

现代电路电子技术 实验教程

彭琛 彭进香 王文虎 侯清莲 ● 编著



西南交通大学出版社

湖南省普通高校教学改革研究项目（湘教通〔2019〕291号-684）

湖南省2020年线上线下混合式一流课程“EDA技术”（湘教通〔2021〕28号-611）

湖南省教育厅优秀青年项目（湘教通〔2020〕264号-20B398）

湖南省一流本科专业湖南文理学院自动化专业

湖南省2021年线上一流课程“EDA技术”（湘教通〔2021〕322号-118）

现代电路电子技术 实验教程

彭 琛 彭进香 王文虎 侯清莲 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

现代电路电子技术实验教程 / 彭琛等编著. —成都:
西南交通大学出版社, 2022.3
ISBN 978-7-5643-8626-9

I. ①现… II. ①彭… 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.
①TM13-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 048153 号

Xiandai Dianlu Dianzi Jishu Shiyān Jiāochēng
现代电路电子技术实验教程

彭 琛 彭进香 王文虎 侯清莲 / 编 著

责任编辑 / 赵永铭

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话: 028-87600564 028-87600533
网址: <http://www.xnjdcbs.com>
印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 16.25 字数 345 千

版次 2022 年 3 月第 1 版 印次 2022 年 3 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-8626-9

定价 45.00 元

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

PREFACE

为适应当前教学改革的需要，根据电类专业和非电专业电子技术课程的教学基本要求，我们组织编写了《现代电路电子技术实验教程》。

本书是电路与电子技术课程的配套实验指导书。主要内容包括：电路实验、数字电子实验和现代电子技术实验三个部分。本书是在根据现有设备编写的电路测试技术、电子测试技术和 EDA 技术实验指导书的基础上，进行知识综合扩展重新安排实验内容而成。其内容的选择主要考虑现代电路电子技术仿真手段的应用，既实现对学生基本技能的训练，又体现创新能力的培养，还符合教学的先进性、实用性。本书力求做到内容丰富、取材得当，先进实用。使用本书在满足教学基本要求的基础上，可以针对电类专业和非电专业学生的不同需求，选择合适的实验内容提高学生综合应用电子技术的能力。

参编本书内容的教师有彭琛、彭进香、王文虎、侯清莲。彭琛和王文虎老师对全书进行了审定，彭进香和侯清莲老师对实验参数的确定等提出了许多改进意见。感谢黎福海教授、彭友林教授在本书出版过程中的大力支持。

本书由湖南省 2019 年普通高校教学改革研究项目“《EDA 技术》线上、线下混合式课程思政改革”（湘教通〔2019〕291 号-684）、湖南省 2020 年线上线下混合式一流课程“EDA 技术”（湘教通〔2021〕28 号-611）、湖南省 2021 年线上一流课程“EDA 技术”（湘教通〔2021〕322 号-118）和湖南省教育厅 2020 年科研优青项目“区块链技术在智慧有机农业信息管理系统中的研究与应用”（湘教通〔2020〕264 号-20B398）项目支持出版，还有湖南文理学院的省级一流专业——自动化专业支持出版。由于编写时间仓促，疏漏与不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2021 年 11 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 概 述	001
第 2 章 实验要求及注意事项	003
2.1 电路电子实验须知	003
2.2 基本实验技能和要求	004
第 3 章 电路实验	006
3.1 常用电工仪表的使用及数据处理训练	006
3.2 电路元件伏安特性测量	011
3.3 电路定律的验证	018
3.4 电源的等效变换	021
3.5 有源二端网络等效参数测定电路的设计	025
3.6 受控源外特性分析	031
3.7 RC 一阶电路的研究	036
3.8 R 、 L 、 C 元件阻抗特性分析	040
3.9 三表法测量交流电路等效参数	043
3.10 串联谐振电路及电感参数测量电路的设计	049
3.11 双口网络测试	053
3.12 三相交流电路的研究	057
3.13 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	065
3.14 最大功率传输条件分析	067
3.15 二阶电路的研究	071
3.16 RC 选频网络特性测试	073
3.17 互感实验电路的测量	078
3.18 提高功率因数的方法研究	082

