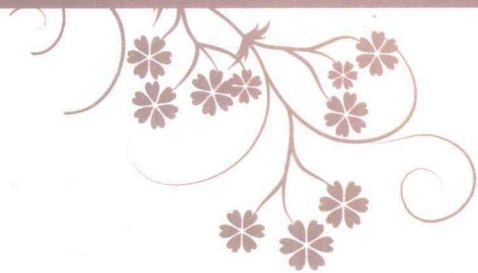


21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



数字电子技术基础 实用教程

韩桂英 李锡祚 主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息

数字电子技术基础 实用教程

韩桂英 李锡祚 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

数字电子技术是研究数字逻辑问题和数字电路应用的一门技术。通过学习,能够熟悉数字电路的基础理论知识,理解基本数字逻辑电路的工作原理,掌握数字逻辑电路的基本分析和设计方法,培养应用数字逻辑电路初步解决数字逻辑问题的能力,为以后学习有关专业课程及进行电子电路设计打下坚实的基础。

全书共分10章,主要内容有数制和码制、逻辑代数基础、半导体基础知识及逻辑门电路、组合逻辑电路、锁存器、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生和整形电路、半导体存储器、可编程逻辑器件、数模和模数转换器、VHDL语言和Multisim仿真软件介绍及应用。附录中给出了常用芯片功能索引。

本书可作为高等学校电气信息类专业、自动化类专业和计算机类专业的教材,也可作为相关理工科专业科技人员和广大电子爱好者的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础实用教程/韩桂英,李锡祚主编. —北京:清华大学出版社,2011.9

(21世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-26187-2

I. ①数… II. ①韩… ②李… III. ①数字电路—电子技术教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第136971号

责任编辑:魏江江

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.5 字 数:484千字

版 次:2011年9月第1版 印 次:2011年9月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:32.00元

编审委员会成员

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方 勇	教授
上海交通大学	朱 杰	教授
	何 晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
华中师范大学	吴彦文	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
苏州大学	徐佩霞	教授
山东大学	赵鹤鸣	教授
山东科技大学	刘志军	教授
东北师范大学	郑永果	教授
沈阳工业学院	朱守正	教授
长春大学	张秉权	教授
吉林大学	张丽英	教授
湖南大学	林 君	教授
长沙理工大学	何怡刚	教授
华南理工大学	曾喆昭	教授
	冯久超	教授

西南交通大学

重庆工学院

重庆通信学院

重庆大学

重庆邮电学院

西安电子科技大学

西北工业大学

集美大学

云南大学

东华大学

冯全源 教授

金炜东 教授

余成波 教授

曾凡鑫 教授

曾孝平 教授

谢显中 教授

张德民 教授

彭启琮 教授

樊昌信 教授

何明一 教授

迟 岩 教授

刘惟一 教授

方建安 教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

当今数字技术已成为新技术发展的一个标志,无论是手机、数码相机、收音机等消费电子产品,彩电、DVD 等家用电器,血压计、CT 等医疗器械,还是微型计算机、互联网、机器人、航天飞机、宇宙探测仪等,其应用已经渗透到各行各业,影响着人们的工作和生活。

数字电子技术是研究数字逻辑问题和数字电路应用的一门技术。课程知识丰富,内容抽象,方法多样。编者根据目前大众化高等教育对电子技术基础课程教材更新的需要,纵观国内外相关课程教材,分析国内教育模式的特点,在总结多年教学经验的基础上,编写了适合大众化教育的“电子技术基础”系列规划教材。

1. 本书特点

(1) 以应用为主,剪裁教材内容

本书定位在大众化高等教育背景下应用型、创新型人才培养目标,根据学生可能具备的认知状况、学生素质及能力要求,对相关内容进行选择,并把典型案例融入学科理论之中,剪裁纯学术研究内容。

由此,大幅度删减了器件内部电路的结构分析和工作原理,如译码器、编码器、多路选择器、触发器、计数器等中规模集成器件内部电路分析的有关内容,通过逻辑功能表和逻辑函数等描述方法,讲述器件的逻辑功能及器件的外部特性,以便能够正确地使用器件。

(2) 融合前沿知识,开阅读者视野

增加一些新技术内容,拓展相关知识,如 FPGA 可编程器件、在系统可编程器件、快闪存储器等,将用 VHDL 语言描述典型器件及应用电路穿插到各章里,为后续课程起铺垫作用,并为学生进一步探究留有空间。

