



高职高专项目课程系列教材

数字电子 器件与应用

Digital Electronic

Devices and Applications

主 编 李俊梅

副主编 赵秀芝 章丽英 李吉



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

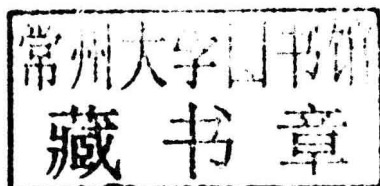


高职高专项目课程系列教材

数字电子器件与应用

主 编 李俊梅

副主编 赵秀芝 章丽芙 李吉岩



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电子器件与应用 / 李俊梅主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-308-07276-2

I. 数… II. 李… III. 数字电路—电子器件—高等学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 242533 号

数字电子器件与应用

主 编 李俊梅

副主编 赵秀芝 章丽英 李吉岩

责任编辑 黄娟琴

文字编辑 王元新

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.5

字 数 262 千

版 印 次 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-07276-2

定 价 20.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591

序

PREFACE

近年来在政府推动与经济发展需求的刺激下,我国高等职业教育规模有了很大发展。全国职业教育工作会议的召开,又为高职发展带来了新的历史机遇。然而,我们可以在短短几年内建设起大量被称为“高职”的院校,却无法在短期内形成真正的高职教育,如何突显特色已成为困扰高职发展的重大课题。

高职发展已由规模扩充进入了内涵建设阶段。内涵建设既需要理论支持,也需要时间积淀,但积极地探索与行动总是有益于这一进程的。已形成的基本共识是,课程建设是高职内涵建设的突破口与抓手。加强高职课程建设的另一个重要出发点,是如何让高职生学有兴趣、学有成效。在传统学科知识的学习方面,高职生是难于和本科生相比的。因此,如何开发一系列既适合高职生学习特点,又能增强其就业竞争能力的课程教材,是高职课程建设面临的另一重大课题。

要有效地解决这些问题,建立能综合反映高职发展多种需求的课程体系,必须进一步明确高职人才培养目标以及高职课程内容的性质和组织框架。为此,不能仅仅止步于“高职到底培养什么类型人才”的论述,而是要从具体的岗位与知识分析入手。高职专业的定位要通过理清其所对应的工作岗位来解决,而其课程特色应通过特有的知识架构来阐明。也就是说,高职课程与学术性的大学课程相比,其特色不应仅仅体现在理论知识少一些,技能训练多一些,而是要紧紧围绕课程目标重构其知识体系。我们认为,项目课程不失为一个有价值与发展潜力的选择,其历史虽然久远,却可以被赋予新的内涵。

(1) 能力观,即项目课程的目标是培养学生的职业能力。现有高职课程基本上还是知识体系,极少体现这一目标。以职业能力为目标不能只是口号,而是要在各个环节紧紧围绕这一目标来设计课程。比如课程目标的描述,要明确指出学生“能够(会)做什么”。能力也不同于操作技能,职业能力更加强调的是在复杂的工作情境中进行分析、判断并采取行动的能力。

(2) 联系观,即要把知识与工作任务之间的联系作为重要课程内容。职业能力的形成并非仅仅取决于获得了大量理论知识,如果这些知识是在与工作任务相脱离的条件下获得的,那么仅仅是些静态的知识,无法形成个体的职业能力。只有能在知识与工作任务之间建立复杂联系的人,才可称为具有职业能力的人。可见,项目课程并非如通常所设想那样只是出于功利目的,而是建立在职业能力形成的联系观基础之上的。

(3) 结构观,即强调对课程结构的整体设计。包括课程体系结构与内容组织结构,因为知识也是影响职业能力形成的重要变量。课程体系结构设计的基本依据是工作体系结构;

内容组织结构设计的基本依据是工作过程中的知识组织关系,其获得的基本手段是工作分析。

(4) 综合观,即综合运用相关操作知识、理论知识来完成工作任务。项目课程就是重点关注如何综合运用所获得的操作知识、理论知识来完成工作任务,从而形成在复杂的工作情境中作出判断并采取行动的能力;它更关注工作任务之间的联系。

(5) 结果观,即以典型产品或服务为载体设计教学活动。通过这种“完整性活动”,学生可获得有工作意义的“产品”,不仅可以增强学生对教学内容的直观感,而且有利于增强学生的成就动机。

