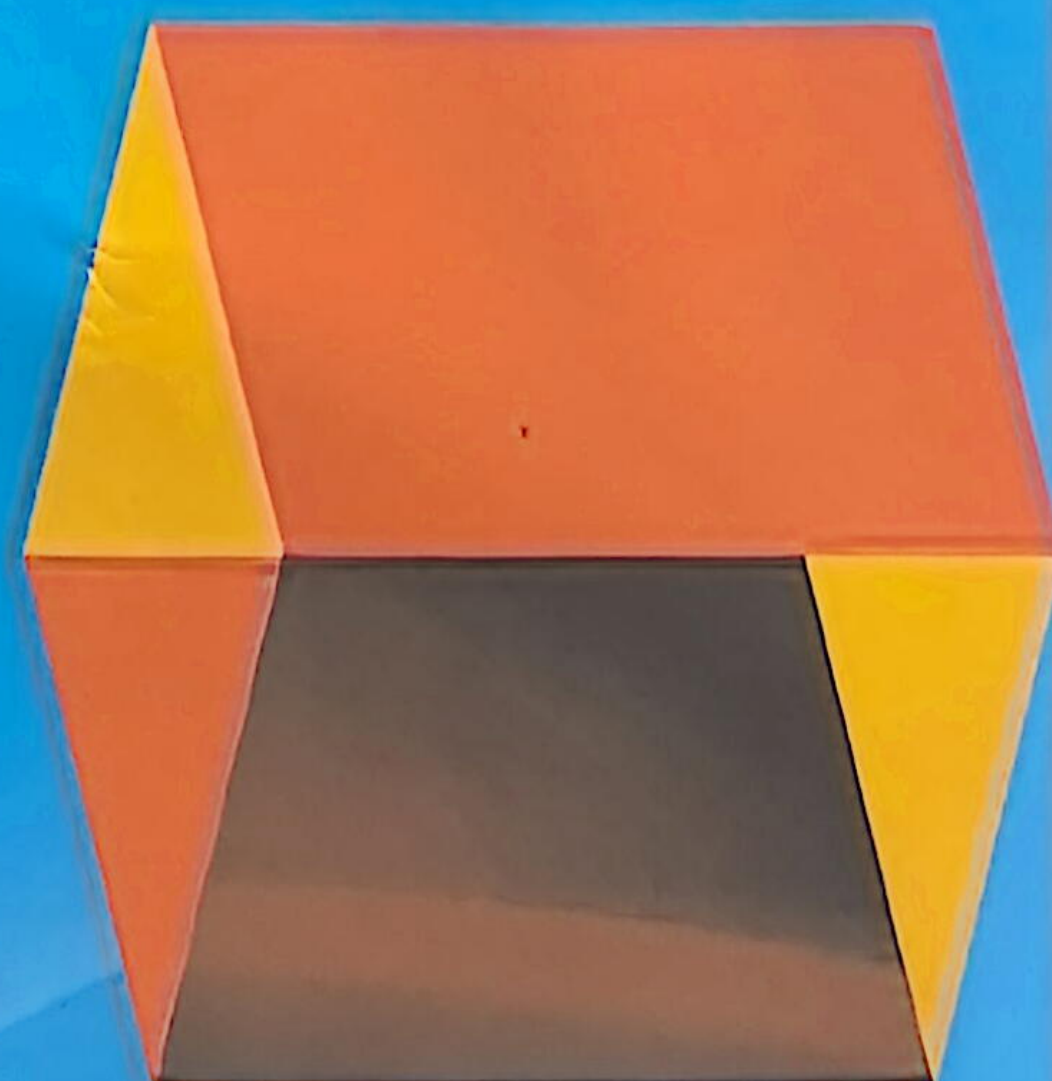


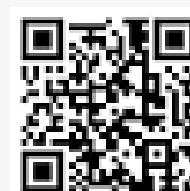


电工电子技术

(第3版)

刘蕴陶 主编

高等教育出版社



CS 扫描全能王

3亿人都在用的扫描App

目录

第一部分 电路基础

第一章 基尔霍夫定律及电路的分析

方法	1
1-1 电路模型	1
1-2 电流和电压的参考方向	4
1-3 电阻元件	9
1-4 电压源和电流源	12
1-5 基尔霍夫定律	15
1-6 关于电路的实际使用 知识	20
1-7 电阻串联、并联与混联电路 的等效变换	24
1-8 支路电流法	30
1-9 叠加定理	32
1-10 戴维宁定理	35
1-11 电路中各点电位的计算	39

