

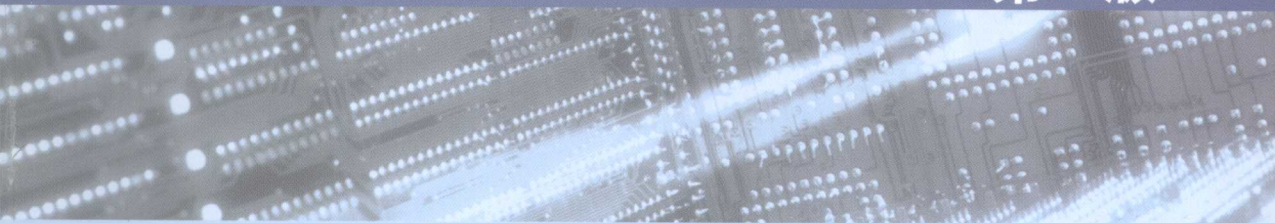


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子技术及其应用基础

数字部分

第二版



李哲英 骆 丽 钮文良 编
李哲英 主 编



高等教育出版社
Higher Education Press

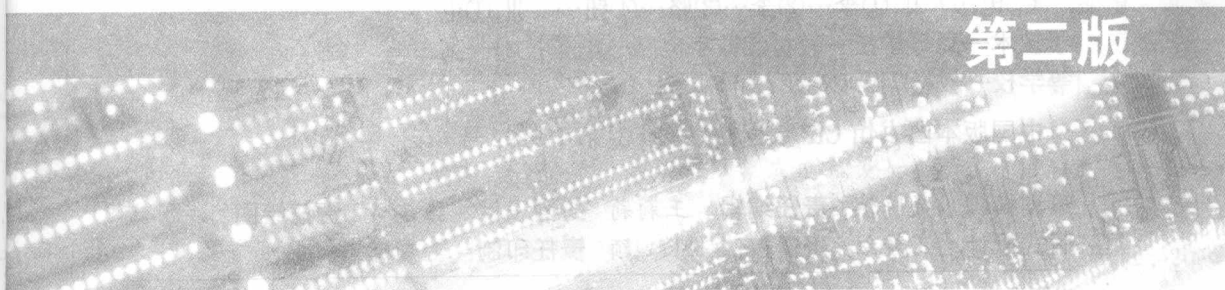


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子技术及其应用基础

数字部分

第二版



李哲英 骆丽 钮文良 编
李哲英 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

ISBN 7-04-024888-0
定价：24.00元

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书比较系统地讨论数字逻辑系统和数字电路的建模、分析和设计方法,内容包括逻辑系统基本特征、数字电路基本特征、数字逻辑信号特征、数字逻辑的分析和设计方法、数字电路分析和设计方法。本书比较详细地介绍了 HDL 设计方法的特点以及现代数字逻辑电路系统的设计技术,其中包括行为描述、仿真验证以及测试方法。本书突出强调数字逻辑系统模型与数字电路模型之间的关系,以数字逻辑系统行为特性和数字电路行为特性为核心,介绍用数字电路实现数字逻辑系统的基本技术和方法。这些都是现代数字电子技术应用的基本概念与技术。书中附有大量的思考题、练习题和习题,可供读者练习之用。

本书适于作计算机和电子信息类专业本科教材,也可以作为其他专业和有关技术人员的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术及其应用基础. 数字部分/李哲英主编:李哲英,
骆丽,钮文良编.—2版.—北京:高等教育出版社,2009.1
ISBN 978-7-04-024888-3

I. 电… II. ①李…②李…③骆…④钮… III. ①电
子技术—高等学校—教材②数字电路—电子技术—高
等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 179292 号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 王莉莉 封面设计 张志奇 责任绘图 尹 莉
版式设计 王艳红 责任校对 张 颖 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landraco.com
			http://www.landraco.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
印 刷	北京未来科学技术研究所 有限责任公司印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2003 年 8 月第 1 版 2009 年 1 月第 2 版
印 张	34.25	印 次	2009 年 1 月第 1 次印刷
字 数	640 000	定 价	38.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24888-00