第 4 章 数字电子实验	085
4.1 TTL 集成逻辑门的参数测试	085
4.2 CMOS 集成逻辑门的参数测试	091
4.3 集电极开路 OC 门及三态 TS 门电路的研究	095
4.4 译码器及其应用	101
4.5 组合逻辑电路的设计与测试	107
4.6 数据选择器的功能分析与设计	111
4.7 触发器的功能测试	115
4.8 移位寄存器及其应用	120
4.9 集成定时器的应用	124
4.10 脉冲分配器及其应用	131
4.11 自激多谐振器的设计	135
4.12 交通灯控制逻辑电路设计	137
4.13 单稳态触发器与施密特触发器的构成及应用	144
4.14 数字频率计的设计	152
4.15 智力竞赛抢答装置的设计	154
4.16 3 位半直流数字电压表的设计	156
4.17 电子秒表的设计	163
4.18 拔河游戏机的设计	168
第 5 章 现代电子技术实验	175
5.1 4-16 译码器的设计	175
5.2 基于 VHDL 格雷码编码器的设计	177
5.3 含异步清零和同步使能的加法计数器	179
5.4 八位七段数码管动态显示电路的设计	181
5.5 数控分频器的设计	184
5.6 图形和 VHDL 混合输入的电路设计	187
5.7 四位并行乘法器的设计	190
5.8 基本触发器的设计	192
5.9 四位全加器设计	194
5.10 矩阵键盘显示电路的设计	196
5.11 16*16 点阵显示实验	199
5.12 用 VHDL 设计七人表决器	202
5.13 用 VHDL 设计四人抢答器	203
5.14 可控脉冲发生器的设计	205

5.15	正负脉宽调制信号发生器设计	207
5.16	直流电机的测速	209
5.17	数字频率计的设计	212
5.18	交通灯控制电路设计	215
5.19	数字钟的设计	217
5.20	序列检测器的设计	219
5.21	数字秒表的设计	222
5.22	出租车计费器的设计	223
第 6 章	操作软件	226
6.1	Multisim 仿真软件操作说明	226
6.2	Quartus II 软件操作说明	234
参考文献	251

第1章

概述

现代电路电子学课程是理工科院校本科电类和非电专业学生的一门专业技术基础课。现代电路电子学实验是电路和电子学课程重要的实践性教学环节。现代电路电子学实验教学不仅能帮助学生巩固和加深理解所学的知识，更重要的是要训练学生的实验技能，提高学生分析问题、解决问题的能力，为学生进一步学习专业知识，拓宽专业领域，运用新的技术打下良好基础。

本实验教程是适用电路理论、数字电子技术、现代电子技术、数字电路与逻辑设计和现代电路电子学等课程的实验配套教学用书。实验项目主要包含电路实验部分、数字电子技术实验部分和现代电子技术实验部分。

1. 电路实验

电路实验是一门以理论为基础，以专业技术为指导且操作性强的课程，旨在将所学理论过渡到应用，为后续实验课、技术基础课、专业课的学习乃至今后的工作打下一个良好的基础。通过实验对电路的基本概念、基本定律进行验证，巩固并加深对电路分析基本知识的理解，增强感性认识。

实验能力目标：

- (1) 实验前必须认真阅读实验教材上的有关内容，明确实验目的、任务和原理；
- (2) 根据实验课题，具备选择设计实验方案的能力；
- (3) 掌握实验的基本测量方法，具有选用测试手段的能力；
- (4) 学会正确使用各类仪器仪表的能力；
- (5) 在实验中，具有合理布局、正确接线、观察、测试、分析并排除故障的能力；
- (6) 自行设计电路、程序，通过仿真及下载调试达到实验要求并认真书写实验报告。

2. 数字电子技术实验

数字电子技术是一门专业基础课，是研究半导体逻辑器件的性能、电路及其应用的学科，主要讲述逻辑门电路的基本结构及工作原理和特性、组合逻辑电路及时序逻辑电路的分析和设计方法。本实验的开展是学好数字电子技术的一个重要环节。通过该实验课的基本训练，使学生进一步理解数字电路和数字系统的基本概念和基本规律，

