



普通高等院校规划教材·电子信息系列

电路与电子技术 实验教程

梁向红 林康红 蒋新庚 蔡小颀 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

TM13-33/32

2008

普通高等院校规划教材·电子信息系列

电路与电子技术 实验教程

梁向红 林康红 蒋新庚 蔡小颀 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 提 要

本书是作者总结多年教学经验的基础上,根据高等教育的基本要求编写的,力求体现电子通信等专业对电路、电子技术实验的要求。本书内容打破了传统学科体系,主要考虑教学实践要求,使学生在“基本实践知识、基本实践理论和基本实践技能”三方面得到较为系统的学习和训练。全书共分为5章,前两章介绍电路电子的基本技能和电子实验的入门知识;第3章安排了电路与电子技术基础实验,目的是使学生掌握基本的电子电路的实验方法,加深对理论课内容的理解;后两章介绍了综合设计型实验和EDA技术及应用实验。

本书适合作为高等学校理工科专业电路、模拟电子、数字电子、电工、电子技术类课程实践训练的教材,以及EDA类课程实践训练的辅助教材,也可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验教程/梁向红等编著. —北京:
中国铁道出版社,2008. 1
ISBN 978-7-113-08557-5

I. 电… II. 梁… III. ①电路—实验—教材
②电子技术—实验—教材 IV. TM13-33 TN01-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第016314号

书 名:电路与电子技术实验教程
作 者:梁向红 林康红 蔡小颀 蒋新庚 编著
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
策划编辑:李小军
责任编辑:李小军 鲍 闻
编辑部电话:(010)83550579
封面制作:白雪
印 刷:河北省遵化市胶印厂
开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.5 字数:279千
版 本:2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷
书 号:ISBN 978-7-113-08557-5/TM·80
定 价:20.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售
凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

发行部电话:(010)63549466

前 言

为了培养具有创新精神的高素质人才,适应电子信息技术的发展,我校在理工科课程中安排了电路、模拟电子、数字电子、电工、电子技术、电子电路计算机仿真设计与分析、EDA 技术等课程。这些课程都是高等工科院校实验性很强的技术基础课程,随着我国高等教育的不断普及和电类学科的多领域渗透,对课程体系建设必然提出了更新更高的要求。我们认为,在电类基础学科的实践环节,应该模糊电类和非电类专业界限,敷设全方位多层次结构,扩展多元化功能。所以,学校十分重视实验教学环节及其多元化功能,在理论教学的同时,加强了实验教学环节,特别综合了以上几门课程的实验内容。本书是根据教学大纲的要求,适应当前教学改革的需要,在总结多年来开设电路、模拟电子、数字电子、电工、电子技术实验的基础上,吸取了本校及国内院校一些实践教学改革的经验撰写的。

本书在章节安排上既考虑了与理论教学保持同步,又考虑了培养学生能力的循序渐进的过程,实现了从验证到设计再到综合设计的教学模式,有利于在培养学生基本实践能力的基础上,进一步培养他们的创新意识和能力。

全书共分为 5 章。第 1 章绪论、第 2 章常用仪器仪表简介,这两章是实践的基本技能和独立分析和解决问题的入门向导;第 3 章电路与电子技术基础实验,是以电子电路的验证型实验和设计型实验,目的是使学生掌握基本的电子电路的实验方法,加深对理论课内容的理解;第 4 章综合设计型实验,是培养学生进行综合设计和创新设计的能力;第 5 章 EDA 技术及应用实验,力求具有创新性,介绍了电子设计自动化和电子电路计算机仿真设计与分析的技术,除了介绍三种常用的 EDA 工具的使用方法外,还配有相关的仿真与设计的实验内容供学生使用,将传统的电子线路设计方法与现代的电子线路设计手段相结合,使学生在掌握电子产品电路系统设计方法、设计过程的同时,更新其设计观念,培养他们工程设计能力、综合应用能力、创新能力和计算机应用能力。

本书的编写打破了传统学科体系,主要考虑教学实践要求,使学生在“基本实践知识、基本实践理论和基本实践技能”三方面得到较为系统学习和训练,逐

步培养他们“爱实验、敢实验、会实验”，即突出基础实训的重要性，又增加设计及综合型实验，鼓励学生去观察、思考、分析、设计、创新。每章围绕实验教学的基本要求，介绍必要的理论知识、应用知识和实际操作方法。内容充实、详略得当、可读性强，兼有实用性、资料性和先进性。适合作为高等学校理工科专业电路、模拟电子、数字电子、电工、电子技术类课程实践训练的教材，以及 EDA 类课程实践训练的辅助教材，也可作为有关工程技术人员的参考书。

