

第一届全国电工电子基础课程实验教学案例设计竞赛获奖项目选

电工电子 实验案例选编

DIANGONG DIANZI
SHIYAN ANLI XUANBIAN

主 编 / 胡仁杰
副主编 / 黄慧春 郑 磊



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

电工电子 实验案例选编

DIANGONG DIANZI
SHIYAN ANLI XUANBIAN

主 编 / 胡仁杰

副主编 / 黄慧春 郑 磊



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实验案例选编 / 胡仁杰主编. --北京: 北京邮电大学出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-5635-4317-5

I. ①电… II. ①胡… III. ①电工技术—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TM—33②TN—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 070960 号

书 名: 电工电子实验案例选编

主 编: 胡仁杰

责任编辑: 刘春棠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 509 千字

版 次: 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4317-5

定 价: 45.00 元

• 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

2014 年第一届全国电工电子基础课程实验案例设计竞赛

组织委员会

主任委员:王志功(东南大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会主任委员)

副主任委员:陈后金(北京交通大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会副主任委员)

王兴邦(北京大学教授,国家级实验教学示范中心联席会秘书长)

韩 力(北京理工大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会委员,国家级实验教学示范中心联席会电子学科组组长)

胡仁杰(东南大学教授,国家级实验教学示范中心联席会电子组副组长)

秘书长:侯建军(北京交通大学教授)

委员:孟 桥(东南大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会秘书长)

郭宝龙(西安电子科技大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会委员)

殷瑞祥(华南理工大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会委员)

李 晨(华中科技大学教授,教育部实验教学指导委员会委员)

张 峰(上海交通大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会委员)

郭 庆(桂林电子科技大学教授,教育部电工电子基础课程教学指导委员会委员)

杨 勇(长春理工大学教授,教育部实验教学指导委员会委员)

刘开华(天津大学教授)

王立欣(哈尔滨工业大学教授)

金明录(大连理工大学教授)

2014 年第一届全国电工电子基础课程实验案例设计竞赛

评审专家组

组长:胡仁杰教授(东南大学电工电子实验中心主任)

专家组成员:陈后金教授(北京交通大学电工电子实验中心)

陈小桥教授(武汉大学电工电子实验中心副主任)

堵国樑教授(东南大学电工电子实验中心副主任)

韩力教授(北京理工大学电工电子教学实验中心)

金明录教授(大连理工大学电工电子实验中心主任)

刘开华教授(天津大学电气电子实验中心主任)

李邓化教授(北京信息科技大学电子信息与控制实验教学中心主任)

孟桥教授(东南大学电子信息实验中心副主任)

王香婷教授(中国矿业大学电工电子教学实验中心主任)

汪庆年教授(南昌大学电工电子实验教学中心主任)

习友宝教授(电子科技大学电子实验中心主任)

徐淑华教授(青岛大学电工电子实验教学示范中心主任)

姚纓英教授(浙江大学电工电子实验中心主任)

于京教授(北京电子科技职业学院电信工程学院副院长)

张峰教授(上海交通大学电工电子实验教学中心主任)

赵洪亮教授(山东科技大学电工电子实验教学中心主任)

序

英国哲学家培根说过：“没有实验，便没有科学。”实践出真知，实践长才干，实践对人才培养的作用具有不可替代性。科学实验是人们根据明确的目的要求，运用一定的技术条件，突破客观条件限制，在人为控制干预、模拟仿真条件下，观察探究客观事物本质与规律的科技方法与过程。科学实验是探究自然界奥秘与客观规律的必由之路，也是培育科技人才的摇篮。实验教学是一个教育概念，它有别于狭义的科学实验。高等教育意义上的实践教学主要包括科学实验、实习实训、课设毕设、课外科技、社会调查、创新创业、学科竞赛等主要培养环节。实践教学把科学实验方法引进教学过程，该过程应具备实验学和教育学的内涵，教育者应按照精心设计的教学计划和培养目标，引导组织学生运用一定的条件手段去观察研究客观事物的本质和规律，切实将知识、能力、素质的塑造贯穿于教学全过程。恩格斯说过：“科学是研究未知的东西，科学教育的任务是教育学生去探索、去创新。”教学必须顺应时代发展的需求，必须注重通过实践来激发学生的创新意识、培养基本创新能力。当前高校实践教学环节仍然薄弱，育人实效不尽如人意。只有坚持人才培养模式改革创新、坚持扎实谋事，才有可能真正提高教育教学质量。