1-12 电容的充电与放电	41
习题一	48

第二章 正弦交流电路

2-1 正弦交流电量的特征	54
2-2 正弦电量的相量表示法	60
2-3 单一参数的正弦交流 电路	65
2-4 正弦交流电路的分析与 计算	77
2-5 交流电路的应用举例	87
2-6 交流电路中的谐振	90
2-7 非正弦周期电流电路 简介	94
2-8 三相交流电路	96
习题二	106

第二部分 电机与控制

第三章 磁路与变压器

3-1 磁性材料的磁性质	110
3-2 磁路和磁路的欧姆定律	113
3-3 交流铁心线圈电路	115
3-4 变压器的工作原理	118
3-5 变压器的额定值	123
3-6 特殊用途的变压器	126

习题三	128
-----------	-----

第四章 常用电动机

4-1 三相异步电动机的转动 原理	130
4-2 三相异步电动机的构造	135
4-3 三相异步电动机的电磁转矩 与机械特性	137

I



CS 扫描全能王

3亿人都在用的扫描App

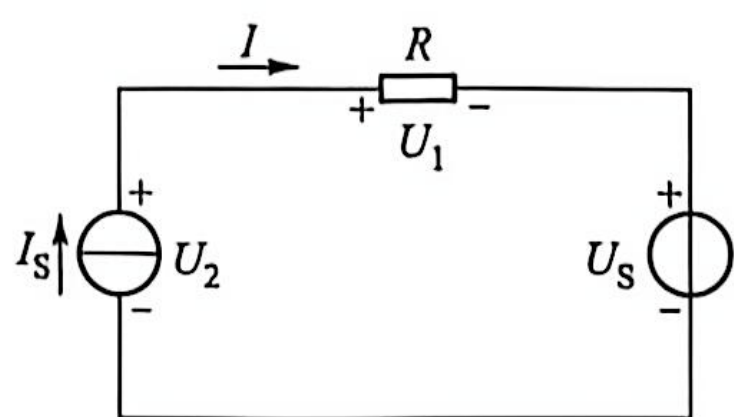


图 1-4-5 例题 1-3 的图

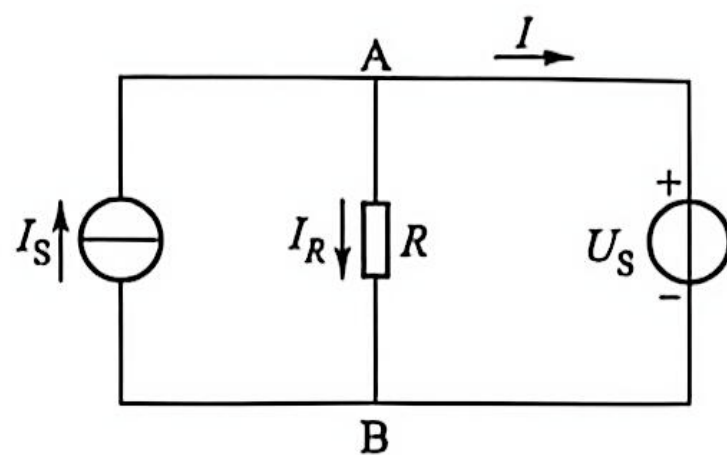


图 1-4-6 例题 1-4 的图

解:根据电压源的性质,可知电压 $U_{AB}=U_s=16\text{ V}$,所以流过电阻 R 的电流

$$I_R = \frac{U_s}{R} = \frac{16}{8}\text{ A} = 2\text{ A}$$

流过电压源的电流由外电路决定

$$I = I_s - I_R = 2.5\text{ A} - 2\text{ A} = 0.5\text{ A}$$

通过以上两道例题,应该进一步明确电流源、电压源的性质。在计算包含电流源、电压源的电路时,只要按照这两种理想电源的性质进行分析,问题就比较容易得到解决。

思考练习题

1-6 线性电阻元件的特点是什么?

