

数字电路的 分析与应用

冯珊珊 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数字电路的分析与应用

主 编 冯珊珊

副主编 唐 静 王 璐 杨中兴 岳 威

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书采用“模块教学、项目驱动”的教学模式,改变了以往理论、实验、课程设计三者分离的教学方式。全书设计了基础、综合、进阶三个层次的模块,每个模块又由多个项目组成。在项目的学习中涵盖了真实、完整的实际工作任务并充分体现了基于工作过程的全新教学理念。教学项目分别以裁判表决电路、数码显示器、智力竞赛抢答器、具有整点报时功能的可校时数字钟、数字电压表的制作与调试等实际项目内容为载体,涵盖了数字电子技术的主要内容。每一项目配有相关内容的实验与一定量的习题,便于教师教学与读者自学。

本书内容覆盖面广、深浅度适中、实用性强,可作为高等工科院校电类专业数字电子技术类课程的教材。同时也可作为其他相关专业师生及工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数字电路的分析与应用/冯珊珊主编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 8
ISBN 978 - 7 - 5682 - 3005 - 6

I. ①数… II. ①冯… III. ①数字电路 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 205271 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13.25

字 数 / 312 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 张 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

本书贯彻以培养学生实践技能为重点、基础理论与实际应用相结合的指导思想,采用“模块教学、项目驱动”的教学模式,本着保证基础、掌握基本概念、结合实际生产、注重能力培养的原则,力求体现精练与实用。在内容安排上,以应用为目的,注重实用性与先进性,尽量删繁就简,遵循由浅入深、循序渐进的认知规律,将基本知识的学习融合在实训项目中,重点关注器件的外部特性和使用,使教材重点突出、概念清楚、实用性强、注重综合应用能力和基本技能的培养。体系上贯穿应用实例,重点阐明器件、电路、系统的工作原理,强调分析与应用、实践技能的提高。

由于数字电子技术是一门应用性很强的专业基础课,实践性较强,要求学习者既要掌握基础理论知识,又要结合实际生产,注重能力培养,因此学习起来有较大的难度。在教学中要根据高职高专学生的知识基础及就业岗位需求组织教学内容,同时应采用适宜的教学方法,使教、学、练一体化并注意理论教学与实践教学的融合。本教材将教学内容分为若干个相对独立的实训项目,每个项目由若干个任务组成,教学过程应充分发挥学生的主动性、积极性,将课内学习与课外自学相结合。

本书在编写过程中注重教材的应用性、先进性、可读性,适用于高等工科院校电类专业学生使用。全书设计了基础、综合、进阶三个层次的模块,每个模块又由多个项目组成。在项目的学习中涵盖了真实、完整的实际工作任务,充分体现了“基于工作过程”的全新教学理念。教学项目分别以裁判表决电路、数码显示器、智力竞赛抢答器、具有整点报时功能的可校时数字钟、数字电压表的制作与调试等实际项目内容为载体,涵盖了数字电子技术的主要内容。每一项目配有相关内容的实验与一定量的习题,便于教师教学与读者自学。

在本书编写过程中,编者尽量避免在基础理论方面内容偏多、偏难、偏深的倾向,而是注重培养分析问题和解决问题的能力。将理论与实践相结合,在理论讲授中注重传授较为实用的知识与技术,各项目内容安排相对独立,便于不同专业、不同学时课程的教学需要。

本书由冯珊珊主编,并制定了编写大纲、撰写了前言、负责全书的修改及统稿,同时编写了模块一中的项目一、项目三。杨中兴编写了模块一中的项目二,王璐编写了模块二中的项目一,唐静编写了模块二中的项目二、项目三,岳威编写了模块三。

在本书编写过程中,编者参考了目前国内比较优秀的数字电子技术方面的有关资

料，在此谨向有关作者表示感谢。也向为本书出版工作提供帮助的各界人士一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中错误及不足之处在所难免，热忱欢迎广大专家及读者对本书提出宝贵意见。

