

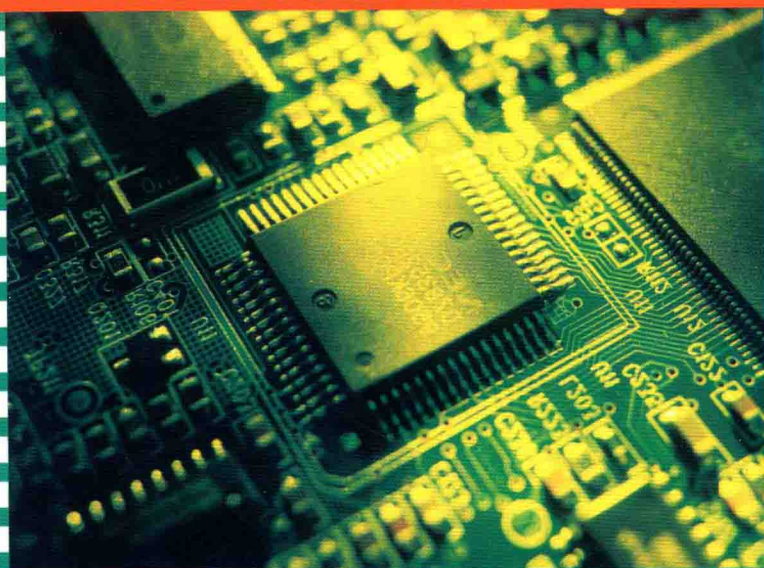
校企合作优秀教材

精品课程配套教材

21世纪应用型人才培养“十三五”规划教材

电工电子实验教程

DIANGONG DIANZI SHIYAN JIAOCHENG



主编 倪元相

西北工业大学出版社

国家985、211大学出版社

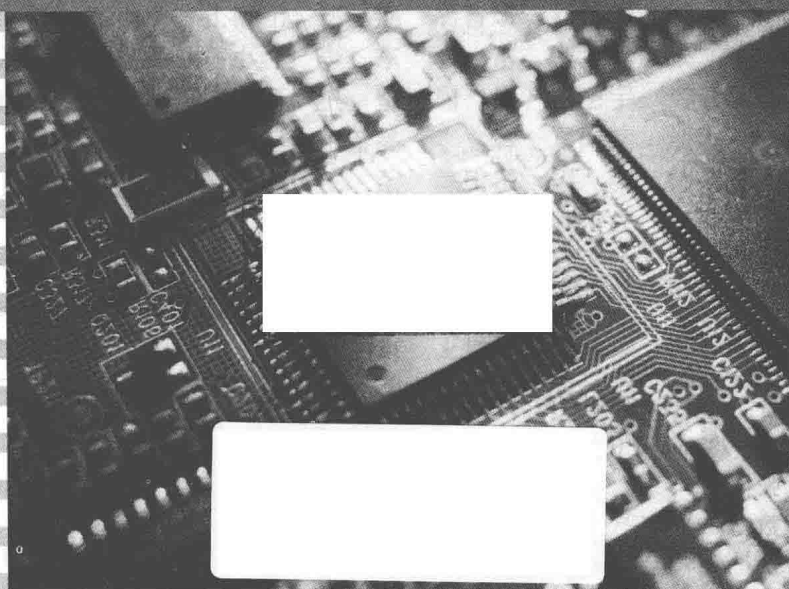
校企合作优秀教材

精品课程配套教材

21世纪应用型人才培养“十三五”规划教材

电工电子实验教程

DIANGONG DIANZI SHIYAN JIAOCHENG



主 编 倪元相
副主编 谭国萍 文亚辉

西北工业大学出版社
国家985、211大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实验教程 / 倪元相主编. — 西安 : 西北工业大学出版社, 2017. 5

ISBN 978-7-5612-5047-1

I. ①电… II. ①倪… 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 (2016) 第 205817 号

出版发行: 西北工业大学出版社	北京志远思博文化有限公司
通信地址: 西安市友谊西路 127 号	邮编: 710072
电 话: (029) 88493844	88491757
网 址: www.nwpup.com	
印 刷 者: 北京俊林印刷有限公司	
开 本: 787mm×1 092mm 1/16	
印 张: 15.5	
字 数: 332 千字	
版 次: 2017 年 5 月第 2 次印刷	
定 价: 36.00 元	

