



国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

电工电子 实验教程

韩小平◎主编

中国林业出版社

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

电工电子实验教程

韩小平 主 编
杨 威 王新海 副主编

中国林业出版社

内 容 简 介

本教材主要由三部分内容组成：第一部分为实验基础知识，包括实验基本常识、实验中的常用器件和仪器，较完整地体现了电工电子实验的知识体系；第二部分为实验操作部分，包括电路实验、模拟电路实验和数字电路实验三部分，其中，电路基础实验是关于电路基本定理的验证和理论知识运用的实验，模拟电路实验是关于典型功能电路的特性和测试方法，数字电路实验是关于逻辑电路的功能和使用方法，这部分内容除了基本的验证性实验外，还穿插了部分设计性实验及电路板的制作方法，以增强学生对理论知识的实际应用能力；第三部分内容为针对目前小轿车全民普及情况下，了解一些关于轿车的基本常识及常见的故障检测，有利于提高学生的认知水平。

本教材适用于高等学校理工科非电类专业的电工课程，授课在 20~40 学时为宜。另外，本教材也可以作为工程技术人员和其他本、专科院校相关专业的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验教程 / 韩小平主编. —北京：中国林业出版社，2017.7

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5038-9070-3

I. ①电… II. ①韩… III. ①电工试验-高等学校-教材②电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 144541 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑：张东晓

电话：(010)83143560

传真：(010)83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail:jiaocaipublic@163.com 电话:(010)83143500

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京昌平百善印刷厂

版 次 2017 年 7 月第 1 版

印 次 2017 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.75

字 数 421 千字

定 价 39.00 元

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

前 言

电工电子实验教程是理、工、农、医等各类院校学生学习的一门专业基础实验课程，是本科非电类专业的技术基础类课程。本教材是根据电工电子学实验课程教学中的实际需要而编写。本门课程注重培养学生实验动手能力及严谨的科学态度，增强学生的科学创新意识，提高学生的综合应用能力，对今后的专业提升和职业拓展起到十分重要的作用。

电工电子学是工科院校的一门技术基础类课程，对很多专业技术学科起着非常重要的支撑作用，而电工电子实验课程是将理论知识应用到实际生产生活中的重要桥梁，是电工电子理论知识的直接应用，对提高学生的实践水平动手能力起着关键性的作用。

教材主体内容突出实验教学的特点和规律性。教材第一、二、三章对电工电子实验相关的基本理论、实验方法、实验步骤及实验中常用的电子器件、电子仪器进行了系统的阐述；教材第四、五、六章分别为电路基础实验、模拟电路实验、数字电路实验的具体内容；第七章是电路板的设计与制作；第八章是与实际生活结合紧密的轿车线束及常见故障分析的内容。教材针对每一个实验，以帮助学生自主完成实验准备、实验详细方案设计、实验进程、实验总结等实验过程为原则，并将思考题和预习要求贯穿其中，引导学生在实验预习及实验过程中进行积极深入地思考和主动地尝试。注重训练学生基本实验仪器的使用，实验数据的精确测试和采集，掌握处理实验数据的方法。本教材在内容安排上力求做到结构合理、内容完整，在语言表达上尽量做到简明、清晰。

本教材由山西农业大学电工电子教研室联合多所兄弟院校，结合多年的教学和实验指导经验，在吸取已有的实验指导书优点的基础上编写而成的。

本教材由山西农业大学、山西农业大学信息学院、山西运城学院三所高校老师共同编写。教材在内容安排上，参照了教育部颁发的有关“电工技术”和“电子技术”的教学要求。在教材编写过程中结合了多所高校电工学课程的教学大纲和教学实际经验，也参照了一些有影响的相关教材，由所有参编老师悉心工作编写完成。

本教材由山西农业大学韩小平任主编，山西农业大学杨威、运城学院王新海

任副主编。山西农业大学冯俊惠、李伟、岳荷荷、范铁林分别编写了第二、三、四、六章；山西农业大学信息学院李红斌、张举、李瑞金、郭旭明分别编写了第一、五、七、八章。在此衷心感谢他们的辛勤付出！

