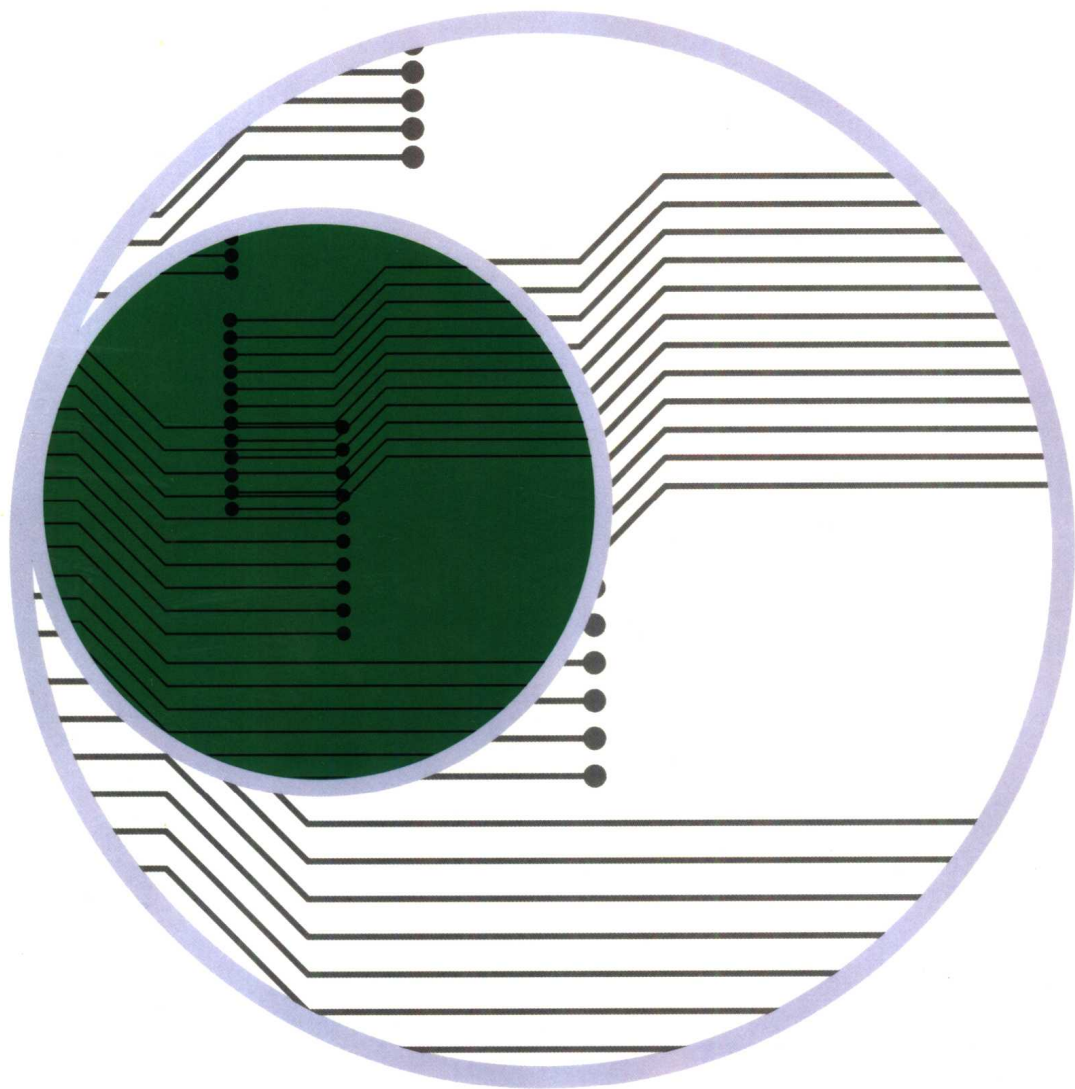


高等学校通用教材

电路与电子技术

主 编：张正明

副主编：卓郑安



北京航空航天大学出版社

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

71113
8311

电路与电子技术 71113

主 编 张正明
副主编 卓郑安

北京航空航天大学出版社

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

1111111111

目 录

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

1.1 电路及模型	1
1.1.1 电路的作用及组成	1
1.1.2 实际电路及电路模型	1
1.2 电路的基本物理量及正方向	2
1.2.1 电 流	2
1.2.2 电 压	2
1.2.3 电动势	2
1.2.4 功 率	3
1.3 电路的工作状态	3
1.3.1 电路开路工作状态	3
1.3.2 电路短路工作状态	3
1.3.3 电路有载工作状态	4
1.3.4 电路元件额定值	4
1.4 欧姆定律	4
1.4.1 欧姆定律	4
1.4.2 含源支路欧姆定律	5
1.4.3 广义的欧姆定律	5
1.5 基尔霍夫定律	6
1.5.1 基尔霍夫定律综述	6
1.5.2 基尔霍夫电流定律 KCL	7
1.5.3 基尔霍夫电压定律 KVL	7
1.6 电位的概念及计算	8
1.6.1 电位的概念	8
1.6.2 电位的计算	9
1.6.3 电子电路中电路图的习惯画法	9
本章小结	9
习 题	10

第 2 章 电路的分析方法

2.1 电阻的等效变换	13
2.1.1 电阻的串联及分压	13
2.1.2 电阻的并联及分流	13

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

本章主要讨论电路的基本物理量及正方向、电路的工作状态等基本概念,并讨论欧姆定律和基尔霍夫定律等基本定律,这些内容都是分析与计算电路的基础。

1.1 电路及模型

1.1.1 电路的作用及组成

电路是电流的通路。它可以实现电能的传输和转换,也可以进行信号的传递和处理,如图 1-1(a)所示的电力系统和如图 1-1(b)所示的扩音系统即为电路的示意图。

电路一般由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源是产生电能和电信号的装置,如图 1-1 所示的发电机和话筒。负载是取用电能的设备,如图 1-1 所示的电动机和扬声器。中间环节是连接电源和负载的电气部分,如图 1-1 所示的变压器、放大器及连接导线。