高等学校国家级实验教学示范中心联席会于2008年成立，联席会电子学科组成员单位一直自觉开展制度化交流，在国内电工电子本科实验教学领域发挥了示范推动作用。提高我国电工电子电气信息类学科专业的实验教学水平的关键之一在教师，学科组多年来始终坚持实验教师的交流培训工作，发起组织开展实验教学案例竞赛是这项工作的重要一环。

2014年，教育部电工电子基础课程教学指导委员会与国家级实验教学示范中心联席会联合主办了“第一届全国高校电工电子基础课程实验教学案例设计竞赛（鼎阳杯）”，竞赛由电子学科组成员单位——东南大学电工电子实验中心承办，成为迄今首次面向国内高校电工电子信息类本科实验教师举办的竞赛活动，得到了各地高校实验教师的积极响应，竞赛成为高校实验教师展示成果、互动交流、同步提高的平台。

千里之行始于足下。尽管脚下路面是粗糙的，但沿着这条路执着前行，或许能够到达我们期盼的目标。只要走，就有希望。

高等学校国家级实验教学示范中心联席会电子学科组
韩力

2015年3月31日于北京

前 言

为实现高校电气电子信息类专业电工电子基础课程实验教学体系与内容建设,推进探究创新性实验教学改革,在教学中推广电子信息先进技术,培育大学生创新意识和工程实践能力,提升高校教师实验教学水平,促进高校优秀教学改革成果的应用与共享。2013年夏,在北京交通大学侯建军教授、北京理工大学韩力教授及东南大学胡仁杰教授共同倡议下,由教育部电工电子基础课程教学指导委员会、国家级实验教学示范中心联席会共同组织策划了全国电工电子基础课程实验教学案例设计竞赛,成立了由教育部电工电子基础课程教学指导委员会主任委员、东南大学王志功教授为主任委员的2014年第一届全国电工电子基础课程实验案例设计竞赛组织委员会。

竞赛旨在通过实验任务要求、教学方法和教学模式的设计,引导学生自主学习、研究探索,掌握实验知识方法与技能,接触工程实际,综合运用知识。通过评选优秀实验案例,展示实验教学先进理念、内容、技术和方法,推广以学生为主体、探究性教学为重点的实验教学改革,提升高校教师实验教学水平。

2014年第一届全国高校电工电子基础课程实验教学案例设计竞赛由东南大学电工电子实验中心承办,深圳市鼎阳科技有限公司支持协办。竞赛得到高校积极支持及广大教师热情参与,共收到270多件参赛作品。从3月初开始,经历初赛及复赛两个阶段历时两个半月,于2014年5月25日圆满结束。

竞赛组委会聘请了部分国家级实验教学示范中心电子学科组成员单位负责人组成评审专家组,从“工程应用背景、知识综合融合、探究性及自主发挥、层次化任务要求、实现方法多样性、技术方法先进性、考核激励引导、推广的可操作性”八个方面综合考评,共评选出一等奖21项、二等奖34项、三等奖51项,并评选出特等奖(鼎阳杯)1项、最佳创意奖2项。

为了充分发挥实验案例竞赛成果的示范辐射作用,进一步推动实验教学研究探索、工程实践、自主创新的改革,推广各高校实验教学优秀教学资源的共享,激发广大教师开展实验教学建设与改革热情,高等学校国家级实验教学示范中心联席会电子学科组精选了第一届竞赛中的获奖案例编纂成书出版,将这一实验教学优质资源奉献给社会。

因篇幅所限,并考虑参赛作品构思精巧、内容新颖、推广方便等因素,共遴选了56篇获奖作品,其中包括电路实验9篇、模拟电子电路实验12篇、数字逻辑电路实验10篇、电子电路综合实验12篇、单片机及微机系统实验13篇。本着尊重作品原创的原则,编辑时除了删除部分清晰度欠佳图片之外,尽量保持了作品的原貌。

