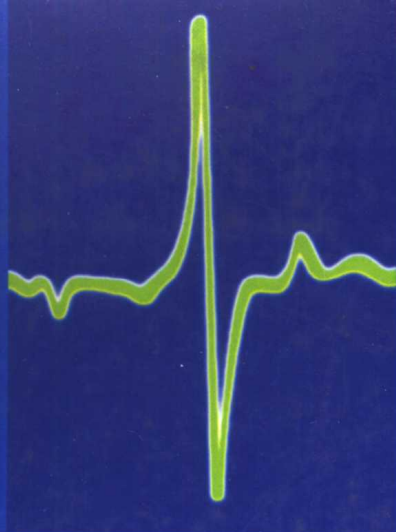


高等学校辅助教学用书



《电路分析基础》

实验与题解

(第二版)

张永瑞 杨林耀 程增熙 编著

西安电子科技大学出版社

□ 高等学校辅助教学用书

《电路分析基础》 实验与题解

(第二版)

张永瑞 杨林耀 程增熙 编著

西安电子科技大学出版社

1999

内 容 简 介

本书为《电路分析基础(第二版)》配套使用的辅助教学用书。其内容包括实验指导和习题解答两部分。书中第一部分介绍了实验须知和10个实验的内容、要求、操作步骤及实验中所用的仪器仪表的基本原理和使用方法;第二部分为思考与练习、习题、自检题及其解答。

本书可作为应用电子技术、通信工程、电子工程、计算机应用等专业的全日制、夜大、函大、自学考试的大专生学习“电路分析基础”课的辅助教材。本书对一般从事电子类工程技术的人员也有一定的参考价值。

高等学校辅助教学用书

《电路分析基础》实验与题解

(第二版)

张永瑞 杨林耀 程增熙 编著

责任编辑 夏大平 赵立光

出版发行 西安电子科技大学出版社

(西安市太白南路2号)

邮 编 710071

电 话 (029)8227828

经 销 新华书店

印 刷 西安长青印刷厂

版 次 1987年5月第1版

1999年5月第2版 1999年5月第2次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16.5

字 数 391千字

印 数 53 001~61 000册

定 价 17.00元

ISBN 7-5606-0707-1/TM·0013

*** 如有印制问题可调换 ***

前 言

《〈电路分析基础〉实验与题解》一书自 1987 年出版以来,已对应用电子技术、通信工程、电子工程、计算机应用等专业的大学专科学子教学实施十余年,对辅助“电路分析基础”课程教学,提高教学质量起到了积极的作用。

为了适应面向 21 世纪电工电子系列课程建设的需要,更有效地训练、提高学生实践动手能力,同时考虑到实验仪器与设备多年来的更新情况,在征求使用《〈电路分析基础〉实验与题解》一书部分师生意见的基础上,对第一版书作了必要的修订。

本书为《电路分析基础(第二版)》的配套使用辅助教材。此书与《〈电路分析基础〉实验与题解》第一版相比较,框架、体系结构基本相同,即全书仍分为两大部分:第一部分为实验指导;第二部分为思考与练习、习题、自检题及其解答。

在第一部分中,首先介绍了实验须知,然后重点讲述了学习本课程必须掌握的前 8 个实验,亦把对扩展学生实践知识面有益的九、十(加有星号)两个实验编入其中。各学校任教师可视各校的实验场地与器材情况,酌情选做。为便于自学,对每个实验的内容、要求和操作方法作了详细的叙述,每个实验大约需 2~3 小时。

第二部分的练习题、习题的解答与《电路分析基础(第二版)》各章、节讲述的内容密切配合,主要用来对当节、当章所讲授的内容作解答,以便深化和掌握该节、该章所讲授的基本概念和基本分析方法。从配合教学的观点看,这样安排是适宜的。但也应当明确,就解答方法来说,为配合当节、当章内容所使用的解题方法并不一定是最简单的,学了后面的内容,可能有更简便的方法。在这次修编中,对《电路分析基础(第二版)》一书所配置的思考与练习、习题、自检题(有 1/3 的更新题目)逐一作了详细的解答。为了节约篇幅,对新版教材中编入的思考题未予解答,也未搞一题多种解法。

