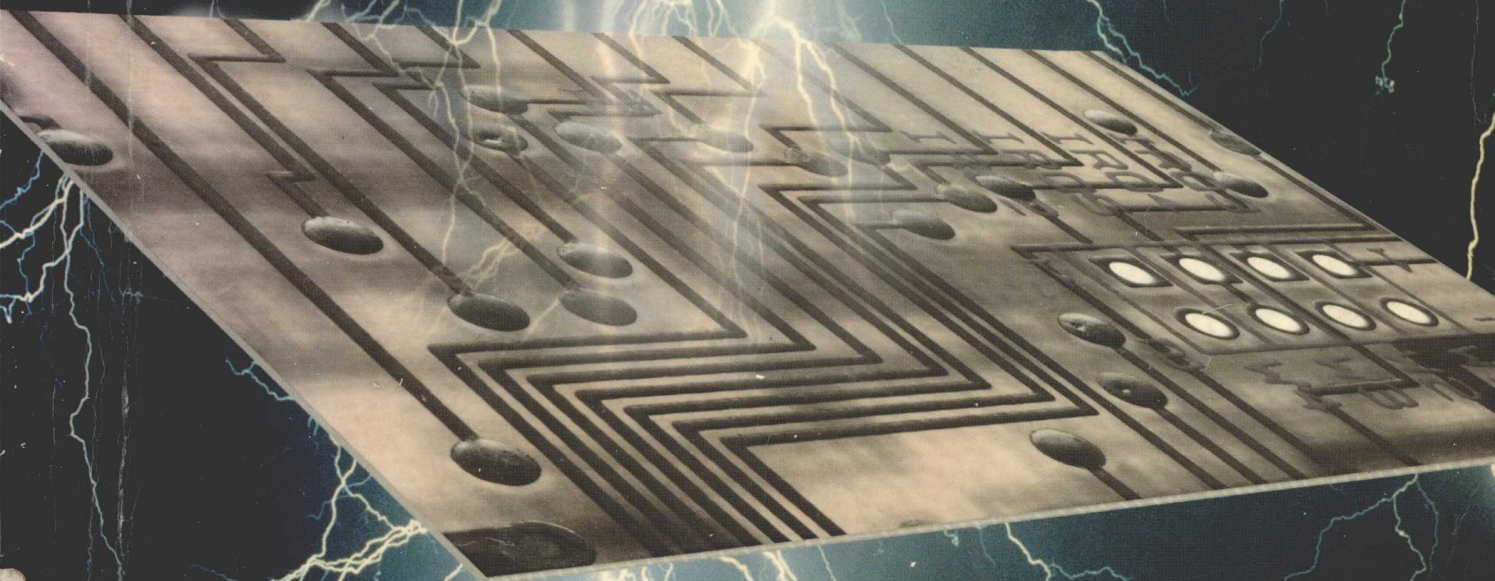


10001/1000
10001/1000

《电路》

学习指导与典型题解

公茂法 主 编
王淑慧 周凤余 吕常智 副主编
雷海亮 主 审



北京航空航天大学出版社

高等工业学校教学参考书

《电路》学习指导与典型题解

公茂法 主编

王淑慧 周凤余 吕常智 副主编

雷海亮 主审

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是参照高等工业学校《电路课程教学基本要求》编写而成的。针对学生学习《电路》的实际情况，书中内容分为两大部分：一部分是简明扼要的学习指导，对各章重点内容进行系统总结，其目的是帮助学生抓住学习要点，以利于学生更快地掌握所学内容；另一部分是电路典型题解，用于学生开拓思路，巩固所学内容。所选例题注重基本内容，覆盖面宽，题型多，难易适中，数量适当，针对性强。

本书特别适合大学本、专科学生学习《电路》课程时使用；近年来研究生考试开始注重基本内容的考查，因此，也可作为《电路》课程研究生入学考试的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

《电路》学习指导与典型题解/公茂法主编. -北京:
北京航空航天大学出版社, 1999. 8
ISBN 7-81012-914-7

I. 电… II. 公… III. 电路理论-高等学校-教学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第28005号

高等工业学校教学参考书 《电路》学习指导与典型题解

公茂法 主编
王淑慧 周凤余 吕常智 副主编
雷海亮 主审
责任编辑 陶金福

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路37号(100083) 发行部电话82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京市宏文印刷厂印装 各地书店经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 396.8千字

1999年8月第1版 1999年8月第1次印刷 印数: 5000册

ISBN 7-81012-914-7/TM·002 定价: 24.80元

前 言

本书是参照高等工业学校《电路课程教学基本要求》，针对学生学习《电路》的实际需要编写的一本教学参考书。

《电路》是自动化、电子信息工程、通信工程等电类专业的一门最重要的专业基础课，其教学质量直接关系到毕业生的质量。根据我们多年的教学经验，学生在《电路》课学习中碰到的问题具有普遍性，编写简明的学习指导书，对学生的学习非常有益，且能减少教师的辅导工作量。要学好《电路》，电路习题是非常关键的一个方面，可以说没有适量习题配合是很难深刻掌握《电路》这门课程的。目前虽然与《电路》相关的学习指导书和习题、例题集并不少，但学习指导书类大多是针对电大学生编写的，例题又大多是研究生入学考试试题。这些书目对在校学生学习虽有一定帮助，但存在针对性不强、内容不够全面、例题难度高、基本题少等问题。有的虽然题目多，但有些题目内容或题型重复，而有些内容题目偏少。为此我们针对在校大学生学习《电路》的实际需要，编写了这本教学参考书——《〈电路〉学习指导与典型题解》。

