

0101010011100111110111010110101010011100111

电工与电子技术 实验教程

严洁 刘沛津◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工与电子技术实验教程

主 编 严 洁 刘沛津
副主编 张俊利 任继红 寇雪芹
参 编 徐英鸽 韩 行 刘建辉
 宋兆阳 马 玉 夏耀和
主 审 王亚利



机械工业出版社

本书为工科非电类专业用 电工技术（电工学上）、电子技术（电工学下）、电工学（土建类）课程配套使用的实验教程。内容包括电工技术实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、可编程序控制器实验和电子电路现代设计技术——Multisim 7 共 5 章。验证性实验 28 个、设计性实验 4 个、研究性实验 1 个、综合性实验 1 个、演示性实验 1 个，共 35 个实验。

本书的特点是采用了 4 章篇幅围绕电子技术及其应用的内容，体现了电工学课程教学指导委员会一贯倡导的电工学教学内容向电子技术倾斜的思路。另外，第五章较为系统地介绍了西门子 S7-200 可编程序控制器，可作为课堂教学的补充教材。

本教程的主要读者是学习电工技术（电工学上）、电子技术（电工学下）、电工学（土建类）课程的工科非电类专业学生，另外学习电路、模拟电子技术和数字电子技术课程的电气类专业学生也可使用。

图书在版编目（CIP）数据

电工与电子技术实验教程/严洁，刘沛津主编. —北京：机械工业出版社，2009.5

ISBN 978-7-111-26904-5

I. 电… II. ①严… ②刘… 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. TM-33 TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 061307 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：闫云霞 责任编辑：闫云霞 蔡家伦

封面设计：马精明 责任印制：王书来

北京蓝海印刷有限公司印刷

2009 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·10 印张·243 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-26904-5

定价：18.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）68327259

封面无防伪标均为盗版

前 言

电工技术（电工学上）、电子技术（电工学下）课程是高校理工科非电类专业必修的重要技术基础课程。通过实验使学生巩固和加深对电工电子技术基础理论的理解，掌握常用的电工电子仪表、仪器、电机、电器的使用方法，学会电工、电子电路的实验操作和分析测试方法，培养学生正确进行科学实验的方法和分析、解决实际问题的能力。

本书是根据电工学课程教学指导委员会教学基本要求及编者多年教学、科研和工程实践经验编写的，适应面向新世纪教育、教学改革和科技发展的要求。

本书主要包括验证性实验、设计性实验、研究性实验、综合性实验和演示性实验。验证性实验主要介绍了实验的原理、内容、操作步骤以及仪表仪器的使用与测试方法，设计性、研究性和综合性实验主要提出了电路的设计方法与思路，请读者自行设计实施。

本书内容丰富，具有很强的实用性和综合性，突出了工程实践能力的培养。

本教程建议的使用方法如下：电工技术实验包含叠加原理及戴维南定理，感性电路功率因数的改善，三相负载的联结方式，异步电动机的正、反转控制，可编程序控制器实验，小车直线行驶自动往返控制自动控制 6 个实验，电工测量仪表实验在上述实验中穿插进行。电子技术实验模块包含直流稳压电源，分压式偏置单管电压放大器、差分放大器、集成运算放大器、基本逻辑门的逻辑功能测试及应用、触发器和计数器 6 个实验，常用电子仪器实验在上述实验中穿插进行。电工学（土建类）实验包含感性电路功率因数的改善，三相负载的联结方式，异步电动机的正、反转控制，异步电动机的顺序控制 4 个实验，电工测量仪表实验在上述实验中穿插进行。

电气类专业电路实验包含电工测量仪表，基尔霍夫定律及电位测定，叠加原理及戴维南定理，受控源 VCCS、CCVS 的实验研究，感性电路功率因数的改善，RLC 串联电路频率特性的研究，三相负载的联结方式，RC 串联电路的暂态过程 8 个实验。模拟电子技术实验包含常用电子仪器的使用、直流稳压电源、分压式偏置电压放大器、射极输出器、负反馈放大器、差分放大器、集成运算放大器和信号发生器 8 个实验。数字电子技术实验模块包含基本逻辑门的逻辑功能测试及应用、三态门、译码器、触发器和计数器、555 定时器、A/D 及 D/A 转换电路 6 个实验。

以上实验内容为必做，其他实验内容为选做。

独立学院电工技术实验模块包含电工测量仪表，基尔霍夫定律及电位测定，叠加原理及戴维南定理，感性电路功率因数的改善，三相负载的联结，异步电动机的正、反转控制 6 个实验。电子技术、电工学（土建类）实验模块同上。

