



21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国高职高专
电子信息系列实用规划教材

数字电子技术 及应用

主 编 何首贤 段有艳 邢迎春
主 审 郭显久



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内容简介

21 世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材

数字电子技术及应用

主 编 何首贤 段有艳 邢迎春
副主编 马振峰 张 静
主 审 郭显久



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书紧密结合高等职业教育的特点,主动适应社会实际需要,突出应用性、针对性,并加强实践能力培养。全书共分9章,主要讲述逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、半导体存储器和可编程逻辑器件、数/模与模/数转换电路及技能训练等。本书建议教学时数(含技能训练)为80学时左右。

本书可作为高职高专电气、电子信息、自动化类或其他工科类专业的教学用书,还可作为中等职业学校以及成人教育、职业技术培训教材和各级工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术及应用/何首贤,段有艳,邢迎春主编. —北京:北京大学出版社,2008.6
(21世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-13575-4

I. 数… II. ①何…②段…③邢… 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(2008)第 045120 号

书 名: 数字电子技术及应用

著作责任者: 何首贤 段有艳 邢迎春 主编

策 划 编 辑: 赖 青

责 任 编 辑: 孙 琳

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-13575-4/TM·0022

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 396 千字

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着科学技术的不断发展,电子技术日益广泛地渗透到科学技术和工业生产的各个领域,为国民经济的发展带来了新的生机和活力。为了适应 21 世纪信息时代的要求,结合高职教育的培养目标,适应社会实际需要,以提高学生实际能力和创新能力为目的,结合多年的实践教学,编写了《数字电子技术及应用》教材。全书的指导思想是突出应用,基本概念以讲清为度。为此本书在内容的选取及编写上,具有如下特点。

(1) 以集成电路为主,适当介绍分立元件内容。全书把重点放在集成电路的功能介绍和使用上,减少了集成电路内部结构介绍,加强了集成电路应用的介绍。

(2) 内容突出应用性、实用性、针对性,将知识点与能力点有机地结合,介绍了一些集成电路的实例及技能训练,其目的在于培养学生的应用能力和解决实际问题的能力。

(3) 内容通俗易懂,简洁明快,深入浅出,灵活多样,其目的是为了培养学生的自学能力。

全书共分 9 章,主要讲述逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、半导体存储器和可编程逻辑器件、数/模与模/数转换电路。第 9 章介绍了电路的读图常识、实际能力训练,以提高学生实际工作的能力。

本书第 1、4、5、8 章由何首贤、马振峰编写,第 3、6 章由张静编写,第 2、7 章由邢迎春编写,第 9 章由段有艳、何首贤(9.1 节、9.2 节、9.3 节)编写。何首贤负责全书统稿,何首贤、段有艳、邢迎春任主编,郭显久任主审。

本书较适宜的授课学时为 80 时左右,各章的参考教学时数见下表:

章 次	建议学时	章 次	建议学时
第 1 章 逻辑代数基础	6	第 6 章 脉冲波形的产生与整形	6
第 2 章 集成逻辑门电路	8	第 7 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	7
第 3 章 组合逻辑电路	12	第 8 章 数/模与模/数转换电路	5
第 4 章 触发器	6	第 9 章 技能训练	20
第 5 章 时序逻辑电路	12	实训 1 周	