编 者

2016年5月

目录

Contents

►模块一 数字电路的基础知识	1
项目一 裁判表决电路	1
一、项目导入	1
二、任务链接	2
任务一 数制与码制	2
任务二 由信号灯建立逻辑事件与实际电路的直观认识	9
任务三 逻辑函数的化简	17
三、项目实施（裁判表决电路的设计与制作）	23
项目二 数码显示器	26
一、项目导入	26
二、任务链接	26
任务一 编码器部分设计	26
任务二 译码器部分设计	33
任务三 其他电路（加法器、数据选择器、数据比较器）	40
三、项目实施	48
项目三 智力竞赛抢答器	53
一、项目导入	53
二、任务链接	53
任务一 集成触发器	53
任务二 时序逻辑电路的分析及设计	68
任务三 智力竞赛抢答器	89
三、项目实施	99
小结	102
练习题	103
►模块二 数字钟整机设计与制作	107
项目一 计数器设计	108
一、项目导入	108
二、任务链接	109
任务一 二进制计数器	109
任务二 十进制计数器	111
任务三 集成计数器及其应用	114

三、项目实施.....	124
项目二 时钟脉冲电路设计.....	126
一、项目导入.....	126
二、任务链接.....	126
任务一 矩形波产生电路.....	126
任务二 矩形波整形电路.....	131
三、项目实施.....	136
项目三 具有整点报时功能的可校时数字钟整机电路设计与仿真.....	138
一、项目导入.....	138
二、任务链接.....	138
任务一 数字钟整机框图设计和功能定义.....	138
任务二 振荡分频电路的设计与仿真.....	139
任务三 60 进制与 24 进制计数器的设计与仿真.....	140
任务四 时间显示电路的设计与仿真.....	142
任务五 整点报时电路的设计与仿真.....	143
任务六 校时电路的设计与仿真.....	145
三、项目实施.....	146
知识拓展.....	148
小结.....	153
练习题.....	154
 ►模块三 任务扩展——数字电压表的制作与调试.....	158
一、项目导入.....	158
二、任务链接.....	159
任务一 数字电压表的构成及参数指标.....	159
任务二 A/D 转换器.....	167
任务三 D/A 转换器.....	185
三、项目实施.....	198
小结.....	201
练习题.....	202
 ►参考文献.....	204

模块一

数字电路的基础知识

模块描述

本模块以裁判表决电路、数码显示器、智力竞赛抢答器的电路设计为主线，将数字电路的概念及应用、数字电路中数制和码制的概念、各种编码间的转换方法、基本逻辑运算及逻辑关系、逻辑函数的化简等内容全面覆盖并完整融合在实际逻辑模型的应用之中。学好该模块，可为今后数字电路的学习打下良好的基础。

本模块由三个项目组成：

项目一 裁判表决电路

项目二 数码显示器

项目三 智力竞赛抢答器

项目一 裁判表决电路

一、项目导入

本项目实验内容为设计完成举重比赛的裁判电路。设举重比赛有 3 位裁判，一位主裁判和两位副裁判，杠铃是否完全举起的裁决由每位裁判按一下自己面前的按钮来确定。只有当两位或两位以上裁判判明成功，且其中一位为主裁判时，表明成功的灯才亮。

本项目制作简单，适合初学者的入门学习，项目以举重比赛的裁判表决电路为载体，介绍了数字电路学习的基础知识。项目给出 Multisim 仿真电路及实验电路，有兴趣的学生可以按给出电路完成电路的仿真和制作。

通过本项目的学习实现以下目标：

- (1) 了解该课程的主要教学内容和教学任务;
- (2) 掌握数制与码制;
- (3) 熟练掌握裁判表决电路的原理和应用;
- (4) 掌握逻辑函数的化简方法。

二、任务链接

任务一 数制与码制

1.1 概述

数字电子技术中,电路处理的主要是数字信号。数字信号是指在时间上和数值上都连续变化的离散信号,如计算机键盘输入的信号、生产线上记录个数的计数信号等。这些信号的特点是其变化发生在离散的瞬间,其值也是离散的,共有两个,常用数字0和1表示。这里的0和1不仅可以表示数量的大小,还可以表示一个事物相反的两种状态,如电平的高与低、脉冲的有与无、开关的合与开以及灯的亮与灭,等等。

数字信号可以进行两种运算,即算术运算及逻辑运算。当数字信号0和1用来表示数量的大小时,它们进行的是算术运算;当数字信号0和1用来表示两种不同的状态时,它们进行的是逻辑运算。处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路的任务主要是实现脉冲信号的产生、变换、传送、控制、记忆、计数和运算等功能。在数字电路中,由于大部分情况下是对数字信号进行逻辑运算,因此数字电路又被称为数字逻辑电路。

