

电工与电子技术学习辅导

王艳丹 段玉生 编著
Wang Yandan Duan Yusheng

清华大学出版社

电工与电子技术学习辅导

王艳丹（清华大学电机系）
段玉生（清华大学电机系） 编著

清华大学出版社
北京

前言

本书是为段玉生、王艳丹、何丽静编著的《电工电子技术与 EDA 基础》(上、下册,清华大学出版社出版。以下简称教材 1)和王鸿明、段玉生、王艳丹编著的《电工与电子技术》(第 2 版)(上、下册,高等教育出版社出版。以下简称教材 2)所编写的学习辅导书。每章内容包括基本要求、内容总结和习题解答(教材 2),并在重点章节增加了例题精选。目的在于让学生明确每一章节的具体要求,更好地掌握电工电子技术课程所涉及的基本概念、基本电路和基本分析方法。文中带 * 的内容为扩展内容,少学时不要求。

本书具有以下特色。

(1) 在基本要求中,明确每章的具体要求和应重点掌握的知识点。

(2) 在内容总结中,对基本概念、分析方法进行总结,对难点加以阐述,在学习方法上予以指导。对某些章节的教材内容还进行了适当的扩展和补充,以提高、拓展学生分析问题的能力。

(3) 在第 1~7、14、15、18、21 章增加了例题精选。其中第 1~7 章(电路分析)的题目主要选自教材 1 相关章节的重、难点习题,第 14、15、18、21 章的部分题目选自国外教材(见参考文献[9~11]),力求使学生通过分析一些新颖的习题进一步加深对电路分析方法的理解。

(4) 提供了教材 2 第 1~12 章和第 14~24 章的习题解答,其中第 2 章和第 3 章的若干典型习题还提供了多种解题方法,以帮助学生针对具体电路选择合适的解题方法。第 13 章电路仿真部分所使用的软件以 Multisim 为主,同时也提供了 AIM-SPICE 和 TINA 软件的电路仿真例题。由于 TINA 和 Multisim 的功能大部分类似,因此为了避免重复, TINA 软件的仿真例题以体现其特色功能为主。AIM-SPICE 是 SPICE 的内核软件,练习使用 AIM-SPICE 进行电路仿真,对于熟悉 SPICE 指令和元件模型,从而更好地掌握 Multisim 和 TINA 等软件是很有帮助的。

(5) 提供了五套电工电子技术相关课程的考试试题及其参考答案和评分标准,可以帮助学生自测,了解自己对课程的掌握情况。

本书第 13 章全章和第 14、15、18、21 章的例题精选由段玉生老师编写,其他内容均由王艳丹编写。在本书的编写过程中,得到了王鸿明教

授的大力帮助,采纳了他提出的许多建议和修改意见,特此致谢。

本书承蒙北京理工大学刘蕴陶教授悉心审阅,提出了很多宝贵意见和修改建议,在此深表感谢。

由于编者的能力和水平有限,书中难免有疏漏、错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2011年4月

目 录

第 1 章	电路元件与电路定律	1
第 2 章	电路的分析方法	18
第 3 章	正弦电流电路	48
第 4 章	周期性非正弦电流电路	71
第 5 章	电路中的谐振和频率特性	84
第 6 章	三相交流电路与安全用电	95
第 7 章	电路的暂态过程	111
第 8 章	磁路、交流铁芯线圈和变压器	141
第 9 章	电动机	150
第 10 章	继电器控制	164
第 11 章	可编程控制器(PLC)	171
第 12 章	电工测量	186
第 13 章	电路仿真	190
第 14 章	二极管、晶体管和场效应管	202
第 15 章	基本放大电路	222
第 16 章	差放、功放和运放	246
第 17 章	负反馈	255
第 18 章	集成运放的应用	268
第 19 章	电源	296
第 20 章	逻辑代数	308
第 21 章	组合逻辑电路	319
第 22 章	时序逻辑电路	335

第 23 章 脉冲信号的产生和整形	349
第 24 章 大规模集成电路	359
附录 考试试题及参考答案和评分标准	372
试题 1 电工技术考试试题(1)	372
试题 2 电工技术考试试题(2)	374
试题 3 电工与电子技术考试试题	375
试题 4 电子技术考试试题(1)	377
试题 5 电子技术考试试题(2)	379
试题 1 解答 电工技术考试试题(1)的参考答案和评分标准	381
试题 2 解答 电工技术考试试题(2)的参考答案和评分标准	386
试题 3 解答 电工与电子技术考试试题的参考答案和评分标准	391
试题 4 解答 电子技术考试试题(1)的参考答案和评分标准	396
试题 5 解答 电子技术考试试题(2)的参考答案和评分标准	402
参考文献	408

