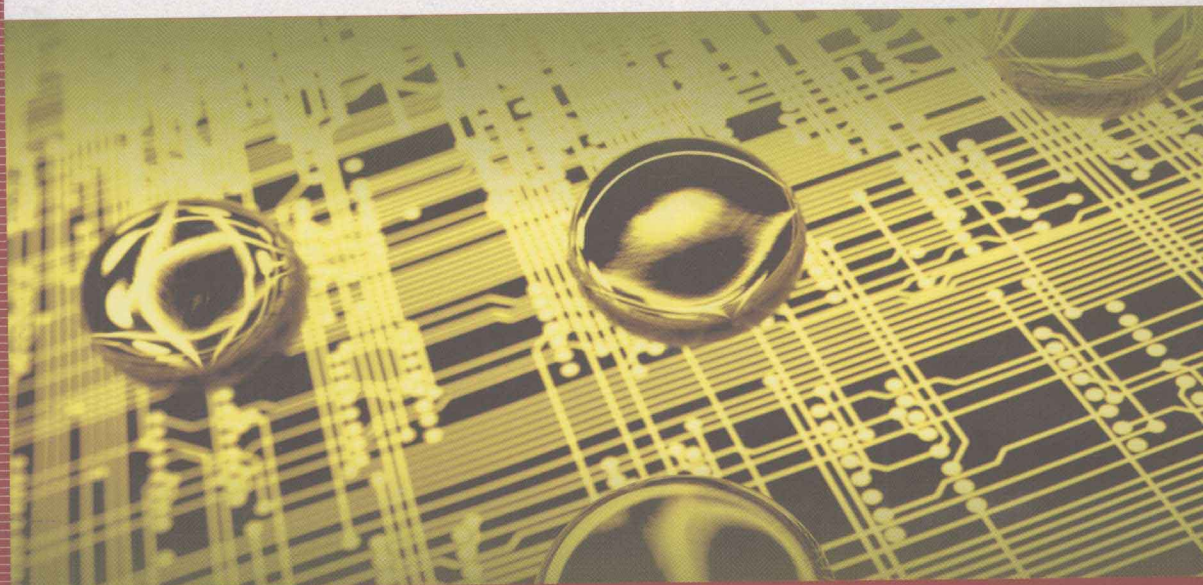




普通高等院校电工电子实验课程“十二五”规划教材

电工学实验 及电子实习指导

柴志军 王云霞 冉玲苓 主编
王积翔 主审



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等院校电工电子实验课程“十二五”规划教材

电工学实验及电子 实习指导

柴志军 王云霞 冉玲苓 主编
王积翔 主审

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书分为三个部分:第一部分为电工学实验,共16个实验项目。在这些实验中除了有传统的基本电路理论验证性实验外,还安排了部分发挥性较强的综合性实验内容。遵循由易到难的原则设置实验内容。第二部分为仿真实验,包括Multisim10的使用和4个实验项目。第三部分为电子实习,主要介绍元器件的识别和实习技能培养。附录列出了部分实验仪器的使用说明,列举了具体的使用方法。

本书的内容具有较强的可操作性和一定的通用性,本书主要作为电子类相关专业电工学实验及电子实习课程的教材,也可作为其他行业及高等院校有关专业的实验课教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验及电子实习指导/柴志军,王云霞,冉玲苓
主编. —北京:国防工业出版社,2011.7
普通高等院校电工电子实验课程“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-07484-0

I. ①电... II. ①柴... ②王... ③冉... III. ①电
工—实验—高等学校—教学参考资料②电子技术—实
习—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM1-33②TN-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第126174号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

腾飞印务有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 220 千字

2011年7月第1版第1次印刷 印数 1—4000 册 定价 25.00 元

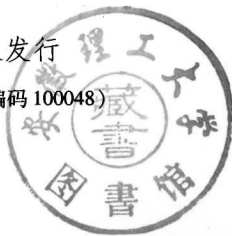
(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764



前 言

电工学课程是大学本科、专科电子及其相关专业的一门实践性很强的、重要的基础课程,是学习一切电气工程技术的基础。其中电工学实验课是学生深入理解和进一步巩固在课堂上学到的理论知识的重要途径,在培养学生形成严谨的科学态度和提高抽象思维能力、创新能力和实验研究能力、分析与解决问题的能力等方面起着重要作用。电工学实验课注重基本实验能力培养,设置了多个操作性强的实验项目,逐渐培养学生独立进行实验及创新的能力。

