

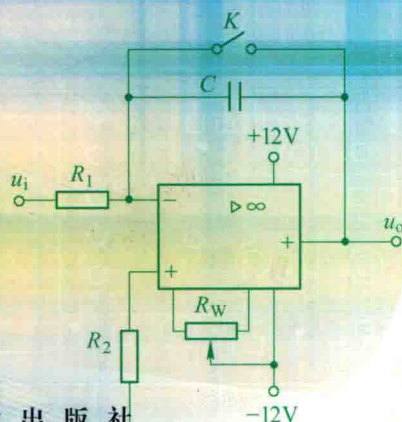
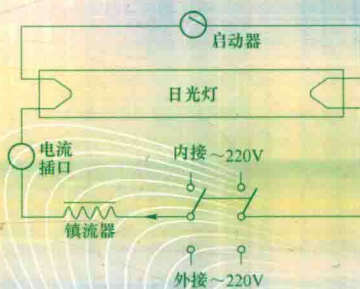


普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

电路与电子技术 实验指导书

孟繁钢 主编



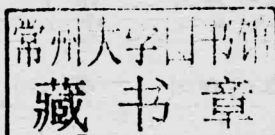
冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

电路与电子技术实验指导书

主 编 孟繁钢
参 编 曲 强 贾玉福



北 京

冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

本书系按照高等学校电路与电子技术课程的教学要求,结合作者多年来从事电路与电子技术理论教学和实践教学经验而编写的。全书包括17个实验项目,每个实验项目分为基础要求和扩展要求两部分,突出体现对学生实践能力和创新能力的培养,内容覆盖电路与电子技术课程范围,实验难度循序渐进,阶梯上升,满足对不同层次的创新型和应用型人才培养的需求。

本书为高等院校电路与电子技术实验课程的教材或教师参考书,也可供非电类专业电工电子实验课程的学生选用。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验指导书/孟繁钢主编. —北京:
冶金工业出版社, 2017.3

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7479-9

I. ①电… II. ①孟… III. ①电路—实验—高等学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校—教材
IV. ①TM13-33 ②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第047538号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 宋 良 郭冬艳 美术编辑 吕欣童 版式设计 吕欣童

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7479-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2017年3月第1版,2017年3月第1次印刷

148mm×210mm;4.625印张;136千字;141页

13.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

电路与电子技术实验是与电路与电子技术理论课程教学相配套的实践教学环节,通过设计性、综合性和创新性实验,向学生展示电路原理、模拟电子技术、数字电子技术的基本原理以及电路设计技巧,为学生学习本专业知识和从事本专业工作提供必要的电路与电子技术知识基础,提高学生设计电路、调试电路和利用电路解决实际问题的能力。

全书实验是辽宁科技大学相关教师多年实践教学工作经验的整理与总结,内容覆盖电路与电子技术课程范围,实验难度循序渐进,阶梯上升,全部实验均已用于我校相关专业的实际教学,经过多年的实验教学论证,满足对不同层次的创新型和应用型人才培养的需求,适合于普通高等学校非电类专业使用。

本书具有以下特点:第一、在教学理念上针对学生学习能力的不同因材施教,安排较多的综合性、设计性实验,为学有余力的学生留出深入学习的空间。每个实验内容分为基本实验和扩展实验,鼓励学有余力的学生挑战难度大的实验。第二、在教学内容安排上,增加了仿真实验,强调学生自行设计电路,并进行仿真验证。第三、为了学生预习方便,在每个实验项目上都标出验证性实验或者设计性实验及参考实验学时,以供广大教师和同学参考。

