

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

数字电子技术 基础

焦素敏 主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供

电子教案
习题解答

21 世纪高职高专电子技术规划教材

数字电子技术基础

焦素敏 主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/焦素敏主编. —北京:人民邮电出版社, 2005. 8

21 世纪高职高专电子技术规划教材

ISBN 7-115-13466-9

I. 数... II. 焦... 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(2005)第 075781 号

内 容 提 要

本书共分 9 章, 内容包括数字电子技术理论基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲产生和整形电路、数模和模数转换、半导体存储器及可编程逻辑器件、EDA 简介。书中配有技能训练、读图练习、综合训练、实用资料速查、本章小结、思考题与习题等内容, 以满足读者练习和实训的需要。

本书可作为电子、电气、通信和计算机等专业的教材, 也可供其他非电专业、成人教育及职业培训等使用。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

数字电子技术基础

◆ 主 编 焦素敏

责任编辑 赵慧君

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.5

字数: 363 千字

2005 年 8 月第 1 版

印数: 1-4 000 册

2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13466-9/TN · 2506

定价: 21.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副 主 任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 珑 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

丛书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向,高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想,人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国不断深化,各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置,越来越关心学生将来的就业岗位,并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到,高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整性的同时,能在教材中体现正在应用的技术、正在发展的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点,为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程较经典,及知识点又相对统一、固定的特点,采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式,借助本科老师在理论方面深厚的功底,在写作质量上进行把关,高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度,力图解决专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的技术型人才,基础课程的教学应以必需、够用为原则,以掌握概念、强化应用为教学重点,注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时,掌握"突出基本概念,注重技能训练,强调理论联系实际,加强实践性教学环节"的原则,在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例,强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程,并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣,并了解开发过程,最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训,从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是高职高专教材出版的初步。如何配合学校做好为国家培养人才的工作,出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望,关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正,提出修改意见,同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系,共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

编者的话

本书是根据国家教育部最新制定的高职高专教育数字逻辑电路课程教学的基本要求和高职高专人才培养的规格和特点,并结合现代数字电子技术的发展趋势而编写的。

本书的主要内容有数字电子技术理论基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形、数模及模数转换、存储器及可编程逻辑器件和数字电路 EDA 简介等。本书各章还配有本章小结、习题、技能训练、综合训练、实用资料速查、读图练习等内容。

本书在内容及章节编排上,充分考虑高职高专教育电子、通信、电气及计算机各专业的需要,以必须、够用为教学改革方向,删去了繁琐的理论推导过程,侧重基本分析方法、设计方法和集成电路芯片的应用。在注重基本概念和基础理论的同时,更强调应用能力的培养,将案例教学融入本书的编写中,每章增加了大量的技能训练和实用资料速查、读图练习和综合训练等内容,使读者能够很快地把理论与实际应用紧密结合起来,既能帮助提高读者的理解能力,又能培养读者的学习兴趣。此外,PLD 及数字电路 EDA 的简介,使读者在传统数字电路的基础上,对现代电子技术的发展方向——EDA 技术有一个简单的了解并能够快速入门。全书知识衔接紧凑,叙述通俗易懂,适合作为高职高专教育电子、通信、电气及计算机等各专业的教材,也适于成人自学和职业技术培训使用。

本书由河南工业大学焦素敏编写第 1 章、第 8 章和第 9 章,刘林芝编写第 2 章、第 3 章,臧海河编写第 6 章的 6.1、6.2、6.3 节和第 7 章,张建华编写第 6 章的 6.4 节及本章其余内容,郑州铁路职业技术学院的陈志红编写第 4 章、第 5 章。全书由焦素敏统稿和定稿。