本书分为三个部分:第一部分为电工学实验,共 16 个实验项目。在这些实验中除了有传统的基本电路理论验证性实验外,还安排了部分发挥性较强的综合性实验内容。遵循由易到难的原则设置实验内容。第二部分为仿真实验,包括 Multisim10 的使用和 4 个实验项目。第三部分为电子实习,主要介绍元器件的识别和实习技能培养。附录列出了部分实验仪器的使用说明,列举了具体的使用方法及注意事项。

其中,第一部分的实验一到实验七和第二部分及附录由柴志军负责编写;第一部分的实验八到实验十六由王云霞编写;第三部分由冉玲苓负责编写。全书修改和统稿工作由柴志军完成。本书由王积翔主审。

本书编写过程中还得到了黑龙江大学电工电子实验中心孙光遥的大力帮助,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请同行和使用本书的各位师生批评指正,提出宝贵意见。

编 者

2011 年 3 月于哈尔滨

目 录

电工实验室安全规则	1
-----------------	---

第一部分 电工学实验

实验一 实用电子仪器的使用	4
实验二 基尔霍夫定律和叠加原理	9
实验三 戴维南定理及功率传输最大条件的研究	14
实验四 电压源与电流源的等效变换	20
实验五 串联谐振电路的研究	25
实验六 无源滤波器的设计及特性测试	28
实验七 安全用电常识	32
实验八 日光灯电路的连接及功率因数的提高	40
实验九 三相电路的实验	43
实验十 三相电路相序及功率的测量	47
实验十一 三相异步电动机的使用和启动	51
实验十二 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	56
实验十三 三相异步电动机启动及正反转控制电路的实验	60
实验十四 三相异步电动机 $Y-\Delta$ 启动控制电路实验	63
实验十五 单相异步电动机控制电路的实验	66
实验十六 单相电度表的校验	70

第二部分 仿真实验

一、Multisim 10 简介	74
二、Multisim 10 仿真软件的基本功能及基本操作	77
三、Multisim 10 常用虚拟仪器的使用	81
四、Multisim 10 仿真实验	87

实验一 基尔霍夫定律的仿真研究	87
实验二 戴维南定理和诺顿定理的仿真研究	91
实验三 RLC 串联谐振电路的仿真研究	93
实验四 一阶动态 RC 电路暂态过程的仿真研究	97

第三部分 电子实习

“电子实习”课程介绍	102
实训项目一 电子实习基本理论和技能	104
实训项目二 单级放大电路的焊接及调试	115
实训项目三 调频收音机的安装与调试	117
实训项目四 电话机的安装与调试	127
实训项目五 直流稳压电源的制作及参数测试	132
实训项目六 配电板及室内照明电路安装	137

附 录

附录 1 数字万用表使用说明书	140
附录 2 DF2175A 交流毫伏表使用说明书	147
附录 3 YB4320F 型双踪示波器的使用说明	151
附录 4 利用 Protee99SE 绘制电路图的简单流程	159
参考文献	170

电工实验室安全规则

为顺利完成实验工作,确保实验仪器仪表设备和人身安全,学生进入实验室后必须遵守电工实验室安全规则。

(1) 学生进入实验室后不得做与实验无关的事情,进行电工实验时必须严肃认真、用心专一,不得有其他杂念。

(2) 学生在实验前应熟知安全用电常识,在实验中应严格遵守安全用电制度和操作规程。

(3) 学生应熟悉电工实验室的电源配置和操作方法,了解电源配置的参数和控制方式,对于直流电源应正确区分电源的正负极。

(4) 实验操作和接通电源前应规划好操作步骤,不得盲目乱动实验装置和电源设备,送电和操作时应按照实验指导书或产品说明进行操作,发现异常应立即切断电源,待故障排除后方可重新接通电源和实验操作。