章节划分及内容顺序参照了邱关源主编的《电路》（第四版）教材，同时兼顾了国内其他统编教材及一些重点院校的优秀教材。

本书每章内容包括学习指导和例题两大部分。学习指导的编写尽可能简明扼要，便于学生学习时用较短的时间把握其主要内容。作为辅助教材，注重讲解的视角方式有别于教材，有些章节内容也不追求完整。学习指导部分的一个明显特点是采用了较多的表格对主要内容进行了总结类比，希望能对学生的学习起到较大的帮助作用。

例题部分的选择按照以下几条原则：①注重电路基本要求、基本内容；②按章节顺序编写，便于学生随课程同步学习参考；③大多数题目难度适中、再配以少量复杂或难度较大的题目；④注意题量，既不能太多，也不能过少，重点内容适当多些，一般内容也要兼顾到。

本书在量和单位的使用和表示上贯彻国家标准：GB3100~3102-93。

本书由山东矿业学院、山东工业大学多年从事《电路》课程教学的教师编写，其中，电路学习指导部分由公茂法编写，例题部分由公茂法、周凤余、王淑慧、吕常智、郭银景、李德广、龚卫民、王凤英共同编写。全书由公茂法主编统稿。文稿录入与绘图由王淑慧、吕常智完成。范迪参与了校对工作。

全书由山东工业大学雷海亮教授主审。

由于编者水平有限，书中不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1999年3月



目 录

前言

使用说明

第一章 电路模型和电路定律	
1.1 学习指导.....	1
1.2 例 题.....	4
第二章 电阻电路的等效变换	
2.1 学习指导.....	13
2.2 例 题.....	14
第三章 电阻电路的一般分析方法	
3.1 学习指导.....	24
3.2 例 题.....	30
第四章 电路定理	
4.1 学习指导.....	42
4.2 例 题.....	46
第五章 含运算放大器的电阻电路	
5.1 学习指导.....	60
5.2 例 题.....	62
第六章 一阶电路	
6.1 学习指导.....	66
6.2 例 题.....	72
第七章 二阶电路	
7.1 学习指导.....	87
7.2 例 题.....	90
第八章 相量法	
8.1 学习指导.....	100
8.2 例 题.....	103
第九章 一般正弦稳态电路的分析	
9.1 学习指导.....	106
9.2 例 题.....	112
第十章 具有耦合电感的正弦稳态电路	
10.1 学习指导.....	129

10.2 例 题.....	133
第十一章 三相电路	
11.1 学习指导.....	140
11.2 例 题.....	144
第十二章 非正弦周期信号及其稳态电路分析	
12.1 学习指导.....	152
12.2 例 题.....	155
第十三章 动态电路的运算法——拉普拉斯变换分析法	
13.1 学习指导.....	164
13.2 例 题.....	167
第十四章 网络函数	
14.1 学习指导.....	178
14.2 例 题.....	180
第十五章 电路方程的矩阵形式	
15.1 学习指导.....	187
15.2 例 题.....	192
第十六章 二端口网络	
16.1 学习指导.....	208
16.2 例 题.....	213
第十七章 非线性电路	
17.1 学习指导.....	226
17.2 例 题.....	229
参考文献	

第一章 电路模型和电路定律

1.1 学习指导

1.1.1 学习要点

- (1) 电压、电流的参考方向。
- (2) 功率的计算、功率的吸收和释放。
- (3) R、L、C 元件的定义与伏安关系(VAR)。
- (4) 电压源、电流源的定义及 VAR。
- (5) 受控源的概念、VAR 及类别。
- (6) 基尔霍夫定律(KL): KCL 和 KVL。

本章的重点是 KL 和元件(R、L、C、电压源、电流源、受控源)的 VAR, 两者可称为电路的两大约束关系, 前者为元件之间的约束, 后者为元件自身的约束。这两大关系将贯穿《电路》全书。本章还要注意参考方向的引入, 做到熟练正确地应用。列写电路方程时, 必须先确定参考方向, 否则就无法判定方程正确与否。

1.1.2 内容概述

1. 电压、电流的参考方向

1) 电流的实际方向与参考方向

(1) 电流的实际方向: 规定为正电荷流动的方向。这是由国家(或国际)标准规定的, 不能随便更改。

(2) 电流的参考方向: 根据电路分析的需要任意选定的方向。

(3) 电流的参考方向、实际方向、电流数值之间的关系: 当电流的参考方向与实际方向相同时, $i > 0$; 当电流的参考方向与实际方向相反时, $i < 0$ 。

在电路中, 一般先选定参考方向, 根据参考方向列写方程, 再解方程求得结果(>0 或 <0), 方可确定电流实际方向。

2) 电压的实际方向(极性)与参考方向(极性)

(1) 电压的实际方向(极性): 电路中两点之间由高电位指向低电位的方向; 或者说高电位端为正极, 低电位端为负极。

(2) 电压的参考方向: 根据电路分析的需要任意选定的方向。

(3) 电压的参考方向、实际方向、电压值之间的关系: 当电压的参考方向(极性)与实际方向(极性)相同时 $u > 0$, 反之 $u < 0$ 。

2. 功率

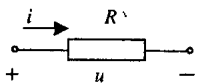
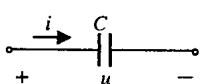
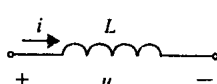
(1) 若元件(或支路)的 u 、 i 为关联方向时, 该元件(或支路)吸收的功率为 $p = ui$ 。当 $p > 0$ 时, 该元件(或支路)实际上为吸收功率; 当 $p < 0$ 时, 该元件(或支路)实际上为释放功率。

(2) 若元件(或支路)的 u 、 i 为非关联方向, 该元件(或支路)释放的功率为 $p = ui$ 。当 $p > 0$ 时, 该元件(或支路)实际上为释放功率; 当 $p < 0$ 时, 该元件(或支路)实际上为吸收功率。

