

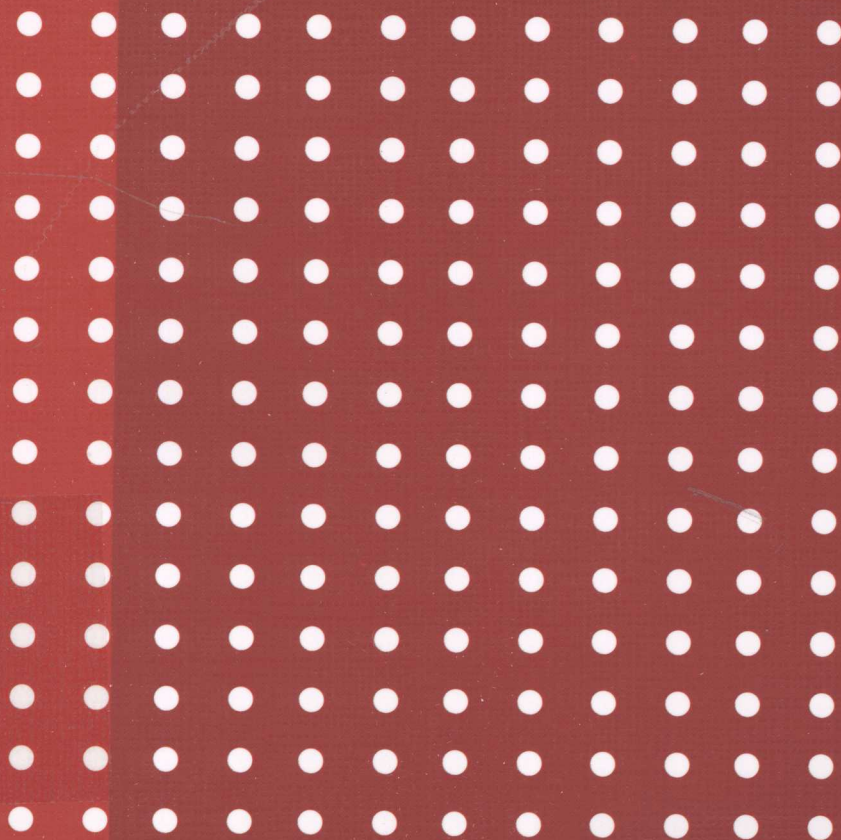
21世纪高等学校电子信息工程规划教材

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

电子技术实验教程

汤琳宝 何平 丁晓青 等 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校电子信息工程规划教材

电子技术实验教程

汤琳宝 何平 丁晓青 陈映 陶慧君 陈美琴 编著



TN01-33
81

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是电子技术实验教材,内容包括实验知识与准备篇,电路、信号与系统实验篇,模拟电子线路实验篇,数字电路实验篇,电工实验篇。其中有验证实验,也有综合实验和设计实验,附录提供了有关电子实验的部分资料。

本书中的实验经过多年的实验教学提炼而成,内容由浅入深,不仅可以作为大专院校电类和非电类本科学生的实验教材,也可作为工程技术人员的实验参考教材。

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

电子技术实验教程/汤琳宝,何平,丁晓青等编著. —北京:清华大学出版社,2008.7
(21世纪高等学校电子信息工程规划教材)

ISBN 978-7-302-17130-0

I. 电… II. ①汤… ②何… ③丁… III. 电子技术—实验—高等学校—教材
IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 032816 号

责任编辑:魏江江 顾 冰

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

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:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:16 字 数:383 千字

版 次:2008 年 7 月第 1 版 印 次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026760-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。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,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校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力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等;都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使得电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合方法,使得产品性价比很高,如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新

能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

“电子技术基础”、“电工学”课程是理论性、实验性较强的课程。为了使学生在“电子技术基础”、“电工学”课程的同时培养实践操作技能,特编写《电子技术实验教程》,以帮助学生进一步理解书本知识,使学生理论联系实际,实践联系理论,真正为培养电子类高等技术人才打好扎实的基础。

编者长期从事实验教学,从实际出发收集了各方面的较好实验,根据实验室的硬件条件和实验内容创建了“多媒体实验教程”课件,从而编写了本实验教程。本书分为实验知识与准备篇,电路、信号与系统篇,模拟电子线路篇,数字电路篇,电工技术篇等5章。实验中所用的仪器,其使用操作方法在“附录”中均有所介绍。本书注重发挥学生的自主实验的积极性,将“要学生做实验”改为“学生自己要做实验”,真正体现以学生为主体的实验格局。