本书第一章由张俊利、徐英鸽、刘沛津编写，第二章由寇雪芹、韩行、刘建辉编写，第三章由严洁、宋兆阳编写，第四章由任继红、马玉、夏耀和编写，第五章由刘沛津、任继红完成合编以及实验实施。全书由严洁统稿，王亚利主审。

由于编者水平有限，书中难免出现疏漏，恳请读者批评指正，以便改进。

编者

2009 年 3 月于西安

目 录

前言

第一章 电工技术实验	(1)
第一节 电工测量仪表	(1)
第二节 基尔霍夫定律及电位的测定	(8)
第三节 叠加原理及戴维南定理	(10)
第四节 受控源 VCCS、CCVS 的实验研究	(13)
第五节 感性电路功率因数的改善	(16)
第六节 RLC 串联电路频率特性的研究	(19)
第七节 三相负载的联结方式	(21)
第八节 RC 串联电路的暂态过程	(25)
第九节 异步电动机的正、反转控制	(28)
第十节 异步电动机的顺序控制	(30)
第十一节 异步电动机的变频调速	(31)
第二章 模拟电子技术实验	(34)
第一节 常用电子仪器的使用	(34)
第二节 直流稳压电源	(40)
第三节 分压式偏置单管电压放大器	(47)
第四节 射极输出器	(53)
第五节 负反馈放大器	(56)
第六节 差分放大器	(61)
第七节 集成运算放大器	(66)
第八节 信号发生器	(72)
第九节 有源滤波器	(84)
第十节 交流电源过电压、欠电压报警电路(研究性实验)	(90)
第三章 数字电子技术实验	(93)
第一节 基本逻辑门的逻辑功能测试及应用	(93)
第二节 三态门	(100)
第三节 译码器	(102)
第四节 触发器和计数器	(107)
第五节 555 定时器	(112)
第六节 A/D 及 D/A 转换电路	(116)
第七节 数字电子秒表	(121)
第四章 可编程序控制器实验	(122)
第一节 S7-200 简介	(122)
第二节 可编程序控制器实验	(133)
第五章 电子电路现代设计技术——Multisim7	(147)
第一节 Multisim7 概述	(147)
第二节 Multisim7 操作方法	(150)
第三节 仿真实例	(152)
参考文献	(154)

第一章 电工技术实验

第一节 电工测量仪表


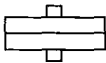

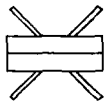
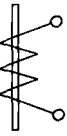

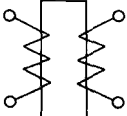
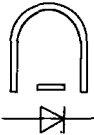
电路中的很多物理量，如电压、电流、功率、频率、电能等，常常需要在实验中测得，测量这些电量的指示仪表叫电测指示仪表，简称电工仪表。电工仪表具有结构简单、稳定可靠、价格低廉和维修方便等一系列优点，所以在生产实际和教学、科研中得到了广泛的应用。

一、电工仪表的种类

电工仪表的种类很多，分类方法各异，但主要有以下几种：

1) 按工作原理分有磁电式、电磁式、电动式等，如表 1-1 所示。

表 1-1 电工仪表的工作原理的图形符号

符号	意义	符号	意义
磁电系仪表		电动系仪表	
磁电系比率表		电动系比率表	
电磁系仪表		感应系仪表	
电磁系比率表		整流系仪表	




2) 按被测电量的名称(或单位)分有电流表(安培表、毫安表和微安表)、电压表(伏特表、毫伏表和千伏表)、功率表(瓦特表和千瓦表)、电能表、功率表、频率表、绝缘电阻表等。

3) 按被测电流的种类分有直流表、交流表、交直流两用表，如表 1-2 所示。

4) 按使用方式分

有开关式与便携式仪表。开关板式仪表(又称板式表)通常固定安装在开关板或某一装置上，一般误差较大(即准确度较低)价格也较低，适用于一般工业测量。便携式仪表误差较小(准确度较高)，价格较贵，适于实验室使用。

表 1-2 电工仪表的电流种类、绝缘耐压程度及放置位置的符号图例



符号	意义	符号	意义
—	直流		绝缘强度试验电压为 2kV
~	单相交流		标度盘垂直使用仪表
≈	交直流		标度盘水平使用仪表
3~	三相交流	$\angle 60^\circ$	标度盘相对水平面倾斜,例 60° 的仪表

5) 按仪表的准确度分

有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共 7 个等级。见表 1-3。

此外,在仪表上,通常都标有电流的种类以及仪表的绝缘耐压强度和放置位置等符号,见表 1-2。

表 1-3 电工仪表的准确度等级的符号图例

名称	符号	名称	符号	名称	符号
以标度尺量限百分数表示的准确度等级 例如 1.5 级	1.5	以标度尺长度百分数表示的准确度等级 例如 1.5 级		以指示值的百分数表示的准确度等级 例如 1.5 级	

