

全国高等院校计算机职业技能应用规划教材

SHUZI DIANZI JISHU JI EDA SHEJI XIANGMU JIAOCHENG

数字电子技术及 EDA设计项目教程

• 主编◎王艳芬 侯聪玲



中国人民大学出版社

全国高等院校计算机职业技能应用规划教材

数字电子技术及 EDA 设计项目教程

主 编 王艳芬 侯聪玲

副主编 刘益标

中国人民大学出版社

• 北京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术及 EDA 设计项目教程/王艳芬等主编. —北京: 中国人民大学出版社, 2013. 3
全国高等院校计算机职业技能应用规划教材
ISBN 978-7-300-16568-4

I. ①数… II. ①王… III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教材 ②电子电路-电路设计-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. ①TN79 ②TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 044368 号

全国高等院校计算机职业技能应用规划教材
数字电子技术及 EDA 设计项目教程
主 编 王艳芬 侯聪玲
副主编 刘益标

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511398 (质管部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)
网 址	http://www.crup.com.cn		
	http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京市媛明印刷厂		
规 格	185 mm×260 mm 16 开本	版 次	2013 年 11 月第 1 版
印 张	17.25	印 次	2013 年 11 月第 1 次印刷
字 数	428 000	定 价	35.00 元



前言

根据高等职业教育培养目标的要求, 高职教育培养的人才必须具有大学专科的理论基础, 以及较强的专业技术应用技能。高职教育培养的人才面向基层、面向生产第一线的实用人才, 这类人才不同于将学科体系转化为图纸和设计方案的工程技术人员, 而主要是如何把方案和图纸转化为实物和产品的实施型高级技术人才。因此, 课程内容必然要按照培养目标来制定。

由于数字电子技术涉及的各个领域发展非常迅速, 数字电子技术教材的基本内容也必须逐步更新。特别是在大规模集成电路被广泛采用的今天, 数字电子技术正朝着专用电子集成电路方向发展, 以至于向硬件、软件合为一体的各种电子系统集成方向发展, 以硬件电路设计为主的传统设计方向也向器件内部资源及外部引脚功能加以利用的方向转化。只有培养学生思考、会学习, 才能跟上飞速发展的时代节拍。

高职高专教育以就业为导向、以学生为主体的指导思想, 必然要求在掌握数字电子技术的基本理论、方法和技能的基础上, 把教学的重点从以逻辑门和触发器等通用器件为载体、以真值表和逻辑方程为表达方式和依靠手工调试的传统数字电路设计方法向以可编程逻辑器件为载体、以硬件描述语言为表达方式、以 EDA (电子设计自动化) 技术为调试手段的现代数字系统设计方法转变。而将 EDA 技术引入高等职业技术教育的数字电子技术课程教学中, 并将二者融为一体是编写此书的目的。

本书介绍了数字电子技术和 EDA 技术的相关知识, 并结合实例讲解如何利用 EDA 工具进行数字电路及数字系统的设计。各部分内容均以高等职业教学中的实际技能要求为主旨, 内容简明扼要, 突出重点。编写方法上注重发挥实例教学的优势, 引入众多实例和操作实训, 便于读者对全书内容的融会贯通, 加深理解。其特色主要有如下几点:

1. 将数字电子技术与 EDA 技术融为一体。数字电子技术是电类相关专业的必修课, 也是电子技术未来发展的趋势, 而基于 EDA 技术的设计方法正在成为现代数字系统设计的主流。作为即将成为工程技术人员的职业技术学院电类相关专业的学生只懂得电子技术的基本理论和方法而不懂得现代电子技术的设计方法, 无疑对就业和未来的发展都是一种阻碍。如果作为两个课程来分别学习则又不适应高职高专的学制长度。因此, 将数字电子技术与 EDA 技术有机地融为一体是高职高专教育目标和思想的要求, 也是未来发展的需要。

