

21世纪高等职业技术教育电子电工类规划教材

电路分析 (第四版)

主 编 刘 志 民

21世纪
高级应用型人才



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等职业技术教育电子电工类规划教材

电 路 分 析

(第四版)

主 编 刘志民

副主编 张咏军

参 编 李浩然 钱际光

主 审 杨健康

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书第一版是依据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》编写的,出版以来深受广大读者的厚爱,并入选教育部推荐教材行列。根据教学实际情况,这次(第四版)修订,总体上降低了难度,文字叙述更加简洁,内容更加贴近高等职业教育的特点。

本书主要内容有:电路的基本概念和定律,电路的等效变换,线性电路的一般分析方法和基本定理,正弦交流电路,互感电路及理想变压器,非正弦周期信号电路,动态电路的时域分析。每节后有练习与思考题,并在这些题后指明了本节内容所对应的习题。每章后留有一定量的习题和自测题。另外,在书末提供了两套模拟试题。

本书可作为电子、通信、计算机类高职专业的教材,也可供中专的相关专业选用,并可供从事电子技术工作的工程技术人员和参加自学考试的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析/刘志民主编. —4版. —西安:西安电子科技大学出版社,2012.1

21世纪高等职业技术教育电子电工类规划教材

ISBN 978-7-5606-2703-8

I. ①电… II. ①刘… III. ①电路分析—高等职业教育—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 243005 号

策 划 马乐惠 云立实

责任编辑 杨宗周

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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2012年1月第4版 2012年1月第20次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 17.5

字 数 391千字

印 数 94 001~102 000册

定 价 27.00元

ISBN 978-7-5606-2703-8/TM·0082

XDUP 2995004-20

*** 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。

高职高专教育电子电工类系列教材

编委会名单

顾问	齐管社				
主任委员	田和平	刘康			
副主任委员	莫翼翔	吕庆	王有存	李周广	文建光
	杨建民	张志平			
委员	王康兴	周雪	唐政平	王瑛	郭宗智
	吕根民	孙津平	刘志民	李浩然	张咏军
	王向阳	白乃平	杨荣昌	刘军	旺宏武
	张惠玲	阮黎君	吕红娟	肖志峰	贺歆昉
	王欣	王曙霞	贺利萍	苏丽萍	王拴存
	朱晓红	白建设	杨健康	吴建喜	刘泉海
	江甦	唐惠龙	雷社厚	梁洪洁	骞军寿
	杨建丽	钱际光			

项目策划 梁家新

第四版前言

本书自 2002 年首次出版以来,共发行了 9 万余册。选用该教材的高职院校遍及全国各地,使用专业涉及通信技术、应用电子技术、信息技术、电子工程、计算机应用、电气工程、机电工程、家用电器等诸多方面,受到师生们的普遍认可。经过多年使用,由所反馈回的信息得知,用户普遍认为教材编写思想紧扣高职层次的教学要求,教材内容充实,对高职生实用且够用;概念表述清楚、到位;举例合适、典型且贴近工程实际;特别是完善的题目配置对教与学都有很大帮助,方便了师生。本次修订,除保留原教材的基本体系、风格、章节顺序外,总体上降低了难度,文字叙述更趋简洁明了。这次修订,从下列方面作了适当增删、更改和调整。

(1) 保持全书的统一性、前后对应和一致性。如在第 1 章 1.1 节增加了单位制一小节,给出了 SI 制中电磁学常用的导出单位和常用词头两个附表,使各章中涉及到的有关单位问题一目了然;第 3 章直流电路的例题全部给出了用行列式法解联立方程的中间数据,除为师生提供方便外,还与第 4 章交流电路的某些例题的解法相照应(可归结为:用网络方程法分析交、直流电路,所列写的线性方程均可用行列式法求解);第 5 章练习与思考增加了关于无电感线圈 5.3-5 题与第 4 章 4.3-5 题对应,一题多解。