1-7 当线性电阻元件的电流与电压取非关联参考方向时,欧姆定律的表示式中为什么要加入负号 ($I = -\frac{U}{R}$)? 请解释原因。

1-8 电路如图 1-4-7 所示,电压源 $E=10\text{ V}$ 。分别计算开关 S 位于 1、2、3 时,电流 I 各等于什么? 通过计算说明电压源的特点。

1-9 电路如图 1-4-8 所示,电流源 $I_s = 1\text{ A}$ 。分别计算开关 S 位于 1、2、3 时,电压 U 各等于什么? 通过计算说明电流源的特点。

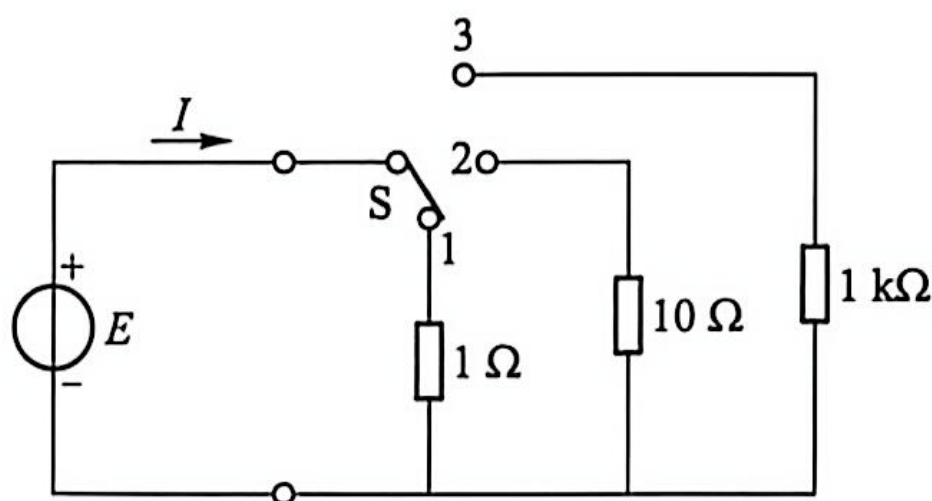


图 1-4-7 思考练习题 1-8 的图

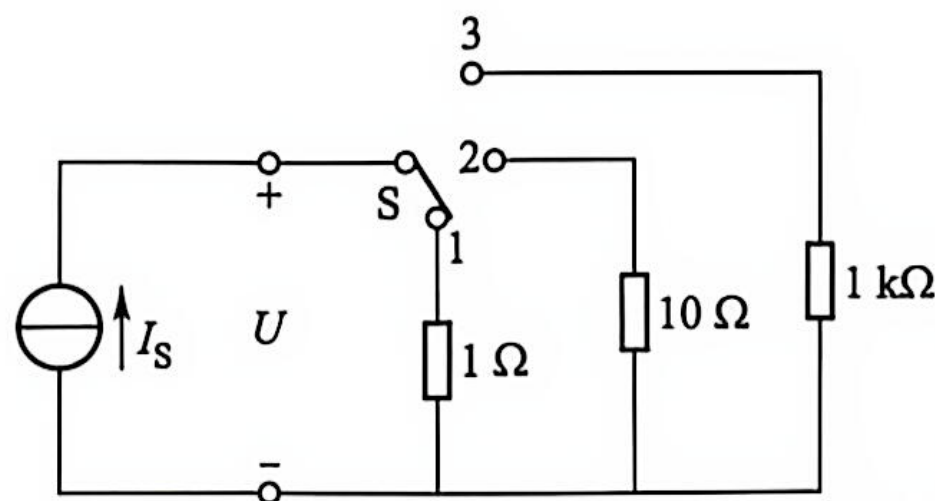


图 1-4-8 思考练习题 1-9 的图

1-10 什么样的电路叫做线性电路?

1-5 基尔霍夫定律

在一个电路内部,各部分电流、电压之间相互影响、相互制约,成为一个统一的整体。



基尔霍夫定律就从电路的整体和全局上,揭示了电路各部分电流、电压之间所必须遵循的规律。

在介绍基尔霍夫定律之前,先要介绍几个常用的名词、术语。

支路 一段包含电路元件的无分支电路。

结点 三条或三条以上支路的交汇点。在图1-5-1所示电路中,a、b均为结点,但1、2之间是一条电阻为零的导线,二者是等电位点,从电气特性上看是同一点,现标注为c,c也是一个结点。

回路 电路中任一个由支路组成的闭合路径。

网孔 中间没有支路穿过的回路称为网孔。可以认为,网孔是最简单的回路。如在图1-5-1所示电路中,a-R₃-b-R₄-U₂-c-R₂-a是网孔,而a-R₃-b-I_S-c-R₂-a是回路,但不是网孔。

