

电路基础 学习指导与习题解析

王慧玲 主编

教育出版社

DIANLU JICHU XUEXI ZHIDAO YU XITI JIEXI

电路基础 学习指导与习题解析

王慧玲 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是王慧玲主编的“十二五”职业教育国家规划教材《电路基础(第3版)》的配套学习指导与习题解析教材。本书与电路基础教材的章次对应,各章内容分别为电路的基本概念和基本定律、电路的基本分析方法、电路的基本定理、正弦交流电路、三相正弦交流电路、互感耦合电路、谐振电路、非正弦周期电流电路、线性动态电路分析、磁路与变压器、异步电动机。全书按教学内容、教学基本要求、知识点解析、重点与难点、习题解析5个部分编写而成。本书可以帮助读者理解和掌握电路的基本概念、基本定律和定理、基本分析方法,提高读者分析问题、解决问题和进行基本运算的能力。

本书是“电路基础”课程的学习参考书,适合作为高职高专电子信息类专业及相关专业的“电路基础”课程的教材,也可作为电子电气技术人员培训的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础学习指导与习题解析 / 王慧玲主编. --北京:高等教育出版社, 2016.2

ISBN 978-7-04-043870-3

I. ①电… II. ①王… III. ①电路理论-高等职业教育-教学参考资料 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 215078 号

策划编辑 郭晶
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 郭晶
责任校对 吕红颖

封面设计 张楠
责任印制 尤静

版式设计 马敬茹

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 100120
印刷 三河市华润印刷有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 11.5
字数 270千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版次 2016年2月第1版
印次 2016年2月第1次印刷
定价 22.00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 43870-00

前 言

“电路基础”是电子、电力、通信、自动化等专业开设的一门重要的专业基础课,而初学者在学习该课程时往往会遇到比较多的困难。如果有一本易读、易解的学习指导书作为引导,会有助于学习者克服困难,增加兴趣,提高效率和成绩。编写本书的初衷即在于此。

本书是王慧玲主编的“十二五”职业教育国家规划教材《电路基础(第3版)》配套的学习指导与习题解析教材。全书按教学内容、教学基本要求、知识点解析、重点与难点、习题解析5个部分编写而成。本书可以帮助读者理解和掌握电路的基本概念、基本定律和定理、基本分析方法,提高读者分析问题、解决问题和进行基本运算的能力。书后附有精心编排的模拟试题和参考答案,方便读者进行自测训练。

学习指导部分,对主教材《电路基础(第3版)》的主要教学内容、重点和难点等进行了分析,在讲解内容时尽量简明扼要,并尽可能地采用表格对问题进行对比和归纳,以便读者加深理解,提高学习效率。

习题解析部分,主要作用是答疑解惑,帮助读者灵活运用在课堂和教材中学到的知识,以期具备扎实的运算能力和基本的实践意识,为后续课程打下基础。

本书的章次安排与主教材《电路基础(第3版)》相对应。书后安排了3套模拟试卷及参考答案。其中,模拟试卷一针对第1~3章,模拟试卷二针对第4~7章,模拟试卷三针对第8~11章。

本书由王慧玲主编和统稿,樊会灵、魏玉敏、董微参加了部分编写工作。

鉴于作者水平有限,对于书中的不足之处,欢迎读者批评指正。

作 者

2016年1月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1	6.2 教学基本要求	89
1.1 教学内容	1	6.3 知识点解析	89
1.2 教学基本要求	1	6.4 重点与难点	92
1.3 知识点解析	1	6.5 习题解析	92
1.4 重点与难点	3	第 7 章 谐振电路	98
1.5 习题解析	4	7.1 教学内容	98
第 2 章 电路的基本分析方法	10	7.2 教学基本要求	98
2.1 教学内容	10	7.3 知识点解析	98
2.2 教学基本要求	10	7.4 重点与难点	102
2.3 知识点解析	10	7.5 习题解析	102
2.4 重点与难点	16	第 8 章 非正弦周期电流电路	110
2.5 习题解析	16	8.1 教学内容	110
第 3 章 电路的基本定理	28	8.2 教学基本要求	110
3.1 教学内容	28	8.3 知识点解析	110
3.2 教学基本要求	28	8.4 重点与难点	116
3.3 知识点解析	28	8.5 习题解析	116
3.4 重点与难点	34	第 9 章 线性动态电路分析	124
3.5 习题解析	34	9.1 教学内容	124
第 4 章 正弦交流电路	48	9.2 教学基本要求	124
4.1 教学内容	48	9.3 知识点解析	124
4.2 教学基本要求	48	9.4 重点与难点	127
4.3 知识点解析	48	9.5 习题解析	127
4.4 重点与难点	56	第 10 章 磁路与变压器	146
4.5 习题解析	56	10.1 教学内容	146
第 5 章 三相正弦交流电路	75	10.2 教学基本要求	146
5.1 教学内容	75	10.3 知识点解析	146
5.2 教学基本要求	75	10.4 重点与难点	148
5.3 知识点解析	75	10.5 习题解析	149
5.4 重点与难点	78	第 11 章 异步电动机	154
5.5 习题解析	78	11.1 教学内容	154
第 6 章 互感耦合电路	89	11.2 教学基本要求	154
6.1 教学内容	89	11.3 知识点解析	154