6) 按仪表的示值方式分

模拟式:指针表,可以反映趋势,但不易准确读数。

数字式:直接读数,但不能反映趋势。

屏幕式:可给出大量数据。

二、误差分析与测量结果的处理

在测量过程中,由于受到各种因素的影响,测量值与真实值之间总是存在一定的差值,即测量误差。如何减少误差,使测量结果更接近于真实值,是我们应该了解的。

(一) 误差的来源

- 1) 仪器误差:由于仪器本身设计的不完善所造成的误差,如校准不好,刻度不准等。
- 2) 使用误差:仪器使用过程中,由于安装、调节、放置或使用不当引起的误差。
- 3) 人为误差:由操作者本人引起的误差,如读错刻度、视觉疲劳、责任心不强等引起。
- 4) 环境误差:温度、大气压、机械振动、电磁场等引起的误差。
- 5) 方法误差:由于测量时所依据的理论不严密或对测量方法不适当地简化及使用近似公式等所引起的误差。

(二) 测量误差的分类

- 1) 系统误差:指在同一条件下,对同一物理量进行重复测量时,其误差值保持恒定或按一定规律变化的误差。系统误差具有一定的规律性,采取一定的技术措施,可以减少或消除它。

2) 随机误差: 指在同一条件下, 对同一物理量进行重复测量时, 其误差值是无规律变化的误差。随机误差不能用实验的方法消除, 但可通过多次测量取平均值的方法来减小它。

3) 粗大误差: 在一定条件下, 测量值明显偏离实际值的误差。粗大误差主要是操作者粗心而引起的操作失误或读数错误。对此异常值(通称坏值)应剔除不用。

(三) 测量误差的表示方法

测量误差有两种表示方法: 绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差

设被测量值的真值为 A_0 , 测量仪器的示值为 X , 则绝对误差为

$$\Delta X = X - A_0$$

由于真值客观存在, 一般无法得到, 只能尽量接近它。故通常使用高一级标准仪器的测量示值 A 代替 A_0 , 则

$$\Delta X = X - A$$

通常在测量前, 测量仪器应由高一级标准的仪器进行校正, 校正量用修正值 C 表示。那么该仪器所测得的实际值为

$$A = X + C$$

2. 相对误差

绝对误差往往不能说明测量的准确程度, 因此常常使用相对误差。

相对误差分为实际相对误差、示值相对误差和引用(满度)相对误差。

实际相对误差表示为 $\gamma_A = \frac{\Delta X}{A} \times 100\%$

示值相对误差表示为 $\gamma_X = \frac{\Delta X}{X} \times 100\%$

引用(满度)相对误差表示为 $\gamma_m = \frac{\Delta X}{X_m} \times 100\%$

式中, X_m 表示仪器的满刻度值。

电工仪表的准确度等级是由 γ_m 决定的, 例如 1.0 级的电表, 表示 $\gamma_m \leq \pm 1.0\%$ 。我国电仪表 γ_m 值共分七级: 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。表 1-4 为仪表准确度等级。

表 1-4 仪表准确度等级

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差(%)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

(四) 测量结果的处理

1. 数据处理

1) 有效数字: 指从左边第一个非零数字开始, 直至右边最后一个数字为止的所有的数字。例如, 0.025kV 的电压, 它的有效数字有两个, 2 和 5。因此, 0.025kV 的电压不能表示为 25000mV, 可以表示为 2.5×10^4 mV。

2) 数字的舍入规则: 如果给出的数字位数超出保留位数的有效数字, 应该删减掉。现在广泛采用下面的原则来删除多余的有效数字, 即“大于 5 入; 小于 5 舍; 等于 5 时, 分两种情况: 5 前为偶或零舍, 5 前为奇入”。如“2.36 \rightarrow 2.4, 2.34 \rightarrow 2.3, 2.25 \rightarrow 2.2, 2.75 \rightarrow 2.8”等。

