



“Digital Design”

电工及电子技术 基础实验

谢 实 朱 荣 主编



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是根据教育部《电工电子学课程教学基本要求》编写而成的。本书共分两大部分：第一部分为电工基础实验，包括电路基本定律、基本元件、基本电路、基本测量等；第二部分为电子技术基础实验，包括半导体分立元件、集成运算放大器、数字逻辑、模拟集成电路等。本书可作为高等院校工科专业及相关专业的教材，也可供从事电工电子工作的工程技术人员参考。

电工及电子技术基础实验

谢 实 朱 荣 主编

ISBN 7-302-00585-8 定价：1.50元

ISBN 7-302-00586-6 定价：1.50元

ISBN 7-302-00587-4 定价：1.50元

ISBN 7-302-00588-2 定价：1.50元

ISBN 7-302-00589-0 定价：1.50元

ISBN 7-302-00590-8 定价：1.50元

ISBN 7-302-00591-6 定价：1.50元

ISBN 7-302-00592-4 定价：1.50元

ISBN 7-302-00593-2 定价：1.50元

ISBN 7-302-00594-0 定价：1.50元

ISBN 7-302-00595-8 定价：1.50元

ISBN 7-302-00596-6 定价：1.50元

ISBN 7-302-00597-4 定价：1.50元

ISBN 7-302-00598-2 定价：1.50元

ISBN 7-302-00599-0 定价：1.50元

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是根据教育部课程指导委员会颁布的电工学课程教学基本要求和昆明理工大学电工电子实践教学的实际情况,结合相关的理论知识编写的。该书共分为四个部分,第一部分为电工技术实验,共有9个实验;第二部分为电子技术实验,共有12个实验;第三部分是电子实习;第四部分是与实验密切相关的附录,包括实验仪器仪表的使用和实验元、器件的介绍。电子实习和实验部分的设计性、趣味性实验,旨在进一步提高学生的实践能力和创新能力。

本书的内容具有较强的可操作性和一定的通用性,适于高等工科院校非电专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工及电子技术基础实验/谢实,朱荣主编. —北京:科学出版社,2009
ISBN 978-7-03-023958-7

I. 电… II. ①谢… ②朱… 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010438号

责任编辑:马长芳 贾瑞娜 / 责任校对:钟 洋

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年2月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009年2月第一次印刷 印张:9

印数:1—5 000 字数:166 000

定价:14.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

在工科高等学校非电专业的教学计划中,电工学是一门实践性较强的技术基础课程,其实验课是一个重要的教学环节,它可以帮助学生加深理解和进一步巩固在课堂上学到的理论知识,并且得到相应电工电子技术方面的基本技能训练。我们根据教育部课程指导委员会颁布的电工学课程教学基本要求和昆明理工大学电工电子实践教学的实际情况,结合相关的理论知识,编写了本教材。

本书分为四部分。第一部分为电工技术实验,共有 9 个实验内容;第二部分为电子技术实验,共有 12 个实验内容;第三部分是电子实习;第四部分是与实验密切相关的附录,包括实验仪器仪表的使用和实验元、器件的介绍。电子实习和实验部分的设计性、趣味性实验,旨在进一步提高学生的实践能力和创新能力。

其中,实验 1、4、17 由刘洁老师编写;实验 2、3、7 由梁浩雁老师编写;实验 5、6、8 由赵玺老师编写;实验 9、21 由沈正彪老师编写;实验 10、11 由邓玉芬老师编写;实验 12~16、18、20 由朱荣老师编写;实验 19 和附录 1~6 由谢实老师编写;电子实习部分由何春老师和谢实老师编写。全书修改和统稿工作由谢实老师完成。本书由杨立功老师和陈颀老师主审。

在本教材的编写过程中还得到了昆明理工大学电工电子中心的邵永成、金建辉、刘海鹏、马才方、毛肖、张磊等老师的大力协助,他们对本教材提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者给予批评指正,以便于本书的修订和提高。