由于时间仓促加之编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2005 年 4 月

目 录

第 1 章 数字电子技术理论基础	1
1.1 数字电路概述	1
1.1.1 数字信号与数字电路	1
1.1.2 数字电路的特点	1
1.2 数制和码制	1
1.2.1 数制	1
1.2.2 数制转换	2
1.2.3 码制	4
1.3 逻辑函数及其表示方法	5
1.3.1 逻辑代数	5
1.3.2 三种基本逻辑运算	6
1.3.3 常用的复合逻辑运算	7
1.3.4 逻辑函数的表示方法及相互转换	9
1.4 逻辑代数的基本定律和规则	11
1.4.1 逻辑代数的基本定律	11
1.4.2 逻辑代数的基本规则	12
1.5 逻辑函数的公式化简法	13
1.5.1 逻辑函数的不同表达方式	13
1.5.2 逻辑函数的公式化简法	13
1.6 逻辑函数的卡诺图化简法	14
1.6.1 逻辑函数的最小项及其表达式	14
1.6.2 逻辑函数的卡诺图表示法	15
1.6.3 用卡诺图化简逻辑函数	17
1.7 具有无关项的逻辑函数及其化简	19
1.7.1 逻辑函数中的约束项	19
1.7.2 利用无关项化简逻辑函数	20
本章小结	21
习题	21
第 2 章 逻辑门电路	24
2.1 二极管和三极管的开关特性	24
2.1.1 二极管的开关特性	24
2.1.2 三极管的开关特性	25

2.2 基本逻辑门电路	26
2.2.1 三种基本门电路	26
2.2.2 DTL 与非门	28
2.3 TTL 逻辑门电路	28
2.3.1 TTL 与非门的工作原理	29
2.3.2 TTL 与非门的外特性及有关参数	30
2.4 其他类型的 TTL 门电路	34
2.4.1 集电极开路与非门 (OC 门)	34
2.4.2 三态门 (TSL 门)	36
2.4.3 TTL 与或非门和异或门	37
2.5 CMOS 反相器门电路	38
2.5.1 MOS 管的开关特性	38
2.5.2 CMOS 反相器	39
2.6 其他 CMOS 门电路	40
2.6.1 CMOS 与非门	40
2.6.2 CMOS 或非门	40
2.6.3 CMOS 传输门 (TG 门)	40
2.7 正负逻辑问题	41
2.8 门电路在实际应用中应注意的问题	42
2.8.1 多余输入端的处理	42
2.8.2 TTL 和 CMOS 电路外接负载问题	43
2.8.3 TTL 与 CMOS 电路的接口技术	43
技能训练 1: 门电路的功能和参数测试	44
实用资料速查: 集成门电路相关资料	44
本章小结	47
习题	47
第 3 章 组合逻辑电路	49
3.1 组合逻辑电路的分析方法和设计方法	49
3.1.1 组合逻辑电路的基本概念	49
3.1.2 组合逻辑电路的分析方法	49
3.1.3 组合逻辑电路的设计方法	51
3.2 编码器	52
3.2.1 编码器的原理和分类	52
3.2.2 集成编码器	55
3.3 译码器和数据分配器	57
3.3.1 译码器的原理及分类	57
3.3.2 集成译码器	61
3.3.3 数据分配器	64
3.4 数据选择器	65

3.4.1 数据选择器的原理	65
3.4.2 集成数据选择器	67
3.5 数值比较器	68
3.5.1 数值比较器的原理	68
3.5.2 集成数值比较器	69
3.6 算术运算电路	70
3.6.1 半加器和全加器	70
3.6.2 集成算术运算电路	71
3.7 组合逻辑电路中的竞争与冒险	72
3.7.1 产生竞争冒险的原因	72
3.7.2 冒险的消除方法	73
技能训练 1: 用门电路组成半加器及全加器	74
技能训练 2: 数据选择器的应用	75
技能训练 3: 显示译码器的应用	75
实用资料速查: 常用组合逻辑电路功能部件相关资料	76
本章小结	79
习题	80
第 4 章 触发器	82
4.1 触发器的电路结构及工作原理	82
4.1.1 基本 RS 触发器	82
4.1.2 同步 RS 触发器	84
4.1.3 主从触发器和边沿触发器	88
4.2 触发器的功能分类及相互转换	92
4.2.1 触发器的功能分类	92
4.2.2 不同类型时钟触发器的相互转换	93
4.2.3 集成触发器及主要参数	95
技能训练: 触发器功能测试	97
本章小结	98
习题	99
第 5 章 时序逻辑电路	102
5.1 时序逻辑电路的基本概念	102
5.2 时序逻辑电路的分析方法和设计方法	103
5.2.1 同步时序逻辑电路的分析	104
5.2.2 异步时序逻辑电路的分析	105
5.2.3 同步时序逻辑电路的设计方法	106
5.3 寄存器和锁存器	109
5.3.1 数码寄存器	109
5.3.2 移位寄存器	109
5.3.3 锁存器	111

