

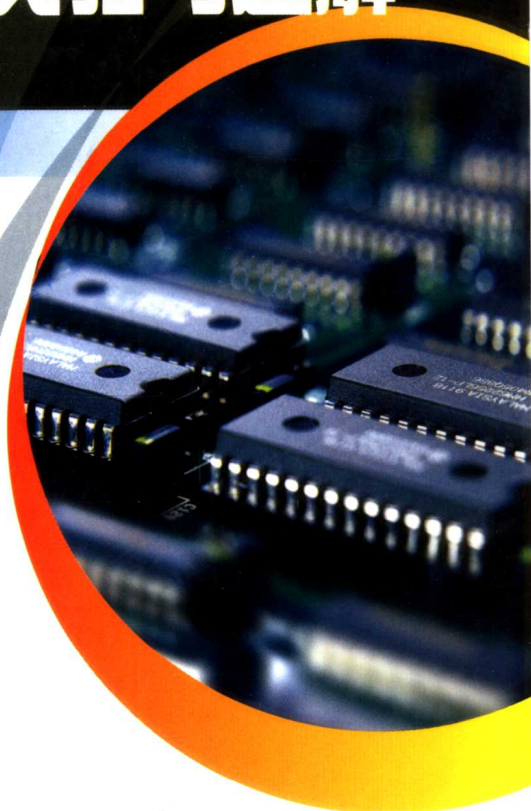


高等学校规划教材辅助教材

《电路分析基础》实验与题解

(第三版)

张永瑞 程增熙 高建宁



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校规划教材辅助教材

《电路分析基础》 实验与题解

(第三版)

张永瑞 程增熙 高建宁

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书为《电路分析基础(第三版)》配套使用的辅助教学用书。其内容包括实验指导和各类作业题解答两部分。书中第一部分介绍了实验须知和8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(部分)、习题、自检题及其详细解答。

本书可作为通信工程、电子信息工程、应用电子技术、自动控制、计算机科学与技术、测控技术与仪器等专业的大学生辅助教材。对从事电类专业的工程技术人员亦有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

《电路分析基础》实验与题解/张永瑞,程增熙,高建宁. —3版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2007.8

面向21世纪高等学校规划教材辅助教材

ISBN 978-7-5606-0707-8

I. 电… II. ①张… ②程… ③高… III. 电路分析—高等学校—教学参考资料
IV. TM133

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第120448号

策 划 夏大平

责任编辑 夏大平

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安文化彩印厂

版 次 2007年8月第3版 2007年8月第20次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.375

字 数 456千字

印 数 111 001~115 000册

定 价 25.00元

ISBN 978-7-5606-0707-8/TM·0013

XDUP 0977013-20

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

第三版前言

《〈电路分析基础〉实验与题解》一书自出版以来已发行十余万册，对辅助通信工程、电子信息工程、应用电子技术、自动控制、计算机科学与技术、测控技术与仪器等专业的大学生实施“电路分析基础”课程教学，提高教学质量，起到了积极的作用。

本书为《电路分析基础(第三版)》的配套使用教材，与《〈电路分析基础〉实验与题解》(第二版)相比较，在以下几方面做了较大的修编。

1. 删去了第一部分实验指导中原实验三“基尔霍夫定律与叠加定理”、原实验十“双 T 形 RC 网络的研究”。

考虑近年来电路分析基础实验教学的变更及仪器更新的情况，大多数普通高校电路分析基础实验教学中减少了理论验证方面的实验，加强了“观察现象”、“问题分析讨论”这样一些深层次的实验内容。就基尔霍夫定律与叠加定理的内容来说，无疑，是电路分析基础课程中经典而又重要的内容，从理论上理解、掌握、应用它们分析计算电路问题才是最主要的。而真要组成实验电路，用一般的电流表、电压表测量各电流、电压值来验证节点电流代数和等于零、回路电压代数和等于零，反而成了问题。对于电路中的某一个节点来说，可能实际测量电流值并不精确满足代数和等于零，这是由于测量电表的测量误差、人眼读数误差等因素带来的。这对于刚接触电路的学生来说，是相信教材中的理论结论呢？还是相信本人“实验”的结果呢？这样一来反而把概念给搞糊涂了。为了避免使学生引起这样的错觉，故删去原实验三。因双 T 形网络的频率特性推导过程太繁杂，学生在实验前的理论准备困难，故也删去原实验十，以便省出实验学时让学生致力于 RC 一阶、rLC 二阶网络的频率特性实验的研究。对于本书保留的八个实验，在仪器介绍、实验内容与要求等方面也做了一些文字修改。