昆明理工大学电工电子中心
2008 年 12 月

目 录

前言

第一部分 电工技术实验	1
实验 1 常用电子仪器的使用	1
实验 2 基尔霍夫定律和叠加原理的验证	5
实验 3 戴维宁定理的验证	9
实验 4 RLC 串联交流电路	12
实验 5 感性负载与功率因数的提高	16
实验 6 三相交流电路	20
实验 7 一阶 RC 电路的暂态过程	25
实验 8 三相异步电动机的直接启动与正反转控制	30
实验 9 单相双绕组变压器	34
第二部分 电子技术实验	38
实验 10 单管低频放大电路	38
实验 11 多级放大电路与负反馈放大电路	43
实验 12 差动放大电路	47
实验 13 基本运算电路	51
实验 14 功率放大电路	56
实验 15 波形发生电路	59
实验 16 直流稳压电源	63
实验 17 组合逻辑电路基础	67
实验 18 双稳态触发器	71
实验 19 寄存器及其应用	75
实验 20 计数器	78
实验 21 555 集成定时器及其应用	84
第三部分 电子实习	88
第四部分 附录	105
附录 1 指针式万用表使用说明	105
附录 2 DF1930A 交流毫伏表使用说明	108
附录 3 DF1641A 函数发生器使用简介	111
附录 4 YB4325 型双踪示波器的使用说明	114
附录 5 常用电子元、器件(分立元件)参数	121
附录 6 集成电路主要性能参数和管脚图	130
参考文献	136

第一部分 电工技术实验

实验 1 常用电子仪器的使用

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. 学习使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“电工电子技术实验须知”,了解如何进行电工实验、安全规程,以及应注意的问题。
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、实验仪器设备

名 称	型号及参数说明	数 量
双踪示波器	YB4325	一台
函数发生器	DF1641A1	一台
交流毫伏表	DF1930A	一台
实验电路	一阶二阶电路	一块

四、实验原理

本实验所用电子仪器及其主要技术指标如下:

(一) YB4325 型双踪示波器

YB4325 型双踪示波器为一便携式晶体管类型的示波器,具有 CRT 读出功能。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 $1\mu\text{s}/\text{格}$ 至 $0.5\text{s}/\text{格}$ 递增, 有外触发信号输入插口。最大输入电压信号为 $400\text{V}(\text{DC}+\text{AC 峰-峰值})$ 。

(二) DF1641A1 函数发生器/频率计

作为函数发生器时,可输出的信号波形(FUNCTION)有:方波、三角波、正弦波、脉冲波,输出信号频率范围为 $0.1\text{Hz}\sim 2\text{MHz}$,输出阻抗 $50\Omega\pm 10\%$,输出幅度不小于 $20\text{V}(\text{空载})$,输出幅度可衰减 20dB 、 40dB 。

频率范围(RANGE): $0\sim 2\text{Hz}$ 、 $2\sim 20\text{Hz}$ 、 $20\sim 200\text{Hz}$ 、 $200\text{Hz}\sim 2\text{kHz}$ 、 $2\sim 20\text{kHz}$ 、 $20\sim 200\text{kHz}$ 、 $200\text{kHz}\sim 2\text{MHz}$ (分七挡)。

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 $1\text{Hz}\sim 10\text{MHz}$,输入阻抗不小于 $1\text{M}\Omega/20\text{pF}$,灵敏度 $100\text{mV}(\text{有效值})$,最大输入 $150\text{V}(\text{AC}+\text{DC})(\text{带衰减器})$,测量误差小于 $3\times 10^{-5}\pm 1$ 个字。

(三) DF1930A 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,能够完成工频及非工频下正弦交流信号的测量。

DF1930A 是一种智能型数字交流毫伏表,适用于测量频率 $5\text{Hz}\sim 2\text{MHz}$,输入 $100\sim 300\text{V}$ 的正弦波电压有效值,最大输入电压 450V 。具备手动/自动(MANU/AUTO)测量功能,同时显示 dB/mdB 值,以及量程和通道。量程有: 3mV 、 30mV 、 300mV 、 3V 、 30V 、 300V 。

