

21世纪高等学校电子信息工程规划教材

电路电子技术实验及设计教程 (第2版)

何 平 主编

王旭智 王瑞 陶慧君 丁晓青 赵伟良 编著



清华大学出版社

014006838

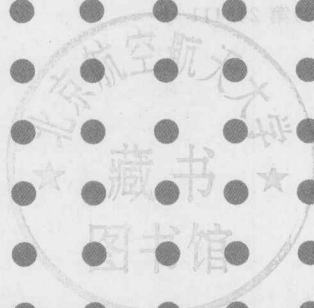
TM13-33
63-2

21世纪高等学校电子信息工程规划教材

电路电子技术实验及设计教程 (第2版)

何平 主编

王旭智 王瑞 陶慧君 丁晓青 赵伟良 编著



清华大学出版社



北航

C1690158

TM13-33
63-2

288800410

电路电子技术实验及设计教程 内容简介

《电路电子技术实验及设计教程》是电路、电子技术实验及设计教材。内容包括电路技术(包括信号与系统)实验、模拟电子技术(包括高频、低频)实验、数字电子技术实验、电工技术实验、附录五篇。涵盖了验证实验、综合实验以及设计实验(基础设计、综合设计),附录提供了实验的基础知识以及有关实验的部分资料。同时为大部分实验安排了基础设计实验,给出了具体的设计方法及参考电路,以培养学生的创新思维及能力。

本教材不仅可以作为高等院校本科电类、非电类专业的实验及设计教材,亦可作为高专及成人教育的专业教材,同时也可供从事电气信息类实验、电子设计和研制的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电路电子技术实验及设计教程/何平主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2013

21世纪高等学校电子信息工程规划教材

ISBN 978-7-302-34157-4

I. ①电… II. ①何… III. ①电子电路—实验—高等学校—教材 IV. ①TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 243411 号

责任编辑:黄芝薛阳

封面设计:常雪影

责任校对:梁毅

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:22

字 数:548千字

版 次:2011年8月第1版

2013年11月第2版

印 次:2013年11月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

产品编号:053709-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使得电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,还大量使用软件和硬件相结合方法,使得产品性价比很高,如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新

能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

第1版前言

为了使读者在学习“电路”、“信号与系统”、“电子技术基础(模拟、数字)”、“电工学”课程的同时增强实践操作技能,特编写《电路电子技术实验及设计教程》。以帮助读者进一步理解书本知识,发挥学生自己动手的积极性、主动性,力争将“要学生做实验”变为“学生自己要做实验”,真正实现以学生为主体的实验格局。使读者既能理论联系实际又能实践联系理论,为培养电子类专业高等技术人才打好扎实的基础。

本书是在汤琳宝等编写的《电子技术实验教程》的基础上,结合实验教学实际并吸取其他学校的经验编写而成。全书分为“实验概论”、“电路、信号与系统”(17个实验)、“模拟电子技术”(19个实验)、“数字电子技术”(17个实验)、“电工技术”(9个实验)、“附录”六篇。增加了“基础设计实验”,希望读者通过本教程的学习,能够掌握基本的实验理论知识与技能,同时还能够掌握一些基础设计的方法,为今后进行系统、综合设计打下良好的基础;增加了 ispLEVER(Verilog HDL 编程等)可编程器件的设计软件,让学生体会到新的设计软件将成为电路设计中不可缺少的常规工具;增加了可编程控制器(PLC)简介及基本实验。使读者能够及时掌握新的方法、技术,书中带有*的实验可选做。

本教程第一篇“实验概论”由万旺根编写,第二篇“电路、信号与系统”、第三篇“模拟电子技术”由何平编写(其中信号与系统由袁文燕完成),第四篇“数字电路技术”由丁晓青编写,第五篇“电工技术”由王旭智编写,第六篇“附录”由何平、丁晓青、王旭智编写。其中第二篇的电路实验由何平完成,信号与系统实验由袁文燕完成,第三篇的实验由陶慧君完成,第四篇的实验由丁晓青完成,第五篇的实验由王旭智完成,电子课件由王瑞完成。何平、丁晓青、王旭智负责全书统稿和审稿。

本教材编写过程中得到了“上海市教委第四期教育高地建设项目”的支持,同时也得到了上海大学首批亮点工程“建立开放式实验教学大平台”项目的支持(编号 L—003),更得到了上海大学通信学院领导的关心以及电子电工实验中心全体老师的大力支持和帮助,尤其是顾敏、陆美琴、王宁高、赵伟良等老师,在此致以崇高的谢意!

