



21 世纪高职高专电类系列规划教材

数字电子技术

主 编 葛仁华 卢勇威

副主编 韦 鸿 李精华 周红锴

主 审 陈可中

华南理工大学出版社

 21世纪高职高专电类系列规划教材

数字电子技术

主 编 葛仁华 卢勇威

副主编 韦 鸿 李精华 周红锴

主 审 陈可中

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/葛仁华,卢勇威主编. —广州:华南理工大学出版社,2007.8
(21世纪高职高专电类系列规划教材)
ISBN 978-7-5623-2651-9

I. 数… II. ①葛… ②卢… 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(2007)第 086364 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

营销部电话:020-87113487 87111048(传真)

E-mail:scutc13@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:吴兆强

印刷者:广州市穗彩彩印厂

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.75 字数:378千

版次:2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印数:1~3000册

定价:23.50元

版权所有 盗版必究

21 世纪高职高专电类系列规划教材

编写委员会

- 顾问：陈可中（广西大学教授）
熊伟建（广西职业技术学院副院长）
- 主任：卢勇威（广西职业技术学院）
- 副主任：秦培林（广西机电职业技术学院）
葛仁华（桂林航天工业高等专科学校）
- 编委（按姓氏笔画）：
方明（邕江大学）
韦抒（广西电力职业技术学院）
李兴富（桂林航天工业高等专科学校）
李崇芬（柳州运输职业技术学院）
陈光会（广西水利电力职业技术学院）
陈铁军（玉林师范学院高职院）
林勇坚（广西机电职业技术学院）
周红锴（桂林工学院南宁分院）
姚旭明（广西电力职业技术学院）
诸小丽（南宁职业技术学院）
凌艺春（广西工业职业技术学院）
陶权（广西工业职业技术学院）
梁鸿飞（广西电力职业技术学院）

总策划：范家巧 潘宜玲

执行策划：毛润政 吴兆强

总序

随着科学技术的发展,电工电子技术的应用越来越广泛,并已渗透到人们日常生活的方方面面。掌握必要的电工电子知识已成为当代大学生特别是理工类大学生必备的素质之一。而电工电子技术的教学一直存在着学时少与内容多、基本内容与新技术、理论教学与实验教学三大矛盾。如何让学生在有限的时间内学到系统而扎实的电类知识,是摆在教育工作者面前的一个重要课题。

高职高专教育是以培养应用型、工艺型人才为目标的一种教育形式,目前正处于一个全新的发展时期,对它的研究也处于探索阶段。作为高职高专教育重要的一环——其教材的编写,需要认真对待和深入研究。

高职高专教材的编写,应在保证一定的理论教学的基础上,注重培养学生的实际动手能力,为社会培养出合格的应用型人才。但是,目前我国高职高专院校之间的教学条件、教学水平、学生层次、发展模式等均不平衡,硬性规定选用统一的“规划教材”、“精品教材”显然有悖科学规律,但每个学校的教材自成体系、“自编自用”则更不现实。那么,在教材的选用和编写过程中,如何既考虑学科的前瞻性,同时又兼顾各个学校发展水平不一的现实情况,是每一位教材编写者必须首先思考的问题。在基本相似的教学背景下,联合各种优秀的教学资源,在一定的地域范围内共同研究和探讨,共同编写有一定地域特色又富有创新性的教材,则不失为一种行之有效的方法。

出于以上考虑,在华南理工大学出版社的组织策划下,我们联合了广西、贵州两省10余所高职高专院校共同编写了“21世纪高职高专电类系列规划教材”。

为了出版一套高质量的“21世纪高职高专电类系列规划教材”,华南理工大学出版社做了大量的前期组织准备工作。他们邀请了各个参编院校中富有教学经验且负责教学管理的专家、学者担任本系列教材的编委,多次召开编