五、注意事项

1. 仪器使用前,须阅读各仪器的使用说明(详见附录),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 3 分钟后再开机。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. 仪器旋钮和按键用力不宜过猛,以免造成损坏。
4. 函数发生器、直流稳压电源的输出端不能短接。对交流电路观测时应共地连接。

六、实验内容及步骤

1. 时基线的调节。接通电源,其指示灯亮;稍等预热,屏幕中出现光迹,分别调节亮度和聚焦旋钮,使光迹的亮度适中、清晰。垂直方式选择双踪,适当调节垂直位移旋钮,可在屏幕上观察到两条扫描时基线。
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,将示波器内部的标准方波信号 1kHz 、 2V_{PP} 引入 CH1 输入(X)或 CH2 输入(Y)端子,触发源开关选择对应的 CH1 或 CH2 输入信号作为触发信号。调节触发电平旋钮,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 1.1。

表 1.1 示波器面板开关或旋钮的初始位置

开关或旋钮名称	位置	开关或旋钮名称	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
TIME/DIV(扫描速率)	0.5ms/cm	辉度旋钮	适中
VOLTS/DIV(灵敏度)	1V/cm	聚焦旋钮	适中

(1) 将 TIME/DIV(扫描速度)旋钮置于表 1.2 中所要求的各位置,记下波形在 X 轴方向一个周期所占的格数 $d(\text{cm})$,计算相应的频率,并与 1kHz 进行比较。

表 1.2 标准信号的测量

扫描速率 /(ms/cm)	d /cm	f /Hz	灵敏度 /(V/cm)	h /cm	V_{P-P}/V
1			0.5		
0.5			1		
0.2			2		

(2) 将 VOLTS/DIV(灵敏度)旋钮置于表 1.2 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_{P-P} (峰-峰值电压)的值,并与 2V 进行比较。有关计算公式为:

$$T = d \text{ (ms/cm)}, \quad f = \frac{1}{T}, \quad V_{P-P} = h \text{ (V/cm)}$$

3. 观察正弦交流电压波形。调节函数发生器微调旋钮,使输出电压为频率 1kHz、幅度 5V 的信号,用专用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的正弦波。按表 1.3 所示完成实验。

(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。

表 1.3 正弦交流电压的测量

信号值	扫描时间	D	灵敏度	h	f	U (有效值)
	/(ms/cm)	/cm	/(V/cm)	/cm	/Hz	/V
5V,1kHz						
自选						

(2) 测出波形在 Y 轴方向的格数 h (厘米数),按公式 $U = \frac{h \times \text{灵敏度}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$ 计算出电压的有效值。

4. 函数发生器及交流毫伏表的使用。将 DF1641A1 函数发生器输出幅度衰减(ATTENUATOR)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(FREQUENCY)和幅度旋钮(AMPLITUDE),使函数发生器输出频率为1kHz,有效值为7V的信号(用DF1930A交流毫伏表测量电压的有效值),数据记入表1.4中。注意检查函数发生器的“输出幅度衰减”按键的位置是否正确。

表 1.4 函数发生器幅度衰减

测定项目	测定的正弦波信号 1kHz, 20V _{p-p}		
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。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、5V 的正弦信号,经 RC 移相网络获得同频不同相的两路信号。

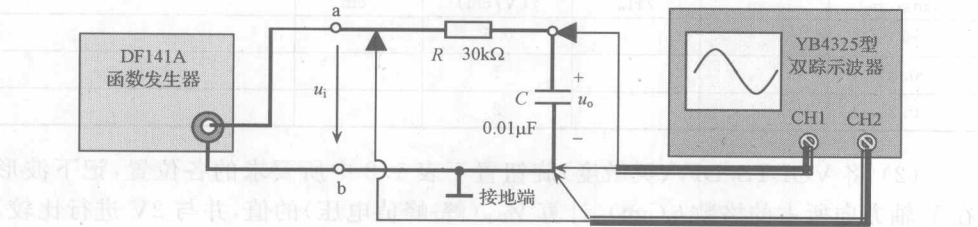


图 1.1 RC 移相网络接线图

(1) 用示波器观察 RC 移相网络的输入 u_i 与输出 u_o 波形。记录相关波形,并标出有关数据。

(2) 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 $K(\text{cm})$,按下面公式可计算出相位差 φ 。将测量和计算结果记入表 1.5 中。