3. R、L、C 元件

线性元件 R、L、C 的共同特点是: ①二端元件; ②无源元件。其定义式及特点如表 1-1 所示。

表 1-1 线性 R、L、C 的比较

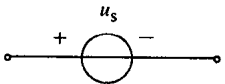
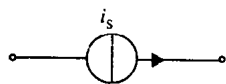
元件符号	R	C	L
电路符号			
定义式	$u = Ri$	$q = Cu$	$\psi = Li$
物理含义	能耗现象	电场现象	磁场现象
VAR	$u = Ri$	$i = C \frac{du}{dt}$	$u = L \frac{di}{dt}$
储能	0	$W(t) = \frac{1}{2}Cu^2$	$W(t) = \frac{1}{2}Li^2$

4. 电压源 u_s 、电流源 i_s

电压源、电流源是有源元件, 有时为了和受控源区别也称它们为独立电源。

电压源、电流源的定义和特性如表 1-2 所示。

表 1-2 电压源、电流源的定义和特性

	电压源	电流源
(1)定义	电压源是一个二端理想元件, 其端电压 $u(t) = u_s(t)$	电流源是一个二端理想元件, 其中的电流 $i(t) = i_s(t)$
(2)电路符号		
(3)特性	①电压源的端电压是一个特定时间函数, 与其中的电流无关 ②电压源中的电流取决于外电路, 外电路不同, 其中的电流也不同	①电流源中的电流是一个特定的时间函数, 与其两端的电压无关 ②电流源的端电压取决于外电路, 外电路不同, 其端电压也不同
(4)特例	当 $u_s(t) = U_s$ 即常数时, 称其为(恒定)直流电压源	当 $i_s(t) = I_s$ 即常数时, 称其为(恒定)直流电流源

5. 受控源

(1) 受控源是一种 4 端元件, 由两个支路构成, 一个为控制支路, 另一个为被控制支路。被控制支路的电流或电压由控制支路的电流或电压控制。

(2) 受控电源的分类比较如表 1-3 所示。

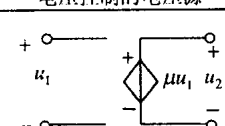
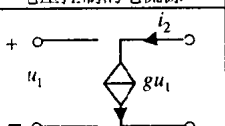
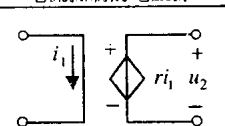
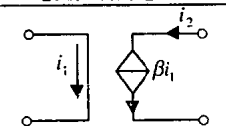
(3) 应注意的问题:

① CCVS、VCVS 被控量均为电压, 统称为受控电压源, 被控制支路的符号和电压特性与独立电压源相近。被控制支路的电压与该支路的电流无直接关系, 这一点与独立电压源相同, 但又有不同, 独立电压源不受其他支路电压或电流的控制, 而受控电压源受控制支路电压或电流的控制。

② VCCS、CCCS 被控制量均为电流, 统称为受控电流源。被控制支路的符号和电流特性与独立电流源相近。被控制支路的电流与该支路的电压无直接关系, 这一点与独立电流源相同, 但又有不同: 独立电流源不受其他支路电压或电流的控制, 而受控电流源则受其控制支路电压或电流的控制。

③ 受控源自身不能产生激励作用, 即当电路中无独立电压源或电流源时, 电路不能产生响应(u 、 i), 因此受控源是无源元件。

表 1-3 受控电源的分类比较

代号	VCVS	VCCS	CCVS	CCCS
名称	电压控制的电压源	电压控制的电流源	电流控制的电压源	电流控制的电流源
符号				
控制量	u_1	u_1	i_1	i_1
被控量	u_2	i_2	u_2	i_2
被控制支路的 VAR	$u_2 = \mu u_1$	$i_2 = g u_1$	$u_2 = r i_1$	$i_2 = \beta i_1$

6. 基尔霍夫定律 KL

基尔霍夫定律及注意事项见表 1-4。

表 1-4 基尔霍夫定律

名称	基尔霍夫电流定律	基尔霍夫电压定律
简称	KCL	KVL
定律内容文字表述	在集总电路中, 对于任何节点, 在任一时刻流出(或流入)该节点的电流代数和恒等于零	在集总电路中, 对于任何回路, 在任一时刻回路中各支路电压降(或升)的代数和恒等于零
定律公式表述	$\sum_{k=1}^n i_k(t) = 0$	$\sum_{k=1}^n u_k(t) = 0$
定律使用说明	可用于一个节点, 也可用于一个闭合面	用于任一个闭合路径, 其 u_k 可以认为是元件电压, 也可以是支路电压
物理实质	是电流连续性和电荷守恒的体现	是电位单值性的体现

KL 是电路最基本的关系之一。

(1) 无论是线性、非线性或时变、非时变电路, 只要是集总电路均可使用。

(2) 任意时刻均成立。

1.2 例题

1.2.1 R、L、C 元件，功率，参考方向

例题 1-1 求图 L1-1 所示各电路中的 u 、 R 、 i 。

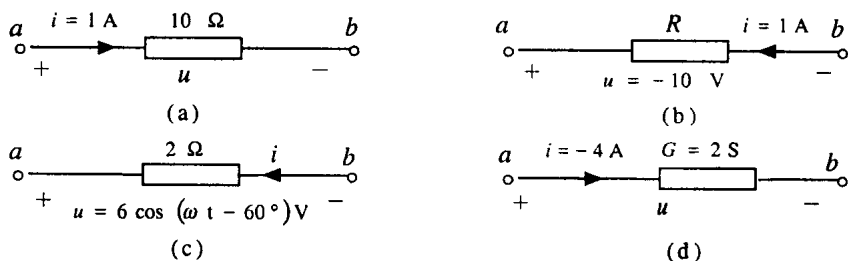


图 L1-1

解：根据各图中所设电压、电流的参考方向，由欧姆定律得

$$(a) \quad u = Ri = 10 \Omega \times 1 \text{ A} = 10 \text{ V}$$

$$(b) \quad R = -\frac{u}{i} = -\frac{-10 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 10 \Omega$$

