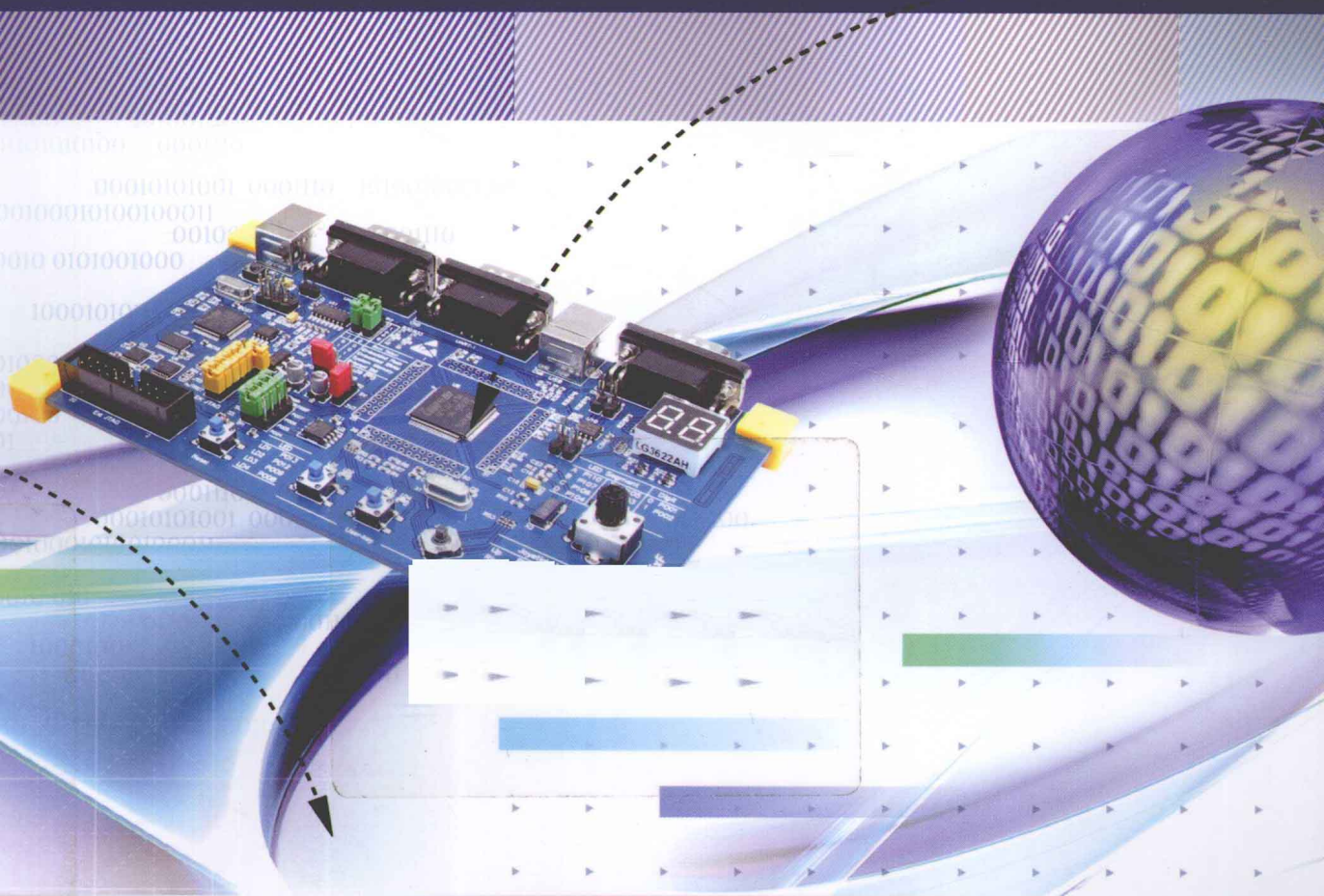




高等学校电子信息类教材

数字电子技术 实验与实践

◎ 吴慎山 主编 ◎ 屈晓良 郝好贞 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等学校电子信息类教材