2. 将理论教学与实践教学融于一体。本书本着教、学、做相结合的教学模式, 从应用

实例出发，由实际问题入手，通过技能训练引入相关知识和理论，将理论寓于实践，依托实践，再用理论指导实践，达到技能形成的目的。

3. 重视应用。对于各种数字电路器件只着重介绍其外特性以及使用方法和设计方法，而内部结构和电路原理则不做太多阐述。

4. 课程的整体设计上，强调与工程实践的联系，使学生们在学习了一定的知识、掌握了相关的技能后，能够应用于工程中。

本书由广东工贸职业技术学院王艳芬和侯聪玲共同担任主编，刘益标担任副主编。其中第1篇由王艳芬编写；第2篇由侯聪玲编写；第3篇由刘益标编写。全书由熊尚坤高级工程师审稿，王艳芬统稿。

◆本书 EDA 实训中使用的实验箱是由武汉恒科有限公司提供的 HK-EDA 实验箱。

由于编者水平有限，书中疏漏与差错之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 篇 数字电子技术基础篇

第 1 章 数字电路基础 3

1.1 数字电路的认识 3

1.1.1 数字信号与数字电路 3

1.1.2 数字电路的特点与分类 3

1.2 数制及码制 4

1.2.1 数制及其转换 4

1.2.2 几种常用编码 6

1.3 逻辑事件与逻辑代数 7

1.3.1 基本逻辑事件的表示方法 7

1.3.2 逻辑变量与逻辑函数 10

1.3.3 逻辑函数的化简 14

1.4 逻辑门电路 23

1.4.1 基本门电路 23

1.4.2 不同系列门电路 26

1.4.3 门电路综合应用 28

实训 1 TTL 与非门的逻辑功能和电压传输特性的测试 29

实训 2 楼梯照明电路的逻辑控制 31

习题 1 32

第 2 章 组合逻辑电路分析与设计 ... 35

2.1 组合逻辑电路的分析和设计方法 ... 35

2.1.1 组合逻辑电路的分析方法 35

2.1.2 组合逻辑电路的传统设计方法 ... 36

2.2 集成组合逻辑电路分析与设计 38

2.2.1 编码器 38

2.2.2 译码器及显示电路 41

2.2.3 数据选择器和数据分配器 45

2.2.4 加法器 48

2.3 常用集成组合电路应用实例 50

2.3.1 编码器的应用 50

2.3.2 译码器的应用 52

2.3.3 数据选择器的应用 53

2.4 常用集成电路简介 53

实训 3 组合逻辑电路设计 54

实训 4 译码器实验 55

习题 2 58

第 3 章 触发器及其应用 61

3.1 触发器概述 61

3.1.1 触发器的基本电路 61

3.1.2 触发器的触发方式 64

3.1.3 各种逻辑功能的触发器 65

3.2 触发器间的相互转换 69

3.2.1 JK 触发器转换为 D 触发器 69

3.2.2 JK 触发器转换为 T 触发器 70

3.2.3 D 触发器转换为 JK 触发器 70

3.2.4 D 触发器转换为 T 触发器 70

3.3 触发器的应用 70

3.3.1 触发器构成寄存器 70

3.3.2 触发器构成分频电路 71

3.4 555 定时器及其应用(脉冲信号的产生与整形) 71

3.4.1 集成 555 定时器 72

3.4.2 555 定时器的应用	72
3.5 常用触发器集成电路简介	75
实训 5 触发器逻辑功能的测试	76
实训 6 555 定时电路及其应用	78
习题 3	80
第 4 章 时序逻辑电路	82
4.1 时序逻辑电路的分析方法	82
4.1.1 时序逻辑电路的特点	82
4.1.2 时序逻辑电路的分析方法与步骤	82
4.1.3 时序逻辑电路分析实例	82
4.2 计数器	86
4.2.1 计数器及其表示方法	86
4.2.2 计数器应用实例	93
4.2.3 常用 TTL 集成计数器简介	95
4.3 寄存器	96
4.3.1 寄存器的功能和分类	96
4.3.2 寄存器应用实例	98
实训 7 计数、译码与显示电路	101
实训 8 寄存器实验	103
习题 4	105