本书由东南大学电工电子实验中心胡仁杰老师负责书稿统筹安排及第5部分的编辑整理,黄慧春老师负责第1、第2部分,郑磊老师负责第3、第4部分的编辑整理工作。

编者

2015年4月5日于南京

目 录

第 1 部分 电路实验	1
1-1 基于问题情境意识的戴维南定理实验拓展研究	1
1-2 电容器及 RC 电路分析	6
1-3 一阶“黑箱”电路模块的辨别和时域测量	12
1-4 线性有源二阶电路的设计	15
1-5 有源元件应用系统综合设计	17
1-6 非线性电路实验	23
1-7 RFID 信号传送原理研究	35
1-8 阶梯波发生器的设计与仿真	38
1-9 “电力系统铁磁谐振现象观测和研究”研究型实验	41
第 2 部分 模拟电子电路实验	46
2-1 晶体管放大电路的研究	46
2-2 李萨如图形信号产生电路设计与制作	51
2-3 放大电路的失真研究	56
2-4 常用二极管的使用	61
2-5 运算放大器设计应用实验	66
2-6 增益自动切换电压放大电路	70
2-7 增益自动切换电压放大电路的设计与实现	74
2-8 光线强弱测量显示电路的设计	78
2-9 宽带放大器设计与制作	83
2-10 压控函数发生器	91
2-11 脉冲磁场发生器	97
2-12 无线电能传输实验	104
第 3 部分 数字逻辑电路实验	110
3-1 多路智力竞赛抢答器	110
3-2 多功能表决器的实现	115
3-3 基于 VHDL 的数码管扫描显示控制器的设计与实现	119
3-4 多功能数字钟的设计与实现	125
3-5 多功能数字钟设计	129
3-6 自主开放模式下频率计的设计与实现	132
3-7 单向脉冲电源脉冲信号生成电路	141
3-8 两路方波脉宽实时测试仪	146

3-9	数模转换器的认识及应用	151
3-10	基于可编程器件的微波炉控制器的设计与实现	156
第4部分 电子电路综合设计实验		161
4-1	中频自动增益控制数字电路的研究	161
4-2	红外线心率计设计与制作	168
4-3	心电信号检测系统的设计、焊接及调试	174
4-4	传感器技术研究型综合设计实验	179
4-5	太阳能热水器水温水位智控系统设计	185
4-6	宿舍电力负荷监测装置设计	190
4-7	超声波测距系统	194
4-8	语音信号放大及存储与回放	207
4-9	干式气体密封检测装置	213
4-10	低压直流电机驱动、转速控制及报警系统	218
4-11	智能车的设计与竞技	222
4-12	电子产品开发案例	231
第5部分 单片机及微机系统实验		236
5-1	简易国旗自动升降装置设计与实现	236
5-2	基于单片机的 MIDI 音乐信号发生器	241
5-3	智能小车控制系统设计	246
5-4	闭环温度控制系统设计实验	250
5-5	脉搏血氧测量装置设计	253
5-6	导盲机器人小车设计	258
5-7	语音识别 & LCD 显示实验	270
5-8	多功能电子琴设计	273
5-9	RC5/ NEC 红外编解码实验	279
5-10	嵌入式系统串口通信实验	283
5-11	直流电机调速系统	289
5-12	干手器自动控制系统设计	295
5-13	智能家居数据传输系统设计	299

第 1 部分 电路实验

1-1 基于问题情境意识的戴维南定理 实验拓展研究

1. 实验内容与任务

以直流电路的戴维南等效和诺顿等效验证为主线,基于问题情境意识,进行电工测量基本技能进阶式训练。

(1) 基本实验内容

- 1) 测量每个电阻的阻值,测量直流电压源、直流电流源的大小。
- 2) 测试有源一端口的戴维南等效电路参数及端口的输出特性,验证戴维南定理。
- 3) 测试有源一端口的诺顿等效电路参数及端口的输出特性,验证诺顿定理。
- 4) 将非线性元件引入有源一端口,再测试其端口的输出特性,强调戴维南定理的适用条件。
- 5) 找出实验过程中直流电源异动原因及其解决方法。

(2) 提高选做内容

- 1) 测试非线性元件的伏安特性,说明非线性元件的工作状态。
- 2) 拓展实验内容,充分利用已有测量数据,适当增加若干测量数据,顺势验证叠加定理、特勒根定理、替代定理,使整个直流电路实验一气呵成。

此实验作为直流电路测量实验,基本涵盖了电工测量中与直流相关的所有实验内容。此外,该实验虽然是验证性实验,却设置了实验结果与理论知识相违背的表象,提醒学生以事实为准绳,培养学生严肃认真的实验态度和严谨工作的科学作风。

2. 实验过程及要求

- 1) 学习实验原理:学习戴维南定理、诺顿定理、叠加定理、特勒根定理、替代定理的内容及其适用条件,学习元件伏安特性的测量方法。
- 2) 测量方案设计:拟定测量方案步骤及数据记录表格。
- 3) 利用 Multisim 仿真:课外完成,相应结果写进实验报告。
- 4) 实验过程:特别关注电源异动的理论分析值和实验测量值,关注非线性元件的工作状态,采取恰当措施,消除电源异动对实验测量的影响。
- 5) 数据测量:按照拟定步骤测量完整的实验数据(特别关注电源异动消除前后的数据)。
- 6) 定理验证:适当增加测量数据,顺势验证叠加定理、特勒根定理、替代定理。
- 7) 实验总结:对实验结果进行分析解释,得出戴维南定理适用条件的实验结论,得出拓展