第二版前言

数字电路技术是目前电子技术中发展最为迅速的技术之一。特别是与2003年本书第一版出版时相比较,数字电路技术中的EDA技术有了长足的发展,对数字电路技术提出了更高的建模和模型分析要求。同时,由于数字集成电路技术的飞速发展,本书原有的一些内容,特别是一些例题已经失去了示范和学习意义。

作为一门工科专业的技术基础课,数字电路技术课程应当包含数字集成电路应用所需要的全部基本分析概念和技术,包括数字逻辑系统的基本概念、数字逻辑模型的应用分析、基本电路分析以及基本测试分析技术等。尽管数字电路技术正在突飞猛进地发展,但这些基本概念、基本分析理论和基本设计技术并没有发生本质的变化。因此,数字电路技术的基本分析理论与方法、数字逻辑系统的数字电路实现技术仍然是数字电子技术的基本内容。

基于上述认识,同时考虑教育部电子电气基础课程教学指导分委员会制定的本课程教学基本要求,本书第二版对基本概念与分析技术的相关内容进行了修改和补充,修改和补充的主要内容包括:

1. 强化逻辑模型和数字逻辑电路模型的概念,强调数字电路器件的模型概念,突出建模与模型分析和仿真分析方法。
2. 针对数字电路基本特征,对有关数字电路实现逻辑系统的基本要求进行了更为深入的讨论。
3. 删减了部分冗余性大的例题。
4. 补充了部分习题。

从学习和应用的角度看,第3、5、6章是本书的核心,也是数字电子技术学习的核心内容。因此,在第二版的修订工作中,重点对这三章进行了修订,强化了模型及其应用的概念、方法和电路技术。这三章中的例题可以作为学生实验的基本内容。

必须指出的是,集成电路设计已经成为以应用系统设计为背景的重要应用技术。系统设计中不需要设计集成电路的传统观点,已经被日益发展的集成电路设计技术、特别是IP(Intellectual Property)应用技术所打破。因此,数字电子技术课程必须为此做准备。

本书第一版经过5年的教学应用和不断探索,不少教师提出了宝贵的意见,

II 第二版前言

这些都对作者决心出版第二版给予了很大的帮助。

本书编写中得到了北京联合大学信息学院和北京交通大学电信学院电子工程系的大力支持。此外,清华大学董在望教授、北京理工大学罗伟雄教授、北京联合大学信息工程学院王毓银教授都对本书的修订提出了宝贵意见和热情帮助。北京联合大学信息学院和北京联合大学微电子应用技术研究所的教师和研究生为本书提供了丰富的仿真分析资料。编者在此一并致谢。

本书绪论和第1、4、5、6、8章由李哲英教授和钮文良副教授编写修订,第2、3、7章由骆丽教授编写修订,附录由许立群工程师修订。刘佳、陈婷婷和吕彩霞三位青年教师为本书编写了以仿真为基础的习题解答和习题集。此外,骆丽教授和许立群工程师对仿真内容进行了全面的检查修订。全书由李哲英教授担任主编并统稿。

由于编者水平有限,再加上电子技术的飞速发展,书中还存在着不足和缺陷,编者真诚地希望得到广大同行和学生的批评指正。

李哲英

2008年5月于北京联合大学

第一版前言

数字电路技术是现代工程技术的重要组成部分,是信息技术的基础。

近些年来,电子技术与信息技术紧密结合,相互促进,形成飞速发展的态势。这对高等理工院校电气、电子、计算机和信息工程学科人才的培养提出了新的要求。如何根据电子与信息技术的发展现状和方向,提供相应的基础理论与技术,并充分反映新技术的应用,是编写电子技术教科书必须考虑的一个重要问题。