表 1.5 相位差的测量

K/cm	d/cm	相位差 φ (测量值) $\varphi = \frac{360^\circ}{d} \times K$	理论值 φ (测量值) $\varphi = \arctan(\omega RC)$
波形 (在坐标系中 画出 u_i 和 u_o)			

七、实验报告要求及思考题

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波形时,要达到以下要求,应调节哪些旋钮?
① 使波形清晰;② 使波形稳定;③ 改变所显示波形的周期数;④ 改变所显示波形的幅值。

实验 2 基尔霍夫定律和叠加原理的验证

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律和叠加原理。
2. 学习电压表、电流表、万用表等常用仪器、仪表的使用。

二、预习要求

1. 了解实验中所用仪器仪表的工作原理、特性及使用方法。
2. 根据图 2.1 所示的给定参数,用基尔霍夫定律计算支路与回路的理论值。
3. 根据图 2.3 所示的给定参数,用叠加原理计算各支路的理论值。

三、实验仪器设备

名 称	型号及参数说明	数 量
双路直流稳压电源	+10V、-6V 切换	一台
直流电压表	量程 0/20/200V	一台
直流电流表	量程 0/200mA/2A	一块
实验电路	直流电路基本定律及分析	一块

四、实验原理

(一) 基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律:任何时刻,对任一结点所有支路电流的代数和恒等于零,即 $\sum i = 0$ 。
2. 基尔霍夫电压定律:任何时刻,沿任一回路内所有支路或元件电压的代数

和恒等于零,即 $\sum u = 0$ 。

(二) 叠加原理

多个独立电源作用于线性电路中,任何一条支路中的电流(或任意两点的电压)都可以看成是由电路中各个电源(电压源或电流源)单独作用时,在该支路中所产生的电流(或该两点的电压)的代数和。如图 2.1 所示,实验时使用双路输出的直流稳压源作为电压源 E_1 和 E_2 ,一般认为电源的内阻很小,可忽略不计。

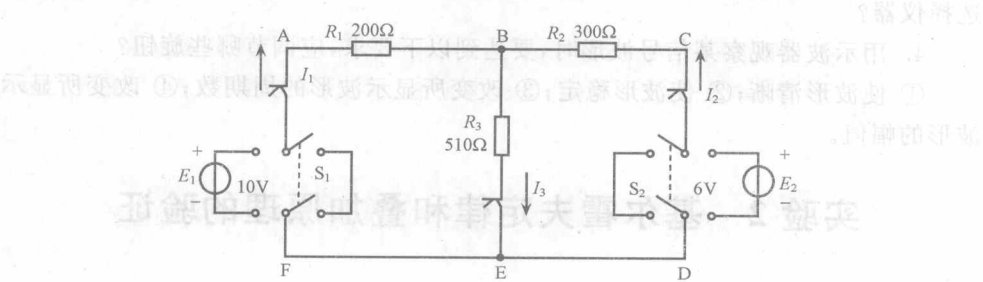


图 2.1 基尔霍夫定律实验电路图

(三) 电流插孔和插头的使用

DG013T 的各实验电路中,提供有多个独立的电流插孔(一般标有电流单位 A),其原理如图 2.2 所示。当需要测量某一支路电流时,可利用串联在被测电流支路上的电流插孔,将与一个电流表相联结的电流插头插入电流插孔中,亦即将电流表接入了电路中,电流流经电流表而测得所需支路电流。如将电流插头拔出,就将电流表从该支路中取出,而该支路经过电流插孔仍保持导通。