希望读者在自学的过程中不要过分依赖“题解”,应该独立思考、分析、解答教师所布置的作业,不能盲目抄题解应付作业。请读者切记,自己不动手解题,是不可能深刻理解课程的基本概念,熟练掌握课程的基本分析方法的。

本书由张永瑞、杨林耀、程增熙同志编写。其中程增熙同志编写了实验指导部分;张永瑞同志编写了第一、二、三、六章的练习题、习题和自检题的解答;杨林耀同志编写了第四、五章的思考与练习、习题和自检题的解答。

在修编过程中得到了责任编辑夏大平副编审的热情帮助,得到了编者同行的支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,加之编写时间仓促,书中肯定有不少缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

1998 年 8 月

第一版前言

本书是为配合《电路分析基础》一书而编写的。全书分为两部分：第一部分为实验指导，第二部分为习题解答。

在第一部分中，首先介绍了电子测量技术中常用的仪表和仪器，然后介绍了学习本课程时应该掌握的实验内容。为了便于自学，对每个实验的内容、要求和方法作了详细的叙述。每个实验大约 2~3 小时。

第二部分的习题解答与《电路分析基础》各章、节紧密相配合。我们为每一节编写了练习题，又为每一章编写了习题。为了便于读者检查自己的学习情况，在每章后面还附有自检题。编写练习题的解答过程时，主要着眼于各节所讲授的内容，以便深化和掌握该节所讲授的基本概念和基本分析方法。从配合教学的观点看，这样做是有利的。但从方法上来说，有的题目的解答并非是最简单的，学了后面的内容，可能还有更好的方法。在编写过程中，我们力求概念清晰，计算步骤简单明了。但希望读者在自学过程中不要过分依赖于解答，应该独立解题，而把解答仅作为自检作业时的参考。请读者切记，自己不动手做题，是不可能掌握本课程内容的。

本书由史耀琮、张永瑞、杨林耀同志编写。其中史耀琮同志编写了实验指导部分；张永瑞同志编写了第一、二、三章的练习题、习题和自检题的解答；杨林耀同志编写了第四、五、六章的练习题、习题和自检题的解答。由于我们水平有限，编写时间仓促，书中定有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

1986 年 12 月

目 录

第一部分 实验指导

I 实验须知	2
一 实验课目的	2
二 实验室规则	2
三 实验报告要求	2
四 实验数据处理	3
II 实验指导书	5
实验一 万用表使用练习	5
实验二 万用表的组装与校验	12
实验三 基尔霍夫定律与叠加定理	17
实验四 电压源外特性与戴维南定理	19
实验五 示波器使用练习	23
实验六 一阶电路的暂态特性	35
实验七 一阶电路的应用实例	43
实验八 阻抗的测量	46
实验九* RLC 串联谐振电路	52
实验十* 双 T 型 RC 网络的研究	58

第二部分 思考与练习、习题、自检题及其解答

第一章 电路的基本概念和定律	62
思考与练习	62
习题一	73
自检题一	88
第二章 电路的基本分析方法	92
思考与练习	92
习题二	97
自检题二	108
第三章 常用的电路定理	111
思考与练习	111
习题三	123
自检题三	146
第四章 动态电路的时域分析	150
思考与练习	150
习题四	163

自检题四	183
第五章 正弦电路的稳态分析	187
思考与练习	187
习题五	201
自检题五	222
第六章 互感与理想变压器	226
思考与练习	226
习题六	235
自检题六	253
参考文献	257