教材是课程理念的物化,也是教学的基本依据。项目课程的理念要大面积地转化为具体的教学活动,必须有教材作支持。基于这一设想,我们自2004年起,一直致力于与高职院校及教师合作,开发能体现项目课程上述理念、符合高职教育水准及特色的专业课程教材,以期对我国高职发展作出贡献。这些教材力图彻底打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式,转变为以工作任务为核心的项目课程模式,让学生通过完成具体项目来构建相关理论知识,并发展职业能力。其课程内容的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行,同时又充分考虑了高职教育对理论知识学习的需要,并融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求。每个项目的学习都要求按以典型产品为载体设计的活动来进行,以工作任务为中心整合理论与实践,实现理论与实践的一体化。为此,有必要通过校企合作、校内实训基地建设等多种途径,采取工学交替、半工半读等形式,充分开发学习资源,给学生提供丰富的实践机会。教学效果评价可采取过程评价与结果评价相结合的方式,通过理论与实践相结合,重点评价学生的职业能力。

在开发新教材的同时,我们也在实验性地进行教学尝试。结果表明,尽管要全面实施项目教学在目前还存在一定困难,如教师能力、实训条件等,但这种教学模式的确有利于大大提高学生学习兴趣与教师教学质量。学生不仅感受到了知识的应用价值,而且学会了如何应用这些知识。只要教师勇于创新,敢于挑战传统教学模式,其中的许多问题是不难克服的。今后,我们将深化对教学过程的研究,为项目课程实施提供详细案例。同时开发教学辅助材料,以便更好地促进项目课程的实施。

由于项目课程教材的结构与内容和传统教材相比差别很大,因此其开发是一个非常艰苦的过程。为了使得这套教材更能符合高职学生的实际情况,我们坚持所有编写任务均由高职教师承担,他们为这套教材的成功出版付出了巨大努力。倍感欣慰的是,参与这个项目的高职院校对我们的工作都非常支持,他们不仅组织了大量精干教师和企业专家参与教材开发,而且为我们创造了许多优越条件,没有他们的大力支持,要取得这些成果是难以想象的。在此,还要感谢编委会专家对这个项目的热心支持与精心指导。

实践变革总是比理论创造复杂得多。尽管我们尽了很大努力,但所开发的项目课程教材还是非常有限的。由于这是一项尝试性工作,在内容与组织方面也难免有不到之处,尚需在实践中进一步完善。但我们坚信,只要不懈努力,不断发展和完善,最终一定会实现这一目标。

石伟平 徐国庆

2009年11月于华东师范大学

前 言

FOREWORD

本书是浙江工贸职业技术学院与华东师范大学合作,进行项目化教学改革的一系列教材之一,是为电子信息与电工电子技术类高职高专学生开设项目课程而开发并编写的。所谓项目课程:是指以职业生涯为目标,以工作结构为框架,以职业能力为基础,以培养学生与现代技术相适应的技术实践能力为主要内容,以弹性和综合性为特征,多种课程形态相结合的课程。项目课程要以多媒体技术、多种学习场景、多种学习方法等多种课程形态为教学手段,激发学生学习的欲望和需求,达到改善并提高教学效果的目的。

项目课程的显著特点是学生边学边做边研讨。原则上,学习每个工作项目或电路模块后,要完成一个小的数字电子产品的研制。在结构编排上,以项目为单元,每个单元又划分为几个不同的模块。基于每个项目的工作任务,教师的主要职责是“教练”,指导学生实施“课程资源、学生、教师”间的三者互动,使学生群体的思维与智慧为每个学生所共享,使学习过程变得轻松自如。

本书以典型的实际应用电路项目或电路模块为单元,以问题引出项目所涉及的理论与实践知识进行编写。本书共安排“组合逻辑电路的设计与应用”、“时序逻辑电路及应用”、“555 时基电路与 A/D、D/A 转换器的应用”、“综合应用”4 个工作项目,包括“皮带运输电路的逻辑检测”、“交通灯的故障监视电路”、“计算器的分析与制作”、“智力竞赛抢答装置”、“双向流动彩灯控制器”、“电子触摸游戏电路”、“数显式脉搏测试仪电路”和“模拟洗衣机定时控制器”等 10 余个模块。

本书由浙江工贸职业技术学院电子工程系李俊梅任主编,赵秀芝、章丽芙(温州职业技术学院)、李吉岩任副主编,夏守行、林烨参编。具体的编写分工为:项目一由李俊梅和林烨编写;项目二由赵秀芝和夏守行编写;项目三由章丽芙和李吉岩编写;项目四由李吉岩、赵秀芝和章丽芙编写。全书由李俊梅统稿。

本书可以作为高职高专电子信息类、电工电子技术类、机电类专业学生的“数字电路”或“数字电子技术”课程的教材,也可作为生产一线电工电子技术和机电技术人员的参考书。

本书在编写过程中,得到华东师范大学和浙江工贸职业技术学院相关老师的指导和帮助,在此一并感谢。由于编者水平和资料收集所限,疏漏和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010.11