(2) 对于某些概念、定义使其更加严密和明确,更切合实际,合乎逻辑,容易理解。如第 1 章中关于实际电压源和实际电流源新的阐述过程;第 2 章中删去了实际受控源模型,强调了分析含受控源电路时的注意事项;第 4 章中相量图的重新定义;第 5 章中关于同名端为同极性端的意义等。

(3) 充实了某些内容,使其与实际联系更紧密,操作更加具体、方便。如第 1 章中关于功率的计算公式(将关联及非关联两种情况使用同一公式)及电位的计算方法;第 3 章中关于有源二端网络等效内阻的计算(补充了一种方法且与习题 2.15 相照应)。

(4) 简化了某些例题或习题的解法,使其更加简便、明了、易懂。如第 3 章的例 3.5 解法 2,由原来用回路法求解变为用改画电路法;将有些题目的参数简化,以方便求解。如将例 3.6 图中电阻的值全取为 $1\ \Omega$;将习题 3.30 图中电阻、电源的值全改为一位数。

(5) 调整了个别例题的顺序, 以使其与所讲内容更贴近。如把原例 4.23 提到原例 4.22 前, 使其与前两例归于同一类; 把原例 6.11 提到原例 6.6 前, 使其与这次刚补充完善的测量非正弦周期电压或电流用不同类型仪表将会出现不同结果的内容紧密衔接。

(6) 更换了个别例题, 如新的例 6.10(用电流源作用于 RC 并联电路替代了原来用电压源作用于 RC 并联电路), 既顾及到后续课程“模拟电子技术”中的相关知识, 又增加了该章例题的种类, 使之更趋完善。

本书第 1、2、3 章由陕西邮电职业技术学院刘志民老师完成, 第 4 章由陕西机电工程学校李浩然老师完成, 第 5、7 章由西安航空职业技术学院张咏军老师完成, 第 6 章由陕西能源职业技术学院钱际光老师完成。全书由刘志民统稿。

本次修订得到了广大读者及同行的大力支持, 感谢他们提出的宝贵意见和建议。限于编者水平, 本书虽然经过三次修订, 可能还有不少疏漏, 敬请使用本书的师生不吝赐教。

编 者
2011 年 10 月

第三版前言

本教材第一版自 2002 年出版以来,选用学校遍及全国各地。已在通信、电子工程、信息技术、应用电子技术、计算机应用及电气工程等高职专业教学使用多年,受到广大师生的普遍认可。使用者普遍认为教材编写思想紧扣高职层次的教学要求,所选内容对高职学生够用且实用,基本概念阐述清楚,举例恰当、典型且贴近工程实际,各类题目配置齐全(每节后配有练习与思考题,每章后有习题和自测题,书末还提供了两套模拟试题),方便了教和学。

本教材 2004 年入选“国家规划”教材后作者曾着重针对企业方面所反映的意见和建议进行了修订,使内容能更好地适应企业生产实际的需要。降低了总体难度,对个别求解过程较长的例题、习题进行了删除或更换,降低了一些内容和例(习)题的难度,将一些难度较大而又相对较次要的内容加注了“*”号作为选学内容,供教师灵活掌握。修订后,于 2005 年 5 月出版了第二版。

面对 21 世纪教育改革的潮流及教材不断更新现状,在听取使用本教材部分师生意见的基础上,为使本书更为完善,决定对其再次修订。此次修订,除了保留原教材的基本体系、风格及章节顺序外,着重在以下几个方面做了修编:

(1) 在举例引入概念和介绍分析计算方法时,尽量采用最简单电路,以使学生不致产生一开始就很难的感觉,从而消除学生的畏难情绪,利于学习。如对于网孔电流法,将原采用三个网孔的电路改为两个网孔的电路。

(2) 在举例和习题中多处涉及到电桥电路,在本教材的配套教材《〈电路分析〉学习指导及习题全解》中也提到利用电桥平衡条件进行解题比较方便(如题 2.10、题 3.23 等)的问题,为此,将电桥平衡条件的讨论作为专题补充进来(加入例 2.6 中),以便于学生熟悉这方面的知识。