实验采用的元器件以分立器件为基础,以集成电路(数字电路以中、大规模集成电路)为主干,利用计算机进行电子线路辅助设计,使用了一些新的设计软件(Multisim V10、MAX+plus II等),让学生体会到这些新的设计软件将成为电路设计中不可缺少的工具。

本书第2、4章由汤琳宝完成,第3章由丁晓青完成,其余部分由何平完成。其中第2章的实验由陈映完成,第3章的实验由陶慧君完成,第4章的实验由陆美琴完成,第5章的实验由何平完成。汤琳宝、何平、丁晓青负责全书统稿和审稿。

在本实验教材的编写过程中,得到了上海大学通信学院领导的关心和支持,以及电子电工实验中心教师的大力支持和帮助,尤其是顾敏、周永柏、黄惠权、陈金海等,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,错漏之处在所难免,恳请专家与读者不吝指正。

编 者

2008年6月

目 录

第 1 章 实验知识与准备篇	1
1.1 实验程序及基本实验方法指导	1
1.2 测量误差及实验数据处理	3
1.3 开放实验室与选实验注意事项	5
1.4 实验室安全用电要求	6
第 2 章 电路、信号与系统篇	7
2.1 实验一 常用元件的识别及电子仪器的使用	7
2.1.1 元件的识别及万用表的使用	7
2.1.2 常用电子仪器的使用	11
2.2 实验二 直流电路的研究与测试	15
2.3 实验三 伏安特性的测试	20
2.4 实验四 一阶电路的时域响应	23
2.5 实验五 研究正弦交流电路的相量关系	28
2.6 实验六 R 、 L 、 C 阻抗特性测试	32
2.7 实验七 RLC 串联谐振电路的研究	33
2.8 实验八 周期信号的频谱测试	36
2.9 实验九 合成信号频谱特性的研究	39
2.10 实验十 离散信号频谱和抽样定理	42
2.11 实验十一 信号通过线性电路的研究	45
第 3 章 模拟电子技术篇	50
3.1 实验一 单级共发射极放大器的仿真实验	50
3.2 实验二 单级低频放大器	60
3.3 实验三 负反馈放大器	65
3.4 实验四 集成运算放大器的应用	69
3.5 实验五 有源滤波器	74
3.6 实验六 小信号谐振放大器	77
3.7 实验七 电容三点式振荡器	79
3.8 实验八 模拟乘法器调幅与解调的仿真实验	82
3.9 实验九 直流稳压电源	84

3.10	实验十 二极管峰值包络检波器	90
3.11	实验十一 OCL 低频功率放大器(综合实验)	92
3.12	实验十二 水温控制器(综合设计)	96
第4章 数字电子技术篇		99
4.1	实验一 集成逻辑门电路的分析与设计	99
4.2	实验二 组合逻辑电路的分析与设计(电子平台)	103
4.2.1	组合逻辑电路分析	103
4.2.2	组合逻辑电路设计	107
4.3	实验三 组合逻辑电路的设计与应用(MSI)	109
4.4	实验四 LED 数字显示系统设计(综合设计)	113
4.5	实验五 触发器及其应用	117
4.6	实验六 移位寄存器及其应用	122
4.7	实验七 集成计数器(分频器)设计与应用	127
4.8	实验八 555 集成定时器及其应用	134
4.9	实验九 汽车尾灯模拟控制系统设计(综合设计)	138
4.10	实验十 用中规模集成电路设计交通灯管理系统(综合设计)	142
4.11	实验十一 硬件描述语言(VHDL)之一——三层电梯控制系统 (系统设计)	146
4.12	实验十二 硬件描述语言(VHDL)之二——数字钟(系统设计)	153
第5章 电工技术篇		161
5.1	实验一 三表法测量交流电路元件的参数	161
5.2	实验二 日光灯电路及其功率因数的研究	165
5.3	实验三 三相交流电路	169
5.4	实验四 三相电路功率及其相序的测量	172
5.5	实验五 继电器接触控制电路之一——三相异步电动机正、反转控制电路	175
5.6	实验六 继电器接触控制电路之二——时间控制与行程控制电路设计	178
附录A		181
A.1	部分常用集成电路外部引线排列及功能表	181
A.2	XJ4328 型示波器	195
A.3	GFG-8219A 函数信号发生器	201
A.4	WY2294 双通道交流毫伏表	204
A.5	HF5018 型选频电平表	206
A.6	M9803R 型台式数字多用表	209
A.7	MAX+plus II 的使用简介(VHDL 编程)	212
A.8	Multisim V10 电子设计自动化软件简介	224
参考文献		242

