

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

数字电路 实验与实践教程

武俊鹏 刘书勇 付小晶 编著



清华大学出版社

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

数字电路 实验与实践教程

武俊鹏 刘书勇 付小晶 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍数字电路的相关原理、设计方法和逻辑实现；概述数字逻辑电路实验设计的一般原则、设计规范、注意事项等基本常识；具体介绍基于 TTL 和 CMOS 集成电路芯片的组合逻辑电路、时序逻辑电路、计算机部件电路和基于 GAL 和 ISP 技术应用中小规模可编程器件的逻辑电路的设计方法和相关实验；讨论自主开发的虚拟数字逻辑电路实验平台的组成及使用方法，并给出一些经典的组合逻辑电路和时序逻辑电路在虚拟平台上实现的过程；给出 40 例数字电路应用课题实验和基于 TTL 及 CMOS 集成电路芯片的参考设计方案；附录部分是书中用到的芯片引脚图及功能表等内容。

本书可作为高等院校计算机及相关专业硬件系列实验课程的教材，也可供从事计算机及相关专业的工程技术人员参考。

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

数字电路实验与实践教程/武俊鹏,刘书勇,付小品编著.--北京:清华大学出版社,2015

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

ISBN 978-7-302-39357-3

I. ①数… II. ①武… ②刘… ③付… III. ①数字电路—实验—教材 IV. ①TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 031619 号

责任编辑:黄 芝 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26 字 数:651 千字

版 次:2015 年 12 月第 1 版 印 次:2015 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:49.00 元

产品编号:057039-01

出版说明

当前,重视实验与实践教育是各国高等教育界的发展潮流,我国与国外教学工作的差距也主要表现在实践教学环节上。面对新的形式和新的挑战,完善实验与实践教育体系成为一种必然。为了培养具有高质量、高素质、高实践能力和高创新能力的人才,全国很多高等院校在实验与实践教学方面进行了大力改革,在实验与实践教学内容、教学方法、教学体系、实验室建设等方面积累了大量的宝贵经验,起到了教学示范作用。

实验与实践性教学与理论教学是相辅相成的,具有同等重要的地位。它是在开放教育的基础上,为配合理论教学、培养学生分析问题和解决问题的能力以及加强训练学生专业实践能力而设置的教学环节;对于完成教学计划、落实教学大纲,确保教学质量,培养学生分析问题、解决问题的能力 and 实际操作技能更具有特别重要的意义。同时,实践教学也是培养应用型人才的重要途径,实践教学质量的好坏,实际上也决定了应用型人才培养质量的高低。因此,加强实践教学环节,提高实践教学质量,对培养高质量的应用型人才至关重要。

近年来,教育部把实验与实践教学作为对高等院校教学工作评估的关键性指标。2005年1月,在教育部下发的《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》中明确指出:“高等学校要强化实践育人的意识,区别不同学科对实践教学的要求,合理制定实践教学方案,完善实践教学体系。要切实加强实验、实习、社会实践、毕业设计(论文)等实践教学环节,保障各环节的时间和效果,不得降低要求。”“要不断改革实践教学内容,改进实践教学方法,通过政策引导,吸引高水平教师从事实践环节教学工作。要加强产学研合作教育,充分利用国内外资源,不断拓展校际之间、校企之间、高校与科研院所之间的合作,加强各种形式的实践教学基地和实验室建设。”

为了配合开展实践教学及适应教学改革的需要,我们在全中国各高等院校精心挖掘和遴选了一批在计算机实验与实践教学方面具有潜心研究并取得了富有特色、值得推广的教学成果的作者,把他们多年积累的教学经验编写成教材,为开展实践教学的学校起一个抛砖引玉的示范作用。

为了保证出版质量,本套教材中的每本书都经过编委会委员的精心筛选和

严格评审,坚持宁缺毋滥的原则,力争把每本书都做成精品。同时,为了能够让更多、更好的实践教学成果应用于社会和各高等院校,我们热切期望在这方面有经验和成果的教师能够加入到本套丛书的编写队伍中,为实践教学的发展和取得成效做出贡献;也衷心地期望广大读者对本套教材提出宝贵意见,以便我们更好地为读者服务。

清华大学出版社

联系人:索梅 suom@tup.tsinghua.edu.cn

“数字逻辑实验课”是计算机的核心专业基础课,是编者所在教学团队多年凝练的计算机硬件实验课程体系的首门重要课程,具有较强的工程性、技术性和实践性,可以培养和提高学生的数字电路设计能力、实验素养、创新实践意识以及其他多方面能力。编者结合自己多年的数字逻辑实验教学实践,编写了本书。