本书由梁向红、林康红、蒋新庚和蔡小颀等编著，梁向红策划、组织和定稿，何宝祥主审。在编写过程中得到了杨长春副教授的大力支持和帮助，许多同志提出了不少宝贵的意见，在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者时间、精力、水平和经验有限，书中错误和不足之处在所难免。欢迎读者批评指正。

编者
2008 年 1 月

目 录 ★★

第 1 章 绪论	1
1.1 课程性质与任务	1
1.2 误差分析与数据处理	1
1.2.1 误差的基本概念	2
1.2.2 测量精度的提高	3
1.2.3 误差计算及数据处理	4
1.3 基本实验规程	5
1.3.1 实验规则	5
1.3.2 预习要求	6
1.3.3 实际操作要求	6
1.3.4 实验报告要求	8
第 2 章 常用仪器仪表简介	10
2.1 万用表	10
2.1.1 模拟式万用表	10
2.1.2 数字万用表	16
2.2 直流稳压电源	19
2.3 函数信号发生器	21
2.3.1 函数信号发生器的组成及工作原理	21
2.3.2 LM1620 函数信号发生器	21
2.4 交流毫伏表	24
2.5 CS-4025 双踪示波器	26
2.5.1 示波器的工作原理	26
2.5.2 基本操作方法	30
2.6 常用电表的使用	33
2.6.1 D26 型电表	34
2.6.2 功率表的原理和使用	34
2.7 模拟电路实验箱使用说明	38
2.8 数字电路实验箱使用说明	38
2.9 电工技术实验装置使用说明	39

2.9.1	交流电源的启动	39
2.9.2	三相可调交流电源输出电压的调节	39
2.9.3	低压直流稳压、恒流电源的调节	40
2.9.4	数字式有效值交流毫伏表	40
2.9.5	智能交流电压、电流表	40
2.9.6	智能直流电压表、毫安表	41
2.9.7	多功能数控智能函数信号发生器	43
第3章	基础实验	45
3.1	叠加原理和戴维南定理	45
3.1.1	实验目的	45
3.1.2	实验原理	45
3.1.3	实验设备与器材	45
3.1.4	(A板)实验内容与步骤	46
3.1.5	(B板)实验内容与步骤	47
3.1.6	预习思考题	49
3.1.7	实验报告要求	49
3.2	RLC 串联谐振电路的研究	49
3.2.1	实验目的	49
3.2.2	实验原理	49
3.2.3	实验设备与器材	51
3.2.4	(A板)实验内容与步骤	51
3.2.5	(B板)实验内容与步骤	52
3.2.6	预习思考题	53
3.2.7	实验报告要求	54
3.3	日光灯电路及功率因数的提高	54
3.3.1	实验目的	54
3.3.2	实验原理	54
3.3.3	实验设备与器材	56
3.3.4	(A板)实验内容与步骤	56
3.3.5	(B板)实验内容与步骤	57
3.3.6	预习思考题	58
3.3.7	实验报告要求	58
3.4	RC 电路的暂态过程	58
3.4.1	实验目的	58

3.4.2	实验原理	59
3.4.3	实验设备与器材	60
3.4.4	实验内容与步骤	60
3.4.5	预习思考题	61
3.4.6	实验报告要求	61
3.5	三相交流电路	61
3.5.1	实验目的	61
3.5.2	实验原理	61
3.5.3	实验设备与器材	62
3.5.4	(A板)实验内容与步骤	63
3.5.5	(B板)实验内容与步骤	64
3.5.6	预习思考题	65
3.5.7	实验报告要求	65
3.6	三相异步电动机的控制	65
3.6.1	实验目的	65
3.6.2	实验原理	65
3.6.3	实验设备与器材	67
3.6.4	实验内容与步骤	67
3.6.5	预习思考题	67
3.6.6	实验报告要求	68
3.7	三相异步电动机的顺序控制	68
3.7.1	实验目的	68
3.7.2	实验原理	68
3.7.3	实验设备与器材	68
3.7.4	实验内容与步骤	69
3.7.5	预习思考题	69
3.7.6	实验报告要求	69
3.8	双踪示波器的使用	70
3.8.1	实验目的	70
3.8.2	双踪示波器的工作原理	70
3.8.3	示波器开关的控制与调节	71
3.8.4	实验设备	76
3.8.5	预习要求	76
3.8.6	实验内容及步骤	76