第 1 章 实验知识与准备篇

实验是认识事物、检验理论正确与否的实践性工作,是帮助学生学习 and 运用理论知识处理和解决实际问题的一个重要环节,进行任何实验均要求实验人员具备相应的理论知识、实验技能及归纳总结能力。

对于电路、信号与系统实验,电子线路实验,电工实验,按性质可分为验证性实验、综合性实验、设计性实验三大类。

验证性实验主要是针对理论论证和实际技能的培养。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外,主要在于帮助学生认识现象,掌握基本实验、基本实验方法和基本实验技能。

综合性实验属于应用性实验,实验内容侧重于某些理论的综合应用,其目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂实际问题的能力。

设计性实验内容侧重于某些理论的灵活应用,其目的是培养学生运用所学理论知识进行电路设计的能力。设计性实验要求学生在教师指导下设计实验方案、进行实验等工作,对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

要掌握电路、信号与系统实验技术,电子线路实验技术,电工实验技术,顺利进行各类实验,必须掌握各种元器件、电子线路技术、电子测量技术等知识。因此,要掌握电路、信号与系统实验技术,电子线路实验技术,电工实验技术,应认真学好电路、信号与系统,电子线路,电工理论和有关技术。总之,电子技术实验应突出基础技能、设计性综合能力、计算机应用能力和创新思维能力的培养,以适应培养 21 世纪人才的要求。

1.1 实验程序及基本实验方法指导

为了学好电路、信号与系统实验技术,电子线路实验技术,电工实验技术课程,应注意以下几点。

1. 实验前做好预习准备

(1) 仔细阅读实验指导书及有关教材的内容,明确实验目的、内容、要求、方法及本实验的注意事项。掌握实验基本原理,熟悉实验线路和步骤。为了避免盲目进行实验,实验前要求每个学生必须进行预习。

(2) 明确实验中要观察的现象、记录的实验数据、使用的仪器设备和元器件的规格,以及实验中保证人身安全和设备安全的注意事项。

(3) 学生只有在认真预习上述内容并写好预习报告的基础上,才能到实验室进行实验,预习不合格的同学不得参加本次实验。

(4) 预习报告的要求:

① 实验名称。实验名称是对实验内容的最好概括。通过实验名称,实验设计人员、实验操作人员才能明白自己在进行什么实验,并围绕实验的中心内容开展一系列工作。

② 待测数据记录表格。画好实验中所有的实验原理图,拟定所有数据记录和有关内容的表格。

2. 实验中认真做好实验

(1) 学生必须回答有关的实验预习题目,正确率达 80% 以上,才能进入多媒体实验环境。

(2) 学生在进入实验环境后,必须认真阅读多媒体实验软件,然后逐一完成课件中的各项要求。

(3) 学生在动手进行实验前,应核对实验器材与设备是否符合实验要求,包括仪器、设备类型、规格、数量、辅助设备等是否齐全和完好。

(4) 连接实验线路。

① 合理摆放实验器材与设备。遵循的原则为:布局整齐、合理、正确(位置、距离、连接线长短对实验结果影响要尽量小);连线简单(连接线少且短);方便操作(读取数据和调整方便)。

② 接线顺序。对初学者来说,应按电路图——对应连接线路。对于复杂的实验电路,应先串联后并联,每个连接点不多于两根导线;同时要考虑仪表极性、参考方向、公共参考点与电路图的对应位置,最后再连接电源。

③ 接线检查。对照实验电路图,从左至右或由电路有明显标记处开始——检查,无误后才可通电,以避免设备或仪器、器件的损坏。

(5) 故障检查。

发生故障时应独立思考、耐心排除,并记录排除故障的过程和方法。一般采用断电检查或通电检查的方法。

① 断电检查。当实验中发生故障时,应立即断开电源,使用万用表欧姆挡,对照实验原理图,对每个元器件及连接线逐一进行检查,根据被检查点电阻的大小找出故障原因。

② 通电检查。一般顺序为:检查线路是否接错,电源有无电压,各元器件与测量仪器之间连接是否紧实,导线是否完好,仪器仪表是否正常等。

(6) 实验测试与记录。

测试数据要做到心中有数,仔细观察实验现象(如示波器波形曲线、仪表指针的偏转方向等),实验操作中要认真记录实验条件和所得的实验数据、波形等。实验内容完成后,将实验数据交老师签字,只有经老师签字后的实验数据才是有效的。

