

普通高等教育“十五”国家级规划教材  
(高职高专教育)

# 电路基础简明教程学习指导

胡翔骏 黄金玉 编

高等教育出版社

## 内容提要

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材《电路基础简明教程》的配套学习指导书,书的内容由主教材的全部习题解答和复习资料组成,本书是高职高专电子信息、通信技术专业的学生学习电路基础课程的辅助教材,也可供其他层次的学生自学参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电路基础简明教程学习指导 胡翔骏,黄金玉编.  
北京:高等教育出版社,2004.11  
ISBN 7-04-015749-7

.电... .胡... 黄... .电路理论-高等  
学校-自学参考资料 .TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 106921 号

策划编辑 尹 洪 责任编辑 王莉莉 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静  
版式设计 王艳红 责任校对 王 雨 责任印制

---

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
排 版 高等教育出版社照排中心  
印 刷

开 本 787×1092 1/16  
印 张 13  
字 数 310 000

版 次 年 月第 1 版  
印 次 年 月第 次印刷  
定 价 15.40 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号:15749-00

# 出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

# 前 言

《电路基础简明教程》是“十五”国家级规划教材,它是一套立体化的教材,由纸质主教材《电路基础简明教程》和纸质辅助教材《电路基础简明教程学习指导》以及电子教材《电路基础简明教程计算机辅助教学系统》光盘组成。适合于电子、通信与信息类专业的高职高专学生使用,也可供应用型本科学生参考使用。

纸质辅助教材《电路基础简明教程学习指导》的内容由主教材全部习题的详细解答和有关复习资料两部分组成。习题解答的安排与主教材一致,其次序为电路的基本概念和定律,简单电阻电路分析,网孔分析法和结点分析法,网络定理,多端元件和双口网络,动态电路的时域分析,正弦稳态分析,正弦稳态的功率和三相电路,网络函数和频率特性,含耦合电感的电路分析。按照教学进度给出一种“笔算”求解方法,供学生参考,它不一定是最好的解算方法,学习了新的电路分析方法后,可以找到更多和更好的方法,建议学生根据自己的情况合理使用本书的习题解答。一般来说,在做完习题或解算习题遇到困难时,再参考这些习题解答,收获会更大。在读者掌握“笔算”方法之后,建议用本立体化教材提供的计算机分析电路程序来解算这些习题,了解电路的“机算”分析方法,有助于更深入地掌握电路理论和提高解决电路问题的能力。建议读者在完成一个阶段的学习或学完主教材全部内容后,再参考本书的复习资料,它有助于了解主教材的编写思路和更好地掌握电路的基本概念和分析方法。

蔡元宇教授详细地审阅了《电路基础简明教程学习指导》书,提出了宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

编写电路课程的立体化教材是一个新的事物,不妥和错误之处在所难免,欢迎读者提出宝贵意见。

胡翔骏

2004年6月于电子科技大学

# 目 录

## 第一部分 《电路基础简明教程》习题解答

第一章 电路的基本概念和定律 .....	3	* § 5 - 7 含双口网络的电路分析 .....	79
§ 1 - 1 电路和电路模型 .....	3	第六章 动态电路的时域分析 .....	82
§ 1 - 2 电路的基本物理量 .....	3	§ 6 - 1 电容元件和电感元件 .....	82
§ 1 - 3 基尔霍夫定律 .....	4	§ 6 - 2 一阶电路的零输入响应 .....	86
§ 1 - 4 电阻元件 .....	7	§ 6 - 3 一阶电路的零状态响应 .....	89
§ 1 - 5 独立电压源和独立电流源 .....	9	§ 6 - 4 一阶电路的完全响应 .....	92
§ 1 - 6 两类约束和电路方程 .....	11	§ 6 - 5 三要素法 .....	95
§ 1 - 7 支路电流法 .....	13	* § 6 - 6 阶跃函数和阶跃响应 .....	100
第二章 简单电阻电路分析 .....	16	§ 6 - 7 $RLC$ 串联电路的零输入响应 .....	101
§ 2 - 1 分压电路和分流电路 .....	16	第七章 正弦稳态分析 .....	105
§ 2 - 2 电阻单口网络 .....	19	§ 7 - 1 正弦电压和电流 .....	105
§ 2 - 3 电阻的星形联结与三角形联结 .....	24	§ 7 - 2 基尔霍夫定律的相量形式 .....	107
§ 2 - 4 简单非线性电路分析 .....	26	§ 7 - 3 $RLC$ 元件电压 - 电流关系的 相量形式 .....	108
第三章 网孔分析法和结点分析法 .....	29	§ 7 - 4 正弦稳态的相量分析 .....	111
§ 3 - 1 网孔分析法 .....	29	§ 7 - 5 一般正弦稳态电路分析 .....	117
§ 3 - 2 结点分析法 .....	33	§ 7 - 6 单口网络和双口网络的相量 模型 .....	122
§ 3 - 3 含受控源的电路分析 .....	37	§ 7 - 7 正弦稳态响应的叠加 .....	129
第四章 网络定理 .....	45	第八章 正弦稳态的功率和三相电路 .....	132
§ 4 - 1 叠加定理 .....	45	§ 8 - 1 正弦稳态的功率 .....	132
§ 4 - 2 戴维宁定理 .....	49	§ 8 - 2 最大功率传输定理 .....	137
§ 4 - 3 诺顿定理和含源单口网络的等效 电路 .....	54	§ 8 - 3 平均功率的叠加 .....	140
§ 4 - 4 最大功率传输定理 .....	59	§ 8 - 4 三相电路 .....	143
§ 4 - 5 替代定理 .....	63	第九章 网络函数和频率特性 .....	146
第五章 多端元件和双口网络 .....	66	§ 9 - 1 网络函数 .....	146
§ 5 - 1 理想变压器 .....	66	§ 9 - 2 $RC$ 电路的频率特性 .....	147
* § 5 - 2 运算放大器的电路模型 .....	69	§ 9 - 3 谐振电路 .....	151
* § 5 - 3 含运放的电阻电路分析 .....	69	§ 9 - 4 谐振电路的频率特性 .....	151
§ 5 - 4 双口网络的电压 - 电流关系 .....	72	第十章 含耦合电感的电路分析 .....	157
§ 5 - 5 双口网络参数的计算 .....	72	§ 10 - 1 耦合电感的电压 - 电流关系 .....	157
§ 5 - 6 互易双口网络和互易定理 .....	78		

§ 10 - 2 耦合电感的串联和并联 .....	159	* § 10 - 5 耦合电感与理想变压器的	
§ 10 - 3 耦合电感的去耦等效电路 .....	160	关系 .....	164
§ 10 - 4 空心变压器电路的分析 .....	162		