1995年,IEEE在电气、电子及相关学科本科培养的基本要求中提出,科学技术课程必须是面向应用的课程,这些课程应与实验室相结合,以增强测试、数据采集和分析以及工程文件撰写和表达能力。这些课程必须包括电气、电子基本技术和电路分析基础。这一要求体现了本科电子技术课程的基本教学目标。

对电气、电子、计算机和信息学科有关电子技术课程的本科教学而言,就是要注重基础理论和基本技术的培养,注重技术应用能力的培养。在基础理论、基本技术和应用能力培养过程中,电子技术课程既是一门技术基础课,又是一门应用技术课。作为技术基础课,电子技术课程的基本内容需包括基本原理和基本分析技术两个方面。基本原理介绍半导体器件及其应用技术的基本原理,基本分析技术提供有关电子电路或系统的模型分析技术,其中包括分析目的、分析方法和分析手段。

作为教材,如何体现基本技术内容是十分关键的问题。电子技术教材不能是电子与技术学科的百科全书,但必须包括电子科学与技术应用所需要的全部基本概念和技术内容。电子技术教材不应成为一个器件和应用电路手册,但必须提供器件和应用电路分析所必需的基本技术。为了适应现代电子技术应用对人才的要求,本书吸收了20世纪90年代以来国际国内电子技术和相关课程教学改革成果,以满足计算机科学与技术、信息工程等学科专业人才培养的新目标和新要求为目的,突出了电子技术中基本物理概念和现代分析设计技术。本教材所涉及的基本内容包括:

1. 数字逻辑的物理概念和数学概念。
2. 数字逻辑系统的分析方法与分析技术。
3. 电路模块的物理模型和数学模型。
4. 数字逻辑系统的软件实现方法与技术。
5. 系统分析技术和分析工具的应用。

6. 系统设计技术与工具的应用。

7. 数字电路集成技术的基本概念。

在教学内容和习题中,全面采用了现代分析和设计概念与工具。

本书分为基础部分和技术部分。

基础部分包括绪论、第1章、第2章、第3章、第4章。绪论介绍了有关数字逻辑和数字电路的一些基本概念和知识,为学习数字电路奠定基础。第1章、第2章和第3章较详细地介绍了数制、编码、数字逻辑,以及数字逻辑系统的数学描述方法(建模方法和技术)。第4章介绍数字电路的基本结构和应用特性,这是学习数字电路的数学基础。对于学时较少的数字电路课程,可以把第一部分作为24~32学时的教学内容。

技术部分包括第5章、第6章、第7章、第8章,内容包括数字电路系统的分析、设计技术与方法,还包括A/D和D/A转换及集成数字电路的基本概念。这部分可以作为24学时的教学内容,其中第8章可以作为阅读部分而无需课堂讲授。

在第2章和第3章中,分别介绍了Verilog描述模块的建立方法,其后各章则把Verilog描述语言作为基本工具使用。

本书可作为48学时的数字电子技术课程教科书,实际教学学时可以为40学时。必须注意,本书在教学过程中应当配有12~18个基本实验(其中应有6~8个应用设计性实验),约需24~36个实验学时。另外,本书使用中还应要求学生撰写至少1篇小论文。各章的习题都可以扩展为小论文的研究题目,也可结合各章内容和习题,布置应用性论文的撰写。

本书的基本体系和内容已经在北方交通大学计算机科学与技术系1996、1997、1998、1999、2000和2001级本科生、生物医学工程系2001级本科生以及北方交通大学电子工程系电子科学与技术专业2001级本科生的“电子技术基础”课程中使用,取得了良好的教学效果。

本书在编写过程中得到了电子工程系教师的大力支持,电子工程系的刘元盛工程师、国家电工电子教学基地的李维敏、北方交通大学计算机科学技术系黄厚宽教授、罗四维教授对本书的内容和体系提出了很好的建议,清华大学董在望教授、北京理工大学罗伟雄教授、北京联合大学信息工程学院王毓银教授和李金平副教授对本书编写提出了宝贵意见,给予了热情帮助。作者在此一并致谢。

