如果对应位的和小于 10，结果减 3 校正，如果对应位的和大于 9，可以加上 3 校正，最后结果仍是正确的余 3 码。

c ASCII 码

ASCII 码是美国国家信息交换标准代码（American National Standard Code For Information Interchange）的简称，是当前计算机中使用最广泛的一种字符编码，主要用来为英文字符编码。当用户将包含英文字符的源程序、数据文件、字符文件从键盘上输入到计算机中时，计算机接收并存储的就是 ASCII 码。计算机将处理结果送给打印机和显示器时，除汉字以外的字符一般也是用 ASCII 码表示的。

ASCII 码包含 52 个大、小写英文字母，10 个十进制数字字符，32 个标点符号、运算符号、特殊号，还有 34 个不可显示打印的控制字符编码，一共是 128 个编码，正好可以用 7 位二进制数进行编码。也有的计算机系统使用由 8 位二进制数编码的扩展 ASCII 码，其前 128 个是标准的 ASCII 码字符编码，后 128 个是扩充的字符编码。

B 格雷码（GRAY）

格雷码（GRAY）又叫循环码，具有多种编码形式，但都有一个共同的特点，就是任意两个相邻的循环码仅有一位编码不同，这个特点有着非常重要的意义。例如四位二进制计数器，在从 0101 变成 0110 时，最低两位都要发生变化。当两位不是同时变化时，如最低位先变，次低位后变，就会出现一个短暂的误码 0100。采用循环码表示时，因为只有一位发生变化，就可以避免出现这类错误。循环码是一种无权码，每一位都按一定的规律循环。表 1-3 给出了一种四位循环码的编码方案。可以看出，任意两个相邻的编码仅有一位不同，而且存在一个对称轴（在 7 和 8 之间），对称轴上边和下边的编码，除最高位是互补外，其余各个数位都是以对称轴为中线镜像对称的。

表 1-3 循环码和十进制数之间的对应关系

十进制数	二进制数	循环码	十进制数	二进制数	循环码
0	0000	0000	8	1000	1100
1	0001	0001	9	1001	1101
2	0010	0011	10	1010	1111
3	0011	0010	11	1011	1110
4	0100	0110	12	1100	1010
5	0101	0111	13	1101	1011
6	0110	0101	14	1110	1001
7	0111	0100	15	1111	1000

C 奇偶校验码

为了提高存储和传送信息的可靠性,广泛使用一种称为校验码的编码。校验码是将有效信息位和校验位按一定的规律编成的码。校验位是为了发现和纠正错误添加的冗余信息位。在存储和传送信息时,将信息按特定的规律编码,在读出和接收信息时,按同样的规律检测,看规律是否破坏,从而判断是否有错。目前使用最广泛的是奇偶校验码和循环冗余校验码。奇偶校验码是一种最简单的校验码,它的编码规律是在有效信息位上添加一位校验位(一般加在最低或最高位),使编码中1的个数是奇数或偶数。编码中1的个数是奇数的称为奇校验码,1的个数是偶数的称为偶校验码,如表1-4所示。

表 1-4 ASCII 码、奇偶校验码与十进制数之间的对应关系

十进制数	ASCII 码	奇校验码	偶校验码
0	0110000	10110000	00110000
1	0110001	00110001	10110001
2	0110010	00110010	10110010
3	0110011	10110011	00110011
4	0110100	00110100	10110100
5	0110101	10110101	00110101
6	0110110	10110110	00110110
7	0110111	00110111	10110111
8	0111000	00111000	10111000
9	0111001	10111001	00111001

奇偶校验码在编码时可根据有效信息位中1的个数决定添加的校验位是1还是0,校验位可添加在有效信息位的前面,也可以添加在有效信息位的后面。表1-4给出了数字0到9的ASCII码的奇校验码和偶校验码,校验位添加在ASCII码的前面。在读出和接收奇偶校验码时检测编码中1的个数是否符合奇偶规律,如不符合则有错。奇偶校验码可以发现错误,但不能纠正错误。当出现偶数个错误时,奇偶校验码也不能发现错误。

1.2 逻辑代数中的基本逻辑运算

数字系统中的逻辑电路品种繁多、功能各异,但它们的逻辑关系均可用三种基本逻辑运算综合而成。这三种基本逻辑运算是:与运算、或运算和非运算。下面分别进行介绍。

1.2.1 “与”运算 (AND)

与运算表示这样一种逻辑关系:只有当决定某一事件的所有条件都具备时,这一事件才会发生,这种因果关系被称为“与逻辑”。在图1-3所示电路中,只有当两个开关均闭合时,灯F才会亮。因此灯F与开关A、B之间是与逻辑关系。逻辑代数中,与逻辑关系用与运算描述,其运算符号为“·”,上述逻辑可表示为: $F = A \cdot B$,这里A、B是逻辑变量,F表示运算结果。F是A、B的逻辑乘(假定开关断开用0表示,开关闭合用1表示;灯灭用0表示,灯亮用1表示),若A、

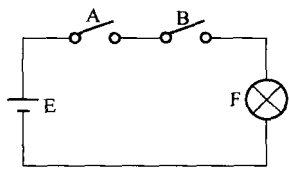


图 1-3 串联开关电路

B 均为 1，则 F 为 1；否则，F 为 0。这里灯 F 与开关 A、B 的关系如表 1-5 所示，该表格称为真值表。

表 1-5 与逻辑真值表

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

与逻辑的运算法则为：

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

数字系统中，实现与运算的电路称为与门，与门的逻辑符号如图 1-4 所示。

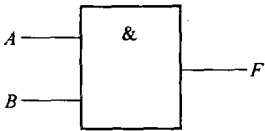


图 1-4 与门逻辑符号

1.2.2 “或” 运算 (OR)