全书内容由孟繁钢组织编写;其中实验二、实验七、实

验十一及附录由曲强编写，实验十二、实验十四、实验十五由贾玉福编写，其余实验由孟繁钢编写；全书由孟繁钢统稿。

在编写过程中，得到了辽宁科技大学电信学院孙红星教授、陈志斌教授的支持和指导，并提出了宝贵的建议，在此表示衷心的感谢。

在编写过程中，参考了有关文献的相关内容，在此对相关文献的作者表示感谢。

非常感谢辽宁科技大学教务处对本书编写和出版工作的大力支持！

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和疏漏，恳请读者批评指正。

作 者

2016年12月

目 录

实验 1	电工电子系统实验装置的使用	1
实验 2	基尔霍夫定律与替代定理	6
实验 3	叠加定理	12
实验 4	直流电路的设计与研究	15
实验 5	用三表法测量交流电路等效阻抗	24
实验 6	日光灯电路和功率因数的提高	29
实验 7	RLC 串联电路的谐振	36
实验 8	三相电路的研究	42
实验 9	波形变换器的设计与测试	50
实验 10	晶体管共射极单管放大器的设计与测试	57
实验 11	集成运算放大器的分析与设计	66
实验 12	基本逻辑门电路	76
实验 13	组合逻辑电路的设计与测试	81
实验 14	触发器及其应用	89
实验 15	计数器及其应用	97
实验 16	整流滤波与并联稳压电路	103
实验 17	集成直流稳压电源的设计与制作	109
附录 1	常用集成电路引脚图	117
附录 2	电阻器的标称值及精度色环标志法	121
附录 3	用万用电表对常用电子元件检测	124
附录 4	示波器原理及使用	129
参考文献		141

实验 1 电工电子系统实验装置的使用

(计划学时: 2 学时)

一、实验目的

- (1) 熟悉电工电子系统实验装置的使用方法。
- (2) 熟悉示波器的使用。

二、实验仪器设备

电工电子系统实验装置、示波器。

三、实验原理与说明

1. 电工电子系统实验装置仪表介绍

电工电子系统实验装置所使用仪表均为自行特殊设计的仪表, 型号为 JDA-21 型; 如图 1-1 所示。图 1-1 中 (a)、(b)、(c)、(d) 依次为直流电压表、直流电流表、交流电压表、交流电流表。这些仪表均为数模双显表, 具有指针式仪表和数字式仪表, 能够同时显示电流或电压。图 1-1 中 (e) 为交直流功率表。此表的指针式仪表为功率因数表, 数字式仪表为功率表。

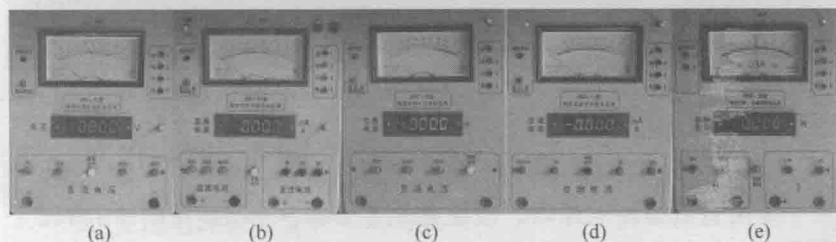


图 1-1 实验仪表

JDA-21 型仪表具有保护功能,一旦仪表使用错误,将启动保护功能,避免损坏仪表,同时对超限记录记错。JDA-21 型仪表还具有锁存功能,能够将数字式仪表所显示的数据锁存,避免数字式仪表的波动。

2. 实验台直流稳压电源与直流稳流电源的使用

实验台设有两个独立的直流稳压电源,如图 1-2 (b)、(c) 所示。输出电压均可通过调节“粗调”与“细调”多圈电位器使输出电压在 $0 \sim 25\text{V}$ 范围内改变,每个直流稳压电源的额定输出电流为 1A 。输出电压可由面板指示电表作粗略指示。使用时注意正确接线及极性,防止输出短路。多圈电位器可转动 5 圈,应轻转细调。使用完毕,断开电源开关。

直流稳流电源输出电流的调节,可通过分挡粗调开关及细调多圈电位器在 $0 \sim 10\text{mA}$ 及 $0 \sim 200\text{mA}$ 范围内进行调节,如图 1-2 (a) 所示。由于直流稳流电源理论上是不能开路的(就像直流稳压电源不能短路一样),在使用时应预先接好外电路,然后合上直流稳流电源开关。为防止直流稳流电源对外电路的冲击,设置了预调功能,即当直流稳流电源的电源开关断开时,接通一个内部负载,通过调节可在板上方指示电表上显示电流值。当电源开关接通时,就断开内部负载,向外部负载输出已调的电流。内转外时无任何开路冲击现象。