$$(c) \quad i = -\frac{u}{R} = -\frac{6 \times \cos(\omega t - 60^\circ) \text{ V}}{2 \Omega} = -3 \cos(\omega t - 60^\circ) \text{ A}$$

$$(d) \quad u = \frac{i}{G} = \frac{-4 \text{ A}}{2 \text{ S}} = -2 \text{ V}$$

例题 1-2 (1) 在图 L1-2(a)及(b)中，若电流均为 2 A，且均由 a 流向 b ，求该两元件吸收或产生的功率；(2) 在图 L1-2(b)中，若元件产生的功率为 4 W，求电流。



图 L1-2

解：(1) 设电流 I 的参考方向由 a 指向 b ，则 $I = 2 \text{ A}$

对图 L1-2(a)所示元件来说，电压、电流为关联参考方向，故

$$P = U_1 I = 1 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 2 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

对图 L1-2(b)所示元件来说，电压、电流为非关联参考方向，故

$$P = -U_2 I = -(-1) \text{ V} \times 2 \text{ A} = 2 \text{ W} \quad (\text{吸收})$$

(2) 设电流 I 的参考方向由 a 指向 b ，由图 1-2(b)式可得

$$P = U_2 I = 4 \text{ W} \quad (\text{产生})$$

由此得

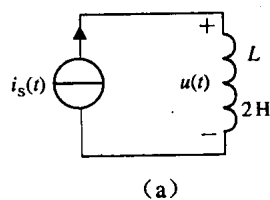
$$I = \frac{4 \text{ W}}{U_2} = \frac{4 \text{ W}}{-1 \text{ V}} = -4 \text{ A}$$

负号表明电流的实际方向由 b 指向 a 。

例题 1-3 图 L1-3(a)所示电路, 电感上的电流波形如图 L1-3(b)所示, 求电压 $u(t)$ 、电感吸收功率 $p(t)$ 、电感上储能 $W_L(t)$, 并绘出它们的波形。

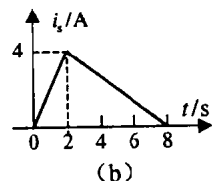
解: 根据图 L1-3(b)所示的 $i_s(t)$ 波形, 写出函数表达式:

$$\{i_s(t)\}_A = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \text{ s} \\ 2\{t\}_s & 0 < t \leq 2 \text{ s} \\ -\frac{2}{3}\{t\}_s + \frac{16}{3} & 2 \text{ s} < t \leq 8 \text{ s} \\ 0 & t > 8 \text{ s} \end{cases}$$



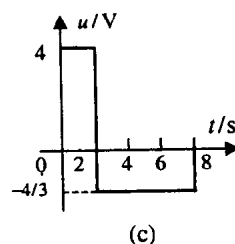
由电感的 VAR, 得

$$\{u(t)\}_V = \left\{ L \frac{di_s}{dt} \right\}_V = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \text{ s} \\ 4 & 0 < t \leq 2 \text{ s} \\ -\frac{4}{3} & 2 \text{ s} < t \leq 8 \text{ s} \\ 0 & t > 8 \text{ s} \end{cases}$$



电感上吸收功率为

$$\{p_L(t)\}_W = \{u i_s\}_W = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \text{ s} \\ 8\{t\}_s & 0 < t \leq 2 \text{ s} \\ \frac{8}{9}\{t\}_s - \frac{64}{9} & 2 \text{ s} < t \leq 8 \text{ s} \\ 0 & t > 8 \text{ s} \end{cases}$$



电感上储能为

$$\{W_L(t)\}_J = \left\{ \frac{1}{2} L \cdot i_s^2 \right\}_J = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \text{ s} \\ 4t^2 & 0 < t \leq 2 \text{ s} \\ \frac{4}{9}(\{t\}_s)^2 - \frac{64}{9}\{t\}_s + \frac{256}{9} & 2 \text{ s} < t \leq 8 \text{ s} \\ 0 & t > 8 \text{ s} \end{cases}$$

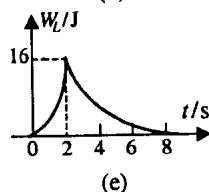
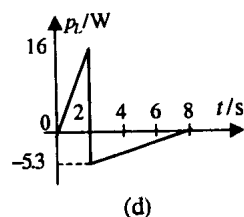


图 L1-3

电感上的电压、吸收的功率和储能的波形分别如图 L1-3(c)、(d)、(e)所示。

例题 1-4 已知图 L1-4 所示电路中 $i(t) = 2 \sin(2\pi t)$ A, $u(t) = 10 \sin(2\pi t - \pi/2)$ V, 求:

- (1) 方块图所表示的是什么元件? 其数值是多少?
- (2) 在一周期内元件吸收的电能是多少?