(7) 实验结束工作。

① 拆除实验线路,整理元器件、导线和有关的仪器设备。

② 搞好仪器设备、桌面和环境的清洁工作。

③ 填写“实验登记本”。

3. 实验后写好实验报告

实验后要求学生认真写好实验报告。实验报告是对整个实验教学过程的全面总结,是对学生的一项基本训练,一份好的实验报告是一项成功实验的最好证明,要求用简洁的形式,将实验结果完整和真实地表达出来。

实验报告要求文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、结论准确、分析合理、讨论深入。采用专用纸张,以便统一格式。

1) 验证性实验报告要求

(1) 实验名称。

(2) 实验目的。

(3) 实验中实际使用的仪器型号(包括编号)和器材型号、数量等。

(4) 实验内容和步骤。

① 方框图、状态图、真值表、逻辑图,对于设计性课题应有整个设计过程和关键的设计技巧和说明。

② 实验记录以及经过整理和处理的数据、曲线和波形图必须用坐标纸画出,贴在相应的内容中。对实验结果进行分析与讨论,并得出结论,也可以提出存在的问题。

③ 完成实验报告要求。

④ 作为完整的实验文件,实验报告应附有老师签字后的实验数据记录。实验报告应在下次做实验时交给实验教师,不交者不得做下一个实验。

2) 设计性实验报告的要求

(1) 设计任务、指标。

(2) 电路原理。首先要用总体框图说明,然后结合框图逐一介绍各个单元的工作原理。

(3) 单元电路的设计与调试。选择电路形式、电路设计(对所选电路中的各元件值进行定量计算或估算),电路的接线、整体调试与测试(测量主要技术指标:说明各项技术指标的测量方法、画出测试原理图、记录并整理实验数据),故障分析及说明,画出整体电路原理图(标出调试后的各元件参数值)。

(4) 误差分析。

(5) 电路改进意见及本次实验的心得体会。

1.2 测量误差及实验数据处理

1. 误差的分类

1) 系统误差

在规定的测量条件下,对同一量进行多次测量时,如果误差的数值保持恒定或按某种确定规律变化,则称这种误差为系统误差。例如,电表零点不准,温度、湿度、电源电压等变化造成的误差,便属于系统误差。

2) 随机误差

随机误差是指在相同条件下多次重复测量同一个量时,误差时大时小、时正时负,其大小和符号无规律变化。随机误差不能用实验方法消除,但可以通过多次测量,采用统计的方法进行估算。最简单的方法就是取算术平均值。

3) 粗大误差

粗大误差(又称过失误差),这种误差通常是由于测量者对仪器不了解、粗心,导致读数不正确而引起的,有时测量条件的突然变化也会引起粗大误差。对于这种异常值(或坏值)必须根据统计检验方法和某些准则去判断哪个测量值属于坏值,然后去除。

2. 误差的表示方法

1) 绝对误差

这是测量值与被测量的真值之间的差值。设测量仪器的示值(标称值)为 x ,被测量值的真值为 x_0 ,则绝对误差为

$$\Delta x = x - x_0$$

在某一个时间或空间条件下,被测量的真值 x_0 虽然是客观存在的,但一般无法得到,只能尽量逼近它。故常用高一级标准仪器测量的示值 A 代替 x_0 ,则

$$\Delta x = x - A$$

测量前,测量仪器应由高一级标准仪器进行校正,校正量常用修正值 C 表示。利用修正值便可得该仪器所测得的实际值,即

$$A = x + C$$

2) 相对误差

绝对误差 Δx 值可正可负,不能确切地反映被测量的准确度,这样就必须引入另一误差——相对误差。因此,工程上常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。

相对误差又分为实际相对误差、示值相对误差和引用(或满度)相对误差。

(1) 实际相对误差 δ_A 是用绝对误差 Δx 与被测量的实际值 A 的比值的百分数来表示的相对误差,记为

$$\delta_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\%$$

(2) 示值(标称值)相对误差是用绝对误差与被测量的实际测量值之比,用百分数来表示。在误差分析中往往采用标称相对误差的概念,即

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

(3) 引用(或满度)相对误差简称满度误差,可作为衡量仪器测量准确度的标志。它是用绝对误差 Δx 与仪器的满刻度值 x_m 之比的百分数来表示的相对误差,即

$$\delta_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\%$$

电工仪表的准确度等级就是由 δ_m 决定的,如 1.5 级的电表,表明 $\delta_m \leq \pm 1.5\%$ 。我国电工仪表按 δ_m 值共分七级: 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。