第 2 篇 EDA 技术入门篇

第 5 章 EDA 技术入门	109
5.1 EDA 技术	109
5.1.1 概述	109
5.1.2 EDA 技术的基本特征	109
5.2 可编程逻辑器件	110
5.2.1 简单可编程逻辑器件	111
5.2.2 高密度可编程逻辑器件	113
5.2.3 Altera 公司的可编程逻辑器件	117
5.3 MAX+plus II 开发软件	118
5.3.1 MAX+plus II 软件介绍	118
5.3.2 MAX+plus II 软件安装	119
5.3.3 MAX+plus II 设计向导	124
5.4 Quartus II 开发软件	136
5.4.1 Quartus II 软件介绍	136
5.4.2 Quartus II 软件安装	137
5.4.3 Quartus II 软件设计向导	138

实训 9 基本门电路的 EDA 设计与分析	144
习题 5	149

第 6 章 VHDL 硬件描述语言

6.1 VHDL 概述	151
6.1.1 VHDL 的特点	151
6.1.2 VHDL 程序的一般结构	152
6.2 VHDL 语言的程序结构	153
6.2.1 实体	153
6.2.2 结构体	155
6.2.3 程序包、库及配置	157
6.3 VHDL 的基本语句	160
6.3.1 并行语句	160
6.3.2 顺序语句	171
6.4 VHDL 语言的数据类型及运算操作符	175
6.4.1 VHDL 语言的客体及其分类	175
6.4.2 VHDL 语言的运算操作符	177
实训 10 数据分配器的 EDA 设计	182
习题 6	186

第 7 章 VHDL 设计举例

7.1 组合逻辑电路的设计	188
7.2 时序逻辑电路的设计	191
7.2.1 触发器的 EDA 设计	191
7.2.2 计数器的 EDA 设计	193
7.2.3 基本移位寄存器的 EDA 设计	197
实训 11 基本计数器的 EDA 设计	205
习题 7	209

第 3 篇 能力进阶篇

第 8 章 半导体存储器

8.1 概述	215
8.2 存储器的种类	215
8.2.1 随机存取存储器 RAM	215
8.2.2 只读存储器 ROM	220
8.3 存储器的应用	223
8.3.1 存储数据、程序	223
8.3.2 实现逻辑函数	223
8.4 存储器常用芯片简介	224
8.4.1 6116 芯片	224

8.4.2 EPROM 2764 芯片	225
实训 12 EPROM 的固化与擦除	226
实训 13 RAM 的测试	228
习题 8	229
第 9 章 A/D、D/A 转换	231
9.1 A/D 转换的基本原理和类型	231
9.1.1 A/D 转换的基本原理	231
9.1.2 A/D 转换器的类型	232
9.2 D/A 转换的基本原理和类型	236
9.2.1 D/A 转换的基本原理	236
9.2.2 D/A 转换器的类型	237
9.3 常用集成 ADC 简介	239
9.3.1 ADC0809	239
9.3.2 MC14433	241
9.3.3 ADC 的应用实例	243
9.4 常用集成 DAC 简介	244
9.4.1 DAC0830 系列	244
9.4.2 10 位 CMOS DAC-AD7533	245
实训 14 模数转换器	246

实训 15 数模转换器	248
习题 9	251
第 10 章 数字电路及其 EDA 技术课 程设计	253
10.1 交通灯控制器	253
10.1.1 任务目标	253
10.1.2 交通灯控制器的实现	253
10.2 数字频率计的设计与制作	254
10.2.1 测频原理	254
10.2.2 频率计的实现	255
10.2.3 VHDL 程序	255
10.3 音乐发生器	258
10.3.1 音名与频率的关系	258
10.3.2 音长的控制	259
10.3.3 演奏时音名的动态显示	259
10.3.4 VHDL 程序	260
实训 16 数字系统设计实例	263
参考文献	267

第 1 篇 数字电子技术基础篇

第 1 章 数字电路基础

1.1 数字电路的认识

1.1.1 数字信号与数字电路

在模拟电子技术中,被传递、加工和处理的信号是模拟信号,这类信号的特点是在时间上和幅度上都是连续变化的,如广播电视中传送的各种语音信号和图像信号,如图 1—1 (a) 所示。用于传递、加工和处理模拟信号的电子电路,称作模拟电路。