本书的绪论、第4章、第5章、第8章和附录由李哲英教授编写,第1章、第2章、第3章、第6章、第7章由骆丽副教授编写,李晓光副教授参与了第4章的编写工作,张有根副教授参与了第5章的编写工作,刘元盛工程师提供了本书大部分的电路实验验证。此外,骆丽副教授还制作了本书的电子教案。全书由李哲英教授担任主编并统稿。

由于作者水平有限,再加上电子技术的飞速发展,书中一定存在着不足和缺陷,作者真诚地希望得到广大同行和学生的批评指正。

李哲英

2003 年 1 月 26 日于北方交通大学

目 录

绪 论	1
0-1 数字逻辑系统与数字电路的基本概念	2
0-2 工程问题的数字逻辑模型	7
0-3 数字逻辑电路与系统的分析和设计工具	10
0-4 数字电路系统技术的发展趋势与学习目标	12
本章小结	13
练习与习题	14
第 1 章 数制与编码	18
1-1 数的描述规则——数制	18
1-1-1 数制与表示方法	19
1-1-2 二进制的基本算术运算	22
1-1-3 数制转换	25
1-2 编码	33
1-2-1 有符号数的编码	33
1-2-2 有小数点数的编码	40
1-2-3 字符和其他编码	41
1-3 数字逻辑系统实现数学运算的基本原理	50
本章小结	50
练习与习题	51
第 2 章 逻辑代数基本原理	54
2-1 逻辑关系的数学描述方法	54
2-1-1 基本逻辑关系	55
2-1-2 逻辑关系的基本数学描述方法	56
2-2 逻辑代数的物理与数学概念	60
2-2-1 逻辑函数的表示方法	60
2-2-2 物理事件的逻辑函数描述	74
2-2-3 逻辑函数的物理实现	75
2-3 基本运算与基本定理	81
2-3-1 基本公式与定理	81
2-3-2 反演规则与对偶规则	83
2-3-3 扩展定理	86

2-4	不完全确定的逻辑函数	90
2-5	逻辑函数的代数化简法	92
2-6	逻辑关系的 Verilog HDL 描述	95
2-6-1	逻辑表达式的 Verilog 描述方法	96
2-6-2	真值表的 Verilog 描述	101
2-6-3	逻辑图的 Verilog 描述	102
	本章小结	103
	练习与习题	104
第 3 章	数字逻辑系统建模技术	109
3-1	数字逻辑系统分类	109
3-1-1	组合逻辑	109
3-1-2	时序逻辑	111
3-1-3	组合逻辑与时序逻辑的区别	116
3-2	组合逻辑系统的建模	117
3-2-1	逻辑表达式建模	117
3-2-2	真值表建模	120
3-2-3	逻辑图建模	122
3-2-4	波形图建模	124
3-2-5	组合逻辑的 Verilog HDL 描述	125
3-3	时序逻辑的状态模型	133
3-3-1	状态的基本概念	134
3-3-2	状态的描述模型	135
3-3-3	时序逻辑的 Verilog HDL 描述	143
3-4	逻辑函数化简	146
3-4-1	卡诺图化简	147
3-4-2	表格法化简(Q-M 法)	155
3-4-3	包含任意项的逻辑函数化简	173
3-5	状态化简	176
3-5-1	确定状态的状态化简	177
3-5-2	不完全确定状态逻辑的化简	185
	本章小结	190
	练习与习题	191
第 4 章	基本数字电路	196
4-1	数字集成电路的基本概念	196
4-1-1	数字集成电路的分类	196
4-1-2	逻辑电平与正、负逻辑概念	201
4-1-3	数字集成电路的主要技术特性	201
4-1-4	数字集成电路使用注意事项	207

