



中国科学院电子信息与通信系列规划教材

电路分析基础 学习指导书

崔晓燕 周慧玲 编



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是电路分析课程的辅助教材,可与电路分析课程同步使用,书中内容覆盖了教育部最新制定的《电路课程教学基本要求》。全书共 14 章,分别介绍了电路模型和基尔霍夫定律、电路元件及电路等效变换、线性电路的一般分析方法、电路定理、含有运算放大器的电阻电路、电容元件和电感元件、电路的瞬态分析、正弦稳态电路的分析、三相电路、非正弦周期激励稳态电路的分析、耦合电感与理想变压器、电路的频率响应、双口网络。第 1~13 章,每章包括四部分内容:基本要求、内容提要、习题解答、思考题;第 14 章提供了 5 套模拟试题。模拟试题包含了电路分析课程的全部知识点,利于学生对电路分析内容的理解和掌握。

本书适合电气、电子、计算机等专业的本、专科学生使用,也可作为科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础学习指导书/崔晓燕,周慧玲编. —北京:科学出版社,2007
(中国科学院电子信息与通信系列规划教材)
ISBN 978-7-03-019533-3

I. 电… II. ①崔… ②周… 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 119023 号

责任编辑:巴建芬 潘继敏 / 责任校对:刘小梅
责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年8月第一次印刷 印张:18 1/4

印数:1—3 500 字数:343 000

定价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

《中国科学院电子信息与通信系列规划教材》 编委会

- 顾 问：保 铮 中国科学院院士 西安电子科技大学
刘永坦 两院院士 哈尔滨工业大学
陈俊亮 两院院士 北京邮电大学
- 主 任：谈振辉 教授 北京交通大学
- 副主任：任晓敏 教授 北京邮电大学
梁昌洪 教授 西安电子科技大学
冯正和 教授 清华大学
张文军 教授 上海交通大学
林 鹏 编审 科学出版社

委 员：(按姓氏汉语拼音排序)

- 段哲民 教授 西北工业大学
顾学迈 教授 哈尔滨工业大学
洪 伟 教授 东南大学
焦李成 教授 西安电子科技大学
李少谦 教授 电子科技大学
毛军发 教授 上海交通大学
沈连丰 教授 东南大学
唐朝京 教授 国防科技大学
王成华 教授 南京航空航天大学
王文博 教授 北京邮电大学
徐安士 教授 北京大学
姚 彦 教授 清华大学
严国萍 教授 华中科技大学
杨建宇 教授 电子科技大学
张宏科 教授 北京交通大学
张晓林 教授 北京航空航天大学
- 秘 书：段博原 编辑 科学出版社

丛 书 序

信息技术的高速发展及其广泛应用,使信息技术成为当今国际竞争中最重要
的战略技术。信息技术对经济建设、社会变革、国家安全乃至整个国家的发展起
到关键性的作用,它是经济发展的“倍增器”和社会进步的“催化剂”,是体现
综合国力的重要标志。在人类历史上,没有一种技术像信息技术这样引起社会如
此广泛、深刻的变革。在 20 世纪末和 21 世纪前半叶,信息技术乃是社会发展最
重要的技术驱动力,可以说,21 世纪人类已经步入了信息时代。信息产业在世
界范围内正在由先导产业逐步变为主导产业。从微观上看,表现为单位产品的价
格构成中,能源和材料的消耗减少而信息技术和信息服务的比重上升;从宏观上
看,表现为国民生产总值(GDP)中信息产业所占的比重增加。一个国家信息
产业的发展水平将是衡量该国社会经济总体发展和现代化程度的重要标志之一。

目前,信息科学已成为世界各国最优先发展的科学之一。党的十六大提出了
“加速发展信息产业,大力推进信息化,以信息化带动工业化”的发展战略,以
及“优先发展信息产业,在经济和社会领域广泛应用信息技术”的基本国策,使
我国信息产业得到了前所未有的重视,信息产业呈现出飞速发展的势头。信息产
业的发展离不开信息化人才,信息化人才建设将是信息产业可持续发展的关键。
然而,有关调查表明,我国国家信息化指数为 38.46,而信息化人才资源指数仅
为 13.43。据权威机构预测,从 2005 年到 2009 年,中国信息行业将以 18.5%的
年复合增长率高速增长,中国信息市场将迎来又一个“黄金年代”。在信息化发
展势头的带动下,我国信息化人才缺乏已经成为制约信息产业发展的重要因素。