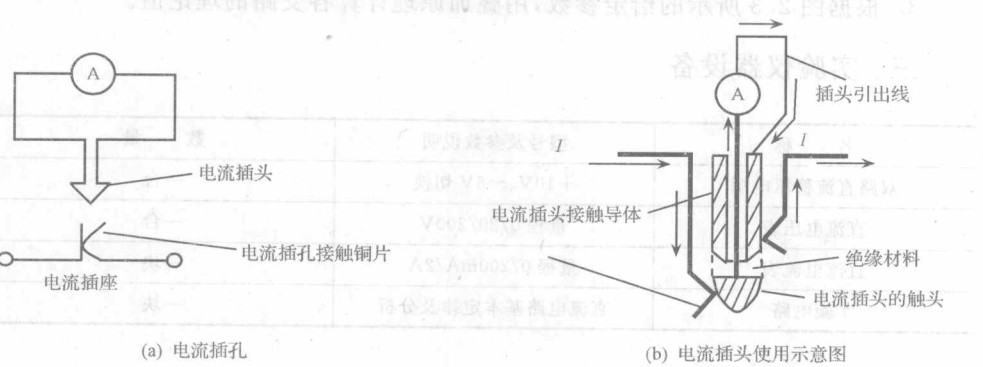


图 2.2 电流插座和插头结构

(四) 万用表的使用方法

万用表可测量多种电量,虽然准确度不高,但是使用简单,携带方便,特别适用于检查线路和修理电气设备。万用表有磁电式(指针式)和数字式两种,下面介绍本实验室使用的 VC3010 或 VC3021 指针式万用表。

1. 端钮(或插孔)的选择。

(1) 万用表一般配有红、黑两种颜色的表笔,面板上也有红、黑两色端钮或标有“+”、“-”极性的插孔。使用时应将红表笔接红色端钮或插入标有“+”号的插孔内,黑表笔接黑色端钮或插入标有“-”号的插孔内。

(2) 测电流时串联接入电路,测电压时并联接入电路。测量直流时要注意正负极性,红表笔接正极,黑表笔接负极。

2. 转换开关位置的选择。

(1) 根据测量对象,将转换开关转至需要的位置上。例如测量电压,转换开关转至电压挡;测量电流,转换开关转至电流挡。严禁在带电测量时旋转转换开关;严禁带电测电阻。

(2) 合理选择量程。决定测量范围时,选择较高量程。如果测量值不可预测,应选最大范围。测量电压或电流时,应使表针偏摆 $1/2 \sim 2/3$ 范围内;测量电阻时,应使表针偏摆在欧姆表刻度中心值附近,这样读数比较准确。

3. 机械调零和欧姆调零。用万用表测量电压或电流前,应通过面板中心的调零螺钉进行机械调零,使指针偏摆在左侧零刻度线上,以保证测量的准确性。在测量电阻时,每转换一次量程时,都要进行欧姆调零。方法是将两根表笔短接,如指针未能偏摆在最右侧,即 $R = 0$ 的刻度线上,则调整面板上的“零位欧姆调节”旋钮,使指针指零。

4. 测量完毕,将开关转至交流电压挡最大量程位置上或旋至“OFF”挡。注意,使用万用表测量电阻时,面板上的“+”端是接至内部电池的负极上,而“-”端是接至内部电池的正极上。

五、注意事项

1. 需要更改线路时,先断开电源以避免带电操作。
2. 要等待测量表中数据的稳定后读数,记录数据时应标出正负号。
3. 在启动实验台的电源之前,应将直流稳压电源、恒流源的输出旋钮置于零位,实验时再缓缓地增、减输出。直流稳压电源的输出不允许短路。

六、实验内容及步骤

(一) 验证基尔霍夫定律

1. 按图 2.1 接线。其中标有 I_1 、 I_2 、 I_3 及其方向的是电流插孔(电流插头接 DG054-1T 的 2A 直流电流表), S_1 、 S_2 是双刀双掷开关。

2. 先将 S_1 、 S_2 合向短路线一边,调节双路直流稳压电源 DY031T,使 $E_1 = 10V$, $E_2 = 6V$ (最好用电压表测量 DY031T 的输出电压)。