高等院校教育教材研究与编审委员会

主 任: 丁红朝

副主任: (排名不分先后顺序)

魏 力	黄群瑛	郭福琴	陈丽佳	潘邦贵	黄爱科	武跃春	黄超平
周 洁	吴让军	宋君远	周 宇	郭 波	张 莉	王 力	庄小将
田 君	仲 蓬	林光友	刘智勇	肖 湘	耿喜则	程文明	邓 恩
胡景煌	李金伟						

委 员: (排名不分先后顺序)

王汝志	仲崇高	邓光明	王 玲	李青阳	柯晶莹	刘秀峰	梁 珺
郑 璁	颜 伟	冉恩贵	邓景泉	刘恽凡	王东坡	靳炜伟	何春华
马 毅	顾晨婴	周瑞强	李 飞	陈桂平	殷志文	余 鹏	陈力攀
陈 辉	石莉萍	洪 歧	刘春景	李元杰	李建清	李良霄	吴智勇
吴剑锋	熊勇权	何志昂	包耀东	梁 锐	杨荣军	朱纪红	陈晓川
喻建晖	陈瑞霞	朱 飞	王喜荣	徐 霞	马海祥	叶大萌	石敦岗
尹渔清	张雪佳	郑连弟	董 慧	叶 凡	张翠华	游春华	芦书荣
林金兰	李素云	曾晓文	杨子武	谭筱南	禹 青	李 莉	朱增峰
韩俊强	杨保香	张文洲	将 平	刘仁芬	李奇志	陈晓川	廖秀珍
徐仁旭	郝兴武	徐 磊	黄方正	毛光峰	齐佳敏	马世新	冯方友
周 箭	郑小平	孔德元	郑 艳	胡智斌	刘德华	赵 越	高启明
林幼斌	陈兴平	马小红	李 东	李 富	韦家明	张 萍	李秀菊
刘助忠	杨 迪	钱 柯	王 莹	周 庆	白洁宇	封 岚	王玉勤
罗 勇	张建新	杨志学	王希晶	李立辉	夏同胜	刘小军	张秀芳
谭目发	黄宏彬	刘劲志	王 荣	陈田国	周 南	韩在霞	邱惠芳
刘 明	李 锐	刘 舟	张家荣	刘炳康	刘可夫	徐顺志	杨安宁
章志杰	刘静萍	黄 芸	胡久江	王少英	张文华	张崇友	张 莉
吴志军	马 骏	戴小波	韩 芳	陈晓霞	何 方	李 炳	王永照
李文胜	刘 羽	欧 雅	肖莉贞	王焕毅	张 琛	柳志刚	徐 莉
王 彦	李东文	米双红	容 莉	张 薇	黄 健	杨勇军	付宏华
银 峰	卢 瑜	王志强	范玲俐	杨俊峰	张俊峰	吴青松	朱志辉
韩 芳	毛用春	何 辛	朱 琴	吴德永	王 涛	童广印	赵华玮
刘 宏	刘 飞	张元越	罗晓军	李传健	向佐春	岳文忠	于 森
蒋粤闽	陈飞飞	龙 游	李 凯	谭 波	喻靖文	刘丽霞	陶晓峰
邱春高	罗利华	王艳芹	罗志明	徐明川	宋长昆	杨 艳	苏 华
阳玉秀	文英兰	卢 竹	任春茹	张永红	刘 晖	蔡传柏	李 虹
李永华	陈金洪	候学刚	邱漠河	唐荣林	高彩霞	周 冲	邓嘉燕
张福霞	孙建超	沈恒昶	朱玉萍	袁战军	董建利	王绍光	岳士凯
蒋国宏	桑莉琳	范飞飞	夏清明	谢晓杰	张红丽	梁燕燕	王德礼
李芙蓉	马晓明	张艳平	熊义成	程元清	任郁楠	张小亚	黄永强
郭美斌	钟祥荣	覃晓康	张琳茜				