由于编者能力有限，有些内容难免有不妥之处，甚至会有疏漏或错误，诚恳地希望使用本教材的老师 and 同学批评指正。

韩小平

2017年2月

目 录

前 言

第1章 绪论	1
1.1 电工电子实验综述	1
1.1.1 实验课的目的	1
1.1.2 实验准备	2
1.1.3 实验操作	3
1.1.4 实验总结	5
1.2 实验误差	5
1.2.1 实验误差的特点	6
1.2.2 实验误差的分类	6
1.2.3 减小实验误差的方法	6
1.2.4 误差的表示方法	7
1.2.5 实验术语	8
1.3 安全用电	11
1.3.1 安全电压	11
1.3.2 人体触电及触电急救	11
1.3.3 常见的触电方式	12
1.3.4 安全保护技术	13
1.3.5 个人防护装置	14
1.3.6 安全警示与加锁	15
1.3.7 其他保护措施	15
1.4 实验室防火安全	16
1.5 实验室安全预防措施	16
1.6 接地装置	16
1.7 养成良好实验习惯	17
第2章 常用电子器件	19
2.1 电阻器和电位器	19
2.1.1 电阻器	19
2.1.2 电位器	27
2.1.3 特种电阻器	30
2.2 电容器	33
2.2.1 固定电容器	33
2.2.2 可变电容器	38

2.3	电感器和变压器	39
2.3.1	电感器	40
2.3.2	变压器	44
2.4	半导体分立元件	47
2.4.1	半导体二极管	49
2.4.2	半导体三极管	52
2.5	集成电路	58
2.5.1	概述	58
2.5.2	三端固定稳压器	61
2.5.3	三端可调稳压器	62
2.5.4	集成运算放大器	63
2.5.5	数字集成电路	64
2.6	传感器	66
2.6.1	传感器的分类	66
2.6.2	温度传感器	67
2.6.3	光敏传感器	69
2.6.4	热释电红外传感器	70
2.6.5	霍尔集成传感器	71
2.6.6	压阻式压力传感器	72
2.6.7	应变式力传感器	72
2.6.8	化学传感器	72
2.6.9	生物传感器	73
2.6.10	传感器的特性	73
第3章	常用电子仪器	75
3.1	万用表	75
3.1.1	万用表的分类与比较	75
3.1.2	万用表结构及原理简介	76
3.1.3	万用表的常见操作及使用	81
3.1.4	万用表使用的注意事项	85
3.2	交流毫伏表	85
3.2.1	交流毫伏表的功能结构及原理简介	86
3.2.2	交流毫伏表的操作和使用	87
3.2.3	交流毫伏表使用中注意事项	88
3.3	函数信号发生器	89
3.3.1	函数信号发生器的分类及性能参数简介	89
3.3.2	函数信号发生器功能结构及原理简介	90
3.3.3	函数信号发生器的使用	92
3.3.4	函数信号发生器使用的注意事项	92

3.4	直流稳压电源	93
3.4.1	直流稳压电源功能结构及原理简介	93
3.4.2	直流稳压电源的基本性能及参数介绍	97
3.4.3	直流稳压电源的使用	98
3.4.4	使用直流稳压电源的注意事项	99
3.5	示波器	99
3.5.1	示波器的分类及性能简介	99
3.5.2	示波器的功能结构及原理简介	100
3.5.3	示波器的使用	102
第4章	电路基础实验	108
4.1	基尔霍夫定律的验证	108
4.1.1	实验目的	108
4.1.2	原理说明	108
4.1.3	实验设备	108
4.1.4	实验内容	109
4.1.5	实验注意事项	109
4.1.6	预习思考题	110
4.1.7	实验报告	110
4.2	叠加定理的验证	110
4.2.1	实验目的	110
4.2.2	原理说明	110
4.2.3	实验设备	111
4.2.4	实验内容	111
4.2.5	实验注意事项	112
4.2.6	预习思考题	112
4.2.7	实验报告	112
4.3	戴维南定理的验证	112
4.3.1	实验目的	112
4.3.2	原理说明	113
4.3.3	实验设备	114
4.3.4	实验内容	114
4.3.5	实验注意事项	118
4.3.6	预习思考题	118
4.3.7	实验报告	118
4.4	常用仪器的使用及线性与非线性元件伏安特性的测定	118
4.4.1	实验目的	118
4.4.2	原理说明	118
4.4.3	实验设备	119

4.4.4	实验内容	120
4.4.5	实验注意事项	121
4.4.6	思考题	122
4.4.7	实验报告	122
4.5	R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	122
4.5.1	实验目的	122
4.5.2	实验原理	122
4.5.3	实验设备	123
4.5.4	实验步骤	124
4.5.5	实验注意事项	125
4.5.6	预习思考题	125
4.5.7	实验报告	125
4.6	RC 一阶电路的响应测试	125
4.6.1	实验目的	125
4.6.2	原理说明	125
4.6.3	实验设备	127
4.6.4	实验内容	127
4.6.5	实验注意事项	127
4.6.6	预习思考题	128
4.6.7	实验报告	128
4.7	正弦稳态交流电路相量的研究	128
4.7.1	实验目的	128
4.7.2	原理说明	128
4.7.3	实验设备	129
4.7.4	实验内容	129
4.7.5	实验注意事项	131
4.7.6	预习思考题	131
4.7.7	实验报告	131
4.8	RC 选频网络特性测试	131
4.8.1	实验目的	131
4.8.2	原理说明	132
4.8.3	实验设备	133
4.8.4	实验内容	133
4.8.5	实验注意事项	134
4.8.6	预习思考题	134
4.8.7	实验报告	134
4.9	RLC 串联谐振	134
4.9.1	实验目的	134