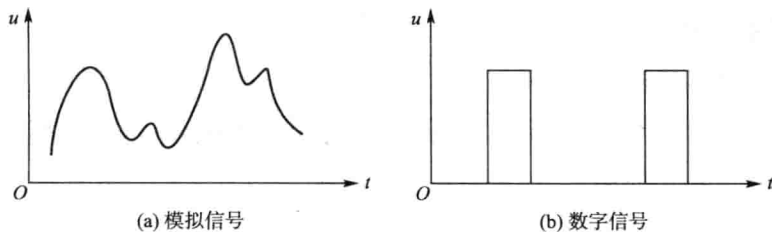


图 1—1 模拟信号和数字信号

在数字电子技术中,被传递、加工和处理的信号是数字信号,这类信号的特点是在时间上和幅度上都是断续变化的离散信号,这类信号只在某些特定时间内出现,如图 1—1 (b) 所示。用于传递、加工和处理数字信号的电路,称作数字电路。

1.1.2 数字电路的特点与分类

1. 数字电路的特点

数字电路主要研究输出和输入信号之间的对应逻辑关系,其分析的主要工具是逻辑代数。因此数字电路又称作逻辑电路。与模拟电路相比,数字电路主要有如下特点:

(1) 便于高度集成化。由于数字电路采用二进制代码,一个事物凡具有两个对立状态并可构成电路,都可用 0 和 1 来表示这两个状态。因此,基本单元电路的结构简单,允许电路参数有较大的离散性,有利于将众多的基本单元电路集成在同一硅片上并进行批量生产。

(2) 工作可靠性高、抗干扰能力强。数字信号用 1 和 0 来表示信号的有和无,数字电路辨别信号的有和无是很容易做到的,从而大大提高了电路工作的可靠性。同时,数字信号的抗干扰能力很强,不易受到噪声干扰。数字信号 1 和 0 除了表示为逻辑状态进行逻辑运算,还可用来表示二进制数符,进行算术运算。

(3) 数字信息便于长期保存。借助磁盘、光盘等媒体可将数字信息长期保存。

(4) 数字集成电路产品系列多、通用性强、成本低。

(5) 保密性好。数字信息容易进行加密处理,不易被窃取。

2. 数字电路的分类

根据电路结构的不同,数字电路可分为分立元件电路和集成电路两大类。分立元件电路是将晶体管、电阻、电容等元器件用导线在线路板上连接起来的电路,而集成电路则是将上述元器件和导线通过半导体制造工艺做在一块硅片上而成为一个不可分割的整体的电路。集成电路体积小、使用方便,已得到极为广泛的应用。

根据一块半导体芯片上包含元器件的多少,可分为小规模、中规模、大规模和超大规模集成电路。一般认为,包含的元器件在 100 个以内的称为小规模集成电路(简称 SSI);包含的元器件为 100~1 000 个的称为中规模集成电路(简称 MSI);包含的元器件为 1 000~100 000 个的称为大规模集成电路(简称 LSI);包含的元器件在 10 万个以上的称为超大规模集成电路(简称 VLSI)。

根据半导体的导电类型不同,可分为单极型电路和双极型电路。以单极型 MOS 管作为基本器件的数字电路,称为单极型电路,如 NMOS、PMOS、CMOS 集成电路等;以双极型晶体管作为基本器件的数字电路,称为双极型电路,如 TTL、ECL 集成电路等。

1.2 数制及码制

1.2.1 数制及其转换

数制是计数的方法,它是计数进位制的简称。在数字电路中,常用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制等。

1. 十进制

十进制是以 10 为基数的计数体制。在十进制中,每一位有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数码,它的进位规律是逢十进一,即 $1+9=10$ 。在十进制中,数码所处的位置不同时,它所代表的数值也是不同的。例如:

$$(246.134)_{10} = 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-3}$$

上式称为十进制数的按权展开式。式中, 10^2 、 10^1 、 10^0 为整数部分百位、十位、个位的权,而 10^{-1} 、 10^{-2} 、 10^{-3} 为小数部分十分位、百分位和千分位的权,它们都是 10 的幂。数码与权的乘积,称为加权系数,因此,十进制数的数值为各位加权系数之和。