第一部分

实验指导



I 实验须知

一 实验课目的

(1) 学习常用电子仪器、仪表(包括万用表、直流稳压电源、低频信号发生器、晶体管毫伏表及电子示波器)的性能和工作原理,并学会其使用方法。

(2) 学习并掌握基本的测量方法。内容包括电流与电压的测量,阻抗的测量,网络伏安特性的测量,网络频率特性的测量,以及网络动态响应的测量。

(3) 培养初步的实验技能,包括正确选用仪器、仪表,制定合理的实验方案,实验中各种现象的观察和判断,实验数据的正确读取和处理,误差分析,实验报告的编写等。

二 实验室规则

(1) 按时上课,未完成实验不得早退,未经主管部门同意,不得更改实验时间。

(2) 学生必须听从教师的指导,做好课前预习,按时按编组进行实验。

(3) 实验必须以严肃的态度进行,严格遵守实验室的有关规定和仪器设备的操作规程,出现问题应立即报告指导教师,不得自行处理,不得挪用其它桌上的仪器设备。

(4) 爱护教学设备和器材,实验中要做到大胆、细心,有条不紊,实验完毕需经指导教师检查认可后,方可拆除线路,并将仪器设备恢复原状,归放整齐。

(5) 保持实验室肃静、整洁,作到三轻:说话轻,走路轻,关门轻。不得在实验室内吸烟,不得乱抛果皮纸屑,每次实验完毕,应指派专人打扫实验室卫生。

(6) 借用实验室器材、仪器设备、工具等,应按规定制度办理,履行登记手续,丢失、损坏实验器材、仪器设备,应由本人写出书面报告,视情节轻重,给予批评教育,并部分或全部赔偿经济损失。

(7) 实验室不得储存大量易燃、易爆和剧毒物品,少量储存应有专人负责管理。注意防火、防盗,无关人员未经允许不得进入实验室。

(8) 离开实验室要关好门窗、切断电源,节假日要有保安措施,遇有可疑情况应立即报告上级主管部门和保卫处。

三 实验报告要求

(一) 实验报告格式

以本书作为教材的学生,我们要求按下列格式书写实验报告。

1. 实验题目
2. 实验目的

3. 实验原理

4. 实验仪器(要写明使用仪器的型号与名称)

5. 实验内容

(1) (第一实验内容)标题。

(2) (第一实验内容)原理线路图及实验条件(包括元件参数、输入信号参数等)。

(3) (第一实验内容)数据表及数据处理结果(包括误差计算和分析)。

(4) (第一实验内容)曲线图或波形图。

(5) (第一实验内容)结论(在充分了解实验原理的基础上,对实验数据、曲线或波形进行分析,并与理论计算结果进行对比后得出的结论。如实验验证了哪个理论问题?或学到何种测量方法和实验技巧?)。

(6) (第二实验内容)标题。

(7) (第二实验内容)线路图及实验条件。

(8) (第二实验内容)数据表及数据处理结果。

(9) (第二实验内容)曲线或波形图。

(10) (第二实验内容)结论。

(11) (第三实验内容)标题。

.....

6. 回答问题(回答指导书提出的问题或教师指定的问题)

(二) 写报告注意事项

(1) 写报告要用实验报告纸,封面要用学校指定的实验报告封面纸。

(2) 数据记录和数据处理要注意数据的有效位数(详见四中(一)“实验数据和有效数字”)。记录和填写数据时,如有错误,不能随意涂改。正确的改正方法为:在需改正的数据中央打上一条横斜杠,然后在其上方写上正确数据。

(3) 曲线和波形应认真地画在坐标纸上。曲线不能简单地在坐标图上把相邻的数据点用直线相连,应进行“曲线拟合”(详见四中(二)“实验结果的图示处理”)。纵、横坐标代表的物理量、单位及坐标刻度均要标清楚。需要互相对比的曲线或波形,应画在同一坐标平面上,而不必一条曲线(或波形)一张图,但每条曲线(或波形)必须标明参变量或条件。画好的曲线(或波形)图应贴在相应实验内容的数据表下面。如果图集中安排在报告的最后一页,则每个图必须标明是哪个实验内容的何种曲线(或波形)。

(4) 实验数据的原始记录应用钢笔(或圆珠笔)写上实验者的姓名,并由指导教师检查签字后方为有效。实验报告必须附有教师签字的原始数据纸,否则视为无效报告。正式报告中的数据表要认真填写,不能用原始记录纸代替。

四 实验数据处理

(一) 实验数据和有效数字

直接测量数据是从测量仪表上直接读取的。读取数据的基本原则是允许最后一位有效

数字(包括零)是估读的欠准数字,其余各高位都必须是确知数字。测量结果的有效数字位数应该取得与测量误差相对应。例如,测得电压值为 5.672 V,测量误差为 ± 0.05 V,则测量结果应为 5.67 V。

测量结果中有时会出现多余的有效数字,此时应按下述舍入原则处理:当多余的有效数不等于 5 时,按大于 5 则入、小于 5 则舍的原则处理;当多余的数等于 5 时,要看该数的前一位数是奇数还是偶数,奇数则入,偶数则舍。例如,把下列箭头左端的数各删掉一位有效数字,按上述原则即得右端之结果。

$$\begin{array}{ll} 4.186 \rightarrow 4.19 & 62.734 \rightarrow 62.73 \\ 0.825 \rightarrow 0.82 & 0.815 \rightarrow 0.82 \end{array}$$