由于编者水平有限,书中难免有错漏、不妥之处,敬请使用本书的师生与读者予以批评、指正。

编 者

2011年6月

第2版前言

《电路电子技术实验及设计教程》第2版的第一篇“电路、信号与系统”、第二篇“模拟电子技术”由何平、赵伟良编写(其中信号与系统部分由袁文燕完成),第三篇“数字电路技术”由丁晓青、王瑞编写,第四篇“电工技术”由王旭智编写,第五篇“附录”由何平、王旭智、王瑞、丁晓青编写。其中第一篇的电路实验由何平完成、信号与系统实验由袁文燕完成,第二篇的实验由陶慧君完成,第三篇的实验由丁晓青完成,第四篇的实验由王旭智完成,电子课件由王瑞完成。何平、王旭智、丁晓青负责全书统稿和审稿。第2版相对于第1版做了以下改动。

(1) 对一部分实验内容做了修改、调整,使实验测量更具有实践性、针对性、条理性,同时也更好地体现了理论与实践的结合。

(2) 完善了基础设计实验的体系,使基础设计实验更具有可操作性。要求读者学会查阅资料,确定设计实验方案、调试实验,并写出报告等,基础设计实验为培养学生的工程设计能力奠定了基础,对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

(3) 将选频电平表更新为频谱分析仪。频谱分析仪是研究电信号频谱结构的仪器,用于信号失真度、调制度、谱纯度、频率稳定度和交调失真等信号参数的测量,可用于测量放大器和滤波器等电路系统的某些参数,是一种多用途的电子测量仪器。它又可称为频域示波器、跟踪示波器、分析示波器、谐波分析器、频率特性分析仪或傅里叶分析仪等。

(4) 将电子设计自动化软件 Multisim 10 更新为 Multisim 11。

(5) 更正了第1版中的错漏、不当之处。

本教材编写过程中得到了上海大学通信学院领导的关心以及电子电工实验中心全体教师的大力支持和帮助,尤其是冯玉田、顾敏、陆美琴、王宁高等老师,在此致以崇高的谢意!

由于编者水平有限,书中难免有错漏、不妥之处,恳请使用本书的师生与读者予以批评、指正。

编 者

2013年3月

目 录

第一篇 电路、信号与系统

实验一	电路元件与万用表	3
实验二	直流电路的研究之一——叠加原理、比例性和电位	10
实验三	直流电路的研究之二——戴维南定理、基尔霍夫定律	13
实验四	受控源特性的研究	18
实验五	伏安特性的研究	23
实验六	多量程测量系统(系统设计 Multisim)	27
实验七	常用电子仪器	31
实验八	一阶电路的暂态过程	35
实验九	研究正弦交流电路的相量关系	39
实验十	元件与电路阻抗特性的研究与测试	43
实验十一	串联谐振的研究	46
实验十二	无源滤波器的研究(综合设计)	49
实验十三	耦合电感的研究与测试	52
实验十四	信号频谱特性的研究之一——周期信号	57
实验十五	信号频谱特性的研究之二——合成信号	61
实验十六	离散信号频谱和抽样定理	65
实验十七	线性系统频率特性的研究	69

第二篇 模拟电子技术

实验一	二极管基本应用电路的设计	77
实验二	单级放大电路研究之一——电路参数对静态工作点、输出波形的影响	80
实验三	单级放大电路研究之二——电路参数对动态指标的影响	84
实验四	场效应管放大电路的研究与测试	90
实验五	共集电极放大电路(射极输出器)的研究与测试	95
实验六	多级放大电路的研究与测试	98
实验七	负反馈放大电路的研究与测试(Multisim)	102
实验八	差动放大电路的研究与测试	107
实验九	集成运算放大器的应用研究之一——运算电路	111
实验十	集成运算放大器的应用研究之二——有源滤波器	116
实验十一	集成运算放大器的应用研究之三——信号发生电路(综合设计)	120

实验十二	直流稳压电源的研究与测试	123
实验十三	小信号谐振放大器的研究与测试	128
实验十四	LC 振荡器的研究与测试	131
实验十五	LC 正弦振荡器的应用与设计	135
实验十六	模拟乘法器的调幅与解调	137
实验十七	调幅波解调——二极管峰值包络检波器	141
实验十八	OCL 低频功率放大器(综合实验)	144
实验十九	温度控制器(综合设计)	147