前 言

本书是根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要》及《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革指导意见》的精神,参照教育部的《电工与电子技术》教学大纲,以提高应用型学生创业、就业能力为导向,以突出技能训练和培养应用型人才为目标,编写而成的。

随着科学技术的发展,电工技术和电子技术不仅是电类专业,也是许多工科专业重要的技术基础课,其实验教学在培养各专业学生工程能力和创新能力过程中扮演着重要的角色。在编写实验教程的过程中,我们力求既减少和理论课程重复,又避免做理论课的附庸,尽量自成体系。

全书分三部分,共六章。第一部分是电路基础实验,第二部分是模拟电子技术实验,第三部分是数字电子技术实验,每部分均分基础性实验和综合设计性实验两部分。其中,基础性实验紧密结合理论教学内容,将基本概念、基本原理渗透到具体的实验内容及操作中。通过实验掌握操作规程和各种实验仪器设备的使用方法,学会分析、处理、总结数据和撰写报告,达到巩固理论知识和掌握实验技能的教学目的。综合设计性实验给定一定的实验要求和实验条件,设定实验方案,通过计算机仿真、制作和调试等手段完成实验。强调学生的自主性和综合运用性,以培养学生触类旁通、举一反三的创新能力,为学生创新创业奠定良好的基础。

本书具有通用性,采用一般的实验箱及自己组装电路均可完成。实验内容丰富,实验题目数量较多,给不同实验学时要求的实验课程在选择实验题目方面带来很大的灵活性。

本书由广东理工学院倪元相任主编,谭国萍、文亚辉担任副主编。广东理工学院的王健、宋家驹、梁子卫、王天凤、杨振波参编;王健担任主审。在编写过程中,得到了黎钰珍老师的大力帮助。同时,本书在编写过程中参考和借鉴了部分同类教材和相关著作,在此一并表示感谢!

限于学识和经验,疏漏之处恳请同行与读者指正。反馈意见和要求请发送至 2880524430@qq.com 邮箱,欢迎赐教。

编 者
2017年5月

目 录

第一章 电路基础基础性实验	1
实验一 常用元件伏安特性的测试	1
实验二 基尔霍夫定律的验证	7
实验三 叠加定理、齐性定理的验证	9
实验四 戴维南定理的验证	12
实验五 运算放大器和受控源的研究	16
实验六 含有受控源电路的研究	24
实验七 一阶、二阶动态电路	28
实验八 R 、 L 、 C 元件性能的研究	33
实验九 RLC 串联电路的幅频特性与谐振现象研究	38
实验十 三表法测量单相交流参数	42
实验十一 三相交流电路负载电流、电压测量	46
实验十二 交流电路中的互感	52
实验十三 二端口网络的研究	56
实验十四 低压电器控制电路及其应用	60
第二章 电路基础综合设计性实验	63
实验一 万用表线路的计算和安装调试	63
实验二 白炽灯线路的安装	72
实验三 恒流源的制作与测试	74



第三章 模拟电子技术基础性实验	76
实验一 单管共射极放大电路的安装与测试	76
实验二 两级交流放大电路的安装与测试	81
实验三 射极跟随电路的安装与测试	84
实验四 负反馈放大电路的安装与测试	87
实验五 差动放大电路的安装与测试	91
实验六 集成运放常用电路的安装与测试	94
实验七 电压比较器的安装与测试	99
实验八 RC 正弦波振荡电路的安装与测试	101
实验九 集成功率放大电路的安装与测试	107
实验十 串联稳压电路的安装与测试	110
实验十一 集成稳压电路的安装与测试	114
实验十二 互补对称功率放大电路的安装与测试	120
第四章 模拟电子技术综合设计性实验	122
实验一 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	122
实验二 函数信号发生器的组装与测试	129
实验三 可调直流稳压电源的组装与调试	135
实验四 音频功率放大器的设计与测试	139
第五章 数字电子技术基础性实验	144
实验一 门电路功能测试及其组合运用	144
实验二 组合逻辑电路分析与设计	151
实验三 TTL 集电极开路门与三态门的应用	154
实验四 译码器、数据选择器的逻辑测试和应用	160
实验五 触发器逻辑功能的测试与转换	164
实验六 计数器的测试与应用	169
实验七 移位寄存器及其应用	179
实验八 集成定时器应用电路及测试	182
实验九 D/A, A/D 转换器	189