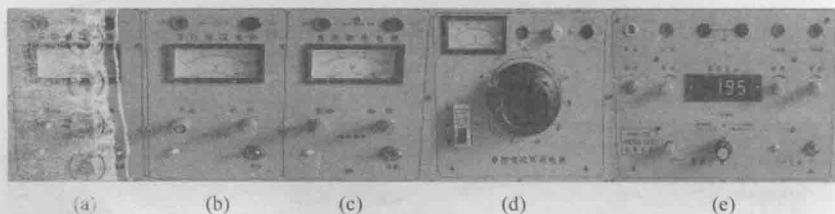


图 1-2 实验仪表

使用直流稳流电源时,应注意当电源开关接通时在任何情况下不要中断外部负载,否则会产生较高输出电压,此时如再度接通外部负载,就可能产生冲击电流使仪表过载记录。如需改接外部线路,

应先断开电源开关,此时内部负载与外部负载是并联的,再断开外线路,就不会使直流稳流电源开路。另外,需注意电源板上小电流表的量限能随着输出电流粗调开关位置同步转换,在 $0 \sim 10\text{mA}$ 位置时满偏是 10mA ,在 $0 \sim 200\text{mA}$ 位置时满偏为 200mA 。

直流稳流电源使用完后应关断开关并将预调电流降低至零。

3. 单相交流调压器介绍

单相交流调压器为改变交流电压的装置。电工电子系统实验装置中的单相交流调压器的输入电压为交流 220V ,输出电压为 $0 \sim 250\text{V}$ 可调;输出功率为 2kW 。如图1-2(d)所示。

电工电子系统实验装置中的单相交流调压器的输入 $\sim 220\text{V}$ 已经接好,只要转动手柄即可调节输出电压,顺时针旋转手柄,输出电压由 $0 \sim 250\text{V}$ 逐渐增加。单相交流调压器自身带有电压表,随时显示输出电压。

4. 信号发生器介绍

信号发生器也叫函数电源或者变频电源,它是一个输出电压可调、输出频率可调的信号电源。输出信号的种类有三角波、方波、正弦波等,分别有不同的输出端。每个输出端下都有一个旋钮用于调节输出电压:顺时针转动旋钮,输出电压增加;逆时针转动旋钮,输出电压减小。在函数电源中间有一个显示屏,用于显示函数电源的输出频率(所有信号的输出频率都相同)。调节输出频率有两个旋钮,其中一个为波段开关,作为输出频率的粗调;另一个多圈电位器作为输出频率的细调。如图1-2(e)所示。

5. 示波器

由于示波器需介绍的内容较多,占用篇幅较大,故安排在附录中介绍。学生在做实验时,由指导教师进行讲解或参看附录。

四、实验内容与步骤

1. 直流电源及其直流仪表的使用

(1) 直流稳压电源及其直流电压表的使用。

将直流稳压电源调到 5V ,然后用直流电压表校对。

将直流稳压电源串联一个 500Ω 电阻, 然后连接到电阻箱 ($\times 100\Omega$) 上, 调节电阻观察直流稳压电源电压是否改变, 如果电压发生变化, 记录变化量。

将直流稳压电源调到 15V , 重复上述步骤, 结果填入表 1-1。

表 1-1 测量直流稳压电源数据表

R	200Ω	300Ω	400Ω	500Ω	600Ω	700Ω	800Ω
5V							
15V							

(2) 直流稳流电源及其直流电流表的使用。

将直流稳流电源调到 5mA , 然后用直流电流表校对。

将直流稳流电源串联一个 500Ω 电阻, 然后连接到电阻箱 ($\times 100\Omega$) 上, 调节电阻观察直流稳流电源电压是否改变, 如果电压发生变化, 记录变化量。

将直流稳流电源调到 25mA , 重复上述步骤, 结果填入表 1-2。

表 1-2 测量直流稳流电源数据表

R	200Ω	300Ω	400Ω	500Ω	600Ω	700Ω	800Ω
5mA							
25mA							

2. 单相电源及其交流电压表的使用

单相交流调压器的输出电压调到 15V , 然后用交流电压表校对。

将单相交流调压器连接到灯箱 (U 相) 上, 观察灯泡的亮度。再将单相交流调压器的输出电压调到 30V , 重新观察灯泡的亮度。

3. 正弦波信号发生器的使用

利用交流电压表将正弦波信号调到 5V , 频率调到 1kHz ; 用示波器观察输出波形, 并且测量其输出波形的电压和频率。

五、实验要求

预习实验指导书中的实验内容及其实验方法与步骤, 并写出预习报告。

六、思考题

(1) 为什么关闭电源开关后, 实验装置中的直流稳流电源上的电流表仍然有读数?