## 第二部分 《电路基础简明教程》复习资料

第十一章 电路的基本概念和分析		其等效电路 .....	179
方法 .....	169	§ 11 - 7 用单口网络和双口网络等效电	
§ 11 - 1 实际电路与电路模型 .....	169	路来简化电路分析 .....	181
§ 11 - 2 分析电路的方法与步骤 .....	170	§ 11 - 8 一般电路的等效 .....	183
§ 11 - 3 各种电路方程 .....	172	§ 11 - 9 等效与替代 .....	184
§ 11 - 4 基尔霍夫定律 .....	173	§ 11 - 10 线性电路的叠加定理 .....	186
§ 11 - 5 电路元件的电压 - 电流关系 .....	174	§ 11 - 11 “笔算”分析电路举例 .....	186
§ 11 - 6 线性电阻单口网络的 VCR 及		§ 11 - 12 电功率 .....	189
附录 四川省 2004 年上半年高等教育自学考试电路基础考试题 .....			193
四川省 2004 年上半年高等教育自学考试电路基础试题参考答案 .....			200

# 第一部分

## 《电路基础简明教程》习题解答

# 第一章

## 电路的基本概念和定律

### § 1 - 1 电路和电路模型

1 - 1 晶体管调频收音机最高工作频率约 108 MHz。问该收音机的电路是集总参数电路还是分布参数电路？

解：频率为 108 MHz 周期信号的波长为

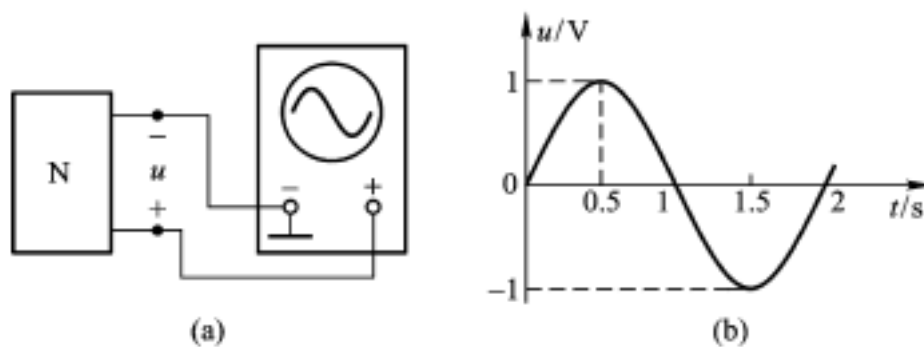
$$= \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{108 \times 10^6} \text{ m} = 2.78 \text{ m}$$

几何尺寸  $d \ll 2.78 \text{ m}$  的收音机电路应视为集总参数电路。

注：现在大多数收音机是超外差收音机，其工作原理是先将从天线接收到的高频信号变换为中频信号后再加以放大、然后再进行检波和低频放大，最后在扬声器中发出声音。这种收音机的高频电路部分的几何尺寸远比收音机的几何尺寸小，应该根据收音机高频部分的电路尺寸来判断是否为集总参数电路。

### § 1 - 2 电路的基本物理量

1 - 2 题图 1 - 2(a) 表示用示波器观测交流电压的电路。若观测的正弦波形如图(b)所示。试确定电压  $u$  的表达式和  $t = 0.5 \text{ s}$ 、 $1 \text{ s}$  和  $1.5 \text{ s}$  时电压的瞬时值。



题图 1 - 2

解：

$$u(t) = \sin t \text{ V}$$

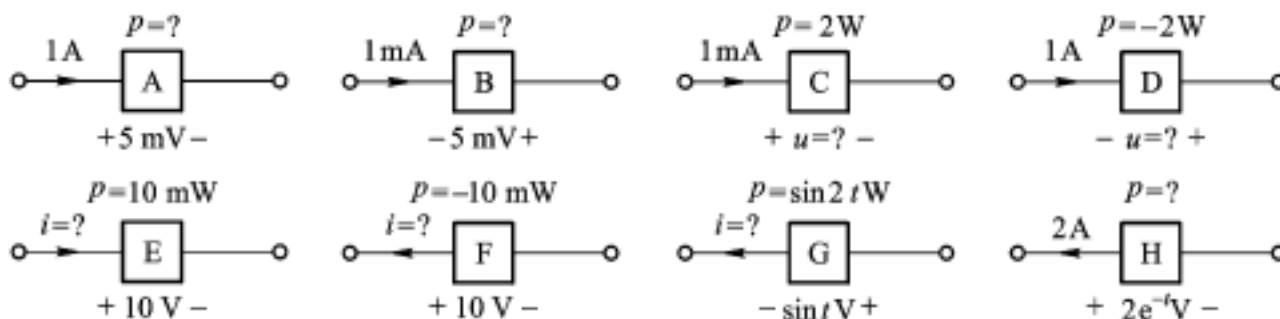
$$u(0.5 \text{ s}) = \sin(\times 0.5) \text{ V} = \sin(90^\circ) \text{ V} = 1 \text{ V}$$

$$u(1 \text{ s}) = \sin(\times 1) \text{ V} = \sin(180^\circ) \text{ V} = 0 \text{ V}$$

$$u(1.5 \text{ s}) = \sin(\times 1.5) \text{ V} = \sin(270^\circ) \text{ V} = -1 \text{ V}$$

注:示波器是观测交变电压波形的一种电子仪器,它可以测量波形在某个瞬时的数值(简称瞬时值),以及周期波形的周期和频率等。

1 - 3 各二端元件的电压、电流和吸收功率如题图 1 - 3 所示。试确定图上指出的未知量。



题图 1 - 3

解:二端元件的电压、电流采用关联参考方向时,吸收功率为  $p = ui$ ; 电压、电流采用非关联参考方向时,  $p = -ui$ 。已知二端元件的电压、电流和功率中的任两个量可以求得第三个量。

$$A: p_{\text{吸}} = ui = 5 \times 10^{-3} \text{ V} \times 1 \text{ A} = 5 \times 10^{-3} \text{ W} = 5 \text{ mW}$$

$$B: p_{\text{吸}} = -ui = -5 \times 10^{-3} \text{ V} \times 1 \times 10^{-3} \text{ A} = -5 \times 10^{-6} \text{ W} = -5 \mu\text{W}$$

$$C: u = \frac{p}{i} = \frac{2 \text{ W}}{1 \times 10^{-3} \text{ A}} = 2 \times 10^3 \text{ V} = 2 \text{ kV}$$

$$D: u = -\frac{p}{i} = -\frac{-2 \text{ W}}{1 \text{ A}} = 2 \text{ V}$$

$$E: i = \frac{p}{u} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ W}}{10 \text{ V}} = 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