由于作者水平有限,书中难免存在许多缺点、错误,敬请读者批评指正,不胜感谢。

编 者

2008 年 3 月

目 录

第 1 章 逻辑代数基础..... 1

1.1 数制与码制..... 1

1.1.1 数制..... 1

1.1.2 数制间的转换..... 2

1.1.3 码制..... 3

1.2 基本逻辑运算和逻辑门电路..... 4

1.2.1 基本逻辑运算..... 5

1.2.2 基本逻辑门电路..... 6

1.2.3 复合逻辑门..... 7

1.2.4 常用公式和运算规则..... 9

1.2.5 正逻辑和负逻辑..... 10

1.3 逻辑函数的几种表示方法及其相互转换..... 11

1.3.1 逻辑函数的几种表示方法..... 11

1.3.2 几种表示方法间的相互转换..... 11

1.4 逻辑函数的化简..... 13

1.4.1 逻辑函数的标准与或形式..... 13

1.4.2 函数化简的意义..... 14

1.4.3 代数化简法..... 15

1.4.4 卡诺图化简法..... 16

本章小结..... 19

习题 1..... 19

第 2 章 集成逻辑门电路..... 22

2.1 TTL 数字集成门电路..... 22

2.1.1 基本的 TTL 与非门..... 22

2.1.2 TTL 与非门电路特性及性能参数..... 23

2.1.3 其他 TTL 门电路..... 28

2.2 MOS 数字集成电路..... 31

2.2.1 CMOS 反相器..... 32

2.2.2 其他 CMOS 逻辑门..... 33

2.3 TTL 与 CMOS 两种集成逻辑门电路之间的连接..... 35

2.3.1 TTL 电路驱动 CMOS

电路..... 35

2.3.2 CMOS 电路驱动 TTL

系列电路..... 36

本章小结..... 37

习题 2..... 37

第 3 章 组合逻辑电路..... 40

3.1 小规模集成电路组成的组合逻辑电路的分析和设计..... 40

3.1.1 组合逻辑电路的传统分析方法..... 40

3.1.2 组合逻辑电路的设计..... 42

3.1.3 组合逻辑电路设计中的几个实际问题..... 45

3.2 组合逻辑中规模集成电路..... 46

3.2.1 编码器..... 47

3.2.2 译码器..... 50

3.2.3 数据选择器和数据分配器..... 56

3.2.4 加法器..... 59

3.2.5 数值比较器..... 64

3.3 组合逻辑电路中的竞争与冒险..... 66

3.3.1 产生竞争和冒险的原因..... 66

3.3.2 冒险的分类..... 67

3.3.3 判断冒险的方法..... 67

3.3.4 消除竞争冒险的方法..... 67

本章小结..... 68

习题 3..... 69

第 4 章 触发器..... 72

4.1 基本 RS 触发器..... 72

4.1.1 与非门构成的基本 RS 触发器..... 72

4.1.2 或非门构成的基本 RS 触发器..... 73

4.2 时钟触发器..... 74

4.2.1 时钟 RS 触发器..... 74

4.2.2 时钟 D 触发器	75	6.1.2 工作原理	126
4.2.3 时钟 JK 触发器	76	6.2 单稳态触发器	127
4.3 集成触发器	78	6.2.1 用 555 定时器构成单稳态 触发器	127
4.3.1 电平触发器	78	6.2.2 集成单稳态触发器	128
4.3.2 主从触发器	78	6.2.3 其他形式的单稳态 触发器	129
4.3.3 边沿触发器	81	6.2.4 单稳态触发器 的应用	131
4.3.4 触发器的异步输入端	84	6.3 多谐振荡器	133
4.3.5 不同触发器的相互转换	86	6.3.1 由 555 定时器构成的 多谐振荡器	133
4.4 触发器应用举例	87	6.3.2 由门电路构成的石英 晶体多谐振荡器	134
本章小结	89	6.3.3 由 CD4060 构成的晶体 振荡器及应用	135
习题 4	89	6.4 施密特触发器	136
第 5 章 时序逻辑电路	92	6.4.1 用 555 定时器构成的 施密特触发器	136
5.1 概述	92	6.4.2 集成施密特触发器	137
5.1.1 时序逻辑电路的结构 及特点	92	6.4.3 典型应用	137
5.1.2 时序逻辑电路的分类	92	本章小结	139
5.2 时序逻辑电路的一般 分析方法	93	习题 6	139
5.2.1 分析步骤	93	第 7 章 半导体存储器和可编程逻辑 器件	143
5.2.2 同步时序逻辑电路 的分析	93	7.1 半导体存储器	143
5.2.3 异步时序逻辑电路 的分析	95	7.1.1 只读存储器	143
5.3 计数器	97	7.1.2 随机存储器 RAM	148
5.3.1 计数器的分类	97	7.1.3 存储器容量的扩展	151
5.3.2 二进制计数器	97	7.1.4 实现组合逻辑函数	153
5.3.3 十进制计数器	101	7.2 可编程逻辑器件	154
5.3.4 集成计数器及其 应用	104	7.2.1 现场可编程逻辑 阵列 FPLA	156
5.4 寄存器	112	7.2.2 可编程阵列逻辑 PAL	159
5.4.1 数据寄存器	112	7.2.3 通用逻辑阵列 GAL	162
5.4.2 移位寄存器	113	本章小结	169
5.4.3 集成移位寄存器 74LS194 的功能及应用	114	习题 7	170
5.5 时序逻辑电路设计	116	第 8 章 数/模与模/数转换电路	172
5.5.1 一般设计步骤	116	8.1 D/A 转换器	172
5.5.2 设计举例	117	8.1.1 T 型电阻网络 D/A 转换器	172
本章小结	121	8.1.2 权电流型 D/A 转换器	174
习题 5	122		
第 6 章 脉冲波形的产生与整形	125		
6.1 555 集成定时器	125		
6.1.1 基本组成	125		