为了适应新世纪信息学科尤其是电子信息与通信学科的长足发展,在规模
上、素质上更好地满足我国信息产业和信息科学技术的发展需要,更好地实现
电子信息与通信学科专业人才的培养目标,推进国内信息产业的发展,中国科
学院教材建设专家委员会和科学出版社组织电子信息与通信领域的院士、专
家、教学指导委员会成员、国家级教学名师及电子信息与通信学科院校的相关
领导等组成编委会,共同组织编写这套《中国科学院电子信息与通信系列规划
教材》。

本套教材主要面向全国范围内综合性院校电子信息工程、通信工程、信息工
程等相关专业的本科生。本套教材的编委会成员具有国内电子信息与通信方面
的较高学术水平,他们负责对本套教材的编写大纲及内容进行审定,可使本套教
材的质量得以保证。

本套教材主要有以下几方面的特点：

1. 适应多层次的需要。依据最新专业规范，系列教材主要根据教育部最新公布的电子信息与通信学科相关专业的“学科专业规范”和“基础课程教学基本要求”进行教材内容的安排与设置。同时，根据各类型高校学生的实际需要，编写不同层次的教材。

2. 结构体系完备。本套教材覆盖本科、研究生教学层次，各门课程的知识之间相互衔接，以便完整掌握学科基本概念、基本理论，了解学科整体发展趋势。

3. 作者水平较高。我们将邀请设有电子、通信国家重点学科的院校，以及国家级、省级教学名师或国家级、省级精品课程负责人编写教材。

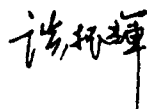
4. 借鉴国外优秀教材。编委会为每门课程推荐一本国外相关的经典原版教材，作为教师编写的参考书。

5. 理论与实际相结合，加强实践教学。教材编写注重案例和实践环节，着力于学生实际动手能力的培养。

6. 教材形式多样。本套教材除主教材外，还配套有辅导书、教师参考书、多媒体课件、习题库及网络课程等。

根据电子信息与通信学科专业发展的战略要求，我们将对本套系列教材不断更新，以保持教材的先进性和适用性。热忱欢迎全国同行以及关注电子信息与通信领域教育及教材建设的广大有识之士对我们的工作提出宝贵意见和建议。

北京交通大学校长



2005年10月

前 言

本书是为辅助电路分析课程的理解、复习和考试编写的，是电路分析基础的配套教材。全书共有 14 章，分别是电路模型和基尔霍夫定律、电路元件及电路等效变换、线性电路的一般分析方法、电路定理、含有运算放大器的电阻电路、电容元件和电感元件、电路的瞬态分析、正弦稳态电路的分析、三相电路、非正弦周期激励稳态电路的分析、耦合电感与理想变压器、电路的频率响应、双口网络，最后一章为模拟试题。为了加强电路实验能力的培养，本书部分习题用 EDA 仿真进行解答。

第 1~13 章，每章由四部分内容组成：

(1) 基本要求。根据教育部最新制定的《电路课程教学基本要求》，指出本章的基本要求，应该掌握的内容。

(2) 内容提要。概括本章的基本概念、基本定律、基本定理、基本分析方法，强调重点，解惑难点。

(3) 习题解答。对本章习题进行详细解答。

(4) 思考题。针对本章中容易混淆的概念、不容易全面、准确、深刻理解的内容设计的思考题。

第 14 章包含了五套模拟试题，供自测练习。

本书第 1~4 章、第 6~8 章、第 10 章、第 13 章由崔晓燕编写，其中第 1~4 章的习题原题由张轶编写；第 5 章、第 9 章、第 11 章、第 12 章和仿真习题由周慧玲编写；第 14 章由崔晓燕和周慧玲共同编写。本书在文字输入、绘图等方面得到了郭明洁、于秉球、陈学川同学的大力帮助。