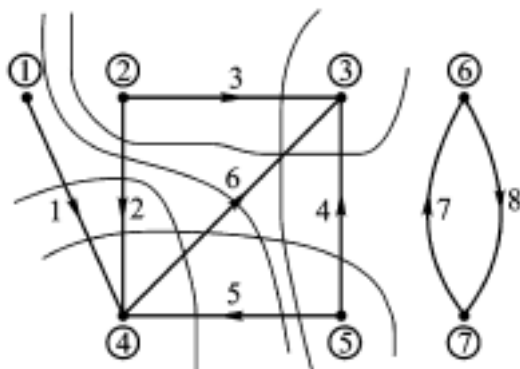
$$F: i = -\frac{p}{u} = -\frac{-10 \times 10^{-3} \text{ W}}{10 \text{ V}} = 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

$$G: i = \frac{p}{u} = \frac{\sin 2t \text{ W}}{\sin t \text{ A}} = \frac{2 \sin t \cos t}{\sin t} \text{ A} = 2 \cos t \text{ A}$$

$$H: p_{\text{吸}} = -ui = -2e^{-t} \text{ V} \times 2 \text{ A} = -4e^{-t} \text{ W}$$

### § 1 - 3 基尔霍夫定律

1 - 4 题图 1 - 4 表示某不连通电路连接关系的有向图。试对各结点和封闭面列出尽可能多的 KCL 方程。



题图 1 - 4

解:对结点 1,2,3,5,7,可以列出以下 KCL 方程

$$i_1 = 0, i_2 + i_3 = 0, -i_3 - i_4 - i_6 = 0, i_4 + i_5 = 0, i_7 - i_8 = 0$$

根据图示封闭面可以列出以下 KCL 方程

$$-i_1 - i_2 + i_4 + i_6 = 0$$

$$-i_1 - i_2 - i_5 + i_6 = 0$$

$$i_2 - i_4 - i_6 = 0$$

$$i_2 + i_5 - i_6 = 0$$

$$i_3 - i_5 + i_6 = 0$$

根据封闭面还可以列出更多的 KCL 方程。

1 - 5 题图 1 - 5 是表示某连通电路连接关系的有向图。试沿顺时针的绕行方向,列出尽可能多的 KVL 方程。

解:根据回路 {1,2,5}, {1,3,6}, {1,2,4,6}, {1,3,4,5}, {2,3,4}, {2,3,5,6}, {4,5,6}, {7,8,9} 可以列出以下 KVL 方程

$$u_1 + u_2 + u_5 = 0$$

$$u_1 + u_3 + u_6 = 0$$

$$u_1 + u_2 - u_4 + u_6 = 0$$

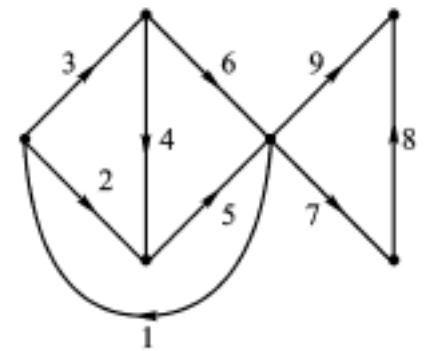
$$u_1 + u_3 + u_4 + u_5 = 0$$

$$-u_2 + u_3 + u_4 = 0$$

$$-u_2 + u_3 + u_6 - u_5 = 0$$

$$-u_4 + u_6 - u_5 = 0$$

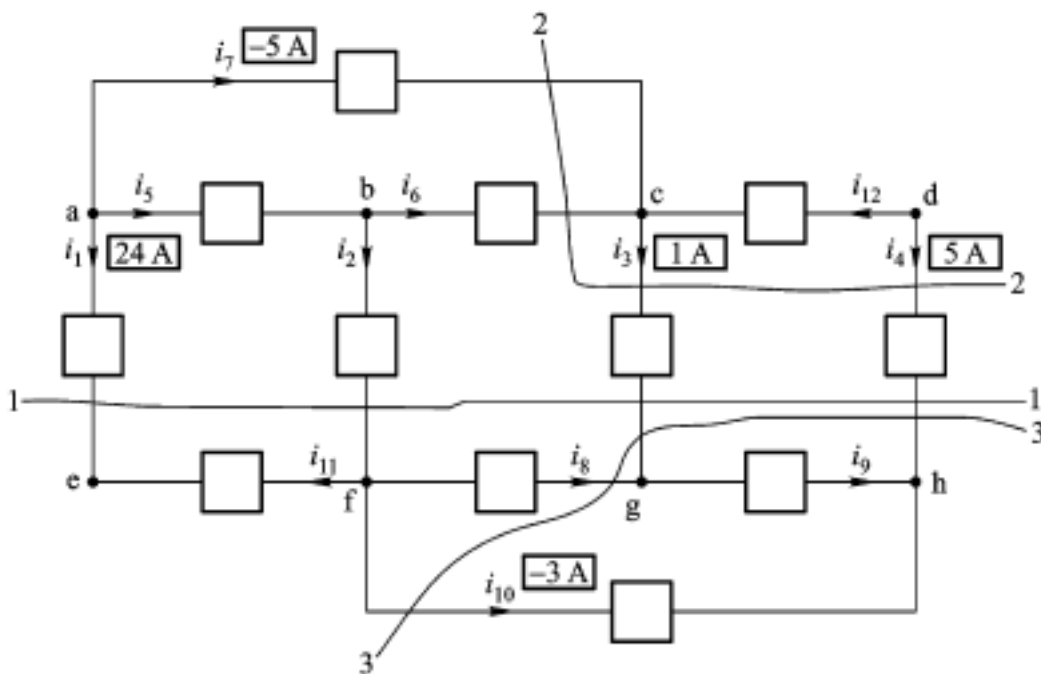
$$-u_7 + u_9 - u_8 = 0$$



题图 1 - 5

注:按照回路的严格定义,沿回路绕行一周时,不能两次经过同一结点,因此 {1,3,6,7,8,9}, {2,3,5,6,7,8,9}, {4,5,6,7,8,9} 不是回路。

1 - 6 电路如题图 1 - 6 所示。已知  $i_1 = 24 \text{ A}$ ,  $i_3 = 1 \text{ A}$ ,  $i_4 = 5 \text{ A}$ ,  $i_7 = -5 \text{ A}$  和  $i_{10} = -3 \text{ A}$ 。尽可能多地确定其他未知电流。



题图 1 - 6

解: 已知部分支路电流, 可以根据结点和封闭面 KCL 求得另外一些支路电流。

根据封闭面 1 的 KCL 求得  $i_2 = -i_1 - i_3 - i_4 = -24\text{A} - 1\text{A} - 5\text{A} = -30\text{A}$