损坏表头。若长期不用，应将表内电池取出，以防电池电解液渗漏而腐蚀内部电路。

(二) 数字式万用表

数字式万用表的种类很多，其核心电路是由 A/D 转换器、显示电路等组成。其基本结构框图如图 1-2 所示。

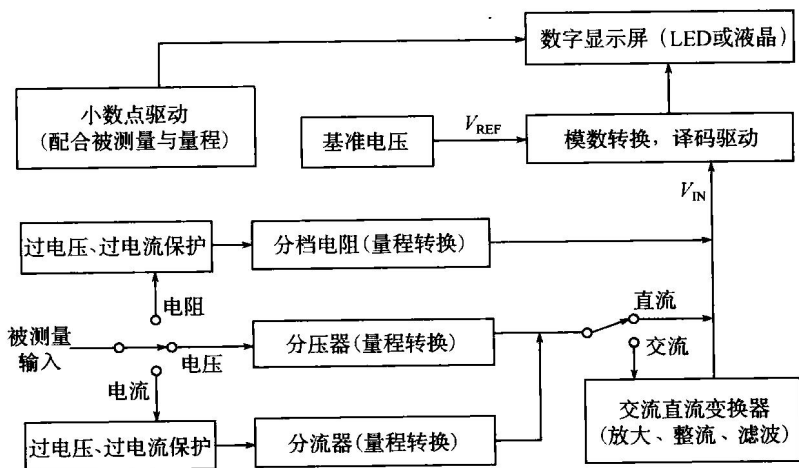


图 1-2 数字式万用表基本结构框图

图 1-3 是实验用 UT39A 数字万用表外形。

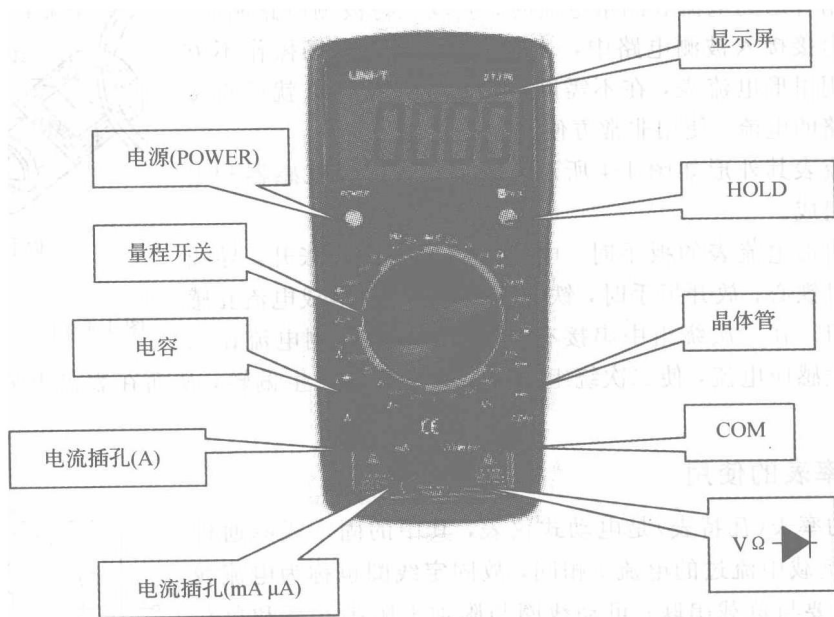


图 1-3 UT39A 数字万用表外形

在使用前，将电源开关(POWER)按下，若电池电压不足，会显示电池低电压符号，应更换新电池。测量前，应仔细核对量程开关位置是否与被测信号一致(即测量直流电压时，应将量程开关处于直流电压的范围内，而不应在交流电压或电流的范围内)；量程的位置是否无误，以免损坏仪器。电表插孔旁的正三角中的感叹号，表示输入电压或输入电流不应超过此

示值。若显示器只显示“1”，表示被测信号已超过该量程范围，这时应选择更高的量程。

1) 直流电压的测量：量程开关拨于“ \overline{V} ”范围内某一合适量程档上，红表笔插入“ $V\Omega \blacktriangleright$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，表笔与被测电路并联，则显示器显示此直流电压的大小及红表笔端的极性。

2) 交流电压的测量：量程开关拨于“ $V\sim$ ”范围内某一合适量程档上，表笔接法同上。注意：被测电压的频率应在“45~500Hz”范围内。

3) 交、直流电流的测量：量程开关拨于“ $A\sim$ ”或“ \overline{A} ”范围内某一合适量程档上，红表笔插入“A”或“mA μ A”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，万用表串接于被测电路中，则显示器显示此电流的大小(若是直流电流，还会显示出红表笔端的极性)。

4) 电阻的测量：量程开关拨于“ Ω ”范围内某一合适量程档上，红表笔插入“ $V\Omega \blacktriangleright$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，表笔与被测电阻并联，显示器将显示被测电阻值。测量电阻时，红表笔为电源电压的正极，黑表笔为电源电压的负极，这与指针式万用表正好相反。因此，测量晶体管、电解电容器等有极性的元器件时，必须注意表笔的极性。

5) 检测线路通断：量程开关拨于“蜂鸣器”位置上，红表笔插入“ $V\Omega \blacktriangleright$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开。两表笔分别与被测导体两端相连，若其电阻值低于 30Ω ，蜂鸣器发声，表示线路导通；若蜂鸣器不发声且显示“1”，则表示线路断路。

