

电路分析基础

习 题 解 答

上 册

湖北省广播电视大学
武汉工学院电机电子工程系

前 言

本书是我们在教学过程中根据李瀚逊同志编“电路分析基础”一书的习题,练习题和思考题编写的。为了便于学习,我们为每章编写了简明的提要,并选编了部分附加题,以期能进一步扩充读者的思路,提高分析和解决电路问题的能力。

本书由武汉工学院电工教研室杨国渝、毕常青、乐全根、童显干诸同志编写,胡焕章、周省三同志对全书进行了审校并编写了各章提要。由于水平不高,时间仓促,一定会有不少缺点和不妥之处,敬请广大读者给予指正。

编 者

1980年4月19日

目 录

第一章	欧姆定律和基尔霍夫定律.....	(1)
	提要.....	(1)
	练习题.....	(2)
	思考题.....	(11)
	习题.....	(14)
	附加题.....	(25)
第二章	简单电路的分析.....	(30)
	提要.....	(30)
	练习题.....	(32)
	思考题.....	(64)
	习题.....	(66)
	附加题.....	(87)
第三章	线性网络分析的一般方法.....	(97)
	提要.....	(97)
	练习题	(100)
	思考题	(117)
	习题	(119)
	附加题	(142)
第四章	线性网络的几个定理	(147)
	提要	(147)
	练习题	(148)

	思考题	(160)
	习题	(163)
	附加题	(183)
第五章	动态电路元件	(190)
	提要	(190)
	练习题	(191)
	思考题	(199)
	习题	(200)
	附加题	(207)
第六章	一阶网络的分析	(210)
	提要	(210)
	练习题	(212)
	思考题	(231)
	习题	(234)
	附加题	(255)
第七章	二阶网络的分析	(258)
	提要	(258)
	练习题	(260)
	思考题	(273)
	习题	(275)
	附加题	(294)

第一章 欧姆定律和基尔霍夫定律

提 要

1. 电路分析的基本变量

(1) 电流 I 习惯上把正电荷运动的方向定为电流的方向。但实际上,在分析电路时,电流的真实方向往往是不知道的,所以可以任意选取参考方向(或称规定方向)作为立式计算的依据。

(2) 电压 U 电位降低的方向定作电压的方向。在分析电路时,也可以任意选取参考方向(或参考极性)作为立式计算的依据。

2. 关联参考方向

(1) 为了方便起见,常采用关联的参考方向,即电流参考方向与电压参考“+”极到“-”极的方向一致。

(2) 采用关联参考方向时,吸收功率的计算式为 $P = UI$, 若计算结果 P 为正,则确是吸收功率,若 P 为负,则表明是发出功率。

3. 欧姆定律(采用关联参考方向)

$$U = RI \quad \text{或} \quad I = GU \quad (\text{式中 } G = \frac{1}{R})$$

4. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL):

$\Sigma I = 0$ (流出节点的电流为正,流入节点的电流为负)

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL)

$\sum U = 0$ (电压与回路方向一致为正, 电压与回路方向相反为负。)

5、电压源

(1) (理想)电压源 其端电压等于开路电压, 与流过的电流无关。

(2) 实际电压源 可以用一个理想电压源 U_s 和一个内阻 R_s 串联的模型表之, 它的端电压为 (参考方向见图 1)

$$U = U_s - R_s I$$

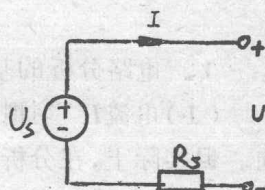


图 1

练 习 题

1—1. 接续例 1—1, 计算 U_{ae} , U_{dc} , U_{ce} , U_{ed} 。

例 1—1 电路如图 1—1

所示。其中已知 $U_1 = 1V$,
 $U_2 = -3V$, $U_3 = 8V$, U_4
 $= -4V$, $U_5 = 7V$, U_6
 $= -3V$ 。