第三篇 数字电子技术

实验一	TTL 集成逻辑门的参数测试	151
实验二	组合逻辑电路的分析与设计之一——门电路	157
实验三	组合逻辑电路的分析与设计之二——门电路	160
实验四	组合逻辑电路的设计与应用(MSI)之一——译码器/数据分配器	166
实验五	组合逻辑电路的设计与应用(MSI)之二——数据选择器	171
实验六	LED 数字显示系统设计(综合设计)	174
实验七	锁存器、触发器及其应用	176
实验八	时序逻辑电路的分析与设计	181
实验九	集成计数器(分频器)的分析与设计	186
实验十	移位寄存器及其应用	190
实验十一	555 集成定时器及其应用	196
实验十二	D/A、A/D 转换器	201
实验十三	小汽车尾灯模拟控制系统设计(综合设计)	207
实验十四	交通信号灯管理系统(MSI)(综合设计)	211
实验十五	硬件描述语言(Verilog HDL)之一——8 位计数器的设计示例与分析	215
实验十六	硬件描述语言(Verilog HDL)之二——数字时钟(系统设计)	222
实验十七	硬件描述语言(Verilog HDL)之三——交通信号灯管理系统(综合设计)	229

第四篇 电工技术

实验一	三表法测量交流电路元件的等效参数	235
实验二	日光灯电路及其功率因数的研究	239
实验三	单相变压器	242
实验四	三相交流电路	247
实验五	三相电路功率及其相序的研究	250
实验六	继电接触控制电路之一——三相异步电动机正、反转控制电路	253
实验七	继电接触控制电路之二——时间控制与行程控制电路(系统设计)	257

实验八	PLC 基础实验	260
实验九	PLC 应用——交通信号灯管理系统	263

第五篇 附 录

附录一	实验基本知识	269
附录二	部分常用集成电路外部引线排列及功能表	278
附录三	数字多用表——M9803R 型台式数字多用表、MS8265 数字多用表	286
附录四	GFG-8219A 函数信号发生器	290
附录五	LDS20205 数字存储示波器	293
附录六	毫伏表	299
附录七	DSA815 频谱分析仪	301
附录八	Multisim 11 电子设计自动化软件简介	305
附录九	STEP 7 编程软件的使用方法及 S7-300 的介绍	320
附录十	FPGA 实验指导手册	335
参考文献		340

第一篇

电路、信号与系统

电路元件与万用表

一、实验目的

(1) 了解常用电路元件的使用及识别方法。

(2) 掌握万用表、直流稳压电源的使用方法。

(3) 掌握实验数据分析处理的方法。

二、常用电路元件的识别

1. 电阻器

(1) 直标法。直接用符号和数字的组合来表示型号、额定功率、标称值、允许误差等。另外，直标法还可以用单位符号代替小数点，如 0.33Ω 可标为 $\Omega 33$ ， $3.3k\Omega$ 可标为 $3k3$ 。

(2) 色标法。将电阻的主要技术参数用颜色或色点标注在它的外表面上，单位为 Ω 。色标法主要有四环(普通型)、五环(精密型)两种标法。其含义如表 1-1-1 所示。

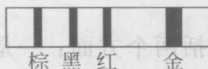
表 1-1-1 色标法含义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍率(10 的次方)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-1	-2	
允许误差($\pm\%$)	1	2			0.5	0.25	0.1				5	10	20
	四环电阻							五环电阻					

四环色标法(色环从左至右)：第一环、第二环为有效数字，第三环为倍率，第四环为允许误差。

五环色标法：第一环、第二环、第三环为有效数字，第四环为倍率，第五环为允许误差。

图 1-1-1(a)为四环色标电阻，根据色环颜色可知其阻值为 $1k\Omega$ ($10 \times 10^2\Omega$ ，误差 $\pm 5\%$)；同理，图 1-1-1(b)为五环色标电阻，其阻值为 $51k\Omega$ ($510 \times 10^2\Omega$ ，误差 $\pm 1\%$)。一般色标电阻表示误差的色环宽度是其他色环宽度的 1.5~2 倍，或离其他色环较远。



(a)



(b)

图 1-1-1 色环电阻

(3) 数码表示法。用三位数码表示电阻标称值,第一位、第二位为有效数字;第三位为0的个数,单位为 Ω 。如472J表示标称值为 4700Ω ,允许误差为 $\pm 5\%$ 。

2. 电容器

(1) 直标法。直标法有两种,一种是直接在电容上标出电容量及单位;另一种是直接标在电容上标出电容量但不标注单位。识别的方法为:①容量大于1的无极性电容器(单位为pF),如2200表示电容量为2200pF;②容量小于1的无极性电容器(单位为 μF),如0.22表示电容量为 $0.22\mu\text{F}$;③有极性电容器(单位为 μF),如10表示电容量为 $10\mu\text{F}$ 。在一些电路图中,大于100pF和小于1nF的电容不标注单位。