若某仪表的等级是 S 级,它的满刻度值为 x_m ,则测量的绝对误差为

$$\Delta x \leq x_m S\%$$

其示值(标称值)相对误差为

$$\delta_x \leq \frac{x_m S\%}{x}$$

在上式中,总是满足 $x \leq x_m$ 的,可见当仪表等级 S 选定后, x 越接近 x_m 时, δ_x 的上限值越小,测量越准确。因此,当使用这类仪表进行测量时,一般总使被测量值尽可能在仪表满刻度的 $1/2$ 以上。

3. 实验数据的处理

1) 有效数字

由于存在误差,所以测量的数据总是近似值,它通常由可靠数字和欠准数字两部分组成。例如,由电压表测得电压 24.8V ,这是个近似数,24 是可靠数字,而末尾 8 为欠准确数字。即 24.8 为三位有效数字。

对于有效值的正确表示,应该注意以下几点:

(1) 有效数字是指从左边第一个非零的数字开始,直到右边最后一个数字为止的所有数字。例如,测得的频率为 0.0157MHz ,也可写成 15.7kHz ,而不能写成 $15\,700\text{Hz}$ 。

(2) 如已知误差,则有效值的位数应与误差相一致。例如,设仪表误差为 $\pm 0.01\text{V}$,测得电压为 12.352V ,其结果应写为 12.35V 。

(3) 当给出误差有单位时,测量数据和写法应与其一致。

2) 数据的舍入原则

为使正、负舍入误差的机会大致相等,传统的方法是采用四舍五入的办法,现已广泛采用“小于 5 舍,大于 5 入,等于 5 时取偶数”的办法。

1.3 开放实验室与选实验注意事项

电子电工技术实验室是采用“多媒体实验软件”为教程的“全天候”实验室。

实验共分四大部分,即必选实验、选修实验、综合实验和设计实验。根据每个实验的难易程度以及验证、综合、设计等不同类型给一定的分值,学生可根据各专业的需要,也可根据自身的特点自行搭配各个实验。

学生自选实验的原则为:1 个学分选满 70 分,1.5 个学分选满 100 分,2 个学分选满 130 分。每个实验的分值,在多媒体实验软件中均有标明。

学生也可自带实验题目进入实验室,只需和值班教师联系,并在多媒体软件的交流窗口把实验的题目、原理、设计方案写上,实验室可安排教师和学生进行专题讨论、分析和准备。

部分实验课程对应实验内容范围参考见表 1-1。

表 1-1 部分实验课程对应的实验内容

序号	课 程	实 验	学分
1	电子技术实验(一)	电路、模拟电子线路(低频部分)、电工	2
2	电子实验技术(二)	模拟电子线路(高频部分)、数字电子线路、信号与系统	2

续表

序号	课 程	实 验	学分
3	电路电子技术(一)	电路、电工	1.5
4	电路电子技术(二)	模拟电子线路、数字电子线路	1.5
5	电工与电子技术实验 A	电路、电工、模拟电子线路、数字电子线路	2
6	电工与电子技术实验 B	电路、电工	1
7	电子技术实验(模拟部分)	模拟电子线路	1

1.4 实验室安全用电要求

为了人身与仪器设备安全,保证实验顺利进行,进入实验室要遵守实验室的规章制度和实验室安全规则。

(1) 了解实验室有关电器设备的规格、性能及使用方法,严格按照额定值使用。在连接实验线路时,应该在电路连接完成并检查完毕后,再接电源及信号源。

(2) 实验中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现有报警声、超量程、过热、火花、异味、异声等,应立即断电,并请教师检查。

(3) 搬动仪器设备时,必须轻拿轻放;未经允许不得随意调换仪器,更不准擅自拆卸仪器设备。

(4) 仪器使用完毕后,应将面板上各旋钮、开关置于合适的位置。

(5) 在进行强电或具有一定危险性的实验时,应有两人以上合作,在接通交流 220V 电源前,应通知实验合作者。接线、改线、拆线都必须在切断电源的状态下进行。即先接线后通电,先断电再拆线。