11.4 重点与难点	156	模拟试卷二	162
11.5 习题解析	156	模拟试卷二参考答案	168
附录 模拟试卷及参考答案	158	模拟试卷三	169
模拟试卷一	158	模拟试卷三参考答案	172
模拟试卷一参考答案	162		

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

1.1 教学内容

电路和电路模型的概念;电路的基本物理量;电阻、电源元件的概念;电路的 3 种状态;基尔霍夫定律;电位分析。

1.2 教学基本要求

- (1) 掌握电路的基本概念,如电流、电压、电动势、功率、能量、电路元件。
- (2) 掌握欧姆定律、基尔霍夫定律;理解集中参数和分布参数的概念。

1.3 知识点解析

一、电路的基本组成

1. 什么是电路

电路是由各种元器件(或电工设备)按一定方式连接起来的整体,为电流的流通提供了路径。

2. 电路的基本组成

电路的基本组成包括以下 3 个部分(如图 1-1 所示)。

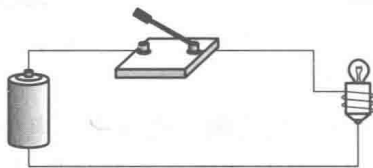


图 1-1 简单的直流电路

- (1) 电源(供能元件):为电路提供电能的设备和器件(如电池、发电机)。
- (2) 负载(耗能元件):使用(消耗)电能的设备和器件(如灯泡等用电器)。
- (3) 连接导线与控制器件:将电器设备和元器件按一定方式连接起来(如各种铜、铝电缆),控制电路工作状态的器件或设备(如开关)。

3. 电路的状态

(1) **通路(闭路)**:电源与负载接通,电路中有电流通过,电气设备或元器件获得一定的电压和电功率,进行能量转换。

(2) **开路(断路)**:电路中没有电流通过,又称为空载状态。

(3) **短路(捷路)**:电源两端的导线直接相连接,输出电流过大对电源来说属于严重过载,如没有保护措施,电源或电器会被烧毁或发生火灾,故通常要在电路或电气设备中安装熔断器、保险丝等保险装置,以避免在发生短路时出现不良后果。

二、电路模型(电路图)

1. 电路模型

由理想元件构成的电路称为实际电路的**电路模型**,也称为**实际电路的电路原理图**,简称**电路图**。

2. 理想元件

表征实际元器件主要电磁特性的理想化元件。

三、电流、电压与功率

电荷的定向运动形成电流。电路中存在电流需要满足两个条件:一是电路构成回路;二是电路有电压。两者缺一不可,电路有电压但没有构成回路,电流无法流动;电路构成回路但没有电位差,就没有驱动电荷运动的势能。

电流的流动类似水流的流动,可以用图 1-2 所示供水系统来理解电压、电动势与电流的关系。因水箱的水位高于水池,水从水箱流入水池,但若没有水泵将水抽上来灌入水箱,水就不能持续流动。类似地,在图 1-3 中,电动势的存在使电路有持续电流。

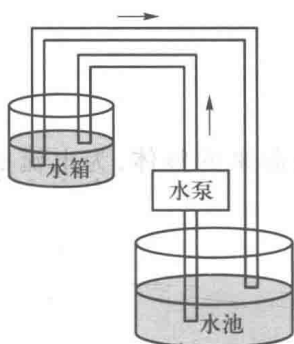


图 1-2 供水系统

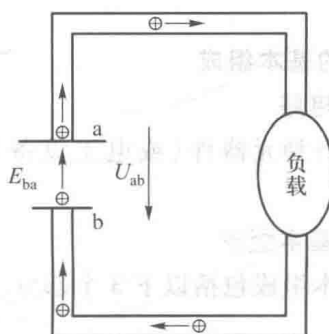


图 1-3 电路

功率表示电路元件或设备在单位时间内吸收或发出的电能。对于实现能量转换作用的电路是电源将电能传送给负载,负载将电能转换成需要的其他形式的能量,即电路中存在发出功率的器件(供能元件)和吸收功率的器件(耗能元件)。

判断电路元件是发出还是吸收电能,不能只看电路模型符号,而应按教材中给出的方法,先看该元件上的电压、电流是否是关联参考方向,关联时写出式子 $P=UI$,非关联时写出式子 $P=-UI$,再代入数值计算,求得的结果为正,元件吸收电能;求得的结果为负,元件发出电能。