限于作者水平，书中错误及不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

崔晓燕

2007 年 3 月于北京邮电大学

目 录

丛书序

前言

第 1 章 电路模型和基尔霍夫定律	1
一、基本要求	1
二、内容提要	1
三、习题解答	3
四、思考题	15
第 2 章 电路元件及电路等效变换	16
一、基本要求	16
二、内容提要	16
三、习题解答	20
四、思考题	35
第 3 章 线性电路的一般分析方法	36
一、基本要求	36
二、内容提要	36
三、习题解答	41
四、思考题	57
第 4 章 电路定理	58
一、基本要求	58
二、内容提要	58
三、习题解答	61
四、思考题	81
第 5 章 含有运算放大器的电阻电路	82
一、基本要求	82
二、内容提要	82
三、习题解答	83
四、思考题	93
第 6 章 电容元件和电感元件	94
一、基本要求	94
二、内容提要	94
三、习题解答	96
四、思考题	102
第 7 章 电路的瞬态分析	103
一、基本要求	103

二、内容提要	103
三、习题解答	109
四、思考题	135
第 8 章 正弦稳态电路的分析	136
一、基本要求	136
二、内容提要	136
三、习题解答	140
四、思考题	161
第 9 章 三相电路	162
一、基本要求	162
二、内容提要	162
三、习题解答	165
四、思考题	179
第 10 章 非正弦周期激励稳态电路的分析	180
一、基本要求	180
二、内容提要	180
三、习题解答	182
四、思考题	190
第 11 章 耦合电感与理想变压器	191
一、基本要求	191
二、内容提要	191
三、习题解答	197
四、思考题	218
第 12 章 电路的频率响应	219
一、基本要求	219
二、内容提要	219
三、习题解答	224
四、思考题	239
第 13 章 双口网络	240
一、基本要求	240
二、内容提要	240
三、习题解答	248
四、思考题	260
第 14 章 模拟试题	262
参考文献	280

第 1 章 电路模型和基尔霍夫定律

一、基本要求

- (1) 电压和电流的定义及其参考方向。
- (2) 基尔霍夫电流、电压定律 (KCL、KVL)。
- (3) 选择独立的电压、电流变量, 列写独立的 KCL、KVL 方程。

二、内容提要

1. 集总假设和集总参数电路

如果假设每种理想元件都只表示一种基本物理现象且可用数学方法精确定义, 并且元件特性集中在空间的一点上而忽略元件实际体积和大小, 这种假设称为集总假设, 满足集总假设的元件称为集总参数元件。由集总参数元件构成的电路称为集总参数电路。