实验的相关结论。

3. 相关知识及背景

从表象来看,实验内容仅仅涉及戴维南定理和诺顿定理,但因遇到电源异动、非线性有源一端口是否满足戴维南定理的问题,则需关联有源一端口的等效变换和叠加定理;为探究非线性有源一端口是否满足戴维南定理,还需用到非线性元件伏安特性的测量,并且可以拓展实验内容,顺势验证叠加定理、特勒根定理、替代定理。

4. 教学目的

将诸多实验内容围绕戴维南定理实验一条主线渐次展开,通过实验现象,凸显问题情境,激发学生思考;将直流电路实验集成在一个主线关联性实验项目中,进行基本实验技能的进阶式训练,提高学生的实验探究能力。

5. 实验教学与指导

课程分成原理解析(教师讲课)和实际测试(学生实验)两个阶段进行,每个阶段教师提出任务和要求,由学生自行拓展实验方案(课前准备),对关键测量电路进行方案的理论分析、仿真分析,然后进行实验测量,学生应根据整个实验过程写出总结报告。

(1) 教师讲课引导

1) 解释电路的各个元件的标称值与实际值可能不同的问题。

2) 本实验尤其要关注两个直流电源的工作状态,在外界负载变化过程中,电源将出现异动,教师应提示异动的原因,引导学生思考对策,采用至少两种措施解决问题。

3) 当将非线性元件引入电路后,应该关注非线性元件的工作状态,测量结果分析应该全面而深入。

(2) 实验前的仿真研究

1) 根据实验原理图,用 Multisim 进行仿真分析,结合实际设备的允许使用参数和条件,找出直流电源异动的临界点,指导实际实验操作。

2) 在外界负载变化过程中,跟踪非线性元件的工作状态,用 Multisim 进行仿真测量非线性元件的伏安特性。

(3) 实验过程

学生一人一组,测量相关数据。

(4) 实验后的数据处理

对测量数据进行分析和处理,推算一端口的戴维南电路的等效参数,画出完整(电源异动以及消除异动两种情况下)的输出特性曲线。有序安排实验步骤,拓展实验测量数据,顺势验证叠加定理、特勒根定理、替代定理,得出尽可能多的实验结论。

6. 实验原理及方案

(1) 实验基本原理

任何一个线性网络,如果只研究其中一条支路的电压和电流,则可将电路的其余部分看作是一个含源的一端口网络。这时可用一个等效电压源来代替其对外部电路的作用,其电压源的电动势等于该含源一端口的开路电压,其等效内阻等于该含源一端口网络中各独立电源均为零时的无源一端口网络的入端电阻,这就是戴维南定理。如果这个含源一端口网络用等效电流源来代替,其等效电流就等于该含源一端口的短路电流,其等效电导等于该含源一端口网络各独立电源均为零时的无源一端口网络的入端电导,这就是诺顿定理。

针对一个特定实验电路,通过将负载电阻 R 阻值从 0 到 ∞ 变化,完整测试有源一端口的电压电流,验证直流电路的戴维南等效和诺顿等效;将非线性元件接入有源一端口后,再次进行端口特性的测量,对测量数据进行思考和分析,得出戴维南定理的使用条件等相关结论。

(2) 参考实验方案

本实验项目以直流电路的戴维南等效和诺顿等效(实验电路如图 1-1-1 所示)为载体,以实验电路图 1-1-1(a)(实验电路图 1-1-1(b)为接线图)为研究对象,按照下述步骤进行。

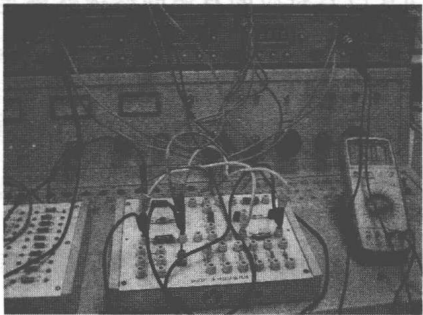
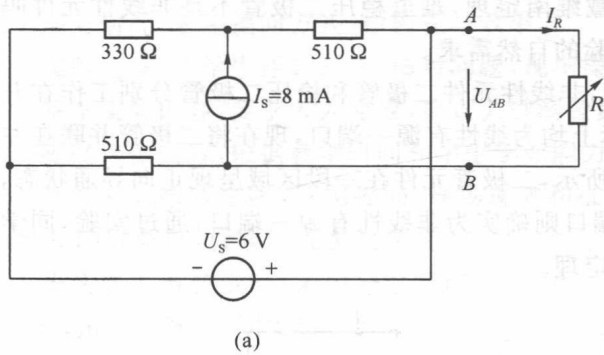