例如,思考与练习题 1-2-6 中 (a) $P=5 \times 2 \text{ W} = 10 \text{ W}$ (吸收); (b) $P=-5 \times 2 \text{ W} = -10 \text{ W}$ (发

出);(c) $P=5\times 2\text{ W}=10\text{ W}$ (吸收);(d) $P=-5\times 2\text{ W}=-10\text{ W}$ (发出)。(a)(c)作为电源却吸收电能,可以认为此时(a)的电压源和(c)的电流源在电路中处于充电状态。

四、电阻与电源

电阻对电流呈现阻碍作用,其值与其材料的电阻率、绕制电阻的导线长度及横截面积有关,即 $R=\rho\frac{l}{S}$ 。电源有电压源和电流源,理想电压源的电压恒定,电流随外电路而变化;理想电流源则电流恒定,电压随外电路而变化。

五、电路定律

1. 欧姆定律

电阻元件的伏安关系服从欧姆定律,即

$$U=RI \quad \text{或} \quad I=U/R=GU$$

其中, $G=1/R$,电阻 R 的倒数 G 称为电导,其国际单位制为西门子(S)。

2. 基尔霍夫定律

(1) 电流定律(KCL): $\sum I=0$ 或 $\sum i=0$,它不仅应用于具体电路中的某一结点,还可以推广应用于任一广义结点。

(2) 电压定律(KVL): $\sum U=0$ 或 $\sum u=0$,它应用于电路中任一闭合回路,还可以推广到任意未闭合的回路,但列电压方程时,必须将开口处的电压也列入方程。

应用欧姆定律时,要注意待求元件上的电压、电流的参考方向是否关联。为关联参考方向时, $U=RI$;为非关联参考方向时, $U=-RI$ 。

应用基尔霍夫定律时,根据已知条件先观察分析电路结构,以使用最便捷的方法来求解。

例如,思考与练习题 1-6-3 中先由 d 结点求电流 $I=(1-5)\text{ A}=-4\text{ A}$ (c 结点则不方便),再求 $U_{ab}=U_{ac}+U_{cd}+U_{db}=[6+(-4)\times 1+1\times 3]\text{ V}=5\text{ V}$ 。思考与练习题 1-6-4 中不能直接用 KCL 求电流,需先由欧姆定律求 $I_1=U_{ab}/1=1\text{ A}$,再应用 KCL 于 b 结点求出 $I_2=I_b+I_1=2\text{ A}$,a 结点 $I_3=I_1-I_a=-2\text{ A}$, $U_{bc}=3\times I_2=6\text{ V}$, $U_{ca}=3.5\times I_3=-7\text{ V}$ 。

六、电位分析

电路中任一点的电位就是该点到参考点之间的电压。计算电位有如计算电压,电压可以分段叠加。但电位是相对的,其值与参考点的选择有关,而电压是绝对的,其值与参考点的选择无关。

例如,思考与练习题 1-2-3 和 1-2-4 中 b 点为参考点时, $V_a=5\text{ V}$, $V_b=0$, $V_c=-2\text{ V}$, $U_{ab}=5\text{ V}$, $U_{bc}=2\text{ V}$, $U_{ca}=-7\text{ V}$;c 点为参考点时, $V_a=7\text{ V}$, $V_b=2\text{ V}$, $V_c=0$, $U_{ab}=5\text{ V}$, $U_{bc}=2\text{ V}$, $U_{ca}=-7\text{ V}$ 。

1.4 重点与难点

重点:电路的基本概念;电路的基本定律——欧姆定律、基尔霍夫定律;电位分析与计算方法。

难点:正确理解电压、电流参考方向、关联参考方向;正确判断吸收能量与发出能量;灵活应用基尔霍夫定律,正确求解电路的电位。

1.5 习题解析

1-1 计算图 1-4 所示电路中的 U 和 I 。

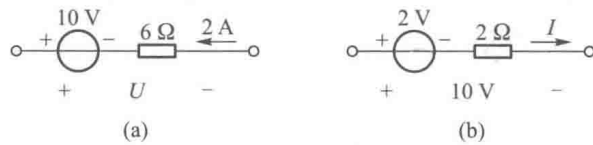


图 1-4 习题 1-1 图

解: (a) $U = [10 - 2 \times 6] \text{ V} = -2 \text{ V}$ (b) 因 $2 + 2 \times I = 10 \text{ V}$, 故 $I = 4 \text{ A}$