4.9.2	原理说明	134
4.9.3	实验设备	136
4.9.4	实验内容	136
4.9.5	实验注意事项	137
4.9.6	预习思考题	137
4.9.7	实验报告	137
4.10	三相电路电流、电压的测量	138
4.10.1	实验目的	138
4.10.2	原理说明	138
4.10.3	实验设备	138
4.10.4	实验内容	139
4.10.5	实验注意事项	140
4.10.6	预习思考题	140
4.10.7	实验报告	140
4.11	三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	141
4.11.1	实验目的	141
4.11.2	原理说明	141
4.11.3	实验设备	142
4.11.4	实验内容	142
4.11.5	实验注意事项	144
4.11.6	预习思考题	144
4.11.7	实验报告	144
4.12	三相鼠笼式异步电动机正反转控制	144
4.12.1	实验目的	144
4.12.2	原理说明	145
4.12.3	实验设备	145
4.12.4	实验内容	145
4.12.5	故障分析	147
4.12.6	实验注意事项	147
4.12.7	预习思考题	148
4.12.8	实验报告	148
第5章	模拟电路实验	149
5.1	元器件的识别及特性测试	149
5.1.1	实验目的	149
5.1.2	实验设备与器件	149
5.1.3	实验内容	149
5.1.4	预习要求	153
5.1.5	实验报告	153

5.2	晶体管共射极单管放大器	153
5.2.1	实验目的	153
5.2.2	实验原理	153
5.2.3	实验设备与器件	157
5.2.4	实验内容	157
5.2.5	实验报告	159
5.2.6	预习要求	160
5.3	单级放大电路	160
5.3.1	实验目的	160
5.3.2	实验仪器	160
5.3.3	实验内容	160
5.3.4	注意事项	162
5.4	差动放大器	162
5.4.1	实验目的	162
5.4.2	实验原理	162
5.4.3	实验设备与器件	164
5.4.4	实验内容	164
5.4.5	实验报告	165
5.4.6	预习要求	166
5.5	射极跟随器	166
5.5.1	实验目的	166
5.5.2	实验原理	166
5.5.3	实验设备与器件	168
5.5.4	实验内容	168
5.5.5	预习要求	169
5.5.6	实验报告	169
5.6	负反馈放大电路	170
5.6.1	实验目的	170
5.6.2	实验仪器	170
5.6.3	实验内容	170
5.7	集成运算放大器的基本应用——电压比较器	171
5.7.1	实验目的	171
5.7.2	实验原理	171
5.7.3	实验设备与器件	174
5.7.4	实验内容	174
5.7.5	实验报告	175
5.7.6	预习要求	175
5.8	直流稳压电源——串联型晶体管稳压电源	175

5.8.1	实验目的	175
5.8.2	实验原理	175
5.8.3	实验设备与器件	177
5.8.4	实验内容	177
5.8.5	实验总结	180
5.8.6	预习要求	180
5.9	整流、滤波、稳压电路的设计	180
5.9.1	实验目的	180
5.9.2	实验设备与器件	181
5.9.3	实验内容	181
5.9.4	注意事项	181
第6章	数字电路实验	182
6.1	基本逻辑门的验证与测试	182
6.1.1	实验目的	182
6.1.2	实验仪器及器件	182
6.1.3	实验预习要求	183
6.1.4	实验内容	183
6.1.5	实验报告	186
6.2	译码器及其应用	187
6.2.1	实验目的	187
6.2.2	实验原理	187
6.2.3	实验设备与器件	191
6.2.4	实验内容	192
6.2.5	实验预习要求	192
6.2.6	实验报告	192
6.3	数据选择器及其应用	192
6.3.1	实验目的	192
6.3.2	实验原理	193
6.3.3	实验设备与器件	197
6.3.4	实验内容	197
6.3.5	实验预习要求	198
6.3.6	实验报告	198
6.4	触发器及其应用	198
6.4.1	实验目的	198
6.4.2	实验原理	198
6.4.3	实验设备与器件	203
6.4.4	实验内容	203
6.4.5	实验预习要求	205