根据结点 a 的 KCL 求得  $i_5 = -i_1 - i_7 = -24\text{A} - (-5)\text{A} = -19\text{A}$

根据封闭面 2 的 KCL 求得  $i_6 = i_3 + i_4 - i_7 = 1\text{A} + 5\text{A} - (-5\text{A}) = 11\text{A}$

根据封闭面 3 的 KCL 求得  $i_8 = -i_3 - i_4 - i_{10} = -1\text{A} - 5\text{A} - (-3\text{A}) = -3\text{A}$

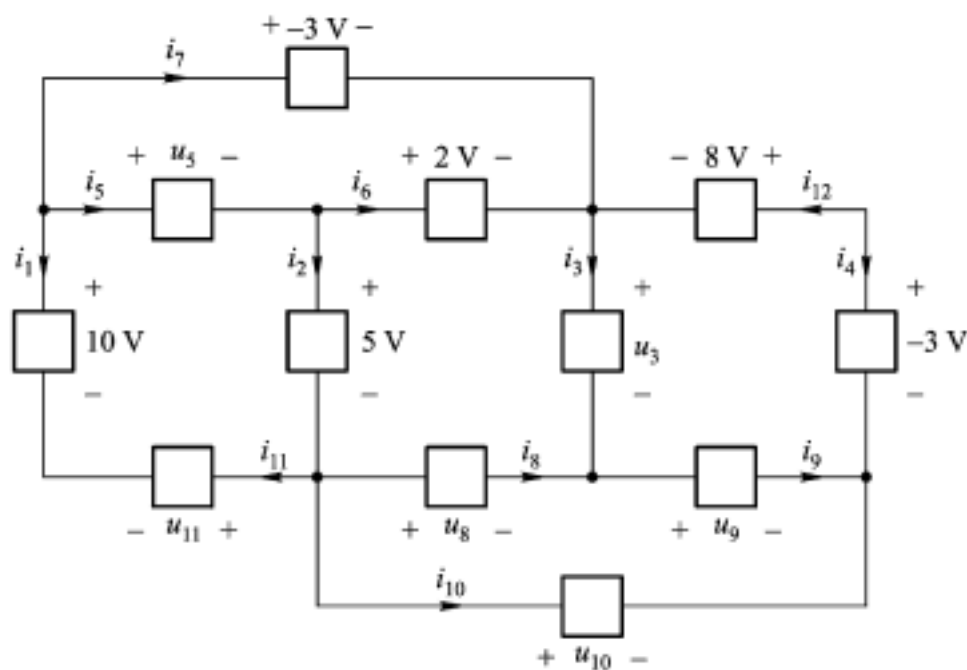
根据结点 h 的 KCL 求得  $i_9 = -i_4 - i_{10} = -5\text{A} - (-3)\text{A} = -2\text{A}$

根据结点 e 的 KCL 求得  $i_{11} = -i_1 = -24\text{A}$

根据结点 d 的 KCL 求得  $i_{12} = -i_4 = -5\text{A}$

注: KCL 反映电路中各支路电流之间的约束关系, 当已知一些支路电流时, 可以根据 KCL 求得另外一些支路电流。对于具有  $b$  条支路  $n$  个结点的连通电路来说, 已知  $b - n + 1$  个独立电流 (不受 KCL 方程约束的线性无关的电流), 就可以确定全部支路电流。

1-7 题图 1-7 中, 各支路电压、电流采用关联参考方向。已知  $u_1 = 10\text{V}$ ,  $u_2 = 5\text{V}$ ,  $u_4 = -3\text{V}$ ,  $u_6 = 2\text{V}$ ,  $u_7 = -3\text{V}$  和  $u_{12} = 8\text{V}$ 。尽可能多地确定其余支路电压。若要确定全部电压, 还需知道哪些支路电压?



题图 1-7

解: 已知部分支路电压, 可以根据回路和闭合结点序列的 KVL 方程, 求得另外一些支路电压

$$u_5 = u_7 - u_6 = -3\text{V} - 2\text{V} = -5\text{V}$$

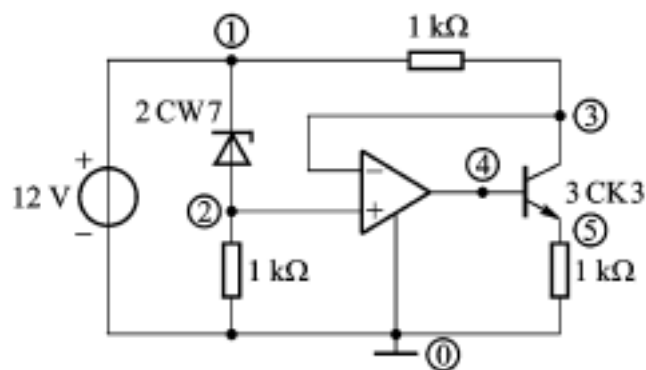
$$u_{10} = -u_2 + u_6 - u_{12} + u_4 = -5\text{V} + 2\text{V} - 8\text{V} - 3\text{V} = -14\text{V}$$

$$u_{11} = -u_2 + u_6 - u_7 + u_1 = -5\text{V} + 2\text{V} - (-3\text{V}) + 10\text{V} = 10\text{V}$$

若要求得电压  $u_3$ ,  $u_8$ ,  $u_9$ , 还需要知道其中任意一个电压。

注: KVL 反映电路中各支路电压之间的约束关系, 当已知一些支路电压时, 可以根据 KVL 求得另外一些支路电压。对于具有  $b$  条支路  $n$  个结点的连通电路来说, 已知  $n - 1$  个独立电压 (不受 KVL 方程约束的线性无关的电压), 就可以确定全部支路电压。

1 - 8 题图 1 - 8 是某电子电路的电路模型, 已知  $u_{20} = 7.49 \text{ V}$ ,  $u_{50} = 4.39 \text{ V}$  和  $u_{31} = -4.51 \text{ V}$ 。试求电压  $u_{51}$ ,  $u_{25}$  和  $u_{32}$ 。