电路分析是以“集总假设”为前提条件的。

2. 电路的基本变量

电流、电压和功率为电路的基本变量。

在表示电压变量时, 须标出大小和任意选定的参考极性。在表示电流变量时, 须标出大小和任意选定的参考方向。

u 、 i 为关联参考方向, 如图 1-1 (a) 所示。

$$u = i \cdot R \quad (1-1)$$

u 、 i 为非关联参考方向, 如图 1-1 (b) 所示。

$$u = -i \cdot R \quad (1-2)$$



图 1-1

在电路中, 某一支路单位时间内所吸收的能量, 称为该支路吸收的电功率, 用 $p(t)$ 表示。

当二端网络端口的 u 、 i 为关联参考方向时，二端网络吸收的功率

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \quad (1-3)$$

当电压与电流为非关联参考方向时，电路吸收的功率

$$p(t) = -u(t) \cdot i(t) \quad (1-4)$$

由上两式计算结果判断电路吸收（消耗）或释放（供给）功率的情况。

若 $p > 0$ ，说明电路吸收（消耗）功率；

若 $p < 0$ ，说明电路释放（供给）功率。

3. 基尔霍夫定律

任一集总电路中，各支路的约束关系遵守基尔霍夫定律。

基尔霍夫电流定律 KCL

$$\sum i_{\text{出}} = \sum i_{\text{入}} \quad (1-5)$$

任意节点，任意瞬时，电流的代数和为零，即

$$\sum_{k=1}^b i_k(t) = 0 \quad (1-6)$$

KCL 表述了节点上支路电流的约束关系，即节点电流是线性相关的。

KCL 的实质是电流连续性原理或瞬时电荷守恒定律的体现。

基尔霍夫电压定律 KVL

$$\sum_{k=1}^K u_k(t) = 0 \quad (1-7)$$

$$\sum u_{\text{升}} = \sum u_{\text{降}} \quad (1-8)$$

KVL 表述了回路中各支路电压的线性约束关系，即支路电压是线性相关的。

KVL 的实质是电路能量守恒的体现。

4. KCL、KVL 方程的独立性

有关图论的一些基本概念

(1) 树的概念。

一个包含连通图 G 的所有节点而没有构成回路的连通子图，称为图 G 的一个树。

(2) 树支与连支。

对于图 G ，如果选定了它的一种树 T ，构成树 T 的每条边就称为这个树的树支，其余不属于树 T 的边都称为连支。

当电路有 b 条支路、 n 个节点时，独立的 KCL 方程数 = 独立节点数 = 基本

割集数 = 树支数 = $n - 1$ 。

当电路有 b 条支路、 n 个节点时，独立的 KVL 方程数 = 独立回路数 = 基本回路数 = 网孔数 = 连支数 = $b - n + 1$ 。

5. 电路的独立变量

完备的独立的电流变量，如果满足以下条件：

(1) 利用 KCL 和欧姆定律，可以由这组电流变量求出电路中各支路的电流和电压，即完备性。

(2) 这组电流变量是彼此独立无关的，其中的任一个电流不能用其他电流表示，即独立性。

网孔电流、连支电流是完备独立的电流变量。

完备独立的电流变量数 = 网孔电流数 = 连支电流数 = 连支数 = $(b - n + 1)$ 。

完备独立电压变量应具有的性质是：

(1) 利用 KVL 和欧姆定律，可以由这组电压变量求出电路中各支路的电流和电压，即完备性。

(2) 这组电压变量是彼此独立无关的，其中的任一个电压不能用其他电压表示，即独立性。

节点电压、树支电压是完备独立的电压变量。

完备独立的电压变量数 = 独立节点电压数 = 树支电压数 = 树支数 = $n - 1$ 。

三、习题解答

1.1 某汽车蓄电池额定值是 700Ah, 3.5A, 表示蓄电池大约在 $700/3.5 = 200$ (h) 内提供大小为 3.5A 的电流, 问若蓄电池提供 2A 电流, 可以维持多久?

解 已知 700Ah, 3.5A, $\frac{700}{3.5} = 200$ (h), 所以蓄电池提供 2A 电流 $\frac{700}{2} = 350$ (h), 可维持 350h。

1.2 设由 b 点到 a 点移动 16C 负电荷需要 0.8J 的功, 求 a 点到 b 点的电压降 U_{ab} ?

解
$$U_{ab} = \frac{dW}{dq} = \frac{0.8}{16} = 0.05(\text{V})$$

1.3 60W 的电灯泡 1h 内消耗多少电能? 约合几度电?

解
$$W = 60 \times 3600 = 216000(\text{J})$$

$$0.06 \times 1 \text{度} = 0.06 \text{度} \quad (1 \text{度电} = 1000\text{W} \cdot \text{h})$$

1.4 求图 1-2 中各段电路中的未知量, 并说明各支路上的电流, 电压的真实方向或极性, 电路吸收还是提供功率?