第六章 数字电子技术综合设计性实验	195
实验一 八路抢答器的设计制作与调试	195
实验二 交通灯控制电路的设计与调试	197
实验三 数字钟的设计制作与调试	205
实验四 洗衣机定时控制电路的设计制作与调试	207
实验五 病房呼叫系统的设计	211
附录 1 VC890D/VC890C 数字万用表使用简介	212
附录 2 HG1600 系列函数信号发生器/计数器使用简介	216
附录 3 常用电阻电容标称值	219
附录 4 常用整流二极管参数	220
附录 5 常用稳压二极管参数	221
附录 6 常用晶体管参数	222
附录 7 数字电路实验基本知识	223
附录 8 常用逻辑门电路新旧逻辑符号对照表	227
附录 9 常用集成电路芯片管脚及功能简介	228
参考文献	237

第一章

电路基础基础性实验

实验一 常用元件伏安特性的测试

一、实验目的

1. 掌握线性电阻元件、非线性电阻元件及电源元件伏安特性的测量方法。
2. 学习直读式仪表和直流稳压电源等设备的使用方法。

二、仪器设备

1. 组装电路或电路分析实验箱。
2. 数字万用表。

三、实验原理

电阻性元件的特性可用其端电压 U 与通过它的电流 I 之间的函数关系来表示，这种 U 与 I 的关系称为电阻的伏安关系。如果将这种关系表示在 $U - I$ 平面上，则称为伏安特性曲线。

1. 线性电阻元件的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，该直线斜率的倒数就是电阻元件的电阻值，如图 1.1.1 所示。由图可知，线性电阻的伏安特性对称于坐标原点，这种性质称为双向性，所有线性电阻元件都具有这种特性。

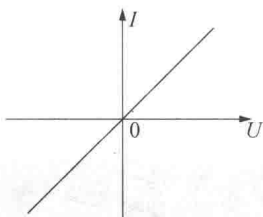


图 1.1.1 线性电阻元件伏安特性曲线

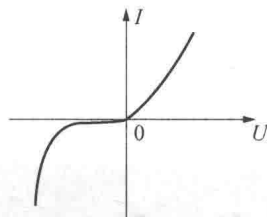


图 1.1.2 二极管伏安特性曲线

半导体二极管是一种非线性电阻元件，它的阻值随电流的变化而变化，电压、电流不服从欧姆定律。半导体二极管的电路符号用 $\text{—}\blacktriangleright\text{—}$ 表示，其伏安特性曲线如图 1.1.2 所示。由图可见，半导体二极管的伏安特性曲线对于坐标原点是**不对称的，具有单向性特点。因此，半导体二极管的电阻值随着端电压的大小和极性的不同而不同，当直流电源的正极加于二极管的阳极而负极与阴极连接时，二极管的电阻值很小，反之二极管的电阻值很大。

2. 电压源。能保持其端电压为恒定值或是时间的函数，且内部没有能量损失的电压源称为理想电压源。理想电压源的符号和伏安特性曲线如图 1.1.3 (a) 所示。

理想电压源实际上是不存在的，实际电压源总具有一定的能量损失，这种实际电压源可以用理想电压源与电阻的串联组合来作为模型（见图 1.1.3 (b)）。其端口的电压与电流的关系为

$$U = U_s - IR_s$$

式中，电阻 R_s 为实际电压源的内阻，上式的关系曲线如图 1.1.3 (b) 所示。显然实际电压源的内阻越小，其特性越接近理想电压源。直流稳压电源的内阻很小，当通过的电流在规定的范围内变化时，可以近似地当作理想电压源来处理。