电路元件与电路定律

1.1 基本要求

(1) 理解电压、电流、电动势、电位、功率等物理量的定义,认识参考方向在电路分析中的重要性,掌握电路功率的计算方法。

(2) 掌握电阻、电感、电容、电压源、电流源等电路元件的端口特性,掌握电压源和电流源之间等效变换的条件和方法。

(3) 理解并掌握基尔霍夫定律的应用。

(4) 符号约定。随时间变化的电压、电流用小写字母(例如 u 、 i)表示,直流电压、电流用大写字母(例如 U 、 I)表示。

1.2 内容总结

本章主要内容为电路的基本概念和基本定律,是电路分析最基础的内容,将贯穿整个电工电子课程。对初学者来说,得益于中学物理和大学物理的学习,容易理解和掌握电路的基本概念和方法,但这同时也使得相当一部分同学在分析电路时沿袭以前的解题习惯,不注意一些新的规定和约定,如在分析电路时先设正方向、符号的约定,过于偏好叠加原理。

本章的要点如下。

1. 电路中物理量的实际方向与参考方向

(1) 电流的实际方向

电荷的定向移动形成电流。电流定义为单位时间内穿过某一横截面的电荷量。电流的实际方向规定为正电荷流动的方向。

(2) 电压的实际方向

在电场力的作用下,将单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功称为 A 点和 B 点之间的电压。电压的实际方向规定为电压降的方向。

(3) 电动势的实际方向

电动势为描述电压源特性的一个参数,定义为电源内部非电场力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功。其实际方向规定为电源内部电压升的方向。

(4) 参考方向

参考方向是人为假定的方向,亦称正方向、假定方向。在分析电路时,首先要设定参考方向,否则电路的分析无意义。电流的参考方向可用双下标、箭头表示。电压、电动势的参考方向可用正负号、双下标表示(也有一些教材采用箭头表示)。当计算结果为正时,实际方向与参考方向一致;当计算结果为负时,实际方向与参考方向相反。

2. 参考节点和电位

参考节点是人为指定的节点。参考节点的电位可设为0。其他点的电位均指该点与参考点之间的电压。

3. 功率的计算和功率平衡

在计算功率时,约定计算消耗功率。功率的计算公式与电压和电流的参考方向有关。在参考方向一致时,计算公式为 $P=UI$;在参考方向不一致时,为 $P=-UI$ 。这样规定后,当计算结果为正时,实际功率为消耗的功率;当计算结果为负时,实际功率为提供的功率。

任何电路在任意时刻消耗的总功率和发出的总功率相等,即功率的代数和为0,称为功率平衡,可表示为 $\sum P = 0$ 。

4. 理想电阻、电感和电容的端口特性

在电压和电流的参考方向一致时,理想电阻、电感和电容的端口特性可分别表示为

$$u_R = i_R R$$

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

在电压和电流的参考方向不一致时,上述表达式前加负号。

5. 电压源和电流源

描述一个电源元件对外电路的作用可以用电压源模型,亦可用电流源模型,两种电源模型的电路如图1.2.1所示。若图1.2.1(a)的内阻为零,则该模型称为理想电压源。直流理想电压源的端电压为常数,与外部负载无关,故称为恒压源。若图1.2.1(b)的内阻为 ∞ ,则该模型称为理想电流源。直流理想电流源端口输出的电流为常数,与外部负载无关,故也称为恒流源。理想电源是为了便于电

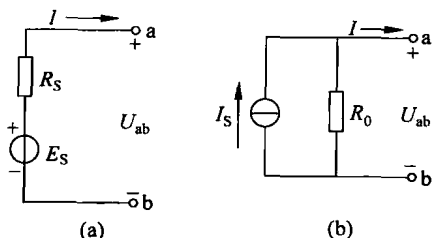


图1.2.1 电压源模型和电流源模型
(a) 电压源模型; (b) 电流源模型

路分析而抽象出来的一个数学模型。

当电压源模型和电流源模型的参数满足 $R_s = R_0$, $E_s = I_s R_s$ 时,其端口特性相同,这就是电压源和电流源等效互换的条件。在作电源模型的等效互换时,要注意两点:①只有实际的电压源和实际的电流源才可进行等效变换,理想电压源与理想电流源不能等效互换;②电压源电动势的正方向和电流源电流的正方向相对于电源端口一致。