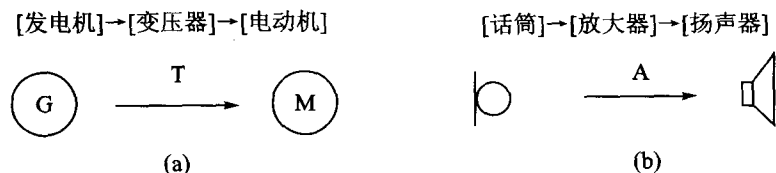


图 1-1 实际电路

1.1.2 实际电路及电路模型

实际电路由起不同作用的电源、负载和中间环节三个组成部分的实际元器件所组成,如图 1-1 所示的电路即为实际电路。

电路模型是由一些理想化的电路元件所组成,理想电路元件主要有电压源、电流源、电阻、电感和电容等元件。如图 1-2 所示的电路模型就是如图 1-1 所示的实际电路的简化电路模型。

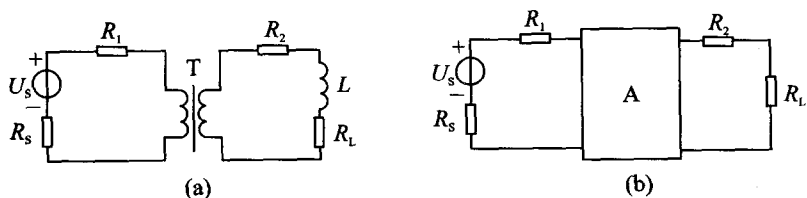


图 1-2 电路模型

本书所分析的电路都是指电路模型,各种理想电路元件都用国际或国家标准所规定的图形符号来表示。

1.2 电路的基本物理量及正方向

1.2.1 电 流

电流定义为单位时间内通过导体截面的电量,用符号 i 来表示。

$$i = dq/dt \tag{1-1}$$

若 $dq/dt=$ 常数,则称为恒定电流(直流),用符号 I 来表示。电流的常用单位为 A(安培)、kA(千安)、mA(毫安)、 μ A(微安)等。

习惯上把正电荷的运动方向规定为电流的方向。但在分析较复杂的电路时,往往事先不可能知道电流的实际方向。为此,在电路的分析与计算时,必须首先对有关电流选定某一方向作为电流的正方向(即参考方向)。

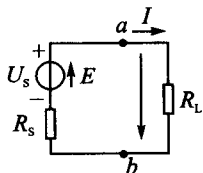


图 1-3 电量参考方向

电流的正方向(即参考方向)用箭头(\rightarrow)或双下标 I_{ab} 来表示,如图 1-3 电路中所示。根据该电流参考方向,才可以确定有关电量公式的公式符号。如图 1-3 所示电路中,可列写: $U = +I R_L$ 。也由该参考方向,才可以确定电流的数值符号,并进而确定电流的实际方向。在如图 1-3 电路中,若 $I = +3$ A,则表示实际电流在 R_L 上实际方向为由上而下;若 $I = -3$ A,则表示实际电流在 R_L 上实际方向为由下而上。

1.2.2 电 压

a 点到 b 点的电压定义为单位正电荷由 a 点移到 b 点时电场力所做的功。用符号 u 来表示。

$$u_{ab} = dw/dq \tag{1-2}$$

若 $dw/dq=$ 常数,则称为恒定电压(直流),用符号 U 来表示。电压的常用单位为 V(伏特)、kV(千伏)、mV(毫伏)、 μ V(微伏)等。

电压的实际方向为电位的降落方向,电压的正方向(即参考方向)为电路分析与计算时的约定方向。同电流一样,在电路的分析与计算时,也必须首先对有关电压选定正方向(即参考方向),根据该参考方向,才可以确定有关电量的公式符号。也由该参考方向,才可以确定电压的数值符号,并进而确定电压的实际方向。在如图 1-3 电路中,若 $U = +3$ V,则表示电压在 R_L 上的实际极性为上正下负;若 $U = -3$ V,则表示实际极性为下正上负。电压的参考方向用箭头(\rightarrow)或双下标 U_{ab} 或极性来表示,如图 1-3 所示。

1.2.3 电动势

电动势可定义为在电源内部由非电场力把单位正电荷由电源负极移到电源正极所做的功。用符号 e 来表示,在直流中用大写符号 E 来表示。电动势的方向,定为在电源内部由电源负极指向电源正极,即电位升的方向,如图 1-3 所示。电动势的常用单位为电压单位,如 V、kV 等。

1.2.4 功率

功率定义为单位时间内能量的变化率,用符号 p 来表示。

$$p = d\omega/dt \quad (1-3)$$

若 $d\omega/dt = \text{常数}$, 则称为恒定功率(直流),用符号 P 来表示。功率的常用单位为 W(瓦特)、kW(千瓦)和 mW(毫瓦)等。在电功率 P 的分析与计算中,元件功率的计算公式为

$$P = \pm UI \quad (1-4)$$

当元件两端电压与电流的正方向为一致或称正方向关联时取正号;反之,两者的正方向为非关联时,则取负号。

按上述公式计算后,若计算结果 $P > 0$, 则该元件在电路中消耗功率,元件的性质为负载;反之,若 $P < 0$, 则产生功率,元件的性质为电源。

例 1-1 如图 1-4 所示电路中,已知: $U = 220 \text{ V}$, $I = -1 \text{ A}$ 。

试问哪个元件为负载? 哪个元件为电源?