5.3.4 寄存器集成电路介绍	112
5.4 计数器	114
5.4.1 二进制计数器	114
5.4.2 十进制计数器	117
5.4.3 集成计数器介绍	120
5.5 节拍脉冲发生器	126
技能训练 1: 十进制和六进制计数器	127
技能训练 2: 交通灯控制电路	127
实用资料速查: 常用时序逻辑电路功能部件相关资料	130
本章小结	131
习题	131
第 6 章 脉冲波形的产生与变换	134
6.1 多谐振荡器	134
6.1.1 门电路组成的多谐振荡器	134
6.1.2 石英晶体多谐振荡器	136
6.1.3 多谐振荡器的应用	137
6.2 单稳态触发器	137
6.2.1 门电路组成的单稳态触发器	137
6.2.2 集成单稳态触发器	140
6.2.3 单稳态触发器的应用	142
6.3 施密特触发器	143
6.3.1 由门电路组成的施密特触发器	143
6.3.2 集成施密特触发器	144
6.3.3 施密特触发器的应用	145
6.4 555 定时器及其应用	147
6.4.1 555 定时器电路的结构及工作原理	147
6.4.2 555 定时器的应用	149
技能训练 1: 石英晶体构成多谐振荡器	151
技能训练 2: 用 555 定时器构成报警器	152
读图练习: ASCII 码键盘编码电路	152
综合训练: 数字钟的设计与实现	155
本章小结	158
习题	159
第 7 章 数模和模数转换器	161
7.1 D/A 转换器	161
7.1.1 二进制权电阻网络 D/A 转换器	161
7.1.2 R-2RT 型网络 D/A 转换器	162
7.1.3 D/A 转换器的主要技术参数	164
7.1.4 集成 D/A 转换器	165

7.2 A/D 转换器	168
7.2.1 概述	168
7.2.2 常用的 A/D 转换器类型	169
7.2.3 集成 A/D 转换器及其应用	173
读图练习：3 位半数字电压表	175
本章小结	180
习题	181
第 8 章 半导体存储器及可编程逻辑器件	182
8.1 随机存取存储器 RAM	182
8.1.1 RAM 的结构和工作原理	182
8.1.2 RAM 的存储元	183
8.1.3 RAM 的扩展	184
8.2 只读存储器 ROM	185
8.2.1 ROM 的结构和工作原理	186
8.2.2 ROM 的扩展	189
8.3 可编程逻辑器件 PLD	190
8.3.1 概述	190
8.3.2 PAL 和 GAL	191
8.3.3 CPLD/FPGA 简介	196
本章小结	203
习题	204
第 9 章 数字电路 EDA 简介	205
9.1 VHDL 入门	205
9.1.1 组合逻辑电路设计举例	205
9.1.2 时序逻辑电路设计举例	211
9.2 EDA 工具软件 MAX+plus II 使用入门	214
9.2.1 原理图输入设计方法	215
9.2.2 文本编辑——VHDL 设计	223
本章小结	232
习题	232
参考文献	233

第 1 章

数字电子技术理论基础

数字电路是以数字量为研究对象的电子电路。本章主要讨论数字电子技术的基础理论知识,包括计数体制,逻辑代数及其化简。同时,还给出了逻辑函数的概念、表示方法及相互转换。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号与数字电路

电子电路中的信号可分为两类,一类在时间和幅度上都是连续的,称为模拟信号,如图 1.1 所示,例如电压、电流、温度、声音等信号。传送和处理模拟信号的电路称为模拟电路;另一类在时间和幅度上都是离散的,称为数字信号,如图 1.2 所示,例如计时装置的时基信号、灯光闪烁等信号都属于数字信号。传送和处理数字信号的电路称为数字电路。