数字电子技术实验与实践

吴慎山 主 编

屈晓良 郝好贞 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

全书共分 7 章, 内容包括数字电子技术知识基础、数字电子技术实验基础、常用电子设计软件 (Multisim 2001)、数字电路实验、数字电路综合实训和常用的电子测量仪器等。介绍了实验室的安全操作规程、实验方法、实验测试手段、常见故障的诊断与排除。

实验 (包括验证性实验、研究性实验、设计性实验、创新性实验) 从培养学生的动手和工程设计能力出发, 由浅入深地介绍了数字逻辑电路的工程设计技术和测量调试方法, 重在提高学生自主学习能力、工程实践和创新能力。

本教材可作为电子信息类、计算机类、自动化类、电气类等本、专科学生的数字电子技术实验、EDA 实训课题等实验与实践教材, 也可作为从事电子技术开发的工程人员及广大电子技术爱好者的参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术实验与实践/吴慎山主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.4

高等学校电子信息类教材

ISBN 978-7-121-13169-1

I. ①数… II. ①吴… III. ①数字电路—电子技术—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 052827 号

策划编辑: 王春宁

责任编辑: 曲 昕

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16 字数: 350 千字

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

为适应电子科学技术的迅猛发展和教学改革的不断深化,进行素质教育、培养学生的实际工作能力、开发创新的需要、进行数字电子技术设计与实践活动,是落实理论联系实际的重要环节,越来越受到人们的重视。

作为实验教学改革中的一个重要方面,实验教材理所当然地受到了教育工作者的重视,近十年来,各校电子电气类专业的老师们分别编写了多种实验和实践的教学资料,这些资料在各校的实验教学中发挥了积极的作用。对巩固和加深课堂教学内容,提高学生和相关科技人员实际工作技能,学习后续课程和从事实践技术工作奠定了坚实基础。认真进行数字电子技术实验与实训,搞好实验教学,是一个十分重要的课题。为此,在多年实践的基础上,我们编写了这本《数字电子技术实验与实践》教材。

全书共分7章,内容包括:绪论、数字电子技术基础、数字电子技术实验基础知识、常用电子设计软件(Multisim 2001)、数字电子技术实验、数字电子技术综合实训、常用电子测量仪器等。随着电子技术发展集成化、设计自动化、用户专用化和测试智能化的态势,在《数字电子技术实验与实践》一书中还引入了电子电路计算机辅助分析与设计的内容。

学生根据给定的实验题目、内容和要求,自行进行实验;或自己设计实验电路和选择合适的电子元器件来组装实验电路,拟定出调整测试方案,最后达到设计要求。通过这个过程,培养学生综合运用所学知识解决实际问题的独立工作能力。我们着力强调了实验的分析方法和设计方法,并给出了许多分析和设计的示例,安排这些内容是为了使学生很好地将理论与实际结合,提高学生的应用水平和设计创新能力。

《数字电子技术实验与实践》一书分为以下四类:(1)验证性实验;(2)研究性实验;(3)设计性实验;(4)创新性实验。以实践为基础,以理论为指导,以现代科技设备为手段,以社会为课堂,使学生在实践过程中学习、研究、综合和设计,达到学懂学会、学以致用目的。

数字电子技术综合实训分析了电子产品的电路设计任务和要求,给出了多个实训课题,以实践训练为主,突出电子技术的实用性。内容循序渐进,由浅入深,覆盖面广。在实践性的基础上,鼓励和突出创新性,力争紧贴前沿,把计算机仿真及计算机辅助设计与传统实践模式有机地结合起来。

本书绪论、第3章由河南师范大学教授,现商丘学院兼职教授吴慎山编写;第1章、

第4章（第1节和第2节）由商丘学院郝好贞编写；第2章、第4章（第3节）由商丘学院屈晓良编写；第4章（第4节）由商丘学院刘俊杰和高珍编写；第5章由商丘学院屈晓良和郝好贞共同编写；第6章由河南师范大学吴雪冰编写；附录部分由商丘学院屈晓良编写。