(5) 使用和移动仪器应轻拿轻放,不清楚使用方法和操作步骤时不得使用,以免损坏实验设备。

(6) 实验中不得用手触摸线路中裸露的带电体,防止电击和触电事故发生,如遇触电事故,应立即切断电源,并及时抢救。

(7) 在电气设备带电运行的状态下,设备的外壳应有保护接地或接零措施。

(8) 未经允许不得随意改变实验室的电气配置和更换熔断器熔丝等配件,不得擅自拆卸仪表和实验装置。

(9) 实验接线时,应先连接实验线路和仪表设备,而后再接通电源;实验完毕后应随即切断实验电源,并先拆除电源线路,而后再拆除实验仪表设备和线路。

第一部分

电工学实验

- 实验一 实用电子仪器的使用
- 实验二 基尔霍夫定律和叠加原理
- 实验三 戴维南定理及功率传输最大条件的研究
- 实验四 电压源与电流源的等效变换
- 实验五 串联谐振电路的研究
- 实验六 无源滤波器的设计及特性测试
- 实验七 安全用电常识
- 实验八 日光灯电路的连接及功率因数的提高
- 实验九 三相电路的实验
- 实验十 三相电路相序及功率的测量
- 实验十一 三相异步电动机的使用和启动
- 实验十二 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制
- 实验十三 三相异步电动机启动及正反转控制电路的实验
- 实验十四 三相异步电动机 $Y-\Delta$ 启动控制电路实验
- 实验十五 单相异步电动机控制电路的实验
- 实验十六 单相电度表的校验

实验一 实用电子仪器的使用

一、实验目的

(1) 学习函数发生器的使用方法,学会调节输出信号的频率和幅值,了解面板上各旋钮的作用。

(2) 学习运用双踪示波器测量信号电压的幅度、周期(或频率)及相位的基本方法,了解面板上各旋钮的作用及使用方法。

(3) 熟悉智能电工实验台、交流毫伏表等仪器设备的使用,为后续实验做准备。

二、预习要求

(1) 认真阅读“电工实验室安全规则”,了解安全规程以及注意事项。

(2) 熟悉本次实验的具体内容,预习实验步骤。

(3) 通过阅读实验原理和附录,了解双踪示波器、函数发生器、交流毫伏表等的主要技术指标。

三、原理及说明

本实验所用电子仪器及其主要技术指标如下:

1. YB4320F 型双踪示波器

YB4320F 型双踪示波器为便携式晶体管类型的示波器,具有 CRT 显示功能。它能在屏幕上同时显示两个波形,可以方便、准确地测量信号的频率、相位和电压值。

该示波器灵敏度调节旋钮按 1—2—5 顺序从 1mV/格至 5V/格递增,对输入信号具有 20MHz 的频率特性响应。扫描速度以 1—2—5 为顺序从 1 μ s/格至 0.5s/格递增,有外触发信号输入插口。最大输入电压信号为 400V(DC 或 AC 峰—峰值)。

2. 函数发生器/频率计

作为函数发生器时,可输出的信号波形有三种:方波、三角波、正弦波,输出信号的频率范围为 0.1Hz ~ 2MHz,输出阻抗 $50\Omega \times (1 \pm 10\%)$,输出最大幅度 20V(空载),输出幅度可衰减 20dB(10 倍)、40dB(100 倍)。

频率范围:0 ~ 2Hz、2Hz ~ 20Hz、20Hz ~ 200Hz、200Hz ~ 2kHz、2kHz ~ 20kHz、20kHz ~ 200kHz、200kHz ~ 2MHz(分 7 挡)。

作为频率计使用时(探头接 COUNTER),频率计数显示屏可显示输出信号的频率,也可显示外测信号频率,测量范围 1Hz ~ 10Hz, 输入阻抗不小于 1M Ω /20pF,灵敏度 100mV (有效值)。

3. DF2175A 交流毫伏表

交流毫伏表是测量正弦交流信号有效值的仪表。它与一般的交流电压表(万用表)相比,具有输入阻抗高、测量范围广的特点,能够完成工频下正弦交流信号的测量。

DF2175A 是一种智能型数字交流毫伏表,适用于测量频率范围为 5Hz ~ 2MHz,输入 1mV ~ 300V 的正弦波电压有效值,可以通过手动调节选择不同的量程得到合适的测量值。具备手动/自动测量功能,同时显示 dB/mdB 值。量程有 1mV、3mV、10mV、30mV、100mV、300mV、1V、3V、10V、30V、100V、300V。

四、实验设备

实验设备见表 1-1。

表 1-1 实验设备

名 称	型号及参数说明	数 量
双踪示波器	YB4320F	一台
函数发生器		一台
交流毫伏表	DF2175A	一台
实验电路	一阶 RC 电路	一块

五、注意事项

- (1) 使用前,需阅读各仪器的使用说明,严格遵守操作规程。
- (2) 双踪示波器的电源开关不能频繁开启。关机后,应过 3min 后再开机。光点不要长时间停留在一点上,否则荧光屏可能烧出斑点。
- (3) 毫伏表使用完成后要将输入探头短接,并将量程调整到最大量程。
- (4) 仪器旋钮和按键用力不宜过猛,以免造成损坏。
- (5) 函数发生器、直流稳压电源的输出端不能短接。
- (6) 对交流电路观测时应共地连接。