委会会议，就教材内容的定位、写作的要求、参编人员的要求及组成、主编的落实、写作大纲的确定等事项进行了具体而细致的商讨。在前期准备工作基本就绪的基础上，召开了全体参编人员出版研讨会，讨论每种教材的写作大纲和具体分工。参编人员均为从事高职高专教学工作多年的老师，他们熟知高职高专的教学现状，对未来高职高专的发展方向有深刻的认识和研究。

全体参编人员按照编委会提出的“理论适度、注重实操、切合实际”的编写原则，以高度负责的态度对待教材的出版工作。我相信，“天道酬勤”，经过华南理工大学出版社的精心策划，经过广大作者的辛勤劳动，该套教材会成为一套比较理想的、切合高职高专教学实际的教材。该套教材的出版，对推动高职高专电类专业的教学改革具有积极的意义。

高职高专教育正处于一个探索和发展的阶段，我们编写的“21世纪高职高专电类系列规划教材”肯定还存在一些疏漏与不足，我们将依据高职高专发展的趋势，充分把握科学发展的最新动态，不断修订和完善本系列教材。同时，我们也衷心希望使用本套教材的同仁们不吝赐教，更欢迎加入到本系列教材的后续出版工作或修订再版的作者队伍中来，共同促进高职高专人才培养事业的发展。

衷心祝愿本系列教材出版成功。

广西大学教授 **陈可中**

2007年5月于南宁

前言

本书是“21世纪高职高专电类系列规划教材”之一，是根据高职高专教育的特点，依照2000年教育部制订的《高职高专数字电子技术基础课程教学基本要求》，以“必需、够用”为原则，在淡化理论、加强实用的理念下，结合目前集成器件的发展和使用情况进行编写的。本教材的特点如下：

(1) 在编写过程中，首先是确保理论知识的系统性、完整性和正确性，在此前提下对理论知识进行弱化处理、淡化过程、加强实用。对各个涉及有实用电路举例的场合，所用的集成电路芯片在保持其先进性的条件下考虑要能够让学生举一反三，留有余地。在整体上确保较高的水平。同时，在表述一些知识点时，尽可能从学生理解角度出发考虑问题。

(2) 本教材的概念清晰、简明、实用，教学层次明确，使读者更易于掌握数字电子技术的规律，提高实际应用能力，并紧跟市场集成芯片的发展与应用。

(3) 鉴于目前数字集成器件的使用以性能优越的CMOS/HC系列和TTL/LS系列为主，所以在分析、介绍和举例中着重以这些系列电路为主。

(4) 在集成芯片的介绍中以国际通用型号命名为主，少量介绍了一些国内标准型号的芯片。

(5) 对目前发展较快、应用日益广泛的，与本教材知识密不可分的可编程逻辑器件，作了一些基本应用介绍。以便于读者奠定进一步学习、研究的基础。

(6) 本教材可作为用于形成电子类专业的专业基础平台的第二平台。其作用是使学生掌握数字信号的处理、加工、整形、变换、应用技术，为学生较好地掌握数字逻辑控制技术、单片机中数字逻辑的应用技术、可编程逻辑器件的应用、数字通信原理和数模转换技术等数字逻辑技术奠定较坚实的基础。

本书可作为高等职业技术学院和高等专科学校专科电气、电子类专业电子技术基础课程的通用教材，还可供中等专业学校或有关从事电子技术的工程技术人员参考。

书中标注“*”的章节，可满足不同教学层次、不同要求的需要。

本书的第1章由黔东南民族职业学院的田态灿、李魏飞等老师编写，第2、3、7章由桂林工学院南宁分院的周红锴、覃红玲、刘高潮等老师编写，第4章由广西机电职业学院的韦鸿等老师编写，第5、6、10章由桂林航天工业高等专科学校的葛仁华、李精华、杨永昌老师编写，第8、9章由广西职业技术学院的卢勇威、陈洁萍、殷梁等老师编写。葛仁华同志负责了全书的统稿。陈可中教授担任了本书的主审。同时，本书也得到广大兄弟院校师生提出不少的意见和建议，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中的错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