3. 将 S_1 、 S_2 合向电源一边,按表 2.1 和表 2.2 中给出的各参量进行测量并记录,验证基尔霍夫定律。

表 2.1 基尔霍夫电流定律

I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	验证结点 B: $\sum I = 0$

表 2.2 基尔霍夫电压定律

U_{AB}/V	U_{BC}/V	U_{CE}/V	U_{EA}/V	U_{BE}/V	验证: $\sum U = 0$	
					回路 ABCDEFA	回路 ABEFA

(二) 验证叠加原理

1. 双路可调直流稳压电源输出, $E_1 = 10\text{V}$ 、 $E_2 = -6\text{V}$ (E_2 极性与图 2.2 相反)。根据电路中标明的支路电流及电阻端电压的参考方向, 进行实验验证。

2. 按图 2.3 接线, 开关 S_1 、 S_2 均置向各自的电源。测量 E_1 、 E_2 共同作用下 R_3 支路的电流 I_3 及电压 U_3 的数值, 数据记入表 2.3 中。

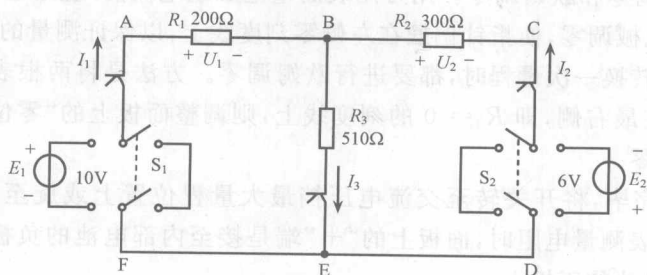


图 2.3 叠加原理实验电路图

3. 在图 2.3 中将 E_2 断开, S_2 置向短路线, S_1 置向电源。测量 E_1 单独作用下 R_3 支路的电流 I_3 及电压 U_3 的数值, 数据记入表 2.3 中。

4. 在图 2.3 中将 E_1 断开, S_1 置向短路线, S_2 置向电源。测量 E_2 单独作用下 R_3 支路的电流 I_3 及电压 U_3 的数值, 数据记入表 2.3 中。

表 2.3 叠加原理的验证

待测量 外接电源	I_3/mA			U_3/V		
	测量值	计算值	相对误差	测量值	计算值	相对误差
E_1 、 E_2 同时作用						
E_1 单独作用						
E_2 单独作用						

5. 如图 2.4 所示, R_3 下面串联一只二极管(型号 4001), 重复步骤 2~4 的测量。验证该支路的电流 I_3 及电压 U_3 是否满足叠加原理, 记录相关数据。

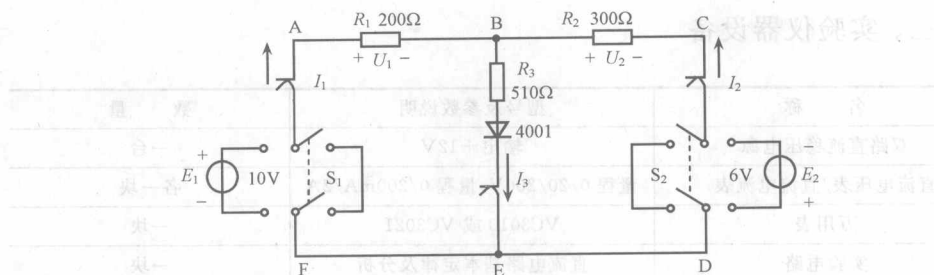


图 2.4 叠加原理实验电路图

表 2.4 叠加原理的验证

待 测 量 外 接 电 源	I_3/mA	U_3/V
E_1 、 E_2 同时作用		
E_1 单独作用		
E_2 单独作用		

七、实验报告要求及思考题

1. 说明基尔霍夫定律和叠加原理的正确性。计算相对误差，并分析误差原因。
2. 使用万用表测量电阻、直流电压、直流电流时，应注意些什么问题？
3. 实验时，如果电源（直流稳压电源）内阻不能忽略，应如何进行？
4. 含有二极管的电路是否满足叠加原理？