解: U_{ae} 表示由 a 点到 e 点

计算电压降,

因此 $U_{ae} = -U_4 = -(-4) = 4(V)$ #

同理 $U_{dc} = -U_6 + (-U_1) = -(-3) + (-1) = 2(V)$ #

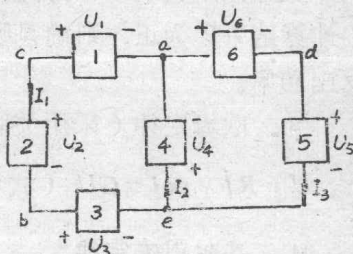


图 1—1

$$U_{ce} = +U_2 + U_3 = (-3) + 8 = 5(V) \#$$

$$U_{ed} = -U_5 = -7(V) \#$$

1—2. 图1—2所示电路, 已知 ab 段产生电功率500W, 其他三段消耗电功率分别为50W、400W和50W, 如图所示。

(1) 试标出各段电路两端电压的极性, 若已知电流方向如图中所示;

(2) 试算出各段电压 U_{ab} , U_{cd} , U_{ef} , U_{gh} ;

(3) 从图中可以看出, 电路产生的电功率恰与其消耗的电功率相等, 这是符合能量守恒原理的, 你能根据(2)中计算的结果看出这一定律反映在整个电路的电压上有什么规律性么?

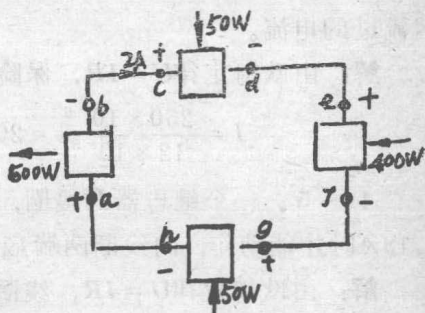


图 1—2

解: (1) 根据电流的方向, 采用关联参考

方向, 可标出各段电压的参考极性, 如图示。

(2) 由 $P = UI$, 可得

$$U_{ab} = \frac{P_{ab}}{I} = -\frac{500}{2} = -250(V) \#$$

$$U_{cd} = \frac{P_{cd}}{I} = \frac{50}{2} = 25(V) \#$$

$$U_{ef} = \frac{P_{ef}}{I} = \frac{400}{2} = 200(V) \#$$

$$U_{gh} = \frac{P_{gh}}{I} = \frac{50}{2} = 25(V) \#$$

(3) 根据(2)的计算结果, 可以看出在整个电路上电压

降之和为:

$$U_{ab} + U_{cd} + U_{ef} + U_{gh} = -250 + 25 + 200 + 25 = 0$$

可得出: 沿闭合回路电压降的代数和总等于零。

1—3. $54\mu A$ 的电流流过 $2.7M\Omega$ 的电阻, 问电阻的电压降为多少?

解: 根据欧姆定律 $U = IR$

$\therefore$ 电阻的电压降为

$$U = 54 \times 10^{-6} \times 2.7 \times 10^6 = 146(V) \#$$

1—4. 一个保险丝, 电阻为 0.012Ω , 电压降为 $250\mu V$, 求流过的电流。

解: 由欧姆定律 $U = IR$, 保险丝中流过的电流为

$$I = \frac{250 \times 10^{-6}}{12 \times 10^{-3}} = 20.83(mA) \#$$

1—5. 一个继电器的线圈, 电阻为 48Ω , 当电流为 $0.18A$ 时才能动作, 向线圈两端应施加多大的电压?

解: 由欧姆定律 $U = IR$, 线圈两端应加的电压为:

$$U = 0.18 \times 48 = 8.64(V) \#$$

1—6. 一个 2700Ω 的电阻接在 $10V$ 的电源两端, 问电阻消耗多少功率?

解: 电阻是耗能元件, 其消耗的功率为:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{100}{2700} = 0.037(W) \#$$

1—7. 一个 $1000W$ 的电炉, 接在 $220V$ 电源使用时, 流过的电流多大?

解: 由电路的功率 $P = UI$

$$\text{得: } I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{220} = 4.54(A) \#$$

1—8. 一个 $40K\Omega$, $10W$ 的电阻, 使用时至多能容许

多大电流流过?

解: 由 $P = I^2 R$, 可得:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{10}{40 \times 10^{-3}}} = 15.8(\text{mA}) \#$$

使用时, 电流不得超过 15.8mA , 否则电阻将被烧坏。

1—9. 一个 $2.7\text{K}\Omega$ 、 $\frac{1}{2}\text{W}$ 的电阻, 使用时至多能容许加多大的电压?