2007年3月

目 录

第 1 章 数字逻辑及化简	(1)
1.1 数制和编码	(2)
1.1.1 进位计数制	(2)
1.1.2 数制转换	(3)
1.1.3 数值数据的表示	(6)
1.1.4 编码	(7)
1.2 逻辑变量及基本逻辑运算	(9)
1.2.1 基本概念	(9)
1.2.2 三种基本逻辑运算	(10)
1.2.3 常用的复合逻辑	(12)
1.3 逻辑代数与逻辑函数化简	(14)
1.3.1 逻辑代数基本公式和常用公式	(14)
1.3.2 逻辑代数基本规则	(15)
1.3.3 逻辑函数的常用表示形式及标准表示形式	(16)
1.3.4 逻辑函数的公式化简法	(19)
1.3.5 逻辑函数的卡诺图化简法	(20)
1.3.6 具有约束项逻辑函数的化简	(25)
1.3.7 逻辑函数化简中的几个实际问题	(26)
1.4 本章小结	(26)
复习思考题	(27)
第 2 章 逻辑门电路	(30)
2.1 基本分立元件门电路	(30)
2.1.1 与门、或门和非门电路	(30)
2.1.2 与非、或非门电路	(33)
2.2 TTL 集成门电路	(35)
2.2.1 典型 TTL 与非门电路	(35)
2.2.2 集电极开路(OC) 门电路	(39)
2.2.3 三态门电路	(41)
2.2.4 其他改进型门电路	(42)
2.3 CMOS 集成逻辑门电路	(43)
2.3.1 CMOS 非门电路	(43)
2.3.2 CMOS 传输门	(44)

2.3.3	CMOS 模拟开关	(45)
2.3.4	CMOS 门电路	(46)
2.4	使用注意事项	(48)
2.4.1	TTL 驱动 CMOS 门电路的接口电路	(48)
2.4.2	CMOS 驱动 TTL 门电路的接口电路	(49)
2.4.3	使用注意事项	(50)
2.5	本章小结	(51)
	复习思考题	(51)
第 3 章	组合逻辑电路	(54)
3.1	组合逻辑电路的定义和分析方法	(54)
3.1.1	组合逻辑电路的定义	(54)
3.1.2	组合逻辑电路的分析方法	(55)
3.2	组合逻辑电路的设计	(56)
3.3	半加器与全加器	(58)
3.3.1	半加器	(58)
3.3.2	全加器	(59)
3.3.3	全加器的应用	(59)
3.4	编码器	(60)
3.4.1	编码及编码器	(60)
3.4.2	二-十进制编码器	(61)
3.4.3	编码器的应用	(62)
3.5	译码器	(63)
3.5.1	译码及译码器	(63)
3.5.2	二进制全译码器	(63)
3.5.3	BCD 译码器	(65)
3.5.4	译码器的应用	(67)
3.6	数据选择器和数据分配器	(68)
3.6.1	数据选择器	(68)
3.6.2	数据选择器的应用	(70)
3.6.3	数据分配器	(71)
3.7	奇偶检验电路	(71)
3.7.1	奇偶检验	(71)
3.7.2	奇偶校验电路	(72)
3.8	组合电路中的竞争与冒险	(72)
3.8.1	冒险与竞争	(72)
3.8.2	竞争与冒险的判断	(73)
3.8.3	冒险现象的消除	(74)
3.9	本章小结	(74)