(3) 鉴于目前高职学生基础知识的实际状况,尽量降低学习难度,以利于学生接受。如“正弦量的相量表示法”一节中,考虑到引入相量的目的仅仅只是为了对正弦交流电路进行计算,故大胆尝试,仅从复数的极坐标形式与正弦量的对应关系考虑,引出正弦量的相量表示法,从而回避了由欧拉公式引入时所出现的与应用“相量法”无关却又比较抽象、难理解的知识(如旋转因子等)。

(4) 为增加学生的实用知识和加强实际技能的培养意识,以例题形式介绍

了采用电磁式电压表、磁电式电压表 and 全波整流式电压表对同一电压进行测量,其结果将会不同的实际问题(增加了例 6.11)。

总而言之,此次修订从总体上更进一步降低了难度,文字叙述更趋简洁。但由于编者知识水平有限,不足之处在所难免,恳请使用本书的师生多多交流,多提宝贵的批评意见和改进建议。

本书第 1、2、3 章由陕西邮电职业技术学院刘志民老师完成,第 4 章由陕西省机电工程学校李浩然老师完成,第 5、7 章由西安航空职业技术学院张咏军老师完成,第 6 章由陕西能源职业技术学院钱际光老师完成。全书由刘志民老师统稿并修改。

编 者

2008 年 5 月

第二版前言

本书第一版于2002年1月由西安电子科技大学出版社正式出版,三年来发行量接近4万册,选用学校遍及全国各地,受到广大师生的普遍认可。他们普遍认为教材编写思想紧扣高职层次的教学要求,教材内容对高职学生够用且实用,基本概念阐述清楚,举例恰当且典型,易于教和学。

2004年6月,根据教育部教职成司函[2004]13号,关于制定《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》的通知中“已出版的五年制高等职业教育教材,经使用教学效果良好的,可以择优推荐”的文件精神,本教材也参加了此次选题申报活动,并于2004年10月获得批准,有幸入选成为“国家规划”教材。

第二版在第一版的基础上,特别注意吸收了企业的意见及建议,本着“以就业为导向,面向市场办学和劳动力市场需要”的宗旨,进行了认真的修订。此次修订除保留原版教材的体系、章节顺序与风格外,着重在以下几个方面做了修编:

(1) 听取了企业技术专家们的建议,对一些有一定难度而又相对次要的内容,如“受控源”、“空心变压器”、“二阶电路”等加注了“*”号,供教师根据不同专业或不同程度的学生适度掌握施教标准。

(2) 根据部分老师反映一些习题难度较大的意见,删除了难度较大的个别习题。另外还给一些习题加注了提示,有些提示还是较详细的,基本上就是解题思路。

(3) 为方便老师布置课后作业,在每节的“练习与思考”后增加了“本节内容对应习题”一栏。同时调整了一些章的习题顺序,使其层次感更强。

(4) 对于原来个别例题,尽管它们其中一些也能够体现新知识,但由于其步骤较多,求解过程较长,有繁琐之嫌,故予以删除。

(5) 为便于读者自检本人学习效果和解题能力,每章均新增了“自测题”,题目紧扣各章中心内容及重点,侧重于计算,难度适中。同时在书末新增了两套“模拟试题”,题目覆盖面较广,题型新颖,有些题目是参编老师在长期教学实践中反复提炼的晶华,相信对使用本教材的老师期末考试命题有一定的参考或借鉴作用。

(6) 根据师生的建议,准备出版配套习题解一书,因此更换了“练习与思

考”一栏的题目序号，为下一步工作做一点准备。

本书第1、2、3章由陕西邮电职业技术学院刘志民老师完成，第4章由陕西省机电工程学校李浩然老师完成，第5、7章由西安航空职业技术学院张咏军老师完成，第6章由陕西能源职业技术学院钱际光老师完成。全书由刘志民老师统稿并修改。陕西能源职业技术学院杨健康老师担任主审。中国电信陕西咸阳分公司副总工程师李新科、中国电信陕西商洛分公司副总工程师马国祖、中国网通陕西咸阳分公司副总经理张斌，以及许多未曾谋面的专家们的独到见解对此次修订起到了举足轻重的作用，在此表示衷心的感谢。