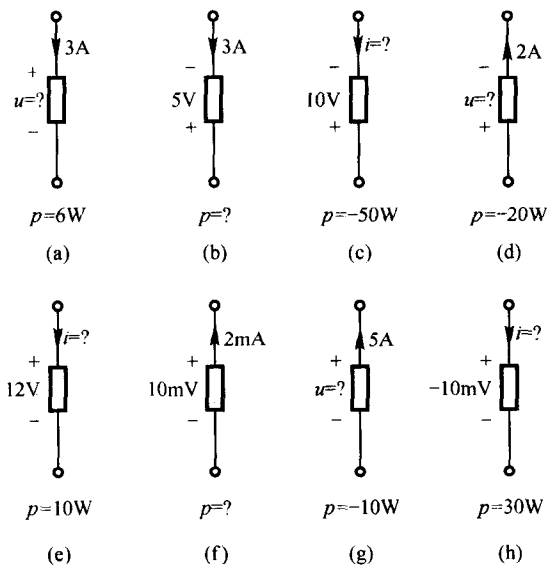


图 1-2 习题 1.4 图

解 图 1-2 (a) 因为 $i=3\text{A}$, u 与 i 是关联参考方向, 所以

$$u = \frac{p}{i} = \frac{6}{3} = 2(\text{V})$$

u 的真实极性与参考极性相同, 电路吸收 6W 的功率。

图 1-2 (b) 因为 $i=3\text{A}$, u 与 i 是非关联参考方向, 所以电路吸收功率 $p = -ui = -15\text{W}$, 即电路提供 15W 的功率。

图 1-2 (c) 因为 u 与 i 是非关联参考方向, 所以

$$p = -ui, \quad i = -\frac{p}{u} = +\frac{50}{10} = +5(\text{A})$$

i 的真实方向与参考方向相反。电路提供 50W 的功率。

图 1-2 (d) 因为 u 与 i 是关联参考方向, 所以

$$u = +\frac{p}{i} = \frac{-20}{2} = -10(\text{V})$$

u 的真实极性与参考极性相反。电路提供 20W 的功率。

图 1-2 (e) 因为 u 与 i 是关联参考方向, 所以

$$i = \frac{p}{u} = \frac{10}{12} = 0.83(\text{A})$$

i 的真实方向与参考方向相同。电路吸收 10W 的功率。

图 1-2 (f) 因为 u 与 i 是非关联参考方向, 所以

$$p = -ui = -10 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3} = -2 \times 10^{-5} (\text{W})$$

电路提供 $2 \times 10^{-5} \text{W}$ 的功率。

图 1-2 (g) 因为 u 与 i 是非关联参考方向, 所以

$$u = -\frac{p}{i} = -\frac{-10}{5} = 2 (\text{V})$$

u 的参考极性是真实极性。电路提供 10W 的功率。

图 1-2 (h) 因为 u 与 i 是关联参考方向, 所以

$$i = \frac{p}{u} = \frac{+30}{-10 \times 10^{-3}} = -3 \times 10^3 (\text{A})$$

i 的真实方向与参考方向相同, 电路提供 30W 的功率。

1.5 说明图 1-3 (a)、(b) 中:

(1) u 、 i 参考方向是否关联?

(2) $u \cdot i$ 表示什么功率?

(3) 在图 (a) 中 $u > 0$, $i < 0$; 图 (b) 中 $u > 0$, $i > 0$, 则元件实际是供出功率还是吸收功率?



图 1-3 习题 1.5 图

解 (1) 图 1-3 (a) u 与 i 是关联参考方向。

图 1-3 (b) u 与 i 是非关联参考方向。

(2) 图 1-3 (a) $u \cdot i$ 表示吸收功率。

图 1-3 (b) $u \cdot i$ 表示供给功率。

(3) 图 1-3 (a) $p = ui < 0$, 供给功率。

图 1-3 (b) $p = -ui < 0$, 供给功率。

1.6 如图 1-4 所示, 电压 u 和电流 i 的参考方向给定, 网络中无初始储能。在 $0 \leq t \leq 3 \text{ms}$ 内, 电压 $u(t) = (10 - 200t) \text{V}$, 电流 $i(t) = 10t^2 \text{mA}$, 求:

(1) 电源传送给电路的瞬时功率 $p(t)$;

(2) 供给电路的瞬时电能 $W(t)$;

(3) $t = 3 \text{ms}$ 时电路的总能量。

解 (1) 因为 u 与 i 是关联参考方向, 所以

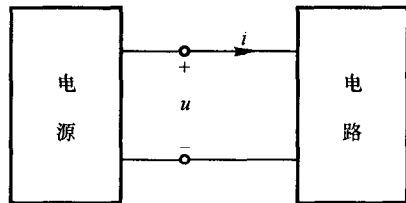


图 1-4 习题 1.6 图

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = (10 - 200t) \times 10t^2 \times 10^{-3} = 0.1t^2 - 2t^3 (\text{W})$$

$$(2) \quad W(t) = \int_0^t u(t)i(t)dt = \int_0^t (0.1t^2 - 2t^3)dt = \frac{t^3}{30} - \frac{t^4}{2} \text{ (J)}$$