复习思考题	(75)
第4章 触发器	(77)
4.1 触发器概述	(77)
4.1.1 触发器	(77)
4.1.2 触发器的功能描述	(78)
4.1.3 触发器分类	(78)
4.2 基本RS触发器	(78)
4.2.1 基本RS触发器电路组成及原理	(78)
4.2.2 基本RS触发器逻辑功能的描述	(79)
4.2.3 基本RS触发器的特点	(79)
4.3 时钟触发器	(80)
4.3.1 同步触发器	(80)
4.3.2 主从触发器	(83)
4.3.3 边沿触发器	(84)
4.4 集成触发器	(86)
4.5 触发器的转换	(87)
4.5.1 JK触发器转换为D触发器	(87)
4.5.2 JK触发器转换为T触发器和T'触发器	(88)
4.5.3 D触发器转换为T触发器	(88)
4.6 本章小结	(88)
复习思考题	(89)
第5章 时序逻辑电路	(94)
5.1 时序逻辑电路概述	(94)
5.1.1 组合逻辑电路与时序逻辑电路的区别	(94)
5.1.2 时序逻辑电路的结构	(95)
5.1.3 时序逻辑电路的分类	(95)
5.2 时序逻辑电路的分析	(96)
5.2.1 分析步骤	(96)
5.2.2 分析举例	(97)
*5.3 时序逻辑电路的设计	(100)
5.4 本章小结	(101)
复习思考题	(101)
第6章 常用时序逻辑电路	(104)
6.1 寄存器	(104)
6.1.1 基本寄存器	(104)
6.1.2 移位寄存器	(105)

6.1.3 寄存器的应用	(108)
6.2 计数器	(109)
6.2.1 同步计数器的应用	(110)
6.2.2 异步计数器的应用	(119)
*6.3 序列信号发生器	(122)
6.3.1 反馈移位型序列信号发生器	(122)
6.3.2 计数型序列信号发生器	(124)
6.4 数字电路工程应用实例	(124)
6.5 本章小结	(125)
复习思考题	(126)
第7章 数—模和模—数转换电路	(130)
7.1 数—模转换	(130)
7.1.1 DAC转换原理	(130)
7.1.2 DAC转换电路	(134)
7.2 模—数转换	(137)
7.2.1 ADC转换原理	(138)
7.2.2 ADC转换电路	(144)
7.3 DAC、ADC电路选用	(145)
7.3.1 DAC电路选用	(145)
7.3.2 ADC电路选用	(146)
7.4 本章小结	(147)
复习思考题	(148)
第8章 脉冲产生电路及其应用	(149)
8.1 概述	(149)
8.2 555定时电路	(150)
8.2.1 555定时电路的结构	(150)
8.2.2 555工作原理	(151)
8.3 单稳态触发器	(152)
8.3.1 用555定时器构成的单稳态电路	(152)
8.3.2 集成单稳态触发器	(153)
8.3.3 单稳态触发器的应用	(154)
8.4 多谐振荡器	(156)
8.4.1 用555定时器组成多谐振荡器	(156)
8.4.2 由门电路构成的多谐振荡器	(157)
8.4.3 石英晶体多谐振荡器	(159)
8.5 施密特触发器	(159)
8.5.1 施密特触发器的功能	(159)

8.5.2 用 555 定时器构成施密特触发器	(160)
8.5.3 集成施密特电路	(161)
8.5.4 施密特触发器的应用	(161)
8.6 本章小结	(163)
复习思考题	(163)
第 9 章 可编程逻辑器件	(166)
9.1 可编程逻辑器件 PLD 概述	(167)
9.1.1 可编程逻辑器件 PLD 功能	(167)
9.1.2 PLD 的逻辑符号表示方法	(168)
9.1.3 PLD 的分类	(169)
9.1.4 PLD 的性能特点	(170)
9.1.5 用 PLD 实现逻辑电路的方法	(171)
9.2 可编程逻辑器件 PLD 的基本单元	(171)
9.2.1 熔丝型开关	(171)
9.2.2 RAM 存储单元	(172)
9.2.3 其他存储单元	(174)
9.3 ROM 和 RAM 存储器	(175)
9.3.1 ROM 存储器	(175)
9.3.2 RAM 存储器	(178)
9.4 可编程逻辑阵列	(180)
9.4.1 可编程逻辑阵列 PLA 的基本结构	(180)
9.4.2 可编程逻辑阵列 PLA 的应用	(180)
9.5 其他新型可编程逻辑器件	(183)
9.5.1 复杂可编程逻辑器件的结构和特点	(183)
9.5.2 现场可编程逻辑器件	(184)
9.5.3 可编程逻辑器件的编程	(185)
9.6 本章小结	(188)
复习思考题	(188)
* 第 10 章 数字电路工程综合应用进阶	(189)
10.1 数字测频计设计	(189)
10.1.1 技术指标	(190)
10.1.2 设计过程	(190)
10.1.3 测频计的 EDA 仿真设计	(197)
10.2 安装与调试	(203)
10.3 讨论	(204)
10.4 本章小结	(204)
复习思考题	(205)