题图 1 - 8

解: 根据回路和闭合结点序列的 KVL 方程, 可以求得任意两个结点间的电压

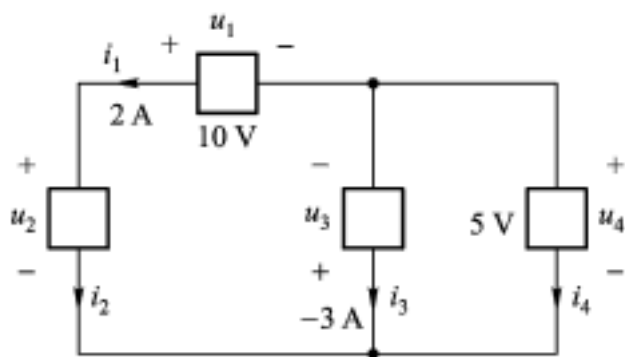
$$u_{51} = u_{50} - u_{10} = 4.39 \text{ V} - 12 \text{ V} = -7.61 \text{ V}$$

$$u_{25} = u_{20} - u_{50} = 7.49 \text{ V} - 4.39 \text{ V} = 3.10 \text{ V}$$

$$u_{32} = u_{31} + u_{10} + u_{02} = -4.51 \text{ V} + 12 \text{ V} + (-7.49 \text{ V}) = 0 \text{ V}$$

注: 一旦知道电路中各结点对基准结点的电压, 就能计算出任意一条支路或任意两个结点间的电压。电压  $u_{32} = 0 \text{ V}$  反映运算放大器输入端的虚短路特性(参考本书第 § 5 - 2 节)。

1 - 9 电路如题图 1 - 9 所示, 已知  $i_1 = 2 \text{ A}$ ,  $i_3 = -3 \text{ A}$ ,  $u_1 = 10 \text{ V}$ ,  $u_4 = 5 \text{ V}$ 。试求各二端元件的吸收功率。



题图 1 - 9

解: 根据 KCL, KVL 求出各支路电压和支路电流, 然后计算各二端元件的吸收功率。

$$u_1 = 10 \text{ V}, i_1 = 2 \text{ A}, p_1 = -u_1 i_1 = 10 \text{ V} \times 2 \text{ A} = -20 \text{ W}$$

$$u_2 = 10 \text{ V} + 5 \text{ V} = 15 \text{ V}, i_2 = i_1 = 2 \text{ A}, p_2 = u_2 i_2 = (10 + 5) \text{ V} \times 2 \text{ A} = 30 \text{ W}$$

$$u_3 = -u_4 = -5 \text{ V}, i_3 = -3 \text{ A}, p_3 = -u_3 i_3 = -(-5) \text{ V} \times (-3) \text{ A} = -15 \text{ W}$$

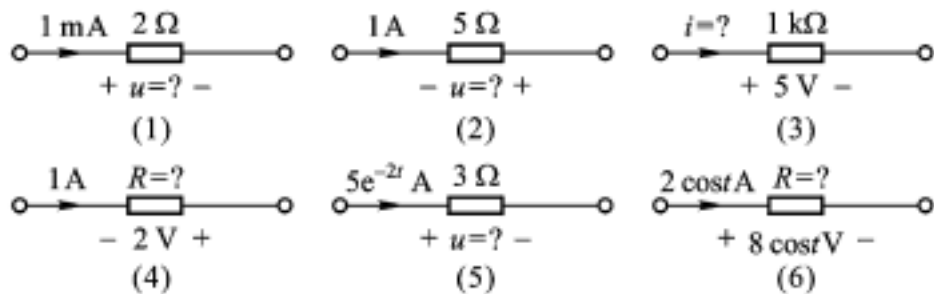
$$u_4 = 5 \text{ V}, i_4 = -i_1 - i_3 = -2 \text{ A} - (-3 \text{ A}) = 1 \text{ A}, p_4 = u_4 i_4 = 5 \text{ V} \times (-2 + 3) \text{ A} = 5 \text{ W}$$

注: 1. 为了计算出二端元件的功率值, 应该先计算出二端元件的电压和电流值。

2. 计算的吸收功率或发出功率的公式与电压、电流的参考方向的选择有关。

#### § 1 - 4 电阻元件

1 - 10 各线性电阻的电压、电流和电阻如题图 1 - 10 所示。试求图中的未知量。



题图 1 - 10

解:根据线性电阻的欧姆定律,可以根据电压、电流和电阻中任意两个量求得第三个量。

$$(1) u = Ri = (2 \quad) \times 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 2 \times 10^{-3} \text{ V} = 2 \text{ mV} \quad (2) u = - Ri = - (5 \quad) \times 1 \text{ A} = - 5 \text{ V}$$

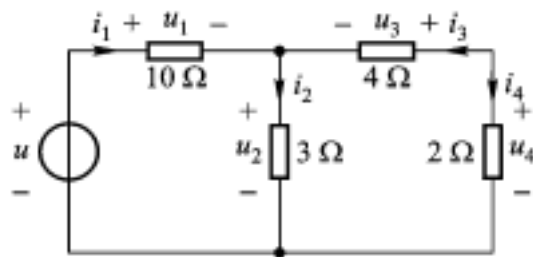
$$(3) i = \frac{u}{R} = \frac{5 \text{ V}}{1 \times 10^3} = 5 \text{ mA} \quad (4) R = - \frac{u}{i} = - \frac{2 \text{ V}}{1 \text{ A}} = - 2$$

$$(5) u = Ri = (3 \quad) \times 5e^{-2t} \text{ A} = 15e^{-2t} \text{ V} \quad (6) R = \frac{8 \cos t \text{ V}}{2 \cos t \text{ A}} = 4$$

注:1.表示电路元件电压 - 电流关系的方程与元件电压、电流的参考方向有关。在电阻电压、电流采用关联参考方向的条件下,欧姆定律为  $u = Ri$ ;在电阻电压、电流采用非关联参考方向的条件下,欧姆定律为  $u = - Ri$ 。

2.就电路模型而言,线性电阻元件的电阻参数可以为负值。

1 - 11 电路如题图 1 - 11 所示。已知  $i_4 = 1 \text{ A}$ ,求各元件电压、电流和吸收功率,并校验功率平衡。



题图 1 - 11

解:用观察电路的方法,根据 KCL、KVL 以及线性电阻的欧姆定律逐步推算出各支路电压和电流,然后再计算出各元件的吸收功率。

$$u_4 = 2 \quad \times 1 \text{ A} = 2 \text{ V} \quad i_4 = 1 \text{ A} \quad p_4 = u_4 i_4 = 2 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 2 \text{ W}$$

$$i_3 = - i_4 = - 1 \text{ A} \quad u_3 = 4 \quad \times (- 1 \text{ A}) = - 4 \text{ V} \quad p_3 = u_3 i_3 = - 4 \text{ V} \times (- 1 \text{ A}) = 4 \text{ W}$$

$$u_2 = - u_3 + u_4 = - (- 4 \text{ V}) + 2 \text{ V} = 6 \text{ V} \quad i_2 = \frac{6 \text{ V}}{3} = 2 \text{ A} \quad p_2 = u_2 i_2 = 6 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 12 \text{ W}$$

$$i_1 = i_2 - i_3 = 2 \text{ A} - (- 1 \text{ A}) = 3 \text{ A} \quad u_1 = 10 \quad \times 3 \text{ A} = 30 \text{ V} \quad p_1 = u_1 i_1 = 30 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 90 \text{ W}$$

$$u = u_1 + u_2 = 30 \text{ V} + 6 \text{ V} = 36 \text{ V} \quad i_1 = 3 \text{ A} \quad p_5 = - ui_1 = 36 \text{ V} \times (- 3 \text{ A}) = - 108 \text{ W}$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 90 \text{ W} + 12 \text{ W} + 4 \text{ W} + 2 \text{ W} - 108 \text{ W} = 0$$