了解常用电路芯片的逻辑功能和参数测试方法,掌握基本电路的工作原理和设计方法,初步具备数字电路测量调试的基本技能,提高设计与调试能力,为学习后续课程和从事实践技术工作奠定基础。

实验能力目标:

通过实验对电子线路的原理进行验证,巩固并加深对电子技术基本知识的理解,熟悉各种数字电路芯片,学会分析和设计多种逻辑电路,增强感性认识,初步具备分析与解决问题的能力。

3. 现代电子技术实验

现代电子技术是专业实践性强的技术性基础课程。以大规模可编程逻辑器件为设计载体,以硬件描述语言为系统逻辑描述的主要表达方式,以计算机、大规模可编程逻辑器件的开发软件及实验开发系统为设计工具,通过相关开发软件,自动完成用软件方式设计的电子系统到硬件系统的逻辑编译、逻辑化简、逻辑分割、逻辑综合及优化、逻辑布局布线、逻辑仿真、直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射、编程下载等工作,最终形成集成电子系统或专用集成芯片的一门新技术,或称 IES/ASIC 自动设计技术。通过本课程的学习,了解 PLD 器件的类别、结构与特性,掌握现代电子技术开发流程,初步具备以软件方式开发数字电子系统硬件的技能。

实验能力目标:

通过实验掌握现代数字系统的设计思想和方法;了解大规模可编程逻辑器件的基本结构和工作原理;掌握硬件描述语言 VHDL 的编程基础知识,包括程序结构、VHDL 语言要素、顺序语句、并行语句等;熟悉基本逻辑电路和状态机的 VHDL 设计方法;掌握大规模数字电子系统的 EDA 设计流程;能熟练使用 EDA 技术开发软件,并具有动手设计简单数字电子系统的能力。

4. 实验分类安排

常规性实验包含电路实验 8 个和数字电子技术实验 3 个,通过一些基础性的验证性的实验,使学生巩固所学基本知识,掌握基本仪器的使用,培养学生的搭接电路、调试电路、分析故障的基本能力。

综合性实验包含电路实验 7 个和数字电子技术实验 11 个,增加一些较深、较宽的学习内容,使学生了解和掌握课堂上没有讲解的知识,侧重培养学生对基础知识的综合应用能力和对实验的综合分析能力。

设计性实验包含电路实验 3 个、数字电子技术实验 4 个和现代电子技术实验 22 个,通过扩展课堂学习内容,添加设计要求,增加较深的课程难度,使学生能够灵活使用课堂上的知识进行设计,侧重培养学生对知识的融会贯通和创新思维能力。

第2章

实验要求及注意事项

2.1 电路电子实验须知

1. 实验的目的和要求

实验是现代电路电子学课程重要的实践性教学环节。实验的目的不仅要巩固和加深所学的知识，更重要的是要训练实验技能，使学生学会独立进行实验，树立工程实际观点和严谨的科学作风。

对学生实验技能训练的具体要求是：

- (1) 能正确使用常用的电工仪表、电工设备及常用的电子仪器。
- (2) 能按电路图正确接线和查线。
- (3) 学习查阅手册，对常用的电子元器件具有使用的基本知识。
- (4) 能准确读取实验数据，观察实验现象，测绘波形曲线。
- (5) 能整理分析实验数据，独立写出内容完整的、条理清楚的、整洁的实验报告。

2. 实验课前学生应作的准备工作

(1) 认真阅读实验教程，明确实验目的，理解有关原理，熟悉实验电路、内容步骤及实验中的注意事项。

- (2) 完成实验教程中有关预习要求的内容。
- (3) 做好数据记录表格等准备工作。

3. 实验总结报告的要求

一律用学校规定的实验报告纸认真书写实验报告。实验报告的具体内容为：

- (1) 实验目的。
- (2) 实验原理电路图及主要仪器设备的型号规格。
- (3) 课前完成的预习内容：实验教程中所要求的理论计算、回答问题、设计记录表格等。