解: 根据已知 i 和 u 的表达式得

$$\frac{du}{dt} = 20\pi \cos(2\pi t - \pi/2) \text{ V/s} = 20\pi \sin(2\pi t) \text{ V/s}$$

$$\text{则 } i = \frac{1}{10\pi} \frac{du}{dt} \text{ A} = 2 \sin(2\pi t) \text{ A}$$

所以, 该元件是电容, 其参数:

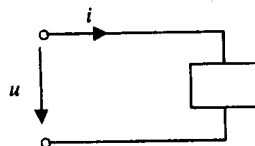


图 L1-4

$$C = \frac{1}{10\pi} \text{ F} = 31830 \text{ } \mu\text{F}$$

该元件吸收的功率: $p(t) = ui = 20 \sin(2\pi t - \pi/2) \times \sin 2\pi t \text{ W} = -10 \sin(4\pi t) \text{ W}$

在一周期内元件吸收的能量等于零。因为 $0 \leq t \leq T/4$ 元件放出电能; 在 $T/4 \leq t \leq T/2$ 该元件又吸收电能(它吸收的电能正好是上一个 $T/4$ 周期内放出的电能); 在 $T/2 \leq t \leq 3T/4$ 周期内该元件又放出电能; 在 $3T/4 \leq t \leq T$ 周期内该元件又吸收电能(这 $T/4$ 周期内元件吸收的电能, 正好等于上 $T/4$ 周期内元件放出的电能)。

例题 1-5 设有 $100 \text{ } \Omega$ 、 1 W 的碳膜电阻使用于直流电路中, 问作用于该元件的电流、电压值不得超过多大?

解: 由功率表达式 $P = UI = RI^2$ 可得

$$|I| = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{100}} \text{ A} = \frac{1}{10} \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

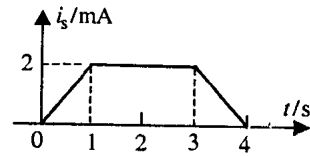
又 $|U| = R|I| = 100 \times 100 \times 10^{-3} \text{ V} = 10 \text{ V}$

所以该元件使用于直流电路中时, 电流绝对值不得超过 100 mA , 电压绝对值不得超过 10 V 。

例题 1-6 若电阻 R 和电容 C 中的电流波形如图 L1-6(a)所示, 设元件的 u 和 i 为关联方向, 已知 $u_C(0) = 0$, $R = 2 \text{ } \Omega$, $C = 1000 \text{ } \mu\text{F}$, 求 R 和 C 元件的电压, 并画出 u_C 的波形。

解: 将 i 表示成分段函数

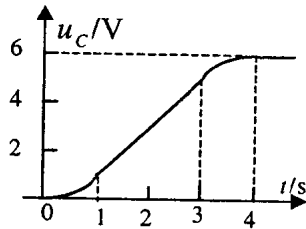
$$i_s(t)_{\text{mA}} = \begin{cases} 2\{t\}_s & 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ 2 & 1 \text{ s} < t \leq 3 \text{ s} \\ (8-2\{t\}_s) & 3 \text{ s} < t \leq 4 \text{ s} \\ 0 & t > 4 \text{ s} \end{cases}$$



(a)

(1) 对电阻 R : 因为 $u = Ri$

$$u(t)_{\text{mV}} = \{2Ri_s(t)\}_{\text{mV}} = \begin{cases} 4\{t\}_s & 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ 4 & 1 \text{ s} < t \leq 3 \text{ s} \\ 4(4-\{t\}_s) & 3 \text{ s} < t \leq 4 \text{ s} \\ 0 & t > 4 \text{ s} \end{cases}$$



(b)

图 L1-6

(2) 对电容 C 有:

$$u_C(t) = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_s(\xi) d\xi$$

① $0 \leq t \leq 1 \text{ s}$ 时,

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t 2\xi d\xi = \frac{1}{C} \xi^2 \Big|_0^t = t^2 \text{ (V)}$$

$$u_C(1) = 1 \text{ V}$$

② $1 \text{ s} < t \leq 3 \text{ s}$ 时,

$$u_C(t) = u_C(1) + \frac{1}{C} \int_1^t 2 d\xi = 1 + \frac{1}{C} \cdot 2\xi \Big|_1^t = 2t - 1 \text{ (V)}$$

$$u_C(3) = 5 \text{ V}$$

③ $3\text{ s} < t \leq 4\text{ s}$ 时,

$$u_c(t) = u_c(3) + \frac{1}{C} \int_3^t 2(4 - \xi) d\xi = 5 - (4 - \xi)^2 \Big|_3^t = 6 - (4 - t)^2 \text{ (V)}$$