与模拟电路相比,数字电路具有易于高度集成化、工作准确可靠、抗干扰、产品系列多、成本低、可以进行逻辑运算和控制等一系列优点,因此数字电路在计算机、电视、雷达、自动控制、仪器仪表等领域均被广泛应用。

数字电路根据结构的不同,可以分为分立元件电路和集成电路两大类。前者是将晶体管、电阻、电容等元器件用导线在电路板上连接起来的电路;后者是将上述元器件通过半导体技术组合在一块半导体材料上形成一个不可分割的整体电路。随着半导体技术的发展,现在常见的数字电路通常都是集成电路。根据集成度的不同,数字电路又可以分为小规模集成电路(SSI, 1~10个门/片,或10~100个基本元件/片,如各种逻辑门电路、触发器等)、中规模集成电路(MSI, 10~100个门/片,或100~1000个基本元件/片,如编码器、译码器、数据选择器、计数器、寄存器等)、大规模集成电路(LSI, 100~1000个门/片,或1000~10000个基本元件/片,如微处理器、中央控制器、存储器、接口电路等)、超大规模集成电路(VLSI, 大于1000个门/片,或大于10000个基本元件/片,如各种型号的单片机等)。根据半导体导电类型的不同,又可以分为双极型数字集成电路和单极型数字集成电路。双极型数字集成电路即以双极型晶体管(二极管、三极管)为基本器件构成,如TTL、ECL等集成电路;单极型数字集成电路即以MOS单极型晶体管为基本器件构成,如NMOS、PMOS、CMOS集成电路等。

1.2 二进制计数器

1. 数制

数制是一种计数方法,为计数制度的简称。在日常生活和生产实践中多习惯使用十进制

(Decimal) 的计数方法,而在数字系统中多使用二进制(Binary)、八进制(Octal)或十六进制(Hexadecimal)。在讲述数制之前,必须先说明几个概念:

基数——在某种数制中,允许使用的数字符号的个数,称为这种数制的基数。

系数——任一种 N 进制中,第 i 位的数字符号 K_i ,称为第 i 位的系数。

权——任一种 N 进制中, N_i 称为第 i 位的权。

1) 几种常用数制

①十进制

十进制的基数为 10,数码为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。运算规律为逢十进一,即 $9+1=10$ 。

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,称为位权展开式。十进制数的权展开式为

$$[M]_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 10^i$$

如: $(5555)_{10} = 5 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 5 \times 10^0$

又如: $(209.04)_{10} = 2 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 0 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$

②二进制

二进制的基数为 2,数码为 0 和 1。运算规律为逢二进一,即 $1+1=10$ 。

二进制数的权展开式为

$$[M]_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 2^i$$

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

③八进制

八进制的基数为 8,数码为 0、1、2、3、4、5、6、7。运算规律为逢八进一。

八进制数的权展开式为

$$[M]_8 = K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 8^i$$

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

十六进制的基数为 16,数码为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

运算规律为逢十六进一,即 $9+2=B$ 。

十六进制数的权展开式为

$$[M]_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 16^i$$

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

2) 几种进制间的对应关系

几种进制间的对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 几种进制间的对应关系

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

1.3 不同数制间的相互转换

1. 二进制、八进制、十六进制转换为十进制

转换的方法为，将二进制、八进制、十六进制数按权展开，求各位数值之和即可得到相应的十进制数。

例 1-1 分别将 $(1001111)_2$ 、 $(246)_8$ 、 $(8E)_{16}$ 转换为十进制数。

解： $(1001111)_2 = 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
 $= 64 + 0 + 0 + 8 + 4 + 2 + 1$
 $= (79)_{10}$
 $(246)_8 = 2 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 6 \times 8^0$
 $= 128 + 32 + 6$
 $= (166)_{10}$
 $(8E)_{16} = 8 \times 16^1 + 14 \times 16^0$
 $= 128 + 14$
 $= (142)_{10}$

例 1-2 将数 $(1010.11)_2$ 、 $(265.34)_8$ 、 $(4B3.7F)_{16}$ 转换为十进制数。

解： $(1010.11)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$
 $= 8 + 0 + 2 + 0 + 0.5 + 0.25$
 $= (10.75)_{10}$
 $(265.34)_8 = 2 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2}$
 $= 128 + 48 + 5 + 0.375 + 0.06248$
 $= (181.43748)_{10}$
 $(4B3.75)_{16} = 4 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 7 \times 16^{-1} + 5 \times 16^{-2}$
 $= 1024 + 176 + 3 + 0.4375 + 0.0585$
 $= (1203.496)_{10}$