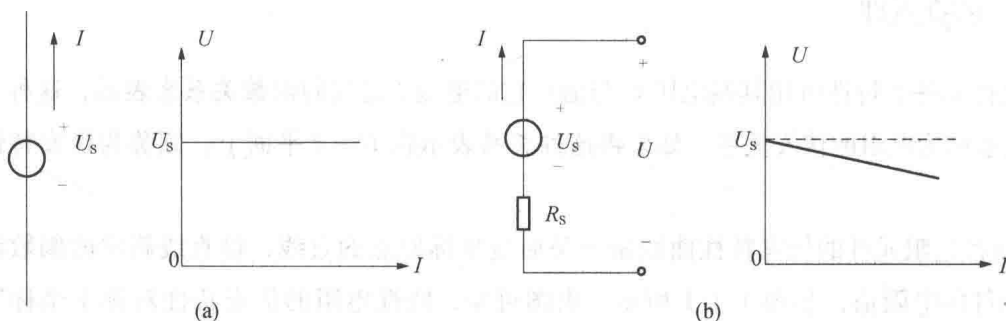


图 1.1.3 理想电压源、实际电压源的符号和伏安特性曲线

3. 电压、电流的测量。用电压表和电流表测量电阻时，由于电压表的内阻不是无穷

大, 电流表的内阻不是零, 所以会给测量结果带来一定的方法误差。

例如在测量图 1.1.4 中的 R 支路的电流和电压时, 电压表在线路中的连接方法有两种可供选择。如图中的 1-1' 点和 2-2' 点, 当电压表在 1-1' 处时, 电流表的读数为流过 R 的电流值, 而电压表的读数不仅含有 R 上的电压降, 而且含有电流表内阻上的电压降, 因此电压表的读数较实际值为大; 当电压表在 2-2' 处时, 电压表的读数为 R 上的电压降, 而电流表的读数除含有电阻 R 的电流外还含有流过电压表的电流值, 因此电流表的读数较实际值为大。

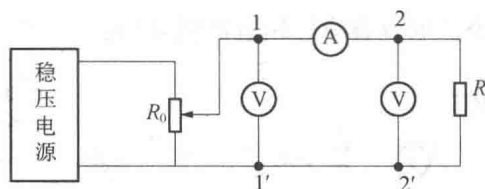


图 1.1.4 电压表和电流表测量电阻电路图

显而易见, 当 R 的阻值比电流表的内阻大得多时, 电压表宜接在 1-1' 处; 当电压表的内阻比 R 的阻值大得多时则电压表的测量位置应选择在 2-2' 处。实际测量时, 某一支路的电阻常常是未知的, 因此, 电压表的位置可以用下面方法选定: 先分别在 1-1' 和 2-2' 两处试一试, 如果这两种接法电压表的读数差别很小, 甚至无差别, 即可接在 1-1' 处。如果两种接法电流表的读数差别很小或无甚区别, 则电压表接于 1-1' 处或 2-2' 处均可。

四、实验内容与步骤

(一) 测定线性电阻的伏安特性

按图 1.1.5 所示接好线路, 经检查无误后, 接入直流稳压电源, 调节输出电压依次为表 1.1.1 中所列数值, 并将测量所得对应的电流值记录于表 1.1.1 中。

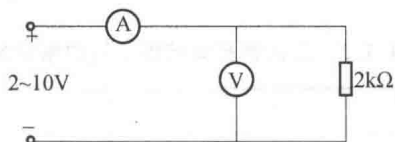


图 1.1.5 测定线性电阻的伏安特性电路图

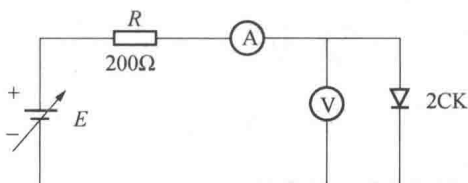


表 1.1.1 线性电阻伏安特性实验数据记录表

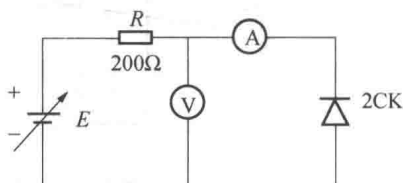
U/V	0	2	4	6	8	10
I/mA						

(二) 测定半导体二极管的伏安特性

选用 2CK 型普通半导体二极管作为被测元件, 实验线路如图 1.1.6 (a) (b) 所示。图中电阻 R 为限流电阻, 用以保护二极管。当测二极管反向特性时, 由于二极管的反向电阻很大, 流过它的电流很小, 电流表应选用直流微安挡。