(4) 实验数据及处理：根据实验原始记录，整理实验数据，并按实验教程要求加以必要处理。

(5) 实验总结：完成实验教程要求的总结、问题讨论及心得体会，如有曲线应用坐标纸作出。

4. 实验规则

(1) 严禁带电接线、拆线或改接线路。

(2) 接线完毕后，要认真复查，确认无误后，经教师同意，方可接通电源进行实验。

(3) 实验过程中如果发生事故，应立即关断电源，保持现场，报告指导教师。

(4) 实验完毕后，先由本人检查实验数据是否符合要求，然后再请教师检查，经教师认可后方可拆线，并将实验器材整理好。

(5) 室内仪器设备不准任意调换，非本次实验所用的仪器设备，未经教师允许不得动用。没有弄懂仪表、仪器及设备的使用方法前，不得贸然使用。若损坏仪器设备，必须立即报告教师，作书面检查，责任事故要酌情赔偿。

(6) 实验要严肃认真，保持安静、整洁的学习环境。

2.2 基本实验技能和要求

我们要求通过本实验教程的实验，培养同学掌握实验的基本技能，希望学生在实验中注意培养和训练。

1. 安全操作训练和科学作风

(1) 接线：最后接电源部分（拆线时应先拆电源部分），接完线后仔细复查；严禁带电拆、接线；遇有事故应立即断开电源，并向教师报告情况，检查原因；勿乱拆线路。

(2) 接完电路后，开始实验前应做好准备工作，例如：

① 调压器或三端变阻器的可动端应放在无输出电压位置上或放在线路中电流为最小的位置上。

② 电压表、电流表或其他测量仪器（如万用表，数字万用表）的量程应放在经过估算的一挡或放在最大量程挡上。

(3) 合电源闸前要得到教师 and 同组人的允许。每次开始操作前应与同组人协商好，互相密切配合。加负荷或变电路参数时应监视各仪表，若有异常现象，如冒烟、有烤糊味、指针到极限位置、指针打弯等，应立即断电检查。

(4) 注意各种仪表仪器的保护措施。如电流表的短路开关（防止电动机起动电流冲击）；有些仪器用保险丝作过载保护，不得随便更换；监视仪表过载指示灯，过载跳闸机构等等。

(5) 预操作习惯（在实验前先操作和观察一下），其目的在于：

① 看电路运行及仪表指示是否正常。

② 看所测电量数据变化趋势，以便确定实验曲线取点。

③ 找出变化特殊点，作为取数据时的重点。

④ 熟悉操作步骤。

2. 实验技能训练

(1) 接线能力：

① 合理安排仪表元件的位置，接线该长则长，该短则短，达到接线清楚、容易检查、操作方便的目的。

② 接线要牢固可靠。

③ 先接电路的主回路，再接并联支路。有些电路（如电机控制），主回路电流大用粗导线，控制电流小用细导线。

(2) 合理读取数据点：应通过预操作，掌握被测曲线趋势和找出特殊点；凡变化急剧的地方取点密，变化缓慢的取点疏。使取点尽量少而又能真实反映客观情况。

(3) 正确、准确地读取电表指示：

① 合理选择量程，应力求使指针偏转大于 $2/3$ 满量程时较为合适，同一量程中，指针偏转越大越准确。

② 电表量程与表面分度一致，可以直读。不一致时可读分度数，即记下指针指示的格数，再进行换算，并注意读出足够的有效数字，不要少读或多读。

(4) 配合实验结果的有效数字，选择曲线坐标比例尺，避免夸大或淹没了实验结果的误差。

3. 使用设备的一般方法

(1) 了解设备的名称、用途、铭牌规格、额定值及面板旋钮情况。

(2) 着重搞清楚设备使用极限值。

① 着重搞清楚设备：要注意其最大允许的输出值，如调压器、稳压电源有最大输出电流限制；电机有最大功率输出限制；信号有最大输出功率及最大信号电流限制。

② 测量仪表仪器，要注意最大允许的输入量。如电流表、电压表和功率表要注意最大的电流值或电压值。万用表、数字万用表、数字频率计、示波器等输入端都规定有最大允许的输入值，不得超过，否则损坏设备。多量程仪表（如万用表）要正确使用量程，千万不可用欧姆表测电压，或用电流挡测电压。