2. 十进制转换为二进制、八进制、十六进制

转换的方法为将整数部分采用除基取余法，将得到的余数由低至高排列；小数部分采用

乘基取整法, 将得到的整数由高至低排列。

例 1-3 将十进制数 $(342.6875)_{10}$ 分别转换为二进制数、八进制数、十六进制数。

解: 整数部分 $(342)_{10} = (101010110)_2 = (526)_8 = (156)_{16}$

2	342		
2	171	...	0 ↑
2	85	...	1
2	42	...	1
2	21	...	0
2	10	...	1
2	5	...	0
2	2	...	1
2	1	...	0
	0	...	1

8	342		
8	42	...	6 ↑
8	5	...	2
	0	...	5

16	342		
16	21	...	6 ↑
16	1	...	5
	0	...	1

小数部分 $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2 = (0.54)_8 = (0.B)_{16}$

0.6875		
× 2		
1.3750	...	1
0.3750		
× 2		
0.7500	...	0
0.5000		
× 2		
1.5000	...	1
0.5000		
× 2		
1.0000	...	1 ↓

0.6875		
× 8		
5.5000	...	5
0.5000		
× 8		
4.0000	...	4 ↓

0.6875		
× 16		
11.0000	...	11

$(11)_{10} = (B)_{16}$

两部分相加得到: $(342.6875)_{10} = (101010110.1011)_2 = (526.54)_8 = (156.B)_{16}$

3. 二进制与八进制之间的转换

1) 二进制转换为八进制

方法为以小数点为界, 将二进制数的整数部分从低位开始, 小数部分从高位开始, 每 3 位一组, 首尾不足 3 位的补零, 然后每组 3 位二进制数用 1 位八进制数表示。

例 1-4 将二进制数 $(1111010010.01)_2$ 转换为八进制数。

解: $(001\ 111\ 010\ 010.010)_2 = (1722.2)_8$

↓	↓	↓	↓	↓
1	7	2	2	2

2) 将八进制数转换为二进制数

方法为将 1 位八进制数用 3 位二进制数表示即可。

例 1-5 将八进制数 $(6407.2)_8$ 转换为二进制数。

解: $(6\ 4\ 0\ 7.\ 2)_8 = (110\ 100\ 000\ 111.\ 010)_2$

↓	↓	↓	↓	↓
110	100	000	111	010

4. 二进制与十六进制间的转换

1) 二进制转换为十六进制

转换的方法为以小数点为界，将二进制数整数部分从低位开始，小数部分从高位开始，每4位一组，首尾不足4位的补零，然后将每组4位二进制数用1位十六进制数表示。

例 1-6 将二进制数 $(10110100111100.01001)_2$ 转换为十六进制数。

解： $(0010\ 1101\ 0011\ 1100.0100\ 1000)_2 = (2D3C.48)_{16}$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
2 D 3 C. 4 8

2) 十六进制转换为二进制数

方法为将1位十六进制数用4位二进制数表示即可。

例 1-7 将十六进制数 $(4FB.CA)_{16}$ 转换为二进制数。

解： $(\ 4\ \ \ F\ \ \ B\ \ .\ \ C\ \ \ A\ \)_{16} = (010011111011.11001010)_2$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓
0100 1111 1011. 1100 1010

1.1.4 码制

数字系统中为了表达更多的信息，常将二进制中的若干个0和1按照一定规律组合在一起形成不同的代码，每个代码表示固定的含义，这种过程称为编码。将编码中所遵循的规律称为码制。

1. BCD 码

将用4位二进制代码表示1位十进制数的编码形式称为二-十进制代码，或称BCD码。BCD码有多种形式，常用的有8421码、2421码、5421码、余3码，如表1-2所示。

表 1-2 常用BCD码

十进制数	有权码				无权码
	8421 码	5421 码	2421 (A) 码	2421 (B) 码	余 3 码
0	0000	0000	0000	0000	0011
1	0001	0001	0001	0001	0100
2	0010	0010	0010	0010	0101
3	0011	0011	0011	0011	0110
4	0100	0100	0100	0100	0111
5	0101	1000	0101	1011	1000
6	0110	1001	0110	1100	1001
7	0111	1010	0111	1101	1010
8	1000	1011	1110	1110	1011
9	1001	1100	1111	1111	1100