(2) 如果将单相交流调压器的输出电压调为零, 人触摸单相调压器的输出端能否触电?

七、注意事项

(1) 在调节输出电压和输出电流时, 在打开电源之前要先将输出旋钮逆时针旋转到头(使输出为零), 然后再逐渐顺时针调节输出旋钮, 避免打开电源后就有一个大电压(电流)冲击。

(2) 做实验时要注意安全, 通电后, 不要触摸电路中的金属部分。

实验2 基尔霍夫定律与替代定理

(计划学时: 2 学时)

一、实验目的

- (1) 加深对基尔霍夫定律及替代定理的理解。
- (2) 用实验数据验证基尔霍夫定律和替代定理。
- (3) 熟练掌握仪器仪表的使用技术。

二、实验仪器设备

电工电子系统实验装置。

三、实验原理与说明

1. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路理论中最基本的定律之一,它阐明了电路整体结构必须遵守的规律,应用极为广泛。

基尔霍夫定律有两条:一是电流定律,另一是电压定律。

(1) 基尔霍夫电流定律(简称 KCL):对任意节点,在任意时刻,流入该节点所有支路电流的代数和为零(或:流入节点的电流等于流出节点的电流)。

KCL 是电荷守恒和电流连续性原理在电路中任意结点处的反应。是对结点处支路电流和的约束,与支路上接的是什么元件无关,与电路是线性还是非线性无关。KCL 方程是按电流参考方向列写的,与电流实际方向无关。KCL 可推广应用于电路中包围多个结点的任一闭合面。

(2) 基尔霍夫电压定律(简称 KVL):任一时刻,任一回路,沿任一绕行方向,所有支路电压的代数和恒等于零。

KVL 的实质反映了电路遵从能量守恒,是对回路中的支路电压

和的约束，与回路各支路上接的是什么元件无关，与电路是线性还是非线性无关。KVL方程是按电压参考方向列写的，与电压实际方向无关。

替代定理定理：

对于给定的任意一个电路，若某一支路电压为 u_k 、电流为 i_k ，那么这条支路就可以用一个电压等于 u_k 的独立电压源，或者用一个电流等于 i_k 的独立电流源，或用 $R = u_k / i_k$ 的电阻来替代。替代后电路中全部电压和电流均保持原有值。

2. 电流插头与电流插孔的使用

在测量电流时要用到电流表，但是由于每个实验台只准备了一块电流表。而电流表需要串联在电路中，不方便随时取下。因此，在实验室测量电流时，通常采用电流插头与电流插孔配合使用。图 2-1 所示为电流插头和电流插孔的结构。

电流插孔是常闭的金属弹簧片。电流插头是绝缘的插头引出两个导线，一红一黑。

需要测量电流时，将电流插孔串联到需要测量的支路中，电流插孔正常是闭合的，对电路没有影响。将电流插头接到电流表上，需要测量哪个支路电流时，就将电流插头插到该支路的电流插孔中；电流表则串联到该支路上，显示的数值就是该支路的电流。