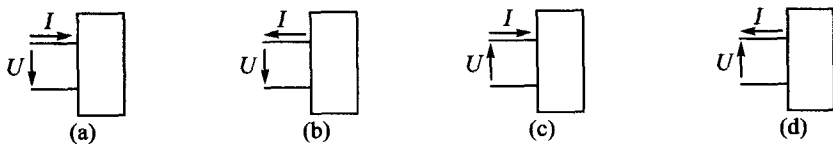


图 1-4 例 1-1 图

解

图 1-4(a): U 、 I 正方向关联, $P = +UI = -220 \text{ W}$, P 为产生功率,元件性质为电源。

图 1-4(b): U 、 I 正方向非关联, $P = -UI = 220 \text{ W}$, P 为消耗功率,元件性质为负载。

图 1-4(c): U 、 I 正方向非关联, $P = -UI = 220 \text{ W}$, P 为消耗功率,元件性质为负载。

图 1-4(d): U 、 I 正方向关联, $P = +UI = -220 \text{ W}$, P 为产生功率,元件性质为电源。

1.3 电路的工作状态

电路一般有开路、短路及有载三种工作状态。

1.3.1 电路开路工作状态

在如图 1-5 所示电路中,开关 S 在“1”位。负载电阻 $R_L = \infty$, 电流 $I = 0$, 电源端电压 $U_0 = E$, 功率 $P = P_s = 0$, 电源不输出功率。

1.3.2 电路短路工作状态

在如图 1-5 所示电路中,开关 S 在“2”位。负载电阻 $R_L = 0$, 电流 $I_s = E/R_s$, 一般会很大,甚至烧毁电源,所以应尽量避免,一般需用保险丝即熔断器来保护电源。

负载上的功率 $P = 0$, 电源内阻上功率 $P_s = I_s^2 R_s$, 在内阻 R_s 上产生大量的热量。

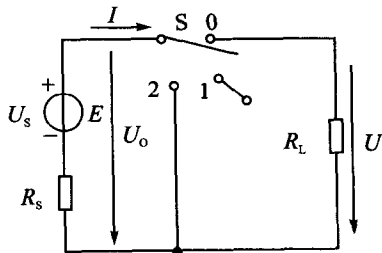


图 1-5 电路的工作状态

1.3.3 电路有载工作状态

在如图 1-5 所示电路中,开关 S 在“0”位。负载电阻 $0 < R_L < \infty$, 电路中的电流、电压可由式(1-5)中的负载侧及电源侧的方程联立求解:

$$\begin{cases} U = +IR_L \\ U_0 = E - IR_S = U \end{cases} \quad (1-5)$$

从而解得电流 $I = E / (R_L + R_S)$ 。电路中的功率可分为负载 R_L 上的消耗功率 $P = +UI$, 电源上的输出功率 $P_S = EI - I_S^2 R_S$, 即为电源上的发出功率减去内阻 R_S 上的消耗功率。而在整个电路中电源的总发出功率等于电路中总消耗功率, 电路中功率平衡。

1.3.4 电路元件额定值

电路元件额定值为元件制造时所规定的元件长期正常工作中所允许的最大电压、电流及功率的值, 额定电压、电流及功率的符号记为 U_N 、 I_N 、 P_N 。在实际工作中, 若电路为满载, 即额定工作状态, 则电量实际值即为额定值; 若为轻载或空载, 则电量实际值小于额定值; 若为重载, 则电量实际值大于额定值。

注意: 电源的额定功率 P_N 是指电源上的额定输出功率 $P_S = EI_N - I_S^2 R_S$, 而不是指电源上的发出功率 EI_N 。

1.4 欧姆定律

1.4.1 欧姆定律

欧姆定律是反映电阻元件特性的定律即通过电阻的电流与电阻两端的电压成正比。

欧姆定律公式为

$$U = \pm IR \quad (1-6)$$

若电阻上的电压、电流的正方向关联(如图 1-6 所示), 则公式符号取正号; 若两者的正方向为非关联, 则取负号。除了欧姆定律的公式符号外, 电压、电流本身还有数值符号的正负之分。在欧姆定律的应用中要注意这两套符号。

式(1-6)所表示的电压、电流关系可以通过实验得出。通过实验测量, 可在电压与电流的直角坐标平面上, 绘出一根通过坐标原点的直线, 如图 1-7 所示。该直线即为线性电阻的伏安特性曲线。

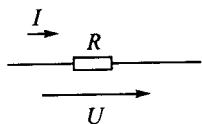


图 1-6 欧姆定律

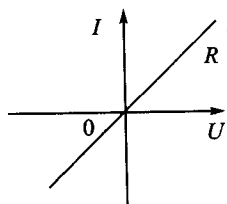


图 1-7 线性电阻伏安特性曲线

电阻的常用单位为 Ω (欧姆)、 $k\Omega$ (千欧)、 $M\Omega$ (兆欧)等。其中: $1 k\Omega = 1\,000 \Omega$, $1 M\Omega = 1\,000 k\Omega$ 。