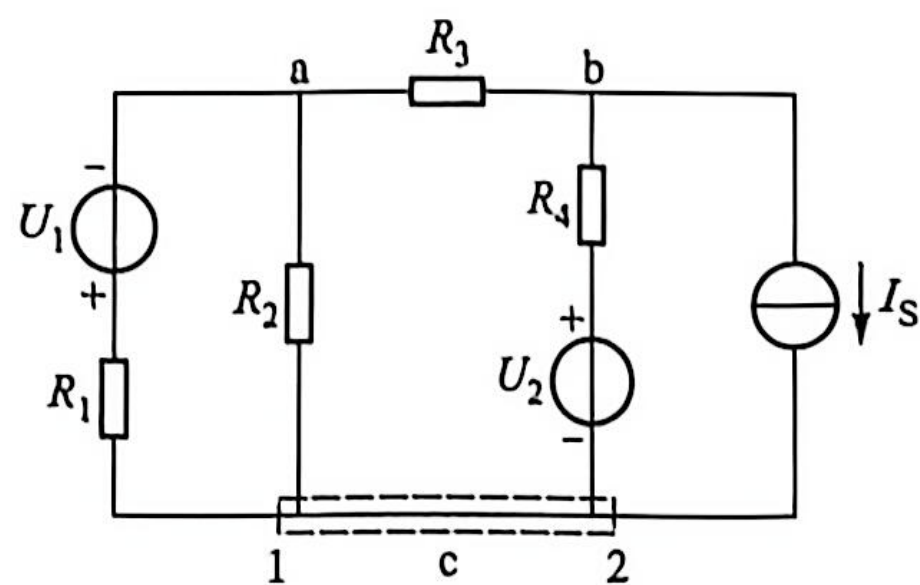


图1-5-1 电路举例

基尔霍夫定律包括两部分内容:基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

一、基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律的英文缩写是 KCL。

(一) 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律是有关结点电流的定律,用来确定各支路以及各部分电流之间的关系。其内容可表述为:

在任意瞬时,流入某一结点的电流总和等于流出该结点的电流总和。

以图1-5-2所示电路中的结点a为例

$$I_1 = I_2 + I_3$$

将上式改写为

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

可得基尔霍夫电流定律普遍适用的表示形式

$$\sum I = 0 \quad (1-9)$$

上式表明,任意瞬时,流经任意结点的电流代数和等于零。

可以规定流入结点的电流为正、流出结点的电流为负。当然,也可以做相反的规定。

基尔霍夫电流定律的理论依据是电流连续性原理。即电荷在电路中的运动是连续的,在任何地方都不能消失,也不能创造,体现了电量守恒定律。

(二) 基尔霍夫电流定律的扩展应用

依据电流连续性原理,基尔霍夫电流定律不仅适用于结点,还可扩展应用于电路的某

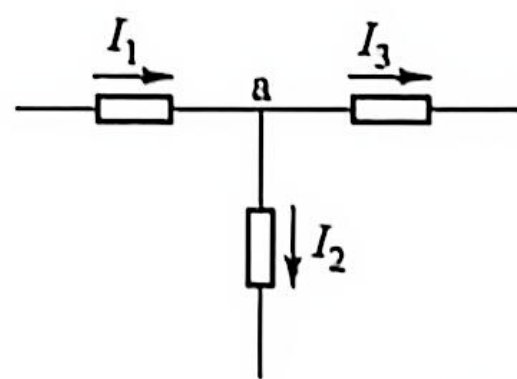


图1-5-2 基尔霍夫电流定律



一部分。以图 1-5-3 所示电路为例,将这部分电路用一个假想的封闭面包围起来,看作是一个大结点,称为广义结点。则

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

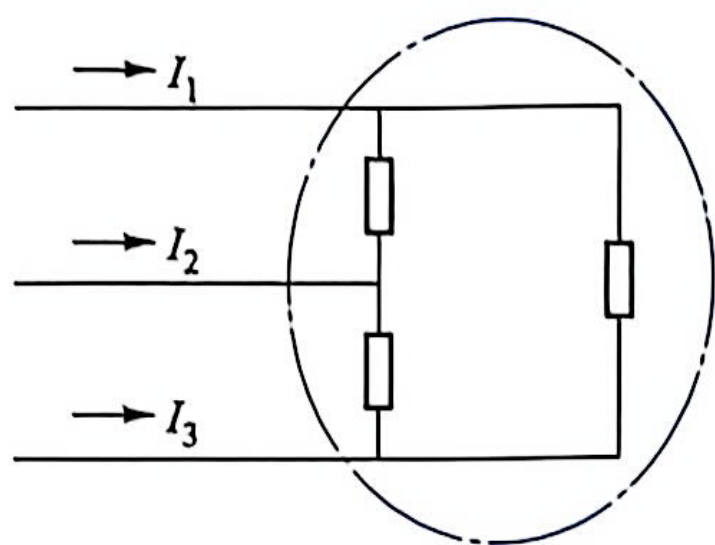


图 1-5-3 KCL 的扩展应用

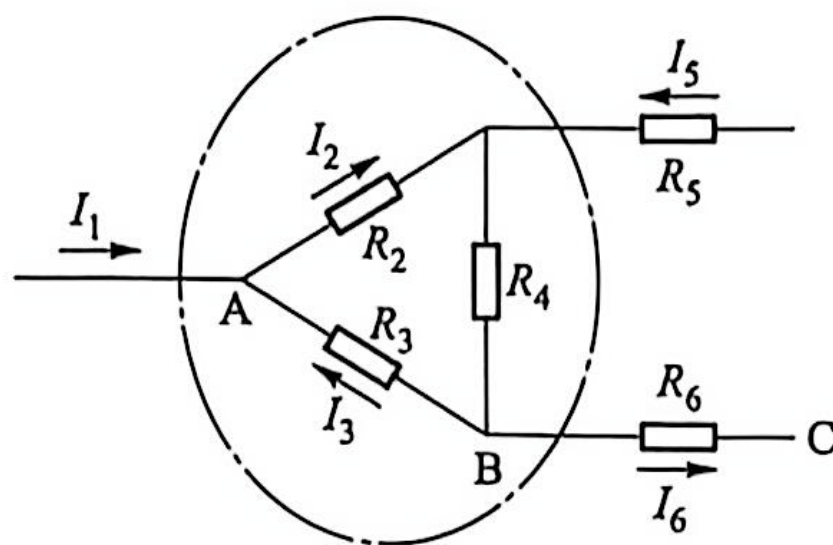


图 1-5-4 例题 1-5 的图

例题 1-5 图 1-5-4 所示是某电路的一部分,已知 $I_1 = 2\text{ A}$ 、 $I_2 = -1\text{ A}$ 、 $I_5 = 3\text{ A}$,计算 AB 和 BC 支路的电流。

解:通过本例题应该明确的是,要列写出 KCL 方程,首先要假定有关支路电流的参考方向。为此,假定 AB 支路电流 I_3 的参考方向如图 1-5-4 所示,对结点 A 列写方程如下

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

代入数据后得到

$$I_3 = I_2 - I_1 = [(-1) - 2]\text{ A} = -3\text{ A}$$

为计算 BC 支路电流 I_6 ,假定其参考方向如图 1-5-4 所示。并将这部分电路作为广义结点处理,列写方程如下

$$I_1 + I_5 - I_6 = 0$$

代入数据后得到

$$I_6 = I_1 + I_5 = (2 + 3)\text{ A} = 5\text{ A}$$

例题 1-6 三极管电路如图 1-5-5 所示,已知 $I_B = 0.05\text{ mA}$ 、 $I_C = 1.2\text{ mA}$,计算电流 I_E 。

解:基尔霍夫电流定律表明的是电路中各部分电流之间的关系,与电路所包含元件的性质无关。为此,基尔霍夫电流定律既适用于线性电路,也适用于非线性电路。

三极管是一个非线性元件,它的三个电极的电流遵循基尔霍夫电流定律的约束关系

$$I_E = I_B + I_C = (0.05 + 1.2)\text{ mA} = 1.25\text{ mA}$$

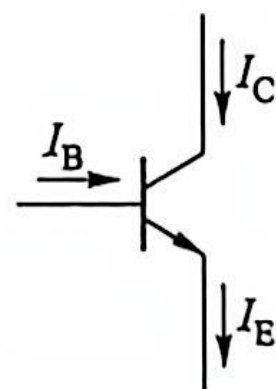


图 1-5-5 例题 1-6 的图

二、基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律的英文缩写是 KVL。



(一) 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律是确定一个回路内各部分电压之间关系的定律。其内容可表述为:

在任意瞬时,沿任意闭合回路绕行一周,各段电压的代数和为零。用公式表示

$$\sum U=0 \quad (1-10)$$

关于电压“代数和”正、负号的规定:电压参考方向与绕行方向一致的,取正号;相反的,取负号。

以图 1-5-6(a)所示的回路为例,从 A 点出发,取顺时针方向为绕行方向(如图中虚线所示),绕行一周,再回到 A 点。

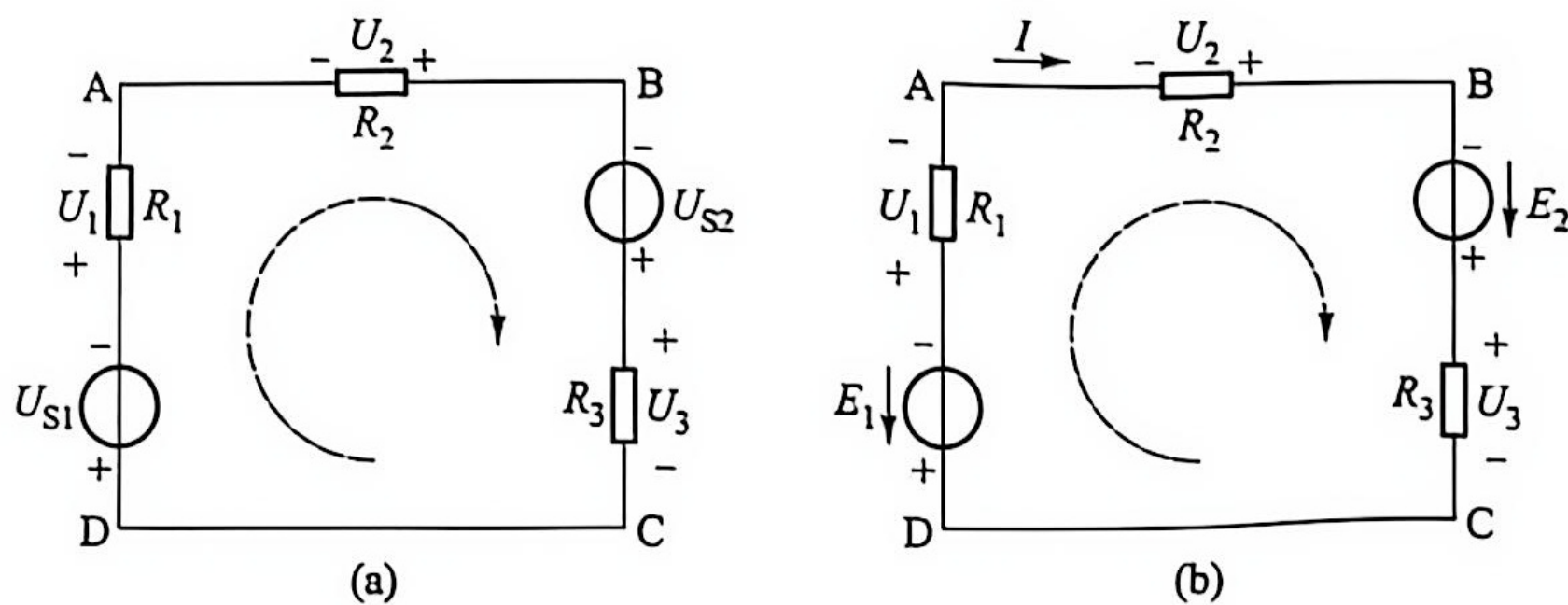


图 1-5-6 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律方程

$$-U_2 - U_{S2} + U_3 + U_{S1} + U_1 = 0$$

基尔霍夫电压定律的理论依据是电位的单值性原理。即相对于电位参考点,任何一点都有确定的电位值。沿任意闭合路径绕行一周,其间有电位升,也有电位降。但电位升的总合一定等于电位降的总合,即其代数和是零,以确保重新回到原出发点,该点电位值不变,体现了能量守恒定律。

公式(1-10)是基尔霍夫电压定律普遍适用的形式。由于不涉及电路元件的性质,所以既适用于线性电路,也适用于非线性电路。

如果电路中只包含线性电阻元件和电压源,且用欧姆定律表示电阻元件的端电压,用电动势表示电压源的端电压,则基尔霍夫电压定律的表示式为

$$\sum IR = \sum E \quad (1-11)$$

上式可表述为:任意瞬时,沿闭合回路绕行一周,各电阻压降的代数和等于各电压源电动势的代数和。

关于正、负号的规定:电流 I 的参考方向与绕行方向一致的,电阻压降 IR 取正号;电流 I 的参考方向与绕行方向相反的,电阻压降 IR 取负号。当电压源电动势的方向与绕行方向一致的,取正号;相反的,取负号。