(3) 加大计算机仿真软件使用,开辟第二课堂

笔者认为:作为现代电子电路设计者,首先应该掌握计算机辅助设计工具,并能够在实际工作中灵活运用。因此在本书第 2 章就介绍了 Multisim 仿真软件的使用,并将其应用贯穿全书,以加强计算机辅助设计工具的应用能力。

(4) 以项目做驱动,构筑知识应用框架

以实际项目作为驱动,使其贯穿全书,并从小到大循序渐进地展开项目实践,学习者能够联系知识产生的背景及应用情境,加深对知识的理解,应用上也更加灵活,以期达到最优教学效果。

2. 本书内容

本书以逻辑代数作为工具,以门电路为基本组成单元,构筑小规模、中规模和大规模 (ROM) 组合逻辑电路知识框架;以触发器为基本组成单元,构筑小规模、中规模和大规模 (RAM) 时序逻辑电路知识框架;以时序逻辑电路的时钟信号为切入点,构筑波形产生及整

形的知识框架；以数字电路和模拟电路的接口为目的，构筑 A/D、D/A 电路知识框架；以 VHDL 语言为扩展知识，以 Multisim 软件为工具，构筑电子电路设计和仿真的知识框架。由此建构出基本数字系统的整体知识框架。

本书由浅入深，内容丰富，工程应用突出，便于自学。对较难理解的问题采用“图”、“表”形式讲解；每一章的开头有“内容提要”，结尾有“本章小结”；对常用专业术语标注了汉英双语对照并在章尾列表索引，以便于学生及时学习和阅读国外教材；例题典型，习题丰富，学生可通过习题，巩固学习效果；书后附有常用器件功能表，方便查阅。

3. 本书作者

本书共分 10 章，1 个附录。第 1 章和第 2 章由李锡祚编写，第 3 章～第 8 章和附录 A 由韩桂英编写，第 9 章由王立明和李锡祚编写，第 10 章由逢凌滨编写，穿插到部分章节末尾的 VHDL 语言描述及应用由李春杰编写，全书常用专业术语双语对照由韩桂英编写，全书课后习题由薛原收集编写。全书由韩桂英和李锡祚负责统编定稿。

本书根据编者多年从事理论教学和实践教学的经验，将多年的教学心得与体会总结出来编撰成书。但由于水平有限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请广大读者特别是讲授此课程的老师批评和指正。

本书 * 号标注章节为参考选读内容。

编 者

2011 年 7 月于大连

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数字电子技术的发展及其应用	1
1.1.1 模拟电路和数字电路	1
1.1.2 数字电子技术的发展	2
1.1.3 集成电路的分类	4
1.1.4 数字电路的特点	5
1.1.5 数字电路的分析工具及描述方法	6
1.2 数制和码制	6
1.2.1 数制	6
1.2.2 数制之间的转换	8
1.2.3 码制	11
1.3 二进制算术运算和逻辑运算	12
本章小结	14
双语对照	15
习题	15
第 2 章 逻辑代数基础	16
2.1 逻辑代数的基本运算和复合运算	16
2.1.1 逻辑变量与逻辑函数	16
2.1.2 基本逻辑运算	17
2.1.3 复合逻辑运算	19
2.2 逻辑代数的基本公式和常用公式	21
2.2.1 基本公式	21
2.2.2 常用公式	22
2.3 逻辑代数的基本运算规则	23
2.3.1 代入规则	23
2.3.2 反演规则	24
2.3.3 对偶规则	24
2.4 逻辑函数的描述方法	25
2.4.1 真值表描述	25
2.4.2 函数表达式描述	26
2.4.3 逻辑图描述	29

2.4.4	卡诺图描述	29
2.4.5	波形图描述	31
2.5	逻辑函数的公式化简法	31
2.5.1	逻辑函数化简的意义	31
2.5.2	公式化简法的方法	32
2.6	逻辑函数的卡诺图化简法	33
2.6.1	卡诺图的特点	33
2.6.2	卡诺图化简法	33
2.6.3	具有无关项的逻辑函数化简	36
2.7	Multisim 10 电路仿真软件使用简介	38
2.7.1	Multisim 10 概述	38
2.7.2	Multisim 10 基本操作界面	39
2.7.3	电路原理图的绘制和仿真举例	41
2.7.4	几种用于数字逻辑电路的虚拟仪器	46
	本章小结	51
	双语对照	52
	习题	52
第 3 章	逻辑门电路	55
3.1	二极管和 BJT 的开关特性	55
3.1.1	二极管的开关特性	55
3.1.2	BJT 开关特性	56
3.2	BJT 反相器	57
3.3	TTL 集成门电路	58
3.3.1	TTL 与非门	59
3.3.2	TTL OC 门	62
3.3.3	TTL 三态门	63
3.4	CMOS 集成门电路	64
3.4.1	MOS 开关特性	64
3.4.2	CMOS 反相器	65
3.4.3	CMOS 传输门	66
3.4.4	其他 CMOS 门电路	67
3.5	集成门电路使用中应注意的问题	67
3.5.1	TTL 集成门电路的使用注意事项	67
3.5.2	CMOS 集成门电路的使用注意事项	68
3.5.3	TTL 和 CMOS 门电路接口连接问题	68
	本章小结	69
	双语对照	70
	习题	70