图 1-1-1 直流电路原理图与接线图

- 1) 测量每个电阻的阻值,测量电压源、电流源的大小。
- 2) 测量 AB 端口的输出特性,验证戴维南定理。
- 3) 在步骤 2 的测量过程中,发现当电阻 R 小于 $130\ \Omega$ (理论估算值)时,电流源发生了异动,特殊的实验现象激发学生思考,什么原因导致电流源发生异动? 通过测量发现电流源的端电压呈现负值,说明电流源的工作状态已经偏离了其允许条件,从而导致异动。
- 4) 发现了问题,找到了缘由,那么如何解决问题呢? 如何采取措施,测量 AB 以左有源网络的短路电流呢? 措施 1:直接在电流源所在直流串接一个恰当电阻,通过串接电阻,抬高电流源两端的电压,使电流源两端电压维持为正值,纠正电流源的异动现象,同时又不影响原网络的 AB 端口的输出特性。措施 2:采用叠加定理,测量电压源单独作用和电流源单独作用下 AB 支路的短路电流,有效避免电流源的异动现象。措施 2 则自然引入叠加定理的验证。

- 5) 在步骤 2 的测量过程中,将一个二极管替代原电路中 $330\ \Omega$ 的电阻(如实验电路图 1-1-2 所示),再次测量 AB 端口的输出特性,发现当电阻 R 大于 $750\ \Omega$ 时,电压源发生了异动,实验现象再次激发学生思考,什么原因导致电压源发生异动? 通过测量发现电压源的输出电流呈现负值,说明电压源的工作状态已经偏离了其允许条件,从而导致异动。那么如何解决问题呢? 如何采取措施,测量原 AB 以左有源网络的开路电压呢? 措施 1:直接在电压源两端并联一个恰当电阻,通过并联电阻,增加电压源输出电流,使电压源输出电流维持为正值,纠正电压源的异动现象,同时又不影响原网络的 AB 端口的输出特性。措施 2:同样可以采用叠加定理测试。一次电流源异动,一次电压源异动,两次电源异动及其应对措施,加深了学生对于对偶电路的理解与应用。

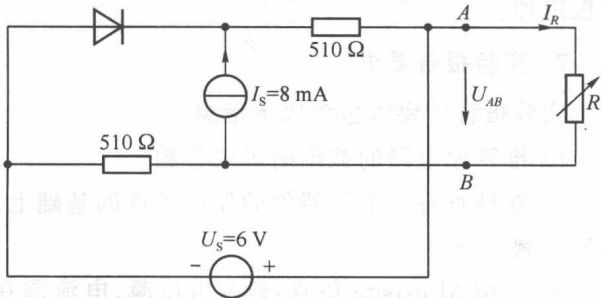


图 1-1-2 串联非线性元件的直流电路

6) 步骤 5 中的测试结果表明:将一个二极管替代原电路中 $330\ \Omega$ 的电阻后, AB 以左对应的有源网络依然满足戴维南定理, 这个结果与理论课程讲授的结论矛盾, 矛盾的实验测试结果挑战学生的传统思维, 迫使学生不得不进一步探究, 到底是实验本身出现了错误还是理论课程给出了错误的结论? 因此, 自然而然引出二极管——非线性元件伏安特性的测量。

7) 在步骤 2 的测量过程中, 将一个稳压二极管替代原电路中 $330\ \Omega$ 的电阻, 再次测量 AB 端口的输出特性, 发现当电阻 R 小于 $56\ \Omega$ 时, 电流源发生了异动, 采取相应措施消除异动后, 发现 AB 以左对应的有源网络依然满足戴维南定理, 难道稳压二极管不是非线性元件吗? 测试稳压二极管的伏安特性再次成为此实验的自然需求。

8) 在步骤 5 和步骤 7 的实验过程中, 非线性元件二极管和稳压二极管分别工作在开路和反向稳压的状态, 导致 AB 以左端口实际上均为线性有源一端口, 现在将二极管并联在左下方的 $510\ \Omega$ 电阻两端, 实验电路如图 1-1-3 所示, 二极管元件在一段区域呈现正向导通状态, 一段区域呈现反向截止状态, 这样, AB 以左端口则确实为非线性有源一端口, 通过实验, 同学们清晰看到非线性有源一端口不满足戴维南定理。