四、钳形电流表的使用

一般使用普通的电流表测量电流时，应该先将被测电路断开，再将电流表串接入被测电路中，才能进行测量，现场操作不方便。如果采用钳形电流表，在不需断开电路的情况下，就可直接测量交流电路的电流，使用非常方便。

钳形电流表其外形如图 1-4 所示，由穿心式电流互感器和电磁式电流表组成。

当握紧钳形电流表的扳手时，电流互感器的铁心张开，导线可以直接穿过铁心；放开扳手时，铁心闭合，则导线构成电流互感器的一次绕组。在二次绕组中串接有电流表，因此被测电流在二次绕组中产生感应电流，使二次绕组中电流表的指针发生偏转，从而在表盘上显示出被测电流值。

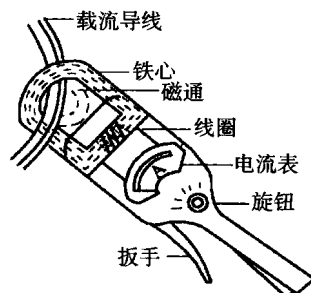


图 1-4 钳形电流表外形

五、功率表的使用

常用的功率表(瓦特表)是电动式仪表，其中的固定线圈通过的电流 i_1 与负载中流过的电流 i 相同，故固定线圈也称为电流线圈，电流线圈要与负载串联；可动线圈与附加电阻串联后和负载并联，可反映负载电压，故可动线圈也称为电压线圈。由于附加电阻阻值很高，它的感抗与电阻相比可以忽略不计，所以可以认为其中电流 i_2 与两端的电压 u 同相。负载电流 i_1 的有效值为 I ， i_2 与负载电压的有效值 U 成正比， φ 即为负载电流与电压之间的相位差，而 $\cos\varphi$ 即为电路的功率因数。因此

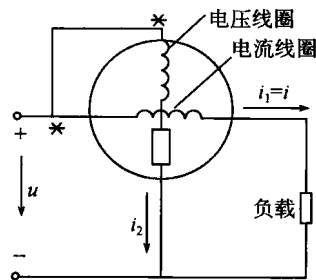


图 1-5 功率表接线方法

$$\alpha = k'UI \cos\varphi = k'P$$

可见电动式瓦特表指针的偏转角 α 与电路的平均功率成正比。

如果电动式瓦特表的两个线圈中的一个反接, 指针就会反向偏转, 这样就不能读出功率的数值。因此为了保证瓦特表正确连接, 在两个线圈的始端标以“ \pm ”或“ $*$ ”号, 这两端均应连接在电源的同一端, 如图 1-5 所示。

六、绝缘电阻表的使用

绝缘电阻表又称摇表, 是用来测量电器设备及电路绝缘电阻的仪表。

绝缘电阻表外形如图 1-6 所示, 它主要由手摇发电机和磁电式测量机构组成。

使用中需注意以下几个方面: 使用前, 要对绝缘电阻表进行开路和短路的测试, 检查仪表是否完好。测量开始时, 摇动发电机的手柄速度要慢, 防止被测绝缘电阻被击穿而损坏发电机。测量时, 手柄的转速要控制在 120r/min 左右且保持匀速, 允许有 $\pm 20\%$ 的变化, 但不得超过 25%。测量中, 若发现指针归零, 说明被测绝缘电阻出现短路现象, 应立即停止摇动手柄。绝缘电阻表未停止转动前, 切勿用手触及设备的测量部分或摇表接线柱。测量完毕, 应对设备充分放电, 避免触电事故。

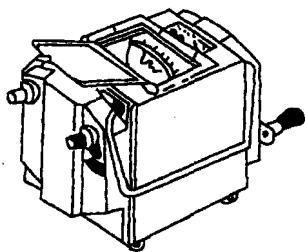


图 1-6 绝缘电阻表外形图

七、DGJ-1 型电工技术实验装置台简介

电工技术实验均在 DGJ-1 型电工技术实验装置台完成。

1. 主控功能板

1) 提供三相 0~450V 及单相 0~250V 连续可调交流电源。配有三只指针式交流电压表, 通过切换开关可分别指示三相电网输入电压和三相调压输出电压。

2) 提供两路相互独立的低压稳压直流 0~30V、1A 连续可调电源, 每路电源配有数字式直流电压表指示输出电压, 并设有短路软截止保护和自动恢复功能。

3) 提供 0~200mA 连续可调恒流源, 分 2mA、20mA、200mA 三档, 从 0mA 起调, 调节精度 0.1%, 配有数字式直流毫安表指示输出电流, 具有输出开路、短路保护功能。