例 1-2 在如图 1-8 所示各电路中,已知: $U = 6 \text{ V}$, $I = -2 \text{ A}$,用欧姆定律列式计算电阻 R 。

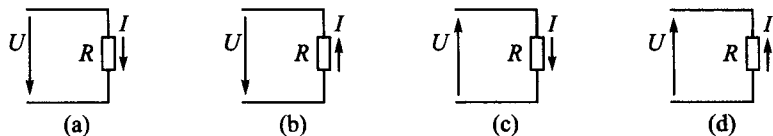


图 1-8 例 1-2 图

解

图 1-8(a)中: $R = +U/I = 6/(-2) = -3 \Omega$ 。

图 1-8(b)中: $R = -U/I = -6/(-2) = 3 \Omega$ 。

图 1-8(c)中: $R = -U/I = -6/(-2) = 3 \Omega$ 。

图 1-8(d)中: $R = +U/I = 6/(-2) = -3 \Omega$ 。

1.4.2 含源支路欧姆定律

如图 1-9 所示电路为含源支路。该支路上的电压、电流关系可称为含源支路的欧姆定律,其一般关系可用式(1-7)表示。

$$U = \pm IR \pm E \quad (1-7)$$

式(1-7)中符号的取法为:支路上沿着电压 U 的参考方向,经过元件 R 及 E 时,以电位降落为正号;反之,为负号。

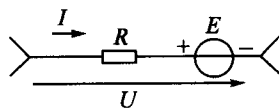


图 1-9 含源支路欧姆定律

下面可对如图 1-10 所示的各种电路,用含源支路欧姆定律列写出支路上的电压方程。这里应注意欧姆定律的公式符号。

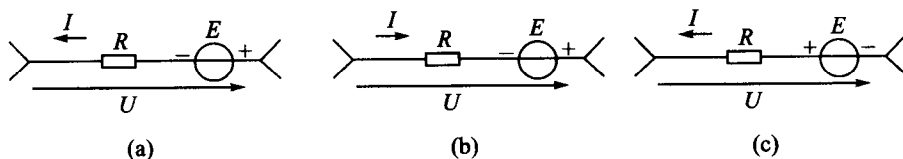


图 1-10 含源支路欧姆定律

图 1-10(a)电路中方程为 $U = -IR - E$,图 1-10(b)电路方程为 $U = +IR - E$,图 1-10(c)电路中方程为 $U = -IR + E$ 。

1.4.3 广义的欧姆定律

欧姆定律可推广到表示电路上任意二点之间的电压、电流关系,我们把它称为广义的欧姆定律。其一般关系可用式(1-8)表示。

$$U_{ab} = \sum (\pm IR \pm E) \mid a \rightarrow b \quad (1-8)$$

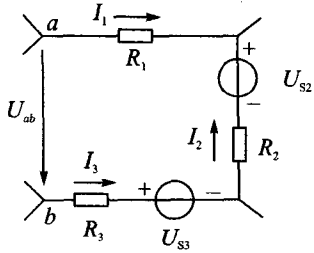


图 1-11 广义欧姆定律

公式符号的取法为：沿着 $a \rightarrow b$ 的方向，经过元件 R 及 E 时，以电位降落为正号。对如图 1-11 所示的电路，用广义的欧姆定律，列出两点之间的电压、电流关系式为：

$$U_{ab} = +I_1R_1 + U_{S2} - I_2R_2 - U_{S3} - I_3R_3$$

求取电路上任意两点之间的电压，这在以后的电路分析与计算时，是一个常用的基本计算要点。

1.5 基尔霍夫定律

1.5.1 基尔霍夫定律综述

基尔霍夫定律是反映电路连接特性的定律，它与元件性质无关。该定律有基尔霍夫电流定律 KCL 和基尔霍夫电压定律 KVL 两个分定律。

在讨论基尔霍夫定律时，应先讨论几个术语。如图 1-12 所示电路，其中图 1-12(b) 为图 1-12(a) 电路的几何拓扑图，图 1-12(b) 中抽掉了各个电路元件，它更清晰地反映了电路的连接特性，图中每条分支上的方向为该分支上的电流和电压的参考方向，二者为关联方向。讨论的术语有：

- (1) 支路 b ：支路为无分支的电流通路，例如图 1-12 所示电路中的 $b_1 \sim b_6$ 。
- (2) 节点 n ：节点为三条以上支路的交点，例如图 1-12 所示电路中的 $n_0 \sim n_3$ 。
- (3) 回路 L ：回路为电路中的电流闭合路径，例如图 1-12 所示电路中的 $L_1 \sim L_3$ 。

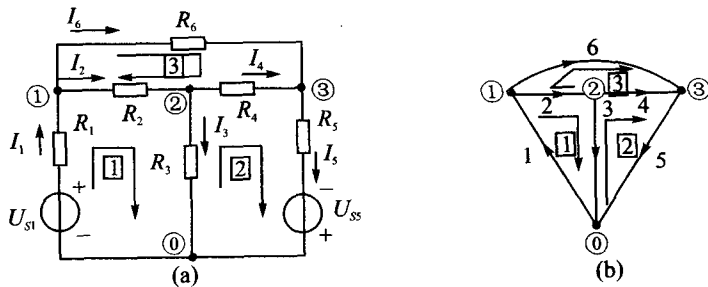


图 1-12 基尔霍夫定律

图中的 $L_1 \sim L_3$ 又称为电路中的网孔，网孔是回路的基本形式，除了网孔，电路中一般还能找到其他多个回路。

对任意一个有 b 条支路、 n 个节点、 L 个网孔的电路中都符合式(1-9)这样一个规律。

$$b = (n - 1) + L \tag{1-9}$$

在如图 1-12 所示电路中， $b=6$ 、 $n=4$ 、 $L=3$ ，代入式(1-9)中，必符合此规律。

1.5.2 基尔霍夫电流定律 KCL

KCL 内容:任一瞬间,电路的任一节点上,电流的代数和等于零。用公式表示为

$$\text{Node } k: \sum I = 0 \quad (1-10)$$

式(1-10)中的符号约定:流入节点的电流为正号,流出为负号。对如图 1-12 所示电路,可以列写 $(n-1)$ 个独立 KCL 方程:

$$\text{Node 1: } +I_1 - I_2 - I_6 = 0$$

$$\text{Node 2: } +I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$\text{Node 3: } +I_4 - I_5 + I_6 = 0$$