由于我们的业务水平所限，不足之处在所难免，恳请使用本书的师生不吝赐教，多提批评意见和改进建议。

编 者

2005年4月

第一版前言

本书是依据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》的精神,参照陕西省职业技术教育学会电子电工教学委员会组织讨论并确定的高等职业院校电子电工类专业“电路分析”教学大纲编写的,供高等职业院校电子电工类专业使用。

我们在编写本教材时按照精选传统内容、严格把握深度和广度、尽量体现新度的总体思路,尽力让它成为一本教师好教、学生好学的基础教材。为此,着重考虑了以下方面:

(1) 为突出理论与实践相结合,培养学生解决实际问题的能力 & 创新精神,在例题和习题的选择上,尽量列举日常生活、生产实际中能接触到的一些现实电路问题,力求生动、具体、鲜活,以激励学生的兴趣,调动起学生学习的积极性,同时注意到对新知识、新工艺的体现。

(2) 配合理论教学列举了较多的例题,目的在于加深学生对所学理论的进一步理解及用所学知识对具体电路进行分析,进而掌握一般电路的分析计算方法。根据教学实践中学生普遍反映理论易懂、习题难做的情况,适当增加了部分例题的难度,并力求做到解题思路简捷,步骤清晰明了,取值计算精简,文字表述严谨,附图完整,以期对学生掌握具体分析方法起到应有的指导作用。有些题目给出多个解法,以启发和培养学生的发散型思维能力。

(3) 每章开始有引入,在做到过渡自然的同时兼起“本章学习指导之作用”,以求教学层次明确,利于教师和学生共同把握各章最基本的知识点,获得重点突出、顾及一般之效。每章后附有小结,旨在对本章内容做出比较系统、完整的归纳,梳理出头绪,以帮助学生更深入地理解和全面掌握本章内容。

(4) 每节后有少量练习与思考题,每章都配置了数量较大的习题,覆盖了本书中要求理解和掌握的全部内容,便于学生选择和练习,以巩固基本概念及加强对实践能力的培养,其中许多题目是经多年教学实践而精选的。

本书在编写过程中借鉴了不少同行们编写的优秀教材,从中受到了不少教益和启发,在此,对各位作者表示衷心的感谢。

本书第 1 章由刘志民和王向阳编写,第 2、3 章由刘志民编写,第 4 章由李浩然编写,第 5、7 章由张咏军编写,第 6 章由钱际光编写。全书由刘志民统稿

并修改，杨健康主审。张浩同志参加了部分电路图的前期电脑制作及后期电脑统盘工作。郭宗智、张平、王拴存及陕西邮电职业技术学院电路组全体同志参加了本书的审稿会，并提出了不少宝贵建议，对本书的修改工作帮助很大，在此谨表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限，书中错误及欠妥之处在所难免，恳请读者和使用本书的同行批评指正。

编 者

2001 年 12 月

本书常用符号说明

1. 基本符号

i, I	电流
u, U	电压
φ (带单下标)	电位
p, P	功率
w, W	能量
R	电阻
G	电导
μ	VCVS 中的电压放大系数
γ	CCVS 中的转移电阻
g	VCCS 中的转移电导
β	CCCS 中的电流放大系数
θ	初相
T	周期
ω	角频率
f	频率
φ (或 φ 带双下标)	相位差
L	电感
C	电容
Z	阻抗
X	电抗
Y	导纳
B	电纳
φ_z	阻抗角
φ_y	导纳角
λ (或 $\cos\varphi$)	功率因数
ω_0	谐振角频率
f_0	谐振频率
Q	LC 回路品质因数
B_w	通频带
α	单位相量算子