4-2 基本逻辑门电路	208
4-2-1 二极管门电路	209
4-2-2 TTL 门电路	211
4-2-3 CMOS 门电路	222
4-2-4 与数字电路特性有关的 Verilog HDL 描述方法	229
4-3 触发器电路	230
4-3-1 单稳态触发器与双稳态触发器	230
4-3-2 双稳态触发器的实现原理	231
4-3-3 几种典型的触发器	239
4-3-4 触发器的主要技术指标和使用注意事项	247
4-4 存储器电路	250
4-4-1 半导体存储器的基本概念	251
4-4-2 存储单元的基本结构	254
4-4-3 存储器的地址译码	258
4-5 可编程逻辑器件	262
4-5-1 可编程逻辑器件的基本结构	263
4-5-2 CPLD 器件的基本结构	267
4-5-3 FPGA 器件的基本结构	270
4-6 数字电路的基本参数与测试技术	270
4-6-1 数字电路基本参数	270
4-6-2 基本测试技术	271
本章小结	273
练习与习题	273
第 5 章 数字电路系统基本分析技术	280
5-1 数字电路系统的基本分析概念	280
5-1-1 数字电路系统分析的目的	280
5-1-2 数字电路系统的分析模型	281
5-1-3 数字电路系统的基本分析技术	285
5-1-4 数字电路系统的仿真分析概念	297
5-2 组合逻辑电路系统的逻辑分析	300
5-2-1 组合逻辑电路系统逻辑分析的基本步骤	300
5-2-2 组合逻辑的基本功能电路模块	304
5-2-3 含功能模块组合逻辑电路系统的逻辑行为分析	324
5-2-4 组合逻辑电路系统时间特性分析	334
5-3 同步时序逻辑电路系统逻辑分析	337
5-3-1 同步时序逻辑电路系统逻辑分析的基本步骤	338
5-3-2 时序逻辑的基本功能电路模块	346
5-3-3 含功能模块的同步时序逻辑电路的逻辑行为分析	357

5-4 异步时序电路系统逻辑分析	364
5-4-1 脉冲异步时序电路系统逻辑分析	365
5-4-2 电平异步时序电路系统逻辑分析	372
5-4-3 异步时序电路系统的竞争与冒险	379
5-5 数字电路的逻辑测试分析技术	380
5-5-1 逻辑测试的基本概念	380
5-5-2 数字电路系统的逻辑测试设计	381
本章小结	383
练习与习题	383
第6章 数字电路系统设计基础	394
6-1 数字电路应用设计概念	394
6-2 组合逻辑电路系统设计	401
6-2-1 组合逻辑电路系统基本设计方法	401
6-2-2 组合逻辑电路设计实例	403
6-2-3 组合逻辑数字电路设计中应注意的问题	426
6-3 时序逻辑电路系统设计	428
6-3-1 时序逻辑电路设计概念	428
6-3-2 同步时序电路系统设计	430
6-3-3 脉冲异步时序电路系统设计	450
本章小结	455
练习与习题	455
第7章 A/D 与 D/A 转换电路	460
7-1 DSP 系统的概念	460
7-2 D/A 转换电路	463
7-2-1 D/A 转换的基本原理	463
7-2-2 D/A 转换的主要技术指标	465
7-2-3 典型的 D/A 转换电路	468
7-2-4 D/A 转换电路的输出极性	473
7-2-5 集成 D/A 转换器 DAC0832	473
7-3 A/D 转换电路	477
7-3-1 A/D 转换的基本原理	477
7-3-2 A/D 转换的主要技术指标	481
7-3-3 基本的取样-保持电路	481
7-3-4 典型的量化编码电路结构	482
7-3-5 集成 A/D 转换器 ADC0809	485
本章小结	486
练习与习题	486
第8章 集成数字电路 EDA 技术概述	488