第 4 章 组合逻辑电路	74
4.1 组合逻辑电路的特点	74
4.2 SSI 组合逻辑电路的分析	75
4.2.1 SSI 组合逻辑电路的分析步骤	75
4.2.2 SSI 组合逻辑电路的分析举例	75
4.3 SSI 组合逻辑电路的设计	76
4.3.1 SSI 组合逻辑电路的设计步骤	76
4.3.2 SSI 组合逻辑电路设计举例	77
4.4 常用 MSI 组合逻辑电路	77
4.4.1 编码器	78
4.4.2 译码器	84
4.4.3 数据选择器	98
4.4.4 数值比较器	102
4.4.5 加法器	105
4.5 组合逻辑电路的竞争和冒险	111
4.5.1 竞争冒险的基本概念	111
4.5.2 竞争冒险的判断	113
4.5.3 竞争冒险的消除	114
4.6 硬件描述语言 VHDL 基础*	115
4.6.1 VHDL 的基本语法规则	116
4.6.2 用 VHDL 描述门电路	119
4.6.3 用 VHDL 描述组合逻辑电路	120
本章小结	121
双语对照	121
习题	121
第 5 章 锁存器和触发器	124
5.1 时序电路基本逻辑单元概述	124
5.1.1 时序电路基本逻辑单元及特点	124
5.1.2 锁存器和触发器分类及描述	124
5.2 锁存器	125
5.2.1 基本 SR 锁存器	125
5.2.2 具有使能端的 SR 锁存器	129
5.2.3 D 锁存器	131
5.3 主从触发器	132
5.3.1 主从 SR 触发器	133
5.3.2 主从 JK 触发器	134
5.4 边沿触发器	138

5.5	其他逻辑功能触发器	140
5.5.1	T 触发器	140
5.5.2	T' 触发器	141
5.6	不同触发器之间的逻辑功能转换	141
5.6.1	D 触发器转换成其他触发器	142
5.6.2	JK 触发器转换成其他触发器	142
5.7	各种触发器逻辑功能描述及动作特点	143
5.7.1	各种触发器的逻辑功能描述	143
5.7.2	各种锁存器和触发器动作特点	144
5.8	触发器应用举例	146
5.9	用 VHDL 描述触发器*	148
	本章小结	149
	双语对照	149
	习题	149
第 6 章	时序逻辑电路	153
6.1	时序逻辑电路综述	153
6.1.1	时序逻辑电路的特点	153
6.1.2	时序逻辑电路的基本概念	154
6.1.3	时序逻辑电路的描述	155
6.2	SSI 时序逻辑电路分析	156
6.2.1	SSI 时序逻辑电路分析步骤	156
6.2.2	SSI 时序逻辑电路分析举例	157
6.3	SSI 时序逻辑电路设计	160
6.3.1	SSI 时序逻辑电路设计步骤	160
6.3.2	SSI 时序逻辑电路设计举例	161
6.4	常用 MSI 时序逻辑器件	166
6.4.1	计数器分类	166
6.4.2	计数器结构及工作原理	167
6.4.3	集成计数器结构及功能	172
6.4.4	寄存器的结构及功能	176
6.4.5	顺序脉冲发生器简介*	183
6.5	MSI 时序逻辑器件的应用	184
6.5.1	计数器的应用	184
6.5.2	寄存器的应用	190
6.6	用 VHDL 语言实现时序逻辑电路设计*	191
6.6.1	状态转换图的 VHDL 描述	191
6.6.2	计数器的 VHDL 实现	193
	本章小结	194