(3) 了解设备面板上各旋钮的作用。使用时应放在正确位置。禁止无意识乱拨动旋钮。

(4) 正式使用设备时设法判断是否正常。有自校的可通过自校信号对设备进行检查。如示波器有自校正弦波或方波，频率计有自校标准频率。

第3章

电路实验

3.1 常用电工仪表的使用及数据处理训练

实验学时：2 学时

实验类型：验证

【实验目的】

- (1) 熟悉实验台上各类电源及各类测量仪表的布局和使用方法。
- (2) 掌握数字式电压表、电流表内阻的测量方法。
- (3) 熟悉电工仪表测量误差的计算方法。

【实验原理、方法和手段】

为了准确地测量电路中实际的电压和电流，必须保证仪表接入电路后不会改变被测电路的工作状态。这就要求电压表的内阻为无穷大；电流表的内阻为零。而实际使用的指针式电工仪表都不能满足上述要求。因此，当测量仪表一旦接入电路，就会改变电路原有的工作状态，这就导致仪表的读数与电路原有的实际值之间出现误差。误差的大小与仪表本身内阻的大小密切相关。只要测出仪表的内阻，即可计算出由其产生的测量误差。以下介绍几种测量指针式仪表内阻的方法。

1. 用“分流法”测量电流表的内阻

如图 3-1-1 所示。A 为被测内阻 (R_A) 的直流电流表。测量时先断开开关 S，调节电流源的输出电流 I 使 A 表指针满偏转。然后合上开关 S，并保持 I 值不变，调节电阻箱 R_B 的阻值，使电流表的指针指在 1/2 满偏转位置，此时有

$$I_A = I_S = I / 2, R_A = R_B // R_1$$

其中， R_1 为固定电阻器之值， R_B 可由电阻箱的刻度盘上读得。

2. 用“分压法”测量电压表的内阻

如图 3-1-2 所示。V 为被测内阻 (R_V) 的电压表。测量时先将开关 S 闭合，调节直流稳压电源的输出电压，使电压表 V 的指针为满偏转。然后断开开关 S，调节 R_B 使电

压表 V 的指示值减半。此时有 $R_V = R_B + R_1$ 。电压表的灵敏度为： $S = R_V / U(\Omega / V)$ ，式中 U 为电压表满偏时的电压值。

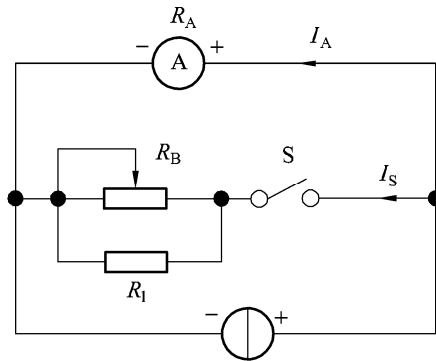


图 3-1-1 可调电流源

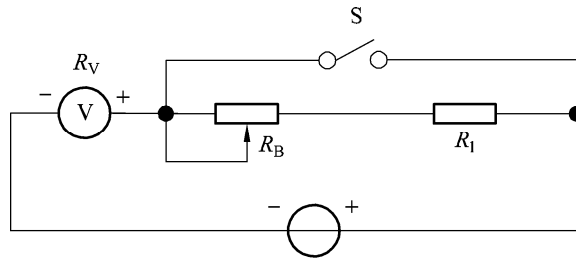


图 3-1-2 可调稳压源

3. 仪表内阻引起的测量误差的计算

(1) 以图 3-1-3 所示电路为例， R_1 上的电压为 $U_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$ ，若 $R_1 = R_2$ ，则 $U_{R_1} = \frac{1}{2} U$ 。

现用一内阻为 R_V 的电压表来测量 U_{R_1} 值，当 R_V 与 R_1 并联后， $R_{AB} = \frac{R_V R_1}{R_V + R_1}$ ，以此来替代上式中的 R_1 ，则得

$$U'_{R_1} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} U$$

绝对误差为

$$\Delta U = U'_{R_1} - U_{R_1} = U \left(\frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

化简后得

$$\Delta U = \frac{-R_1 R_2 U}{R_V (R_1 + 2R_1 R_2 + R_2) + R_1 R_2 (R_1 + R_2)}$$