解: 由 $P = \frac{U^2}{R}$, 可得: $U = \sqrt{P \cdot R} =$

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \times 2.7 \times 10^3} = 36.8(\text{V}) \#$$

使用时, 电压不得超过 36.8V , 否则电阻将被烧坏。

1—10, 求图 1—3 (a)(b)(c)(d) 的 U_{ab} 以及图 (e) 的 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ac} 。

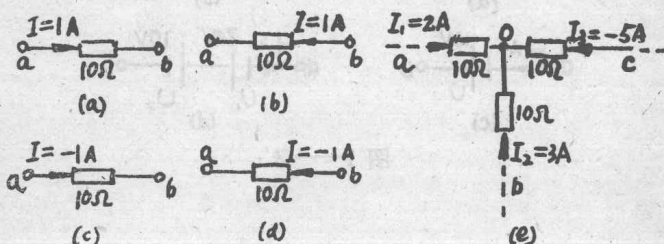


图 1—3

解: 在关联的参考方向下, 欧姆定律为 $U = IR$, 如果电压降与电流的参考方向相反, 则 $U = -IR$ 。

因此: 图(a)中: $U_{ab} = IR = 1 \times 10 = 10(\text{V}) \#$

图(b)中: $U_{ab} = -IR = -1 \times 10 = -10(\text{V}) \#$

图(c)中: $U_{ab} = IR = (-1) \times 10 = -10(\text{V}) \#$

图(d)中: $U_{ab} = -IR = -(-1) \times 10 = 10(\text{V}) \#$

图(e)中: $U_{ao} = I_1 R = 2 \times 10 = 20(V)$

$$U_{bo} = I_2 R = 3 \times 10 = 30(V)$$

$$U_{co} = I_3 R = (-5) \times 10 = -50(V)$$

$$\therefore U_{ab} = U_{ao} + U_{ob} = U_{ao} - U_{bo} = 20 - 30 = -10(V) \#$$

$$\begin{aligned} U_{bc} &= U_{bo} + U_{oc} = U_{bo} - U_{co} \\ &= 30 - (-50) = 80(V) \# \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{ac} &= U_{ao} + U_{oc} = U_{ao} - U_{co} \\ &= 20 - (-50) = 70(V) \# \end{aligned}$$

1—11. 求下列各段电路的 U_{ab}

解: 从 a 到 b 的电压降应等于由 a 到 b 路径上全部电压降的代数和, 电压降取正号, 电压升取负号。

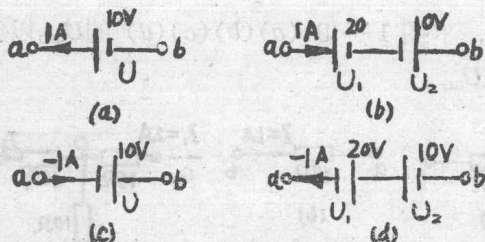


图 1—4

所以, 图(a)中: $U_{ab} = U = 10(V) \#$

图(b)中: $U_{ab} = U_1 - U_2 = 20 - 10 = 10(V) \#$

图(c)中: $U_{ab} = -U = -10(V) \#$

图(d)中: $\begin{aligned} U_{ab} &= -U_1 + U_2 \\ &= -20 + 10 = -10(V) \# \end{aligned}$

1—12. 求图 1—5 所示各段电路的 U_{ab} 或 I , 并计算各段电路的功率。已知图(a)中, $I = 2A$ 、 $R = 2\Omega$ 、 $U_s = 4V$; 图(b)中 $I = 1A$ 、 $R = 4\Omega$ 、 $U_{s1} = 2V$ 、

$U_{s2} = -6V$; 图(c)中, $U_{ab} = 10V$, $R = 5\Omega$, $U_s = -2V$.