(a) 二极管正向特性电路图



(b) 二极管反向特性电路图

图 1.1.6

1. 正向特性。按图 1.1.6 (a) 所示接线, 经检查无误后, 开启直流稳压源, 调节输出电压, 使电流表读数分别为表 1.1.2 中的数值, 对于每一个电流值测量出对应的电压值, 记入表 1.1.2 中, 为了便于作图, 在曲线的弯曲部位可适当多取几个点。

表 1.1.2 二极管正向特性实验数据记录表

I/mA	0	$1\mu A$	$10\mu A$	$100\mu A$	1	3	10	20	30	40	50...	...90	150
U/V													

2. 反向特性。按图 1.1.6 (b) 所示接线, 经检查无误后, 接入直流稳压电源, 调节输出电压为表 1.1.3 中所列数值, 并将测量所得相应的电流值记入表 1.1.3 中。

表 1.1.3 二极管反向特性实验数据记录表

U/V	0	5	10	15	20	
$I/\mu A$						

(三) 测定理想电压源的伏安特性

实验采用直流稳压电源作为理想电压源, 其内阻在和外电路电阻相比可以忽略不计的情况下, 其输出电压基本维持不变, 可以把直流稳压电源视为理想电压源, 按图 1.1.7 接线, 其中 $R_1 = 200\Omega$ 为限流电阻, R_2 为 $1k\Omega$ 电位器, 作为稳压电源的负载。

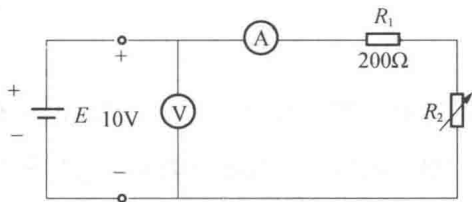


图 1.1.7 理想电压源伏安特性实验电路图

接入直流稳压电源，并调节输出电压 $E = 10\text{V}$ ，由大到小改变电阻 R_2 的阻值（用 $1\text{k}\Omega$ 的电位器），使其分别等于 620Ω ， 510Ω ， 390Ω ， 300Ω ， 200Ω ， 100Ω ，将相应的电压、电流数值记入表 1.1.4 中。

表 1.1.4 理想电压源伏安特性实验数据记录表

R_2/Ω	620	510	390	300	200	100
U/V						
I/mA						

（四）测定实际电压源的伏安特性

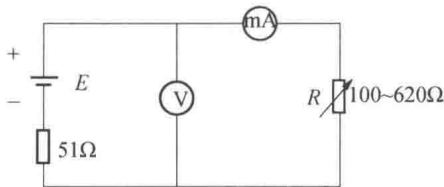


图 1.1.8 实际电压源伏安特性实验电路图

首先选取一个 51Ω 的电阻，作为直流稳压电源的内阻与稳压电源串联组成一个实际电压源模型，其实验线路如图 1.1.8 所示。其中负载电阻仍然取 620Ω ， 510Ω ， 390Ω ， 300Ω ， 200Ω ， 100Ω 各值。实验步骤与前项相同，测量所得数据填入表 1.1.5 中。

表 1.1.5 实际电压源伏安特性实验数据记录表

R/Ω	开路	620	510	390	300	200	100
U/V	10						
I/mA	0						



五、思考题

有一个线性电阻 $R = 200\Omega$ ，用电压表、电流表测电阻 R ，已知电压表内阻 $R_V = 10k\Omega$ ，电流表内阻 $R_A = 0.2\Omega$ ，问电压表与电流表采用怎样的接法其误差较小？