η	效率
N	线圈匝数
Φ	磁通
Ψ	磁链
M	互感
k	耦合系数
T	变压器
n	理想变压器匝比
τ	脉冲持续时间
ρ	微分方程的特征根
τ	动态电路的时间常数

2. 电压、电流

$i(t)$	正弦电流的瞬时值
$u(t)$	正弦电压的瞬时值
I_m	正弦电流的振幅值
U_m	正弦电压的振幅值
I	正弦电流的有效值
U	正弦电压的有效值
$\dot{I}_m$	正弦电流的振幅值相量
$\dot{U}_m$	正弦电压的振幅值相量
$\dot{I}$	正弦电流的有效值相量
$\dot{U}$	正弦电压的有效值相量
U_S	电压源电压值
I_S	电流源电流值
$\dot{U}_S$	电压源电压相量值
$\dot{I}_S$	电流源电流相量值
i_b	晶体管基极电流
i_c	晶体管集电极电流
U_p	三相电的相电压有效值
I_p	三相电的相电流有效值
U_l	三相电的线电压有效值
I_l	三相电的线电流有效值
u_{ch}, i_{ch}	齐次微分方程的通解
u_{cp}, i_{cp}	非齐次微分方程的特解

3. 功率

P	有功功率
Q	无功功率
Q_L	电感的无功功率
Q_C	电容的无功功率

S	视在功率
4. 电阻、阻抗及导纳	
R_S	电源内阻
R_L	负载电阻
R_P	电位计(可变电阻器)
ρ	串联谐振电路的特性阻抗
Z_S	电源内阻抗
Z_L	负载阻抗
$\dot{Z}_S^*$	电源内阻抗的共轭复数
X_C	容抗
X_L	感抗
B_C	容纳
B_L	感纳

目 录

第 1 章 电路的基本概念和定律	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路及其功能	1
1.1.2 理想电路元件	1
1.1.3 电路模型	2
1.1.4 单位制	2
练习与思考	3
1.2 电流、电压及其参考方向	3
1.2.1 电流及其参考方向	3
1.2.2 电压及其参考方向	4
练习与思考	6
1.3 电功率与电能	7
1.3.1 电功率	7
1.3.2 电能	7
练习与思考	8
1.4 电阻元件	9
1.4.1 电阻元件及伏安特性	9
1.4.2 电阻元件的功率	10
练习与思考	10
1.5 电压源与电流源	10
1.5.1 电压源	10
1.5.2 电流源	12
练习与思考	13
1.6 基尔霍夫定律	14
1.6.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	14
1.6.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	15
练习与思考	16
1.7 用电位的概念分析电路	17
1.7.1 电位及其参考点	17
1.7.2 电位的计算	17
1.7.3 有接地点电路的习惯画法	18
练习与思考	19
小结	20
习题 1	21
自测题 1	23

第 2 章 电路的等效变换	25
2.1 电阻的串、并、混联	25
2.1.1 电阻的串联	25
2.1.2 电阻的并联	27
2.1.3 电阻的混联	29
练习与思考	31
2.2 $\triangle$ 形和 Y 形电阻电路的等效变换	31
练习与思考	34
2.3 两种电源模型的等效变换	35
练习与思考	37
* 2.4 受控源及其等效变换	38
练习与思考	42
小结	42
习题 2	43
自测题 2	47
第 3 章 线性电路的一般分析方法和基本定理	48
3.1 支路电流法	48
练习与思考	50
3.2 网孔电流法	50
练习与思考	56
3.3 节点电位(电压)法	57
练习与思考	62
3.4 叠加定理	63
练习与思考	68
3.5 戴维南定理	69
练习与思考	75
3.6 最大功率传输定理	75
练习与思考	79
小结	79
习题 3	80
自测题 3	85
第 4 章 正弦交流电路	86
4.1 正弦量的基本概念	86
4.1.1 正弦量的三要素	86
4.1.2 相位差	88
4.1.3 正弦量的有效值	90
练习与思考	91
4.2 正弦量的相量表示法	91
4.2.1 正弦量的相量表示	91