仍以图 1-5-6(a)所示的回路为例,并将其重画为图(b),列基尔霍夫电压定律方程

$$IR_2 + IR_3 + IR_1 = E_2 - E_1$$

(二) 基尔霍夫电压定律的扩展应用

基尔霍夫电压定律不只是适用于实在的闭合回路,也适用于假想的闭合回路。例如要计算图 1-5-6 所示电路中 A、C 两点间的电压 U_{AC} ,可假想 A、C 之间是连通的,构成了闭合回路 A-B-C-A。条件是 A、C 两点间的电压 U_{AC} 保持不变。

据图 1-5-6(a)列 KVL 方程

$$-U_2 - U_{S2} + U_3 - U_{AC} = 0$$

据图 1-5-6(b)列 KVL 方程

$$IR_2 + IR_3 - U_{AC} = E_2$$

例题 1-7 电路如图 1-5-7 所示,已知 $U_S = 11\text{ V}$, $I_S = 1\text{ A}$, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$ 。计算电流源的端电压 U 和电压 U_{AB} 。

解:在包含电流源的电路中,列 KVL 方程时,电流源的端电压常常被遗漏,这样列出的方程是错误的。

根据电流源的性质,在图示参考方向下,电路电流 $I = I_S = 1\text{ A}$ 。假定电流源端电压 U 的参考方向如图 1-5-7 所示。列 KVL 方程

$$IR_1 - U_S + IR_2 + U = 0$$

代入数据计算

$$1 \times 1 - 11 + 1 \times 4 + U = 0$$

得

$$U = 6\text{ V}$$

据 KVL 的扩展应用

$$U_{AB} + IR_1 - U_S = 0$$

代入数据计算

得 $U_{AB} = U_S - IR_1 = (11 - 1 \times 1)\text{ V} = 10\text{ V}$ 或者 $U_{AB} = IR_2 + U = (1 \times 4 + 6)\text{ V} = 10\text{ V}$

应该着重指出的是,学习基尔霍夫定律的重点是应用,即根据电路,正确列写出 KCL 和 KVL 方程。

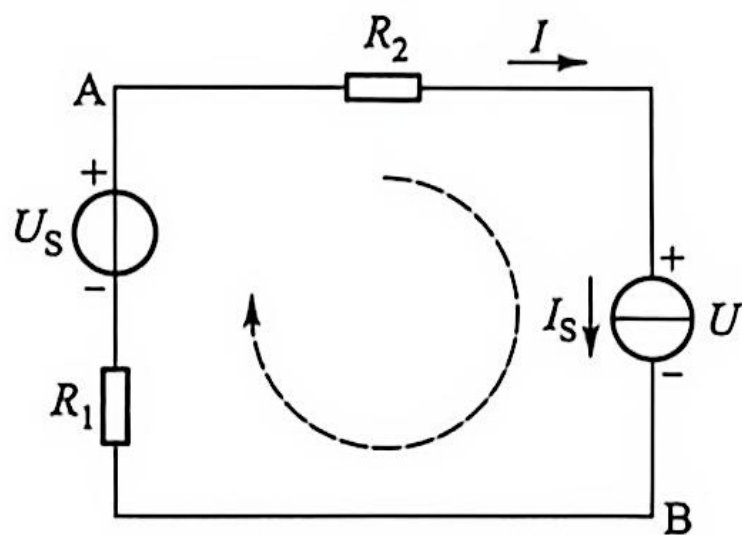


图 1-5-7 例题 1-7 的图

思考练习题

1-11 为什么说 KCL、KVL 既适用于线性电路,也适用于非线性电路?

1-12 三极管是一个非线性元件,在图 1-5-8 所示电路中,已知 $U_{CC} = 12\text{ V}$, $R_C = 2.5\text{ k}\Omega$, $I_C = 3\text{ mA}$,计算电压 U_{CE} 。

1-13 电路如图 1-5-9 所示,已知电流 $I_2 = 2.5\text{ A}$, $I_4 = 4.5\text{ A}$,计算电流 I_3 。