2. 二进制、八进制和十六进制

二进制是以 2 为基数的计数体制。在二进制中,每位只有 0 和 1 两个数码,它的进位规律是逢二进一,即 $1+1=10$ 。在二进制数中,各位的权都是 2 的幂,例如:

$$(1001.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (9.25)_{10}$$

式中,整数部分的权分别为 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 ,小数部分的权分别为 2^{-1} 、 2^{-2} 。

八进制是以 8 为基数的计数体制,在八进制中,每位有 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数码,它的进位规律是逢八进一,各位的权为 8 的幂。如八进制数 $(437.25)_8$ 可表示如下:

$$(437.25)_8 = 4 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2} = (287.328\ 125)_{10}$$

式中, 8^2 、 8^1 、 8^0 、 8^{-1} 、 8^{-2} 分别为八进制数各位的权。

十六进制是以 16 为基数的计数体制,在十六进制中,每位有 0、1、2、3、4、5、6、

7、8、9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15) 十六个不同的数码，它的进位规律是逢十六进一，各位的权为 16 的幂。如十六进制数 $(3BE.C4)_{16}$ 可表示如下：

$$(3BE.C4)_{16}=3\times16^2+11\times16^1+14\times16^0+12\times16^{-1}+4\times16^{-2}=(958.765\ 625)_{10}$$

式中， 16^2 、 16^1 、 16^0 、 16^{-1} 、 16^{-2} 分别为十六进制数各位的权。表 1—1 中列出了十进制、二进制、八进制、十六进制不同数制的对照关系。

3. 不同数制间的转换

(1) 非十进制转换为十进制。

二进制、八进制和十六进制转换为十进制时，只要把它们按权展开，求出各加权系数之和，就得到相应十进制的数。

【例 1—1】 $(11010.011)_2=1\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+0\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}=(26.375)_{10}$

【例 1—2】 $(172.01)_8=1\times8^2+7\times8^1+2\times8^0+0\times8^{-1}+1\times8^{-2}=(122.015\ 625)_{10}$

【例 1—3】 $(4C2)_{16}=4\times16^2+12\times16^1+2\times16^0=(1\ 218)_{10}$

表 1—1 十进制、二进制、八进制、十六进制对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0	8	1000	10	8
1	0001	1	1	9	1001	11	9
2	0010	2	2	10	1010	12	A
3	0011	3	3	11	1011	13	B
4	0100	4	4	12	1100	14	C
5	0101	5	5	13	1101	15	D
6	0110	6	6	14	1110	16	E
7	0111	7	7	15	1111	17	F

(2) 十进制转换为非十进制。

整数部分转换可用“除基取余法”，即将原十进制数连续除以要转换的计数体制的基数，每次除完所得余数就作为要转换数的系数（数码）。先得到的余数为转换数的低位，后得到的为高位，直到除得的商为 0。这种方法概括起来就是“除基数，得余数，作系数，从低位，到高位”。符号 LSB 表示最低位，符号 MSB 表示最高位。

【例 1—4】 $(26)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_{16}$

商	0	1	3	6	13	26
余数	1	1	0	1	0	÷2

↑

MSB

↑

LBB

上式中右侧表示原十进制数 26，欲转换为二进制数，需将 26 连除 2。左侧上方表示每次除的商，左侧下方表示每次所得的余数，从左至右，先得的余数为二进制数的最低位

LSB，最后得的余数为二进制数的最高位 MSB。所以 $(26)_{10}=(11010)_2$ 。

同理，欲将 $(26)_{10}$ 转换为十六进制数，则有

商	0	1	26
余数	1	A	$\div 16$

所以， $(26)_{10}=(1A)_{16}$ 。

小数部分转换可采用“乘基取整法”，即将原十进制纯小数乘以要转换的数制的基数，取其积的整数部分作为系数，剩余的纯小数部分再乘基数，先得到的整数作为数的高位 (MSB)，后得到的作为低位 (LSB)，直到其纯小数部分为 0 或到一定精度为止。这种方法可概括为“乘基数，取整数，从高位，到低位”。