该实验教材的使用对象是高等院校计算机科学与技术专业、软件工程和信息安全等相关专业的本科生和研究生,也可作为电子类和自动化类等相关专业的实践教材和参考书。

本书在内容安排上共分为 7 章:

第 1 章是绪论,主要介绍数字电路的硬件实验环境,并阐述基于该实验环境的数字电路实验过程中应注意的事项。

第 2 章介绍组合逻辑电路实验,包括组合逻辑电路的设计方法和一些经典的组合逻辑电路实验内容。

第 3 章介绍时序逻辑电路实验,包括时序逻辑电路设计方法和一些经典的时序逻辑电路实验内容。

第 4 章介绍计算机部件电路实验,包括运算器、半导体存储器、总线传输、原码一位乘法器、时序与启停电路等实验内容。

第 5 章介绍中小规模可编程设计实验,包括 GAL 的介绍、组合逻辑、时序逻辑、应用电路以及 4 个综合实验等内容。

第 6 章介绍编者自主开发的虚拟数字逻辑实验平台,包括虚拟环境简介和在该虚拟环境下实现的经典组合电路和时序电路的实验过程。

第 7 章介绍编者设计的 40 例数字逻辑综合型实验项目,包括设计原理、设计任务和要求、可选用器材、设计方案提示、参考电路以及电路扩展提示等内容。

附录部分给出集成逻辑门电路新旧图形符号对照、集成触发器新旧图形符号对照和部分常用的集成电路引脚图和功能表。

该教材的特点及教学建议如下:

该书的内容可分为两大部分,一是基础部分(主要是前 6 章),二是综合实践部分(主要是第 7 章)。读者可根据课时选择基础部分的经典实验内容供学习和实践组合逻辑与时序逻辑电路的设计方法,并预留大部分课时来设计和实现综合型实验项目内容,鼓励和要求学生在完成基本任务要求的前提下,尽可能地优

化、拓展和创新实验项目方案,以达到提高学生综合素质的目的。

本书在编写过程中,得到了哈尔滨工程大学计算机科学与技术学院和校实资处的有关领导和教师的大力关怀和支持,在此谨向他们表示诚挚的谢意。本书的大部分综合型实验内容经过了哈尔滨工程大学计算机科学与技术学院本科生和研究生多年的实践、拓展和完善,在此一并向他们表示感谢。

编者虽然从事计算机实践教学多年,但由于水平有限,书中可能会有错误和不完善之处,欢迎广大读者批评指正,促进我们的实验教学水平不断提高。

编 者

2015 年 8 月于哈尔滨

第 1 章 绪论	1
1.1 引论	1
1.2 实验要素	1
1.2.1 TTL 和 CMOS 集成电路芯片	2
1.2.2 实验箱	7
1.2.3 设计方案	12
1.3 实验过程	12
1.3.1 实验过程中需预先做的几项工作	12
1.3.2 实验过程中的线路连接	12
1.3.3 数字电路的测试	13
1.3.4 数字电路的故障查找、诊断定位与排除	13
第 2 章 组合逻辑电路实验	15
2.1 组合逻辑电路设计方法	15
2.1.1 组合逻辑电路的特点	15
2.1.2 小规模集成电路组成的组合逻辑电路的设计	15
2.1.3 中规模集成电路组成的组合逻辑电路的设计	16
2.2 数字电子技术基础实验	17
2.2.1 数制及半导体器件的基本知识	17
2.2.2 门电路功能测试	22
2.2.3 门电路参数测试	29
2.2.4 OC 门和三态门	34
2.3 典型组合电路	38
2.3.1 半加器	38
2.3.2 全加器	40
2.3.3 全加/全减器	42
2.3.4 多数表决电路	44
2.3.5 比较电路	46
2.4 可靠性编码电路实验	49