(3) $t=3\text{ms}$ 时

$$\begin{aligned} W &= \frac{t^3}{30} - \frac{t^4}{2} = \frac{(3 \times 10^{-3})^3}{30} - \frac{(3 \times 10^{-3})^4}{2} \\ &= 900 \times 10^{-12} - 40.5 \times 10^{-12} = 8.6 \times 10^{-10} \text{ (J)} \end{aligned}$$

1.7 求图 1-5 中各元件的电流和电压值，并校验功率平衡关系（即电路中各元件吸收功率的代数和恒为零）。

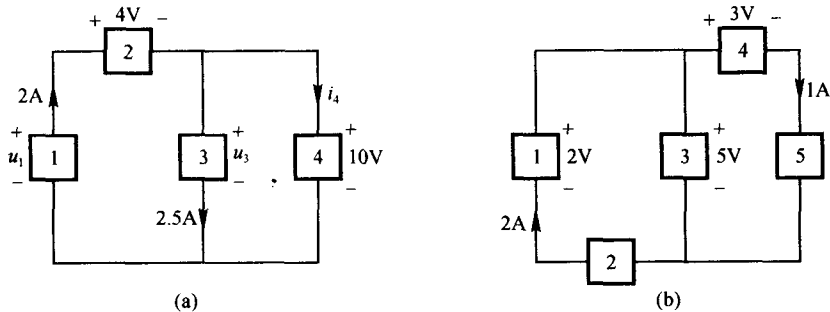


图 1-5 习题 1.7 图

解 各元件电压、电流参考方向如图 1-5 (a) 所示。则有

$$u_1 = 4 + 10 = 14 \text{ (V)}$$

$$u_3 = 10 \text{ V}$$

$$i_2 = 2 \text{ A}$$

$$i_4 = 2 - 2.5 = -0.5 \text{ (A)}$$

$$p_1 = -u_1 \cdot 2 = -14 \times 2 = -28 \text{ (W)}$$

$$p_2 = 2 \times 4 = 8 \text{ (W)}$$

$$p_3 = 2.5 \times 10 = 25 \text{ (W)}$$

$$p_4 = 10 \times (-0.5) = -5 \text{ (W)}$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = -28 + 8 + 25 - 5 = 0$$

满足功率平衡关系，在图 1-5 (b) 中示出了电压和电流参考方向。

$$u_2 = 5 - 2 = 3 \text{ (V)}$$

$$u_5 = 5 - 3 = 2 \text{ (V)}$$

$$i_3 = 2 - 1 = 1 \text{ (A)}$$

$$p_1 = 2 \times (-2) = -4 \text{ (W)}$$

$$p_2 = -2u_2 = -2 \times 3 = -6 \text{ (W)}$$

$$p_3 = 5i_3 = 5 \times 1 = 5(\text{W})$$

$$p_4 = 3 \times 1 = 3(\text{W})$$

$$p_5 = 1 \cdot u_5 = 1 \times 2 = 2(\text{W})$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = -4 - 6 + 5 + 3 + 2 = 0$$

故满足功率平衡关系。

1.8 求图 1-6 中各元件上的未知电流 i_1 、 i_3 、 i_5 、 i_6 、 i_7 的值。若只知元件 1、3 的电流值，最多可求出几个元件的电流？

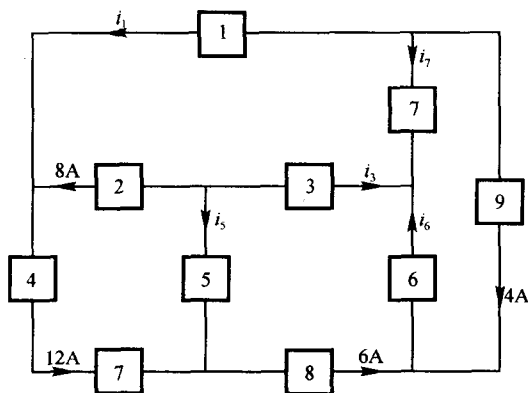


图 1-6 习题 1.8 图

解 已知 $i_2 = 8\text{A}$ ， $i_4 = 12\text{A}$ ， $i_8 = 6\text{A}$ ， $i_9 = 4\text{A}$ ，根据 KCL，有