KCL 应用的分析讨论:

(1) 独立的 KCL 方程为 $n-1$ 个,例如图 1-13(a)中的 $(n-1)=3$ 个。

(2) 等电位点可以合为一个大的节点,例如图 1-13(a)中的 0 点。

(3) 节点可推广应用到整个闭合面,例如图 1-13(a)中虚线框所包围的部分,可作为一个大节点,则有 $-I_1 + I_2 + I_6 = 0$ 。又例如图 1-13(b)为某电路的拓扑图,可分析得到电路中间支路的电流 $I=0$ 。

(4) 在 KCL 方程的计算中,电流应带本身的数值符号,例如 $I_1 = +3 \text{ A}$, $I_2 = -5 \text{ A}$ 等。数值符号绝不能与 KCL 方程中的公式符号相混淆。

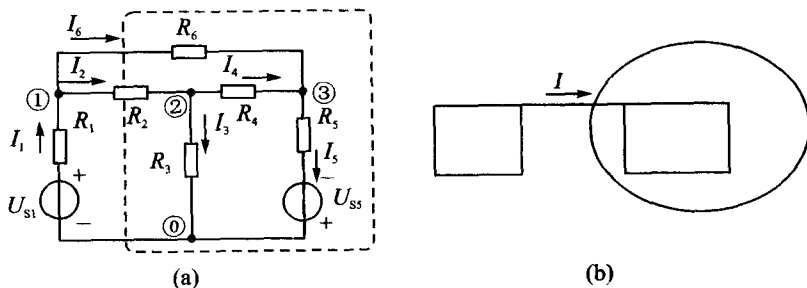


图 1-13 KCL 应用的分析讨论

1.5.3 基尔霍夫电压定律 KVL

KVL 内容:任一瞬间,电路的任一回路上,电压的代数和等于零。用公式表示为

$$\text{Loop } k: \sum U = 0 \quad (1-11)$$

式(1-11)中的符号约定:沿回路的巡回方向,各元件上的电压以电位降为正号,电位升为负号。对如图 1-12(b)所示电路,可列写如下 KVL 方程:

$$\text{Loop 1: } U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

$$\text{Loop 2: } -U_3 + U_4 + U_5 = 0$$

$$\text{Loop 3: } -U_2 - U_4 + U_6 = 0$$

在 KVL 方程中,也可结合反映支路上电压、电流关系的欧姆定律,则 KVL 方程可写成如下一般形式:

$$\text{Loop } k: \sum (\pm I_k R_k \pm E_k) = 0 \quad (1-12)$$

公式符号的取法如广义欧姆定律,为沿着回路的方向,经过元件 R 及 E 时,以电位降落为正号。对图 1-12(a)所示电路,上述的 KVL 方程就可列写成

$$\text{Loop1: } I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 - U_{S1} = 0$$

$$\text{Loop2: } -I_3 R_3 + I_4 R_4 + I_5 R_5 - U_{S5} = 0$$

$$\text{Loop3: } -I_2 R_2 - I_4 R_4 + I_6 R_6 = 0$$

KVL 应用的分析讨论:

(1) 回路可推广到开口网络上,即为 1.4 节中所讨论的广义的欧姆定律。例如图 1-14 中,可分析列写 KVL 方程为 Loop1: $+U_{ab} + E + IR = 0$ 。

(2) 计算中,电压本身应带数值符号,该符号也同样不能与 KVL 方程中的公式符号相混淆。

例 1-3 电路如图 1-15 所示,试列写回路的 KVL 方程。

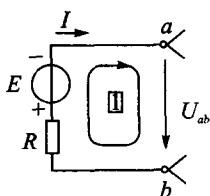


图 1-14 KVL 讨论

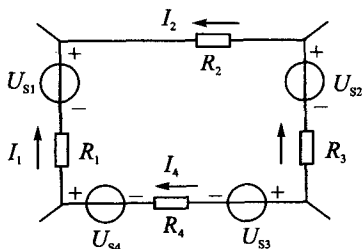


图 1-15 例 1-3 电路图

解

先为回路任意设一个巡回方向,如图中的回路设为顺时针绕行方向,则可按式(1-12)列写为

$$I_1 R_1 - U_{S1} - I_2 R_2 - I_3 R_3 + U_{S2} + U_{S3} + I_4 R_4 - U_{S4} = 0$$

1.6 电位的概念及计算

1.6.1 电位的概念

某点 k 的电位可定义为: k 点到电位参考点 o 的电压,用公式表示为

$$V_k = U_{ko} |_{V_o=0} \quad (1-13)$$

两点间的电压等于两点上电位的差。用公式表示为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-14)$$

两点间的电压是一确定的值,不随电位参考点的位置变动而变动,而电路每点上的电位将随电位参考点的变动而变化。

例 1-4 在如图 1-16 所示电路中,已知 $U_{ab} = 5 \text{ V}$,求各点的电位。

解

(1) 以 b 点为电位参考点,则 $V_a = 5 \text{ V}, V_b = 0 \text{ V}$ 。

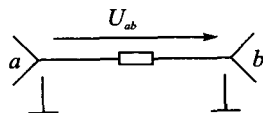


图 1-16 例 1-4 图

(2) 以 a 点为电位参考点, 则 $V_a = 0 \text{ V}$, $V_b = -5 \text{ V}$ 。

1.6.2 电位的计算

根据电位的定义, 用式(1-13) $V_k = U_{ko}$ 来计算各点的电位, 即可以在电路中从 k 点到 o 点任意找一条路径, 计算该路径上所有元件上的电压代数和, 即列写广义的欧姆定律方程。