目 录

CONTENTS

项目一 组合逻辑电路的设计与应用

模块一 皮带运输电路的逻辑检测 / 1

模块二 交通灯的故障监视电路 / 20

模块三 计算器的分析与制作 / 31

项目二 时序逻辑电路的设计及应用

模块一 智力竞赛抢答装置 / 46

模块二 双向流动彩灯控制器 / 69

模块三 数据寄存与传输 / 94

项目三 555 时基电路与 A/D、D/A 转换器的应用

模块一 电子触摸游戏电路 / 101

模块二 数显式脉搏测试仪电路 / 114

模块三 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表 / 124

项目四 综合应用

模块一 倒计时定时器 / 136

模块二 模拟洗衣机定时控制器 / 140

模块三 交通灯控制器 / 145

模块四 高精度可预置定时电路 / 155

参考文献

项目一 组合逻辑电路的设计与应用

本项目通过三个不同层次的实用组合逻辑电路的实例,即皮带运输电路的逻辑检测、交通灯的故障监视电路和计算器的分析与制作,引导学生掌握组合逻辑电路的基本知识,以获得设计组合逻辑电路的能力。

模块一 皮带运输电路的逻辑检测

一、教学目标

1. 终极目标

学会搭建皮带运输电路的方法。

2. 促成目标

- (1) 掌握二进制、十进制、十六进制及相互的转换。
- (2) 学会逻辑代数的基本运算和化简方法。
- (3) 学会利用基本的门电路。

二、工作任务

设计如图 1-1 所示的皮带运输机。为了实现正常传输,避免物料在传输中堆积,要求当 A 电动机开动时,B 电动机必须开机;若 B 开机,则 C 必须开机,否则立即停机并报警。按组合逻辑电路的设计方法设计电路,设计停机及报警控制的逻辑电路,要求用最少的与非门组成。

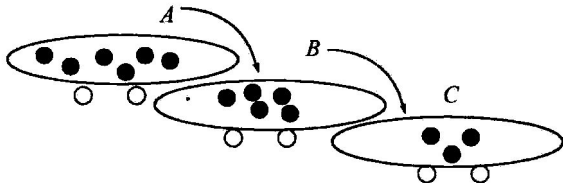


图 1-1 皮带运输机示意图

三、相关的实践知识

1. 认识与非门及反相器

4011、7400 是数字电路中应用最广泛也是最基本的数字电子器件。4011 外观如图 1-2

所示。7400 属标准 TTL(Transister-Transister Logic)系列,即晶体管—晶体管逻辑电路。4011 属国产 CC4000 系列 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor),即由绝缘栅磁效应开关管组成的门电路之一,各引脚功能如图 1-3 所示。它们内含 4 个各自独立的有 2 个输入端、1 个输出端的与非门,简称四 2 输入与非门。其中, A 、 B 是两个输入端, Y 是输出端。

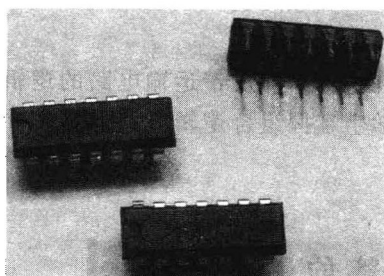


图 1-2 4011 外观

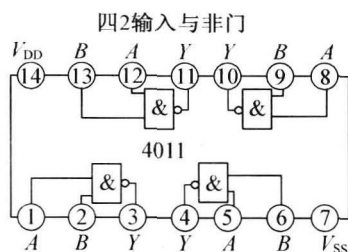


图 1-3 4011 引脚功能

4011、7400 的逻辑关系是: 2 个输入端全部为高电平“1”时,输出端为“0”;输入端只要有“0”,输出端就为“1”;逻辑表达式为 $Y = \overline{AB}$ 。

反相器 4069、7404 是另一应用最广泛也最基本的数字电子器件,其引脚功能如图 1-4 所示,它是执行逻辑“非”或“反相”功能的器件。它的逻辑关系是:输入端为低电平“0”时,输出端是高电平“1”;输入端为高电平“1”时,输出端是低电平“0”。

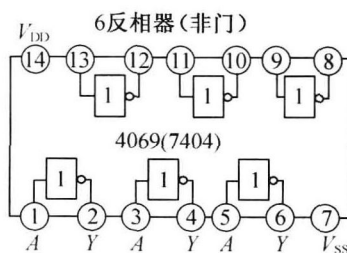
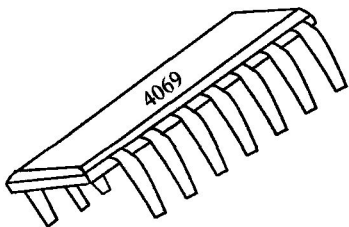
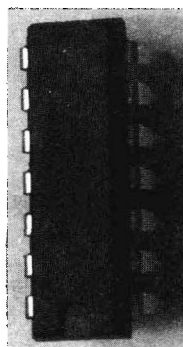