8-1 集成数字电路设计的基本概念	488
8-1-1 结构设计	488
8-1-2 数字电路的仿真	490
8-2 集成数字电路 EDA 设计的基本概念	491
8-2-1 分析和设计工具的技术特征	492
8-2-2 数字系统自动设计流程	493
8-3 集成数字电路测试技术	495
8-3-1 测试概念	496
8-3-2 测试矢量设计	500
8-3-3 边界扫描 JTAG(IEEE 1149.1)的基本概念	502
练习与习题	505
附录 Verilog DHL 介绍	506
附录 1 语言	507
附录 2 程序结构	509
附录 3 数据类型	512
附录 4 算子	515
附录 5 控制结构	518
附录 6 其他语句	521
附录 7 定时控制	525
附录 8 系统任务	530
参考文献	533

绪 论

数字逻辑系统与数字电路,是现代信息系统中两个十分重要的基本技术。

数字逻辑是用数字方式研究和处理事件之间逻辑关系的科学。工程中许多问题可以描述为数字逻辑问题,例如计算机对问题的处理、工业控制系统的开关等。数字电路是数字逻辑关系处理的物理实现方法之一,也是现代电子技术的重要组成部分。

数字逻辑系统研究的是如何使用数字逻辑概念描述工程基本问题,如何建立工程实际问题的数字逻辑模型,以及如何对数字逻辑系统进行分析和设计。

数字电路是电子技术的一个重要分支,数字电路所研究的主要问题是数字逻辑的电路实现方法。数字逻辑系统最早的工程应用是 100 多年前的铁路信号系统,随着科学技术的发展,特别是随着计算机和集成电路技术的发展,数字电路与系统已经成为现代工业的技术基础。从第一个数字逻辑厚膜电路的诞生到现在,已经过去了近半个世纪,在这半个世纪中,数字电路和数字逻辑应用系统得到了突飞猛进的发展。特别是 20 世纪 70 年代以来,由于电子器件和系统制作工艺与设计技术的长足进步,数字电路从小规模集成电路 (SSI) 发展成为中规模集成电路 (MSI)、大规模集成电路 (LSI) 和超大规模集成电路 (VLSI),目前已经进入片上系统 (System on a Chip, SoC) 阶段。在数字电路支持下的数字逻辑系统技术,已经成为现代信息技术的支柱,是现代科学技术的重要基础技术。

数字逻辑系统与数字电路课程的基本内容包括两个方面,一方面是数字逻辑技术,也就是数字逻辑系统的分析与设计技术;另一方面是数字电路技术,也就是用数字电路实现数字逻辑系统的应用分析和设计技术。由于现代信息技术的基础之一是数字逻辑系统,所以,数字逻辑系统的基本理论和分析技术已经成为现代电气、电子和计算机工程师必须掌握的基本工程理论与技术,特别是如何建立工程问题的数字逻辑模型,对现代工程技术人员具有重要的意义。

数字逻辑系统与数字电路从技术上可分为硬件与软件两部分。所谓硬件,就是数字电路系统的分析、设计和实现技术。所谓软件包含两层含义,一层含义是指需要软件控制才能工作的数字逻辑电路系统中的控制软件(例如计算机中的程序),另一层含义是指与数字逻辑系统应用、分析和设计有关的软件工具。对于现代数字逻辑系统和数字电路来说,软件与硬件已经融为一体。没有软件的支持,就无法完成数字逻辑系统和数字电路系统的分析设计任务,数字电路系

统也无法正常工作,甚至不能工作(例如计算机)。同样,如果没有硬件的支持,再好的数字逻辑系统也只能是纸上谈兵。所以,数字逻辑系统和数字电路中的硬件和软件技术是不可分割的统一体。