参加本书编写的还有郭亚群、张振华、梁珍珍、曹玉梅、卢丹、陈瑛、王莉、张延丽、刘磊等。

王锡仲教授、卢亚东教授等提出不少建议，在此深表谢意。

本书在内容上具有很强的通用性和选择性，适于大、中专电子类学校相关专业及非电类专业根据教学大纲的需要选用。同时，也适于从事电子产品开发、设计、生产的科技人员使用和参考。

由于电子科学技术的迅猛发展，书中难免存在错误和不足，恳请同行和读者批评指正。

编 者
于商丘学院
2011年4月

目录

CONTENTS

第 0 章 绪论	1
0.1 现代科学与技术	1
0.2 理论与实践相结合	2
第 1 章 数字电子技术基础	4
1.1 数字电子技术课程简介	4
1.1.1 基本概念	4
1.1.2 课程内容	4
1.1.3 课程特点	5
1.2 数字电路简介	5
1.2.1 数字电路发展及特点	5
1.2.2 数字集成电路分类	6
1.3 数字集成电路的识别	7
1.3.1 数字集成电路的型号命名法 (GB3430—89)	7
1.3.2 数字集成电路的技术分类和电路的性能指标	7
1.4 数字集成电路的使用规则	8
1.4.1 CMOS 电路的使用规则	8
1.4.2 TTL 集成电路使用规则	8
1.5 数字逻辑电路的测试方法	9
1.5.1 组合逻辑电路的测试方法	9
1.5.2 时序逻辑电路的测试	10
1.6 数字电路实验的分析方法	10
1.7 数字逻辑电路的设计方法	11
1.7.1 组合逻辑电路设计的一般方法	11
1.7.2 时序逻辑电路设计的一般方法	12
第 2 章 数字电子技术实验基础知识	14
2.1 实验安全操作规程	14

2.2	数字电路实验的目的和意义	15
2.2.1	实验的目的	15
2.2.2	实验的意义	15
2.3	实验常见故障的检测及排除	16
2.3.1	数字电路中的布线原则	16
2.3.2	数字电路中的常见故障	17
2.3.3	数字电路中的常见故障检测与排除	17
2.4	数字电子技术实验要求	18
2.4.1	课前应做的准备工作	18
2.4.2	实验记录事项	19
2.4.3	实验报告的要求	19
第 3 章	Multisim 2001	20
3.1	Multisim 2001 概述	20
3.1.1	Multisim 2001 的仿真功能	21
3.1.2	Multisim 2001 的优点	21
3.2	Multisim 2001 窗口界面	22
3.2.1	Multisim 2001 的主窗口界面	22
3.2.2	主要工具	23
3.3	Multisim 2001 对元器件的管理	24
3.4	输入并编辑电路	27
3.4.1	设置 Multisim 2001 的通用环境变量	27
3.4.2	取用元器件	28
3.5	创建电路图	29
3.5.1	启动 Multisim 2001 软件	29
3.5.2	放置元件	29
3.5.3	连接电路	32
3.5.4	编辑元件	33
3.6	电路的仿真与分析方法	34
3.6.1	虚拟仪器及其使用	34
3.6.2	基本分析方法	37
第 4 章	数字电子技术实验	41
4.1	验证性实验	41
4.1.1	TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	41
4.1.2	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	46
4.1.3	TTL 集电极开路门与三态输出门的应用	49