实验 3 戴维宁定理的验证

一、实验目的

1. 验证戴维宁定理；学习有源二端网络伏安特性的测试方法。
2. 学习通过实验来实现有源二端网络的等效变换。

二、预习要求

1. 根据实验内容估算电流及电压值并选择仪表量程。
2. 根据本实验电路给定的参数，用戴维宁定理计算出 a、b 点左侧有源二端网络的开路电压 U_0 、等效电阻 R_0 和短路电流 I_s 。

三、实验仪器设备

名 称	型号及参数说明	数 量
双路直流稳压电源	输出+12V	一台
直流电压表/直流电流表	量程 0/20/200V, 量程 0/200mA/2A	各一块
万用表	VC3010 或 VC3021	一块
实验电路	直流电路基本定律及分析	一块
电阻箱	R_x 100 Ω ~10k Ω	一台

四、实验原理

1. 戴维宁定理：任何一个线性有源二端网络都可以用一个电动势为 E 的理想电压源和内阻为 R_0 的电阻串联来等效替代。电动势 E 等于该二端网络的开路电压 $U_{ab}(U_{oc})$ ，内阻 R_0 等于二端网络内部除去理想电源(理想电压源短路，理想电流源开路)后该网络的输入端电阻(等效电阻)，如图 3.1 所示。

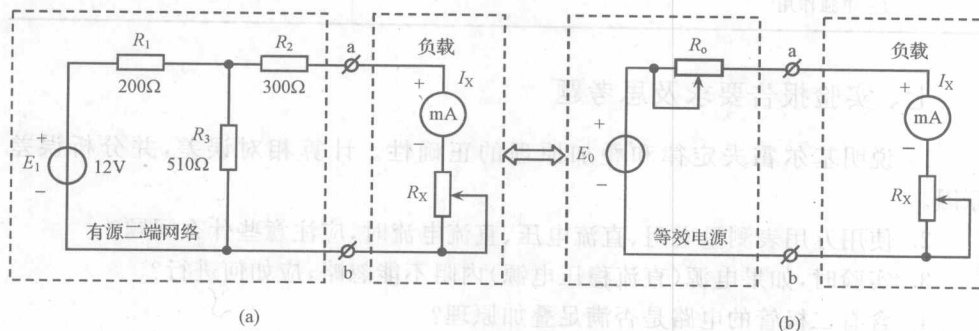


图 3.1 戴维宁定理实验电路图

2. 线性有源二端网络输出电压与电流间的关系称为这个网络的外特性(伏安特性)，即 $U = f(I)$ 。用图 3.2(a)所示的线路测出网络在不同负载下的电压和电流，就能得到网络的外特性曲线，如图 3.2(b)所示，是一条直线，它与其等效的电压源的外特性($U = E - IR_0$)相同。根据外特性曲线求出斜率 $\tan\varphi$ ，则等效电阻为

$$R_0 = -\tan\varphi = -\frac{\Delta U}{\Delta I}$$

E 可利用外特性关系式 $U = E - IR_0$ 计算出，或用开路电压法直接测得。

五、注意事项

1. 参考实验 2 注意事项。
2. 图 3.1 中 R_x 电阻箱即是负载电阻 R_L ，电流表(mA 电流插孔)可参考实验 2

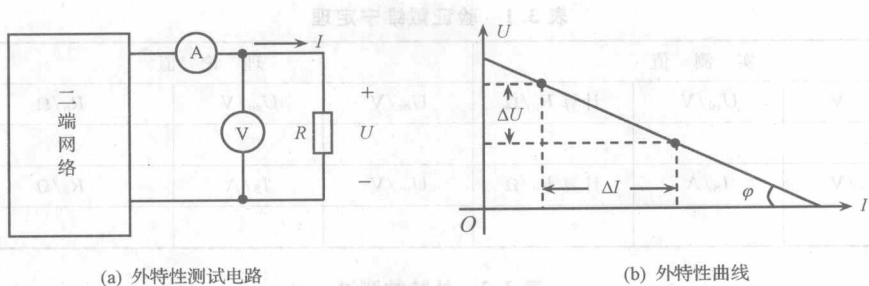


图 3.2

的接法。变换电阻时不能使电阻箱的电阻为“0”值。

六、实验内容及步骤

(一) 验证戴维宁定理

取双路可调直流稳压电源,使 $E_1 = 12\text{V}$ 。按图 3.1(a)接线,a、b 端左边的电路为有源二端网络。其等效电压源参数 E 和 R_0 的测量,可采用以下三种方法:

1. 两次电压法:先测量有源二端网络的开路电压 U_{oc} 。在端口外接已知负载电阻 R_X (电阻箱 R_X 取 $1\text{k}\Omega$),再次测量端电压 U_{ab} ,按公式 $R_0 = \left(\frac{U_{oc}}{U_{ab}} - 1\right) \times R_X$ 计算内阻。

2. 间接测量法:图 3.2(a)中移去负载电阻 R_X ;将 a、b 两端串接一直流电流表(用电流插口),测出其短路电流 I_s ;再测出 a、b 两端的开路电压 U_{oc} ,数据记入表 3.1 中。利用 $R_0 = U_{oc} / I_s$ 计算 R_0 。这种方法仅适用于等效内阻 R_0 较大而短路电流 I_s 不大的情况(因短路电流太大会损坏电路的器件)。

3. 直接测量法:将 $E = 12\text{V}$ 电源除去后,原接点之间短路(开关 S_1 于右边位置),用万用表欧姆挡直接测量二端网络(开路)a、b 端子之间的电阻。

(二) 有源二端网络的外特性

图 3.1(a)接线不变。在 a、b 两端接上负载 R_X (电阻箱)和电流表,调节 R_X 的倍率使其为表 3.1 中不同电阻值时,测量出 R_X 所在支路的电流 I_X 及端电压 U_{ab} ,并将结果记入表 3.1 中。

(三) 等效电压源的外特性

取表 3.2 中的一组测量数据,按图 3.1(b)接线,将 E_0 的值调到开路电压 U_{oc} (U_{ab}) 的值,用 $1\text{k}\Omega$ 电位器调到 R_0 的值(万用表 $\times 10$ 挡测量)。a、b 两端接上负载电阻 R_X ,调节 R_X 为表 3.1 中不同阻值时,测量电流 I_X 及端电压 U_{ab} ,结果记入表 3.2 中。

表 3.1 验证戴维宁定理

实 测 值			理 论 值		
U_{oc}/V	U_{cd}/V	计算 R_o/Ω	U_{oc}/V	U_{cd}/V	R_o/Ω
U_{oc}/V	I_S/A	计算 R_o/Ω	U_{oc}/V	I_S/A	R_o/Ω

表 3.2 外特性测试

电阻 条件	R_X/Ω	400 Ω	600 Ω	800 Ω	1k Ω	1.2k Ω	1.5k Ω	2k Ω	3k Ω
有源 二端 网络	I_X/mA								
	U_{ab}/V								
	计算 R_X/Ω								
等效 电压 源	I_X/mA								
	U_{ab}/V								
	计算 R_X/Ω								

七、实验报告要求及思考题

1. 说明戴维宁定理的正确性。计算表 3.1 的相对误差,并分析误差原因。
2. 对有源二端网络内阻 R_o 的测量是否还有其它方法,若有说明其中一种方法。
3. 电压表、电流表的内阻分别是越大越好还是越小越好,为什么?
4. 将表 3.2 中 $U_{ab} = f(I_X)$ 的数值,用描点法画出等效电压源的外特性。

实验 4 RLC 串联交流电路

一、实验目的

1. 研究 RLC 串联电路中总电压与分电压,电压 u 与电流 i 之间的相位关系。
2. 研究 $R \neq 0$ 时,感抗 X_L 、容抗 X_C 的大小对电路性质的影响,了解串联谐振的特征。

二、预习要求

1. 已知: $R=510\Omega$, $C=0.01\mu F$, $L=33mH$, $r \approx 21\Omega$ (电感的内阻),实验前必须计算表 4.1~表 4.3 中所要求的理论值。
2. 复习教材相关内容,自学电工测量的相关知识。
3. 学习附录中函数发生器、交流毫伏表及双踪示波器的基本用法。