【例 1—5】 将 $(0.875)_{10}$ 转换为二进制数。

$$\begin{aligned} 0.875 \times 2 &= 1.750 \cdots \cdots 1 && \text{MSB} \\ 0.750 \times 2 &= 1.500 \cdots \cdots 1 \\ 0.500 \times 2 &= 1.000 \cdots \cdots 1 && \text{LSB} \end{aligned}$$

所以， $(0.875)_{10}=(0.111)_2$ 。

(3) 二进制与八进制、十六进制数间的转换。

由于八进制的基数 $8=2^3$ ，十六进制的基数 $16=2^4$ ，每位八进制数码都可以用 3 位二进制数来表示，每位十六进制数码都可以用 4 位二进制数来表示。所以二进制数码转换为八进制数的方法是：整数部分从低位开始，每三位二进制数为一组，最后不足三位的，则在高位加 0 补足三位；小数点后的二进制数则从高位开始，每三位二进制数为一组，最后不足三位的，则在低位加 0 补足三位，然后写出每组对应的八进制数，按顺序排列即为所转换的八进制数。同理，二进制数转换为十六进制数与上述方法一样，所不同的是每四位为一组。例如：

$$(11100101.11101011)_2=(011\ 100\ 101.111\ 010\ 110)_2=(345.726)_8$$

$$(10011111011.111011)_2=(0100\ 1111\ 1011.1110\ 1100)_2=(4FB.EC)_{16}$$

上述方法是可逆的，将八进制数的每一位写成 3 位二进制数；十六进制数的每一位写成 4 位二进制数，左右顺序不变，就能从八进制、十六进制直接转化为二进制。

$$(745.361)_8=(111\ 100\ 101.011\ 110\ 001)_2=(111100101.011110001)_2$$

$$(3BE5.97D)_{16}=(0011\ 1011\ 1110\ 0101.1001\ 0111\ 1101)_2=(11101111100101.100101111101)_2$$

1.2.2 几种常用编码

码制是指利用二进制代码表示数字或符号的编码方法。十进制数码 (0~9) 是不能在数字电路中运行的，必须将其转换为二进制数。用二进制码表示十进制码的编码方法称为二—十进制码，即 BCD 码。常用 BCD 码的几种编码方法如表 1—2 所示。

表 1—2 常用的几种 BCD 码

BCD 码 十进制数码	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码 (无权码)	格雷码 (无权码)
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001

续前表

BCD 码 十进制数码	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码 (无权码)	格雷码 (无权码)
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1000	1011	1000	0111
6	0110	1001	1100	1001	0101
7	0111	1010	1101	1010	0100
8	1000	1011	1110	1011	1100
9	1001	1100	1111	1100	1000

将十进制数转换为 BCD 码，就是分别将十进制数中的每一位按顺序写为 4 位二进制码。
例如：

$$(129)_{10} = (0001 \ 0010 \ 1001)_{8421\text{BCD}}$$

BCD 码分为有权码和无权码。表 1—2 中的 8421 码、5421 码、2421 码为有权码，它们都是将自然 4 位二进制数的十六个组合舍去六个而得到的，只不过舍去的具体组合不同而已。被保留的十个组合的每一位都是有权的，它们的按权展开式的计算结果分别对应十个阿拉伯数字，所以也称为二十进制码。

在表 1—2 中，余 3 码、格雷码为无权码。余 3 码是由 8421 码加 3 (0011) 得到的，不能用按权展开式来表示其转换关系。格雷码的特点是：相邻的两个码组之间仅有一位不同，因而常用于模拟量和数字量的转换，在模拟量发生微小变化而可能引起数字量发生变化时，格雷码只改变一位，这样与其他码同时改变两位或多位的情况相比更为可靠，即可减少转换和传输出错的可能性。另外还有其他编码方法，如奇偶校验码、汉明码等。