$$u_c(4) = 6 \text{ V}$$

④ $t \geq 4\text{ s}$ 时,

$$u_c(t) = u_c(4) = 6 \text{ V}$$

1.2.2 电压源、电流源、受控源

例题 1-7 求图 L1-7 所示三种情况的电压 u 。

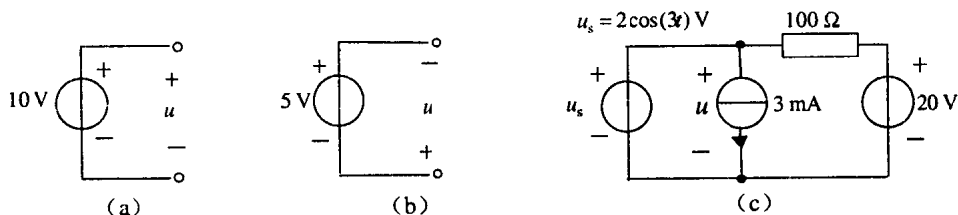


图 L1-7

解: 根据理想电压源特性可知

(a) $u = 10 \text{ V}$

(b) $u = -5 \text{ V}$

(c) $u = 2 \cos(3t) \text{ V}$

例题 1-8 试分别计算图 L1-8(a)、(b)、(c)所示的三个电路中每个电阻消耗的功率及每个电源所产生的功率。

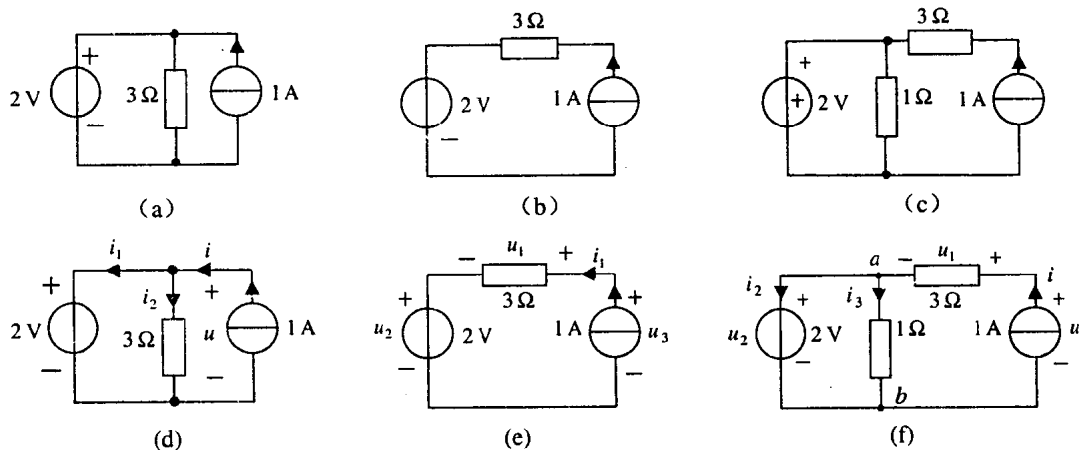


图 L1-8

解: (1) 在 L1-8 (a) 电路中, 设电压、电流参考方向如图 L1-8 (d) 所示。由图 L1-8 (d) 可知 $u = 2 \text{ V}$, $i = 1 \text{ A}$ 。由欧姆定律, 得电流 i_2 为

$$i_2 = \frac{u}{3\Omega} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

应用 KCL 得电流 i_1

$$i_1 = i - i_2 = (1 - 2/3) \text{ A} = 1/3 \text{ A}$$

故得 3Ω 电阻上消耗的功率为

$$P_R = i_2^2 \times 3 \Omega = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \text{ A}^2 \times 3 \Omega = \frac{4}{3} \text{ W}$$

对 2 V 电压源来说, 所设电压、电流参考方向关联, 所以 2 V 电压源产生功率为

$$P_U = (-2 \text{ V}) i_1 = -2 \text{ V} \times (1/3) \text{ A} = -0.6667 \text{ W}$$

对 1 A 电流源来说, 所设电压、电流参考方向非关联, 所以它产生功率为

$$P_I = ui = 2 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 2 \text{ W}$$

(2) 对图 L1-8(b) 电路, 设电压、电流参考方向如图 L1-8(e) 所示。由图 L1-8(e) 可直接看出:

$$u_2 = 2 \text{ V}, \quad i_1 = 1 \text{ A}$$

$$u_1 = 3 \Omega \times i_1 = (3 \times 1) \text{ V} = 3 \text{ V}$$

$$u_3 = u_1 + u_2 = 3 \text{ V} + 2 \text{ V} = 5 \text{ V}$$

所以 3 Ω 电阻消耗的功率为

$$P_R = u_1 i_1 = 1 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 3 \text{ W}$$

2 V 电压源产生功率为

$$P_U = -u_2 i_1 = -2 \text{ V} \times 1 \text{ A} = -2 \text{ W}$$

1 A 电流源产生功率为

$$P_I = u_3 i_1 = 5 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 5 \text{ W}$$

(3) 对图 L1-8(c) 电路, 设电压、电流参考方向如图 L1-8(f) 所示。由图 L1-8(f) 可直接看出:

$$u_2 = 2 \text{ V} \quad i = 1 \text{ A}$$

$$u_1 = 3 \Omega \times i = (3 \times 1) \text{ V} = 3 \text{ V}$$

$$i_3 = u_2 / (1 \Omega) = (2 / 1) \text{ A} = 2 \text{ A}$$

应用 KCL, 由节点 a 得电流

$$i_2 = i - i_3 = (1 - 2) \text{ A} = -1 \text{ A}$$

应用 KVL, 得电压

$$u = u_1 + u_2 = 3 \text{ V} + 2 \text{ V} = 5 \text{ V}$$

由各元件上的电压、电流数值, 可得各元件消耗或产生的功率分别为

$$1 \Omega \text{ 电阻吸收: } P_{R1} = u_2 i_3 = 2 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 4 \text{ W}$$

$$3 \Omega \text{ 电阻吸收: } P_{R3} = u_1 i = 3 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 3 \text{ W}$$

$$1 \text{ A 电源产生: } P_I = ui = 5 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 5 \text{ W}$$

$$2 \text{ V 电源产生: } P_U = -u_2 i_2 = -2 \text{ V} \times (-1 \text{ A}) = 2 \text{ W}$$

例题 1-9 求图 L1-9 电路中的 i_1 和 u_{ab} 。

解: (1) 图 L1-9(a) 中

$$0.9 i_1 = \frac{4 \text{ V}}{5 \Omega} = 0.8 \text{ A}$$

$$\text{所以得 } i_1 = \frac{0.8}{0.9} \text{ A} = 0.89 \text{ A}$$

$$\text{又 } u_{ab} = -4 \Omega \cdot i_2 = -4 \Omega (i_1 - 0.9 i_1) = -4 \times 0.1 \times 0.89 \text{ V} = -0.356 \text{ V}$$