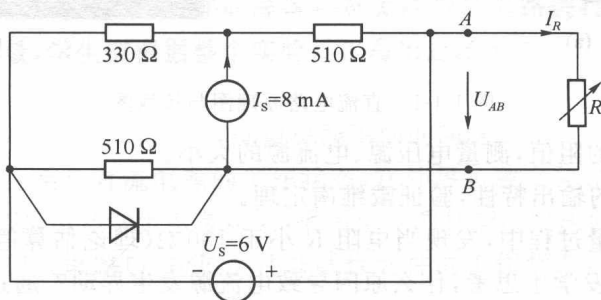


图 1-1-3 并联非线性元件的直流电路

9) 通过测试稳压二极管的伏安特性, 发现在测量 AB 端口的伏安特性的过程中, 稳压二极管实际上处于反向稳压状态, 该支路相当于一个电压大小为 5 V 的电压源, 接着, 将原稳压二极管所在支路用 5 V 的电压源替代后, 测试 AB 以左对应的有源网络的端口特性, 发现测试结果与替代前端口特性一致, 这样就顺势验证了替代定理。

10) 在步骤 4 的实验过程中, 采用措施 2 即叠加定理测量原网络的短路电流, 在测量短路支路电流的同时, 将每条支路的电流电压均测量并记录下来, 利用这些数据, 可以顺势验证特勒根定理。

7. 实验报告要求

实验报告中要求包含以下信息。

- 1) 推算原电路的戴维南等效参数。
- 2) 在核查每一个元器件的使用条件的基础上, 推算外接电阻 R 对电压源、电流源工作状态的影响。
- 3) 利用 Multisim 仿真, 研究电压源、电流源在整个外接电阻变化过程中, 输出功率的情况; 研究二极管和稳压二极管的伏安特性。
- 4) 记录实验测试的实际数据并绘制输出特性曲线。
- 5) 采取措施消除电源的异动现象。
- 6) 记录电源异动回归后的测试数据并绘制输出特性曲线。

- 7) 记录引入二极管、稳压二极管后的测试数据并绘制输出特性曲线。
- 8) 测试二极管、稳压二极管的伏安特性并解释 7) 的测试结果。
- 9) 拓展试验,设计非线性电路,说明戴维南定理的适用条件。
- 10) 拓展实验,顺势验证叠加定理、特勒根定理、替代定理。
- 11) 实验结果与实验收获总结。

8. 考核要求与方法

- 1) 预习情况,采用提问方式,检验预习效果。
- 2) 实验过程,让学生遇到问题,面对问题,现场操作解决问题。
- 3) 基本实验内容,要求人人完成,检查关键测量数据。
- 4) 提高选做内容,根据教学时间和学生学业能力,选择安排。
- 5) 当实验人数较多时,采用提问、现场观测和批阅实验报告的形式,考核实验效果,发现创新点,奖励五角星,折算加入实验成绩。
- 6) 当实验人数较少时,采用分组答辩、学生互评和教师点评的形式,考核实验效果,通过交流沟通,拓展思维,共同提高。

9. 项目特色或创新

本实验以直流电路的戴维南和诺顿等效为切入点,精心设置实验参数,通过实验现象,凸显问题,激发学生积极思考,展示出进阶式实验训练的魅力。整个实验内容丰富,实验过程跌宕起伏,以戴维南定理为主线,涵盖诸多电路定理的研究,与以往针对某一原理的单一实验项目相比,具有形式新颖、内容生动、主线关联、层层递进的鲜明特色。

实验案例信息表

案例提供单位		浙江大学电气工程学院		相关专业		电气、电子、信息、 自动化、测控、生物 医学、机械电子
设计者姓名		孙盾	电子邮箱	sundun01@163.com		
设计者姓名		范承志	电子邮箱	fanchengzhi@zju.edu.cn		
设计者姓名		聂曼	电子邮箱	mannie10@zju.edu.cn		
相关课程名称		电路原理实验	学生年级	2	学时	4+3
支撑 条件	仪器设备	万用表、直流电源和仪表、示波器、可调电阻				
	软件工具	Multisim 仿真软件				
	主要器件	DG07 实验模块(电阻、二极管、稳压二极管)				

1-2 电容器及 RC 电路分析

1. 实验内容与任务

(1) 实验任务一:观察电容器存储电荷的现象并进行相关参数计算。

将 $200\ \mu\text{F}/16\ \text{V}$ 电解电容器连接到 $10\ \text{V}$ 电压源上,在电容器两端并接电压表。当电容被充电到 $10\ \text{V}$ 电压之后,断开电源连线,用万用表观察电容缓慢放电现象,并记录下放电时间。在电容器上再并接一个 $1\ \text{M}\Omega$ 的电阻,重复上述实验,记录下电压从 $10\ \text{V}$ 下降到 $5\ \text{V}$ 时所用时间 t_2 。根据 $u_C(t_1)=10\text{e}^{-t_1/\tau_1}=u_C(t_2)=10\text{e}^{-t_2/\tau_2}=5\ \text{V}$ 的关系,通过测量两次放电时间计算电容 C 及电压表内阻。