6.4.6	实验报告	205
6.5	移位寄存器及其应用	205
6.5.1	实验目的	205
6.5.2	实验原理	205
6.5.3	实验设备及器件	209
6.5.4	实验内容	209
6.5.5	实验预习要求	211
6.5.6	实验报告	211
6.6	计数器及其应用	211
6.6.1	实验目的	211
6.6.2	实验原理	212
6.6.3	实验设备与器件	215
6.6.4	实验内容	215
6.6.5	实验预习要求	216
6.6.6	实验报告	216
6.7	全加器及其应用	216
6.7.1	实验目的	216
6.7.2	实验设备与器件	217
6.7.3	实验原理	217
6.7.4	实验内容	217
6.7.5	实验结果与数据	218
6.8	D/A-A/D 转换器	222
6.8.1	实验目的	222
6.8.2	实验原理	222
6.8.3	实验设备及器件	225
6.8.4	实验内容	225
6.8.5	实验预习要求	226
6.8.6	实验报告	227
6.9	555 时基电路及其应用	227
6.9.1	实验目的	227
6.9.2	实验原理	227
6.9.3	实验设备与器件	231
6.9.4	实验内容	231
6.9.5	实验预习要求	232
6.9.6	实验报告	232
6.10	救护车双音报警器的设计	232
6.10.1	实验目的	232
6.10.2	实验设备与器件	232

6.10.3	实验内容	232
6.10.4	组装和调试	233
第7章	印制电路板设计与制作	234
7.1	印制电路板简介	235
7.1.1	印制电路板的功能	235
7.1.2	印制电路板材料	235
7.1.3	印制电路板的分类	235
7.2	印制电路板的设计	236
7.2.1	常用制板软件简介	236
7.2.2	印制电路板的设计	237
7.2.3	印制电路板设计一般原则	245
7.3	印制电路板的制作	247
7.3.1	感光法	247
7.3.2	热转印法	249
7.4	焊接技术	250
7.4.1	焊接工具与材料	250
7.4.2	手工焊接工艺	250
第8章	轿车线束及常见故障分析	253
8.1	常用导线及识别	253
8.1.1	电源线的识别	254
8.1.2	汽车导线颜色与代号	255
8.2	汽车电路的连接	257
8.3	汽车线束	258
8.4	汽车仪表盘显示说明	259
8.5	汽车电器常用检测工具	262
8.6	汽车常见故障检测方法及注意事项	265
8.6.1	故障检测方法	265
8.6.2	注意事项	266
参考文献		267

第 1 章

绪 论

实验是人们为实现预定目的,运用一定手段,通过干预和控制研究对象而观察和探索研究对象有关规律和机制的一种研究方法。它是获得知识、检验知识的一种实践形式,是获取新的、第一手资料的重要方法,是检验真理的唯一标准,是推动科学发展的有力手段。

实验室是按照科学的规律进行实验活动的场所,是现代化大学的重要组成部分。实验教学是把科学实验引进教学领域的教学全过程,是培养学生动手能力、创新能力、分析和解决问题能力的一个重要教学环节,是指学生在教师的指导下,使用一定的设备和材料,通过控制条件的操作过程,引起实验对象的某些变化,从观察这些现象的变化中获取新知识或验证知识的教学方法。实验教学法具有直观性、实践性、技术性、综合性和科学性的特点,能够起到传授知识、培养能力和提高素质的全面作用,有利于培养学生务实的科学态度并促进智能的发展,是激发学生学习兴趣的关键所在,是全面推进素质教育、培养创新人才的重要组成部分。

1.1 电工电子实验综述

电工电子技术实验是理工院校电类和非电类专业学生必修专业基础课《电工电子技术》的重要组成部分。它是将电工电子技术理论用于实际的实践活动,是培养从事电工、电子等工程技术人员实验基本技能的重要环节。

1.1.1 实验课的目的

通过电工电子技术实验课程的学习,学生可以得到电工电子基本实践技能的训练,提高运用所学理论知识判断和解决实际问题能力,加深和扩大理论知识的学习;

可以加强工程实际观念和严谨细致的科学作风,为本学科的专业实验和科学研究打下良好的基础。

电工电子技术实验作为重要的教学环节,对培养学生理论联系实际学风,培养学生研究问题和解决问题的能力,培养学生的创新能力和协作精神,提高学生针对实际问题进行电子线路实际制作的动手能力都具有重要的作用。

电工电子实验按照内容设置可分为基础验证、综合设计和创新研究三个层次。

①基础验证实验。主要选择一些经典内容,以元器件特性、参数和基本单元为实验电路,验证电工理论、电子技术的有关原理,巩固所学的理论知识,培养学生基本工程素养、基本实验技能、基本分析和处理问题的能力。