间接测量数据是通过直接测量数据进行加、减、乘、除等运算得到的。运算结果应取的有效数字位数原则上由参加运算诸数中精度最差的那个数来决定。例如

$$\begin{aligned} 10.8725 + 6.13 + 21.432 &= 38.4345 \text{ 应取 } 38.43 \\ 3.98 \times 4.125 / 2.5 &= 6.567 \text{ 应取 } 6.6 \end{aligned}$$

这种处理方法比较简单,适用于要求不很严格的场合。若需精确计算,尚有严格规则可循,可查阅误差理论的有关内容。

(二) 实验结果的图示处理

实验测量的最终结果,有时需要图示处理,从一系列测量数据中求得表明各量之间的关系曲线。利用各种关系曲线表达实验结果的方法属于图示处理方法,这种方法对于研究电网络各参数对其特性(如传输特性等)的影响是十分有用的。

以直角坐标系为例,欲根据 n 对离散的测量数据 $(x_i, y_i) (i=1, 2, 3, \dots, n)$ 绘制出表明这些数据变化规律的曲线,并不是简单地在坐标图上把所相邻的数据点用直线相连。由于测量数据中总会包含误差,要求所求之曲线通过所有数据点 (x_i, y_i) ,无疑会保留一切测量误差,显然这不是我们所希望的。因此,曲线的绘制要求不是保证它必须通过每一数据点,而是要求寻找出能反映所给数据的一般变化趋势的光滑曲线来,我们称之为“曲线拟合”。

在要求不严的情况下,通常所用拟合曲线的最简单方法是利用观察法,人为地画出一条光滑曲线,使所给数据点均匀地分布于曲线两侧。这种方法的缺点是不精确,不同人画出的曲线可能会有较大差别,如图 I.4-1 中实线和点划线表示的两条曲线差别较大。