4.2	研究性实验	53
4.2.1	集成逻辑电路的连接和驱动	53
4.2.2	译码器及其应用	57
4.2.3	数据选择器及其应用	63
4.2.4	触发器及其应用	69
4.2.5	计数器及其应用	76
4.2.6	移位寄存器及其应用	80
4.2.7	脉冲分配器及其应用	86
4.3	设计性实验	90
4.3.1	组合逻辑电路的设计与测试	90
4.3.2	自激多谐振荡器的设计	92
4.3.3	脉冲延时与波形整形电路的设计与分析	95
4.3.4	555 时基电路的设计及其应用	101
4.3.5	D/A、A/D 转换器的设计	107
4.4	创新性实验	112
4.4.1	智力竞赛抢答装置	112
4.4.2	电子秒表	114
4.4.3	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	118
4.4.4	数字频率计	123
4.4.5	拔河游戏机	129
4.4.6	随机存取存储器 2114A 及其应用	131
第 5 章	数字电子技术综合实训	139
5.1	LED 节日彩灯控制器逻辑电路设计	139
5.1.1	简述	139
5.1.2	设计任务和要求	139
5.1.3	设计可选器材	140
5.1.4	设计方案分析	140
5.2	数字抢答器的逻辑电路设计	142
5.2.1	简述	142
5.2.2	设计任务和要求	142
5.2.3	设计可选器材	142
5.2.4	设计方案分析	143
5.3	数字电子称的逻辑电路设计	146
5.3.1	简述	146
5.3.2	设计任务和要求	146
5.3.3	设计可选器材	146

5.3.4	设计方案分析	146
5.4	交通灯控制的逻辑电路设计	149
5.4.1	简述	149
5.4.2	设计任务和要求	149
5.4.3	设计可选器材	150
5.4.4	设计方案分析	150
5.5	简易加、减计算器的逻辑电路设计	152
5.5.1	简述	152
5.5.2	设计任务和要求	152
5.5.3	设计可选器材	153
5.5.4	设计方案分析	153
5.6	电子拔河游戏机的逻辑电路设计	156
5.6.1	简述	156
5.6.2	设计任务和要求	157
5.6.3	设计可选器材	157
5.6.4	设计方案分析	157
5.7	出租车计价器控制电路设计	159
5.7.1	简述	159
5.7.2	设计任务和要求	159
5.7.3	设计可选器材	160
5.7.4	设计方案分析	160
5.8	数字显示式光电计数电路设计	164
5.8.1	简述	164
5.8.2	设计任务和要求	164
5.8.3	设计可选器材	165
5.8.4	设计方案分析	165
5.9	基于数字电路的时钟设计	168
5.9.1	简述	168
5.9.2	设计任务和要求	168
5.9.3	设计可选器材	168
5.9.4	设计方案分析	168
5.10	电子密码锁逻辑电路设计	174
5.10.1	简述	174
5.10.2	设计任务和要求	174
5.10.3	设计可选器材	174
5.10.4	设计方案分析	174
5.11	数字万用表逻辑电路设计	179

5.11.1	简述	179
5.11.2	设计任务和要求	179
5.11.3	设计可选器材	179
5.11.4	设计方案分析	179
5.12	乒乓球游戏机逻辑电路设计	183
5.12.1	简述	183
5.12.2	设计任务和要求	183
5.12.3	设计可选器材	184
5.12.4	设计方案分析	184
第 6 章	常用电子测量仪器	188
6.1	数字万用表	188
6.1.1	技术指标	188
6.1.2	使用方法	189
6.1.3	注意事项	190
6.2	双踪示波器	190
6.2.1	基本工作原理	191
6.2.2	注意事项	194
6.2.3	使用方法	194
6.3	TFG2003 DDS 函数信号发生器	199
6.3.1	主要特点	200
6.3.2	技术指标	200
6.3.3	通用特性	201
6.4	SG1040 直接数字合成 (DDS) 双路函数信号发生器 / 计数器	201
6.4.1	概述	202
6.4.2	主要特征	202
6.4.3	基本操作	205
6.4.4	测频计数	211
6.4.5	仪器的接口、配置等功能	212
6.4.6	使用注意事项	212
6.4.7	SG1040 双路函数信号发生器 / 计数器程控命令一览表	213
6.4.8	通道 2 波形索引	216
6.5	BT-3C 型频率特性测试仪	216
6.5.1	性能指标	217
6.5.2	结构特点	217
6.5.3	使用注意事项	219
6.5.4	常见故障及维修	219