8.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	176	9.5.3 实验内容及步骤	213
8.1.4 集成 D/A 转换器的应用	176	9.5.4 实验报告	217
8.2 A/D 转换器	179	9.6 组合逻辑电路的设计与测试	217
8.2.1 概述	179	9.6.1 目的	217
8.2.2 并行比较型 A/D 转换器 (Parallel Comparator ADC)	181	9.6.2 实验仪器与器材	217
8.2.3 逐次逼近型 A/D 转换器 (Successive Approximation ADC)	183	9.6.3 实验内容及步骤	217
8.2.4 双积分型 A/D 转换器 (Dual Slope ADC)	185	9.6.4 实验报告要求	220
8.2.5 A/D 转换器的主要技术指标	187	9.7 触发器	220
8.2.6 A/D 转换器的应用	188	9.7.1 目的	220
本章小结	190	9.7.2 实验仪器与器材	220
习题 8	190	9.7.3 实验内容及步骤	221
		9.7.4 实验报告要求	222
第 9 章 技能训练	191	9.8 时序逻辑电路	222
9.1 数字电路读图常识	191	9.8.1 目的	222
9.1.1 数字电路型号命名方法	191	9.8.2 实验仪器与器材	223
9.1.2 GB 3430—1989 国家标准	192	9.8.3 实验内容及步骤	223
9.1.3 数字电路的主要类型	193	9.8.4 实验报告要求	228
9.1.4 型号示例	194	9.9 555 定时器及其应用	228
9.2 图形符号简介	195	9.9.1 目的	228
9.2.1 符号结构	195	9.9.2 实验仪器与器材	228
9.2.2 关联标注法	199	9.9.3 实验内容及步骤	229
9.3 数字电路读图练习	202	9.9.4 实验报告要求	231
9.3.1 读图的基本步骤	202	9.10 模/数转换及数/模转换电路	231
9.3.2 数字电路读图举例	202	9.10.1 目的	231
9.4 仿真软件 Multisim 2001	204	9.10.2 实验仪器与器材	231
9.4.1 Multisim 2001 基本界面	204	9.10.3 实验内容及步骤	231
9.4.2 绘制仿真电路的步骤	207	9.10.4 实验报告要求	233
9.4.3 运行仿真电路	210	9.11 课程设计参考选题	234
9.4.4 仿真电路示例	211	9.11.1 课程设计相关要求	234
9.5 集成逻辑门电路的设计		9.11.2 数字电子钟设计	236
和测试	212	9.11.3 多路智力竞赛抢答器设计	239
9.5.1 目的	212	9.11.4 其他参考课题	243
9.5.2 实验仪器与器材	213	课题一 N 进制秒计数器的设计	243
		课题二 人体脉搏计设计	244
		课题三 光控计数器设计	244
		课题四 数字电容测试仪	245
		课题五 数字频率计的设计	245
		课题六 多路可编程控制器设计	246
		参考答案	249
		参考文献	264

第 1 章 逻辑代数基础

在模拟电子技术中,电路主要处理的是模拟信号。模拟信号是指在时间和数值上都是连续变化的信号,如电视的图像和伴音信号,生产过程中能被传感器检测到的由某种物理量转化成的电信号等。本书主要介绍的是数字电子技术,电路主要处理的是数字信号。数字信号是指在时间和数值上都是断续变化的离散信号,如电子表的秒信号、生产流水线上记录个数的计数信号、计算机键盘输入计算机的信号等。这些信号的变化发生在一系列离散的瞬间,其值也是离散的。这种数字信号只有两个离散值,常用数字 0 和 1 表示。处理数字信号的电路称为数字电路。逻辑代数是分析和设计数字电路的基本数学工具。本章主要介绍数制与各种数制之间的转换、常用编码,以及逻辑代数的基本概念、基本公式和定理,并讨论逻辑函数的表示方法、逻辑函数的公式化简法和图形化简法。

1.1 数制与码制

1.1.1 数制

数制(Number System)是计数方法和进位规则的简称。人们习惯使用十进制(Decimal)的计数方法,而在数字系统中多采用二进制(Binary),有时采用八进制(Octal)或十六进制(Hexadecimal)。

1. 十进制

十进制数的数码有 10 个,为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。其计数规律是“逢十进一”。任意一个十进制数可表示为:

$$N_{10} = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 10^i \quad (1-1)$$

式中, K_i ——第 i 位上的数码,即 0~9 中的任一个数;

10——进位基数;

10^i ——第 i 位的权。

式(1-1)也称为按权展开式。也可用下标 D 表示十进制。

例 1-1 2568.43 可表示为:

$$(2568.43)_{10} = 2 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$$

2. 二进制

二进制数的数码只有 0 或 1,计数规律是“逢二进一”,二进制数的进位基数是 2,第 i 位的权是 2^i 。任一个二进制数可表示为:

$$N_2 = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 2^i \quad (1-2)$$

例 1-2 $(101101.01)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 10^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