(2) 图 L1-9(b) 中

$$i_1 = 1 \text{ A} \quad u_{ab} = -3 \text{ V}$$

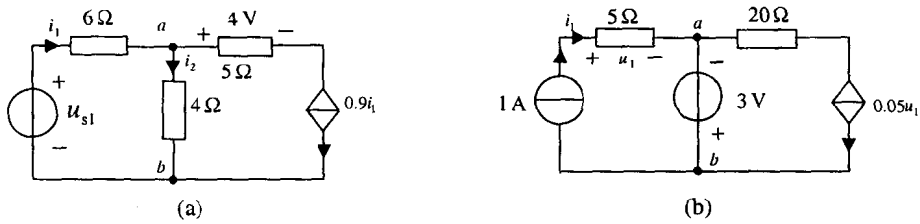


图 L1-9

例题 1-10 电路如图 L1-10 所示, 求当 R 分别为: (1) $R=10\ \Omega$, (2) $R=20\ \Omega$ 时, R 和电流源两端的电压及电流源的功率。

解: (1) 当 $R=10\ \Omega$ 时, 按图示参考方向:

$$u_R = 5\ \text{A} \times 10\ \Omega = 50\ \text{V}$$

$$u_{is} = 5 \times (10+10)\ \text{V} = 100\ \text{V}$$

电流源发出的功率为

$$P = 5\ \text{A} \times 100\ \text{V} = 500\ \text{W}$$

(2) 当 $R=20\ \Omega$ 时, 按图示参考方向:

$$u_R = 5\ \text{A} \times 20\ \Omega = 100\ \text{V}$$

$$u_{is} = 5\ \text{A} \times 30\ \Omega = 150\ \text{V}$$

电流源发出的功率为

$$P = 5\ \text{A} \times 150\ \text{V} = 750\ \text{W}$$

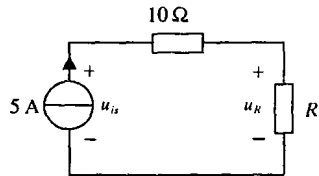


图 L1-10

例题 1-11 电路如图 L1-11 所示, 求 i_2 。

解: $i_1 = \frac{4\ \text{V}}{2\ \text{k}\Omega} = 2\ \text{mA}$

$$i_2 = \frac{10i_1}{5\ \text{k}\Omega} = \frac{10 \times 2\ \text{mA}}{5\ \text{k}\Omega} = 4\ \mu\text{A}$$

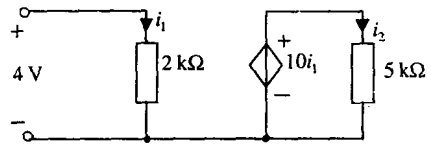


图 L1-11

1.2.3 基尔霍夫定律

例题 1-12 已知图 L1-12(a)中, $I_2=3\ \text{A}$, $I_3=10\ \text{A}$, $I_4=-5\ \text{A}$, $I_6=10\ \text{A}$, $I_7=-2\ \text{A}$ 。图 L1-12(b)中, $I_1=20\ \text{A}$, $I_2=-4\ \text{A}$, $I_3=9\ \text{A}$, $I_5=-30\ \text{A}$, 试求电路中的未知电流。

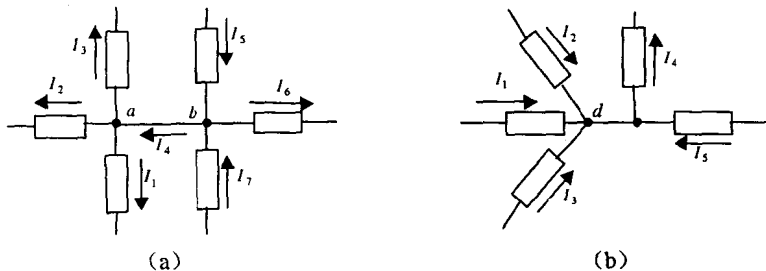


图 L1-12

解: 根据基尔霍夫电流定律 $\sum I = 0$, 在图 L1-12(a)中, 对节点 a 有

$$I_4 - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

所以 $I_1 = I_4 - I_2 - I_3 = [(-5) - 3 - 10] \text{ A} = -18 \text{ A}$

对节点 b 有

$$I_5 - I_6 - I_4 + I_7 = 0$$

所以 $I_5 = I_6 + I_4 - I_7 = [10 + (-5) - (-2)] \text{ A} = 7 \text{ A}$

在图 L1-12(b) 中对节点 d 有

$$I_5 + I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

所以 $I_4 = I_1 + I_2 + I_3 + I_5 = [20 + (-4) + 9 + (-30)] \text{ A} = -5 \text{ A}$

注意这里的双重符号问题。在列写 KCL 方程时各项前的符号取决于电流的参考方向，当取流入节点的电流为正时，则流出节点的电流为负，或反之。在代入数值时，每项电流本身还有一套符号，它取决于电流的实际方向与参考方向是否一致。一致取正，反之取负。

例题 1-13 图 L1-13 表示一复杂直流电路中的一个回路，已知各元件的电压： $U_1 = U_6 = 2 \text{ V}$ ， $U_2 = U_3 = 3 \text{ V}$ ， $U_4 = -7 \text{ V}$ ，试求 U_5 。