电源模型的等效变换可用在电路分析中以简化电路。

电源在电路中可以是供电方,也可以是负载(如电池在充电时)。

6. 欧姆定律

欧姆定律描述了电阻的端口特性,其表达式与电阻的电压和电流的参考方向有关。在参考方向一致时, $U = IR$; 在参考方向不一致时, $U = -IR$ 。

7. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括:基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。

KCL: 在任意时刻,流入某个节点的电流等于同一时刻从该节点流出的电流,即与该节点相连的所有支路电流的代数和等于零,可以表示为 $\sum_{\text{node}} i = 0$ 。KCL 可以推广到广义节点。广义节点是指包含部分电路的一个闭合曲面。

KVL: 在任意时刻,沿电路内任意一个回路绕行一周,该回路内所有支路或元件电压的代数和为零,可以表示为 $\sum_{\text{loop}} u = 0$ 。KVL 可以推广到端口开路的电路(即不闭合的电路)。

1.3 例题精选

例 1 (教材 1,【1.4】指教材 1 的习题【1.4】,下同)将图 1.3.1 所示各电压源转换成电流源。

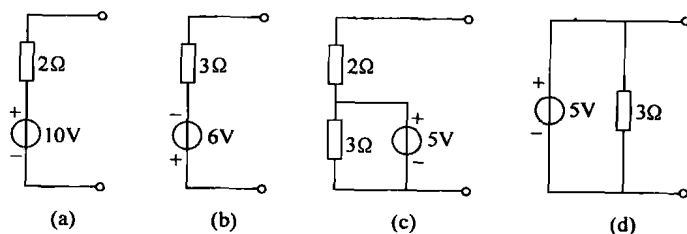


图 1.3.1 例 1 图 1

解 图 1.3.1(a)、(b)、(c)所示电压源的转换结果分别如图 1.3.2(a)、(b)、(c)所示。图 1.3.1(d)所示电压源可以等效为图 1.3.2(d)所示的理想电压源,但无法转换为电流源。

例 2 (教材 1,【1.5】)将图 1.3.3 所示各电流源转换成电压源。

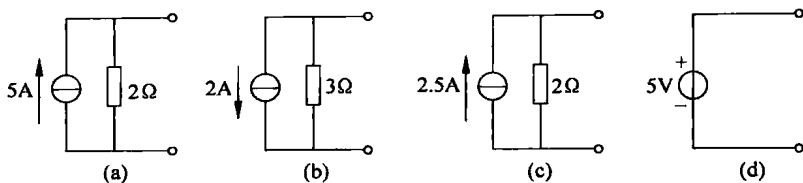


图 1.3.2 例 1 图 2

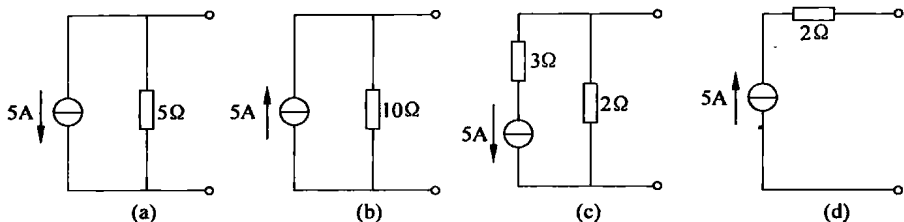


图 1.3.3 例 2 图 1

解 图 1.3.3(a)、(b)、(c)所示电流源的转换结果分别如图 1.3.4(a)、(b)、(c)所示。图 1.3.3(d)所示电流源可以等效为图 1.3.4(d)所示的理想电流源,但无法转换为电压源。