2.4.1	偶校验发生器、检测器电路	49
2.4.2	步进码发生器电路	52
2.5	编译码及代码转换电路实验	56
2.5.1	2线-4线译码器电路	56
2.5.2	余三码编码器电路	58
2.5.3	余三码到8421码转换电路	60
2.5.4	显示译码器电路	63
第3章	时序逻辑电路实验	67
3.1	时序逻辑电路设计方法	67
3.1.1	时序逻辑电路的特点	67
3.1.2	时序逻辑电路的表示方法	67
3.1.3	时序逻辑电路的设计方法与步骤	68
3.2	触发器及其功能测试实验	69
3.2.1	基本触发器电路	69
3.2.2	时钟触发器电路	72
3.3	寄存器及其应用	76
3.3.1	数据寄存器	77
3.3.2	移位寄存器	78
3.3.3	中规模集成电路(MSI)移位寄存器74LS194	80
3.4	计数器	86
3.4.1	异步模八加一计数器电路	86
3.4.2	异步模八减一计数器电路	88
3.4.3	异步模六加一计数器电路	90
3.4.4	BCD8421码同步计数器电路	92
3.4.5	四位扭环形同步计数器电路	94
3.4.6	模十指定规律同步计数器电路	96
3.5	脉冲信号电路	99
3.5.1	脉冲的产生与整形	99
3.5.2	555定时电路及其应用	107
3.5.3	序列信号发生器电路	110
3.5.4	序列信号检测器电路	113
第4章	计算机部件电路实验	116
4.1	运算器电路	116
4.2	半导体存储器电路	121
4.3	总线传输电路	124
4.4	原码一位乘法器电路	127
4.5	时序与启停实验	129

第 5 章 中小规模可编程设计实验	132
5.1 GAL 原理	132
5.2 TPC 多用编程器	135
5.2.1 系统软件说明	135
5.2.2 FM 使用说明	137
5.3 GAL 实现的基本逻辑器件	140
5.3.1 GAL 实现的基本门电路	140
5.3.2 GAL 实现的常用触发器电路	141
5.4 GAL 组合逻辑设计	142
5.4.1 GAL 实现的优先权编码器	142
5.4.2 GAL 实现的 3-8 译码器	144
5.4.3 GAL 实现的多路转换器	145
5.5 GAL 时序逻辑设计	146
5.5.1 GAL 实现的八位双向通用移位寄存器	146
5.5.2 GAL 实现的四位可逆计数器	148
5.6 GAL 应用电路设计	149
5.6.1 GAL 实现的滚动移位器	149
5.6.2 GAL 实现的四位比较器	151
5.7 Synario 软件的安装和 ISP 器件下载	152
5.7.1 Synario 软件的安装	152
5.7.2 ISP 器件下载	152
5.7.3 下载软件的使用	153
5.8 ISP 可编程器件综合实验	155
5.8.1 简单电子琴	155
5.8.2 简易频率计	158
5.8.3 交通灯实验	162
5.8.4 电子钟	168
第 6 章 虚拟数字逻辑实验	174
6.1 虚拟环境介绍	174
6.1.1 虚拟环境开发背景	174
6.1.2 虚拟环境组成	175
6.2 虚拟环境使用方法简介	178
6.3 虚拟环境下的数字电路实验	178
6.3.1 全加器	178
6.3.2 奇偶校验器	181
6.3.3 余三码到 8421BCD 码转换电路	184
6.3.4 2 线-4 线译码器	187

6.3.5	多数表决器	189
6.3.6	四位扭环形计数器	190
6.3.7	模十指定规律同步计数器电路	193
6.3.8	序列信号发生器电路	195
第7章 数字电路应用课题设计实验		197
7.1	汽车尾灯控制器设计	197
7.1.1	设计原理	197
7.1.2	设计任务和要求	198
7.1.3	可选用器材	199
7.1.4	设计方案提示	199
7.1.5	参考电路	202
7.1.6	电路扩展提示	202
7.2	鉴向倍频逻辑电路设计	202
7.2.1	设计原理	202
7.2.2	设计任务和要求	203
7.2.3	可选用器材	203
7.2.4	设计方案提示	203
7.2.5	参考电路	205
7.2.6	电路扩展提示	206
7.3	拔河游戏机	206
7.3.1	设计原理	206
7.3.2	设计任务和要求	206
7.3.3	可选用器材	207
7.3.4	设计方案提示	207
7.3.5	参考电路	208
7.3.6	电路扩展提示	208
7.4	交通灯控制逻辑电路设计	209
7.4.1	设计原理	209
7.4.2	设计任务和要求	209
7.4.3	可选用器材	211
7.4.4	设计方案提示	211
7.4.5	参考电路	213
7.4.6	电路扩展提示	213
7.5	家用空调控制系统	215
7.5.1	设计原理	215
7.5.2	设计任务和要求	215
7.5.3	可选用器材	215
7.5.4	设计方案提示	216