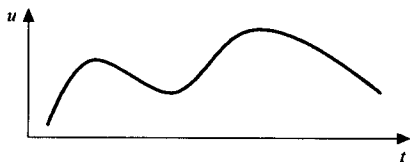


图 1.1 模拟信号

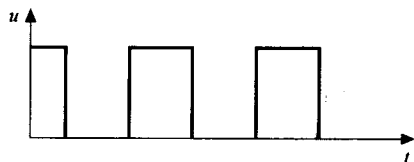


图 1.2 数字信号

1.1.2 数字电路的特点

数字电路与模拟电路相比具有以下特点。

- (1) 数字电路的工作信号是离散的数字信号。数字信号常用 0、1 二元数值表示。
- (2) 数字电路中,半导体器件均工作在开关状态,即工作在截止区和饱和区。
- (3) 数字电路研究的主要问题是输入、输出之间的逻辑关系。
- (4) 数字电路的主要分析工具是逻辑代数。

1.2 数制和码制

1.2.1 数制

数制即计数的方法,日常生活中最常用的是十进制计数,而在数字电路和计算机中最常用的是二进制、八进制和十六进制。

1. 十进制数

十进制数的每一位都采用 0~9 共 10 个数码中的任何一个来表示, 十进制的计数基数是 10, 超过 9 就必须用多位数来表示。其相邻的低位和高位间的运算关系是“逢十进一”, 即

$$9 + 1 = 10$$

各数码处在不同数位时, 所代表的数值是不同的。例如:

$$5555 = 5 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

式中, 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 称为十进制数各数位的权或位权, 都是 10 的幂。因此, 任意一个十进制数都可以表示为各个数位上的数码与其对应的权的乘积之和, 称为权展开式, 用通式可表示为

$$(N)_{10} = a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i$$

式中, a_i 为 0~9 中的任一数码; 10 为进制的基数; 10 的 i 次幂为第 i 位的权; m 、 n 为正整数, n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数。

2. 二进制数

二进制计数体制中只有 0 和 1 两个数码, 其基数是 2, 运算规律是“逢二进一”, 即

$$1 + 1 = 10$$

二进制数同样也可按权展开, 用通式可表示为

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

例如:

$$(101.01)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.25)_{10}$$

上式中用下标 2 和 10 分别表示括号里的数是二进制数和十进制数。

3. 八进制数

八进制数有 0~7 共 8 个数码, 计数基数是 8, 运算规律是“逢八进一”, 即

$$7 + 1 = 10$$

八进制数中每个数位的权都是 8 的幂。例如:

$$(207.04)_8 = 2 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = (135.0625)_{10}$$

4. 十六进制数

二进制数在计算机系统中处理很方便, 但当位数较多时, 书写及记忆都比较难, 为了减少位数, 通常将二进制数用十六进制来表示, 它是计算机系统中除二进制数之外使用较多的进制。十六进制中有 0~9, A (10), B (11), C (12), D (13), E (14), F (15) 共 16 个不同的数码, 计数基数是 16, 运算规律是“逢十六进一”, 即

$$F + 1 = 10$$

十六进制数中每个数位的权都是 16 的幂。例如:

$$(D8.A)_{16} = 13 \times 16^1 + 8 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} = (216.625)_{10}$$

1.2.2 数制转换

1. 十进制数与二进制数的相互转换

(1) 二进制数转换成十进制数

二进制数转换成十进制数的方法是按权展开, 再求加权系数之和。

【例 1.1】 将二进制数 $(1101010)_2$ 转换成十进制数。

$$\begin{aligned}
 \text{解: } (1101010)_2 &= 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\
 &= 2^6 + 2^5 + 2^3 + 2^1 \\
 &= 62 + 32 + 8 + 2 \\
 &= (106)_{10}
 \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数时, 对整数部分可采用“除 2 取余、逆序排列”法, 对小数部分可采用“乘 2 取整、顺序排列”法。

【例 1.2】 将十进制数 $(44.375)_{10}$ 转换成二进制数。

解: 可将 $(44.375)_{10}$ 的整数部分和小数部分分别进行转换, 步骤如下:

整数部分			小数部分		
2	44	余数	0.375	整数	高位
2	22	0 = K ₀	× 2		
2	11	0 = K ₁	0.750	0 = K ₋₁	
2	5	1 = K ₂	0.750		
2	2	1 = K ₃	× 2		
2	1	0 = K ₄	1.500	1 = K ₋₂	
2	0	1 = K ₅	0.500		
			× 2		
			1.000	1 = K ₋₃	低位