3.8.7	思考题	80
3.8.8	实验报告要求	80
3.9	单管电压放大电路的研究	80
3.9.1	实验目的	80
3.9.2	实验原理	80
3.9.3	实验设备	80
3.9.4	预习要求	81
3.9.5	实验内容及步骤	81
3.9.6	注意事项	84
3.9.7	思考题	84
3.9.8	实验报告要求	84
3.10	差分式放大电路的研究	84
3.10.1	实验目的	84
3.10.2	实验原理	84
3.10.3	实验设备	85
3.10.4	预习要求	85
3.10.5	实验内容及步骤	85
3.10.6	注意事项	87
3.10.7	思考题	87
3.10.8	实验报告要求	87
3.11	集成运算放大电路	87
3.11.1	实验目的	87
3.11.2	实验原理	88
3.11.3	实验设备	89
3.11.4	预习要求	89
3.11.5	实验内容	90
3.11.6	思考题	92
3.11.7	实验报告要求	92
3.12	射极跟随器的研究	92
3.12.1	实验目的	92
3.12.2	实验原理	92
3.12.3	实验设备	93
3.12.4	预习要求	93
3.12.5	实验内容及步骤	93

3.12.6 思考题	94
3.12.7 实验报告要求	94
3.13 两级阻容耦合放大电路	95
3.13.1 实验目的	95
3.13.2 实验原理	95
3.13.3 实验设备	96
3.13.4 预习要求	96
3.13.5 实验内容	96
3.13.6 思考题	98
3.13.7 实验报告要求	98
3.14 TTL“与非门”的参数测试	98
3.14.1 实验目的	98
3.14.2 实验原理	98
3.14.3 实验仪器与器件	100
3.14.4 预习要求	101
3.14.5 实验内容	101
3.14.6 实验研究与思考	103
3.14.7 实验报告要求	103
3.15 编码器、译码器功能测试及其应用	103
3.15.1 实验目的	103
3.15.2 实验原理	103
3.15.3 实验器材	105
3.15.4 预习要求	105
3.15.5 实验内容	105
3.15.6 实验研究与思考	109
3.15.7 实验报告要求	109
3.16 触发器及其应用	109
3.16.1 实验目的	109
3.16.2 实验原理	110
3.16.3 实验设备与器材	111
3.16.4 预习要求	111
3.16.5 实验内容	111
3.16.6 实验研究与思考	115
3.16.7 实验报告要求	115

3.17 锁存器及其应用	115
3.17.1 实验目的	115
3.17.2 实验原理	115
3.17.3 实验设备与器材	116
3.17.4 预习要求	116
3.17.5 实验内容	116
3.17.6 实验研究与思考	118
3.17.7 实验报告要求	118
3.18 集成计数器及其应用	118
3.18.1 实验目的	118
3.18.2 实验原理	118
3.18.3 实验设备与器材	119
3.18.4 预习要求	119
3.18.5 实验内容	120
3.18.6 实验研究与思考	123
3.18.7 实验报告要求	123
3.19 计数、译码与显示	123
3.19.1 实验目的	123
3.19.2 实验原理	123
3.19.3 实验设备与器材	126
3.19.4 预习要求	127
3.19.5 实验内容	127
3.19.6 实验研究与思考	129
3.19.7 实验报告要求	129
3.20 移位寄存器及其应用	129
3.20.1 实验目的	129
3.20.2 实验原理	129
3.20.3 实验器材	130
3.20.4 预习要求	131
3.20.5 实验内容	131
3.20.6 实验研究与思考	135
3.20.7 实验报告要求	135
3.21 555 定时电路及其应用	135
3.21.1 实验目的	135

3. 21. 2	实验原理	135
3. 21. 3	实验器件	137
3. 21. 4	预习要求	137
3. 21. 5	实验内容	137
3. 21. 6	实验研究与思考	139
3. 21. 7	实验报告要求	139
第 4 章	设计及综合型实验	140
4. 1	实验技术规程	140
4. 1. 1	实验内容	140
4. 1. 2	电子电路设计的重要性	140
4. 1. 3	电子电路的一般设计方法	140
4. 1. 4	实验报告要求	142
4. 1. 5	注意事项	142
4. 2	电动机继电器控制系统的设计(A 型装置)	142
4. 2. 1	实验目的	142
4. 2. 2	设计要求	143
4. 2. 3	设计提示	143
4. 2. 4	实验条件	143
4. 3	电动机继电器控制系统的设计(B 型装置)	144
4. 3. 1	实验目的	144
4. 3. 2	设计要求	144
4. 3. 3	设计提示	144
4. 3. 4	实验条件	145
4. 3. 5	预习要求	145
4. 4	简易万用表的设计	145
4. 4. 1	实验目的	145
4. 4. 2	设计要求	145
4. 4. 3	设计提示	146
4. 4. 4	实验条件	146
4. 4. 5	预习要求	146
4. 5	单运放差分式放大电路的设计	147
4. 5. 1	实验目的	147
4. 5. 2	设计要求	147
4. 5. 3	设计提示	147

