

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



数字电路实验

宋竹霞 闫丽 主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



数字电路实验

宋竹霞 闫丽 主编
郭秀梅 张远 尹铁恩 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是教育部大学本科面向 21 世纪课程教材《数字电子技术基础》的实验教材。全书共分 3 章及一个附录, 主要包括集成电路、主要仪器的使用方法和 Multisim 仿真等相关知识, 基础实验, 综合实验以及一些标准资料。

本书突出了理论与实践相结合, 基础实验与综合实验相结合, 虚拟仿真与实践操作相结合的教学模式。教材体系完整, 内容充实, 融设计、应用和实践于一体, 有利于提高学生的学习兴趣, 体现了本科实验教材的特色。

本书适合作为本、专科电子类、计算机类、电气工程类和通信等专业的数字电子技术基础课的独立实验和课内实验教材。

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

数字电路实验/宋竹霞, 闫丽主编; 郭秀梅, 张远, 尹铁恩编著. —北京: 清华大学出版社, 2011.5

(21 世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-25466-9

I. ①数… II. ①宋… ②闫… ③郭… ④张… ⑤尹… III. ①数字电路-实验-高等学校-教材 IV. ①TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 077722 号

责任编辑: 郑寅堃

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 杨 艳

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, jsjjc@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 装 者: 北京市清华园胶印厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 8.25 字 数: 198 千字

版 次: 2011 年 5 月第 1 版 印 次: 2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 13.00 元

编审委员会成员

(按地区排序)

东南大学
南京大学
南京航空航天大学
解放军理工大学

上海大学
上海交通大学

华中科技大学

华中师范大学
武汉理工大学

宁波大学
天津大学

中国科学技术大学

苏州大学
山东大学
山东科技大学
东北师范大学
沈阳工业学院
长春大学
吉林大学
湖南大学
长沙理工大学
华南理工大学
西南交通大学

王志功	教授
王新龙	教授
王成华	教授
邓元庆	教授
刘景夏	副教授
方 勇	教授
朱 杰	教授
何 晨	教授
严国萍	教授
朱定华	教授
吴彦文	教授
刘复华	教授
李中年	教授
蒋刚毅	教授
王成山	教授
郭维廉	教授
王煦法	教授
郭从良	教授
徐佩霞	教授
赵鹤鸣	教授
刘志军	教授
郑永果	教授
朱守正	教授
张秉权	教授
张丽英	教授
林 君	教授
何怡刚	教授
曾喆昭	教授
冯久超	教授
冯全源	教授
金炜东	教授

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

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·财经管理与计算机应用。(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。清华大学出版社经过二十多年的努力,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

前言

本书是大专院校电子类及计算机类专业《数字电子技术基础》课程的实验教材。“数字电子技术基础”是一门实践性很强的专业基础课，实验教学是必要而且重要的教学环节。本实验教材是根据数字电子技术基础课程本科教学内容与应用工程技术教育的特点，结合编者多年的实验教学经验及十几年中日合资企业系统设计的工作经验而编写的，可作为培养工程技术应用人才和设计人才的实践性教材。

本实验教材涉及实践能力培养的各个方面，包括查阅资料、了解标准、使用仪器、软件仿真、硬件操作以及基础和综合实验。本书体系结构完整，内容丰富，不仅能使学生进一步理解并掌握数字电路的理论、原理并灵活应用，而且可以全面了解集成电路的设计过程。

本实验教材共分3章及附录。第一章介绍了集成电路的概念、分类、特点、封装技术、引脚规格和排列方法、标准命名规则及使用注意事项，同时介绍了主要仪器的使用方法和Multisim软件环境。

第二章为基础实验。从最简单的逻辑门、组合设计、简单的中规模集成电路（数字选择器、加法器、译码器），到复杂的时序电路（触发器、计数器、移位寄存器等）以及大规模A/D和D/A转换电路，统一介绍了实验的原理和功能，同时介绍了典型电路分析、实验操作要求、功能测试与验证、典型电路的接线调试，使学生能更加清楚地掌握各种电路的外特性以及同步和异步时序电路的不同设计方法，培养学生看图连接电路以及通电调试的动手能力、分析判断与排除故障的能力。

第三章为综合实验。这部分只给出设计任务和要求，让学生处于主导地位，自行分析、选定器件，练习查阅资料的方法，最大限度地发挥各自的主观能动性。要求同一任务有不同的电路设计方案，经过分析、比较得出最佳的设计，以进一步提高学生的综合设计能力和综合调试能力。