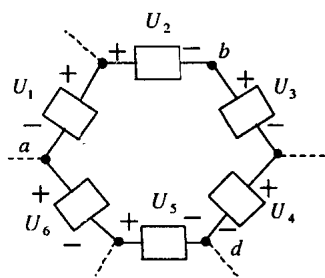


图 L1-13

解：从点 a 出发，顺时针方向绕行一周，可得

$$-U_1 + U_2 + U_3 + U_4 - U_5 - U_6 = 0 \quad \text{①}$$

式中：凡参考极性所表示的电压参考方向与绕行方向一致者取正号，如 U_2 、 U_3 、 U_4 ；否则取负号，如 U_1 、 U_5 、 U_6 。

将已知数据代入式①得

$$-(2 \text{ V}) + (3 \text{ V}) + (3 \text{ V}) + (-7 \text{ V}) - U_5 - (2 \text{ V}) = 0 \quad \text{②}$$

$$U_5 = -5 \text{ V}$$

U_5 为负值，这说明 U_5 的实际极性与图中所假设的极性相反。

从本题可以看到，在运用 KVL 时也需和两套符号打交道。方程中各项前的符号，其正负取决于各元件电压降的参考方向与所选的绕行方向是否一致。一致取正，反之取负。在代入数值时，每项电压本身还有符号，取决于电压的实际方向与参考方向是否一致，如式②各括弧内所示。

例题 1-14 分别求图 L1-14(a)、(b) 所示电路中电压 u 和电流 i 的值。

解：设图 L1-14(a)、(b) 中绕行方向均为顺时针方向，如图 L1-14 所示。

(1) 对于图 L1-14(a) 根据 KVL 列方程：

$$10 \Omega \cdot i + 40 \text{ V} - 50 \text{ V} = 0$$

解得

$$i = \frac{(50 - 40) \text{ V}}{10 \Omega} = 1 \text{ A}$$

对于图 L1-14 (b)，根据 KVL 列方程

$$10 \Omega \cdot i + 40 \Omega \cdot i - 50 \text{ V} = 0$$

解之得

$$i = \frac{50 \text{ V}}{50 \Omega} = 1 \text{ A}$$

所以

$$u = 40 \Omega \times 1 \text{ A} = 40 \text{ V}$$

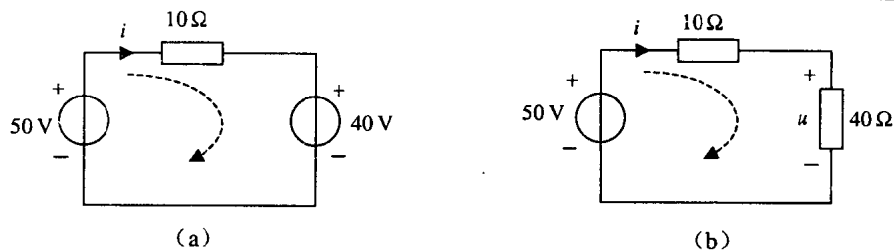


图 L1-14

例题 1-15 列出图 L1-15 所示电路中所有节点的基尔霍夫电流定律方程，并说明这些方程中有多少是独立的。

解：先标出各支路电流方向如图所示。对于各节点其 KCL 方程为

$$N_1 \quad -i_{R1} + i_{R2} + i_{R3} = 0$$

$$N_2 \quad -i_{R2} + i_{R4} + i_{R5} = 0$$

$$N_3 \quad -i_{R3} - i_{R4} + i_{R6} = 0$$

$$N_4 \quad i_{R1} - i_{R5} - i_{R6} = 0$$

这四个方程中只有三个是独立的。

例题 1-16 求图 L1-16 中各含源支路的未知量。

解：对于图 L1-16 (a)，由 KVL 得
 $8 \text{ V} = 16 \text{ V} + R \times (-2 \text{ A})$

解得： $R = 4 \Omega$

对于图 L1-16 (b) $u = (20 + 10 \times 3) \text{ V} = 50 \text{ V}$

对于图 L1-16 (c) $-10 \text{ V} = -6 \text{ V} + 10 \Omega \cdot i$

解得 $i = -0.4 \text{ A}$

对于图 L1-16 (d) $u_{is} = (45 - 15 \times 3) \text{ V} = 0$

$P = 45 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 135 \text{ W} > 0$ 吸收功率

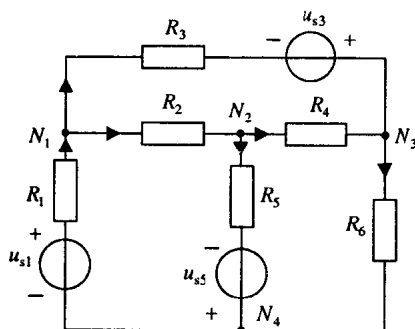


图 L1-15

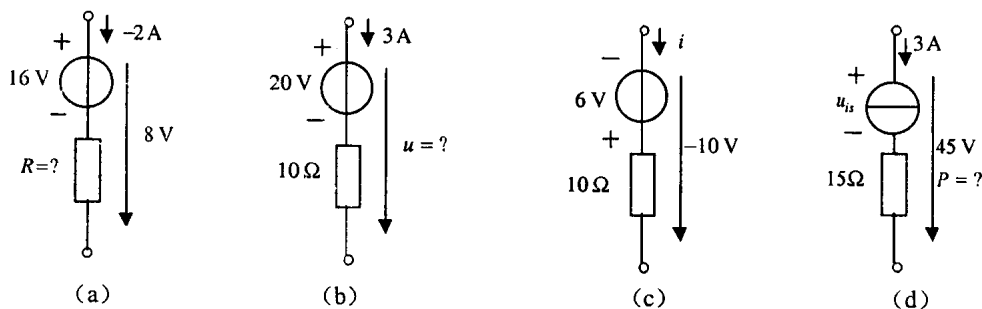


图 L1-16

例题 1-17 图 L1-17 为某电路中的一部分，试确定其中的 i_x 和 u_{ab} 。

解：(1) 求 i_x ，根据 KCL 得

对节点 1 $i_1 = -(1+2) \text{ A} = -3 \text{ A}$

对节点 2 $i_2 = i_1 + 4 \text{ A} = 1 \text{ A}$

对节点 3 $i_x = 5 \text{ A} - i_2 = 4 \text{ A}$