第 2 章 电路、信号与系统篇

2.1 实验一 常用元件的识别及电子仪器的使用

2.1.1 元件的识别及万用表的使用

1. 电阻、电容和电感的标识及方法

1) 电阻的标识及方法

(1) 直标法。用文字符号和数字的组合来表示标称值、额定功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数数值,后面的数字依次表示第一位小数值和第二位小数值。其文字符号所表示的单位如表 2-1 所示。

表 2-1 直标法文字符号所表示的单位

文字符号	R	k	M	G	T
单位	欧姆(Ω)	千欧姆($10^3 \Omega$)	兆欧姆($10^6 \Omega$)	吉欧姆($10^9 \Omega$)	太欧姆($10^{12} \Omega$)

例如:

RT71—0.125—5k1— $\pm 10\%$ ——允许误差 $\pm 10\%$
——标称电阻值($5.1k\Omega$)
——额定功率 $1/8W$
——型号(其中, R: 名称电阻; T: 碳膜; 7: 类别精密; 1: 序号)

由标号可知,它是精密碳膜电阻器,额定功率 $1/8W$,标称阻值 $5.1k\Omega$,允许误差为 $\pm 10\%$ 。

(2) 色标法。是将电阻的主要技术参数用颜色或色点标注在它的外表面上。色标电阻可分为三环、四环、五环 3 种标法,其含义如表 2-2 所示。

表 2-2 色标法含义

颜 色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍率(10 的幂次方)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-1	-2	
允许误差($\pm\%$)	1	2			0.5	0.25	0.1				5	10	20

① 三环色标法: 三环色标电阻的标称电阻值允许误差均为 20% 。第一、二环为有效数字,第三环为倍率(10 的幂次方)。

② 四环色标法: 第一、二环为有效数字,第三环为倍率(10 的幂次方),第四环为允许误差。

③ 五环色标法: 第一、二、三环为有效数字,第四环为倍率(10 的幂次方),第五环为允

许误差。

图 2-1(a)所示为四环色标电阻,根据色环颜色可以知道它的阻值为 $1\text{k}\Omega(10 \times 10^2 \Omega)$; 图 2-1(b)所示为五环色标电阻,同理,电阻的阻值为 $51\text{k}\Omega(510 \times 10^2 \Omega)$ 。

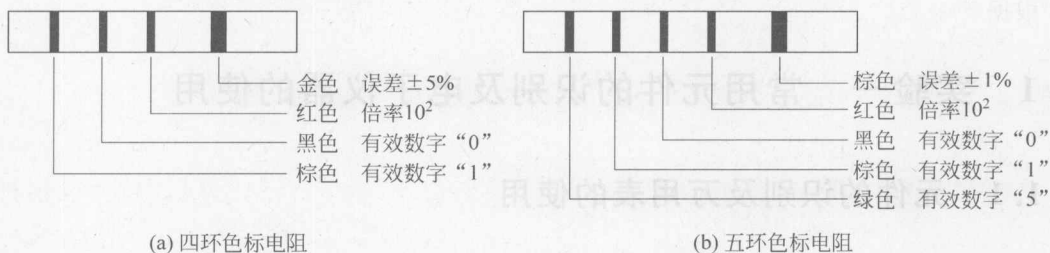


图 2-1 色标电阻

一般四环色标电阻表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离较远。较标准的表示应该是表示允许误差的色环的宽度是其他色环的 1.5~2 倍。

有些色标电阻由于允许误差的色环宽度标注不规范,无法用上面的特征判断,这时只能用万用表去测量它的电阻值。

2) 电容识别

(1) 直标法。一般用 $\text{p}(10^{-12})$ 加上表示数量的字母组合表示。例如, 6p8 表示 6.8pF , 4n7 表示 4.7nF ; 有时在数字前加 R, 如 R33, 表示 $0.33\mu\text{F}$; 有时用大于 1 的 4 位数字表示, 单位为 pF , 如 2200 表示 2200pF ; 还有用小于 1 的数字表示, 单位为 μF , 如 0.22 表示 $0.22\mu\text{F}$ 。

(2) 数字表示法。标称及其容量为:

$$222 \rightarrow 2200\text{pF} (22 \times 10^2 \text{pF})$$

$$103 \rightarrow 10\,000\text{pF} (10 \times 10^3 \text{pF}) = 0.01\mu\text{F}$$

$$223 \rightarrow 22\,000\text{pF} (22 \times 10^3 \text{pF})$$

$$104 \rightarrow 100\,000\text{pF} (10 \times 10^4 \text{pF}) = 0.1\mu\text{F}$$