图 1-4 4069(7404)的引脚功能

2. 正确使用与非门及反相器

(1) 按照图 1-5 所示搭建一个供三人对提案表决的逻辑电路,要求实现的功能是:如果提案得到多数人的同意,则提案通过;否则为提案不通过。

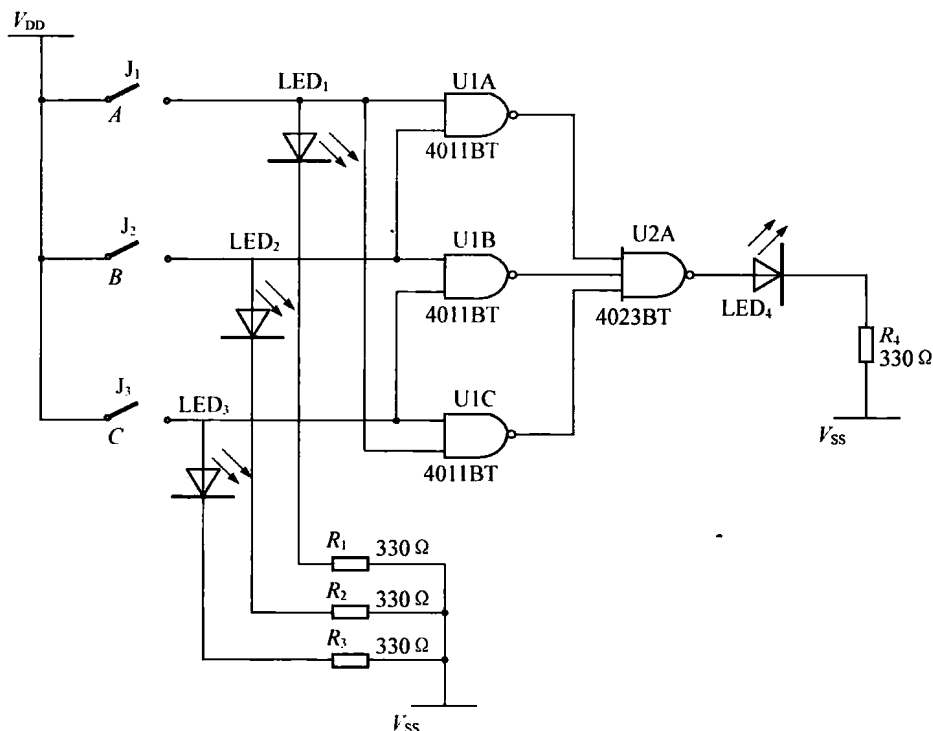


图 1-5 三人表决器逻辑电路

(2) 按照图 1-6 所示搭建逻辑电路,实现图 1-1 所示的皮带运输机的逻辑检测功能。

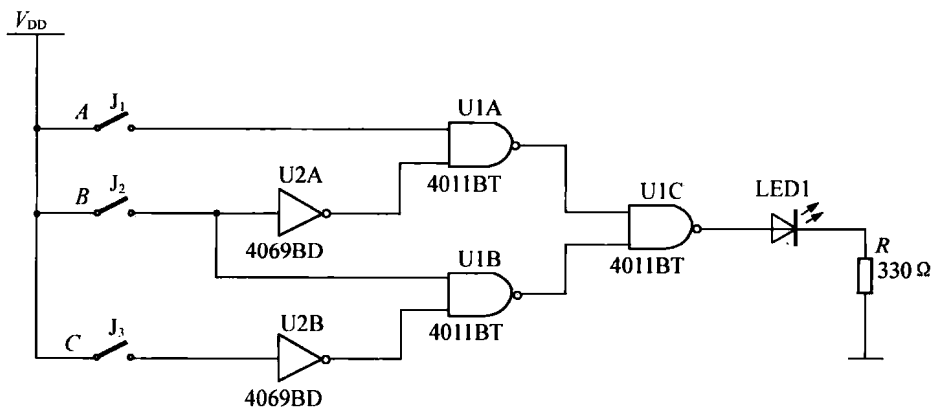


图 1-6 皮带运输机中检测功能的逻辑电路

四、相关的理论知识

1. 逻辑代数基础

(1) 模拟信号与数字信号

自然界的各种物理量,按其变化规律可以分为两大类。

一类物理量在时间或数量上的变换是连续的,例如日常照明中使用的交流电压和交流电流、自然界温度的变化、电动机转速的变换等。这一类的物理量称为模拟量,表示模拟量

的信号称为模拟信号,如图 1-7 和图 1-8 所示。工作在模拟信号下的电路称为模拟电路。

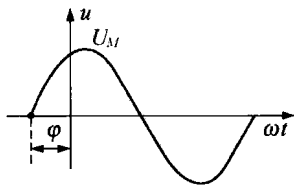


图 1-7 连续变化的交流电压

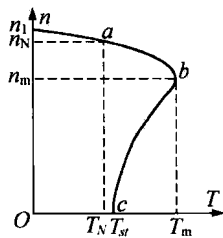


图 1-8 异步电动机的转速特性

另一类物理量在时间和数量上的变化是不连续的,如电子开关的通断、发光半导体器件闪亮的次数、晶闸管的触发脉冲等。它们的变化发生在离散的瞬间,其数值的大小都是某个单位数量的整数倍。这一类的物理量叫做数字量,表示数字量的信号叫做数字信号,如图 1-9 所示。工作在数字信号下的电路叫做数字电路。数字电路主要研究输入与输出信号之间的逻辑关系。

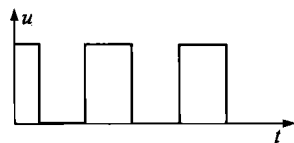


图 1-9 数字信号

(2) 数制与转换

① 十进制。是我们所熟悉的计数方法,它用 0~9 十个数字符号表示数值的大小。例如:

$$1987.65 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

从这个 6 位十进制数不难发现十进制数的特点:它的基数是 10,超过 9 的数必须用多位数表示,其中某低位和其相邻高位之间的关系是“逢十进一”,故称为十进制。

② 二进制。是目前数字电路中应用最广的是一种进制,它仅用 0、1 两个数字符号表示数值的大小。在二进制数中,每一位仅有 0 和 1 两个可能的数字符号,所以计数的基数为 2。低位和相邻高位间的进位关系是“逢二进一”,故称为二进制。例如:

$$(101.11)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.75)_{10}$$

式中:分别使用下脚注 2 和 10 表示括号里的数是二进制数和十进制数。

③ 十六进制。在微型计算机中普遍用于表示一个二进制数,这样有利于计算机程序的编写。十六进制数用 0~9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15) 16 个符号表示。它计数的基数是 16,即“逢十六进一”,故称为十六进制。例如:

$$(2B3.C4D)_{16} = 2 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2} + 13 \times 16^{-3} = (691.7689)_{10}$$

式中:下脚注 16 表示括号里的数是十六进制数。

几种常用数制的比较如表 1-1 所示。

表 1-1 几种常用数制

类 别	十进制 (decimal)	二进制 (binary)	八进制 (octal)	十六进制 (hexadecimal)
数 码	0, 1, ..., 9	0, 1	0, 1, ..., 7	0, 1, ..., 9, A~F
基 数	10	2	8	16

续 表

类 别	十进制 (decimal)	二进制 (binary)	八进制 (octal)	十六进制 (hexadecimal)
进位规则	逢 10 进 1	逢 2 进 1	逢 8 进 1	逢 16 进 1
第 i 位的权值	10^{i-1}	2^{i-1}	8^{i-1}	16^{i-1}

④ 其他进制—十进制转换。把其他进制如二进制、八进制、十六进制转换为十进制。如二进制转换为十进制,转换时只需把二进制数(0 或 1)按其不同的位展开即可。例如:

$$(1011.011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = (11.375)_{10}$$

其他进制转换为十进制以此类推,如八进制转为十进制:

$$(376.4)_8 = 3 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = 3 \times 64 + 7 \times 8 + 6 + 0.5 = (254.5)_{10}$$

$$(3AB.11)_{16} = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = (939.0664)_{10}$$

⑤ 十进制—二进制转换。把十进制转换为二进制。方法是把十进制数的整数部分“除 2 取余法”,小数部分用“乘 2 取整法”。

例 1.1 将 $(19)_{10}$ 转换为二进制数。

2	19	余 1	低位
2	9	余 1	
2	4	余 0	
2	2	余 0	
2	1	余 1	高位
	0		

所以有 $(19)_{10} = (10011)_2$

例 1.2 将 $(6.25)_{10}$ 转换为二进制数。

由于 6.25 既有整数部分,又有小数部分,需将整数部分和小数部分分别转换。

2	6	余 0	低位
2	3	余 1	
2	1	余 1	高位
	0		

得 $(6)_{10} = (110)_2$

0.25			
×	2		
0.50	取整数为 0	高位	
0.50			
×	2		
1.00	取整数为 1	低位	

得 $(0.25)_{10} = (0.01)_2$

所以有 $(6.25)_{10} = (110.01)_2$

⑥ 二进制—十六进制转换。把二进制转换为十六进制。由于 4 位二进制数恰好有 16 个状态(0~15),而把这 4 位二进制数看作一个整体时,它的进位输出又正好是逢十六进一,所以只要从低位到高位将每 4 位二进制数分为一组,并代之以等值的十六进制数,即可得到对应的十六进制数。