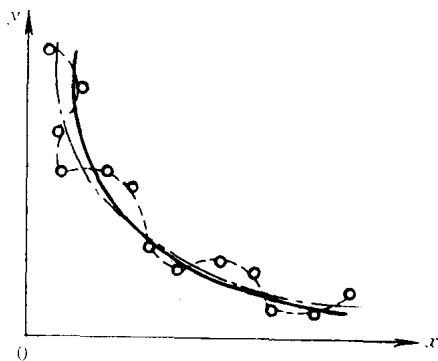


图 I.4-1 观察法拟合曲线

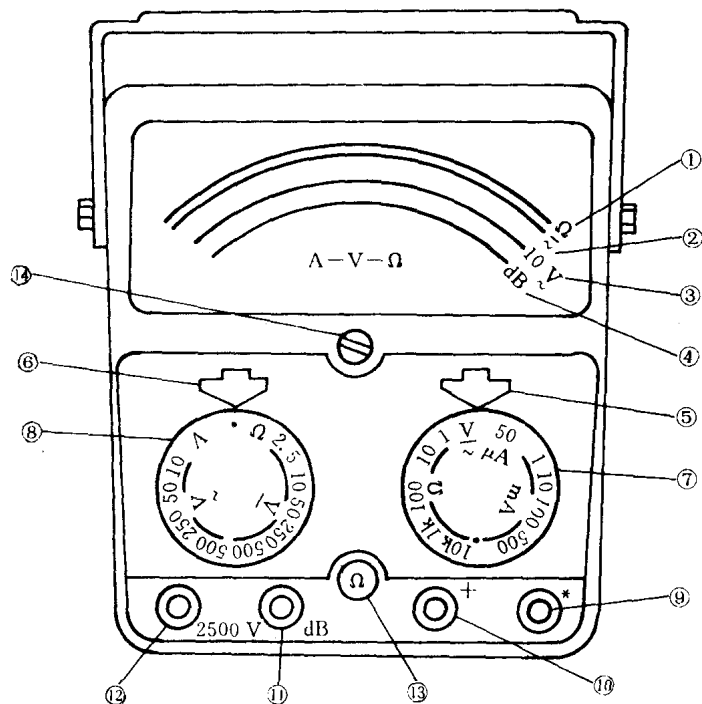
II 实验指导书

实验一 万用表使用练习

(一) 实验仪器和器材介绍

1. 500 型万用表

500 型万用表是一种用作交、直流电压，直流电流，电阻和音频电平测量的多功能、多量程仪表。500 型万用表的外形如图 I.1-1 所示。它有两个“功能/量程”转换开关，每个开关的上方均有一个矢形标志。如欲测量直流电压，应首先旋动右边的“功能/量程”开关，使开关上的符号“ \underline{V} ”对准标志位；然后将左边的“功能/量程”开关旋至所需直流电压量程（有“ \underline{V} ”标志者为直流电压量程）后即可进行测量。利用两个转换开关的不同位置组合，可以实现上述多种测量。



- ①—欧姆刻度；②—直、交流刻度；③—交流 10 V 专用刻度；④—音频电平(分贝刻度)；
⑤、⑥—标志符；⑦、⑧—功能/量程开关；⑨—公共插孔；⑩—通用测量插孔；⑪—音频
电平测量插孔；⑫—测高压插孔(直、交流通用)；⑬—欧姆调零旋钮；⑭—机械调零

图 I.1-1 500 型万用表表盘

1) 主要技术特性

500 型万用表的主要技术性能如表 I.1-1 所示。

表 I.1-1 500 型万用表的主要技术性能

测量范围		灵敏度	准确度等级	基本误差表示法
直流电压	0~2.5~10~50 ~250~500 V	20 000 Ω/V	2.5	以刻度尺工作部分上量 限的百分数表示之
	2 500 V	4 000 Ω/V	4.0	
交流电压	0~10~50~250 ~500 V	4 000 Ω/V	5.0	
	2 500 V	4 000 Ω/V	5.0	
直流电流	0~50 μA~1 mA 10~100~500 mA		2.5	
电 阻	0~2 kΩ~20 kΩ~ 200 kΩ~2 MΩ~20 MΩ		2.5	
音频电平	-10~+22 dB			

表中有关名词的意义如下：

灵敏度 电压表内阻 R_V 值与电压量程 U_m 成正比, R_V 与 U_m 的比值是衡量电压表内阻大小的一个参数, 用符号“Ω/V”表示, 读作“欧姆每伏”, 例如 20 000 Ω/V 读作 20 千欧姆每伏。实际上它是电压表满偏电流 $I_m (=U_m/R_V)$ 的倒数。“Ω/V”越大, 为使电压表指针偏转同样角度所需驱动电流越小, 因此“Ω/V”又称**电压灵敏度**(简称**灵敏度**)。若已知电压灵敏度值 $S/\Omega \cdot V^{-1}$, 且电压表量程(满偏值) U_m 已确定, 则该量程的内阻 R_V 为 SU_m 。

准确度 准确度也叫精确度。万用表是一种直读式电工测量仪表。其准确度不高, 但因功能繁多、使用方便而获广泛使用。用仪表进行测量时, 仪表示值与被测量真值间存在一定误差。在符合仪器校准试验所规定的基准条件下对仪器测定的误差称**固有误差**。

国家规定, 根据仪表固有误差的大小, 直读式电工测量仪表的精确度划分为 7 级, 如表 I.1-2 所示。表中固有误差是以测量仪器的绝对误差与该仪器刻度尺上量程(称量程)之比的百分数来定义的。不同型号或同一型号但工作在不同功能和量程时的万用表, 其准确度可不同。各量程的准确度级别均于电表面板或使用说明书上标明。

表 I.1-2 直读式电工测量仪表的精确度划分

准确度级别	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
固有误差(%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

音频电平 电平是一种用来表示功率或电压相对大小的参数, 单位是 dB(分贝)。首先指定某一功率 P_0 或电压 U_0 作为基准(称零电平基准), 被测功率 P_x 或电压 U_x 的电平值 N 定义为

$$N = 10 \lg \frac{P_x}{P_0} = 10 \lg \frac{U_x^2/R}{U_0^2/R} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0} \text{ dB}$$