(2) 实验任务二:观察电容器上电压与电流相位关系。熟练掌握示波器的使用,并掌握坐标系的标注和绘制波形图。

(3) 实验任务三:RC 电路特性观测。

1) 高通滤波器实验。搭建电路,用示波器测量输出,观察电路的高通滤波功能。

2) 超前移相功能实验。搭建电路,用示波器测量输出,观察移相角的超前现象及移相角大小与激励源频率的关系。

3) 微分功能实验。选择恰当的激励源参数,使波形输出完整清晰,绘制波形。

4) 低通滤波器实验。搭建电路,用示波器测量输出,观察电路的低通滤波功能。

5) 滞后移相功能实验。搭建电路,用示波器测量输出,观察移相角的滞后现象及移相角大小与激励源频率的关系。

6) 积分功能实验。选择恰当的激励源参数,使波形输出完整清晰,绘制波形。

7) 时间常数 τ 的测试。掌握绘图法求时间常数 τ 。

8) 耦合功能实验。设计一个激励源的参数(注意信号的周期和耦合电路时间常数的关系),观察该电路作为耦合电路具有的“通交流、隔直流”的功能。解释为什么相同的 RC 电路,对某些信号其功能为耦合作用,对另外一些信号其功能则为微分作用,并通过实验予以观察。

2. 实验过程及要求

(1) 课前预习阶段

1) 完成预习思考题,对电容器及 RC 电路有初步的了解,了解实验内容的设置。

2) 根据本次实验内容,明确本次实验课所需测量的数据参数类型,以及所使用到的实验器材和测量仪器。

3) 结合本次实验目的、实验原理与实验内容,做出实验数据记录表格。

(2) 课上讲解阶段

1) 首先用 5 分钟进行预习小测验,检查学生预习情况。

2) 接着用 10 分钟,随机抽取一名至两名同学到黑板上简单默写本次实验课的实验目的和所涉及的原理、公式等相关基础理论。教师利用这 10 分钟快速翻看小测验情况。这两个环

节,不仅可督促学生预习积极性,而且可以初步了解学生对本节实验内容的掌握情况。

3) 再用 15 分钟,对学生所暴露出来的问题进行简单讲解,帮助学生梳理实验思路。

(3) 实验操作,课上指导阶段

1) 强调实验设备的使用应安全准确,实验操作严谨规范。电路搭建布局合理,仪器仪表连接正确,量程选择恰当。

2) 实行有限指导,每名学生指导次数有限,超过指导次数将适当扣除分数,改正学生在应试教育的情况下养成的过度依赖教师的学习习惯。

(4) 数据记录阶段

要求正确使用仪器仪表,观察实验现象细致准确,数据记录表格设计科学合理。学会根据理论基础初步判断实验结果是否正确,如结果不正确,学习判断并分析故障原因。

(5) 实验结束阶段

如有未完成实验任务,及时做好标记,留待去开放实验室继续完成。然后正确拆解电路及仪器设备,整理实验台、仪器设备,导线、元件等材料正确归位,摆放好椅子,离开实验室。

3. 相关知识及背景

这是一个了解电容器以及 RC 电路功能的基本电路实验。电容器是电路中的储能元件,在电子电路中用途广泛。RC 电路即电阻和电容的组合电路,可以构成移相、积分、微分、滤波和耦合等各种功能电路,是构成各种功能电路的基本要素,在各类电子产品中均有非常重要的应用。

此外,对于第一次接触专业实验的大一学生来说,需要培养良好的实验习惯,通过充分的预习,并通过实验掌握合理搭建电路、使用仪器设备、正确观察实验现象、分析记录实验数据、撰写实验总结报告等技能。

4. 教学目的

要准确把握住电路实验作为基础实验课的课程定位,以培养学生良好的实验习惯为主要目的。注意把实验课中零散而分散的知识点串联,强调理论知识的体系性,完整性,形成条理清晰的知识脉络,加深学生对专业知识的理解与掌握。

一些工程实验相关知识点在理论教学环节容易忽略而一带而过。通过实验让学生操作、体验,通过尝试性的操作和对测量结果的分析,来体会一些基本知识点在实验现象中是如何表现出来的。让学生体会到通过探索尝试自己也可以分析实验过程中遇到的问题,并获得需要的答案,从而促进学生实验意识的养成,让学生知其然,更知其所以然。