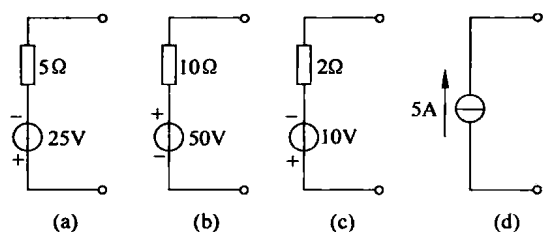


图 1.3.4 例 2 图 2

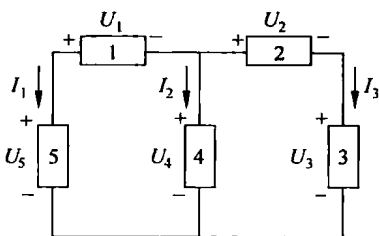


图 1.3.5 例 3 图

例 3 图 1.3.5 所示电路中的 5 个元件代表电源或负载,其端电压和电流的参考方向如图所示。已知 $I_1 = -4\text{A}$, $I_2 = 10\text{A}$, $I_3 = -6\text{A}$, $U_1 = 80\text{V}$, $U_2 = -30\text{V}$, $U_3 = 90\text{V}$, $U_4 = 60\text{V}$, $U_5 = 140\text{V}$ 。

(1) 计算各元件的功率,判断哪些元件是供电电源,哪些元件是负载。

(2) 在该电路中,功率是否守恒?

解 (1) 各元件的功率分别为

$$P_1 = -U_1 I_1 = -80 \times (-4) = 320(\text{W})$$

$$P_2 = U_2 I_3 = (-30) \times (-6) = 180(\text{W})$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 90 \times (-6) = -540(\text{W})$$

$$P_4 = U_4 I_2 = 60 \times 10 = 600(\text{W})$$

$$P_5 = U_5 I_1 = 140 \times (-4) = -560(\text{W})$$

由计算结果的正负可知,元件 3 和 5 为供电电源,元件 1、2 和 4 为负载。

(2) 由(1)的计算结果可得 $\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 0$,所以,功率守恒。

例 4 (教材 1,【1.6】)利用两种电源等效互换的方法,求图 1.3.6 电路中的 I = ?

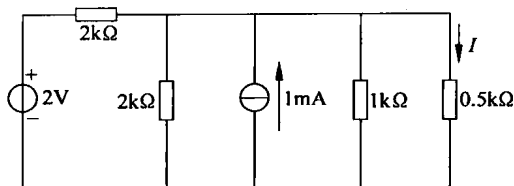
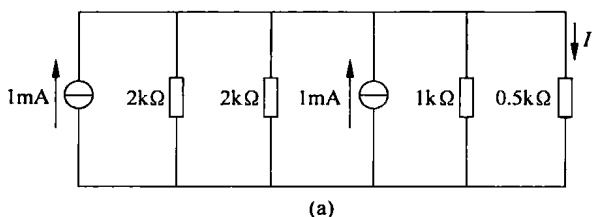
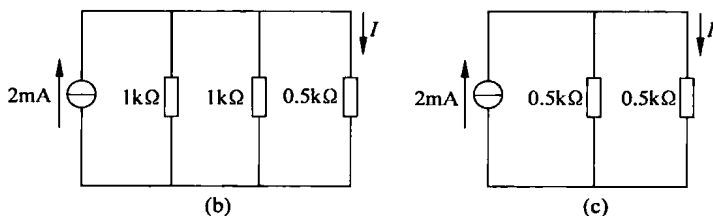


图 1.3.6 例 4 图 1

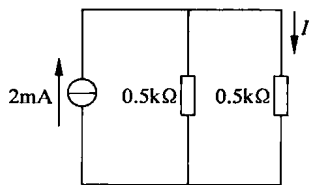
解 将图 1.3.6 所示的电路作等效变换,变换的过程依次如图 1.3.7(a)、(b)、(c) 所示。



(a)



(b)



(c)

图 1.3.7 例 4 图 2

由图 1.3.7(c)所示的电路,得

$$I = 1(\text{mA})$$

例 5 (教材 1,【1.2】)某电源的开路电压 $U_{OC} = 2\text{V}$,短路电流 $I_{SC} = 2\text{A}$,求该电源的电动势及内阻。

解 电源的电动势和内阻分别为

$$E_s = U_{OC} = 2(\text{V})$$

$$R_s = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \frac{2}{2} = 1(\Omega)$$

例 6 (教材 1,【1.3】)某电源的开路电压 $U_{OC} = 10\text{V}$,当外接电阻 $R = 5\Omega$ 时,电源的端电压 $U = 5\text{V}$,求该电源的电动势及电阻。