6.6	SG3320 型多功能计数器	220
6.6.1	概述	220
6.6.2	技术指标	221
6.6.3	SG3320 多功能计数器的工作原理	222
6.6.4	使用说明	223
6.7	2.7 GHz 频谱分析仪	225
6.7.1	技术指标	226
6.7.2	有关说明	226
附录 A	CC7107 A/D 转换器组成的 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	230
附录 B	集成逻辑门电路新、旧图形符号对照	233
附录 C	集成触发器新、旧图形符号对照	234
附录 D	部分集成电路引脚排列	235
参考文献		244

第0章

绪论

随着现代电子技术的发展，人们已处于一个信息时代，每天都要通过电视、广播、通信、互联网等多种媒体获取大量的信息。而现代信息的存储、处理和传输越来越趋于数字化。在日常生活中，常用的计算机、电视机、音响系统、视频记录设备、长途电信等电子设备或电子系统，无一不采用数字电路或数字系统。因此，数字电子技术的应用越来越广泛。

电子技术是一门理论性、工程性和实践性很强的课程。其内容包括基础理论与应用技术。其基础理论反映了自然科学的规律，是其科学性的一面；其应用技术是其工程性和实践性的一面，可称为电子技术，是其技术性的一面。

认识科学与技术的关系，明确理论学习与实践和实验相互结合的必要性，对于学好电子科学与技术这一学科的有关知识，是十分重要的。

0.1 现代科学与技术

在 21 世纪的今天，国家间的竞争即是科学技术的竞争，谁获得最新的科学技术，谁就取得发展的主动权和发言权。“科学技术是第一生产力”，生产力先进必然导致国力强盛，综合国力是一个民族强大的重要标志。

科学与技术是相互关联的；从半导体的几乎纯粹物理学的研究，到以集成电路为主的现代微电子工业的广泛应用，都是从科学发展为技术的典型例证。而火药“为什么会爆炸”，指南针“为什么会指向南方”，又是技术提出的科学问题。由于科学与技术的交流，促进了科学技术的发展，形成了现代科学与技术。

现代科学技术的数学化就是以数学知识对自然科学和技术知识进行整理和组织的过程：一方面尽可能用数学语言符号表述其基本概念；另一方面将其命题组织成比较规范的相似于数学的演绎或算法体系。使科学的严密性和技术的简明性跃然纸上。

科学知识完全由真假性、合理性来决定；而技术知识则依赖于变革客体的有效性和可操作性。阿基米德的名言：“给我一个支点，我就可以撬动地球”，这在科学上是合理的判断，是科学理性的豪言壮语；但在技术上却是毫无意义的。

认识科学与技术的异同，明了两者的关系，是促进科学技术快速发展的关键。科学

是以获得对客体的全面系统的认识为目的,技术以有效地变革客体来满足人们的需要为目的;科学研究的对象就是试图认识的一切客体,范围广泛。而技术的研究对象更加具体,科学关注人类试图支配的客体,同时关注着支配人类的客体;技术则只关心人们试图支配的客体。所以技术强调人类对自然的支配,并不影响科学强调自然对人的支配。

科学研究的成果是完备的知识体系,技术开发的最终成果是人造物——物化产品。科学探索人类与自然之间的关系,向自然的奇异奥妙挑战,是旨在发现各种各样的新事实与新法则,创立有关自然的知识体系。因此科学研究不受有用或无用的束缚,需要进行自由的研究。

研究获得的知识可能具有出乎原先预料的一面,有些伟大的发现就出于此。这需要科学工作者具有广泛的知识,正确的思想方法和敏锐的洞察力。对于科学上的大飞跃,创造性具有决定性的影响,即所说的基础研究工作。应用与开发则是有关如何将基础研究中获得的科学知识应用于实际的问题,也即努力实施基础研究成果的问题。