1-2 在图 1-5 所示电路中: (1) 元件 A、B、C 均吸收功率 20 W, 试求 U_A 、 I_B 、 U_C ; (2) 试求元件 D 的功率。

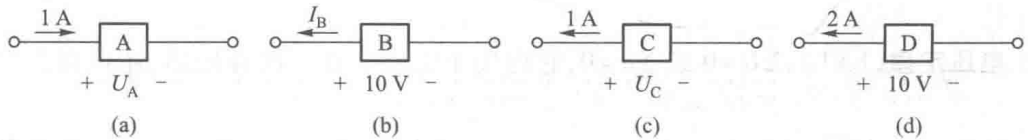


图 1-5 习题 1-2 图

解: (1) 因 $P_A = 1 \times U_A = 20 \text{ W}$, 故 $U_A = 20 \text{ V}$

因 $P_B = -I_B \times 10 = 20 \text{ W}$, 故 $I_B = -2 \text{ A}$

因 $P_C = -1 \times U_C = 20 \text{ W}$, 故 $U_C = -20 \text{ V}$

(2) $P_D = -2 \times 10 = -20 \text{ W}$, 发出功率。

1-3 在图 1-6 所示电路中, 试求电流 I , 并计算各元件发出或吸收的功率。

解: 因 $I = 1 \text{ A}$

故 $P_{20\Omega} = I^2 R = 20 \text{ W}$

$P_{10\text{V}} = I \times 10 = 10 \text{ W}$

$P_{1\text{A}} = -I \times 30 = -30 \text{ W}$

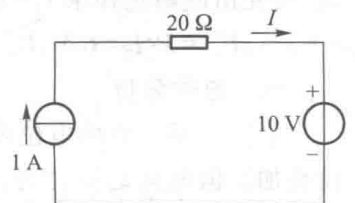


图 1-6 习题 1-3 图

点评: 单回路中理想电流源的电流 $I = 1 \text{ A}$ 是确定的, 它流过电阻时产生 20 V 的电压, 电阻电压与理想电压源电压之和 30 V 为理想电流源的电压。理想电压源的电压确定为 10 V, 流过它的电流由其所在支路的电流源决定, 而 1 A 电流从理想电压源正极流入。因此, 该电压源在电路中起负载作用。

1-4 已知电源的外特性曲线如图 1-7(a) 所示, 试求该电源的电路模型。

解: 因 $I = 0$ 时 $U = 20 \text{ V}$, $U = 0$ 时 $I = 4 \text{ A}$

故 $U_s = 20 \text{ V}$, $R_s = 20/4 \Omega = 5 \Omega$, 电路模型见图(b)。

1-5 图 1-8 所示电路, 已知 $U_s = 100 \text{ V}$, $R_s = 2 \Omega$, 若负载电阻 R_L 值可调, 其值为 0Ω 、 0.5Ω 、 2Ω 、 23Ω 、 48Ω 、 98Ω 、 ∞ , 试列表写出对应的电流表和电压表的读数。

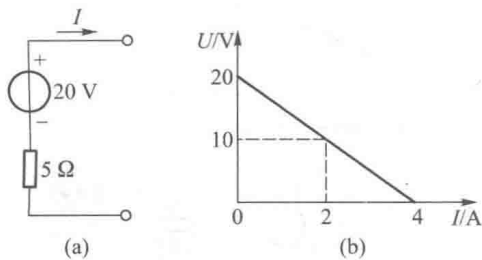


图 1-7 习题 1-4 图

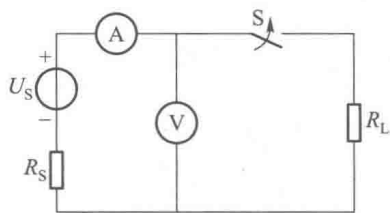


图 1-8 习题 1-5 图

解: 由 $I = \frac{U_s}{R_s + R_L} = \frac{100}{2 + R_L}$ 和 $U = I \times R_L$ 算出表 1-1。

表 1-1

R_L/Ω	0	0.5	2	23	48	98	∞
电流表读数/A	50	40	25	4	2	1	0
电压表读数/V	0	20	50	92	96	98	100
负载功率 $P=UI/W$	0	800	1250	368	192	98	0

点评: 试着算一下功率, 看看电阻为何值时, 负载的功率最大。后面会讲到这个问题。

1-6 图 1-9 所示电路为 CCVS, 试求 5Ω 电阻的电压 U 。

解: 因 $10 = I \times 5$

故 $I = 2\text{ A}$

因受控源所在回路的电流 $I' = \frac{10I}{5+5} = 2\text{ A}$

故 $U = 2 \times 5\text{ V} = 10\text{ V}$

1-7 在图 1-10 所示电路中, 已知 $I_1 = 3\text{ A}$, $I_2 = 1\text{ A}$ 。试确定电路元件 3 中电流 I_3 和其两端的电压 U_3 , 并说明它是电源还是负载。