解 电源的电动势和内阻分别为

$$E_s = U_{OC} = 10(\text{V})$$

$$R_s = \left(\frac{U_{OC}}{U} - 1 \right) \times R = \left(\frac{10}{5} - 1 \right) \times 5 = 5(\Omega)$$

例 7 (教材 1,【1.9】)求图 1.3.8 所示电路中各理想电压源中的电流。

解 在图 1.3.8 所示的电路中标示所选参考节点、电路分析中将采用的节点 A ~

D 和各支路电流的参考方向。由电路图可知: $V_A = 5\text{V}$, $V_B = 20\text{V}$, $V_C = -10\text{V}$, $V_D = 2\text{V}$ 。所以

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{50} = \frac{-15}{50} = -0.3(\text{A})$$

$$I_2 = \frac{U_{BC}}{10} = \frac{30}{10} = 3(\text{A})$$

$$I_3 = \frac{U_{DC}}{10} = \frac{12}{10} = 1.2(\text{A})$$

$$I_4 = \frac{U_{AD}}{300} = \frac{3}{300} = 0.01(\text{A})$$

$$I_{S1} = I_1 + I_4 = -0.29(\text{A})$$

$$I_{S2} = I_2 - I_1 = 3.3(\text{A})$$

$$I_{S3} = -I_2 - I_3 = -4.2(\text{A})$$

$$I_{S4} = I_3 - I_4 = 1.19(\text{A})$$

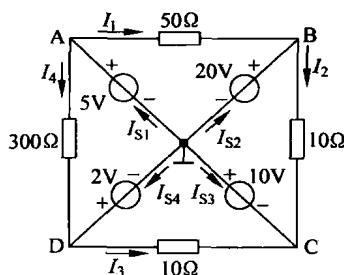


图 1.3.8 例 7 图

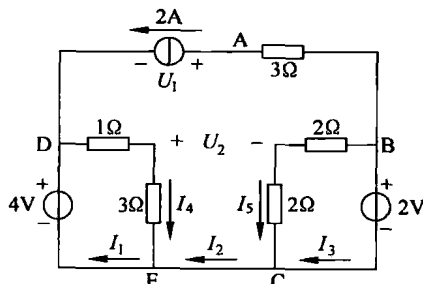


图 1.3.9 例 8 图

例 8 (教材 1,【1.10】)求图 1.3.9 所示电路中的 I_1 、 I_2 、 I_3 、 U_1 、 U_2 。

解 在图 1.3.9 所示的电路中标记电路分析要用的节点。由电路可得

$$I_4 = \frac{4}{4} = 1(\text{A})$$

$$I_5 = \frac{2}{4} = 0.5(\text{A})$$

分别列节点 D、B、C 的电流方程,有

$$I_1 = I_4 - 2 = -1(\text{A})$$

$$I_3 = -I_5 - 2 = -2.5(\text{A})$$

$$I_2 = I_5 + I_3 = -2(\text{A})$$

根据 KVL,可得

$$U_1 = U_{AB} + U_{BC} + U_{CE} + U_{ED} = -2 \times 3 + 2 + 0 - 4 = -8(\text{V})$$

$$U_2 = I_4 \times 3 - I_5 \times 2 = 1 \times 3 - 0.5 \times 2 = 2(\text{V})$$

例 9 (教材 1,【1.11】)在图 1.3.10 所示的电路中,已知 $I_0 = 10\text{mA}$, $U_1 = 18\text{V}$, $R_1 = 3\text{k}\Omega$, $R_2 = 1\text{k}\Omega$, $R_3 = 2\text{k}\Omega$,求电流表 A_4 、 A_5 的读数。

解 在图 1.3.10 所示的电路中标记电路分析所用的节点,并设电压 U_3 的参考方向如

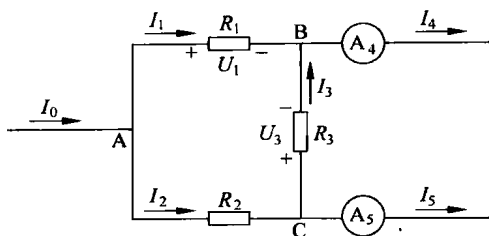


图 1.3.10 例 9 图

图所示,则有

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{18}{3} = 6(\text{mA})$$

列节点 A 的电流方程,可得

$$I_2 = I_0 - I_1 = 4(\text{mA})$$

列 $R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_1 \rightarrow R_2$ 回路的电压方程,可得