或运算表示这样一种逻辑关系：决定某一事件发生的所有条件中，只要有一个或一个以上的条件具备，这一事件就会发生，这种因果关系称为“或逻辑”。在图 1-5 所示电路中，开关 A、B 并联控制灯 F。当开关 A、B 中有一个闭合或者两个均闭合时，灯 F 即亮。因此，灯 F 和开关 A、B 之间的关系是或逻辑关系。在逻辑代数中，或逻辑关系用或运算描述，其运算符号为“+”。上述逻辑关系可以表示为： $F = A + B$ 。A、B 中只要有一个为 1，则 F 为 1；仅当 A、B 均为 0 时，F 才为 0。灯 F 与开关 A、B 的关系也可用表 1-6 表示。

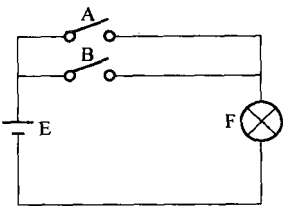


图 1-5 并联开关电路

表 1-6 或逻辑真值表

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

或运算的运算法则为：

$0 + 0 = 0 \quad 1 + 0 = 1 \quad 0 + 1 = 1 \quad 1 + 1 = 1$

在数字系统中，实现或运算的电路称为或门，或门的逻辑符号如图 1-6 所示。

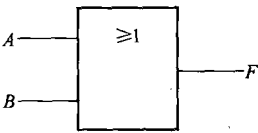


图 1-6 或门逻辑符号

1.2.3 “非” 运算 (NOT)

非逻辑的输出总是输入的取反，即决定某一事件发生的条件具备了，结果却不发生；因此条件不具备时，结果一定发生。在图 1-7 所示电路中，开关 A 闭合，灯却不亮；开关 A 断开时，灯才亮。因此，灯 F 与开关 A 之间的关系是非逻辑关系。逻辑代数中，非逻辑关系用非运算描述，其运算符号为“-”，上述逻辑关系可表示为：若 A 为 0，则 F 为 1；反之，若 A 为 1，则 F 为 0。因此灯 F 与开关 A 的关系见表 1-7。

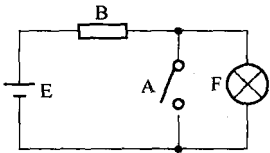


图 1-7 开关与灯并联电路

表 1-7 非逻辑真值表

A	F	A	F
0	1	1	0

非运算的运算法则为： $\bar{1} = 0$ $\bar{0} = 1$

数字系统中，实现非运算的电路称为非门，又叫“反相器”，非门的逻辑符号如图 1-8 所示。

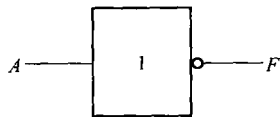


图 1-8 非门逻辑符号

1.2.4 其他逻辑运算

与逻辑、或逻辑、非逻辑是三种最基本的逻辑运算，与之对应的与门、或门、非门是三种最基本的逻辑门电路，它们是构成数字电路的基本单元。

除了以上与、或、非三种基本逻辑之外，经常使用的逻辑运算还有与非逻辑、或非逻辑、异或逻辑以及同或逻辑等，它们都是由三种基本逻辑按照一定的运算规则得来的，因此称为复合逻辑，与之对应的电路称为复合逻辑门。

1.2.4.1 与非逻辑 (NAND) 运算

与非逻辑的运算表达式如下：

$$F = \overline{A \cdot B}$$

上式读作“F 等于 A 与非 B”，与非逻辑是与逻辑和非逻辑的复合运算，其逻辑功能可以描述为：当两个输入变量 A、B 只要有 0 时，输出变量 F 即为 1；当两个输入变量 A、B 均为 1 时，输出变量 F 才为 0。

实现与非逻辑运算的电路称为与非门。与非门可以由一个与门和一个非门构成，通常作为数字电路的一个独立单元使用，其逻辑符号如图 1-9 所示，与非门真值表如表 1-8 所示。

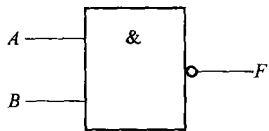


图 1-9 与非门逻辑符号

表 1-8 与非逻辑真值表

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

1.2.4.2 或非逻辑 (NOR) 运算

或非逻辑的运算表达式如下：

$$F = \overline{A + B}$$

上式读作“F 等于 A 或非 B”，或非逻辑是或逻辑和非逻辑的复合运算，其逻辑功能可以描述为：当两个输入变量 A、B 中有 1 时，输出变量 F 即为 0；当两个输入变量 A、B 均为 0 时，输出变量 F 才为 1。

实现或非逻辑运算的电路称为或非门，或非门可以由一个或门和一个非门构成，通常作为数字电路的一个独立单元使用，其逻辑符号如图 1-10 所示，与非门真值表如表 1-9 所示。

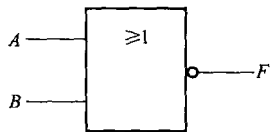


图 1-10 或非门逻辑符号