故 $(44.375)_{10} = (101100.011)_2$

2. 十进制数与其他进制数的相互转换

十进制数和其他进制数的相互转换与十进制数和二进制数的相互转换方法完全类似。

当十进制数转换为其他进制数时, 可将十进制数分为整数和小数两部分进行。整数部分的转换采用“除基取余, 逆序排列”法。小数部分的转换采用“乘基取整, 顺序排列”法。

当其他进制数转换为十进制数时, 可将其他进制数按加权系数展开式展开, 求得的和即为相应的十进制数。

3. 二进制数与八进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为八进制数

二进制数转换为八进制数时, 可将二进制数由小数点开始, 整数部分向左, 小数部分向右, 每 3 位分成一组, 不够 3 位补零, 则每组二进制数便是一位八进制数。

【例 1.3】 将二进制数 $(1101010.1101)_2$ 转换为八进制数。

$$\text{解: } (1101010.1101)_2 = (001, 101, 010.110, 100)_2 = (152.64)_8$$

(2) 八进制数转换为二进制数

八进制数转换为二进制数时, 只要将每位八进制数用 3 位二进制数表示即可。

【例 1.4】 将八进制数 $(207.04)_8$ 转换为二进制数。

$$\text{解: } (207.04)_8 = (010, 000, 111.000, 100)_2$$

4. 二进制数与十六进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为十六进制数

二进制数转换为十六进制数时，只要将二进制数的整数部分自右向左每 4 位一组，不足 4 位时在左边补零；小数部分则自左向右每 4 位一组，最后不足 4 位时在右边补零。再把每 4 位二进制数对应的十六进制数写出来即可。

【例 1.5】 将二进制数 $(1101010.1101)_2$ 转换为十六进制数。

解： $(1101010.1101)_2 = (0110, 1010.1101)_2 = (6A.D)_{16}$

(2) 十六进制数转换为二进制数

十六进制数转换为二进制数时正好与 (1) 所述相反，只要将每位的十六进制数对应的 4 位二进制写出来就行了。

在数制使用时，常将各种数制用简码来表示：如十进制数用 D 表示或省略；二进制用 B 来表示；八进制用 O 来表示；十六进制数用 H 来表示。如：十进制数 123 表示为 123D 或者 123；二进制数 1011 表示为 1011B；八进制数 173 表示为 173O；十六进制数 3A4 表示为 3A4H。

1.2.3 码制

数码不但可以用来表示数量的大小，还可以用来表示不同的事物。当用数码作为代号表示事物的不同时，称其为代码。一定的代码有一定的规则，这些规则称为码制。给不同事物赋予一定代码的过程称为编码。

日常生活中，人们习惯于十进制数码，而数字系统只能对二进制代码进行处理，这就需要用 4 位二进制数来表示一位十进制数，这种用来表示十进制数的 4 位二进制代码称为二进制代码 (Binary Coded Decimal)，简称 BCD 码。由于 4 位二进制数有 $2^4 = 16$ 种组合方式，可任选其中 10 种来表示 0~9 这十个数码，因此编码方案很多。常见的 BCD 码有以下几种。

1. 8421 码

8421 码是 BCD 码中使用最多的一种有权码（每位均有固定权值），其权值由高到低依次为 8 (2^3)、4 (2^2)、2 (2^1)、1 (2^0)，故称 8421BCD 码。8421BCD 码的特点是，如果将代码看成是一个 4 位二进制数，则它的数值正好等于它所代表的十进制数的大小。即假设 8421 码为 $a_3a_2a_1a_0$ ，则其表示的十进制数为：