$$U_3 = U_1 - I_2 R_2 = 18 - 4 \times 1 = 14(\text{V})$$

所以

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{14}{2} = 7(\text{mA})$$

分别列节点 B、C 的电流方程,可得

$$I_4 = I_1 + I_3 = 6 + 7 = 13(\text{mA})$$

$$I_5 = I_2 - I_3 = 4 - 7 = -3(\text{mA})$$

即电流表 A_4 、 A_5 的读数分别为 13mA 和 -3mA。

例 10 (教材 1,【1.15】)用电源等效变换法求图 1.3.11 所示电路中的 I_1 、 I_2 。

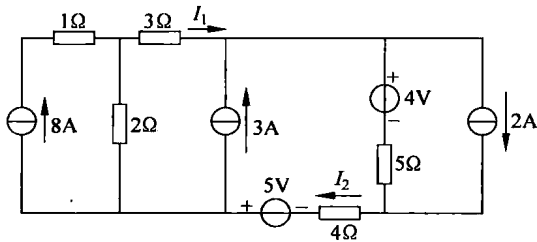


图 1.3.11 例 10 图 1

解 采用电源等效变换法可将图 1.3.11 所示的电路图依次等效变换为图 1.3.12(a)、(b)、(c)所示的电路。

列图 1.3.12(c)所示电路的 KCL 和 KVL 方程,有

$$I_1 + 3 - I_2 = 0$$

即

$$I_2 = I_1 + 3$$

$$5I_1 + 9I_2 - 11 - 16 = 0$$

即

$$5I_1 + 9I_2 = 27$$

解得

$$I_1 = 0$$

$$I_2 = 3(\text{A})$$

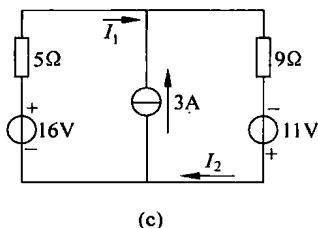
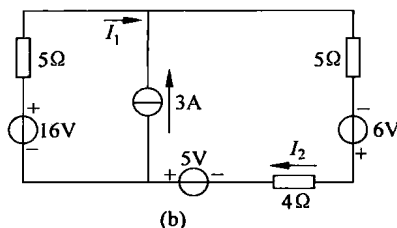
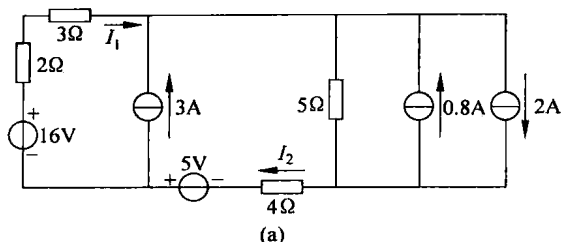


图 1.3.12 例 10 图 2

1.4 习题解答(教材 2)

【1.6】 电路如图 1.4.1 所示。

(1) 若 $V_A = 10\text{V}$, $V_B = -10\text{V}$, $I = 1\text{A}$, 求电压 U_{AB} 和功率 P , 判断该元件是负载还是供电电源;

(2) 若 $V_A = 10\text{V}$, $U_{AB} = -20\text{V}$, $I = 1\text{A}$, 求电位 V_B 和功率 P , 判断该元件是负载还是供电电源。