$$i_1 = i_4 - i_2 = 12 - 8 = 4(\text{A})$$

$$i_5 = i_8 - i_4 = 6 - 12 = -6(\text{A})$$

$$i_7 = -i_1 - i_9 = -4 - 4 = -8(\text{A})$$

$$i_3 = -i_2 - i_5 = -8 + 6 = -2(\text{A})$$

$$i_6 = -i_3 - i_7 = 2 + 8 = 10(\text{A})$$

若已知元件 1，元件 3 的电流值，由于元件 (6, 7, 9)，元件 (2, 4, 5, 7) 各组成一个封闭面，根据广义 KCL，只能求出元件 8 的电流值。

1.9 求图 1-7 中 u_{ab} 、 u_{ac} 、 u_{be} 和 u_{ef} 的电压值。

解 根据 KVL，有

$$u_{cd} = 20 + 8 = 28(\text{V})$$

$$u_{ac} = -5 - 1 = -6(\text{V})$$

$$u_{ab} = u_{ac} + u_{cd} + u_{db} = -6 + 28 - 1 + 10 = 31(\text{V})$$

$$u_{be} = -10 + 1 + u_{de} = -9 + (u_{dc} - u_{ec}) = -9 + (-28 + 2 - 8) = -43(\text{V})$$

$$u_{ef} = -2 + 8 + 20 = 26(\text{V})$$

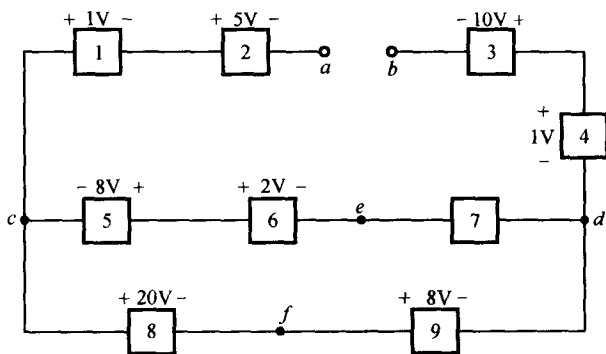


图 1-7 习题 1.9 图

1.10 对于图 1-8 (a) 中电压 u_3 的参考极性已选定, 若描述该电路的两个 KVL 方程为

$$\begin{cases} u_1 - u_2 - u_3 = 0 \\ -u_2 - u_3 + u_5 - u_6 = 0 \end{cases}$$

- (1) 确定电压 u_1 、 u_2 、 u_5 和 u_6 的参考极性。
- (2) 能否由上述方程确定 u_4 的极性。
- (3) 若 $u_2 = 10\text{V}$, $u_3 = 5\text{V}$, $u_6 = -4\text{V}$, 求其余各电压值。

解 (1) 由 $\begin{cases} u_1 - u_2 - u_3 = 0 \\ -u_2 - u_3 + u_5 - u_6 = 0 \end{cases}$ 得 u_1 、 u_2 、 u_5 、 u_6 的参考极性如图 1-8 (b) 所示。