例 1.3 将 $(1001010.1101001)_2$ 转换为十六进制数。

以小数点为界,每 4 位为一组,不足 4 位的,可在整数位的前面或小数位后面补 0。

$$\begin{aligned} (1001011.1101001)_2 &= (0100 \ 1011.1101 \ 0010)_2 \\ &\quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ &= (4 \quad B \quad D \quad 2)_{16} \end{aligned}$$

⑦ 十六进制—二进制转换。把十六进制数转换成二进制数,转换时只需将十六进制数的每一位用等值的 4 位二进制数代替就可以完成转换。

例 1.4 将 $(F4A.3D)_{16}$ 转换为二进制数。

$$\begin{aligned} (F \quad 4 \quad A. \quad 3 \quad D)_{16} \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ = (1111 \ 0100 \ 1010.0011 \ 1101)_2 \end{aligned}$$

(3) 代码

不同的数码不仅可以表示数量的不同大小,还能用来表示事物的不同状态。如开关的接通可用“1”来表示,而开关的断开就可用“0”表示;用“1”表示电机拖动系统正常运行,用“0”表示电机拖动系统异常,需报警,等等。在这些应用中,数码只是表示不同事物的代号而已。

在数字系统中只能识别 0 和 1,怎样才能表示更多的数码、符号和字母呢?用编码可以解决此问题。用一定位数的二进制数来表示十进制数码、字母、符号等信息称为编码。这一定位数的二进制数就称为代码。为了便于记忆和处理,在编制代码时总要遵循一定的规则,这些规则就叫做码制。

① BCD 码。在用 4 位二进制数码表示 1 位十进制数的 0~9 这十个状态时,就有多种不同的码制。通常将这些代码称为二—十进制代码,简称 BCD(Binary-Coded Decimal)代码。如表 1-2 所示为最常见的两种 BCD 代码,称为 8421 码和余 3 码。

表 1-2 常见的 BCD 代码

十进制数	8421 码	余 3 码
0	0000	0011
1	0001	0100
2	0010	0101
3	0011	0110
4	0100	0111
5	0101	1000

续 表

十进制数	8421 码	余 3 码
6	0110	1001
7	0111	1010
8	1000	1011
9	1001	1100
权(每一位代表的十进制数)	8421	

在 8421 码编码方式中,每一位二进制代码的 1 都代表一个固定的十进制数值(称为权),把每一位的 1 代表的十进制数加起来,得到的结果就是它所代表的十进制数码。由于代码中从左到右每一位的 1 分别表示 8、4、2、1,所以把这种代码叫做 8421 码。每一位的 1 代表的十进制数称为这一位的权。8421 码中每一位的权是固定不变的,它属于恒权代码。

余 3 码的编码规则与 8421 码不同,如果把每一个余 3 码看作 4 位二进制数,则它的数值要比它所表示的十进制数码多 3,故而将这种代码叫做余 3 码。

常见的 BCD 码还有 2421 码、5211 码和余 3 循环码等。

② 奇偶校验码。数字电路还常用到一种奇偶校验码。代码(或数据)在传输和处理过程中,有时会出现代码中的某一位由 0 错变成 1,或 1 错变成 0。为了检测这种情况,产生了奇偶校验码。奇偶校验码由信息位和一位奇偶检验位两部分组成。信息位是位数不限的任一种二进制代码。检验位仅有一位,它可以放在信息位的前面,也可以放在信息位的后面。

奇偶校验码的编码方式有两种:使得一组代码中信息位和检验位中“1”的个数之和为奇数,称为奇检验;使得一组代码中信息位和检验位中“1”的个数之和为偶数,称为偶检验。十进制数 0~9 的奇、偶校验码如表 1-3 所示。

表 1-3 奇偶校验码

十进制数	8421BCD 奇校验码		8421BCD 偶校验码	
	信息位	校验位	信息位	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