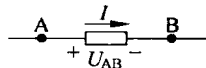


图 1.4.1 习题 1.6 图

解 (1) 根据电路图中所设电压和电流的正方向, 可得

$$U_{AB} = V_A - V_B = 20(\text{V})$$

$$P = U_{AB}I = 20(\text{W})$$

$P > 0$, 所以该元件为负载。

(2) 根据电路图, 可得

$$V_B = V_A - U_{AB} = 30(\text{V})$$

$$P = U_{AB}I = -20(\text{W})$$

$P < 0$, 所以该元件为供电电源。

【1.7】 电路如图 1.4.2 所示。求各支路的功率 P , 判断该支路是消耗功率还是输出功率。其中图(c)中 $U_{AB} = 10\text{V}$ 。

解 图(a)中, 有

$$U_{AB} = 3 + 2 \times 1 = 5(\text{V})$$

$$I_{AB} = 2(\text{A})$$

$$P = U_{AB} I_{AB} = 10(\text{W})$$

$P > 0$, 所以该支路消耗功率。

图(b)中, 有

$$U_{AB} = -1 \times 1 + 5 = 4(\text{V})$$

$$I_{AB} = -1(\text{A})$$

$$P = U_{AB} I_{AB} = -4(\text{W})$$

$P < 0$, 所以该支路输出功率。

图(c)中, 有

$$P = U_{AB} I_{AB} = 10 \times (-1) = -10(\text{W})$$

$P < 0$, 所以该支路输出功率。

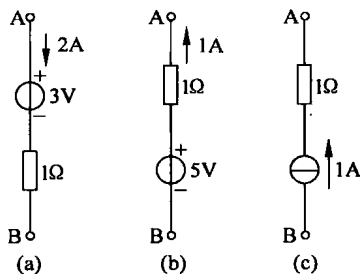


图 1.4.2 习题 1.7 图

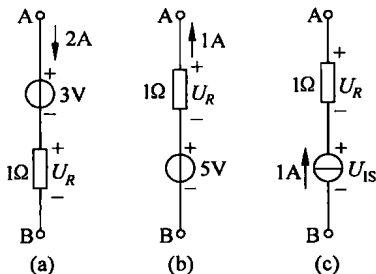


图 1.4.3 习题 1.8 图

【1.8】 电路如图 1.4.3 所示。求出电路中每一个元件的功率值, 判断它们是负载还是供电电源。其中图(c)中 $U_{AB} = 10\text{V}$ 。