7.5.5	参考电路	217
7.5.6	电路扩展提示	219
7.6	病床呼叫系统	220
7.6.1	设计原理	220
7.6.2	设计任务和要求	220
7.6.3	可选用器材	220
7.6.4	设计方案提示	221
7.6.5	参考电路	222
7.6.6	电路扩展提示	223
7.7	十翻二运算电路设计	223
7.7.1	设计原理	223
7.7.2	设计任务和要求	224
7.7.3	可选用器材	224
7.7.4	设计方案提示	224
7.7.5	参考电路	226
7.7.6	电路扩展提示	227
7.8	数字电子钟逻辑电路设计	227
7.8.1	设计原理	227
7.8.2	设计任务和要求	228
7.8.3	可选用器材	228
7.8.4	设计方案提示	228
7.8.5	参考电路	229
7.8.6	电路扩展提示	232
7.9	复印机逻辑控制电路设计	232
7.9.1	设计原理	232
7.9.2	设计任务和要求	232
7.9.3	可选用器材	233
7.9.4	设计方案提示	233
7.9.5	参考电路	234
7.9.6	电路扩展提示	236
7.10	自动售货机设计	236
7.10.1	设计原理	236
7.10.2	设计任务和要求	236
7.10.3	可选用器材	237
7.10.4	设计方案提示	237
7.10.5	参考电路	241
7.10.6	电路扩展提示	241
7.11	电子脉搏计设计	243
7.11.1	设计原理	243

7.11.2	设计任务和要求	243
7.11.3	可选用器材	243
7.11.4	设计方案提示	244
7.11.5	参考电路	246
7.11.6	电路扩展提示	246
7.12	数字日历电路	246
7.12.1	设计原理	246
7.12.2	设计任务和要求	247
7.12.3	可选用器材	247
7.12.4	设计方案提示	247
7.12.5	参考电路	248
7.12.6	电路扩展提示	251
7.13	演讲自动报时装置	251
7.13.1	设计原理	251
7.13.2	设计任务和要求	251
7.13.3	可选用器材	251
7.13.4	设计方案提示	251
7.13.5	参考电路	254
7.13.6	电路扩展提示	254
7.14	四路彩灯显示系统逻辑电路设计	256
7.14.1	设计原理	256
7.14.2	设计任务和要求	256
7.14.3	可选用器材	256
7.14.4	设计方案提示	256
7.14.5	参考电路	258
7.14.6	电路扩展提示	259
7.15	电饭锅控制电路设计	259
7.15.1	设计原理	259
7.15.2	设计任务和要求	259
7.15.3	选用器材	259
7.15.4	设计方案	260
7.15.5	参考电路	262
7.15.6	电路扩展提示	263
7.16	简单电子导航模拟器设计	263
7.16.1	设计原理	263
7.16.2	设计任务和要求	263
7.16.3	可选用器材	264
7.16.4	设计方案提示	264
7.16.5	参考电路	266

7.16.6	电路扩展提示	268
7.17	数字锁电路设计	268
7.17.1	设计原理	268
7.17.2	设计任务和要求	268
7.17.3	可选用器材	268
7.17.4	设计方案提示	269
7.17.5	参考电路	272
7.17.6	电路扩展提示	273
7.18	定时启动与关闭控制电路设计	273
7.18.1	设计原理	273
7.18.2	设计任务和要求	273
7.18.3	可选用器材	273
7.18.4	设计方案提示	274
7.18.5	参考电路	274
7.18.6	电路扩展提示	276
7.19	按键电话显示逻辑电路设计	277
7.19.1	设计原理	277
7.19.2	设计任务和要求	277
7.19.3	可选用器材	277
7.19.4	设计方案提示	277
7.19.5	参考电路	278
7.19.6	电路扩展提示	278
7.20	家庭式小餐馆点餐系统	280
7.20.1	设计原理	280
7.20.2	设计任务和要求	280
7.20.3	可选用器材	280
7.20.4	设计方案提示	280
7.20.5	参考电路	280
7.20.6	电路扩展提示	283
7.21	仓库载货系统设计	283
7.21.1	设计原理	283
7.21.2	设计任务和要求	283
7.21.3	可选用器材	283
7.21.4	设计方案提示	283
7.21.5	参考电路	284
7.21.6	电路扩展提示	284
7.22	数字电表控制电路设计	287
7.22.1	设计原理	287
7.22.2	设计任务和要求	287