(4) 二进制数的运算

当两个二进制数码表示两个数量大小时,它们之间可以进行数值运算,这种运算称为二进制数的算术运算。二进制算术运算和十进制算术运算的规则基本相同,唯一区别在于二

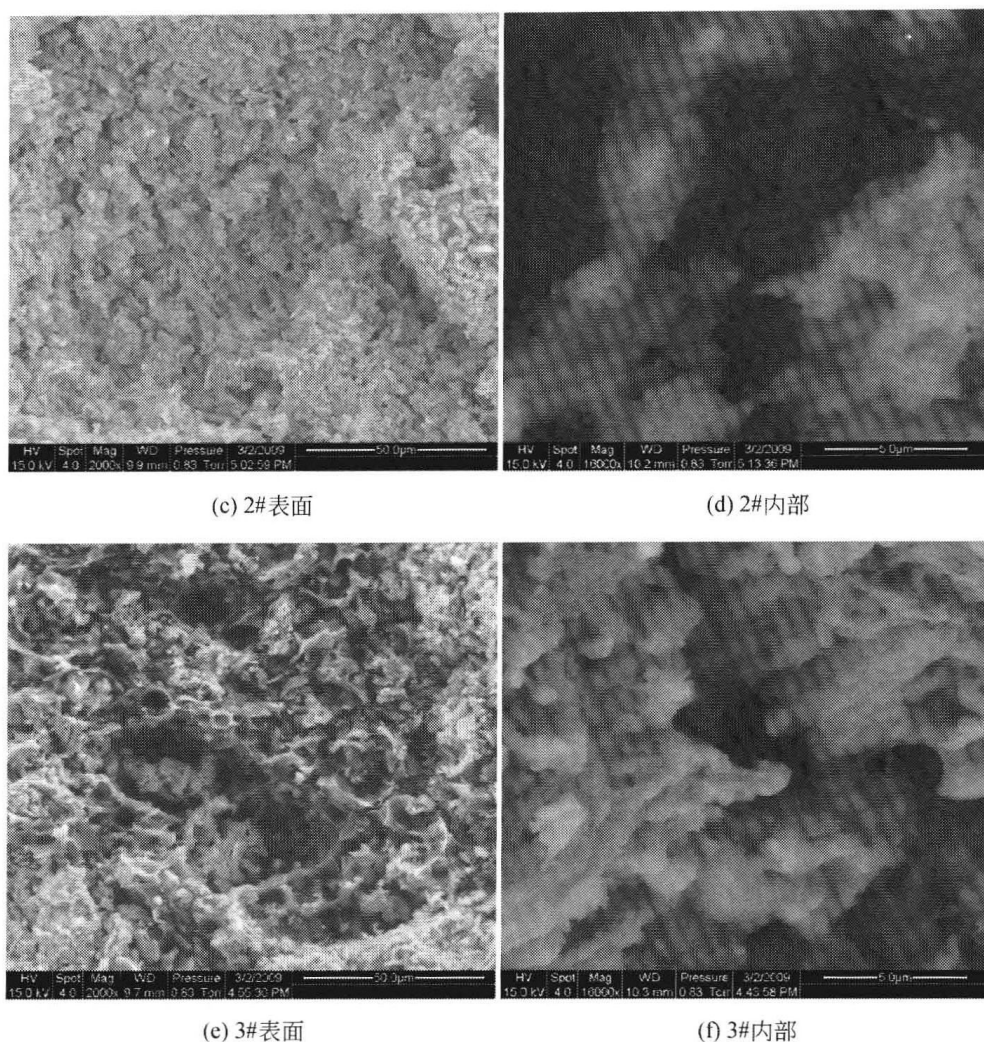


图 1-4 多介质生物陶粒 SEM 图

1.3.3 孔径分布

孔径分布特征通常用最可几孔径来描述，即气孔微分体积为最大值时所对应的气孔孔径。由图 1-5 可知，3 种多介质生物陶粒的最可几孔径都分布在 2 ~ 50nm（约 95%），而且，金属 Fe 掺杂量越多，位于 2 ~ 50nm 区域的孔容积也越大。研究表明，最可几孔径越大，陶粒位于 2 ~ 50nm 的中孔越多（Fu et al., 2008），对 N、P 的吸附越牢固（Chen et al., 2007）。

用补码的相加(代替减法的运算),并舍去进位,得到:

$$\begin{array}{r} 01001 \\ +11011 \\ \hline \text{舍去} \leftarrow 1\textcircled{0}0100 \end{array}$$

可见与前面的计算结果相同,这表明减法运算也可转换为加法运算。而除法运算可以用减法和移位操作实现。因此,二进制数的加、减、乘、除运算都可以用加法运算电路完成,这就简化了运算电路的结构。

(5) 逻辑代数及运算

如前所述,在数字电路中1位二进制数码的0和1不仅可以表示数量的大小,而且可以表示两种不同的逻辑状态。比如,可以用1和0分别表示一件事情的对和错、是和非、有和无、转和停,或者表示电路的通和断、电灯的亮和暗,等等。