例 1-5 在如图 1-17 所示电路中, 求各点的电位。

解

(1) o 点为电位参考点, 则 $V_o = 0 \text{ V}$ 。

(2) 由 KCL 分析可知 $I_o = 0$, 则 $V_b = U_{bo} = 6 \text{ V}$ 。

(3) 可列写如图 1-17 所示电路中上方回路的 KVL 方程: $I(1+2) = 3$, 即 $I = 1 \text{ A}$, 则

$$V_a = -3 + 2I + 6 = 5 \text{ V}$$

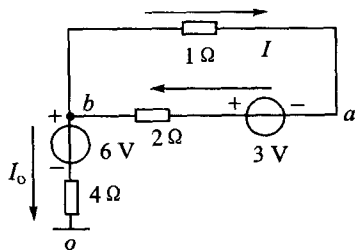


图 1-17 例 1-5 图

1.6.3 电子电路中电路图的习惯画法

在电路中, 把电压源的一端, 按电压源的极性用电压源的值表示为该端点的电位值, 而另一端为电位参考点, 但不在电路图中出现。如图 1-18 所示, 电路图 1-18(b) 为电路图 1-18(a) 的习惯画法。

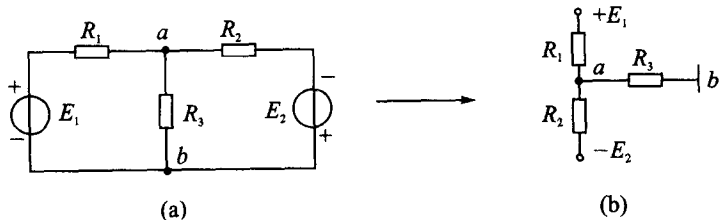


图 1-18 电子电路中电路图的习惯画法

本章小结

本章主要讨论了电路分析与计算中的基本概念和基本定律。

1. 基本概念

(1) 电路的组成及模型

电路一般由电源、负载和中间环节三部分组成。本书分析的电路都是指电路模型。它由电阻 R 、电感 L 、电容 C 及电压源 U_s 、电流源 I_s 等组成。

(2) 电路的电流、电压及其正方向

在电路分析与计算中, 必须首先设定有关电流、电压的正方向。只有在确定的电流、电压正方向下, 才有对应的分析计算的公式符号, 才有对应的电流、电压的数值符号。无电量正方向的电路分析计算都是无依据的, 严格地说都是错误的。这是电路分析计算中的一个非常重要的概念。

(3) 电位的概念及计算

k 点的电位 V_k 为 k 点到接地点 o 的电压 U_{ko} 。电位 V_k 的计算就是用电路分析方法计算电压 U_{ko} 。

(4) 电功率的计算及物理意义

电功率的计算公式为 $P = \pm UI$ 。元件上 U 、 I 的参考方向为关联时，取正号；反之，取负号。再根据 P 的数值符号确定 P 的物理意义，若 $P > 0$ ，元件为吸收功率，其性质为负载；若 $P < 0$ ，元件为发出功率，其性质为电源。

(5) 电路的三种工作状态

电路一般有开路、短路及有载三种工作状态。

2. 基本定律

(1) 欧姆定律

欧姆定律是反映电阻元件特性的定律。它有基本的欧姆定律 $U = \pm IR$ 、含源支路欧姆定律 $U = \pm IR \pm E$ 以及广义的欧姆定律 $U_{ab} = \sum (\pm IR \pm E) \mid a \rightarrow b$ 等三种常用的形式。

(2) 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是反映电路连接特性的定律，它与元件性质无关。该定律有基尔霍夫电流定律 KCL 和基尔霍夫电压定律 KVL 两个分定律。对有 n 个节点的电路，KCL 可以列写 $(n-1)$ 个独立 KCL 方程。对有 L 个网孔的电路，KVL 可以列写 L 个独立 KVL 方程。

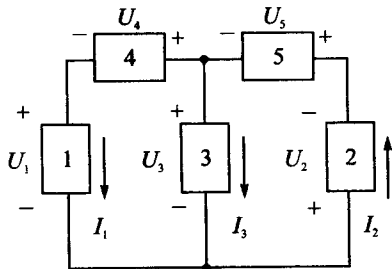
习 题

1-1 题 1-1 图示电路中，五个元件的电流、电压参考方向如图所示，并已知： $I_1 = -2 \text{ A}$ ， $I_2 = 6 \text{ A}$ ， $I_3 = 8 \text{ A}$ ， $U_1 = 140 \text{ V}$ ， $U_2 = -90 \text{ V}$ ， $U_3 = 60 \text{ V}$ ， $U_4 = -80 \text{ V}$ ， $U_5 = 30 \text{ V}$ 。

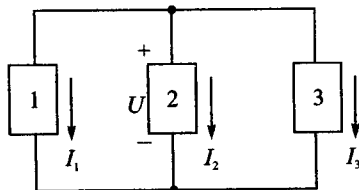
- (1) 试标出各电流，电压的实际方向或极性。
- (2) 判断哪些元件为电源？哪些元件为负载？