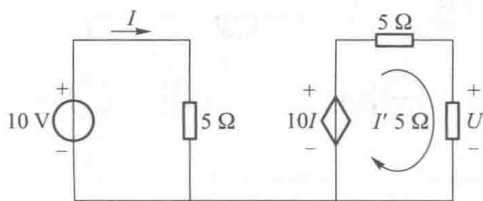


图 1-9 习题 1-6

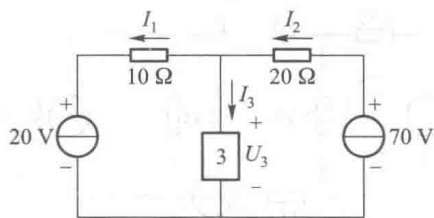


图 1-10 习题 1-7 图

解: 根据 KCL 得 $I_3 = I_2 - I_1 = (1 - 3)\text{ A} = -2\text{ A}$

又根据 KVL 得 $U_3 = 10 \times I_1 + 20 = 50\text{ V}$

故 $P_3 = U_3 I_3 = -100\text{ W}$, 发出功率, 元件 3 是电源。

1-8 求图 1-11 电路中的电阻 R_1 、 R_2 。

解: 根据 KCL 得 R_3 上的电流 $I = (8 + 4)\text{ A} = 12\text{ A}$

$$R_1 = \frac{18-2}{8} \Omega = 2 \Omega$$

$$R_2 = \frac{2-(-10)}{12} \Omega = 1 \Omega$$

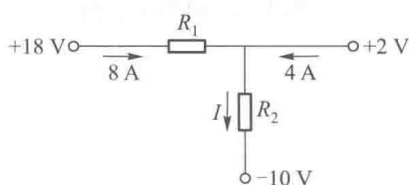


图 1-11 习题 1-8 图

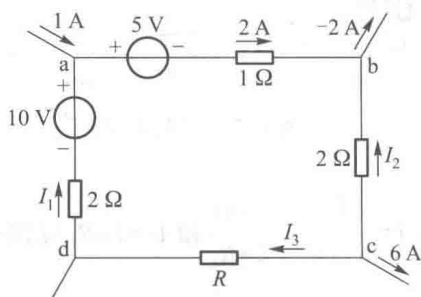


图 1-12 习题 1-9 图

1-9 图 1-12 所示电路,试求电流 I_1 、 I_2 、 I_3 以及电阻 R 。

解:根据 KCL 得 a 点的电流方程 $I_1+1=2$

故 $I_1=1 \text{ A}$

根据 KCL 得 b 点的电流方程 $-2=2+I_2$

故 $I_2=-4 \text{ A}$

根据 KCL 得 c 点的电流方程 $6+I_2+I_3=0$

故 $I_3=-2 \text{ A}$

根据 KVL 得 $I_3 \times R = 2 I_2 - 1 \times 2 - 5 + 10 - 2 I_1 = (-8 - 2 - 5 + 10 - 2) \text{ V} = -7 \text{ V}$

故 $R = [-7 / (-2)] \Omega = 3.5 \Omega$

点评:KCL 对结点相连支路电流予以约束,KVL 对回路中的电压予以约束。如果某结点相连支路只有一个未知电流,列出 KCL 方程可直接求解。

1-10 图 1-13 所示电路,试求开路电压 U_{ab} 。

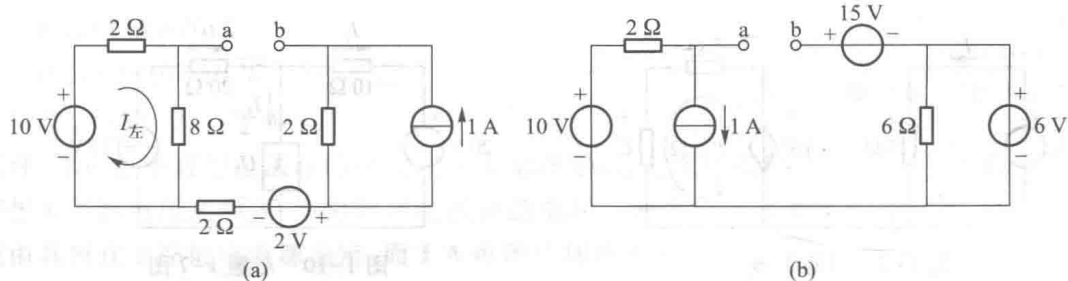


图 1-13 习题 1-10 图

解:(a) 左侧电路电流 $I_x = \frac{10}{2+8} \text{ A} = 1 \text{ A}$, 故 $U_{ab} = 8 \times I_x - 2 - 2 \times 1 = (8 - 4) \text{ V} = 4 \text{ V}$ 。

(b) 沿外侧求 U_{ab} , $U_{ab} = (-2 \times 1 + 10 - 6 - 15) \text{ V} = -13 \text{ V}$ 。