5. 实验教学与指导

本实验作为大学一年级的专业基础实验课,主要包括课前预习,课上预习检查,有针对性讲解,实验过程评价,课程结束时考核,开放实验室补充,提交实验报告七个部分。

首先明确电路实验课的功能定位为“掌握实验方法和知识理解+良好实验习惯的养成和专业素质的培养”,教学与指导主要从以下几个环节做起。

(1) 强化实验预习环节,指导教师根据实验教材预习思考题中的各种问题,随机确定两道题,按学生座位单双号分配题目(相邻座不重题),以笔答形式检查学生的预习情况并给出预习成绩。用严格的考试制度形成压力,来督促学生预习。

(2) 在学生完成了良好的预习基础上,取消了实验课前老师介绍实验原理、方法的环节,改为把实验中会遇到的共性问题列出来,对预习小考不理想的同学,进行有针对性的抽查,以此介绍本次实验的核心问题。此外,采取“激励式”实验指导形式,即老师指导学生实验的次数是有一定额度限制的(该额度是依据在通常情况下,每一个学生需要被指导次数的平均值),若

在本门实验课中老师指导某个学生实验的累计次数超过该额度,则视超过次数的多少在平时成绩中给予相应的扣分。

(3) 注重实验过程监控环节,每一个实验项目所对应的实验数据表格下面都配有针对该组数据的总结分析性问题,通过回答该问题,可以考查学生对实验任务的掌握程度。学生做完实验项目得出实验数据后,需立刻回答该问题,老师通过及时检查这些问题,可以直接掌握学生的学习状态。改变实验就是单纯的操作与数据的获得的惯性思维,使学生实验质量始终处于被监控状态。

(4) 针对大一学生,合理利用开放实验室。对于实验课上由于预习不好,对实验理解不充分而完成不好的学生,要求他们必须进入开放实验室,完成相应学时的实验来增加对实验的掌握,并由开放实验室值班教师给予开放课成绩评定,作为补充。对于实验中学有余力的学生,也要有拓展性的实验内容,并提供开放实验室,使其能够继续完成。

6. 实验原理及方案

(1) 关于电容器

电容器是由两个相距很近的电极板(金属材料)之间充填绝缘材料后,在极板上引出连线所构成。它具有在极板上存储电荷的作用,存储电荷能力的大小用电容量来衡量,基本单位是法拉(F)。

从电容器的外部特性来看,电容量的大小和它两端的电压及存储的电荷之间的关系是 $C=\frac{q}{u}$ 。

有极性电容适用电路中的电压波形如图 1-2-1(a)所示,即电压波形始终是在一个极性上波动(图 1-2-1(a)为电压始终为正),而不是像图 1-2-1(b)那样电压在两种极性上来回变化(极性不固定)。

在选用电容时还一定要注意电容耐压值(能够承受电压)的大小,若电路上的电压高于电容的耐压值,将会造成电容绝缘层的击穿,进而会造成电路的损坏。

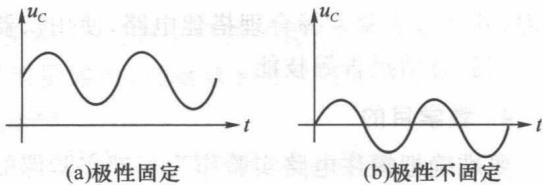


图 1-2-1 极性固定和不固定的电压波形

(2) 关于 RC 电路

RC 电路就是电阻和电容组合的电路,RC 电路可以构成移相、积分、微分、滤波和耦合等各种功能电路,它是构成各种功能电路的基本要素,在各类电子产品中均有非常重要的应用,了解它们的特性是本次实验的核心问题。

1) 关于电容上电压和电流相位关系的测量

在某参考方向下,电容上电流 i_c 与电压 u_c 的关系为 $i_c=C\frac{du_c}{dt}$,这个表达式适用于任意情况下电容上电压与电流的关系(包括瞬态的变化)。若给电容施加频率稳定的正弦波电压时,电容对该电压表现为一个阻值确定的阻抗,其阻抗大小 $Z_c=\frac{1}{j\omega C}$,电压和电流的表达式为 $\dot{U}_c=Z_c\cdot\dot{I}_c=\frac{1}{j\omega C}\dot{I}_c$,其中 j 是相位因子,表示 $\dot{U}_c$ 滞后 $\dot{I}_c 90^\circ$ 相角。

2) 关于 RC 移相电路

由于移相电路只是 u_s 和 u_1 之间的相位产生移动,而频率不发生变化,因此可以采取用示波器观测两个电压的波形的办法,来观察移相角的大小。假设观测的波形如图 1-2-2 所示,则移相角 φ 的大小可按以下方法计算 $\varphi=\frac{t_1}{T}360^\circ$ 。其中 T 为这两个同频信号的周期, t_1 为两个信号到达