附录一 集成电路型号命名.....	(206)
附录二 美国标准信息交换码 (ASCII)	(208)
附录三 常用逻辑符号对照表.....	(209)
附录四 常用 TTL、CMOS 功能分类介绍	(211)
参考文献.....	(220)

第 1 章 数字逻辑及化简

主要内容

本章的主要内容有数制——二进制、八进制和十六进制及与十进制的相互转换、编码、逻辑变量及基本逻辑运算，逻辑代数与逻辑函数化简。

学习目标

- 理解并掌握数制及其转换方法
- 掌握编码的含义
- 熟练掌握逻辑变量及逻辑含义
- 熟练掌握基本逻辑关系
- 熟练掌握逻辑代数运算公式
- 熟练掌握逻辑函数的几种表示方法：真值表、函数式、卡诺图、门电路
- 熟练掌握逻辑函数不同表示方式的相互转换
- 熟练掌握逻辑函数的代数化简方法
- 熟练掌握逻辑函数的卡诺图及化简方法
- 掌握逻辑函数最小项的概念
- 熟练掌握逻辑函数具有约束项的化简方法

学习重点

逻辑函数的代数化简，逻辑函数的卡诺图化简，具有约束项的卡诺图化简。

学习难点

具有约束项的卡诺图化简。

随着现代电子技术的发展，人类正在以前所未有的速度全面进入信息化社会，并由此带来了科研和生产的许多重大飞跃，例如电视、互联网、广播、印刷媒体等为人们报道世界范围内所发生的各种事件。这些信息通常是通过人们的感觉器官（眼、耳等）进入大脑，并被存储下来，以作进一步的分析。

电子线路技术，通常分为模拟电路技术与数字电路技术，同样各种电信号则相应的可分成模拟信号和数字信号。模拟信号应用于模拟电路，数字信号应用于数字电路。

当今数字电路技术伴随着数字集成电路芯片的迅猛发展，其发展与应用异常迅猛，所以在电子技术领域实际使用中，通常将模拟信号转换为数字信号，利用数字逻辑技术这一强有力的工具为信号的存储、加工、处理、分析和传输提供更好的硬件电路条件。

数字逻辑电路几乎应用于各种电子设备或电子系统中，计算机与互联网、计算器与电

子时钟、通信系统、电视机及视频技术、音响系统、音视频记录设备、多媒体、流媒体、长途电话及移动通信、卫星系统、家用电器、航天技术等，无一不采用数字技术。

通过对本门课的学习，能够比较全面地掌握数字技术，从而在电子专业领域为电子技术的应用与发展有所作为。

1.1 数制和编码

数制是计数的方法，在日常生活中，常用的有七进制（周）、十二进制（年）、二十四进制（天）、六十进制（分、秒）等，其中最常用的进位计数制是十进制。

在数字系统中进行数字的运算和处理时，由于电路元件的物理性质决定了采用的是二进制数，但在进行表示、编程时则多用八进制和十六进制。本节将介绍几种常见数制的表示方法、不同数制相互间的转换方法和几种常见的二-十进制码（简称 BCD 码）。