也可用下标 B 表示二进制。

3. 八进制和十六进制

二进制数的运算规则和实现电路比较简单、方便, 但一个较大的十进制数用二进制数表示时位数较多, 给数的读和写带来麻烦, 且容易出错。为此人们常用八进制数或十六进制数来读、写二进制数。

八进制数的数码有 8 个, 为 0、1、2、3、4、5、6、7, 按“逢八进一”的规律计数, 计数基数是 8, 第 i 位的权是 8^i 。任一个八进制数可表示为:

$$N_8 = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 8^i \quad (1-3)$$

例 1-3 $(36.21)_8 = 3 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2}$

十六进制数的数码有 16 个, 为 0~9 和 A、B、C、D、E、F, 按“逢十六进一”的规则计数, 其计数基数是 16, 第 i 位的权是 16^i , 任一个十六进制数可表示为:

$$N_{16} = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 16^i \quad (1-4)$$

例 1-4 $(3AB.12)_{16} = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 2 \times 16^{-2}$

也可用下标 O、H 表示八进制和十六进制。

1.1.2 数制间的转换

1. 二进制数与十进制数的转换

二进制数与十进制数的转换方法如下。

(1) 二进制数转换为十进制数。将二进制数按权展开后, 将各乘积项的积算出来, 再将各项积相加, 就可得到等值的十进制数。

例 1-5 将 $(110101.011)_2$ 转换为十进制数。

解: $(110101.011)_2 = 1 \times 10^5 + 1 \times 10^4 + 0 \times 10^3 + 1 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 0 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2} + 1 \times 10^{-3} = 53.375_{10}$

(2) 十进制数转换为二进制数。十进制整数转换为二进制整数是将十进制数逐次除以 2, 并依次记录余数, 直到商为 0 为止, 然后将余数从下往上排列, 即得从高位到低位的二进制数。

例 1-6 将十进制数整数 $(23)_{10}$ 转换成二进制数。

解:

2	$\overline{23}$	余数	1	↑	低位
2	$\overline{11}$		1		
2	$\overline{5}$		1		
2	$\overline{2}$		0		
2	$\overline{1}$		1		高位
	0				

即 $(23)_{10} = (10111)_2$

十进制小数转换为二进制小数的方法是乘2取整法。是用该小数乘以2，第一次相乘结果的整数部分为最高位，其小数部分再乘2，所得结果的整数部分为次高位，依此类推，继续上述过程，直至小数部分为0或达到要求精度为止。

例 1-7 将十进制小数 0.625 转换成二进制数。

解：

	0.625
×	2
	1.250
×	2
	0.500
×	2
	1.000

1	高位
0	
1	↓ 低位

即 $(0.625)_{10} = (0.101)_2$

2. 十六进制数与二进制数、十进制数的转换

十六进制数与二进制数、十进制数的转换方法如下。

(1) 十六进制数与二进制数的转换。将二进制数转换为十六进制数是从二进制的小数点开始，分别向左、右按4位分组，最后不满4位的，用0补齐。将每组用对应的十六进制数代替，就是等值的十六进制数。

例 1-8 将二进制数 $(1001101.10011100)_2$ 转换为十六进制数。

解： $(100110110011100)_2 = (0100\ 1101\ 1001\ 1100)_2 = (4D9C)_{16}$

十六进制数转换为二进制数，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。

(2) 十六进制数与十进制数的转换。十六进制数转换为十进制数时，也是按权展开求和进行的，只是它们的权与二进制数的权不同。

十进制数转换为十六进制数时，可参照十进制数转换为二进制数的方法进行，整数部分除以16(或小数部分乘以16)，结果取余(或取整)数；也可以把十进制数转换成二进制数，然后按二进制数转换成十六进制数的方法，间接地将十进制数转换成十六进制数。

1.1.3 码制

在数字系统中为使二进制码表示更多的信息，可以把若干个0和1按一定规律编排在一起，组成不同的代码，并赋予每一个代码固定的含义，称做编码。编制代码所遵循的规则称做码制。

用4位二进制码来表示十进制码的方法称为二—十进制编码，即BCD(Binary Coded Decimal)码。它形式上是二进制码，但实质上是十进制数。4位二进制数共有16种组合，任意取其中10个与0~9的10个数码——对应就构成一种BCD编码。常见的编码有8421码、5421码、2421码、余3码、格雷码(Gray Code)等，前三者是有权码，后两者是无权码。编码的方式见表1-1。格雷码又称做循环码，它不仅是无权码，而且任意相邻两个格雷码之间只有1位不同，其余各位都相同。用4位二进制码来表示的只是十进制码的1位，如果是多位十进制数，应将每一位用BCD码表示，然后组合起来。