4.5.4	实验条件	148
4.5.5	预习要求	148
4.6	功率放大器综合型实验	149
4.6.1	实验目的	149
4.6.2	实验原理	149
4.6.3	实验设备	149
4.6.4	预习要求	149
4.6.5	实验内容与步骤	150
4.6.6	实验报告要求	151
4.7	小时与星期的计数显示设计	151
4.7.1	实验目的	151
4.7.2	设计要求	151
4.7.3	设计提示	151
4.7.4	实验条件	152
4.7.5	预习要求	152
4.8	集成运算放大器应用电路设计	152
4.8.1	实验目的	152
4.8.2	设计要求	152
4.8.3	设计提示	152
4.8.4	实验条件	153
4.8.5	预习要求	153
4.9	函数信号发生器的设计	153
4.9.1	实验目的	153
4.9.2	设计要求	153
4.9.3	设计提示	153
4.9.4	实验条件	153
4.9.5	预习要求	153
4.10	方波发生器的设计	154
4.10.1	实验目的	154
4.10.2	设计要求	154
4.10.3	设计提示	154
4.10.4	实验条件	154
4.10.5	预习要求	154

第 5 章 EDA 技术及应用实验	155
5.1 MAX + PLUS II 软件及应用实验	155
5.1.1 MAX + PLUS II 软件简介	155
5.1.2 选择器的电路设计与仿真实验	163
5.1.3 数码显示译码器 VHDL 设计	166
5.2 PSpice 软件及应用实验	168
5.2.1 电子线路辅助分析 PSpice 软件简介	168
5.2.2 单管共射放大电路的分析与设计	172
5.2.3 差分放大电路的分析与设计	173
5.3 Multisim 软件简介及应用实验	175
5.3.1 Multisim 软件简介	175
5.3.2 晶体管放大电路的分析	191
5.3.3 分压式偏置电路的分析	192
参考文献	193
附录 A 电机实验控制台示意图	194
附录 B DICE—A9 模拟电路实验箱面板图	195
附录 C DICE—D8 型数字电路实验箱面板图	196
附录 D 常用数字集成电路外引线排列图	197

第 1 章

绪 论

1.1 课程性质与任务

随着我国高等教育的不断普及和电类学科的多领域渗透,对课程体系建设必然提出了更新更高的要求。我们认为,在电类基础学科的实践环节,应该模糊电类和非电类专业界限,敷设全方位多层次结构,扩展多元化功能。目前,本科教育正由精英化教育模式向大众化、普及化教育模式转变,生源队伍的多层次结构已经形成。同时,随着社会的发展和进步,对人才的需求已不再是少数高尖端研究型人才,大量的各种层面上的应用型人才同样受到青睐。

为此,我们明确了实验课程的设置原则:

(1)全方位,即在课程体系中的课程群架构和知识型结构等方面与实践环节要有接口和反馈,要有核心和辐射,要有关键和路线。

(2)多层次,即运用“宝塔式”设计思想优化选择实验内容,分基础验证型实验、辅助提高型实验、综合设计型实验和自主创新型实验等几个层次。

(3)多样式,即可以采用引导式、自主式和开放式等形式,并根据授课条件和授课对象的不同,灵活地将各种形式进行有机组合,注重与网络化、虚拟化实验融合。

实验课程的基本任务是使学生在“基本实践知识、基本实践理论和基本实践技能”三方面得到较为系统的学习和训练,逐步培养他们“爱实验、敢实验、会实验”,从而做到善于观察、善于发现、善于思考、善于分析、善于动手、善于合作、善于交流、善于创造和善于总结。

1.2 误差分析与数据处理

在实验中,任何测量都不可避免地存在误差,对测量结果进行误差分析与数据处理是必要的。某些误差的基本性质可以有效指导测试方法和测试技巧,充分提高测量准确度;通过分析产生误差的根源,可以显著减小、消除或者确定误差对测量结果的影响;对测量结果进行正确的数据处理,可以进一步得到更近于真值的数据。