六、实验内容及步骤

1. 扫描基线的调节

将示波器的显示方式开关置于“CH1”或“CH2”,输入耦合方式置于“GND”,触发方式置于“自动”。接通电源,其指示灯亮;稍等预热,屏幕中出现光迹,分别调节辉度和聚焦旋钮,使荧光屏上出现一条又细又亮的扫描基线,调节“垂直位移”和“水平位移”调节

旋钮,使得亮线位于荧光屏的中央,上下移动自如。

2. 观察示波器的校正电压波形

通过示波器专用(同轴电缆线)探头,将示波器内部的校准方波信号引入 CH1 输入(X)或 CH2(Y)通道,耦合方式置于“DC”,触发源开关应选择对应的 CH1 或 CH2 输入信号作为触发信号。调节“触发电平”旋钮,使屏上显示出稳定的波形,示波器面板其他旋钮的位置可参考表 1-2。

表 1-2 示波器面板开关或旋钮的初始位置

开关或旋钮名称	位置	开关或旋钮位置	位置
输入耦合开关	AC	触发极性	+
触发方式	自动	触发耦合	AC
垂直方式	CH1 或 CH2	触发源开关	CH1 或 CH2
扫描速率	0.5ms/cm	辉度旋钮	适中
灵敏度	1V/cm	聚焦旋钮	适中
微调旋钮	校准		

(1) 将扫描速率旋钮置于表 1-3 中所要求的各位置,记下波形在 X 轴方向一个周期所占用的格数 $d(\text{cm})$,计算相应的频率,并与 1kHz 进行比较。

表 1-3 示波器面板开关位置及测量结果

扫描速率 /(ms/cm)	d/cm	T/ms	f/Hz	灵敏度/ (V/cm)	h/cm	$V(\text{峰—峰})/\text{V}$
1				0.5		
0.5				1		
0.2				2		

(2) 将灵敏度旋钮置于表 1-3 中所要求的各位置,记下波形在 Y 轴方向所占的格数 $h(\text{cm})$,计算 $V(\text{峰—峰})$ 的值,并与 2V 进行比较。有关计算公式为

$$T = d \times \text{扫描速率}, f = \frac{1}{T}, V(\text{峰—峰}) = h \times \text{灵敏度}$$

3. 观察正弦波交流电压波形

调节函数发生器微调旋钮,使输出信号频率按照表 1-4 输出,用专用的探头引入示波器的一个通道。调整示波器有关旋钮,使屏幕上呈大小适中且稳定显示的正弦波。按表 1-4 所列完成实验。

(1) 测出波形在 X 轴方向一个周期所占的格数 $D(\text{cm})$,计算相应的频率。

(2) 测出波形峰峰值在 Y 轴方向的格数 $h(\text{cm})$,按 $U = \frac{h \times \text{灵敏度}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$ 计算出电压的

有效值。

表 1-4 正弦交流电压的测量

信号值	扫描时间	D	T	f	灵敏度	H	U (峰—峰)	U (有效值)	毫伏表测量值
	(ms/cm)	cm	ms	Hz	(V/cm)	cm	V	V	V
1V,100Hz									
1V,1kHz									
1V,10kHz									
1V,100kHz									
自选幅值、频率									

4. 函数发生器及交流毫伏表的使用

将函数发生器输出衰减分别按输出幅度衰减“0dB”(无衰减)、“-20dB”(衰减 10 倍)、“-40dB”(衰减 100 倍)三种情况,输出波形选择“正弦波”。调节输出信号频率旋钮和幅度旋钮,使函数发生器输出频率为 1kHz,有效值为 3V 的信号(用 DF2175A 交流毫伏表测量电压的有效值),数据记入表 1-5 中。注意检查函数信号发生器的“输出幅度衰减”按键的位置是否正确。