7.22.3	可选用器材	287
7.22.4	设计方案	287
7.22.5	参考电路	290
7.22.6	电路扩展提示	293
7.23	自动浇花系统	293
7.23.1	设计原理	293
7.23.2	设计任务和要求	293
7.23.3	可选用器材	293
7.23.4	设计方案提示	294
7.23.5	参考电路	295
7.23.6	电路扩展提示	295
7.24	模拟猜拳游戏电路设计	297
7.24.1	设计原理	297
7.24.2	设计任务和要求	297
7.24.3	可选用器材	297
7.24.4	设计方案提示	298
7.24.5	参考电路	301
7.24.6	电路扩展提示	301
7.25	数码显示记忆门铃逻辑电路设计	303
7.25.1	设计原理	303
7.25.2	设计任务和要求	303
7.25.3	可选用器材	303
7.25.4	设计方案提示	303
7.25.5	参考电路	304
7.25.6	电路扩展提示	305
7.26	数字频率计逻辑电路设计	305
7.26.1	设计原理	305
7.26.2	设计任务和要求	305
7.26.3	可选用器材	306
7.26.4	设计方案提示	306
7.26.5	参考电路	310
7.26.6	电路扩展提示	310
7.27	智力竞赛抢答器逻辑电路设计	310
7.27.1	设计原理	310
7.27.2	设计任务和要求	310
7.27.3	可选用器材	311
7.27.4	设计方案提示	311
7.27.5	参考电路	312
7.27.6	电路扩展提示	312

7.28	乒乓游戏机逻辑电路设计	314
7.28.1	设计原理	314
7.28.2	设计任务和要求	314
7.28.3	可选用器材	314
7.28.4	设计方案提示	315
7.28.5	参考电路	316
7.28.6	电路扩展提示	318
7.29	用 GAL 实现步进电机脉冲分配器的电路设计	319
7.29.1	设计原理	319
7.29.2	设计任务和要求	319
7.29.3	可选用器材	320
7.29.4	设计方案提示	320
7.29.5	参考程序及电路	321
7.29.6	电路扩展提示	322
7.30	电冰箱控制电路设计	322
7.30.1	设计原理	322
7.30.2	设计任务和要求	323
7.30.3	可选用器材	323
7.30.4	设计方案提示	323
7.30.5	参考电路	326
7.30.6	电路扩展提示	326
7.31	出租车计价器控制电路设计	328
7.31.1	设计原理	328
7.31.2	设计任务和要求	328
7.31.3	可选用器材	328
7.31.4	设计方案提示	329
7.31.5	参考电路	330
7.31.6	电路扩展提示	333
7.32	射击自动报靶器	333
7.32.1	设计原理	333
7.32.2	设计任务和要求	334
7.32.3	可选用器材	334
7.32.4	设计方案提示	334
7.32.5	参考电路	336
7.32.6	电路扩展提示	336
7.33	转速测量及显示逻辑电路设计	337
7.33.1	设计原理	337
7.33.2	设计任务和要求	337
7.33.3	可选用器材	337

7.33.4	设计方案提示	338
7.33.5	参考电路	338
7.33.6	电路扩展提示	342
7.34	脉冲调相器控制电路设计	342
7.34.1	设计原理	342
7.34.2	设计任务和要求	343
7.34.3	可选用器材	343
7.34.4	设计方案提示	343
7.34.5	参考电路	344
7.34.6	电路扩展提示	346
7.35	洗衣机定时控制器	346
7.35.1	设计原理	346
7.35.2	设计任务和要求	347
7.35.3	可选用器材	347
7.35.4	设计方案提示	347
7.35.5	参考电路	348
7.35.6	电路扩展提示	348
7.36	渡河数字游戏	349
7.36.1	设计原理	349
7.36.2	设计任务和要求	349
7.36.3	可选用器材	349
7.36.4	设计方案提示	349
7.36.5	参考电路	351
7.36.6	电路扩展提示	351
7.37	多种波形发生器电路设计	353
7.37.1	设计原理	353
7.37.2	设计任务和要求	353
7.37.3	可选用器材	353
7.37.4	设计方案提示	353
7.37.5	参考电路	354
7.37.6	电路扩展提示	359
7.38	足球比赛游戏机逻辑电路设计	359
7.38.1	设计原理	359
7.38.2	设计任务和要求	359
7.38.3	可选用器材	360
7.38.4	设计方案提示	360
7.38.5	参考电路	360
7.38.6	电路扩展提示	362
7.39	电梯自动控制系统	363