(2) 文字符号法。文字符号法有4种。①将电容量的整数部分标注在电容单位的前面,电容量的小数部分标注在电容单位的后面,如6p8表示6.8pF,4n7表示4.7nF。②在数字前标注R,则电容量为零点几微法,如R33,表示 $0.33\mu\text{F}$ 。③用大于1的4位数字表示(单位为pF),如2200表示2200pF。④用小于1的数字表示(单位为 μF),如0.22表示 $0.22\mu\text{F}$ 。

(3) 数码表示法。数码表示法有3种。①与电阻的数码表示法类似(单位pF),如222J表示电容量为2200pF($22 \times 10^2 \text{ pF}$),误差 $\pm 5\%$ 。②若第三位数字为9时,则有效数字后应乘上 10^{-1} ,如229表示电容量为 $22 \times 10^{-1} \text{ pF}$ 。③数码表示法的第三位一般不为0。电容量误差如表1-1-2所示。

(4) 颜色标注法。这种表示法与电阻的色环表示法类似,颜色涂于电容的一端或从顶端向引线排列。颜色一般只有3种,前两环表示有效数字,第三环为倍率,单位为pF。

表 1-1-2 电容量误差表

符号	F	G	J	K	L	M
允许误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$

3. 电感

电感线圈的表示方式可分为直标法、色环法。其中直标法是将电感的主要参数直接标注在电感的外壳上,最大工作电流常用A、B、C、D、E来表示,其含义如表1-1-3所示。色环表示法与电阻的色环表示法类似,单位为 μH 。

表 1-1-3 电感的最大工作电流

符号	A	B	C	D	E
最大工作电流/mA	50	150	300	700	1600

三、万用表的使用

使用万用表时,应首先选择量程。选择量程包括两个方面:一是选择被测物理量,如电压、电流、电阻等;二是根据被测物理量的大小选择合适的量程,量程越接近被测量,误差越小;如果不知被测量的大小,则从最大量程起,直至符合测量数据的要求。另外,还要根据

被测物理量选择相应的表棒插孔。

1. 电压测量

测量电压时,电压表应并联在被测电压两端。为了使电路的工作不因接入电压表而受影响,要求电压表的内阻很大。

(1) 测量直流电压时,当万用表的红表棒接在被测电压的十端、黑表棒接在一端时,万用表显示的被测电压为正值;反之,万用表显示的电压值为负值。

(2) 交流电压挡测量低频正弦交流电压的有效值(1kHz 以下)。

2. 电流测量

测量电流时,电流表应串联在被测电流的支路中。为了使电路的工作不因接入电流表而受影响,要求电流表的内阻很小。因此,若将电流表并联在电路中,电流表的内阻将会因大电流而被烧坏,在使用时应特别注意。

3. 电阻测量

电阻是元件固有的物理性质,测量电阻时应断开电源以及与被测电阻连接的导线。

四、直流电源

直流电源包括直流电压源、直流电流源,如图 1-1-2 所示。其中直流电压源又分为可调输出电压源(主路、从路两个电压源各自独立,输出电压范围为 $0\sim 30\text{V}$)、固定输出电压源(5V 、 $+12\text{V}$ 、 -12V)。另外,CV 指示灯亮表示电压源正在使用,CC 指示灯亮表示电流源正在使用。

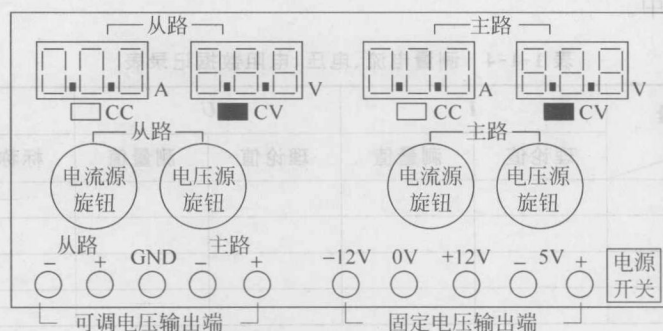


图 1-1-2 直流电源面板示意图

五、九孔单边实验板

九孔单边实验板的结构如图 1-1-3 所示。实验板中的黑线表示其内部已经接通,如同电路中的一个节点,九孔与九孔之间、九孔与两条单边之间以及两条单边之间均是断开状态。