表 1-1 几种常见的 BCD 编码

十进制数	二进制数	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0	0	0		0
1	0001	1	1	1		1
2	0010	2	2	2		3
3	0011	3	3	3	0	2
4	0100	4	4	4	1	7
5	0101	5			2	6
6	0110	6			3	4
7	0111	7			4	5
8	1000	8	5		5	
9	1001	9	6		6	
10	1010		7		7	
11	1011		8	5	8	
12	1100		9	6	9	8
13	1101			7		9
14	1110			8		
15	1111			9		

注：空位表示无效组合。

另外，人们通过键盘上的字母、符号、数字等向计算机发送数据和指令，每一个键符可用一个二进制码来表示，如美国标准信息码，即 ASCII 码就是其中的一种。

1.2 基本逻辑运算和逻辑门电路

1849 年，英国数学家乔治·布尔(George Boole)首先提出了描述客观事物逻辑关系的数学方法，被称为布尔代数。后来，由于布尔代数被广泛应用于解决开关电路和数字逻辑电路的分析和设计上，所以也把布尔代数称做开关代数或逻辑代数。

逻辑代数可以用字母表示变量，这种变量称为逻辑变量。逻辑是指事物的因果关系，即事件的发生和决定该事件发生的条件之间的因果关系。条件是原因、事件的发生是结果。这里引入逻辑变量来描述因果关系。把表示原因的量称为输入逻辑变量，把表示结果的量称为输出逻辑变量。输入与输出逻辑变量之间的逻辑关系称为逻辑函数。当输入变量的取值确定下来之后，输出变量的值也随之确定。

逻辑变量只有两种取值“0”和“1”。这里的“0”和“1”仅代表不同的逻辑状态，无数量上的大小关系，如灯的亮与灭、电路的通与断等。

任何一个复杂的逻辑关系都可以用 3 种基本逻辑运算组合而成。这 3 种基本的逻辑运

算是与、或、非运算。

1.2.1 基本逻辑运算

1. 与逻辑

决定某一事件发生的所有条件全部具备时，这一事件才会发生，这种逻辑关系称为与逻辑。

如图 1-1(a) 所示的电路中灯 F 亮这一事件发生必须具备开关 A 和 B 都闭合这样两个条件，否则灯 F 亮这一事件就不会发生。灯亮与开关 A 和 B 符合与逻辑关系。

为了具体描述上述逻辑关系，可以把条件和结果列成表。开关接通为 1，断开为 0，灯亮为 1，灯灭为 0，如图 1-1(b) 所示。能全面反映输出函数和输入变量之间的逻辑关系的表称做逻辑真值表。

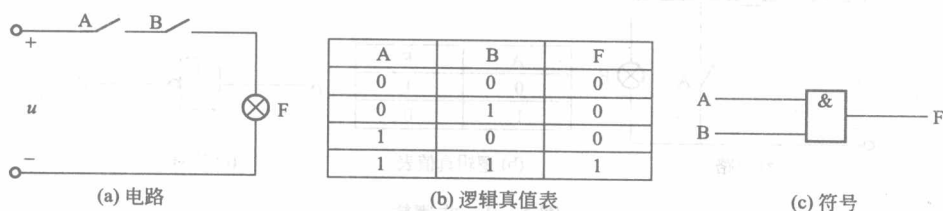


图 1-1 与逻辑

由图 1-1(b) 可知，只有当 $A=1$ 、 $B=1$ 时，F 才会为 1；当 A、B 中至少有一个为 0 时，F 就为 0。若用逻辑表达式描述，可记做：

$$F = A \cdot B \quad (1-5)$$

这种与逻辑关系又称做逻辑乘，式中“ $\cdot$ ”称做逻辑与或逻辑乘符号，一般情况下可以省略。与运算规则为： $0 \cdot 0 = 0$ 、 $0 \cdot 1 = 0$ 、 $1 \cdot 0 = 0$ 、 $1 \cdot 1 = 1$ ，可以概括为输入有 0，输出为 0；输入全 1，输出为 1。与逻辑符号如图 1-1(c) 所示。