1-2 题 1-2 图示电路中，已知： $U = 10 \text{ V}$ ， $I_1 = -2 \text{ A}$ ， $I_2 = 3 \text{ A}$ 。

试判断哪些元件为电源？哪些元件为负载？



题 1-1 图



题 1-2 图

1-3 题 1-3 图示电路中，已知： $U_1 = 30 \text{ V}$ ， $U_2 = 80 \text{ V}$ ， $I_1 = 3 \text{ mA}$ ， $I_2 = 1 \text{ mA}$ 。

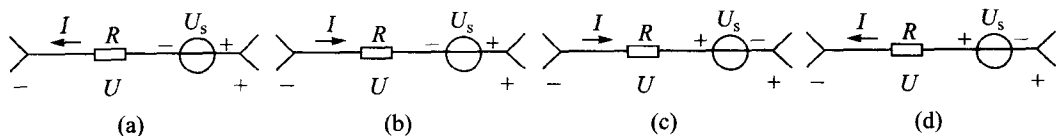
试确定电路中元件 3 的电流 I_3 及其两端电压 U_3 ，并说明其元件性质(电源或负载)，校验整个电路的功率是否平衡。

1-4 有一直流电源,其额定功率 $P_N=200\text{ W}$,额定电压 $U_N=50\text{ V}$,内阻 $R_0=2\ \Omega$,负载电阻 R_L 可以调节。

试求:

- (1) 额定工作状态下电路中的电流及负载电阻;
- (2) 开路工作状态下的电源端电压;
- (3) 电源短路状态下电路中的电流。

1-5 根据题 1-5 图示电路中的电流、电压正方向,列出各支路的电压方程。

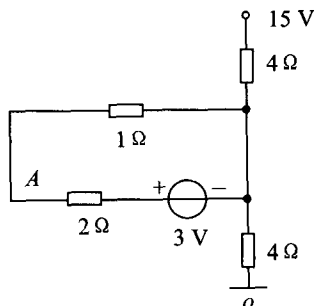


题 1-5 图

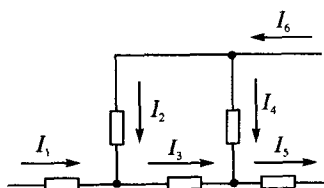
1-6 试求题 1-6 图示电路中 A 点的电位。

1-7 题 1-7 图示电路中,已知: $I_1=0.01\ \mu\text{A}$, $I_2=0.3\ \mu\text{A}$, $I_5=9.61\ \mu\text{A}$ 。

试求电流 I_3 、 I_4 和 I_6 。



题 1-6 图



题 1-7 图

1-8 题 1-8 图示电路中, $U_1=10\text{ V}$, $E_1=4\text{ V}$, $E_2=2\text{ V}$, $R_1=4\ \Omega$, $R_2=2\ \Omega$, $R_3=5\ \Omega$ 。

试求开路电压 U_2 。

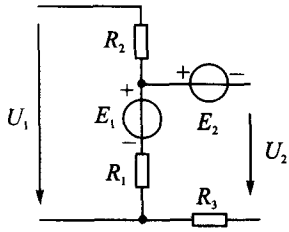
1-9 试求题 1-9 图示电路中 a 点及 b 点的电位。

1-10 试求题 1-10 图示电路中 a 点及 b 点的电位,如将 a、b 两点直接连接或接一电阻,对电路原工作状态有无影响?

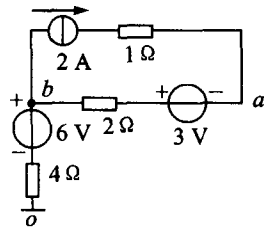
1-11 题 1-11 图示电路中,在 S 开关断开和闭合两种情况下,试求 A 点的电位。

1-12 题 1-12 图示电路中,试求 A 点的电位。

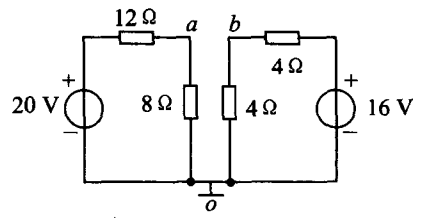
1-13 题 1-13 图示电路中,电压源上的电流 $I=1\text{ A}$,试求 B 点的电位 V_B 。



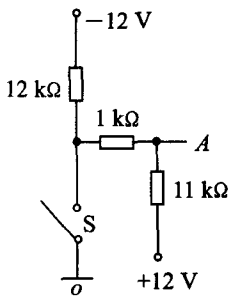
题 1-8 图



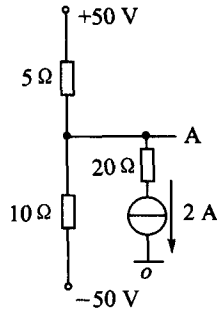
题 1-9 图



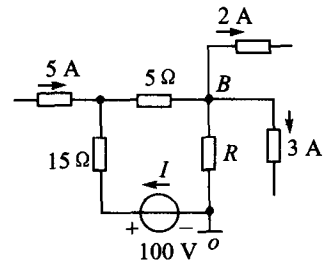
题 1-10 图



题 1-11 图



题 1-12 图



题 1-13 图

第 2 章 电路的分析方法

分析与计算电路要应用欧姆定律和基尔霍夫定律。由于电路复杂时,往往仅按基本定律计算,计算过程极为繁琐。因此,要根据电路的结构特点去寻找分析与计算电路的简便有效的方法。在本章中,以电阻电路为例,扼要地讨论几种常用的电路分析方法。例如电阻及电源的等效变换、支路电流法、网孔电流法、节点电压法、叠加原理分析法和戴维宁定理等效分析法等。这些都是分析电路的基本方法。