当 $P_x > P_0$ 或 $U_x > U_0$ 时, N 为正值, 反之为负值。

工程上通常规定在 600Ω 电阻上消耗 1 mW 的功率为零电平基准。由此可以推算出对应的基准电压值 $U_0 = \sqrt{P_0 \cdot 600} = 0.775 \text{ V}$ 。由此可知, 万用表上分贝(dB)刻度的 0 dB 对应交流刻度的 0.775 V 处。若已知电平 N 值, 则可用下式换算出电压 U_x 值:

$$U_x = 0.775 \cdot 10^{\frac{N}{20}} \text{ V}$$

在电平刻度上, N 值为 $-10 \sim +22 \text{ dB}$, 实际对应的 U_x 值为 $0.24 \sim 9.76 \text{ V}$, 相当于交流 10 V 量程。当被测电平值大于 $+22 \text{ dB}$ 时, 应将万用表置于交流电压 50 V 或 250 V 档进行测量, 但应注意, 在 50 V 档测量时, N 值应是分贝刻度上读到的值加 14 dB 。同样, 在 250 V 档测量时, 应加 28 dB 。

2) 万用表使用方法及注意事项

(1) 测量前应将面板上两个“功能/量程”开关旋至所需位置。量程的选择以能使表头指针在所选量程之内有最大偏转角为佳。操作上可先选较大量程档, 当指针偏转角太小时可以将量程开关旋向小量程档, 直至指针偏转角较大时为止。

(2) 不同功能和量程所用的表盘刻度尺不同, 读取数据时要注意认清, 防止出错。尤其在实验时要注意, 在用直流电压 10 V 量程档时, 不要去读交流电压 10 V 档专用刻度尺 (10 V), 以免读错数据。

(3) 测电流时万用表应串接于被测支路, 测电压时应并接于被测支路。绝对禁止用万用表的电流档去测电压(测量前一定要认清档位)。

(4) 测电阻时应先将“功能/量程”开关预置适当档位(由待测电阻大约值确定), 原则是指针应接近刻度尺中间位置。如果指针接近 ∞ 处, 则应将量程开关旋至量程较大的档位, 反之, 如指针接近 0 位, 则应旋至量程较小档位。在读数以前, 应进行“ Ω 调零”, 方法是左手将两表笔短路, 右手调节“ Ω 调零”电位器, 使指针指在 0Ω 上。最后将被测电阻接入两表笔间, 读取电表指针指示数 R , 则待测电阻阻值为 $R \times$ 量程值。

测电阻时不允许被测电阻带电。测大阻值电阻时不要将双手接触被测电阻两端(人体两手间有几十到几百千欧的电阻会并联到被测电阻两端, 引起读数不准)。

(5) 万用表使用完毕, 应将“功能/量程”开关旋至“ \cdot ”位上, 或置电压最大量程档。

2. JWY-30C 型直流稳压电源

JWY-30C 型稳压电源是一种高稳定度晶体管直流稳压电源。其面板示于图 1.1-2。该电源有两路独立输出, 每路均有一只电表指示输出电压或输出电流, 由“电压/电流”按钮开关确定何种指示。当输出过载或者短路时, 该电源能自动保护, 停止输出。当外电路故障排除, 需重新启动稳压电源时, 只需按一下“复原”开关即可。

1) 技术指标

- (1) 输入交流电源为 220 V 、 50 Hz , 允许电源电压变化范围为 $\pm 10\%$ 。
- (2) 输出电压。两路输出电压均为 $0 \sim 30 \text{ V}$, 分档连续可调。
- (3) 输出电流。左边一路额定输出电流为 3 A , 右边一路额定输出电流为 1 A 。
- (4) 电压稳定度不大于 3×10^{-4} 。