解 分别在图中设置各元件电压和电流的正方向。

图(a)中, 有

$$P_{US} = 3 \times 2 = 6(\text{W})$$

$$P_R = I^2 R = 4 \times 1 = 4(\text{W})$$

计算结果表明, $P_{US} > 0$, $P_R > 0$, 所以该支路的两个元件均为负载。

图(b)中, 有

$$P_{US} = -5 \times 1 = -5(\text{W})$$

$$P_R = I^2 R = 1 \times 1 = 1(\text{W})$$

计算结果表明, $P_{US} < 0$, $P_R > 0$, 所以该支路的电压源为供电电源, 电阻为负载。

图(c)中, 有

$$U_{IS} = U_{AB} - U_R = 10 - 1 \times (-1) = 11(\text{V})$$

$$P_{IS} = -11 \times 1 = -11(\text{W})$$

$$P_R = I^2 R = 1 \times 1 = 1(\text{W})$$

计算结果表明, $P_{IS} < 0$, $P_R > 0$, 所以该支路的电流源为供电电源, 电阻为负载。

【1.9】 电路如图 1.4.4 所示。

(1) 开关 S 打开时, 求电阻中的电流以及 A、B、C、E 点的电位值。

(2) 开关 S 闭合时, 求 A、B、C、E 点的电位值。

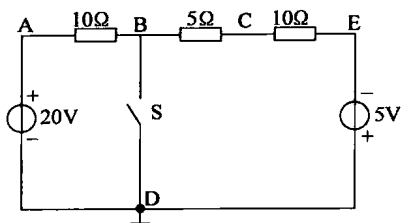


图 1.4.4 习题 1.9 图 1

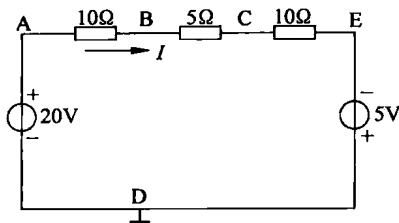


图 1.4.5 习题 1.9 图 2

解 (1) 开关 S 打开时, 电路如图 1.4.5 所示。由电路图可得

$$V_A = 20(\text{V})$$

$$V_E = -5(\text{V})$$

$$I = \frac{20 + 5}{10 + 5 + 10} = 1(\text{A})$$

$$V_B = V_A - I \times 10 = 20 - 10 = 10(\text{V})$$

$$V_C = V_E + I \times 10 = -5 + 10 = 5(\text{V})$$

(2) 开关 S 闭合时, 电路如图 1.4.6 所示。由电路图可得

$$V_A = 20(\text{V})$$

$$V_E = -5(\text{V})$$

$$V_B = V_D = 0$$

$$V_C = -\frac{5}{10 + 5} \times 5 \approx -1.67(\text{V})$$

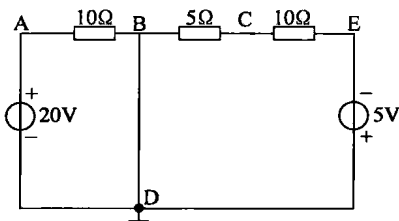


图 1.4.6 习题 1.9 图 3

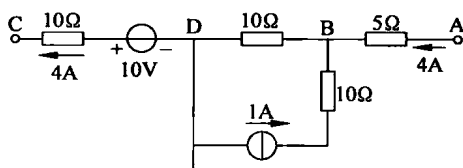


图 1.4.7 习题 1.10 图

【1.10】 电路如图 1.4.7 所示。已知 $V_D = 0$, 求 A、B、C 点的电位及电压 U_{AC} 。

解 由电路图可得

$$V_A = U_{AB} + U_{BD} = 5 \times 4 + (4 + 1) \times 10 = 70(\text{V})$$

$$V_B = U_{BD} = (4 + 1) \times 10 = 50(\text{V})$$

$$V_C = U_{CD} = -4 \times 10 + 10 = -30(\text{V})$$

$$U_{AC} = V_A - V_C = 70 + 30 = 100(\text{V})$$

【1.11】 电路如图 1.4.8 所示。已知铝导线的截面积 $S = 6\text{mm}^2$, 若要求 $U_L = 220\text{V}$, 负载 R_L 的功率 $P_L = 2\text{kW}$, 求电压 U_1 。

解 100m 长输电线路的等效电阻为

$$R_l = \rho \frac{l}{S} = 2.65 \times 10^{-8} \times \frac{100}{6 \times 10^{-6}} \approx 0.442(\Omega)$$

可得图 1.4.9 所示的等效电路。

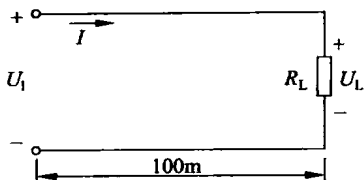


图 1.4.8 习题 1.11 图 1

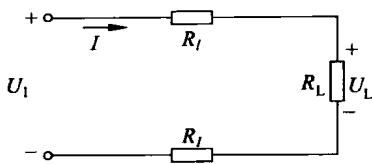


图 1.4.9 习题 1.11 图 2

由等效电路可得

$$R_L = \frac{U_L^2}{P_L} = \frac{220^2}{2000} = 24.2(\Omega)$$

$$U_1 = \frac{2R_l + R_L}{R_L} U_L = \frac{0.884 + 24.2}{24.2} \times 220 \approx 228(\text{V})$$

【1.12】 电路如图 1.4.10 所示。求电压 U 及电阻 R_1 和 R_2 的值。

解 由电路图可得

$$I_1 = I - I_2 = 4.5 - 2 = 2.5(\text{A})$$

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2} = \frac{2}{2.5^2} = 0.32(\Omega)$$

$$U = I_1 R_1 = 0.8(\text{V})$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{0.8}{2} = 0.4(\Omega)$$

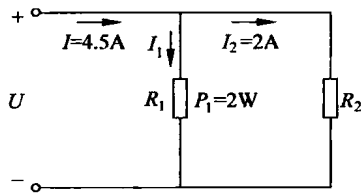


图 1.4.10 习题 1.12 图

【1.13】 电路如图 1.4.11 所示。求：图(a)中的电压 U 和电流 I ；图(b)中的电压 U 和电流 I_1 、 I_2 。

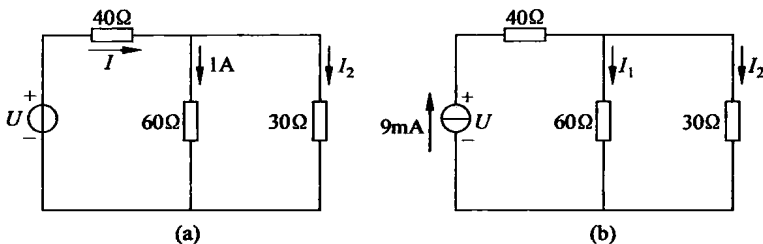


图 1.4.11 习题 1.13 图

解 (a) 由电路图可得

$$I_2 = \frac{60 \times 1}{30} = 2(\text{A})$$

$$I = 1 + I_2 = 3(\text{A})$$

$$U = 3 \times 40 + 1 \times 60 = 180(\text{V})$$

(b) 由电路图可得

$$I_1 = \frac{30}{60 + 30} \times 9 = 3(\text{mA})$$