1.1.1 进位计数制

1. 十进制 (Decimal)

十进制是人们最常用的一种计数体制，十进制有 10 个数字符号，或者说 10 个数码，即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 十个基本数码。任何一个十进制数都可以用上述 10 个数码按一定规律排列起来表示，其计数规律是“逢十进一”，这就是十进制的特点，十进制数是以 10 为基数的计数体制。

【例 1-1】2468 可写为：

$$2468 = 2 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

由上式可见，十进制数的特点是：

- (1) 基数是 10。基数即是计数制中所用的数码的个数。十进制数的每一位必定是 0~9 十个数码中的一个。
- (2) 计数规律是“逢十进一”。
- (3) 同一数码处于不同的位置时，它代表的数值是不同的，即不同的数位有不同的位权。

上述表示方法也可扩展到小数，但小数点右边的各位数码要乘以基数的负幂次。例如，数 26.58 表示为： $26.58 = 2 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$ 。对于一个十进制数来说，小数点左边的数码，位权依次为 $10^0, 10^1, 10^2, \dots$ ，小数点右边的数码，位权分别为 $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, \dots$ 。从广义来讲，任意一个十进制数 N 所表示的数值，等于其各位加权系数之和，可表示为

$$(N)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i$$

也称为按权展开式。其中： n 为整数部分的数位， m 为小数部分的数位，下角标 10 表示 N 是十进制，也可用字母 D 来代替数字“10”； 10^i 为第 i 位的权， K_i 为第 i 位的数字符号， $0 \leq K_i \leq 9$ 。

任意一个 N 位十进制正整数，可表示为

$$(N)_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 10^i$$

【例 1-2】 $(168)_D = 1 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0$

2. 二进制 (Binary)

数字电路和计算机中采用二进制。二进制只有两个数码 0 和 1。二进制数的特点如下:

- (1) 基数是 2, 采用两个数码 0 和 1。
- (2) 计数规律是“逢二进一”, 即 $1+1=10$ (读作“壹零”)。
- (3) 二进制数各位的权为 2 的幂。

如 4 位二进制数 1011, 可以表示为

$$(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (11)_{10}$$

任何一个 N 位二进制数, 可用按权展开式表示为

$$(N)_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 + \cdots + K_{-m} 2^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i$$

式中 $(N)_2$ 下标 2 表示二进制数, 也可以用字母 B 来代替数字“2”。

【例 1-3】 $(1011.01)_2 = (1011.01)_B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (11.25)_{10}$

3. 八进制 (Octonal)

八进制数的基数是 8, 采用 8 个数码: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。八进制数的计数规律是“逢八进一”, 各位的位权是 8 的幂。

任何一个 N 位八进制数可用按权展开式表示为

$$(N)_8 = K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 + \cdots + K_{-m} 8^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 8^i$$

下标 8 表示 N 是八进制数, 也可以用字母 O 来代替数字“8”。

【例 1-4】 $(168)_8 = (168)_O = 1 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 8 \times 8^0 = (120)_{10}$

4. 十六进制 (Hexadecimal)

十六进制数的基数是 16, 采用 16 个数码: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F, 其中 10~15 分别用 A~F 表示。十六进制数的计数规律是“逢十六进一”, 各位的位权是 16 的幂。

任何一个 N 位十六进制数可用按权展开式表示为

$$(N)_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 + \cdots + K_{-m} 16^{-m} \\ = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 16^i$$

式中的下标 16 也可以用字母 H 来代替。

【例 1-5】 $(60)_{16} = (60)_H = 6 \times 16^1 + 0 \times 16^0 = (96)_{10}$

$$(9C)_{16} = (9C)_H = 9 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = (156)_{10}$$

1.1.2 数制转换

1. 其他进制数转换为十进制数

将二进制、八进制、十六进制数转换为十进制数的方法如前所述, 就是将它们按权展