若 $R_1 = R_2 = R_V$ ，则得 $\Delta U = -\frac{U}{6}$ ，相对误差

$$\Delta U\% = \frac{U'_{R_1} - U_{R_1}}{U_{R_1}} \times 100\% = \frac{-U/6}{U/2} \times 100\%$$

由此可见，当电压表的内阻与被测电路的电阻相近时，测量的误差是非常大的。

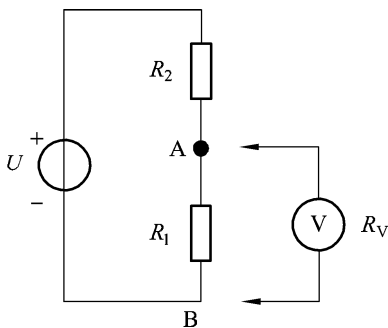


图 3-1-3 电压表基本误差

(2) 伏安法测量电阻的原理为：测出流过被测电阻 R_X 的电流 I_R 及其两端的电压降 U_R ，则其阻值 $R_X = U_R / I_R$ 。实际测量时，有两种测量线路，即：相对于电源而言，① 电流表 A（内阻为 R_A ）接在电压表 V（内阻为 R_V ）的内侧；② A 接在 V 的外侧。两种线路如图 3-1-4 (a)、(b) 所示。

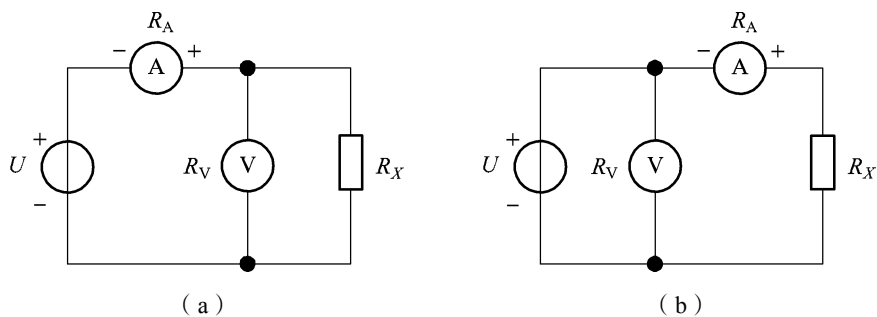


图 3-1-4 伏安法测电阻原理

由线路 (a) 可知，只有当 $R_X \ll R_V$ 时， R_V 的分流作用才可忽略不计，A 的读数接近于实际流过 R_X 的电流值。图 3-1-4 (a) 的接法称为电流表的内接法。

由线路 (b) 可知，只有当 $R_X \gg R_A$ 时， R_A 的分压作用才可忽略不计，V 的读数接近于 R_X 两端的电压值。图 3-1-4 (b) 的接法称为电流表的外接法。

实际应用时，应根据不同情况选用合适的测量线路，才能获得较准确的测量结果。以下举一实例。

在图 3-1-4 中，设 $U = 20 \text{ V}$ ， $R_A = 100 \Omega$ ， $R_V = 20 \text{ k}\Omega$ 。假定 R_X 的实际值为 $10 \text{ k}\Omega$ 。

如果采用线路 (a) 测量, 经计算, A、V 的读数分别为 2.96 mA 和 19.73 V, 故 $R_X = 19.73 \div 2.996 = 6.667(\text{k}\Omega)$, 相对误差为 $(6.667 - 10) \div 10 \times 100 = -33.3(\%)$; 如果采用线路 (b) 测量, 经计算, A、V 的读数分别为 1.98 mA 和 20 V, 故 $R_X = 20 \div 1.98 = 10.1(\text{k}\Omega)$, 相对误差为

$$(10.1 - 10) \div 10 \times 100 = 1(\%)$$

【实验器材】

表 3-1-1 实验器材

序号	名称	型号与规格	数量
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V	2
2	可调恒流源	0 ~ 500 mA	1
3	数字式万用表		1
4	可调电阻箱	0 ~ 9 999.9 Ω	1
5	电阻器	按需选择	
6	计算机及 Multisim 仿真平台		