点评:断开的电路分支,因没有电流,故电阻上没有电压,如图(a) 2Ω 电阻上就没有电压。

但是没有电流并不意味着没有电压,如图(a)中的 2 V 和图(b)中的 15 V。同时,应注意区分题目给出的电路是完整电路如本题,还是部分电路如习题 1-1,1-8,1-9。部分电路标电流的分支在完整电路中是有电流通路的,只是没有画出而已,故其电流不一定为零。

1-11 图 1-14 所示电路,试求受控源的功率,并指明功率性质。

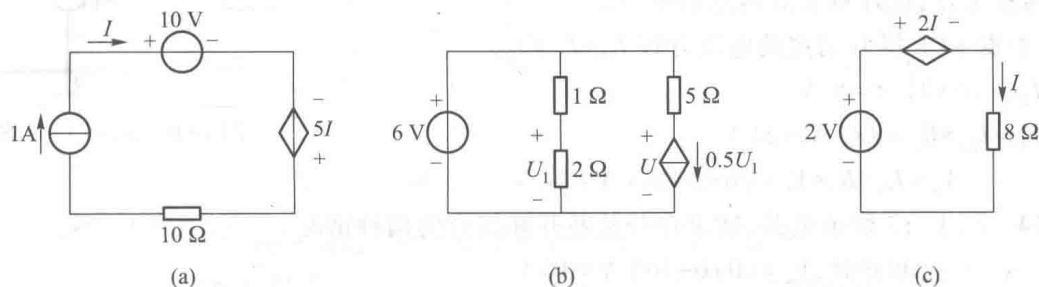


图 1-14 习题 1-11 图

解:(a) 电流控制电压源,而控制电流 $I=1\text{ A}$

故 $P=-I \times 5I=-5\text{ W}$ 发出功率

(b) 电压控制电流源,而控制电压 $U_1 = \frac{6}{2+1} \times 2\text{ V}=4\text{ V}$,受控源电流为 $I=0.5U_1=2\text{ A}$

受控源电压为 $U=(-5 \times 2+6)\text{ V}=-4\text{ V}$

故 $P=(-4 \times 2)\text{ W}=-8\text{ W}$ 发出功率

(c) 电流控制电压源,应用 KVL 求控制电流 I

因 $2I+8I=2$,得 $I=0.2\text{ A}$,受控源电压 $U=0.2 \times 2\text{ V}=0.4\text{ V}$

$P=0.2 \times 0.4\text{ W}=0.08\text{ W}$ 吸收功率

点评:对含受控源电路的分析计算,只要不使控制量消失,就可按一般电路来进行。

1-12 如图 1-15 所示电路,试求电流 I 和 a 点的电位 V_a 。

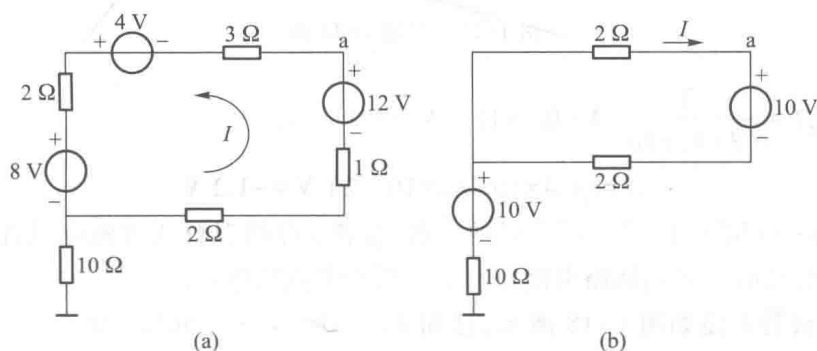


图 1-15 习题 1-12 图

解:(a) 根据 KVL 得回路电压方程 $2I+1I-12+3I-4+2I+8=0$,整理得 $8I-8=0$,解得 $I=1\text{ A}$

故 $V_a=(3 \times 1-4+2 \times 1+8)\text{ V}=9\text{ V}$

(b) 根据 KVL 得回路电压方程: $2I+10+2I=0$,解得 $I=-2.5\text{ A}$ 。

故 $V_a=[10+2 \times (-2.5)+10]\text{ V}=15\text{ V}$

点评:根据做功与路径无关只与起点和终点的位置有关,可理解电压与路径无关。电位是某点到参考点的电压,故计算时可选择容易算的路径,这样并不影响计算结果。

1-13 图 1-16 所示电路, $I_{S1}=6\text{ A}$, $I_{S2}=2\text{ A}$, $R_1=2\ \Omega$, $R_2=3\ \Omega$, 以 0 点为参考点, 试计算 a、b 两点的电位。