②综合设计实验。主要结合实际应用,给定实验的部分条件,或实验电路,或方法要求,由学生自行拟定实验方案,正确选择仪器,完成电路连接和性能测试任务,估算工程误差,并能解决实验中出现的(包括排除故障),培养学生对所学知识的综合应用能力,提高学生针对实际问题进行电子设计制作的能力,培养学生的工程设计与综合应用素质。

③创新研究实验。根据给定的实验课题或自主选择课题,由学生独立设计实验电路、实验内容和性能指标,选择合适的元器件,完成电路的组装和调试,以达到设计要求,培养学生自主学习、系统分析、应用、综合、设计与创新的能力,培养学生的创新精神,培养学生更新知识、独立分析处理问题的能力以及创新的思维。

通过电工电子实验课程的学习,学生应该达到以下要求:

①能正确使用常用的电工仪表、电子仪器、电机和电器等实验设备和工具,掌握典型应用电路的组装、测量和调试方法;

②能通过查阅相关技术手册和网上技术资料,合理选用实验元器件(参数),进行单独实验电路的设计和简单实验;

③能识别电路图、合理布局和接线,能排除实验电路的简单故障和解决实验电路中的常见问题;

④能准确读取实验数据,绘制规范的实验曲线,分析实验结果和编写合格的实验报告;

⑤具有良好的实验素养和严谨的工作作风,具备遵守纪律、团结协作和爱护公物的优良品德;

⑥具有一定的安全用电常识和操作技能。

一个完整的实验过程由实验准备、实验操作和实验总结等环节组成。每个环节的完成情况直接影响着这个实验的整体完成效果,因此必须重视实验的每一个环节。

1.1.2 实验准备

实验准备也称实验预习。实验预习是实验的首要环节,是关系到实验能否顺利完成和能否达到实验预期目的的重要前提。通过实验预习,学生要了解实验目的、掌握实验原理和测量方法,最后写出实验预习报告。

实验预习一般应按以下步骤进行:

①了解实验目的。仔细阅读实验指导书,了解本次实验的目的和任务,看懂实验要做什么和怎么做。

②掌握实验原理。复习与本次实验相关的理论知识内容,掌握本次实验的原理。根据给出或确定的实验电路与元器件参数,进行必要的理论计算。设计和确定本次实验步骤,包括每步操作的注意事项、仪器设备和人身的安全措施、测量数据的先后顺序等。

③掌握测量方法。详细阅读本次实验所用仪器仪表的使用说明,了解和熟悉它们的功能、基本原理和操作方法并熟记操作要点。设计或掌握操作步骤和测量方法,拟好所有记录数据和有关测试内容的表格或图框。

④写出预习报告。在实验进行前,必须按照要求写出预习报告。在预习报告中要完成所有与本次实验相关内容的问题解答。

在实验准备阶段,需要注意的是,对于验证性实验,要先计算出电路各项理论值,用于判断实验结果正确与否,进行误差分析;对于设计型实验,要先进行电路设计,选择电路参数,实验前画出实验电路,列出器件清单。

1.1.3 实验操作

实验准备环节后,就可进入实验操作阶段。实验操作就是在预习报告的指导下,按照操作步骤进行实际操作的过程。

1.1.3.1 操作流程

(1) 实验器材检查

实验开始前,指导教师要对学生的预习报告进行检查,看学生是否了解本次实验的目的、内容和方法。只有检查通过后,才能允许进行实验操作。操作前,学生要认真听取指导教师对实验所用仪器仪表的功能和使用方法所做的讲解,并用万用表简单检查实验中所用的元器件和导线是否完好。

(2) 实验电路连接

连接实验电路是实验过程中的关键工作,也是评判学生是否掌握基本操作技能的主要依据。连接实验电路前,首先要将电源、负载和测量仪器等实验对象进行合理的摆放,一般原则是,使实验电路的布局合理,使用安全方便,连线简单可靠。其次按顺序进行电路连接,对于简单电路,一般按电路图上的接点与各实物元器件接头的一一对应关系顺序接线即可。对于复杂的实验电路,通常是先连接串联支路,后连接并联支路;先连接主回路,后连接其他回路;先连接各个局部,后连接成一个整体。

(3) 实验电路检查

完成实验电路的连接之后,不能立刻通电实验,必须进行复查。要对照实验电路图,从左至右或者从电路有明显标记处开始一一检查,要按照“图物对照,以图校物”的基本方法加以检查,检查电路的接线是否正确,检查电源线、地线、信号线的