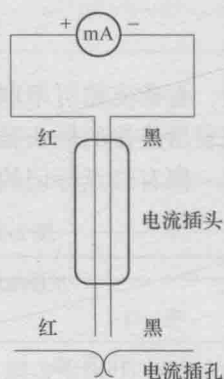


图 2-1 插头和插孔的结构

四、实验内容与步骤

(一) 基本要求

1. 验证基尔霍夫电流定律

(1) 按照图 2-2 所示实验线路接线：取电阻 $R = 1\text{k}\Omega$ 。

(2) 按照表 2-1 测量各个支路的电流，将测量结果填入表 2-1，并与计算值进行比较。

注意：实验时，各条支路电流及总电流用电流表测量。在接线

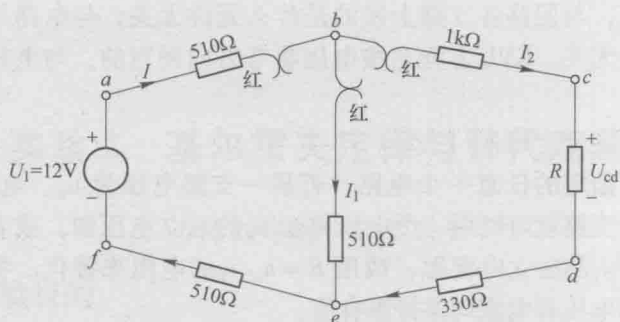


图 2-2 实验线路接线

时，每条支路可串联连接一个电流表插孔。测量电流时，只要把电流表所连接的插头插入即可读数，但要注意插头连接时的极性，插口一侧有红点标记的与插头红线对应。

表 2-1 验证基尔霍夫电流定律测量数据表

项 目 \ 支路电流	I	I_1	I_2
计 算 值			
测 量 值			

(3) 根据图 2-2 中标出的电流方向，计算出节点 b 的电流和，并且计算出误差。数据填入表 2-2。

表 2-2 测量电流误差计算数据表

节 点 \ 相 加	b	d
ΣI (计算值)		
ΣI (测量值)		
误差 ΔI		

2. 验证基尔霍夫电压定律

(1) 按照表 2-3 测量各个支路的电压，将测量结果填入表 2-3，并与计算值进行比较，计算出误差。

表 2-3 验证基尔霍夫电压定律测量数据表

电 压 项 目	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{de}	U_{be}	U_{af}
计算值						
测量值						

(2) 按照表 2-4 中给定的各个回路，计算出各个回路的电压和，并计算值进行比较，计算出误差。

表 2-4 测量电压误差计算数据表

回 路 相 加	$abefa$	$bcdeb$	$abcdefa$
ΣU (计算值)			
ΣU (测量值)			
误差 ΔU			

(二) 扩展要求

(1) 按照图 2-3 所示实验线路接线： cd 间电阻 R 用电压源代替，电压源电压等于电阻电压 U_{cd} 。

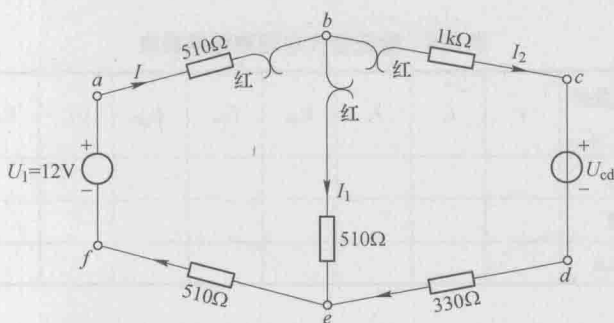


图 2-3 实验线路接线

按照表 2-5 测量各个支路的电流和电压，将测量结果填入表 2-5。

表 2-5 验证替代定理测量数据表

测量数据 项目	I	I_1	I_2	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{de}	U_{be}	U_{af}
计算值									
测量值									
绝对误差 Δ									

(2) 按照图 2-4 所示实验线路接线： cd 间电阻 R 用电流源代替，电压源电压等于电阻电流 I_2 ，结果填入表 2-6。

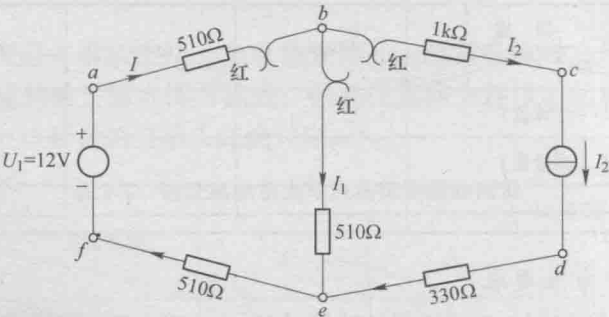


图 2-4 实验线路接线

表 2-6 验证替代定理测量数据表

测量数据 项目	I	I_1	I_2	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{de}	U_{be}	U_{af}
计算值									
测量值									
绝对误差 Δ									

五、实验报告要求

- (1) 完成实验测试、数据列表；根据实验测量结果得出结论。
- (2) 根据电路参数计算出各支路电流及电压；将计算结果与实验测量结果进行比较，说明误差原因。

- (3) 小结对基尔霍夫定律和替代定理的认识。
- (4) 总结收获和体会。
- (5) 回答思考题。

六、思考题

对于非线性电路，基尔霍夫定律是否适用，怎样用实验方法验证？