1) 8421 码

8421 码是有权码，用 4 位二进制代码表示 1 位十进制数，高位到低位各位的权分别为 8、4、2、1。8421 码中只利用了 4 位二进制数 0000 ~ 1111 这 16 种组合的前 10 种 0000 ~ 1001，分别表示 0 ~ 9 这 10 个数码，其余 6 种组合 1010 ~ 1111 是无效的。8421 码与十进制间直接按各位转换。

设各位系数为 K_3 、 K_2 、 K_1 、 K_0 ，则所代表的值分别为

$$8421 = K_3 \times 8 + K_2 \times 4 + K_1 \times 2 + K_0 \times 1$$

$$(8\ 6)_{10} = (10000110)_{\text{BCD}}$$

↓ ↓

1000 0110

2) 2421 码和 5421 码

2421 码和 5421 码也属于有权码，也是用 4 位二进制数代表 1 位十进制数，从高位到低位的权分别为 2、4、2、1 和 5、4、2、1。

设各位系数为 K_3 、 K_2 、 K_1 、 K_0 ，则所代表的值分别为

$$2421 = K_3 \times 2 + K_2 \times 4 + K_1 \times 2 + K_0 \times 1$$

$$5421 = K_3 \times 5 + K_2 \times 4 + K_1 \times 2 + K_0 \times 1$$

3) 余 3 码

余 3 码是无权码，每位无固定权值，也是用 4 位二进制数代表 1 位十进制数，但不能由各位二进制数的权求得代表的十进制数。

$$\text{如 } (86.2)_{10} = (1011\ 1001.\ 0101)_{\text{余3码}}$$

2. 可靠性编码

为了尽量减少、发现和纠正代码在形成和传输过程中因各种原因而出现的错误，故提出可靠性编码。

1) 格雷码

格雷码又称循环码，是无权码，有多种编码形式，但有一个共同特点为，相邻两个代码之间仅有一位不同，且以中间为对称的两个代码也只有一位不同。当计数状态按格雷码递增或递减时，由于每次状态更新仅有一位代码变化，降低了出错的可能性，因此在实际应用中很有意义。如表 1-3 所示为格雷码。

表 1-3 格雷码

十进制数	二进制码	格雷码
0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 0 1 1
3	0 0 1 1	0 0 1 0
4	0 1 0 0	0 1 1 0
5	0 1 0 1	0 1 1 1
6	0 1 1 0	0 1 0 1

续表

十进制数	二进制码	格雷码
7	0 1 1 1	0 1 0 0
8	1 0 0 0	1 1 0 0
9	1 0 0 1	1 1 0 1
10	1 0 1 0	1 1 1 1
11	1 0 1 1	1 1 1 0
12	1 1 0 0	1 0 1 0
13	1 1 0 1	1 0 1 1
14	1 1 1 0	1 0 0 1
15	1 1 1 1	1 0 0 0

2) 奇偶校验码

二进制信息在存储及传输过程中，有可能将0误传为1或将1误传为0，为避免这种情况的发生，提出奇偶校验码。其代码由两部分组成，一是奇偶校验位，占一位，根据计算方法求得并附加在信息位后；二是信息位，是需传递的信息，由位数不限的二进制代码组成。

奇偶校验位分为奇校验和偶校验两种，若代码中有奇数个1则称为奇校验；若代码中有偶数个1则称为偶校验。如表1-4所示。

表 1-4 奇偶校验码

十进制数	8421 奇校验码		8421 偶校验码	
	信息码	校验位	信息码	校验位
0	0 0 0 0	1	0 0 0 0	0
1	0 0 0 1	0	0 0 0 1	1
2	0 0 1 0	0	0 0 1 0	1
3	0 0 1 1	1	0 0 1 1	0
4	0 1 0 0	0	0 1 0 0	1
5	0 1 0 1	1	0 1 0 1	0
6	0 1 1 0	1	0 1 1 0	0
7	0 1 1 1	0	0 1 1 1	1
8	1 0 0 0	0	1 0 0 0	1
9	1 0 0 1	1	1 0 0 1	0