4) 设有实验台照明用的 220V、30W 的荧光灯一盏, 还设有实验用 220V、30W 的荧光灯灯管一支, 将灯管灯丝的头引出, 供实验用。

2. 仪表功能板

1) 智能交流电压表、电流表

由单片机主控测试电路构成全数显和全量程交流电流表、电压表各一只, 通过键控、数显窗口实现人机对话功能控制模式。能对交流信号(20Hz~20kHz)进行真有效值测量, 电流表测量范围 0~5A, 电压表测量范围 0~500V, 量程自动判断、自动切换, 精度 0.5 级, 四位数码显示。同时能对数据进行存储、查询、修改(共 15 组, 掉电保存)。并带有计算机通信功能。

2) 真有效值交流数字毫伏表一只

能够对各种复杂波形的有效值进行精确测量, 电压测试范围 0.2mV~600V(有效值), 测试基本精度达到 $\pm 1\%$, 量程分 100mV、1V、10V、100V、600V 共 5 档, 直键开关切换, 三位半数字显示, 每档均有超量程告警指示, 并带有通信功能。测试频率范围 10Hz~1MHz, 输

入阻抗 $1\text{M}\Omega$ ，输入电容 $\leq 30\text{pF}$ 。

3) 智能直流电压表、毫安表(两只表)

直流电压表一只，测量范围 $0\sim 300\text{V}$ ，精度 0.5 级；直流毫安表一只，测量范围 $0\sim 500\text{mA}$ ，精度 0.5 级。以上两只表均为数字显示，用 5 个数码管指示。输入量程自动切换，通过键盘设定电压、电流保护值，具有超值报警、指示及切断总电源等功能，可存储测量数据，并有计算机通信等功能。

4) 定时器兼报警记录仪

平时作为时钟使用，具有设定实验时间、定时报警、切断电源等功能；还可以自动记录漏电告警及仪表超量程告警的总次数。

5) 通信服务管理器

八、预习思考题

- 1) 简述磁电式、电磁式仪表的工作原理。
- 2) 按仪表测量的准确度分，电工仪表有哪几个等级？
- 3) 用万用表测量交、直流电压时，应分别注意哪些问题？

九、结论及思考题

- 1) 写出电工测量仪表的分类及意义。
- 2) 电工测量技术有什么主要优点？

第二节 基尔霍夫定律及电位的测定

一、实验目的

- 1) 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。
- 2) 验证电路中电位的相对性、电压的绝对性。

二、实验设备

DGJ-1 型电工技术实验装置。

三、实验线路

图 1-7 为基尔霍夫定律及电位实验电路图。

四、实验原理

基尔霍夫定律是电路理论中最基本也是最重要的定律之一。它概括了电路中电流和电压分别遵循的基本规律。内容包括基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。使用定律前，先假定各支路电流的正方向，并标于图 1-7 中。

1. 基尔霍夫电流定律

在任一瞬时，流向某一结点的各支路电流代数数和等于零。其数学表达式为：

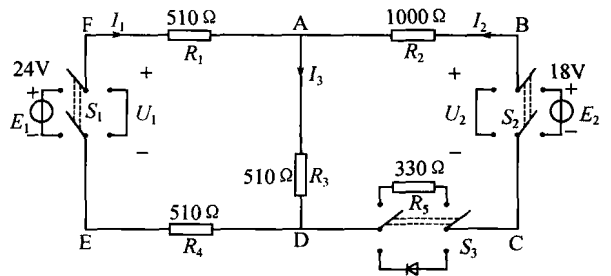


图 1-7 基尔霍夫定律及电位实验电路图

六、实验注意事项

- 1) 所有需要测量的电压值和电位值,均以电压表测量的读数为准。 U_1 、 U_2 也需测量,不应取直流稳压电源本身的显示值。
- 2) 防止稳压电源两个输出端相碰短路。
- 3) 用数显电压表或电流表测量电压或电流时,应按规定正方向接入被测电路,可直接读出电压或电流值及其极性。
- 4) 测量电位时,数字直流电压表的负表棒(黑色)接参考电位点,用正表棒(红色)依次接被测各点。