双语对照	194
习题	195
第 7 章 脉冲信号的产生与整形	200
7.1 矩形脉冲的特性参数	200
7.2 几种脉冲产生与整形单元电路	201
7.2.1 施密特触发器	201
7.2.2 单稳态触发器	204
7.2.3 多谐振荡器	207
7.3 555 定时器及其应用	208
7.3.1 555 定时器	208
7.3.2 555 定时器的应用	211
7.4 脉冲产生和整形电路的应用	217
7.4.1 施密特触发器的应用	217
7.4.2 单稳态触发器的应用	220
7.4.3 多谐振荡器的应用	221
本章小结	222
双语对照	223
习题	223
第 8 章 半导体存储器	227
8.1 半导体存储器概述	227
8.1.1 存储器分类	227
8.1.2 存储器的技术指标	228
8.2 只读存储器	229
8.2.1 只读存储器的特点、基本结构和作用	229
8.2.2 掩模只读存储器	231
8.2.3 可编程只读存储器	233
8.2.4 可擦除的可编程只读存储器	233
8.2.5 电信号可擦除可编程只读存储器	234
8.2.6 快闪存储器	234
8.2.7 ROM 的应用	235
8.3 随机存储器	236
8.3.1 随机存储器的特点和基本结构	236
8.3.2 静态 RAM 存储单元	238
8.3.3 动态 RAM 存储单元	240
8.4 存储器容量的扩展	242
本章小结	245
双语对照	246

习题	246
第 9 章 可编程逻辑器件	248
9.1 可编程逻辑器件概述	248
9.1.1 PLD 发展历程	248
9.1.2 PLD 产品分类	249
9.1.3 PLD 基本结构	249
9.1.4 PLD 符号表示	250
9.1.5 几种 PLD 的结构特点比较	250
9.2 可编程逻辑阵列(FPLA)	250
9.2.1 FPLA 结构	250
9.2.2 FPLA 的应用	251
9.3 通用阵列逻辑(GAL)	252
9.3.1 GAL 概述	252
9.3.2 GAL 的结构	252
9.4 现场可编程门阵列(FPGA)*	256
9.4.1 FPGA 结构	257
9.4.2 FPGA 的加载	260
本章小结	262
双语对照	262
习题	262
第 10 章 数模与模数转换器	265
10.1 概述	265
10.2 D/A 转换器	265
10.2.1 权电阻网络 D/A 转换器	266
10.2.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	267
10.2.3 D/A 转换器的性能指标	269
10.2.4 集成 D/A 转换器应用举例	270
10.3 A/D 转换器	271
10.3.1 A/D 转换器的工作原理	271
10.3.2 直接型 A/D 转换器	274
10.3.3 间接型 A/D 转换器*	277
10.3.4 A/D 转换器的主要性能指标	277
10.3.5 A/D 转换器的选用原则	278
10.3.6 A/D 转换器与单片机接口电路	279
本章小结	281
双语对照	281
习题	281

附录 A 芯片功能索引	285
A.1 TTL 系列	285
A.2 CMOS 系列	289
参考文献	291

内容提要

- 数字电子技术的发展及其应用。
- 数字系统中常用的二进制、八进制和十六进制,以及不同数制之间的相互转换。
- 常用的二进制码和格雷码。
- 补码的概念及二进制算术运算。

1.1 数字电子技术的发展及其应用

1.1.1 模拟电路和数字电路

在自然界中,存在着许多形形色色的物理量,有的物理量是连续变化的,例如温度、压力、速度、液位、流速等,它们在时间和数值上都是连续变化的,这些物理量称为**模拟量**;而有的物理量是断续变化的,例如用自动监测仪统计某一公路上通过的车辆数、用温度计测量某一天的温度变化等,它们在时间和数值上都是离散的、不连续的,其数值大小和增减变化量都是一个最小单位的整数倍,这种物理量称为**数字量**。

在电子电路中,表示模拟量的信号称为**模拟信号**(analog signals),如图 1.1.1(a)所示,处理模拟信号的电子电路称为**模拟电路**(analog circuits)或**模拟系统**(analog system)。与之相对应,表示数字量的信号称为**数字信号**(digital signals),如图 1.1.1(b)所示,处理数字信号的电子电路称为**数字电路**(digital circuits)或**数字系统**(digital system)。

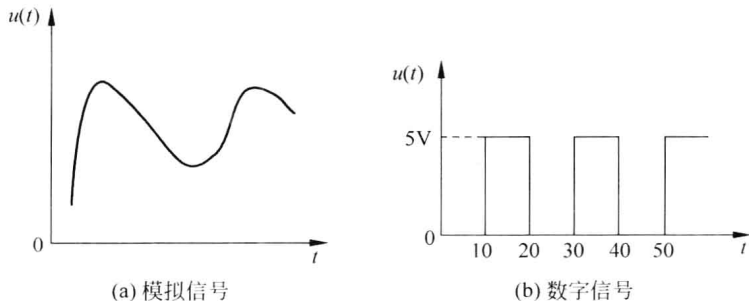


图 1.1.1 数字信号和模拟信号