19 世纪初电的使用以及发电机和电动机的设计,科学已是不可缺少的了。而化学在 19 世纪末曾促进过化学工业的大规模发展。而到了 20 世纪,电子学的发展,科学则起了决定性的作用。所谓的“高新技术”正是科学高度发展的结果,是 21 世纪技术的时代特征。

就科学与技术的关系来说,科学是理解自然的真实学问,而技术则是科学的应用。但技术人员在研究开发过程中也会作出革命性的发明。虽然技术人员是考虑以应用为目的的问题的,但其个人的工作,部分仍在基础研究方面。

基础研究和应用研究犹如车的两轮,是相互影响且相互补充的,地位是同等重要的。独创性新技术都来源于基础研究,更说明了这一问题。

0.2 理论与实践相结合

科学更加自由地满足着人类高层次的精神需要,如探月的目的;技术的价值明显受人造物的制约,如探月的飞行。如乔治·萨顿所说的:“我们必须放弃科学的自负,但永远不要使人性从属于技术。”“科学技术产业化”是十分重要的问题,技术是能够直接产业化的。而科学只有通过技术的中介,才可能产业化。科学与技术的紧密衔接是当代的发展潮流,只能顺应而不可违反。

科学中有技术,如物理学有实验技术;技术中有科学,如指南针有磁场相互作用的原理。技术产生科学,如射电望远镜的发明与使用,产生了射电天文学;科学也产生技术:如发现天体运动规律后,产生出了航天技术;有了爱因斯坦的质能关系式,发现了核裂变,造出了原子弹,也建成了核电站,用以造福人类。

科学与技术相互影响,互相促进,但仍有其各自的特点和发展规律,我们在推动科学技术发展时,必须注意到这一点。

电磁场的理论催生了现代通信,电子学不断在实践—理论—实践—理论的一次次循

环中得到发展和提高。因此,电子线路的实践和实验教学是一个十分重要的环节,目的是学习和理解,获得并掌握电子学的基本知识和基本技能,并运用所学理论来分析和解决实际问题,使学生完成实践—理论—实践的认识过程,掌握各单元电路的组成、基本原理与电路设计的基本知识和技能,提高分析解决实际问题的能力和实际工作能力。

电子技术基础实验的类型很多,实验的目的必须从研究出发,认真总结实验规律,从而得出自己的结论,以验证前人理论,得到自己的正确认识,培养和提升创新能力。

从实验的这个目的出发,把数字电子技术基础实验分为以下四类:(1)验证性实验;(2)研究性实验;(3)综合性实验;(4)设计性实验。

1. 验证性实验

主要是以仪器设备的使用为主,或者使用合适的软件,验证电子元器件和基本单元电路参数与特性。进一步巩固学生所学到的基本知识和基本理论。

2. 研究性实验

根据给定的实验由学生自行选择测试仪器,拟定实验步骤,完成规定的电路性能指标测试任务,研究电路中电子元器件的特性与参数对电路性能的影响,弄清电路的工作原理,完成实践—认识—再实践—再认识的过程,把别人总结的知识变成自己总结出的知识。

3. 综合性实验

根据给定的实验题目、内容和要求,学生把不同专业、不同学科、不同章节的内容自行进行组合,拟定和调整实验方案,通过实验过程,达到熟悉和理解所学知识,培养学生综合运用所学知识解决实际问题的独立工作能力。

4. 设计性实验

根据给定的实验题目、内容和要求,学生自行设计实验电路,选择合适的电子元器件来组装实验电路,拟定出调整测试方案,最后达到设计要求。通过这个过程,培养学生综合运用所学知识解决实际问题的创新工作能力。

随着电子技术发展呈现出系统集成化、设计自动化、用户专用化和测试智能化的态势,为了适应电子信息时代的要求,除了完成常规的硬件实验外,在电子技术实验中还引入了电子电路计算机辅助分析与设计的内容,其中包括若干仿真实验和通过计算机来完成的系统设计的实验。