所示。

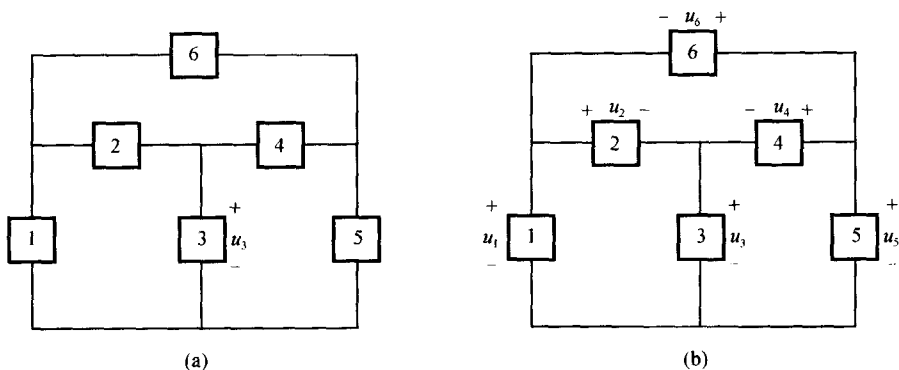


图 1-8 习题 1.10 图

(2) 参考元件 2、4、6 所构成的闭合回路和元件 3、4、5 构成的回路, 选择 u_4 参考极性方向如图 1-8 (b) 所示。

(3) 由 $u_2 = 10\text{V}$, $u_3 = 5\text{V}$, $u_6 = -4\text{V}$, 得

$$u_1 = u_2 + u_3 = 10 + 5 = 15(\text{V})$$

$$u_5 = u_6 + u_1 = -4 + 15 = 11(\text{V})$$

$$u_4 = u_5 - u_3 = 11 - 5 = 6(\text{V})$$

1.11 画出图 1-9 所示电路所对应的图，并说明节点数和支路数。

解 图 1-9 (a) 3 个节点，5 条支路。图 1-9 (b) 4 个节点，9 条支路。所对应的图分别如图 1-9 (c)，图 1-9 (d) 所示。

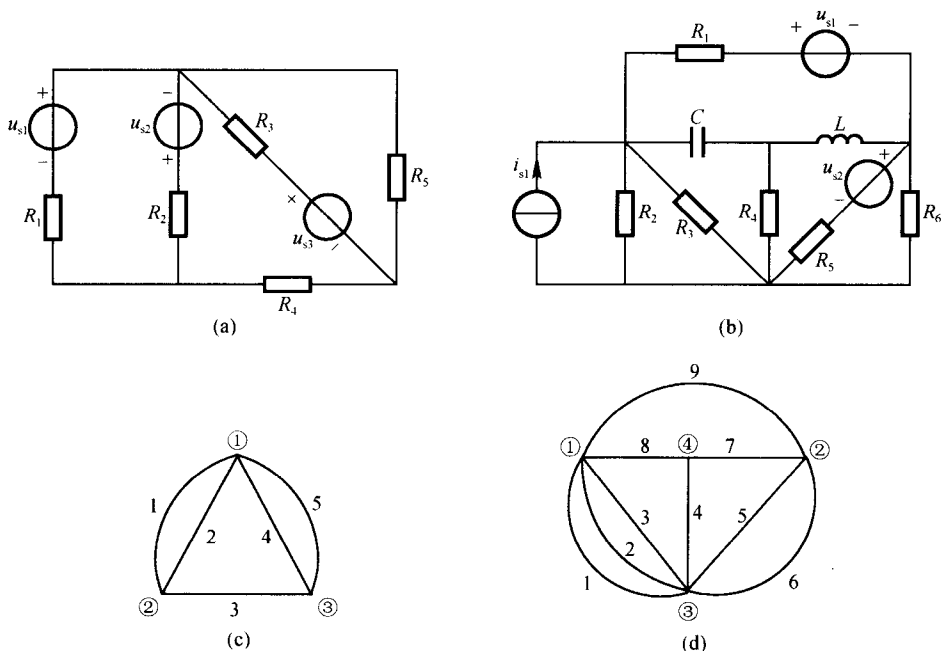


图 1-9 习题 1.11 图

1.12 对于上题所求得的图，各选取 3 种不同的树，并找出相应的树支、连支、基本割集和基本回路。

解 (1) 对图 1-9 (c)。

2, 3 支路构成一种树 T_1 ，如图 1-10 (a) 所示。其树支为 2, 3 支路；连支为 1, 4, 5 支路；基本割集为 $C_1(1, 2, 4, 5)$, $C_2(3, 4, 5)$ ；基本回路为 $l_1(2, 3, 5)$, $l_2(2, 3, 4)$, $l_3(1, 2)$ 。

2, 4 支路构成一种树 T_2 ，如图 1-10 (b) 所示。其树支为 2, 4 支路；连支为 1, 3, 5 支路；基本割集为 $C_1(1, 2, 3)$, $C_2(3, 4, 5)$ ；基本回路为 $l_1(2, 3, 4)$, $l_2(4, 5)$, $l_3(1, 2)$ 。