注:就一个完整的电路而言,全部支路吸收功率的代数和为零。假如在计算电压电流和功率时发生某些错误,就可能出现电路全部支路吸收功率之和不为零的情况。电阻吸收功率也可以用  $p = Ri^2$  来计算。

1 - 12 题图 1 - 11 电路中,若  $i_4 = -2 \text{ A}$ 。求各元件电压和吸收的功率。

解:

$$u_4 = 2 \times (-2 \text{ A}) = -4 \text{ V} \quad i_4 = -2 \text{ A} \quad p_4 = u_4 i_4 = -4 \text{ V} \times (-2 \text{ A}) = 8 \text{ W}$$

$$i_3 = -i_4 = 2 \text{ A} \quad u_3 = 4 \times 2 \text{ A} = 8 \text{ V} \quad p_3 = u_3 i_3 = 8 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 16 \text{ W}$$

$$u_2 = -u_3 + u_4 = -8 \text{ V} - 4 \text{ V} = -12 \text{ V} \quad i_2 = \frac{-12 \text{ V}}{3} = -4 \text{ A}$$

$$p_2 = u_2 i_2 = -12 \text{ V} \times (-4 \text{ A}) = 48 \text{ W}$$

$$i_1 = i_2 - i_3 = -4 \text{ A} - 2 \text{ A} = -6 \text{ A} \quad u_1 = 10 \times (-6 \text{ A}) = -60 \text{ V}$$

$$p_1 = u_1 i_1 = -60 \text{ V} \times (-6 \text{ A}) = 360 \text{ W}$$

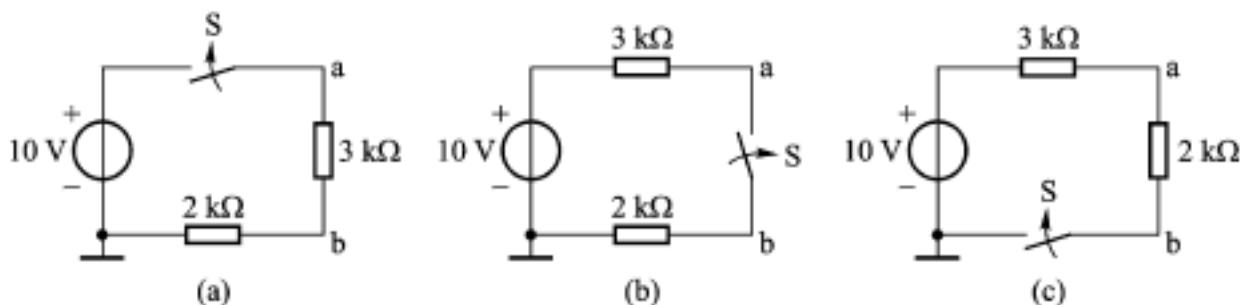
$$u = u_1 + u_2 = -60 \text{ V} - 12 \text{ V} = -72 \text{ V} \quad i_1 = -6 \text{ A}$$

$$p_5 = -ui_1 = -(-72 \text{ V}) \times (-6 \text{ A}) = -432 \text{ W}$$

注:题图 1 - 11 电路是只包含一个独立电压源的线性电阻电路,当电流  $i_4$  数值增加一倍时,即  $i_4 = 2 \text{ A}$ ,要求电压源电压增加一倍,即由  $36 \text{ V}$  增加到  $72 \text{ V}$ ,从而使电路中各电压以及各电流均增加一倍,而各二端元件的功率增加到原来的 4 倍。当电流  $i_4$  由  $i_4 = 2 \text{ A}$  变化为  $i_4 = -2 \text{ A}$  时,要求电压源电压改变符号,即为  $-72 \text{ V}$ ,从而使各电压、电流均改变符号,而功率符号不改变。显然,根据线性电阻电路的基本性质,可以直接求得本题所要求的各电压电流和功率。

### § 1 - 5 独立电压源和独立电流源

1 - 13 试求题图 1 - 13 各电路在开关断开和闭合时的电位  $V_a$ 、 $V_b$  和电压  $U_{ab}$ 。



题图 1 - 13

解:(a) 因为  $I = 0$   $V_a = (2 \times 10^3 + 3 \times 10^3) \times 0 \text{ V} = 0 \text{ V}$   $V_b = (2 \times 10^3) \times 0 \text{ V} = 0 \text{ V}$   
 $U_{ab} = (3 \times 10^3) \times 0 \text{ V} = 0 \text{ V}$

因为  $I = \frac{10 \text{ V}}{5 \times 10^3} = 2 \text{ mA}$   $V_a = 10 \text{ V}$   $V_b = (2 \times 10^3) \times 2 \times 10^{-3} \text{ V} = 4 \text{ V}$

$$U_{ab} = (3 \times 10^3) \times 2 \times 10^{-3} \text{ V} = 6 \text{ V}$$

(b) 因为  $I = 0$   $V_a = 10 \text{ V}$   $V_b = (2 \times 10^3) \times 0 \text{ V} = 0 \text{ V}$   $U_{ab} = 0 \text{ V} + 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$

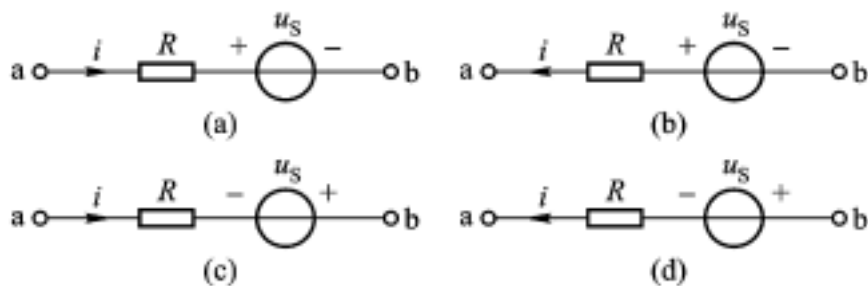
因为  $I = \frac{10 \text{ V}}{5 \times 10^3} = 2 \text{ mA}$   $V_a = V_b = (2 \times 10^3) \times 2 \times 10^{-3} \text{ V} = 4 \text{ V}$   $U_{ab} = V_a - V_b = 0 \text{ V}$