电子技术基础实验只要以实践为基础,以理论为指导,以现代科技设备为手段,以社会为课堂,使学生在实验过程中验证、研究、综合和设计,就一定能够达到学懂学会,学以致用目的。

第 1 章

数字电子技术基础

1.1 数字电子技术课程简介

1.1.1 基本概念

电子技术是根据电子学的原理,运用电子元器件设计和制造具有某种特定功能的电路以解决实际问题的科学,研究电信号的产生、传送、接收和处理。数字电子技术、数字信号处理,主要研究各种逻辑门电路、集成器件的功能及其应用、组合逻辑门电路和时序电路的分析和设计、集成芯片各引脚功能、555 定时器等。随着计算机科学与技术突飞猛进地发展,用数字电路进行信号处理的优势也更加突出。为了充分发挥和利用数字电路在信号处理上的强大功能,我们可以先将模拟信号按比例转换成数字信号,然后送到数字电路进行处理,最后再将处理结果根据需要转换为相应的模拟信号输出。自 20 世纪 70 年代初,这种用数字电路处理模拟信号的所谓“数字化”浪潮已经席卷了电子技术几乎所有的应用领域。

1.1.2 课程内容

课程内容包括如下。

- (1) 数字逻辑基础: 主要介绍二进制代码,基本的逻辑运算法则以及逻辑函数的化简。
- (2) 逻辑门电路: 主要介绍二极管与三极管的开关特性,以及常用基本逻辑门电路(TTL 逻辑门电路和 COMS 逻辑门电路)。
- (3) 组合逻辑电路的分析和设计: 主要介绍组合逻辑电路的分析和设计方法及步骤。
- (4) 常用组合逻辑功能器件: 主要介绍各种常用的组合逻辑功能器件,包括编码器、译码器、数据选择器和加法器等。
- (5) 触发器: 主要研究 RS 触发器、JK 触发器、D 触发器、T 触发器的逻辑功能和特性方程。
- (6) 时序逻辑电路的分析和设计: 同步时序逻辑电路和异步时序逻辑电路的分析方法,以及同步时序逻辑电路的设计方法。
- (7) 常用时序逻辑功能器件: 各种计数器和移位寄存器的逻辑功能和应用。
- (8) 脉冲波形的产生与变换: 应用 555 定时器构成施密特触发器、单稳态触发器和

多谐振荡器等。

(9) 数 / 模与模 / 数转换器: 数 / 模 (D/A) 转换器和模 / 数 (A/D) 转换器的转换原理, 常见 D/A 转换器和 A/D 转换器的工作原理与特点。

1.1.3 课程特点

数字电子技术是一门专业技术基础课程, 它是学习微机原理、接口技术等专业课程的基础, 既有丰富的理论体系, 又有很强的实践性。

本课程的重点是数字电路的基本概念、基本原理、分析方法、设计方法和实验调试方法。只要掌握了基本的原理和方法, 我们就可以对给出的任何一种数字电路进行分析; 也可以根据提出的任何一种逻辑功能, 设计出相应的逻辑电路。对于各类的数字集成电路器件, 重点是掌握它们的外部特性, 包括逻辑功能和输入 / 输出的电气特性。另外, 通过实验的训练, 加深对理论知识的理解和掌握, 同时更重要的是学习和掌握电子技术实验的研究方法, 将理论和实际有机地结合, 学会用实验的方法分析和解决实际问题。

1.2 数字电路简介

在电子技术中, 传递、加工和处理数字信号的电子电路, 称为数字电路。它主要是研究输出与输入信号之间的逻辑关系, 其分析的主要工具是逻辑代数, 所以数字电路又被称为逻辑电路。