六、实验报告要求

1. 用坐标纸画出各元件的伏安特性曲线，并作出必要的分析。
2. 回答思考题，并画出测量电路图。



实验二 基尔霍夫定律的验证

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫电流定律和电压定律。
2. 加深对电流、电压参考方向的理解。

二、仪器设备

1. 组装电路或电路分析实验箱。
2. 直流毫安级电流表。
3. 数字万用表。

三、实验原理

基尔霍夫定律是集总电路的基本定律，它包括电流定律和电压定律。

基尔霍夫电流定律 (KCL)：在集总电路中，任何时刻，对任一节点，所有支路电流的代数和恒等于零。

基尔霍夫电压定律 (KVL)：在集总电路中，任何时刻，沿任一回路所有支路电压的代数和恒等于零。

四、实验内容与步骤

1. 实验前先任意设定三条支路的电流参考方向，可采用如图 1.2.1 中所示的 I_1 , I_2 , I_3 。
2. 按图 1.2.1 所示接线。

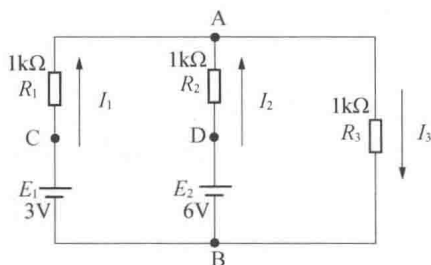


图 1.2.1 基尔霍夫定律实验电路图



- 按图 1.2.1 分别将 E_1 , E_2 两路直流稳压电源接入电路, 令 $E_1 = 3\text{V}$, $E_2 = 6\text{V}$, $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 1\text{k}\Omega$, $R_3 = 1\text{k}\Omega$ 。
- 将直流毫安级电流表 (或万用表直流毫安挡) 串联在 I_1 , I_2 , I_3 支路中 (注意: 直流毫安级电流表的 “+、-” 极与电流的参考方向)
- 确认连线正确后, 再通电, 将直流毫安级电流表的值记录在表 1.2.1 中。
- 用数字万用表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值, 记录在表 1.2.1 中。

表 1.2.1 基尔霍夫定律实验数据记录表

被测量	I_1 / mA	I_2 / mA	I_3 / mA	U_{R_1} / V	U_{R_2} / V	U_{R_3} / V
计算值						
测量值						
相对误差						

五、实验报告要求

- 选定实验电路中的任一个节点, 将测量数据代入基尔霍夫电流定律, 加以验证。
- 选定实验电路中的任一闭合电路, 将测量数据代入基尔霍夫电压定律, 加以验证。
- 将计算值与测量值比较, 分析误差原因。

实验三 叠加定理、齐性定理的验证

一、实验目的

1. 验证叠加定理，齐性定理。
2. 正确使用直流稳压电源和万用电表。

二、仪器设备

1. 组装电路或电路分析实验箱。
2. 直流毫安级电流表。
3. 数字万用表。

三、实验原理

叠加原理不仅适用于线性直流电路，也适用于线性交流电路，为了测量方便，用直流电路来验证它。叠加原理可简述如下：

在线性电路中，任一支路中的电流（或电压）等于电路中各个独立源分别单独作用时在该支路中产生的电流（或电压）的代数和，所谓一个电源单独作用是指除了该电源外其他所有电源的作用都去掉，即理想电压源所在处用短路代替，理想电流源所在处用开路代替，电路结构也不作改变。

由于功率是电压或电流的二次函数，因此叠加定理不能用来直接计算功率。例如在图 1.3.1 中：

$$I_1 = I_1' - I_1''$$

$$I_2 = -I_2' + I_2''$$

$$I_3 = I_3' + I_3''$$

显然

$$P_{R_1} \neq (I_1')^2 R_1 + (I_1'')^2 R_1$$

齐性定理：在线性电路中，当所有激励（电压源和电流源）都同时增大或缩小 K 倍时，响应（电压和电流）也将同样增大或缩小 K 倍。