本章将介绍与学习数字逻辑系统和数字电路相关的一些基础知识。

0-1 数字逻辑系统与数字电路的基本概念

数字逻辑的基本分析概念,是数字逻辑与系统分析和设计的基础,也是学习数字电路的基础。

一、数字逻辑的基本概念

所谓数字逻辑,是指用数学方法描述和研究事物之间逻辑关系的科学和工程技术。

1. 逻辑关系和逻辑系统

在工程实际中,有些事件之间的关系不需要考虑数量的大小,而只需要考虑各事件的“有”、“无”以及逻辑因果关系,这种关系就称为逻辑关系,描述逻辑关系的系统称为逻辑系统。

例如,考察电子系统是否正常时,对于系统来说就可以用两个相互对立的概念描述,一个是“正常”,另一个是“不正常”,即可以用“是”和“否”描述一种电子系统状态。电子系统是否正常取决于各部分电路是否正常,如果系统中各部分电路是串联工作的,只要其中一个不正常,整个系统就不可能正常,这样就可以看到各部分电路是否正常与系统是否正常之间的关系,这种关系可以用逻辑关系表示。

2. 数字逻辑

由于事件的逻辑状态只有“有”或“无”两种可能,所以可用**1**或**0**来代表某一个事件的逻辑状态,这样就可以利用数学方法描述事件逻辑状态和不同事件之间的逻辑关系。这种用数字**1**或**0**描述的逻辑关系称为数字逻辑。

3. 数字逻辑中的数

逻辑系统描述了事件的逻辑状态和各事件之间的逻辑关系,本书所涉及的都是二值逻辑,所以数字逻辑中只需要用两个数字表示逻辑事件的状态。科学研究和工程实际中用**1**和**0**表示两种不同的逻辑状态,因此称为逻辑**1**或逻辑**0**。数字逻辑中的数字称为逻辑值,逻辑值没有数量的概念,只代表有或无、是或非,即**0**和**1**只代表两种逻辑状态,而不具有数字的意义。所有数字逻辑运算只与事件的逻辑状态有关,即只处理逻辑状态,例如 $1 + 1 = 1$ 表示了两个逻辑变量或运算的结果,其中**1**代表一种逻辑状态。

4. 数字逻辑变量

数字逻辑变量也称为逻辑变量。所谓逻辑变量,是指代表事件逻辑状态的变量,如 A 、 B 、 C 等。在二值逻辑中,逻辑变量只有两个逻辑值,即 0 或 1 。例如使用两个开关控制同一个电灯,这两个开关就代表两个逻辑事件,每一个逻辑事件都有开和关两种状态,所以,两个开关对电灯的控制就可以用数字逻辑来描述,描述中用两个逻辑变量分别代表两个开关。如果设开关闭合时为逻辑 1 ,断开时为逻辑 0 ,则可设两个开关为逻辑变量,分别是 A 和 B ,电灯亮的逻辑变量为 F 。

对一个有输入信号和输出信号的数字电路而言,与输入信号对应的逻辑变量就是输入变量,与输出信号对应的逻辑变量就是输出变量。常常也把输入变量称为自变量,把输出变量称为因变量。

5. 数字逻辑基本运算

使用 0 和 1 表示不同逻辑状态的目的,是要用数学运算描述各逻辑状态之间的关系。数字逻辑的基本运算只有或、与和非三种。

(1) 逻辑或运算。所谓或运算,表示的是 n 个逻辑状态中,只要其中之一满足条件即可。或运算的运算符号为“+”,与代数中的加法相同。例如 $1+1=1$, $1+0=1$ 等。

(2) 逻辑与运算。所谓与运算,表示的是 n 个逻辑状态必须同时满足条件才行。逻辑与运算的运算符号为“ $\cdot$ ”或者不要符号,与代数中的乘法符号相同。例如 $1 \cdot 0 = 0$ 。

(3) 逻辑非运算。所谓非运算,表示的是使逻辑状态变成相反状态的运算,符号是在原逻辑状态顶部加一条横线。例如 $\bar{1} = 0$, $\bar{0} = 1$ 。