【实验内容及步骤】

(1) 根据“分流法”原理测定数字式万用表直流电流 0.5 mA 或 5 mA 挡量程的内阻, 线路如图 3-1-1 所示。 R_1 选用固定阻值电阻, R_B 选用可调电阻箱 (下同)。

表 3-1-2 分流法

被测电流表 量程	S 断开时的 表读数/mA	S 闭合时的 表读数/mA	R_B/Ω	R_1/Ω	计算内阻 R_A/Ω

(2) 根据“分压法”原理按图 3-1-2 接线, 测定指针式万用表直流电压 2.5 V 或 10 V 挡量程的内阻。

表 3-1-3 分压法

被测电压表 量程	S 闭合时表 读数/V	S 断开时表 读数/V	R_B /k Ω	R_1 /k Ω	计算内阻 $R_V/\text{k}\Omega$	S /(Ω/V)

(3) 用指针式万用表直流电压 10 V 挡量程测量图 3-1-3 电路中 R_1 上的电压 U'_1 之值, 并计算测量的绝对误差与相对误差。

表 3-1-4 测量误差

U	R_2	R_1	$R_{10\text{V}}/\text{k}\Omega$	实测值 U'_1/V	绝对误差 ΔU	相对误差 $(\Delta U/U) \times 100\%$
12 V	10 k Ω	50 k Ω				

(4) 仿真电路并得出仿真图。

- ① 视窗下双击仿真软件图标进入工作窗口。
- ② 元器件的操作。用单击鼠标左键操作打开元器件库或选中元器件。
- ③ 绘制仿真图（见图 3-1-5 ~ 3-1-7），并将实验操作数据与仿真数据进行比对。

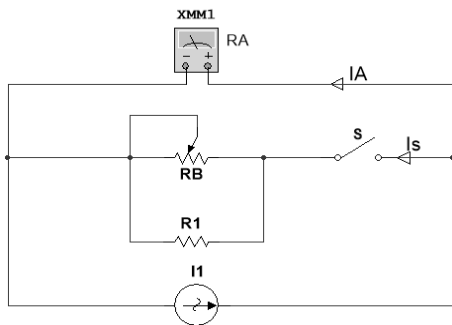


图 3-1-5 可调电流源

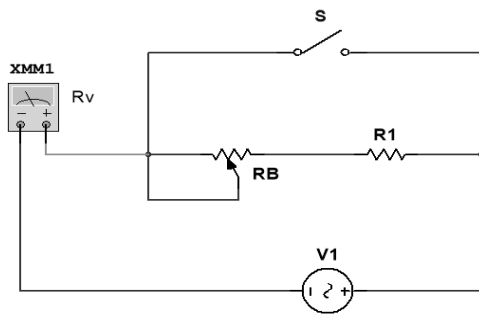


图 3-1-6 可调稳压源

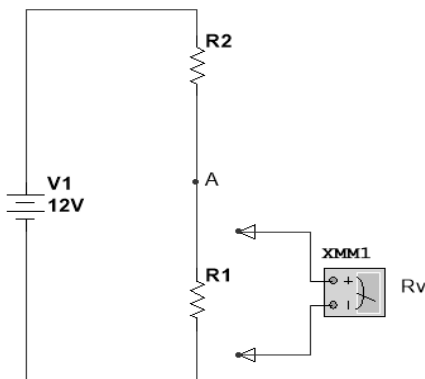


图 3-1-7 电压表基本误差

【实验组织运行要求】

本实验主要是通过学会常用电工仪表的使用及数据处理训练，加强学生在实验室的实验动手能力。应采用集中授课形式组织教学。实验前学生应该进行相关的预习，然后在指导教师的监督下，由学生自己动手，按实验要求完成任务，最后由指导教师检查实验结果后学生方可离开。

【实验注意事项】

(1) 在开启电源开关前，应将两路电压源的输出调节旋钮调至最小（逆时针旋到底），并将恒流源的输出粗调旋钮拨到 2 mA 挡，输出细调旋钮应调至最小。接通电源后，再根据需要缓慢调节。

(2) 当恒流源输出端接有负载时，如果需要将其粗调旋钮由低挡位向高档位切换时，必须先将其细调旋钮调至最小。否则输出电流会突增，可能会损坏外接器件。