2. 或逻辑

当决定事件发生的条件至少有一个具备，这一事件就会发生。这种逻辑关系称做或逻辑。

如图 1-2(a) 所示的灯 F 亮这一事件要发生，则开关 A、B 至少有一个闭合即可。

或逻辑的逻辑真值表如图 1-2(b) 所示，由表可知，当 A、B 至少有一个为 1 时，F 就为 1，只有 A、B 均为 0 时，F 才为 0。若用逻辑表达式描述，可记做：

$$F = A + B \quad (1-6)$$

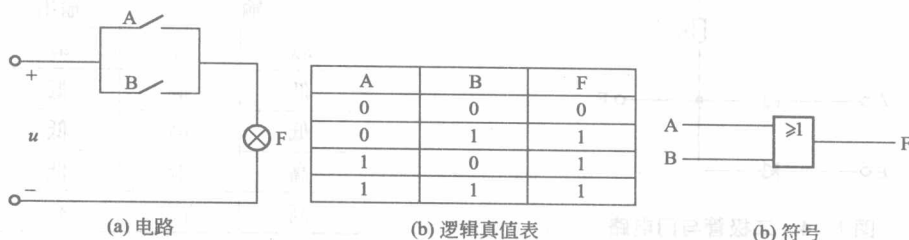


图 1-2 或逻辑

式(1-6)是或逻辑关系的函数表达式,其中“+”是或运算符号,称做逻辑或,也称做逻辑加,其运算规则是: $0+0=0$ 、 $0+1=1$ 、 $1+0=1$ 、 $1+1=1$,可以概括为:输入有1,输出为1;输入全0,输出为0。或逻辑符号如图1-2(c)所示。

3. 非逻辑

事件的发生和条件的具备总是相反的逻辑关系称做非逻辑。即条件具备时事件不发生,条件不具备时事件发生。

如图1-3(a)所示的灯F亮这一事件发生时,开关A不闭合,而开关A闭合时,灯F不亮,这种逻辑关系被记做: $F=\bar{A}$,其中A上面的“-”表示非运算。

其运算规则是: $A=0, F=\bar{A}=1$; $A=1, F=\bar{A}=0$ 。

非逻辑符号如图1-3(c)所示。

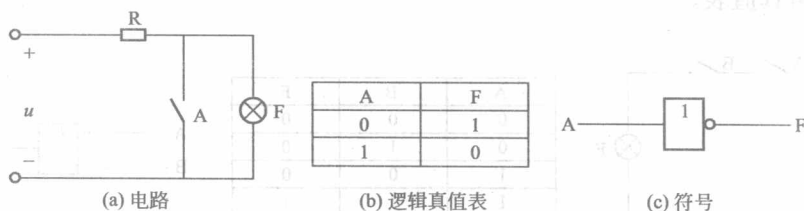


图1-3 非逻辑

1.2.2 基本逻辑门电路

能够实现逻辑运算的电路称为逻辑门电路,简称门电路。门电路的输入端作为条件或变量,输出端作为结果,即输出函数。

1. 与门电路

输入端、输出端能满足“与”逻辑关系的电路称为与门电路。

如图1-4所示是二极管与门电路。A、B为输入端,F为输出端。A、B输入端中只要有一个为低电平,则与该输入端相连的二极管会正向偏置导通,使输出端为低电平。只有输入端同时为高电平时,二极管会反向偏置截止,输出才是高电平,如表1-2所示。

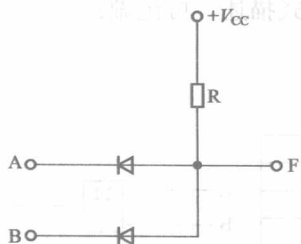


图1-4 二极管与门电路

表1-2 与门的输入/输出关系表

输入		输出
u_A	u_B	u_F
低	低	低
低	高	低
高	低	低
高	高	高

2. 或门电路

如图 1-5 所示是二极管或门电路, 图中的 A、B 为输入端, F 为输出端。A、B 输入端中只要有一个为高电平, 则与该输入端相连的二极管因正向偏置导通, 使输出端为高电平。只有 A、B 输入端同时为低电平时, 二极管截止, 输出才为低电平, 如表 1-3 所示。

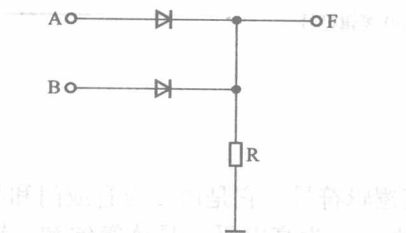


图 1-5 二极管或门电路

表 1-3 或门的输入/输出关系表

输入		输出
u_A	u_B	u_F
低	低	低
低	高	高
高	低	高
高	高	高

3. 非门电路

如图 1-6 所示是晶体管非门电路。当输入为高电平时, 晶体管饱和, 输出为低电平; 当输入为低电平时, 晶体管截止, 输出为高电平, 实现了“非”逻辑功能。如表 1-4 所示为非逻辑的输入/输出关系。