七、预习要求

1. 预习实验原理、实验内容。
2. 仔细阅读实验注意事项。
3. 填写预习报告。

八、实验报告要求

1. 根据实验数据,选定结点 A,验证 KCL 的正确性。
2. 选定实验电路中任一个闭合回路,验证 KVL 的正确性。

第三节 叠加原理及戴维南定理

一、实验目的

- 1) 验证线性电路理论中的叠加原理及等效电源定理,巩固所学的理论知识。
- 2) 学习使用直流稳压电源、直流电流表、直流电压表。

二、实验设备

DGJ-1 型电工技术实验装置。

三、实验线路

叠加原理实验电路如图 1-9 所示。

戴维南定理实验电路如图 1-10 所示。

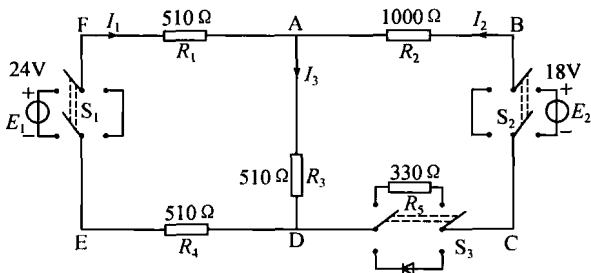


图 1-9 叠加原理实验电路图

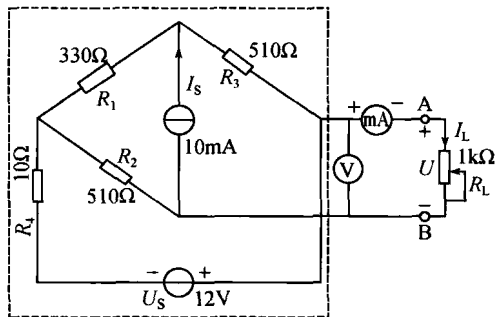


图 1-10 戴维南定理实验电路图

四、实验原理

1. 叠加原理

在线性电路中,当有几个电源共同作用时,任一支路中的电流(或电压)都可以认为是各个电源单独作用时在该支路中所产生电流(或电压)相叠加的结果。所谓各个电源单独作用,就是假设其他电源作用取消(电压源短路,电流源开路)、内阻保留、电路结构不变。利用欧姆定律求解电源单独作用时在该支路中所产生的电流(或电压),参考方向保持不变。当求电流(或电压)的代数和时,则直接相加即可,如图 1-11a~c)所示。

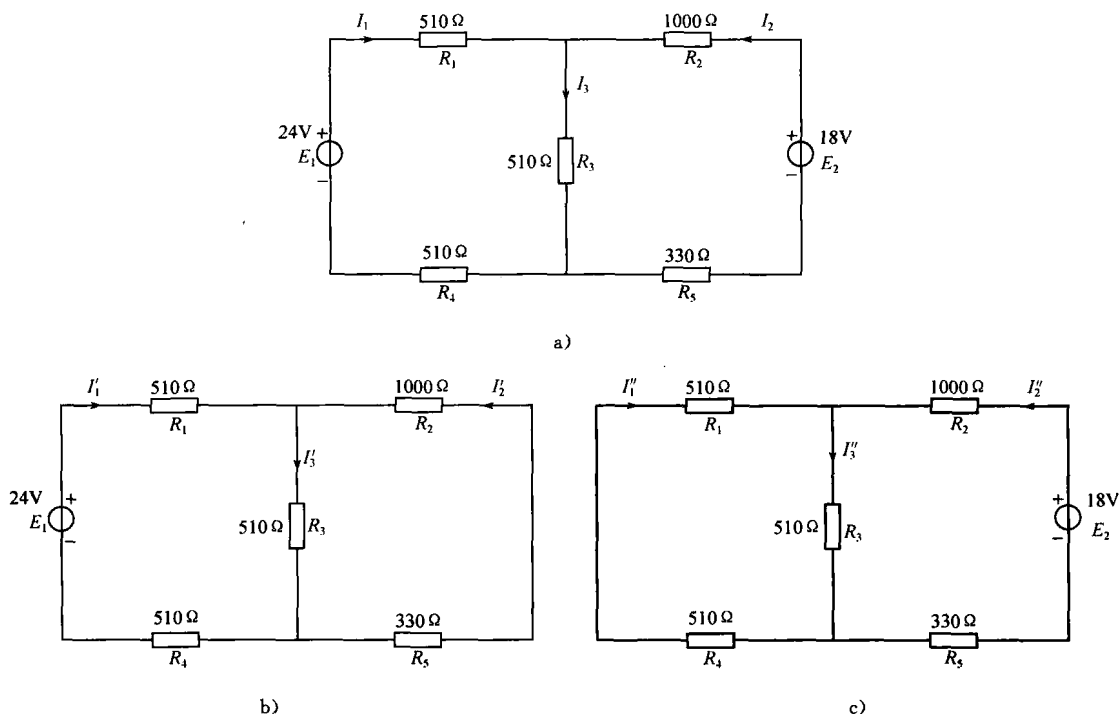


图 1-11 叠加原理电路图

a) E_1 、 E_2 同时作用 b) E_1 单独作用 c) E_2 单独作用

$$I_1 = I'_1 + I''_1; \quad I_2 = I'_2 + I''_2; \quad I_3 = I'_3 + I''_3$$

式中, I'_1 、 I'_2 、 I'_3 为 E_1 单独作用时各支路的电流; I''_1 、 I''_2 、 I''_3 为 E_2 单独作用时各支路的电流; I_1 、 I_2 、 I_3 为 E_1 、 E_2 共同作用时各支路的电流。