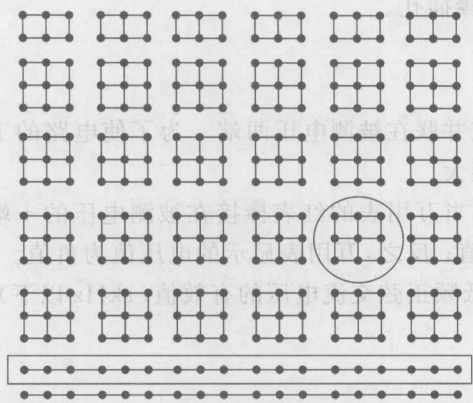


图 1-1-3 九孔单边实验板

六、实验器材与设备

直流电压源、九孔单边实验板、万用表、电阻、电容、电感等，导线若干。

七、实验内容

1. 测量电压、电流

调节直流电压源，使其输出电压 15V(万用表测量)，记录此时电压源显示值 V。按图 1-1-4 的要求搭建电路，测量 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 元件的电压、电流值，记入表 1-1-4 中。

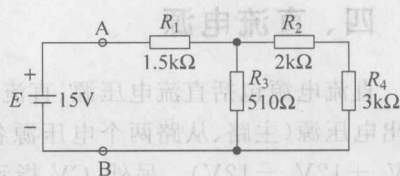


图 1-1-4 实验电路

表 1-1-4 测量电流、电压、电阻数据记录表

被测量 测量条件	I		U		R	
	理论值	测量值	理论值	测量值	标称值	测量值
$R_1 = 1.5k\Omega$					—	—
$R_2 = 2k\Omega$						
$R_3 = 510\Omega$						
$R_4 = 3k\Omega$					—	—
$R_{AB}(\text{理论值}) =$	$R_{AB}(\text{测量值}) =$					

2. 测量电阻

断开图 1-1-4 的电源，测量 R_{AB} 、 R_2 、 R_3 电阻值，分别记入表 1-1-4 中。

3. 电容的测量

用万用表分别测量 1nF、10μF 电容的值，记入表 1-1-5 中。

4. 电感的测量

用万用表欧姆挡测量 1mH 、 50mH 电感线圈的通断和所含电阻阻值, 记入表 1-1-5 中。

表 1-1-5 测量电容、电感数据记录表

电 容 测 量			电 感 测 量			
元件名称	标称值	测量值	元件名称	标称值	测量值(电阻)	线圈状态(通断)
C_1	1nF		L_1	1mH		
C_2	$10\mu\text{F}$		L_2	50mH		

八、实验报告要求

- (1) 根据表 1-1-4, 验证是否满足欧姆定律。
- (2) 根据表 1-1-4, 计算 R_{AB} 、 R_2 、 R_3 电阻值的相对误差。
- (3) 使用万用表测量直流电流(或电压)时, 显示屏为什么会显示“-”符号?
- (4) 测量电阻 R_{AB} 时为什么要断开电源?

九、预习内容

- (1) 认真阅读本教程第五篇附录一——掌握实验的基本技能与要求。
- (2) 预习第五篇附录三——数字多用表的使用方法。
- (3) 计算图 1-1-4 中 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 元件的电压、电流理论值, 填入表 1-1-4 中。
- (4) 计算图 1-1-4 中 R_{AB} 的理论值, 填入表 1-1-4 中。
- (5) 了解万用表检测电容器大小、质量优劣以及测试电感线圈的方法。

十、常用电路元件的基础知识

1. 电阻器

(1) 固定电阻器。电阻器在电路中的主要作用有两方面: 一是通过分压电路为其他电子器件提供所需的电压, 二是通过限流电路提供所需的电流。电阻器的主要参数有电阻标称值、误差范围、最大耗散功率、温度系数等。另外, 还有特殊电阻器。如水泥电阻、熔断电阻、热敏电阻、湿敏电阻、光敏电阻、磁敏电阻、气敏电阻、保险丝等。

(2) 可变电阻、半可变电阻与电位器。电位器一般可分为碳膜电位器和线绕电位器, 也有一些特殊用途和特殊结构的电位器, 如实心电位器、直滑电位器、多圈微调电位器等。电位器在电路中的作用不仅可以改变电位还可以改变电阻值。它有三个引出端, 其中两端的引出端为固定端, 中间的引出端为活动端。若把活动端与其中一个固定端接在一起, 就成为可变电阻。电位器除了和电阻器一样有标称值、额定功率和误差等级这些参数外, 还有阻值的变化规律, 可分为线性电位器、指数式电位器以及对数式电位器。半可变电阻主要用在阻值需要调整但又不经常变动的电路中。

2. 电容器

电容的主要特性是隔离直流、通交流, 电容容量的大小就是表示能储存电能的多少。在