$$8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + 1a_0$$

【例 1.6】 将 $(35)_{10}$ 和 $(79.4)_{10}$ 分别用 8421 码表示。

解： $(35)_{10} = (0011\ 0101)_{8421}$

$(79.4)_{10} = (0111\ 1001.0100)_{8421}$

2. 2421 码

2421 码也是一种有权码，其权值由高到低依次为 2、4、2、1，假设 2421 码为 $a_3a_2a_1a_0$ ，则其表示的十进制数为：

$$2a_3 + 4a_2 + 2a_1 + 1a_0$$

3. 5421 码

5421 码也是一种有权码，其权值由高到低依次为 5、4、2、1，假设 5421 码为 $a_3a_2a_1a_0$ ，则其表示的十进制数为：

$$5a_3 + 4a_2 + 2a_1 + 1a_0$$

4. 余3码

余3码各位没有固定的权值，是一种无权代码。它是对相应的8421码加0011得到的，因此叫作余3码。

5. 格雷(Gray)码

格雷码也叫循环码，它也是一种无权码。格雷码的特点是，任何两个相邻的代码只有一位不同，其他位都相同。

上述几种常用的二-十进制编码如表1.1所示。

表 1.1

几种常用的二-十进制编码

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

此外，国际上还有一些专门处理字母、数字字符的二进制代码，如ISO码、ASCII码等。读者可参阅有关书籍。

1.3 逻辑函数及其表示方法

1.3.1 逻辑代数

逻辑代数又叫布尔代数或开关代数，是由英国数学家乔治·布尔于1847年创立的。逻辑代数与普通代数都由字母来代替变量，但逻辑代数与普通代数的概念不同，它不表示数量大小之间的关系，而是描述客观事物一般逻辑关系的一种数学方法。逻辑变量的取值只有两种，即逻辑0和逻辑1，它们并不表示数量的大小，而是表示两种对立的逻辑状态，如开关的通与断、电位的高与低、灯的亮与灭等。0和1称为逻辑常量。

例如，在图1.3所示的指示灯控制电路中，我们用字母Y表示指示灯，用A、B表示两个开关。指示灯Y的亮与灭两种状态取决于开关A、B的通断状态。我们将A、B称为输入逻辑变量，将Y称为输出逻辑变量。

逻辑代数有两种逻辑体制，其中，正逻辑体制规定，高电平为逻辑1，低电平为逻辑0；负逻辑体制规定，低电平为逻辑1，高电平为逻辑0。

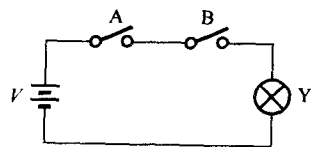


图 1.3 指示灯控制电路

辑 1，高电平为逻辑 0。

1.3.2 三种基本逻辑运算

在逻辑代数中有三种基本的逻辑运算：与运算、或运算、非运算。

1. 与运算

只有当决定一件事情的所有条件都具备时，这件事情才会发生，这种因果关系称为“与”逻辑运算。例如，在图 1.3 所示电路中，两个开关串联控制一个指示灯。显然，只有当两个开关都接通时，灯才能亮，否则，灯灭。该电路的与逻辑关系如表 1.2 所示。

如果用 1 表示开关闭合和灯亮，用 0 表示开关断开和灯灭；则电路中指示灯 Y 和开关 A、B 之间的关系如表 1.3 所示，这种反映逻辑关系的表格称为逻辑真值表。

表 1.2 与逻辑关系表

开关 A	开关 B	灯 Y
断	断	灭
断	通	灭
通	断	灭
通	通	亮

表 1.3 与逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

在逻辑代数中，与逻辑运算又叫逻辑乘，两变量的与运算可用逻辑表达式表示为：

$$Y = A \cdot B$$

读作“Y 等于 A 与 B”。意思是：若 A、B 均为 1，则 Y 为 1；否则 Y 为 0。与运算规则可以归纳为“有 0 出 0，全 1 为 1”。

数字电路中，实现与逻辑关系的逻辑电路称为与门，其逻辑电路符号如图 1.4 所示。



图 1.4 与逻辑电路符号

2. 或运算

当决定事件发生的条件具备一个或一个以上时，事件就发生；只有当所有条件均不具备时，事件才不会发生。这种因果之间的关系就是“或”逻辑的运算关系。例如，在图 1.5 所示的电路中，只要开关 A、B 中任意一个接通或者两个都接通，灯就亮；只有当开关 A、B 均断开时，灯才不亮。由此可得或逻辑关系表如表 1.4 所示，或逻辑真值表如表 1.5 所示。

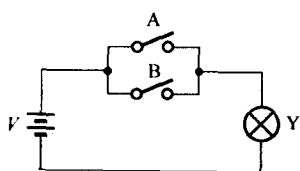


图 1.5 或逻辑关系电路

表 1.4 或逻辑关系表

开关 A	开关 B	灯 Y
断	断	灭
断	通	亮
通	断	亮
通	通	亮

表 1.5 或逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

在逻辑代数中，或逻辑运算又叫逻辑加，两变量的或运算可用逻辑表达式表示为：

$$Y = A + B$$