2. 对《电路分析基础(第三版)》教材中增加的频率特性一章即第七章以及改写的第四、五两章，本书对其配置的思考与练习(部分)、习题与自检题做了详尽解答；对第一、二、三、六章中个别思考与练习(部分)、习题、自检题的变更亦做了更新解答。

3. 为了使读者阅读方便，本书基本上对《电路分析基础(第三版)》的各类需解答的题给出了原题内容，包括文和图。为了节省篇幅，在一些题的解答过程中，因需在原图示电路中加点，加电流、电压方向，加环路方向等，而不改变原图风貌，故未给出原图示电路，望读者注意。

4. 对第二版书中个别解答错误或印刷差错做了订正。

在修编本书过程中得到了夏大平副编审的热情帮助，也得到了编者同行的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，加之改编时间仓促，书中定有许多不足或错误，敬请广大读者赐教。

修编者

2007 年 5 月

于西安电子科技大学

第二版前言

《〈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生教学实施十余年,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。各学校任教老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、自检题的解答与《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、六章的思考与练习、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

常用符号表

q	电荷
ϕ 或 Φ	磁通
φ	相位差
ψ 或 Ψ	磁链
ψ	初相位
$i(t)$ 或 i	电流瞬时值
I	直流电流；交流电流的有效值
$\dot{I}$	正弦交流电流的有效值形式相量
I_m	正弦交流电流的振幅值
$\dot{I}_m$	正弦交流电流的振幅值形式相量
$u(t)$ 或 u	电压瞬时值
U	直流电压；交流电压的有效值
$\dot{U}$	正弦交流电压的有效值形式相量
U_m	正弦交流电压的振幅值
$\dot{U}_m$	正弦交流电压的振幅值形式相量
$p(t)$ 或 p	功率瞬时值
P	直流功率；交流功率的平均功率或有功功率
Q	无功功率；品质因数
$\tilde{S}$	复功率
S	视在功率
λ	功率因数
$w(t)$ 或 w	瞬时能量
W	直流能量
W_{Lav}	电感 L 的平均储能
W_{Cav}	电容 C 的平均储能
R, r	电阻
R_s	电源内阻
R_L	负载电阻
R_{in}	输入电阻
R_0	戴维宁等效电源内阻
R_o	输出电阻
G, g	电导
L	电感
C	电容

M	互感
Z	阻抗
Z_{in}	输入阻抗
Z_{out}	输出阻抗
Z_L	负载阻抗
X	电抗
X_L	感抗
X_C	容抗
X_{fl}	反映电抗
Y	导纳
Y_{in}	输入导纳
Y_{out}	输出导纳
f	频率
f_c	截止频率
f_{c1}	下截止频率
f_{c2}	上截止频率
f_0	谐振频率
ω	角频率
ω_c	截止角频率
ω_{c1}	下截止角频率
ω_{c2}	上截止角频率
BW	通频带宽度
ω_0	谐振角频率
ρ	特性阻抗
A	放大倍数
τ	时间常数
$y(t)$	电路响应; 电路输出
$y_h(t)$	自由响应
$y_p(t)$	强迫响应
$y_r(t)$	暂态响应
$y_s(t)$	稳态响应
$y_x(t)$	零输入响应
$y_f(t)$	零状态响应
$y(0_+)$	响应在换路后瞬间的数值, 即一阶电路的初始值
$y(\infty)$	响应在换路后 $t=\infty$ 时的数值, 即直流激励一阶电路的稳态值
$\varepsilon(t)$	单位阶跃函数
$g(t)$	单位阶跃响应
$H(j\omega)$	网络函数
OL	欧姆定律

KCL	基尔霍夫电流定律
KVL	基尔霍夫电压定律
KL	基尔霍夫定律
VAR	伏安关系
VCR	电压电流关系

目 录

第一部分 实验指导

I 实验须知	3
一 实验课目的	3
二 实验室规则	3
三 实验报告要求	4
四 实验数据处理	5
II 实验指导书	7
实验一 万用表使用练习	7
实验二 万用表的组装与校验	14
实验三 电压源外特性与戴维宁定理	20
实验四 示波器使用练习	24
实验五 一阶电路的暂态特性	36
实验六 一阶电路的应用实例	44
实验七 阻抗的测量	47
实验八 RLC 串联谐振电路	53