第四部分以附录的形式给出常用集成器件的型号汇编、引脚图及原理符号，为学生查阅资料、拓宽知识面、提高技术应用能力提供方便。

本书编写的思路是：先将容易混淆的知识点原理讲清楚，再本着实用、典型的原则介绍有关的应用电路，必要时扩展知识范围，使学生能从感性认识、了解，直到掌握的不同层次和要求完成实践内容。理论与实践相结合，基础实验与综合实验相结合，虚拟仿真与实践操作相结合是本书贯彻始终的思想。

本书中的实验内容全面，可实现性强。经编者多年从事电子线路实验教学实践的充分检验，适合大学本科二年级电子类、计算机类的学生使用。对于独立实验教学，建议课时 54 学时，其中含 18 学时的 Multisim 软件仿真实验和 36 学时的仪器和实验箱操作实验。在该教材编写过程中，我们还自主设计并研制了配套的实验箱设备。

在编写过程中，西北大学博士生导师、信息学院院长张志勇教授，闫丽副教授以及电子线路实验室的其他老师给予了大力支持和热心帮助，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，本书错漏和不完善之处在所难免，殷切期望同行和读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 相关知识	1
1.1 集成电路的基本知识	1
1.1.1 集成电路的概念、分类与特点	1
1.1.2 集成电路封装技术及其分类和发展	2
1.1.3 集成电路封装引脚规格、排列方法及实物	5
1.1.4 集成芯片上的标识信息	7
1.1.5 我国集成电路国家标准的命名规则	7
1.1.6 国外主要公司 TTL 集成电路型号命名规则	9
1.1.7 数字集成电路使用须知	11
1.2 数字电路实验方法	12
1.2.1 预习报告	12
1.2.2 电路图的绘制	12
1.2.3 在实验箱上搭接电路	13
1.2.4 数字电路的调试	14
1.2.5 实验报告	14
1.3 数字电路实验箱	15
1.3.1 输入信号电路配置	15
1.3.2 输出信号电路配置	17
1.3.3 逻辑电路的插接器件	18
1.4 主要仪器简介	19
1.4.1 双踪示波器 GOS-620 介绍	19
1.4.2 函数发生器 GFG-8250A 介绍	23
1.4.3 QJ3003SII 直流稳压电源的介绍	24
1.5 Multisim 2001 简介	26
1.5.1 Multisim 2001 基本界面介绍	26

1.5.2	字信号发生器	31
1.5.3	逻辑分析仪	33
第 2 章	基础实验	35
2.1	实验 1 门电路功能测试及组合逻辑电路设计	35
2.1.1	实验目的	35
2.1.2	实验仪器设备与主要器件	35
2.1.3	实验原理	35
2.1.4	实验内容	38
2.1.5	研究思考题	39
2.2	实验 2 数据选择器功能测试及设计应用	39
2.2.1	实验目的	39
2.2.2	实验仪器设备与主要器件	40
2.2.3	实验原理	40
2.2.4	实验内容	43
2.2.5	研究思考题	44
2.3	实验 3 加法器功能测试及设计	44
2.3.1	实验目的	44
2.3.2	实验仪器设备与主要器件	45
2.3.3	实验原理	45
2.3.4	实验内容	48
2.3.5	研究思考题	48
2.4	实验 4 显示原理及译码显示电路设计	49
2.4.1	实验目的	49
2.4.2	实验仪器设备与主要器件	49
2.4.3	实验原理	49
2.4.4	几种典型的显示器件介绍	50
2.4.5	BCD-7 段字形译码驱动器	53
2.4.6	实验内容	55
2.4.7	研究思考题	56
2.5	实验 5 触发器原理、转换及设计	56
2.5.1	实验目的	56
2.5.2	实验仪器设备与主要器件	56

2.5.3	实验原理	56
2.5.4	实验内容	59
2.5.5	研究思考题	60
2.6	实验 6 移位寄存器功能测试及设计	60
2.6.1	实验目的	60
2.6.2	实验仪器设备与主要器件	60
2.6.3	实验原理	61
2.6.4	实验内容	64
2.6.5	研究思考题	64
2.7	实验 7 计数器原理测试及其设计	65
2.7.1	实验目的	65
2.7.2	实验仪器设备与主要器件	65
2.7.3	实验原理	65
2.7.4	实验内容	69
2.7.5	研究思考题	69
2.8	实验 8 序列信号发生器	69
2.8.1	实验目的	69
2.8.2	实验仪器设备与主要器件	69
2.8.3	实验原理	69
2.8.4	实验内容	71
2.8.5	研究思考题	72
2.9	实验 9 可逆计数器的功能测试及应用电路	72
2.9.1	实验目的	72
2.9.2	实验仪器与器件	72
2.9.3	实验原理	72
2.9.4	实验内容	75
2.9.5	研究思考题	75
2.10	实验 10 555 定时器的原理及三种应用电路	75
2.10.1	实验目的	75
2.10.2	实验仪器与器件	76
2.10.3	555 定时器原理及应用	76
2.10.4	实验内容	80
2.10.5	研究思考题	81