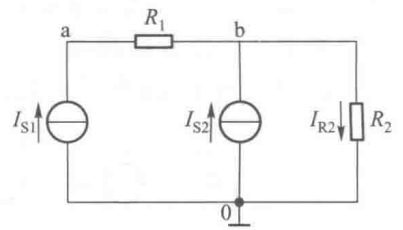


图 1-16 习题 1-13 图

解:根据 KCL 得 b 结点的电流方程 $I_{S1}+I_{S2}=I_{R2}$

$$\text{得 } I_{R2}=(6+2)\text{ A}=8\text{ A}$$

$$\text{故 } V_b=I_{R2}\times R_2=8\times 3\text{ V}=24\text{ V}$$

$$V_a=I_{S1}\times R_1+V_b=(6\times 2+24)\text{ V}=36\text{ V}$$

1-14 图 1-17 所示电路, 试求在开关断开和闭合的两种情况下 a 点电位 V_a 。

解:(a) 开关断开时, $V_a=(0+0+10)\text{ V}=10\text{ V}$

开关闭合时, $V_a=0\text{ V}$

(b) 开关断开时, 流过电阻的电流

$$I=\frac{7-(-2)}{(1+3+2)\times 10^3}\text{ A}=1.5\times 10^{-3}\text{ A}$$

$$V_a=(2\times 10^3\times 1.5\times 10^{-3}-2)\text{ V}=1\text{ V}$$

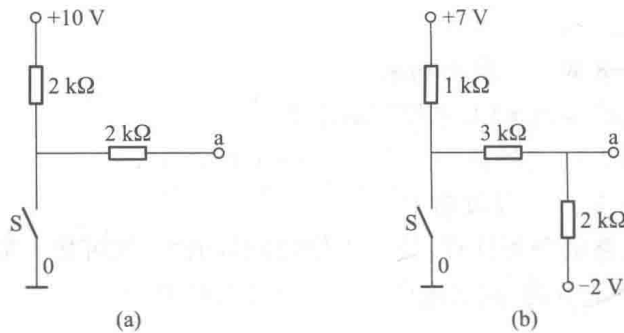


图 1-17 习题 1-14 图

开关闭合时, $I'=\frac{2}{(3+2)\times 10^3}\text{ A}=0.4\times 10^{-3}\text{ A}$ (顺时针方向)。

$$V_a=(0.4\times 10^{-3}\times 2\times 10^3-2)\text{ V}=-1.2\text{ V}$$

点评:比较图(a)和图(b)开关闭合时的电路,前者 a 点经 $2\text{ k}\Omega$ 无电流电阻直接到地,故电位为零;后者形成闭合回路,算出回路电流以及 a 点到参考点的电压。

1-15 某三极管电路如图 1-18 所示, 已知 $U_{BE}=0.7\text{ V}$, $I_C=50I_B$ 。试求电位器滑动端移动时, 电流 I_C 和 U_{CE} 的变化范围。

解:电位器滑动端上移至最上端时, $500\text{ k}\Omega$ 电阻全部接入电路, 此时有

$$(500+100)\times 10^3\times I_B+U_{BE}=6.7$$

得 $I_B=10\times 10^{-6}\text{ A}=10\ \mu\text{A}$, 而 $I_C=50I_B$,

得 $I_C=50I_B=500\ \mu\text{A}=0.5\text{ mA}$

由图有 $1.2\times 10^3\times I_C+U_{CE}=6.7$, 得 $U_{CE}=(6.7-1.2\times 0.5)\text{ V}=6.1\text{ V}$

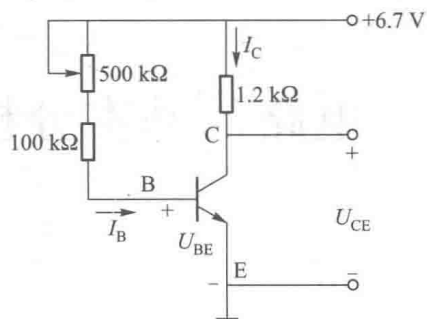


图 1-18 习题 1-15 图

电位器滑动端下移至最下端时, $500\text{ k}\Omega$ 电阻没有接入, 此时有

$100 \times 10^3 \times I_B + U_{BE} = 6.7$, 得 $I_B = 60 \times 10^{-6}\text{ A} = 60\text{ }\mu\text{A}$, 得 $I_C = 50 I_B = 3000\text{ }\mu\text{A} = 3\text{ mA}$

由图有 $1.2 \times 10^3 \times I_C + U_{CE} = 6.7$, 得 $U_{CE} = (6.7 - 1.2 \times 3)\text{ V} = 3.1\text{ V}$