当两个二进制数码表示不同的逻辑状态时,它们之间可以按照指定的某种因果关系进行所谓的逻辑运算。这种逻辑运算和算术运算有着本质的不同,逻辑运算遵循的规则是逻辑代数。逻辑代数是一种描述客观事物逻辑关系的数学方法,它是英国数学家乔治·布尔(George Bool)在1847年首先提出来的,所以又称布尔代数。

由于事物包含相互对立而又相互联系的两个方面,如前面所说的亮与暗、通与断、好与坏等,所以在逻辑代数中,为了描述事物两种对立的逻辑状态,采用的是仅有两个取值的变量。这种变量称为逻辑变量。

逻辑变量和普通代数变量一样,都用字母表示。但是,它又和普通代数变量有着本质区别:其所研究的逻辑变量的取值只有0和1两种可能,而且这里的0和1不是表示数值大小,而是代表逻辑变量的两种对立状态。

如果以逻辑变量作为输入,以运算结果作为输出,那么当输入变量的取值确定之后,输出的取值便随之而定了。因此,输出与输入之间乃是一种函数关系。这种函数关系称为逻辑函数,写作:

$$Y=F(A,B,C,\cdots)$$

逻辑代数的运算有与、或、非、与非和或非5种。下面结合指示灯控制电路的实例分别进行讨论。

① 与运算。如图1-10所示为指示灯的两开关串联控制电路。由图1-10可知,只有A和B两个开关均闭合时,指示灯Y才会亮;如果有一个开关不闭合,或两个开关均不闭合,则指示灯不亮。与运算功能表如表1-5所示。

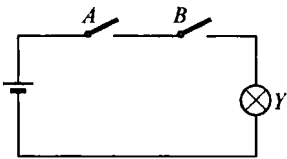


图 1-10 开关串联电路

表 1-5 与运算功能表

A	B	Y
断开	断开	不亮
断开	闭合	不亮
闭合	断开	不亮
闭合	闭合	亮

由此得到这样的逻辑关系：只有决定事物结果(灯亮)的若干条件(开关 A 和 B 闭合)全部满足时,结果才会发生。这种条件和结果的关系称为逻辑与,也叫与逻辑关系。

若以 A 、 B 表示开关的状态,并以 1 表示开关闭合,以 0 表示开关断开;以 Y 表示灯的状态,灯亮用 1 表示,灯不亮用 0 表示,则可得到表 1-6。这种用逻辑变量的不同取值反映逻辑结果关系的表格称为真值表。

在逻辑代数中,逻辑变量之间逻辑与关系称作与运算,也叫逻辑乘,并用符号“ $\cdot$ ”表示。因此, A 、 B 和 Y 的与逻辑关系可写成:

$$Y = A \cdot B$$

此式称为与逻辑表达式。与逻辑功能口诀:有“0”出“0”,全“1”出“1”。与逻辑关系还可以用逻辑符号表示,如图 1-11 所示。

表 1-6 与逻辑真值表

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

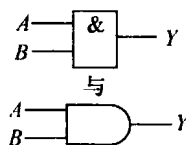


图 1-11 与逻辑符号

② 或运算。如图 1-12 所示为指示灯的两个开关并联控制电路。显而易见,只要任何一个开关(A 或 B)闭合或两个都闭合,指示灯 Y 都会亮;如果两个开关均不闭合,则灯不亮。由此可得到另一种逻辑关系:在决定事物结果的若干个条件中,只要满足一个或一个以上条件时,结果就会发生;否则,结果就不会发生。这种因果关系称为逻辑或,也叫或逻辑关系。表 1-7 列出了或逻辑关系的真值表。

逻辑变量之间逻辑或关系,也称为或运算,也叫逻辑加,并用符号“ $+$ ”表示。因此, A 、 B 和 Y 的或逻辑关系表达式为:

$$Y = A + B$$

或逻辑关系也可以用或逻辑符号表示,图 1-13 所示为或逻辑符号。或逻辑功能口诀:有“1”出“1”,全“0”出“0”。

表 1-7 或逻辑真值表

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

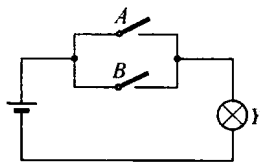


图 1-12 开关并联电路

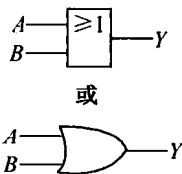


图 1-13 或逻辑符号

③ 非运算。如图 1-14 所示电路可知,当开关 A 闭合时,指示灯不亮;而当开关 A 不闭合时,指示灯亮。它所反映的逻辑关系是:当条件满足时,结果不发生;而当条件不满足时,结果才发生。这种因果关系称为逻辑非,也叫非逻辑关系。非逻辑真值表如表 1-8 所示,非