国际上还规定了一些专门用于字母、专用符号、数字处理和常用程序指令的二进制代码，如 ISO 码、ASCII 码等，读者可根据需要查阅有关书籍和手册。

1.3 逻辑事件与逻辑代数

1.3.1 基本逻辑事件的表示方法

1. 非

图 1—2 (a) 是一个简单的非逻辑电路。分析电路可以知道，只有开关 A 断开的时候，灯泡 F 才亮。它们之间的关系，可以用图 1—2 (b) 所示的状态表来表示。开关 A 有断开和闭合两种状态，灯泡 F 有亮和灭两种状态。这两种对立的逻辑状态我们可以用“0”和“1”来表示，但注意此时的“0”，“1”并不代表数量的大小，只表示两种对立的状态。假设开关断开和灯泡不亮用“0”表示，开关闭合和灯泡亮用“1”表示，又可以得到图 1—2 (c)，该图称为真值表。从真值表可以看出，逻辑非的含义为：当条件不具备时，事件才发生。

在逻辑电路中，把能实现非运算的基本单元叫做非门，其逻辑符号如图 1—2 (d) 所示。

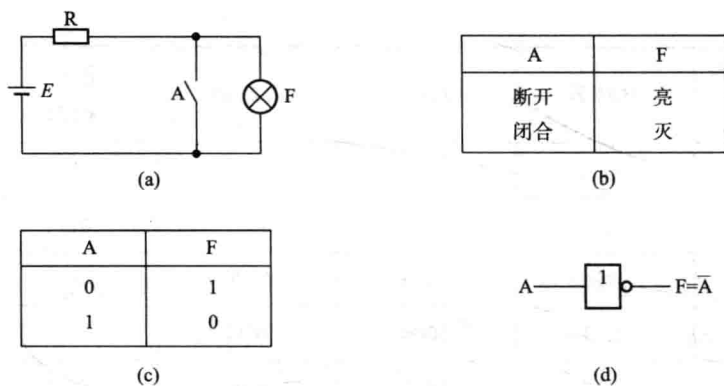


图 1—2 非逻辑电路、状态表、真值表和符号

对逻辑变量 A 进行逻辑非运算的表达式为

$$F = \bar{A}$$

其中 $\bar{A}$ 读作 A 非或 A 反。注意在这个表达式中，变量 (A 、 F) 的含义与普通代数有本质的区别：无论输入量 (A) 还是输出量 (F) 都只有两种取值 0、1，没有任何第三种值。

2. 与、与非

图 1—3 (a) 是两个开关 A 、 B 和灯泡 F 及电源组成的串联电路，这是一个简单的与逻辑电路。分析电路可知，只有当开关 A 和 B 都闭合时，灯泡 F 才会亮； A 和 B 只要有一个断开或者全都断开，则灯泡灭。它们之间的关系可以用图 1—3 (b) 所示的状态表表示，其真值表如图 1—3 (c) 所示。与的含义是：只有当决定一个事件的所有条件都全部具备时，这个事件才会发生。逻辑与也叫做逻辑乘。在逻辑电路中，把能实现与运算的基本单元叫做与门，其逻辑符号如图 1—3 (d) 所示。逻辑函数 F 与逻辑变量 A 、 B 的与运算表达式如下：