2.11	实验 11 D/A、A/D 转换原理及应用	81
2.11.1	实验目的	81
2.11.2	实验仪器与器件	81
2.11.3	实验原理	82
2.11.4	实验任务	87
2.11.5	研究思考题	90
第 3 章	综合实验	91
3.1	综合实验 1 数字时钟的设计与实现	91
3.1.1	实验目的与要求	91
3.1.2	实验仪器与器件	91
3.1.3	实验原理框图	91
3.1.4	实验步骤与要求	92
3.2	综合实验 2 4 路数码动态显示	92
3.2.1	实验目的与要求	92
3.2.2	实验仪器与器件	92
3.2.3	实验原理	93
3.2.4	实验步骤与要求	93
3.2.5	实验逻辑参考图	94
3.3	综合实验 3 4 路彩灯显示系统的设计与实现	95
3.3.1	实验目的与逻辑功能要求	95
3.3.2	实验仪器与器件	95
3.3.3	实验原理框图	95
3.3.4	实验步骤与要求	95
3.4	综合实验 4 电子密码锁设计与实现	96
3.4.1	实验目的与设计要求	96
3.4.2	实验仪器与器件	96
3.4.3	实验原理框图	96
3.4.4	实验步骤与要求	97
3.5	综合实验 5 智能定时抢答器系统的设计与实现	97
3.5.1	实验目的与要求	97
3.5.2	实验仪器与器件	98
3.5.3	设计方案提示	98

3.5.4 实验原理框图	98
3.5.5 实验步骤与要求	99
3.6 综合实验6 十字路口红绿灯管理系统的设计实现.....	99
3.6.1 实验目的与设计要​​求	99
3.6.2 实验仪器与器件	100
3.6.3 参考电路原理框图	100
3.6.4 实验要求与步骤	101
附录 A 部分常用 TTL 集成电路汇编	102
附录 B 部分常用 CMOS 集成电路汇编	104
附录 C 部分常用微机接口集成电路汇编.....	106
附录 D 实验中常用的集成元器件	108
附录 E 常用的逻辑门原理符号	114
参考文献	115

1.1 集成电路的基本知识

1.1.1 集成电路的概念、分类与特点

1. 概念

集成电路(Integrated Circuit, IC)是采用半导体、薄膜、厚膜、光刻掩膜版等工艺,将分立元器件、组件及连线等以不可分离的形式制作在一块半导体或绝缘材料的基片上,然后以多种不同的材料和形式密封封装为一体,构成的一个完整并具有一定功能的电路芯片。

2. 特点

集成电路芯片具有体积小、重量轻、性能可靠、静态功耗低、价格低廉等特点,广泛应用于通信、军事、交通、航天和家电行业中,并逐渐取代了分离元器件。因技术性能不断提高,其发展十分迅速,集成芯片趋于高密度微小型,品种也越来越多。

3. 分类

集成电路分类方式有以下几种。

(1) 按功能结构的不同,可以分为模拟集成电路和数字集成电路两大类。

模拟集成电路用来产生、放大和处理各种模拟信号(指电压、电流幅度随时间连续变化的信号)。例如收音机的音频信号、录放机的磁带信号等。常用的产品有运算放大器、模拟乘法器等。数字集成电路用来产生、放大和处理各种数字信号(指在时间上和幅度上是离散取值的信号)。例如 VCD、DVD 重放的音频信号和视频信号。常用的产品有 TTL 和 CMOS 两种类型的集成电路。

(2) 按制作工艺的不同,可分为半导体集成电路和膜集成电路。膜集成电路又分为厚膜集成电路和薄膜集成电路。

(3) 按集成度高低的不同,可分为小规模集成电路(SSI),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)。

小规模集成电路的集成度小于100件/片,如逻辑门和集成触发器;中规模集成电路的集成度小于1000件/片,如编码器、译码器、数据选择器、数据分配器、计数器、存储器、算术逻辑运算部件、A/D和D/A转换器等;大规模集成电路集成度小于100000件/片,如微型处理器(CPU)、存储器(ROM, RAM)及接口电路等;超大规模集成电路的集成度大于100000件/片,如单片机和高集成度的数字逻辑系统。