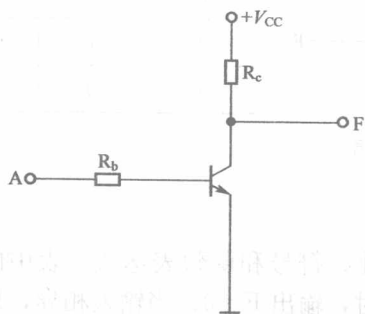


图 1-6 晶体管非门电路

表 1-4 非逻辑的输入/输出关系表

输入	输出
u_A	u_F
高	低
低	高

1.2.3 复合逻辑门

实际的逻辑问题往往比与、或、非复杂得多, 不过它们都可以用与、或、非的组合来实现, 如与非、或非、与或非等。利用基本的逻辑门电路组合而成的门电路称做复合门。

1. 与非门

如图 1-7(a)、(b)所示分别是与非门电路及其逻辑符号。它由二极管与门和晶体管非门串接而成, 当输入中至少有一个为低电平时, u_P 为低电平, 晶体管截止, 输出为高电平; 当输入全为高电平时, u_P 为高电平, 晶体管饱和, 输出为低电平, 实现了与非的逻辑功能, 其逻辑关系表达式为: $F = \overline{AB}$ 。如表 1-5 所示的是与非逻辑真值表。

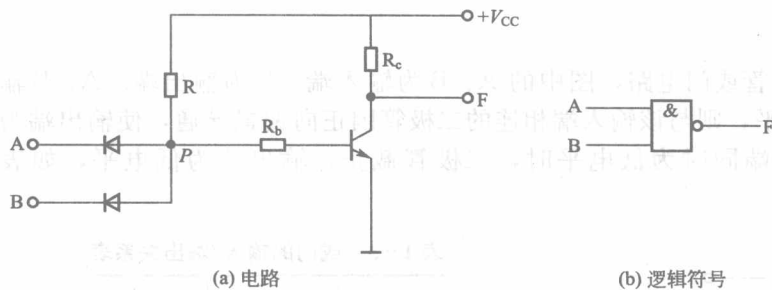


表 1-5 与非逻辑真值表

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

图 1-7 与非门电路

2. 或非门

如图 1-8(a)、(b)所示分别是或非门电路及其逻辑符号。它是由二极管或门和晶体管非门串接而成的。当输入中至少有一个为高电平时， u_P 为高电平，晶体管饱和，输出为低电平；当输入全为低电平时， u_P 为低电平，晶体管截止，输出为高电平，实现了或非的逻辑功能。或非的逻辑关系表达式为： $F = \overline{A+B}$ 。如表 1-6 所示的是或非逻辑真值表。

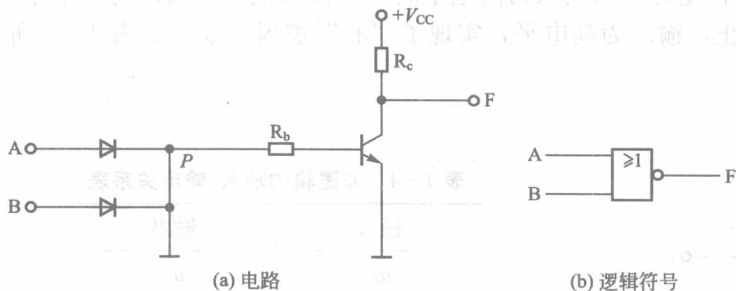


表 1-6 或非逻辑真值表

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

图 1-8 或非门电路

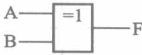
如表 1-7 所示为常用的复合逻辑门的名称、功能、符号和函数表达式。表中的异或逻辑关系是：当输入相同，即 $A=B=0$ 或 $A=B=1$ 时，输出 $F=0$ ；当输入相异，即 $A=0$ 、 $B=1$ 或 $A=1$ 、 $B=0$ 时，输出 $F=1$ 。同或逻辑关系是：当输入相同，即 $A=B=0$ 或 $A=B=1$ 时，输出 $F=1$ ；当输入相异，即 $A=0$ 、 $B=1$ 或 $A=1$ 、 $B=0$ 时，输出 $F=0$ 。

具有偶数个变量的“异或”与“同或”互为相反关系，即： $A \oplus B = \overline{A \odot B}$ 、 $\overline{A \oplus B} = A \odot B$ 。具有奇数个变量的“异或”与“同或”是相等的。

表 1-7 常用的复合逻辑门的名称、功能、符号和函数表达式

逻辑门名称	逻辑功能	逻辑符号	函数表达式
与非门	与非		$F = \overline{AB}$
或非门	或非		$F = \overline{A+B}$

(续)