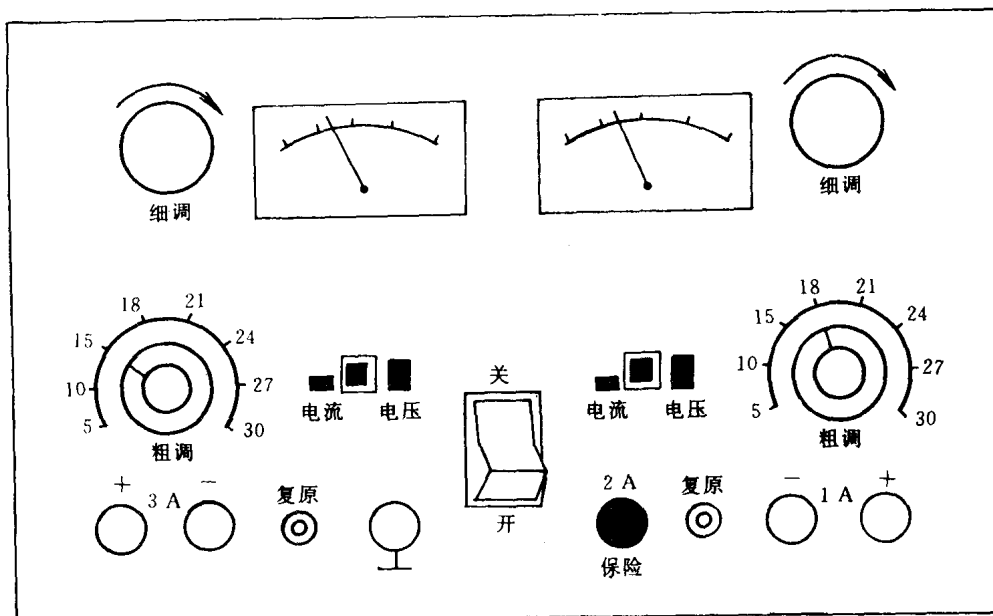


图 1.1-2 JWY-30C 型直流稳压电源面板图

(5) 纹波电压不大于 1 mV 。

(6) 直流内阻不大于 $5\text{ m}\Omega$ 。

2) 使用方法和注意事项

(1) 把位于面板上两只电表中间的“电压/电流”按钮开关置“电压”位，此时电表为电压表功能。打开电源开关，调节“粗调”开关和“细调”旋钮(注意左边的开关、旋钮调节的是左边一路电源的电压，右边的开关旋钮调节右边一路电源的电压)使电压至所需值。需要说明的是，面板上的电表准确度较差，在做实验时，电源输出电压值要用万用表电压档来测定。

(2) 稳压电源有过流保护功能，即输出电流超过额定值时，电子开关会将输出电压切断，此时电表指示零电压。因此，在调节输出电压或在实验过程中，如发现无输出电压，应首先检查实验线路有无短路，并加以排除。然后按面板上的“复原”开关，使稳压电源恢复正常工作状态。

(3) 左、右两路输出电压彼此独立。使用者可任意选择它们中的一个极(左、右两路均可任选一个)作为参考地。

3. 插接式实验板

插接式实验板结构示于图 1.1-3。实验板上半部装有若干个插孔组，每组插孔数不等(有 2、3 和 4 三种)，彼此用导线相连，形成一个“节点”。实验板的下半部装有 5 个实验用的电位器、晶体管等元件，元件的每一条引线均接有一个插孔。做实验所需的 R 、 L 、 C 等元件均焊接在专用的元件架上。每个元件架有两个插头，上面焊接一个元件。元件架可任意插于二相邻“节点”的两个相距最近的插孔上，相当于在此二节点间接入一个元件。利用元件架的不同插接位置、外接仪表、实验板上提供的元件和带插头的导线，可以组成各种所需的实验线路(如图中 A 、 B 端接有 R_1 与 R_2 串联电路)，使用灵活方便。

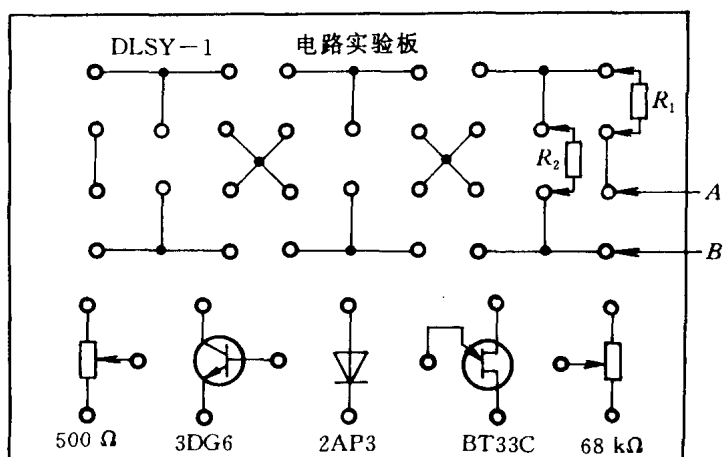


图 1.1-3 插接式实验板

(二) 实验指导

1. 课前预习

(1) 已知电路如图 1.1-4 所示。

① 计算图中各电阻元件上的电压值，并将计算结果作为理论值填入表 1.1-3 中(注意另外用纸把表画好再填入，此表在正式实验时就作为原始数据记录表。下面提到的数据表均以此法处理)。