2.1 电阻的等效变换

在电路中,电阻的连接形式是多种多样的,其中最简单和最常用的是串联与并联。在这基础上,还有电阻的混联及电阻的星形与三角形的连接。

2.1.1 电阻的串联及分压

如图 2-1(a)所示为电阻 R_1 与 R_2 的串联电路,如图 2-1(b)所示为电阻 R_1 与 R_2 的串联等效电路。

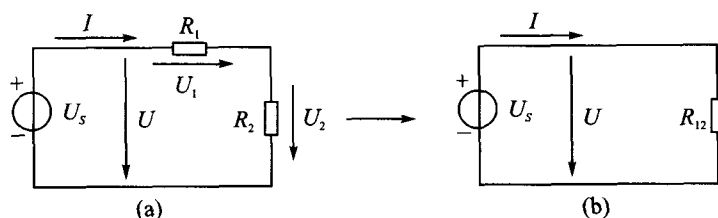


图 2-1 电阻串联的等效变换及分压

其中:总电阻 $R_{12} = R_1 + R_2$,总电流 $I = U/R_{12}$ 。电路中的分压关系为

$$\begin{cases} U_1 = U \times R_1 / (R_1 + R_2) \\ U_2 = U \times R_2 / (R_1 + R_2) \end{cases} \quad (2-1)$$

2.1.2 电阻的并联及分流

如图 2-2(a)所示为电阻 R_1 与 R_2 的并联电路,如图 2-2(b)所示为电阻 R_1 与 R_2 的并联等效电路。其中:总电阻 $R_{12} = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2)$,总电流 $I = U/R_{12}$ 。电路中的分流关系为

$$\begin{cases} I_1 = I \times R_2 / (R_1 + R_2) \\ I_2 = I \times R_1 / (R_1 + R_2) \end{cases} \quad (2-2)$$

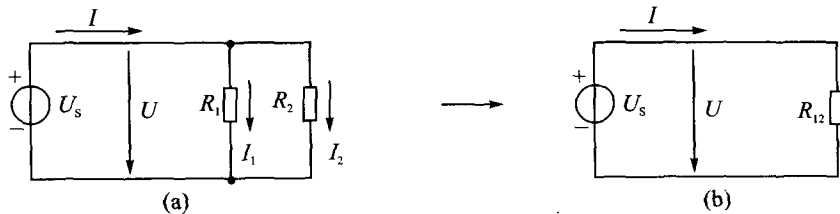


图 2-2 电阻并联的等效变换及分流

2.1.3 电阻混联及电压、电流的计算

如图 2-3(a)所示为电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 的混联电路,如图 2-3(b)所示为电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 的混联等效电路。

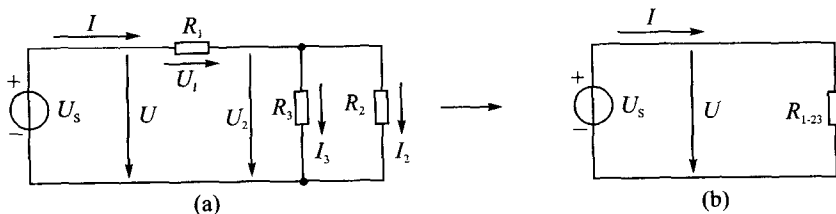


图 2-3 电阻混联的等效变换及分压与分流

其中:总电阻 $R_{1-23} = R_1 + R_{23}$, $R_{23} = R_2 \cdot R_3 / (R_2 + R_3)$, 总电流 $I = U / R_{1-23}$ 。电路中的分压及分流关系为

$$U_1 = U \times [R_1 / (R_1 + R_{23})], \quad U_2 = U \times [R_{23} / (R_1 + R_{23})]$$

$$I_2 = I \times [R_3 / (R_2 + R_3)], \quad I_3 = I \times [R_2 / (R_2 + R_3)]$$

例 2-1 在如图 2-4 所示电路中,已知: $R_1 = R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = R_4 = 2 \Omega$, $U = 12 \text{ V}$ 。

试求图示电路中电流 I_1 、 I_2 、 I_3 及电压 U_1 。

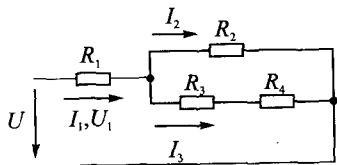


图 2-4 例 2-1 图

解

(1) 总电阻: $R = R_1 + [R_2 // (R_3 + R_4)] = 4 + (4 // 4) = 6 \Omega$ 。

(2) 总电流: $I_1 = U / R = 12 / 6 = 2 \text{ A}$ 。

(3) 分电流: $I_2 = I_1 \times [R_3 / (R_2 + R_3)] = 1 \text{ A}$, $I_3 = I_1 \times [R_2 / (R_2 + R_3)] = 1 \text{ A}$ 。($R_{34} = R_3 + R_4$)

(4) 分电压: $U_1 = I_1 \times R_1 = 8 \text{ V}$ 。

例 2-2 在如图 2-5(a)所示电路中,求等效电阻 R_{ab} 。

解 求解这类比较复杂的等效电阻时,应先确定该电路共有几个节点,再在平面上安置好这几个节点的位置,如图 2-5(b)所示。然后,将各个电阻按起始节点号,用最简捷的路径安置在对应的节点之间,如图 2-5(c)所示。这时,就可按电阻一般混联算法,逐步求得等效电阻 R_{ab} ,其等效电路如图 2-5(c)、(d)、(e)所示, $R_{ab} = R_1 // R_4 // (R_2 // R_3 + R_5)$ 。