注意由于分析过程中参考方向始终保持不变,因此各电源单独作用时的支路电流可能出现负号。

叠加原理实验采用 E_1 、 E_2 共同作用于由 3 条支路构成的电路。上述电源处理方法只能用于电路分析,实际电压源不可以短路。实验中,令 E_1 单独作用时,将开关 S_1 投向 E_1 侧,开关 S_2 投向短路侧, E_2 单独作用时,将开关 S_2 投向 E_2 侧,开关 S_1 投向短路侧,与分析不同之处在于,内阻连同电源一同切除。

2. 等效电源定理

任何有源二端线性网络,就它的外部特性来说,可以用一个电动势为 E_0 和内阻为 R_0 相串联的等效电源来代替。等效电动势 E_0 等于有源二端网络的开路电压,内阻 R_0 等于有源二端网

络中所有电源作用取消(电压源短路、电流源开路)、内阻保留、电路结构不变时的入端电阻。

本实验中,等效电动势 E_0 用直流电压表测量。以图 1-12 为例,负载电阻 R_L 开路时,AB 之间的电压 U_{ABK} 即为等效电动势 E_0 。

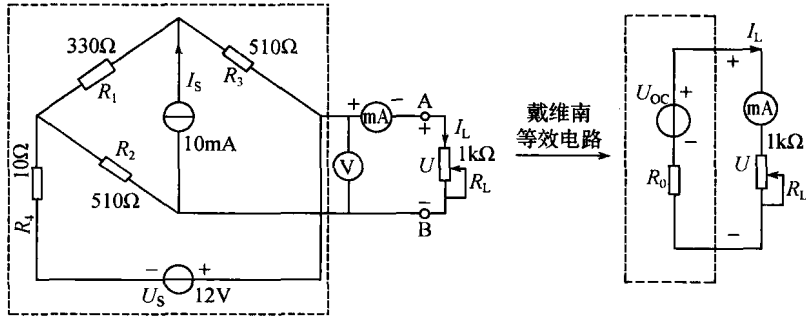


图 1-12 戴维南定理

内阻 R_0 采用开路电压短路电流的方法来测量。由于开路电压 U_{ABK} 已测取,因此只需将输出端短路,用直流电流表(接电流插头)测量短路电流 I_{sc} ,则内阻可按式计算:

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

五、实验内容

1. 验证叠加原理

1) 按图 1-9 电路接线,电源采用两路可调直流稳压电源,用直流电压表测量,使 $E_1 = 24V$, $E_2 = 18V$ 。按以下三种情况进行实验: E_1 与 E_2 共同作用; E_1 单独作用, E_2 不作用; E_2 单独作用, E_1 不作用。开关 S_3 始终投向 R_5 侧。

2) 将开关 S_1 投向 E_1 侧,开关 S_2 投向 E_2 侧,用直流电流表(接电流插头)测量各支路电流,数据记入表 1-7 第一栏中。注意电流从表的正端流入时,显示正值。

表 1-7 叠加原理数据记录

$E_1 = 24V, E_2 = 18V$			$E_1 = 24V, E_2 = 0$			$E_1 = 0, E_2 = 18V$		
I_1	I_2	I_3	I'_1	I'_2	I'_3	I''_1	I''_2	I''_3

3) 将开关 S_1 投向 E_1 侧,开关 S_2 投向短路侧,用直流电流表(接电流插头)测量各支路电流,数据记入表 1-7 第二栏中。

4) 将开关 S_1 投向短路侧,开关 S_2 投向 E_2 侧,用直流电流表(接电流插头)测量各支路电流,数据记入表 1-7 第三栏中。

2. 验证戴维南定理

1) 按图 1-12 接线。 U_s 为直流稳压电源,调节其输出为 $+12V$; I_s 为恒流源,调节其输出为 $10mA$ 。

2) 负载电阻 R_L 开路,直流电压表测量 AB 之间的电压 U_{ABK} ,数据记入表 1-8 第一栏中。

3) 将输出端短路,用直流电流表(接电流插头)测量短路电流 I_{sc} ,数据记入表 1-8 第二栏中。

4) 输出端接 $1k\Omega$ 负载电阻 R_L ,用直流电流表(接电流插头)测量电流 I_L ,数据记入表 1-