② 在图 1.1-3 所示的插接式实验板图上，画出实验连线图。

(2) 已知电路如图 1.1-5 所示。

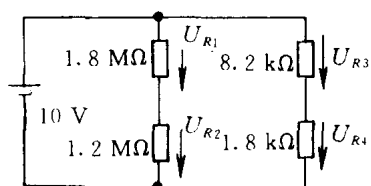


图 1.1-4 电压测量实验电路

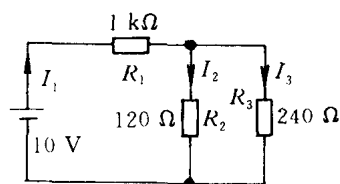


图 1.1-5 电流测量实验电路

① 计算各支路电流 I_1 、 I_2 和 I_3 ，并将计算结果作为理论值填入表 1.1-4 和表 1.1-5。

② 在插接式实验板图上画出实验连线图。

(3) 已知电路如图 1.1-6 所示。

① 计算各节点间的等效电阻值，并将计算结果作为理论值填入表 1.1-6 中。

② 在插接式实验板图上画出实验连线图。

(4) 阅读 500 型万用表及 JWY-30C 型直流稳压电源的有关说明(见本实验的“实验仪器和器材介绍”)。

(5) 阅读本指导书,了解本次实验内容、原理、方法及实验步骤。

2. 实验目的

(1) 学习万用表使用方法。

(2) 学习电压、电流的测量方法。了解仪表内阻对测量的影响。练习用欧姆表测量电阻。

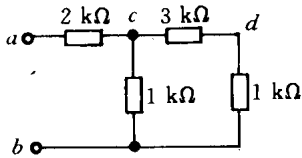


图 I.1-6 电阻测量实验电路

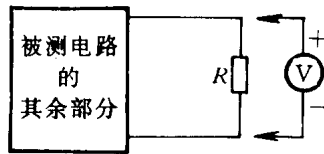


图 I.1-7 测量支路电压时的仪表连接法

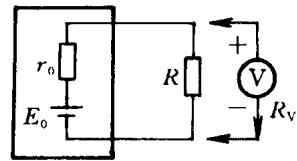


图 I.1-8 被测电路的等效电路

3. 实验原理

1) 电压表内阻对测量结果的影响

图 I.1-7 示出测量支路电压时仪表的连接方法。在分析仪表内阻对被测电路的影响时,可依据戴维南定理把被测电路的其余部分用等效电路来代替(如图 I.1-8)。下面就此电路来讨论电压表内阻对测量的影响。可以看出,若不计电压表内阻 R_V (即认为 $R_V = \infty$),待测电压值应为

$$U_R = \frac{R}{r_0 + R} E_0$$

若电压表内阻 $R_V \neq \infty$,它与电阻 R 并联。受其影响, R 上电压变为

$$U'_R = \frac{\frac{R_V R}{R_V + R}}{r_0 + \frac{R_V R}{R_V + R}} E_0$$

电阻 R_V 引起的测量误差为

$$\epsilon = \frac{U_R - U'_R}{U_R} = \frac{1}{1 + R_V \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{R} \right)} \times 100\%$$

从上式可以看出,电压表内阻 R_V 越大, ϵ 值越小,引起的误差越小。反之, R_V 越小,误差 ϵ 越大。同样,等效电压源内阻 r_0 和被测电阻 R 越小,则电压表内阻引起的误差 ϵ 越小。

2) 间接法测电流

用电流表测某支路的电流,需要将电流表串接到该支路中去,操作上很不方便。如果是测量印刷电路板上某支路电流,操作更麻烦。同时,电流表内阻较小,一旦接错线路,容易烧坏表头。在晶体管电子线路中,电流通常是 mA 级的。mA 级电流表的内阻约为几十到几百欧姆,几乎与晶体管电子线路各支路的电阻值相等,因而会引起较大的测量误差。

如果被测支路中有一个已知电阻,我们就可以用电压表测量该电阻上的电压。设已知