(4) 按导电类型的不同,可分为双极型集成电路和单极型集成电路。双极型集成电路的制作工艺复杂,功耗较大。双极型集成电路的代表有TTL、ECL、HTL、LST-TL、STTL等类型。单极型集成电路的制作工艺简单,功耗也较低,易于制成大规模集成电路。单极型集成电路的代表有CMOS、NMOS、PMOS等类型。

(5) 按用途的不同,可分为电视类、音响类、影碟类、录像类、计算机(微机)类、电子琴类、通信类、照相类、遥控类、语言类、报警器类等各种专用集成电路。

其中,电视类包括行、场扫描集成电路、中放集成电路、伴音集成电路、彩色解码集成电路、AV/TV转换集成电路、开关电源集成电路、遥控集成电路、丽音解码集成电路、画中画处理集成电路、微处理器(CPU)集成电路、存储器集成电路等。

音响类包括AM/FM高中频电路、立体声解码电路、音频前置放大电路、音频运算放大集成电路、音频功率放大集成电路、环绕声集成电路、电平驱动集成电路、电子音量控制集成电路、延时混响集成电路、电子开关集成电路等。

影碟类有系统控制集成电路、视频编码集成电路、MPEG解码集成电路、音频信号处理集成电路、音响效果集成电路、RF信号处理集成电路、数字信号处理集成电路、伺服集成电路、电动机驱动集成电路等。

录像类有系统控制集成电路、伺服集成电路、驱动集成电路、音频处理集成电路、视频处理集成电路等。

1.1.2 集成电路封装技术及其分类和发展

封装技术对于芯片是至关重要的。集成电路封装的目的是将芯片与外界隔离,防止空气中的杂质对芯片电路的腐蚀而造成电气性能下降,同时也便于安装和运输。封装也可以说是安装半导体集成电路芯片用的外壳,不仅起着安放、固定、密封、保护芯片和增强导热性能的作用,而且还是沟通芯片内部世界与外部电路的桥梁——芯片上的接点用导线连接到封装外壳的引脚上,这些引脚又通过印刷电路板上的导线与其他器件建立连接。因此,封装技术是关键的一环,封装技术的好坏还直接影响到芯片自身性能的发挥和与之连接的印制电路板(PCB)的设计和制造。

常见的封装材料有塑料、陶瓷、玻璃、金属等。现在大多采用绝缘的塑料或陶瓷材料,起密封和提高芯片电热性能的作用。由于现在芯片的内频越来越高,功能越来越强大,耐温性能越来越好,引脚数量越来越多,封装的外形也不断在改变,如引脚

间距减小,重量减小,可靠性提高,使用更加方便等。芯片的封装技术已经历从 DIP、QFP、PGA、BGA 到 CSP 再到 MCM 的变迁,技术指标一代比一代先进。

衡量一个芯片封装技术先进与否的重要指标是芯片面积与封装面积之比,这个比值越接近 1 越好。

封装大致经过了如下发展进程:

结构方面: TO→DIP→LCC→QFP→BGA→CSP。

材料方面: 金属、陶瓷→陶瓷、塑料→塑料。

引脚形状: 长引线直插→短引线或无引线贴装→球状凸点。

装配方式: 通孔插装→表面组装→直接安装。

1. 各种封装形式及含义

SIP (Single-In-Line Package): 单列直插式封装。

DIP (Dual In-Line Package): 双列直插式封装。

CDIP (Ceramic Dual-In-Line Package): 陶瓷双列直插式封装。

PDIP (Plastic Dual-In-Line Package): 塑料双列直插式封装。

SDIP (Shrink Dual-In-Line Package): 缩小型双列直插式封装。

QFP (Quad Flat Package): 四方扁平封装。

TQFP (Thin Quad Flat Package): 薄型四方扁平封装。

PQFP (Plastic Quad Flat Package): 塑料四方扁平封装。

CQFP (Ceramic Quad Flat Pack): 陶瓷四方扁平封装。

MQFP (Metric Quad Flat Package): 米制四方扁平封装。

VQFP (Very Thin Quad Flat Package): 特薄四方扁平封装。

SOP (Small-Outline Package): 小外形封装。

SSOP (Shrink Small-Outline Package): 缩小外形封装。

TSOP (Thin Small-Outline Package): 薄型缩小外形封装。

TSSOP (Thin Shrink Small-Outline Package): 细薄缩小外形封装。

QSOP (Quarter Small-Outline Package): 1/4 码 (9 英寸) 小外形封装。

VSOP (Very Small-Outline Package): 甚小外形封装。

VT SOP (Very Thin Small-Outline Package): 特细薄小外形封装。

LCC (Leadless Chip Carrier): 无引线芯片承载封装。