逻辑门名称	逻辑功能	逻辑符号	函数表达式
与或非门	与或非		$F = \overline{AB + CD}$
异或门	异或		$F = A \oplus B$ $= \overline{A}B + A\overline{B}$
同或门	同或		$F = A \odot B$ $= \overline{A}B + AB$

1.2.4 常用公式和运算规则

1. 常用公式

常用公式有以下几种。

(1) 0-1 定律:

$$A + 0 = A$$

$$A \cdot 1 = A$$

$$A + 1 = 1$$

$$A \cdot 0 = 0$$

(2) 重叠律:

$$A + A = A$$

$$A \cdot A = A$$

(3) 还原律:

$$\overline{\overline{A}} = A$$

(4) 互补律:

$$A + \overline{A} = 1$$

$$A \cdot \overline{A} = 0$$

(5) 交换律:

$$A + B = B + A$$

$$A \cdot B = B \cdot A$$

(6) 结合律:

$$(A + B) + C = A + (B + C)$$

$$(AB)C = A(BC)$$

(7) 分配律:

$$A + BC = (A + B)(A + C)$$

$$A(B + C) = AB + AC$$

(8) 反演律(摩根定律):

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

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

(9) 吸收律:

$$A + AB = A$$

$$A \cdot (A + B) = A$$

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

$$A \cdot (\overline{A} + B) = AB$$

(10) 其他常用公式:

$$AB + \overline{A}C + BC = AB + \overline{A}C$$

$$(A + B)(\overline{A} + C)(B + C) = (A + B)(\overline{A} + C)$$

$$AB + \overline{A}C + BCD \cdots = AB + \overline{A}C$$

$$(A + B)(\overline{A} + C)(B + C + D + \cdots) = (A + B)(\overline{A} + C)$$

以上公式可用公式证明,也可用真值表证明。

例 1-9 证明: $A + \overline{A}B = A + B$ 。可列左、右两函数真值表,如表 1-8 所示。

表 1-8 真值表

A	B	$\bar{A}$	$\bar{A}B$	$A+\bar{A}B$	$A+B$
0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1

由真值表可以看出左右表达式的真值表每一行都相等，则等式成立。

2. 运算规则

逻辑代数中有 3 个重要的运算规则。

(1) 代入规则。在任一个逻辑等式中，将等式两边的同一变量用同一个函数代替，则等式仍然成立，这个规则称做代入规则。利用代入规则可以扩展公式的范围。

例 1-10 $A+B=\bar{A}\cdot\bar{B}$

解：用 $A+C$ 代替式中的 A ，则：

$$\overline{A+C+B}=\overline{A+C}\cdot\bar{B}$$

$$\text{即：}\overline{A+C+B}=\bar{A}\cdot\bar{C}\cdot\bar{B}$$

(2) 反演规则。对于一个逻辑函数 F ，若将其所有 0 变为 1，1 变为 0，与变为或，或变为与，原变量变为反变量，反变量变为原变量，则得到 $\bar{F}$ 。这个规则称做反演规则。利用反演规则可求出一个函数的非函数(反函数)。

在运用反演规则求非函数时要注意两点。

① 应保证函数的运算顺序不变。遵守“先括号、然后乘、最后加”。

② 不属于单个变量的反号应保留不变，即两个以上变量的公用非号保持不变，长非号下的函数按反演规则一一变换。

例 1-11 $F=(\bar{A}B+\bar{B}C)D$

$$\text{解：}\bar{F}=(A+\bar{B})\bar{B}+\bar{C}+\bar{D}$$

$$=(A+\bar{B})\bar{B}C+\bar{D}$$

(3) 对偶规则。把函数中的与变为或，或变为与，0 变为 1，1 变为 0，经过这些变化得到的函数称做原函数的对偶函数，并用 F' 表示。所谓对偶规则，是指两个逻辑式相等，则其对偶式也相等。

例 1-12 求函数 $F=(\bar{A}B+\bar{B}C)D$ 的对偶函数。

$$\text{解：}F'=(A+B)\bar{B}+C+D$$

应用对偶规则可由常用公式中左面的等式变换出右面的等式。

1.2.5 正逻辑和负逻辑

在逻辑电路中，输入和输出一般都用电平表示，常用 H 和 L 表示高和低两种电平。若令 $H=1$ 、 $L=0$ ，则称之为正逻辑；若令 $H=0$ 、 $L=1$ ，则称之为负逻辑。

对于同一电路既可采用正逻辑描述，也可采用负逻辑描述。同一种电路采用不同的逻辑描述时，会得出不同的逻辑关系，从而实现不同的逻辑功能。正逻辑的与门相当于负逻辑