表 1-5 函数发生器幅度衰减

测定项目	测定的正弦波信号 1kHz,有效值 3V		
函数发生器幅度衰减	0dB 衰减	-20dB 衰减	-40dB 衰减
交流毫伏表测量的有效值/V			

5. 相位差的测量

(1) 按图 1-1 连接实验电路,将函数发生器的输出调至 1kHz,有效值为 1V 的正弦波,经一阶 RC 网络获得频率相同但相位不同的两路信号 U_i 和 U_c ,分别加到双踪示波器的 CH1 和 CH2 输入端。为便于比较波形的相位差,应使两正弦波的位置处在屏幕的中间位置。

(2) 测量相位一般是指测两个信号的相位差,且两信号必须是同频率的。实验按图 1-1 接线,图中采用 1kHz、峰—峰值为 1V 的正弦信号,经 RC 移相网络获得不同相的两路信号。

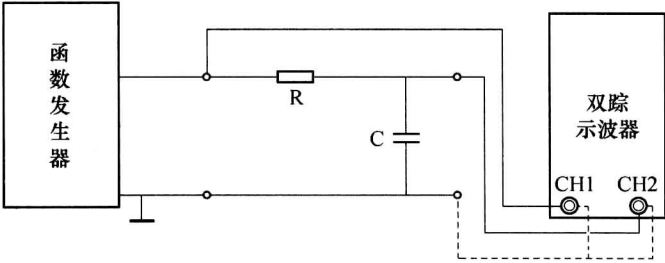


图 1-1 RC 移相网络连接图

(3) 用示波器观察 RC 相移网络的输入 U_i 与输出 U_o 波形。记录相关波形,并记录有关数据。

(4) 测出上述两个波形之间的相位差。其方法为:调节扫描速度开关的位置,测出波形周期 T 在水平方向上所占的格数 $D(\text{cm})$,以及两个波形的水平差距 $K(\text{cm})$,按下面的公式计算出相位差 φ 。将测量和计算结果记入表 1-6 中。

表 1-6 相位差的测量

K/cm	D/cm	相位差 φ (测量值) $\varphi = \frac{360}{d} \times K$	理论值 φ (测量值) $\varphi = \arctan(\omega RC)$

七、报告要求及思考题

(1) 总结正确使用双踪示波器、函数发生器等仪器,用示波器读取被测信号电压值、周期(频率)的方法。

(2) 欲利用示波器测量信号波形上任意两点间的电压,应如何测量?

(3) 被测信号参数与实验仪器技术指标之间有什么关系? 如何根据实验要求选择仪器?

(4) 用示波器观察某信号时,要达到以下要求,应调节哪些旋钮?

①使示波器清晰;②使波形稳定;③改变所显示的波形的周期数;④改变所显示的波形的波形大小。

实验二 基尔霍夫定律和叠加原理

一、实验目的

- (1) 验证基尔霍夫电压定律。
- (2) 验证基尔霍夫电流定律。
- (3) 加深对电流、电压参考方向的理解。
- (4) 验证叠加定理。
- (5) 加深对基尔霍夫定律和叠加原理的内容和适用范围的理解。

二、原理及说明

1. 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律:在集总参数电路中,任何时刻,对任何节点,所有支路电流的代数和恒等于零,即 $\sum I = 0$ 。

基尔霍夫电压定律:在集总参数电路中,任何时刻,沿任一闭合回路内所有支路或元件电压的代数和恒等于零,即 $\sum U = 0$ 。

2. 叠加原理

如果把独立电源称为激励,由它引起的支路电压、电流称为响应,则叠加原理可以简述为:在任意线性网络中,多个激励同时作用时,总的响应等于每个激励单独作用时引起的响应之和。具体的方法是:一个电源单独作用时,其他的电源必须去掉(电压源短路、电流源断路)。

叠加定理仅适用于线性电路,对于非线性电路叠加定理不一定成立。

3. 电流测试插孔和插头的使用

在本门实验课电路中,提供了多个测试电路电专用的插孔,其原理图如图 1-2 所示。

当需要测量某一支路电流时就可以将插头插入相应的插座中,插头的另一端接入电流表,相当于直接将电流表接入该支路中,电流经过电流表而测出支路电流。若将插头拔出,则电路中的电流不经过