3. 常用字符代码

字符代码是对常用字母、符号进行的编码。常用的字符代码有 ASCII 码（美国标准信息交换码）、ISO 码（国际标准化组织码）和我国国家标准码。

ASCII 码是 7 位二进制数组成的编码，可以表示 0~9 这 10 个数字码、26 个英文字母、各种常用符号及字符等，目前已被确认为国际标准代码。

任务二 由信号灯建立逻辑事件与实际电路的直观认识

2.1 基本逻辑运算及其表示方法

19 世纪中叶，英国数学家乔治·布尔提出了描述客观事物逻辑关系的数学方法，该种数学方法被称为布尔代数。之后，因为克劳德·香农将这一数学方法应用到继电器开关电路的设计中，所以又被称为开关代数或逻辑代数。在逻辑代数中，用字母表示变量与函数，且变量与函数的取值只有 0 和 1 两种可能。这里的 0 和 1 不再表示数量大小，只代表不同的逻辑状态，如信号灯的亮灭、电路的通断等。这种二值变量被称为逻辑变量，简称变量；二值函数被称为逻辑函数，简称函数。

在逻辑代数中，任何一种复杂的逻辑关系都可以由 3 种基本逻辑运算组合表示，这 3 种最基本的逻辑运算分别是与逻辑运算、或逻辑运算及非逻辑运算。

1. 与逻辑

如图 1-1 所示为与逻辑电路。图 1-1 中有两个开关 A、B，其逻辑状态如表 1-5 所示。通过对电路进行分析可知，只有当开关 A、B 同时闭合时，灯才能亮。通过分析此例，可得出一种因果关系，即只有当决定某一事件（如灯亮）的条件（如开关闭合）全部具备时，事件（如灯亮）才会发生，这种因果关系称为与逻辑关系。

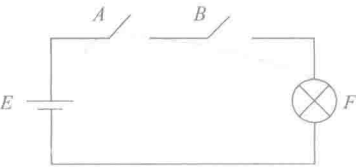


图 1-1 与逻辑电路

表 1-5 与逻辑状态举例表

A	B	灯
断开	断开	灭
断开	闭合	灭
闭合	断开	灭
闭合	闭合	亮

使用 A、B 作为开关的状态变量（逻辑变量），取值 1 表示开关闭合，取值 0 表示开关断开；使用 F 表示灯的状态变量（逻辑函数），取值 1 表示灯亮，取值 0 表示灯灭。逻辑变量与逻辑函数所有可能取值的对应关系如表 1-6 所示。这种表称为真值表。

表 1-6 与逻辑真值表

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

逻辑变量和逻辑函数之间的关系也可用数学表达式进行描述，这种表达式被称为逻辑函数表达式。与逻辑关系的逻辑函数表达式为

$$F = A \cdot B$$

逻辑代数中，将实现与逻辑关系的运算称为与逻辑运算，也称为逻辑乘，简称与运算，运算符号为“·”，在不导致混淆的情况下，可将其省略。通过分析与逻辑可以得出结论，只有当逻辑变量取值全都为1时，逻辑函数F才为1，若为其他取值时，F均为0。

2. 或逻辑

将图 1-1 改为如图 1-2 所示的或逻辑电路，两个开关 A、B 的逻辑状态如表 1-7 所示。根据对电路进行分析可知，当任一开关 A 或 B 闭合时，灯就能亮。通过分析此例，可得出这样一种因果关系，即当决定某一事件（如灯亮）的条件（如开关闭合）有一个或几个具备时，事件（如灯亮）就会发生，这种因果关系称为或逻辑关系。

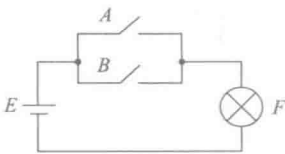


图 1-2 或逻辑电路

表 1-7 或逻辑状态举例表

A	B	灯
断开	断开	灭
断开	闭合	亮
闭合	断开	亮
闭合	闭合	亮

同样，用 A、B 作为开关的状态变量（逻辑变量），取值 1 表示开关闭合，取值 0 表示开关断开；用 F 来表示灯的状态变量（逻辑函数），取值 1 表示灯亮，取值 0 表示灯灭。或逻辑的真值表如表 1-8 所示。

表 1-8 或逻辑真值表

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

或逻辑关系，可以用逻辑函数表达式写成