(c) 因为  $I = 0$   $V_a = 0 \text{ V} + 10 \text{ V} = 10 \text{ V}$   $V_b = 0 \text{ V} + 0 \text{ V} + 10 \text{ V} = 10 \text{ V}$   $U_{ab} = V_a - V_b = 0 \text{ V}$

因为  $I = \frac{10 \text{ V}}{5 \times 10^3} = 2 \text{ mA}$   $V_a = (2 \times 10^3) \times 2 \times 10^{-3} \text{ V} = 4 \text{ V}$   $V_b = 0 \text{ V}$   $U_{ab} = V_a - V_b = 4 \text{ V}$

注:本题所示电路中的开关是一种理想的二端电路元件,当开关处于断开状态时电流为零,可以看作开路(电导为零的二端线性电阻);当开关处于闭合状态时电压为零,可以看作短路(电阻为零的二端线性电阻)。

1 - 14 试写出题图 1 - 14 各电路中电压  $u_{ab}$  和电流  $i$  的关系式。



题图 1 - 14

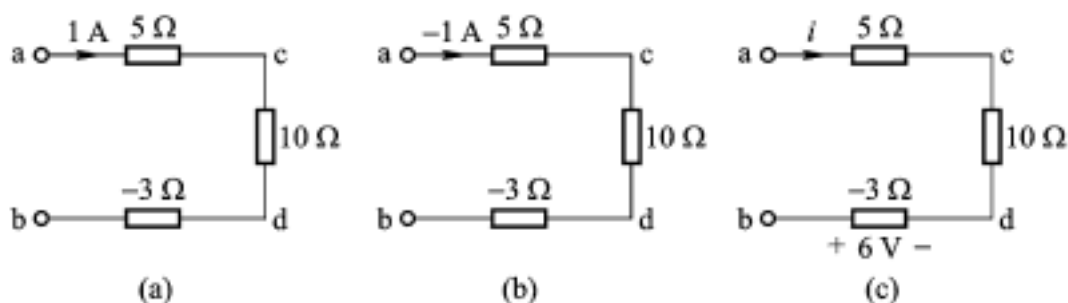
解:根据 KVL 和欧姆定律可以直接写出 VCR 关系

$$(a) \quad u_{ab} = Ri + u_S \quad (b) \quad u_{ab} = - Ri + u_S$$

$$(c) \quad u_{ab} = Ri - u_S \quad (d) \quad u_{ab} = - Ri - u_S$$

注:一个二端元件的电压 - 电流关系方程与元件电压、电流的参考方向有关,一个电阻与电压源串联的电压 - 电流关系方程与每个元件电压和电流的参考方向有关。

1 - 15 试求题图 1 - 15 各电路的电压  $u_{ac}$ 、 $u_{dc}$  和  $u_{ab}$ 。



题图 1 - 15

解:根据 KVL 和线性电阻元件的欧姆定律,可以求得几个电阻串联所形成单口网络的端口电压。

$$(a) \quad u_{ac} = 5 \times 1 \text{ A} = 5 \text{ V} \quad u_{dc} = - 10 \times 1 \text{ A} = - 10 \text{ V}$$

$$u_{ab} = (5 + 10 - 3) \times 1 \text{ A} = 12 \text{ V}$$

$$(b) \quad u_{ac} = 5 \times (- 1 \text{ A}) = - 5 \text{ V} \quad u_{dc} = - 10 \times (- 1 \text{ A}) = 10 \text{ V}$$

$$u_{ab} = (5 + 10 - 3) \times (- 1 \text{ A}) = - 12 \text{ V}$$

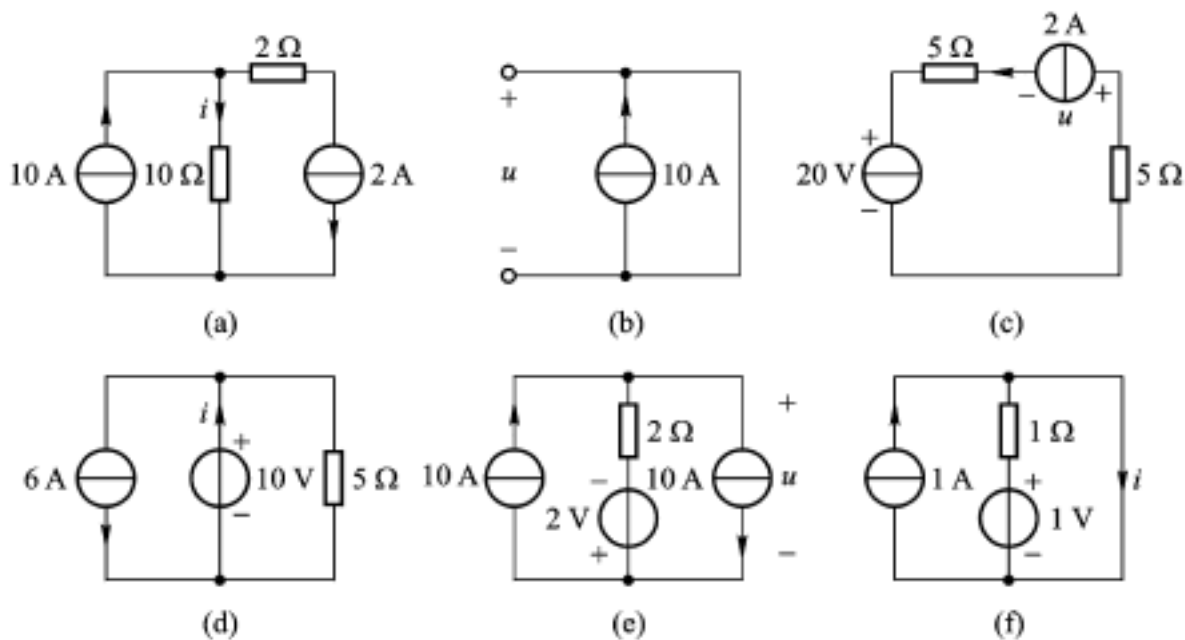
$$(c) \quad i = \frac{- 6 \text{ V}}{- 3} = 2 \text{ A}$$

$$u_{ac} = 5 \times 2 \text{ A} = 10 \text{ V} \quad u_{dc} = - 10 \times 2 \text{ A} = - 20 \text{ V}$$

$$u_{ab} = (5 + 10 - 3) \times 2 \text{ A} = 24 \text{ V}$$

注:计算电路中由 a 点到 b 点电压的基本方法是计算由 a 点到 b 点任一路径上各段电压的代数和。几个串联电阻的总电压等于几个电阻之和乘以电流。

1 - 16 试求题图 1 - 16 各电路的电压  $u$  和电流  $i$ 。



题图 1 - 16

解:观察电路的连接关系,用 KCL、KVL 和元件的 VCR 方程求得各电路的电压  $u$  和电流  $i$ 。

(a)  $i = 10 \text{ A} - 2 \text{ A} = 8 \text{ A}$

(b)  $u = (0) \times 10 \text{ A} = 0 \text{ V}$

(c)  $u = -2 \times 5 \text{ V} - 20 \text{ V} - 2 \times 5 \text{ V} = -40 \text{ V}$