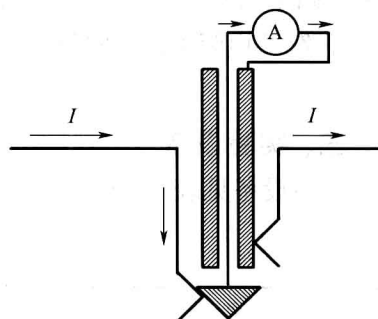


图 1-2 电流测试插孔原理图

电流表而原电路仍然导通。

4. 电压与电流的参考方向

如图 1-3 所示,设电压的参考方向为从 F 到 A,电流方向为从 F 到 A,将数字电压表、数字电流表按图示接入电路后,若电压表示数为正,则电流表示数为正。在实验测量中如果发现数字电压表或者电流表的示数为负,则说明参考方向与实际的电压、电流方向相反。

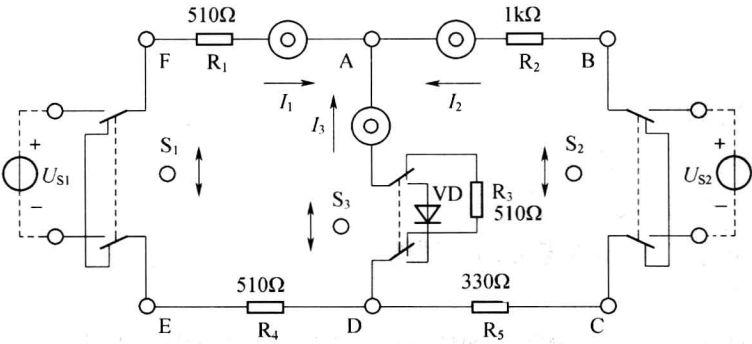


图 1-3 基尔霍夫定律实验电路

5. 检查、分析电路的简单故障

电路常见的简单故障一般出现在连线或元件部分。连线部分的故障通常有连线接错、接触不良而造成的断路等;元件部分的故障通常有接错元件、元件值错、电源输出数值(电压或电流)错等。

故障检查的方法是用万用表(电压挡或电阻挡)或电压表在通电或断电状态下检查电路故障。

(1) 通电检查法:在接通电源的情况下,用万用表的电压挡或电压表测量。根据电路工作原理,如果电路某两点应该有电压,电压表测不出电压,或某两点不应该有电压,而电压表测出了电压,或所测电压值与电路原理不符,则故障必然出现在此两点间。

(2) 断电检查法:在断开电源的情况下,用万用表的电阻挡测量。根据电路工作原理,如果电路某两点应该导通而无电阻(或电阻极小),万用表测出开路(或电阻极大),或某两点应该开路(或电阻很大),而测得的结果为短路(或电阻极小),则故障必然出现在此两点间。

三、实验设备

实验设备见表 1-7。

表 1-7 实验设备

名 称	型号及参数说明	数 量
直流数字电压表	0 ~ 20V	一台
直流数字毫安表	0 ~ 200mA	一台

(续)

名 称	型号及参数说明	数 量
稳压电源	双路可调直流输出	一台
数字万用表	MY65	一台
基尔霍夫定律实验模块	一阶 RC 电路	一块

四、实验内容

1. 基尔霍夫定律与电位

实验电路如图 1-3 所示,图中的电源 U_{S1} 用恒压源中的(+5V)输出端, U_{S2} 用 0 ~ +30V 可调电压输出端,并将输出电压调到 +12V(以直流数字电压表读数为准)。实验前先设定三条支路的电流参考方向,如图中的 I_1 、 I_2 、 I_3 所示,并熟悉线路结构,掌握电路中各开关的操作使用方法。

(1) 了解电流专用插头的结构,将电流插头的红接线端插入数字毫安表的正接线端,电流插头的黑接线端插入数字毫安表的负接线端。

(2) 测量支路电流。将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中,读出各个电流值。按规定:在节点 A,电流表读数为“+”,表示电流流出节点,读数为“-”,表示电流流入节点,然后根据图 1-2 中的电流参考方向,确定各支路电流的正、负号,并记入表 1-8 中。

表 1-8 支路电流数据

支 路 电 流	I_1	I_2	I_3
计算值/mA			
测量值/mA			
相对误差/%			

(3) 测量元件电压。用直流数字电压表分别测量两个电源及电阻元件上的电压值,将数据记入表 1-9 中。测量时电压表的红(正)接线端应插入被测电压参考方向的高电位(正)端,黑(负)接线端插入被测电压参考方向的低电位(负)端。例如测量 U_{AB} ,则电压表的正极接节点 A,负极接节点 B。

表 1-9 各元件电压数据

各元件电压	U_{FA}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CD}	U_{DE}	U_{EF}	U_{AD}
计算值/V							
测量值/V							
相对误差/%							