6. 数字逻辑系统

数字逻辑系统是指以数字方式工作的逻辑系统。数字逻辑系统能处理的是基本逻辑信号,也就是逻辑变量。数字逻辑系统的基本工作方式是处理逻辑变量之间的逻辑关系,没有数量的代数或算术运算关系。

7. 用数字逻辑系统也能实现数学运算

数字逻辑系统的基本操作和工作原理是数字化的逻辑运算,但如果利用相应的数学变换和逻辑组合,就可以用数字逻辑系统实现相应的代数或算术运算。例如,使用 1 位逻辑变量代表一个数,则这个数的值包括 0 和 1 ,设 A 和 B 分别表示两个用 1 位逻辑变量表示的数,并且 $A=1$, $B=0$,通过或运算得 $A+B=1+0=1$,这个结果即表示一个逻辑状态,同时也表示两个数的加法结果。这个结果表明,经过适当的数学变换和逻辑结构组合,就能建立起以逻辑运算为基础的数学运算系统,这就是计算机的基本设计思想。

8. 数字逻辑模型

所谓数字逻辑模型,是指用数字逻辑方法对一个实际逻辑系统的描述结果。

数字逻辑模型代表了系统中各逻辑信号之间的逻辑关系,反映了数字逻辑系统的行为特性。在工程中,往往把数字逻辑系统简称为数字系统,把数字逻辑模型简称为逻辑模型。

逻辑模型是分析、研究和设计数字逻辑系统的基础,也是本课程所要讨论的基本内容。数字逻辑系统的逻辑模型具有以下几个特点:

(1) 表征逻辑特性

表征逻辑特性是说逻辑模型不代表各逻辑信号之间的数值关系,只代表数字逻辑信号之间逻辑状态的相互影响和逻辑运算关系。这是用数学方法研究事物之间逻辑关系时要特别注意的一个特点,逻辑关系只有真和假、有和无,不存在连续变化的可能性。也就是说,逻辑关系中不存在似是而非的可能性。

(2) 表现形式多样性

同一个逻辑模型可以有不同的表现形式。所谓不同的表现形式,是指对同一逻辑模型的不同数学描述形式,这是由研究问题的出发点和数学逻辑关系描述方法所决定的。例如对同一个逻辑系统,可以使用表格作为逻辑模型(表格中的0和1代表逻辑状态),也可以使用状态图形作为逻辑模型。任何工程问题都可以用不同的数学工具进行研究,这也是逻辑模型具有不同表现形式的重要原因。必须注意,尽管逻辑模型的表现形式不同,但所描述逻辑系统的功能却应当是相同的,否则就变成不同的逻辑系统了。这个特性说明,逻辑模型的不同表现形式之间可以相互转换。

(3) 逻辑模型多样性

对同一个数字逻辑系统或工程问题,当限制条件或分析目的不同时,可以有几种不同的逻辑模型,但都能在一定条件的限制下实现相互转换。对一个数字逻辑系统,由于实现方法和要求的不同,可以形成几种不同的逻辑模型,由于所有逻辑模型描述的是同一个逻辑系统,所以在给定的限制条件下(例如不考虑实现方法的技术差别),各逻辑模型之间可以相互转换。这种转换在数学上称为映射关系。例如不考虑数字电路的延迟特性或信号电平时,用软件实现的逻辑模型和用数字电路实现的逻辑模型是完全相同的。因此在相同的限制条件下,不考虑实现方法和技术差异时,同一个数字逻辑系统的各逻辑模型具有相同的逻辑功能和逻辑行为。

二、数字电路的基本概念

所谓数字电路是指与模拟电子电路相对应的一种特殊电路,是用来实现数字逻辑系统的基本电子电路。

逻辑变量是数字逻辑系统处理的对象,任何数字逻辑系统都是针对逻辑变量间逻辑运算关系而设计的。数字电路中使用数字逻辑信号代表逻辑事件,通过对数字逻辑信号的相应处理达到实现数字逻辑系统的目的。