$$F = A \cdot B$$

式中 “ $\cdot$ ” 为逻辑与运算符，也可以省略。

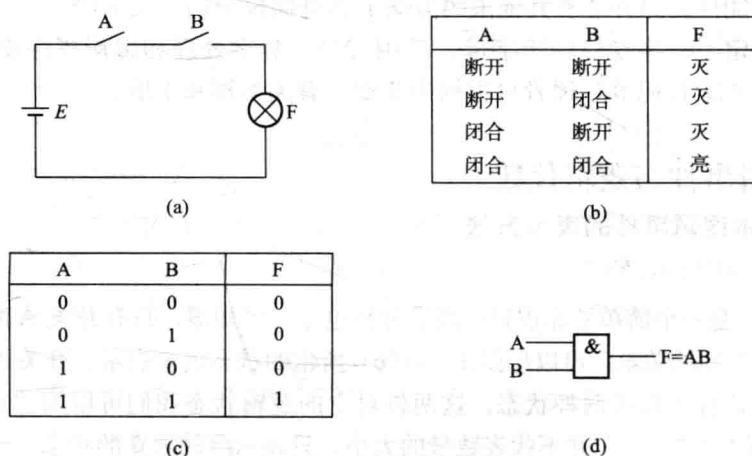


图 1—3 与逻辑电路、状态表、真值表和符号

表达式 $F = \overline{AB}$ 称作逻辑变量 A 、 B 的与非，其真值表如图 1—4 (a) 所示，逻辑符号如

图 1—4 (b) 所示。

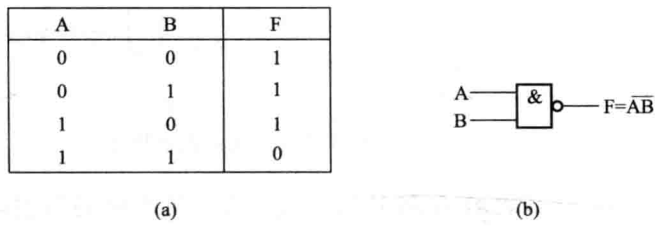


图 1—4 $F = \overline{AB}$ 的真值表和逻辑符号

3. 或、或非

图 1—5 (a) 是一个简单的或逻辑电路，逻辑变量 A、B、F 如前所述。分析电路可知，A、B 中只要有一个为 1，则 $F=1$ ，即 $A=1$ 、 $B=0$ ， $A=0$ 、 $B=1$ 或 $A=1$ 、 $B=1$ 时都有 $F=1$ ；只有 A、B 全为 0 时，F 才为 0，其真值表如图 1—5 (b) 所示。因此，“或”的含义是：在决定一个事件的各条件中，只要有一个或一个以上的条件具备，这个事件就会发生。逻辑或也叫逻辑加。

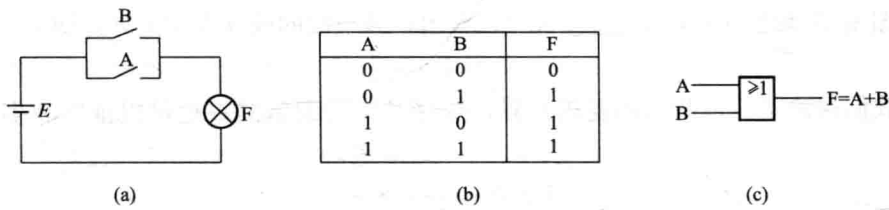


图 1—5 或逻辑电路、真值表和逻辑符号

在逻辑电路中，把能实现或运算的基本单元叫做或门，其逻辑符号如图 1—5 (c) 所示。逻辑函数 F 与逻辑变量 A、B 的或运算表达式如下：

$$F = A + B$$

式中“+”为逻辑或运算符。

表达式 $F = \overline{A+B}$ 称作逻辑变量 A、B 的或非，其真值表和逻辑符号如图 1—6 所示。

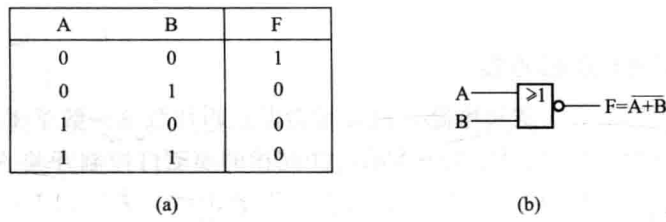


图 1—6 $F = \overline{A+B}$ 的真值表和逻辑符号

4. 同或和异或

逻辑表达式 $F = \overline{AB} + A\overline{B}$ 表示 A 和 B 的异或运算。其真值表和逻辑符号如图 1—7 所示，从真值表可以看出，异或运算的含义是：当输入变量相同时，输出为 0；当输入变量不同时，输出为 1。 $F = \overline{AB} + A\overline{B}$ 又可表示为 $F = A \oplus B$ ，符号“ $\oplus$ ”读作异或。