电解电容上面一般标有电容量。注意“+”、“-”极不要搞错。一般情况下“+”接电源正极、“-”接电源负极。通常电容量小于 $10\,000\text{pF}(0.01\mu\text{F})$, 以 pF 为单位, 而大于 $10\,000\text{pF}$ 时以 μF 为单位。在一些电路图中, 大于 100pF 和小于 1nF 的电容不标注单位。

(3) 颜色标注法。这种表示法与电阻的色环表示法类似, 颜色涂于电容的一端或从顶端向引线排列。颜色一般只有 3 种, 前两环表示有效数字, 第三环为倍率, 单位为 pF 。

3) 电感量的标识方法

(1) 直标法。单位为 H、mH、 μH 。

(2) 数字表示法。与电容的表示方法相同。

(3) 色环表示法。这种表示方法与电阻相似。一般有 4 种颜色, 前两环颜色为有效数字, 第三环颜色为倍率, 单位为 μH , 第四环为误差位。

2. M9803R 型台式数字多用表

1) 直流、交流电压测量

万用表的红色表笔接“V Ω Hz”孔, 黑色表笔接 COM 孔。直流、交流电压默认自动

量程,也可通过按 RANGE(量程)按键进入手动量程。对直流电压而言,若红、黑表笔接反,则显示器左端将显示 LCD 标志。

2) 交、直流电流测量

根据所测量电流的大小选择“A”或“mA”挡。万用表的红色表笔接 A(或 mA)挡插孔,黑色表笔接 COM 插孔。A、mA 测量量程为固定量程。

通过按  (蓝色按钮) 按键实现交、直流电流 mA 测量功能的切换。

3) 电阻测量

万用表的红色表笔接“ $V\Omega \rightarrow \text{Hz}$ ”孔,黑色表笔接 COM 孔。按  “功能选择”按键,切断被测电阻的所有电源,断开被测电阻的连接导线,选择需要的 Ω (欧姆)量程或设置为自动量程。

在最小量程(400Ω)的测量中,测试线的线电阻可能降低测量的准确度。为消除误差,需要把表笔短接在一起,然后按  按键使显示器显示为零,利用相对测量功能在电阻测量结果中自动减去测试线的线电阻。在测量 $1M\Omega$ 时,可能需要几秒钟后读数才会稳定。

开路和过载时将显示 4000,且最高显示位闪动显示。

4) 电容测量

万用表的红色表笔接“ $V\Omega \rightarrow \text{Hz}$ ”孔,黑色表笔接 COM 孔。

所有电容在测量前必须全部放电(即在电容两端跨接一个 $100k\Omega$ 的电阻),从显示器上直接读取电容值。电容测量的准确度可以通过首先使用  (相对测量功能) 按键置零而得到改善,在测量过程中仪表能够自动减去本身和测试线的分布电容。在进入相对测量功能后仍然可以选择手动量程功能进行测量。

5) 频率测量

万用表的红色表笔接“ $V\Omega \rightarrow \text{Hz}$ ”孔,黑色表笔接 COM 孔。进行频率测量时,不需要事先知道量程,仪表自动地设置最高显示分辨率的量程,频率测量均为自动量程,没有手动量程。

表笔并联在频率源上,并在显示器上直接读取结果。

6) ADP 测量

万用表的红色表笔接“ $V\Omega \rightarrow \text{Hz}$ ”孔,黑色表笔接 COM 孔。ADP 电压直接输入仪表进行,并以 10 字/mV 显示测量结果,ADP 测量量程为固定量程,满量程电压为 $400mVDC$ 。

7) 电路通断测试

万用表的红色表笔接“ $V\Omega \rightarrow \text{Hz}$ ”孔,黑色表笔接 COM 孔。按  按键选择进入电路通断测试功能,测试时要切断被测电路的所有电源,电容全部放电,在导通电阻小于约 40Ω 时,蜂鸣器将发出警告声。电路通断测试设定为固定量程 400.0Ω ,开路电压约为 $0.45V$ 。

3. 直流稳压电源

该实验系统分两种电源:

- (1) 直流可调电源($0\sim 30V$);
- (2) 固定输出电源($5V$ 、 $+15V$ 、 $-15V$)。