1.2.1 误差的基本概念

1. 测量误差的表示方法

(1) 绝对误差

如果用 X_0 表示被测量的真值, X 表示测量仪器的示值, 则绝对误差为

$$\Delta X = X - X_0$$

所谓真值即被测量的实际值, 是一个理想的概念, 一般是无法测知的, 通常用高一级标准测量仪器所测得的值近似作为真值。在实际工作中, 还经常使用修正值, 即将测得值加修正值后可得到近似真值, 可见修正值仅仅是绝对误差的负值而已。

(2) 相对误差

相对误差 δ_0 是绝对误差 ΔX 与被测量真值 X_0 的比值, 常用百分数表示, 即

$$\delta_0 = \frac{\Delta X}{X_0} \times 100\%$$

对于相同的被测量, 绝对误差可以评定其测量精度的高低, 但对于不同的被测量, 评定其测量精度的高低不能采用绝对误差。所以, 通常采用相对误差来评定测量精度。

(3) 容许误差(又称最大误差)

容许误差就是仪器仪表指针满刻度相对误差 δ_m 。如果用 δ_m 表示表头满刻度读数, $\Delta\delta_m$ 表示最大绝对误差(注意 $\Delta\delta_m$ 不一定出现在满刻度测量状态下), 则一般测量仪器仪表的准确度用 δ_m 表示。我国电工仪表按 δ_m 值分为 0.1、0.2、0.5、1、1.5、2.5 和 5 七个级别。

2. 测量误差的分类

根据测量误差的特点和性质, 误差可分为三类:

(1) 系统误差

在同一条件下, 多次测量同一量值时, 绝对值和符号保持不变, 或在条件改变时按一定规律变化的误差称为系统误差。

(2) 偶然误差(又称随机误差)

在同一条件下, 多次测量同一量值时, 绝对值和符号以不可预定方式变化着的误差称为偶然误差。

(3) 过失误差(又称粗大误差)

在一定条件下, 测量值明显偏离真值的误差称为过失误差。

3. 测量误差的来源

(1) 仪器误差

仪器误差是指测量仪器本身电气或机械性能不完善所造成的误差, 如校准误差、刻度误差等。

(2) 人员误差

人员误差是指由于测量人员本身感觉器官和运动器官的限制所造成的误差。

(3) 操作误差

操作误差是指在使用仪器过程中,因安装、布置、调节和使用不当所造成的误差。

(4) 方法误差

方法误差是指由于采用近似的测量方法所造成的误差。例如,用伏安法测电阻时,若直接以电压表与电流表的示值比作为测量结果,忽略仪表本身内阻的影响,就会带来方法误差。

(5) 环境误差

环境误差是指由于各种环境因素与要求的标准状态不一致所造成的误差。如温度、湿度、气压、振动、电磁场、声音、光照和放射等。

1.2.2 测量精度的提高

1. 测量精度的概念

反映测量结果与真值接近程度的量称为精度,它与测量误差大小有关,误差小则精度高。一般精度可分为:

- (1) 准确度:反映系统误差的影响程度。
- (2) 精密度:反映偶然误差的影响程度。
- (3) 精确度:反映系统误差和偶然误差的综合影响程度。

2. 提高测量精度的方法

- (1) 削弱和消除系统误差,以提高准确度。

首先要仔细分析各个系统误差的原因和特点,从中抓住主要的予以削弱和消除。一般从以下几个方面考虑:

- ① 测量仪器的安放必须遵守使用规定,并注意避开过强外部电磁场影响。
- ② 对于预先需要校准的仪器必须预先校准或确定其修正值,以便在测量结果中引入适当的补偿值来消除这部分误差。
- ③ 选择能满足测试要求的环境进行测量,一般要考虑温度、湿度、气压、振动和电磁场等因素。
- ④ 某些系统误差在一定条件下多次重复测量时给出的误差不定,这类系统误差可以用替代法或正负误差抵消法予以消除。

所谓替代法,即在测量时,先对被测量进行测量,记录测量数据;然后用一已知标准量代替被测量,改变已知被测量的数据,使得测量仪器恢复到记取的测量数据,这时已知标准量的数值就是被测量的数值。由于两者测量条件相同,因此可以消除包括仪器内部结构、各种外界因素和装置不完善等引起的系统误差。

所谓正负误差抵消法,即利用在相反的两种情况下分别进行测量使得两次测量所产生