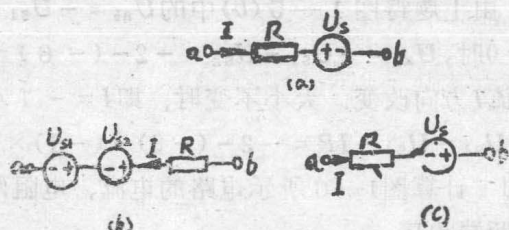


图 1—5

解: U_{ab} 应等于由 a 到 b 路径上全部电压降的代数和, 所以: (1)、(a) 图中 $U_{ab} = IR + U_s = 2 \times 2 + 4 = 8(V)$ #
就整个支路来说, U_{ab} 与 I 的参考方向一致

因此: $P_{ab} = IU_{ab} = 2 \times 8 = 16(W)$ #

P 为正, 表明该段电路消耗功率。

(2)、(b) 图: U_{ab} 与 I 的参考方向相反,

$$\therefore U_{ab} = -U_{s1} - U_{s2} - IR$$

$$= -2 - (-6) - 1 \times 4 = 0 \text{ #}$$

$$P_{ab} = IU_{ab} = 2 \times 0 = 0 \text{ #}$$

(3)、(c) 图: 假设电流 I 的方向如图。

$$U_{ab} = IR - U_s \quad 10 = I \times 5 - (-2)$$

$$\text{由此得: } I = \frac{8}{5} = 1.6(A) \text{ #}$$

$$P_{ab} = IU_{ab} = \frac{8}{5} \times 10 = 16(W) \text{ #}$$

1—13. 图 1—5 (a)(b) 中若电流为零, U_{ab} 各为多少?

若电流方向改变, 大小不变, U_{ab} 又各为多少?

解: (1) 由上题得图 1—5 (a) 中的 $U_{ab} = IR + U_s$

当 $I = 0$ 时: $U_{ab} = U_s = 4(V)$ #

当电流方向改变, 大小不变时, 即 $I = -2A$

则: $U_{ab} = IR + U_s = -2 \times 2 + 4 = 0$ #

(2) 由上题得图 1—5 (b) 中的 $U_{ab} = -U_{s1} - U_{s2} - IR$

当 $I = 0$ 时, $U_{ab} = -U_{s1} - U_{s2} = -2 - (-6) = 4 (V)$ #

当电流 I 方向改变, 大小不变时, 即 $I = -1 A$ 则

$U_{ab} = -U_{s1} - U_{s2} - IR = -2 - (-6) - (-1) \times 4 = 8 (V)$ #

1—14 计算图 1—6 所示电路的电流、电阻两端电压以及二极管两端电压。

解: (1) 图(a): 二极管阳极接电源正极, 处于正向连接, 二极管导通, 电阻为零。

$\therefore$ 二极管两端压降 $U_{mn} = I \times R = 0$ #

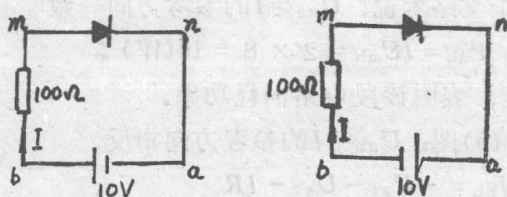


图 1—6

沿这闭合回路: $U_{bm} + U_{mn} + U_{ab} = 0$

即: $I \times 100 + 0 - 10 = 0$ 得 $I = \frac{10}{100} = 0.1 (A)$ #

电阻两端压降为 $U_R = IR = 0.1 \times 100 = 10 (V)$ #

(2) 图(b): 此时二极管阳极接电源负极, 处于反向连接, 二极管截止, 电阻无穷大。

$\therefore$ 电路电流 $I = 0$ #

电阻两端压降 $U_R = 0$ #

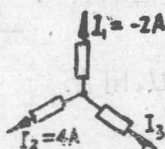
二极管两端压降 $U_{mn} = -10 (V)$ #

1—15 求下列各电路的未知电流。(设图(d)(e)中未知电流的参考方向均自 a 点流出。)

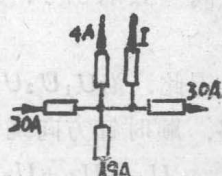
解：由基尔霍夫电流定律，在电路的任一节点上各支路电流的代数和总等于零，即： $\sum I = 0$ 。流出的电流规定为正，流入的电流规定为负。所以，



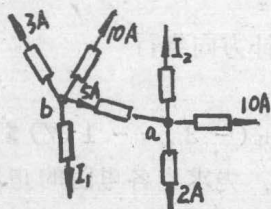
(a)



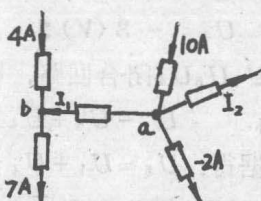
(b)