因此, I_C 在 $0.5 \sim 3\text{ mA}$ 范围内变化, U_{CE} 在 $3.1 \sim 6.1\text{ V}$ 范围内变化。

第2章 电路的基本分析方法

2.1 教学内容

等效电路分析:电阻的串、并联,星形和三角形等效变换;两种实际电源模型的等效变换。
网络方程法:支路电流法、网孔电流法和结点电位法。

2.2 教学基本要求

- (1) 深刻理解等效电路的概念。
- (2) 掌握电阻串联、并联、混联电路计算及分压、分流公式的应用。
- (3) 了解电阻星形和三角形等效变换及等效电阻的计算方法。
- (4) 掌握两种实际电源模型的等效变换方法,会进行含源电路的化简。
- (5) 了解网络方程法:支路电流法、网孔电流法和结点电位法;熟练支路电流法和弥尔曼定理。

2.3 知识点解析

一、电阻串联、并联电路的特点及应用

1. 电阻串联、并联电路的特点

表 2-1 给出了电阻串联、并联电路的特点。由此可知,电阻串联阻值加大,电阻并联阻值变小,电阻串联可以分压,电阻并联可以分流。串联电阻阻值大的功率大,并联电阻阻值大的功率小。

表 2-1 电阻串联、并联电路的特点

连接方式	等效电阻	分压/分流关系	两个电阻相连时分压关系	功率分配
串联	$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \dots = \frac{U_n}{R_n} = \frac{U}{R} = I$	$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$ $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$	$\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \dots = \frac{P_n}{R_n} = \frac{P}{R} = I^2$

连接方式	等效电阻	分压/分流关系	两个电阻相连时分压关系	功率分配
并联	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ $R_1 // R_2 \text{ 时 } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	$R_1 I_1 = R_2 I_2 = \dots = R_n I_n = U$	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$ $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$	$R_1 P_1 = R_2 P_2 = \dots = R_n P_n = U^2$

2. 电阻串联、并联电路的应用

电阻串联、并联电路的最典型应用是扩大电压表量程和电流表量程。以万用表的直流电压挡和直流电流挡为例。

万用表的表头是进行各种测量的公用部分。表头内部有一个可动的线圈(称为动圈),它的电阻 R_g 称为表头的内阻。动圈处于永久磁铁的磁场中,当动圈通有电流之后会受到磁场力的作用而发生偏转。固定在动圈上的指针随着动圈一起偏转的角度,与动圈中的电流成正比。当指针指示到表盘刻度的满刻度时,动圈中所通过的电流称为满偏电流 I_g 。 R_g 与 I_g 是表头的两个主要参数。

(1) 直流电压表

将表头串联一只分压电阻 R , 即构成一个简单的直流电压表,如图 2-1 所示。

测量时将电压表并联在被测电压 U 的两端,通过表头的电流与被测电压 U 成正比。

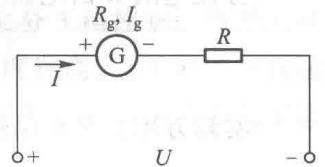


图 2-1 简单的直流电压表

$$I = \frac{U}{R + R_g}$$

若利用转换开关来换接电路中与表头串联的不同数值的分压电阻,就可以实现不同电压量程的多量程电压表。

例如,有一只电流表,内阻 $R_g = 1 \text{ k}\Omega$, 满偏电流为 $I_g = 100 \mu\text{A}$, 要把它改成量程为 $U_n = 3 \text{ V}$ 的电压表,应该串联一只多大的分压电阻 R ?

答:根据串联电阻分压关系有 $\frac{U_g}{R_g} = \frac{U_n}{R_g + R} = I_g$, 设 $n = (U_n / U_g)$, 则 $R = (n - 1) R_g$, 而 $U_n = 3 \text{ V}$, $U_g = 0.1 \text{ V}$, 故应串电阻 $R = \left(\frac{3}{0.1} - 1\right) R_g = 29 \text{ k}\Omega$ 。

结论:将一只量程为 U_g 、内阻为 R_g 的表头扩大到量程为 U_n , 所需要的分压电阻为 $R = (n - 1) R_g$, 其中 $n = (U_n / U_g)$ 称为电压扩大倍数。

如图 2-2 所示,某万用表的直流电压表部分电路,5 个电压量程分别是 $U_1 = 2.5 \text{ V}$, $U_2 = 10 \text{ V}$, $U_3 = 50 \text{ V}$, $U_4 = 250 \text{ V}$, $U_5 = 500 \text{ V}$, 已知表头参数 $R_g = 3 \text{ k}\Omega$, $I_g = 50 \mu\text{A}$ 。

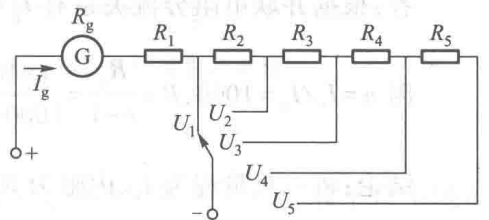


图 2-2 多量程直流电压表