第二部分 思考与练习、习题、自检题及其解答

第一章 电路的基本概念与定律	61
思考与练习	61
习题一	72
自检题一	87
第二章 电路的基本分析方法	91
思考与练习	91
习题二	96
自检题二	107
第三章 常用的电路定理	111
思考与练习	111
习题三	124
自检题三	146
第四章 动态电路时域分析	150
思考与练习	150

习题四	161
自检题四	193
第五章 正弦稳态电路分析	198
思考与练习	198
习题五	218
自检题五	238
第六章 互感与理想变压器	243
思考与练习	243
习题六	252
自检题六	269
第七章 电路频率响应	273
思考与练习	273
习题七	281
自检题七	296
参考文献	300

第一部分

实验指导

I 实验须知

一 实验课目的

(1) 熟悉万用表、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等常用电子仪器、仪表的性能和工作原理，学习并掌握上述仪器仪表的使用方法。

(2) 学习并掌握电流、电压、阻抗、网络伏安特性、网络频率特性，以及网络动态响应等的测量方法。

(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，实验报告的撰写等。

二 实验室规则

(1) 按时上课，未完成实验不得早退，未经教务部门同意，不得随意更改实验时间。

(2) 学生必须听从教师的指导，做好课前预习，按编组按时进行实验。

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

(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，应按规定的制度办理，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) 实验室不得储存易燃、易爆和剧毒物品。注意防火、防盗，应配备防火器具并放置于醒目位置。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) 第一个实验内容

(1) 标题。

(2) 原理线路图及实验条件(包括元器件参数、输入信号参数等)。

(3) 数据表及数据处理结果(包括误差计算和分析)。

(4) 曲线图或波形图。

(5) 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)。

2) 第二个实验内容

(1) 标题。

(2) 原理线路图及实验条件(包括元器件参数、输入信号参数等)。

(3) 数据表及数据处理结果(包括误差计算和分析)。

(4) 曲线图或波形图。

(5) 结论。

.....

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。亦可将图集中安排在报告的最后 一页，但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，不能用原始数据记录纸代替。

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。

$$4.186 \rightarrow 4.19$$

$$62.734 \rightarrow 62.73$$

$$0.825 \rightarrow 0.82$$

$$0.815 \rightarrow 0.82$$

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

$$10.8725 + 6.13 + 21.432 = 38.4345 \text{ 应取 } 38.43$$

$$3.98 \times 4.125 / 2.5 = 6.567 \text{ 应取 } 6.6$$

这种处理方法比较粗糙，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”。

在要求不严格的情况下，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。

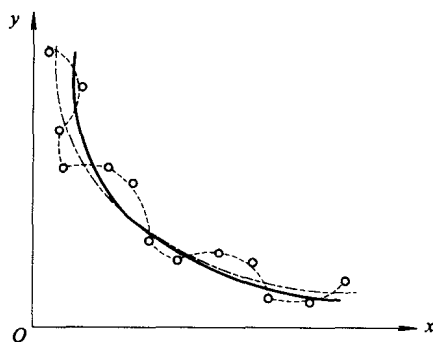


图 I.4-1 观察法拟合曲线

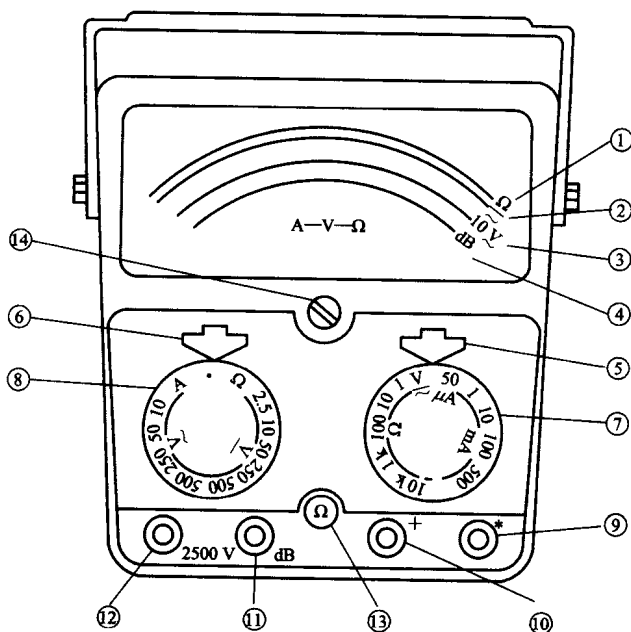
II 实验指导书

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 II.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符。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“ $\overline{V}$ ”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



- 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—矢形标志符；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 II.1-1 500 型万用表表盘