数字集成电路 (Integrated Circuit) 是相对分立元器件而言的, 简称 IC。它是一种微型电子器件或部件, 把一个电路中所需的各种电路元器件 (如晶体管、电阻、电容和电感等) 在电学上加以互连, 并采用一定的工艺, 制作在一小块或几小块半导体晶片或介质基片上, 然后封装在一个管壳内, 成为能够完成某种电路功能的微型结构。其中所有元器件在结构上已组成一个整体, 这样, 整个电路的体积大大缩小, 且引出线和焊接点的数目也大为减少, 从而使电子元器件向着小型化、微型化、低功耗和高可靠性方面迈进了一大步。

1.2.1 数字电路发展及特点

1. 数字电路的发展

数字电路的发展与模拟电路一样经历了由电子管、半导体分立器件到集成电路等几个时代。但其发展速度比模拟电路发展得更快。从 20 世纪 60 年代开始, 数字集成器件以双极型工艺制成了小规模逻辑器件, 随后发展到中规模逻辑器件。20 世纪 70 年代末, 随着微处理器的出现, 使数字集成电路的性能产生质的飞跃。

逻辑门是数字电路中一种重要的逻辑单元电路。TTL 逻辑门电路问世较早, 其工艺经过不断改进, 至今仍为主要的逻辑器件之一。随着 CMOS 工艺的发展, TTL 的主导地位受到了动摇, 有被 CMOS 器件所取代的趋势。

近年来,可编程逻辑器件 PLD 特别是现场可编程门阵列 FPGA 器件的飞速进步,使数字电子技术开创了新局面,不仅规模大,而且将硬件与软件相结合,使器件的功能更加完善,使用更灵活。

2. 数字电路的特点

与模拟电路相比,数字电路具有以下特点:

(1) 数字电路的基本工作信号是用 1 和 0 表示的二进制数字信号,反映在电路以上就是高电平和低电平,其电平范围比较宽,这样就提高了电路工作的可靠性。同时,数字信号也不易受到噪声信号的干扰。所以其工作可靠性很高,抗干扰能力强。

(2) 由于数字电路允许电路参数有较大的离散型,这样将大大简化电路的结构,降低了集成化的要求,同时也大大降低了成本。所以其电路结构简单,便于集成化,并且成本低。

(3) 数字电路处理的输入/输出信号单一,电路的通用性强,同时便于保密。

(4) 具有“逻辑思维”能力。数字电路能对输入的数字信号进行各种算术运算和逻辑运算、逻辑判断,故又称为数字逻辑电路。同时,也有助于计算机编程。

1.2.2 数字集成电路分类

数字电路可分为分立元器件电路和数字集成电路两大类。目前,分立元器件电路基本上已经被数字集成电路所取代。数字集成电路按照不同的分类规则又可以分为几类。

1. 按使用半导体类型分类

按照使用的半导体类型,可分为双极型电路和单极型电路。使用双极型晶体管作为基本器件的数字集成电路,称为双极型数字集成电路,一般为 TTL、ECL 等集成电路;使用单极型晶体管作为基本器件的数字集成电路,称为单极型数字集成电路,如 NMOS、PMOS、CMOS 等集成电路。

2. 按电路结构分类

组合逻辑电路是指电路的输出信号只与当时的输入信号有关,而与电路原来的状态无关。如常用的基本逻辑门电路、译码器、编码器、数据选择器、加法器等。

时序逻辑电路是指电路的输出信号不仅与当时的输入信号有关,而且还与电路原来的状态有关。如各种触发器集成电路、计数器、移位寄存器等。

3. 按集成电路规模分类

按集成电路的集成度分,也就是按每块集成电路芯片中包含的元器件数目分类,可分为 SSI、MSI、LSI、VLSI。

小规模集成电路 (Small Scale IC, SSI) 是指每片包含 10~100 个元器件,一般为一些逻辑单元电路,比如逻辑门电路或者集成触发器等;

中规模集成电路 (Medium Scale IC, MSI) 是指每片包含 100~1 000 个元器件,一般为一些逻辑部件,比如计数器、译码器、数据选择器等;

大规模集成电路 (Large Scale IC, LSI) 是指每片包含 1 000~100 000 个元器件,