(c)



(d)



(e)

图 1—7

对图(a): $I + 2 - 5 - 4 = 0$ $I = 7(A)$ #

图(b): $-I_3 + I_2 + (-2) = 0$ $I_3 = 4 - 2 = 2(A)$ #

图(c): $-20 - 9 + 4 + I + 30 = 0$

$I = -5(A)$ #

图(d): 对b节点:

$I_1 + 5 + 10 + 3 = 0$ $I_1 = -18(A)$ #

对a节点: $-5 + 2 + 10 + I_2 = 0$ $I_2 = -7(A)$ #

图(e): b节点: $-I_1 - 4 + 7 = 0$ $I_1 = 3(A)$ #

a节点: $-10 + (-2) + 3 + I_2 = 0$

$I_2 = 9(A)$ #

1—16. 图 1—8 所示为复杂电路的一部份，已知 $U_1 = 2V$, $U_2 = 3V$, $U_3 = 4V$, 求 U_4 及 U_5

解：由基尔霍夫电压定律，沿闭合回路电压降的代数和总等于零，即 $\sum U = 0$ ，元件电压降的参考方向与所选的绕行方向一致取正号，反之取负号。

因此，沿 $U_1 U_2 U_3 U_4$ 闭合回路，顺时针方向绕行

$$\text{则： } U_1 - U_2 + U_3 + U_4 = 0$$

$$\text{代入数据得： } 2 - 3 + 4 + U_4 = 0 \quad U_4 = -3 \text{ (V) \#}$$

沿 $U_1 U_5 U_4$ 闭合回路，顺时针方向绕行

$$\text{则： } U_1 - U_5 + U_4 = 0$$

$$\text{代入数据得： } U_5 = U_1 + U_4 = 2 + (-3) = -1 \text{ (V) \#}$$

1—17. 图 1—9 所示电路，先求出各电阻的电压，再求各元件的电流。

解：沿 $a b o$ 闭合回路，顺时针方向绕行，电压定律方程为：

$$U_{ab} + 20 - 5 = 0$$

由此得：

$$U_{ab} = -15 \text{ (V) \#}$$

同理：沿 $b c o$ 闭合回路：

$$U_{bc} - 10 - 20 = 0 \quad U_{bc} = 30 \text{ (V) \#}$$

沿 $c d o$ 闭合回路：

$$U_{cd} + 2 + 10 = 0 \quad U_{cd} = -12 \text{ (V) \#}$$

沿 $d a o$ 闭合回路：

$$U_{da} + 5 - 2 = 0 \quad U_{da} = -3 \text{ (V) \#}$$

求各元件的电流：

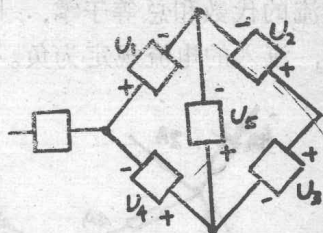


图 1—8

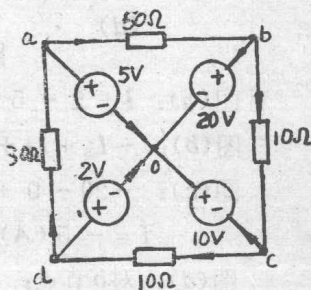


图 1—9

根据欧姆定律

$$U = IR$$

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

$$\therefore I_{ab} = \frac{U_{ab}}{R} = \frac{-15}{50} = -0.3(A) \#$$

$$I_{bc} = \frac{U_{bc}}{R} = \frac{30}{10} = 3(A) \#$$

$$I_{cd} = \frac{U_{cd}}{R} = \frac{12}{10} = 1.2(A) \#$$

$$I_{da} = \frac{U_{da}}{R} = \frac{-3}{30} = -0.1(A) \#$$

对a节点:

$$-I_{da} + I_{ao} + I_{ab} = 0$$

$$\therefore I_{ao} = -0.1 - (-0.3) = 0.2(A) \#$$

对b节点:

$$-I_{ab} + I_{bo} + I_{bc} = 0$$

$$I_{bo} = -0.3 - 3 = -3.3(A) \#$$

对c节点:

$$-I_{bc} + I_{co} + I_{cd} = 0$$

$$I_{co} = 3 - 1.2 = 1.8(A) \#$$

对d节点:

$$-I_{cd} + I_{da} + I_{do} = 0$$

$$I_{do} = 1.2 - (-0.1) = 1.3(A) \#$$

I_{ab} , I_{bo} , I_{da} 计算结果为负值, 说明 I_{ab} , I_{bo} , I_{da} 的实际方向与参考方向相反。

思考题

(原书 P.11)。图1—10所示电路中, 方框代表电源或电阻。若各电压、电流的参考方向如图所示, 且已通过计算或

测量得知:

$I_1 = 2\text{ A}$, $I_2 = 1\text{ A}$, $I_3 = -1\text{ A}$; $U_1 = 1\text{ V}$,
 $U_2 = -3\text{ V}$, $U_3 = 8\text{ V}$, $U_4 = -4\text{ V}$, $U_5 = 7\text{ V}$,
 $U_6 = -3\text{ V}$ 。试标出各电流的真实方向及各电压的真实极性。并问测量 I_1 、 I_3 、 U_1 及 U_3 时, 电流表及电压表是如何联接的? (直流电压表也有一个“+”号端和一个“-”号端。)

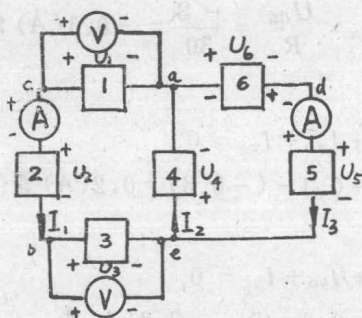


图 1—10

解: (1): 图 1—10 所示电压电流均为参考方向, 通过测量或计算得到的 U 和 I 值, 若为正值, 即表示电压电流的真实方向与参考方向一致, 若为负值, 即表示电压电流的真实方向与参考方向相反。

$\therefore I_1 = 2\text{ A}$, $I_2 = 1\text{ A}$, $U_1 = 1\text{ V}$, $U_3 = 8\text{ V}$,
 $U_5 = 7\text{ V}$, 图示的方向即为真实方向。

$I_3 = -1\text{ A}$, $U_2 = -3\text{ V}$, $U_4 = -4\text{ V}$, $U_6 = -3\text{ V}$,
 图示的相反方向才是真实方向。

(2) 测量 I_1 I_3 U_1 U_3 时, 电流表及电压表应按实际方向联接, 因此, 接入电路如图所示。

(P. 36) 1, 图 1—11 两电路中, I_0 各为多少? 应如何考虑? (⊥ 系接机壳符号)

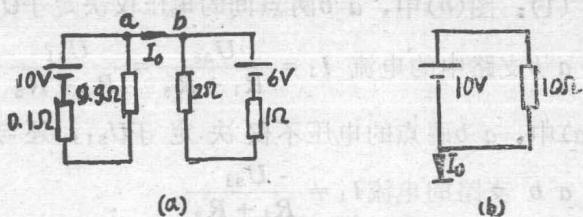


图 1—11

解：图(a)中 $a b$ 支路不构成回路，所以电流等于零。即 $I_0 = 0$ 。同理：图(b)中 $I_0 = 0$

(P. 36) 2, (1) 图 1—12 所示两电路中, I_1 都等于 $U_{s1}/(R_1 + R_3)$ 对吗?

(2) 对图 1—12(a) 所示的电路, 下列各式, 哪些对? 哪些不对?

$$I_1 = \frac{U_{s1} + U_{s2}}{R_1 + R_2}; \quad I_1 = \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1};$$

$$I_1 = \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1 + R_3};$$

$R_1 I_1 + U_{s1} + R_3 I_3 = 0$ (I_3 为 R_3 的电流, 设参考方向向下);

$R_1 I_1 - U_{s1} + R_2 I_2 - U_{s2} = 0$ (I_2 为 R_2 的电流, 设参考方向向上)。

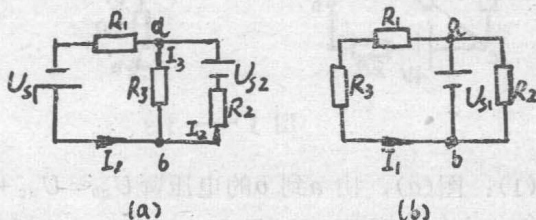


图 1—12