(d)  $i = 6 \text{ A} + \frac{10 \text{ V}}{5} = 8 \text{ A}$

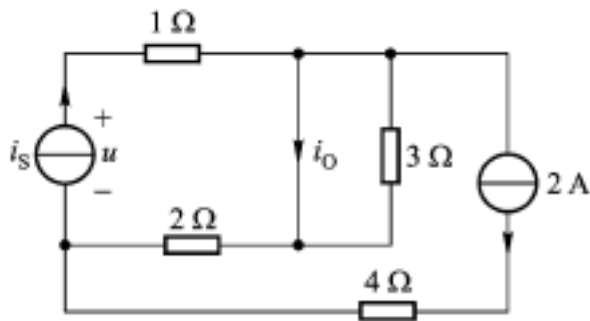
(e)  $u = (2) \times 0 \text{ A} - 2 \text{ V} = -2 \text{ V}$

(f)  $i = 1 \text{ A} + \frac{1 \text{ V}}{1} = 2 \text{ A}$

注:电压源的电压由其本身特性确定,而其电流的大小和方向则与连接电压源的整个外电路密切相关;电流源的电流由其本身特性确定,而其电压的大小和方向则与连接电流源的整个外电路密切相关。

### § 1 - 6 两类约束和电路方程

1 - 17 已知题图 1 - 17 电路中电流  $i_o = 1 \text{ A}$ ,求电流源  $i_s$  发出的功率。



题图 1 - 17

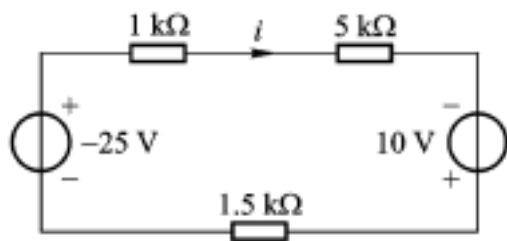
解:用 KCL 求得  $i_s = i_o + 0 + 2 \text{ A} = 3 \text{ A}$

用 KVL 求得  $u = 1 \times i_s + 0 + 2 \times (i_o + 0) = 3 \text{ V} + 2 \text{ V} = 5 \text{ V}$

电流源发出功率为  $p = u i_s = 5 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 15 \text{ W}$

1 - 18 电路如题图 1 - 18 所示。试分别求出两个电压源发出的功率。

解:对于几个电压源和几个电阻构成的单一回路的电流,可以用电流作为变量列出回路的



题图 1 - 18

KVL 方程求得

$$(1 + 5 + 1.5) \times 10^3 \times i - 10 \text{ V} - (-25 \text{ V}) = 0$$

$$i = \frac{(-25 + 10) \text{ V}}{(1 + 5 + 1.5) \times 10^3} = -2 \times 10^{-3} \text{ A} = -2 \text{ mA}$$

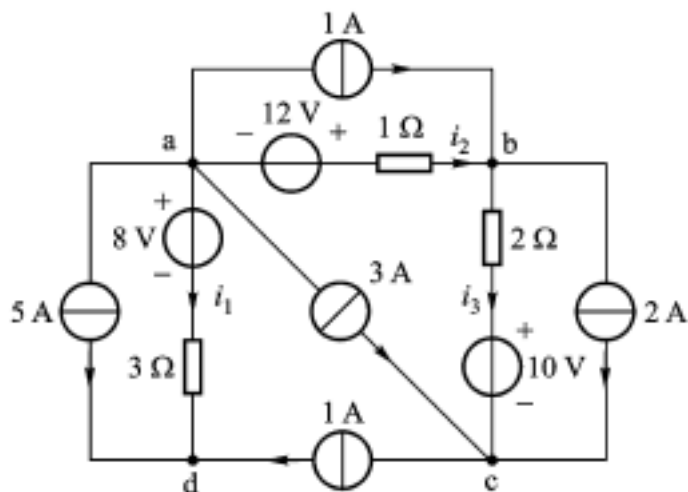
注:将上式称为闭合回路欧姆定律的提法不妥,因为上式还应用了 KCL 和 KVL 定律,不仅仅使用了描述线性二端电阻元件电压 - 电流关系的欧姆定律。

一旦知道二端元件的电压和电流,就可以计算出功率,下面利用电压、电流采用非关联参考方向时,计算发出功率的公式  $p = ui$  来计算电压源的发出功率。

$$-25 \text{ V 电压源发出的功率为 } p = (-25 \text{ V}) \times (-2 \text{ mA}) = 50 \text{ mW}$$

$$10 \text{ V 电压源发出的功率为 } p = (10 \text{ V}) \times (-2 \text{ mA}) = -20 \text{ mW}$$

1 - 19 电路如题图 1 - 19 所示。试用观察法求各电流源电压和发出的功率。



题图 1 - 19

解:对于  $b$  条支路  $n$  个结点的连电路,已知  $b - n + 1$  个独立支路电流就可以根据 KCL 确定全部支路电流。本题的 5 个电流源电流是一组独立电流变量,可以推算出全部支路电流,再根据元件 VCR 求得各支路电压,从而计算出各元件的功率。

$$i_1 = -5 \text{ A} - 1 \text{ A} = -6 \text{ A} \quad u_{ad} = 8 \text{ V} + 3 \times (-6 \text{ A}) = -10 \text{ V}$$

$$p = u_{da} \times 5 \text{ A} = 10 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 50 \text{ W}$$

$$i_2 = -5 \text{ A} - 1 \text{ A} - 3 \text{ A} - (-6 \text{ A}) = -3 \text{ A} \quad u_{ab} = -12 \text{ V} + 4 \times (-3 \text{ A}) = -24 \text{ V}$$

$$p = u_{ba} \times 1 \text{ A} = 24 \text{ W}$$

$$i_3 = -2 \text{ A} - 3 \text{ A} + 1 \text{ A} = -4 \text{ A} \quad u_{bc} = 10 \text{ V} + 2 \times (-4 \text{ A}) = 2 \text{ V}$$

$$p = u_{cb} \times 2 \text{ A} = -4 \text{ W}$$