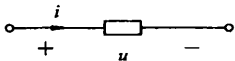


1-1 题 1-1 图是电路中的一条支路，其电流、电压参考方向如图所示。



题 1-1 图

- (1) 如 $i=2\text{ A}$, $u=4\text{ V}$, 求元件吸收的功率;
- (2) 如 $i=2\text{ mA}$, $u=-5\text{ mV}$, 求元件吸收的功率;
- (3) 如 $i=2.5\text{ mA}$, 元件吸收的功率 $P=10\text{ mW}$, 求电压 u ;
- (4) 如 $u=-200\text{ V}$, 元件吸收的功率 $P=12\text{ kW}$, 求电流 i 。

解 由于 u 与 i 参考方向关联, 故元件吸收的功率 $P=ui$ 。

(1) 元件吸收的功率

$$P=ui=8\text{ W}$$

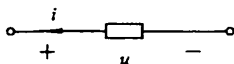
(2) 元件吸收的功率

$$P=ui=-10\text{ }\mu\text{W}$$

$$(3) \quad u=\frac{P}{i}=4\text{ V}$$

$$(4) \quad i=\frac{P}{u}=-60\text{ A}$$

1-2 题 1-2 图是电路中的一条支路, 其电流、电压参考方向如图所示。



题 1-2 图

- (1) 如 $i=2\text{ A}$, $u=3\text{ V}$, 求元件发出的功率;
- (2) 如 $i=2\text{ mA}$, $u=5\text{ V}$, 求元件发出的功率;
- (3) 如 $i=-4\text{ A}$, 元件发出的功率为 20 W , 求电压 u ;
- (4) 如 $u=400\text{ V}$, 元件发出的功率为 -8 kW , 求电流 i 。

解 由于 u 与 i 参考方向关联, 故元件发出的功率 $P_{\text{发}}=ui$ 。

$$(1) P_{\text{发}}=ui=6\text{ W}$$

$$(2) P_{\text{发}}=ui=10\text{ mW}$$

$$(3) u=\frac{P_{\text{发}}}{i}=-5\text{ V}$$

$$(4) i=\frac{P_{\text{发}}}{u}=-20\text{ A}$$

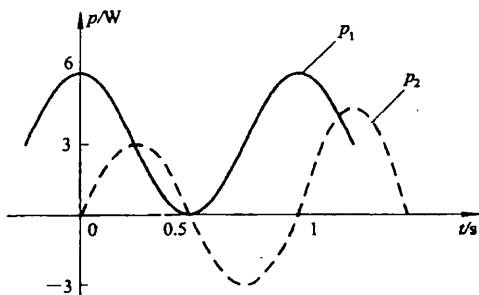
1-3 如某支路的电流、电压为关联参考方向, 分别求下列情况的功率, 并画出功率与时间关系的波形;

$$(1) \text{ 如 } u=3\cos\pi t\text{ V}, i=2\cos\pi t\text{ A};$$

$$(2) \text{ 如 } u=3\cos\pi t\text{ V}, i=2\sin\pi t\text{ A}.$$

解 由于 u 与 i 参考方向关联, 故元件吸收功率 $p=ui$ 。

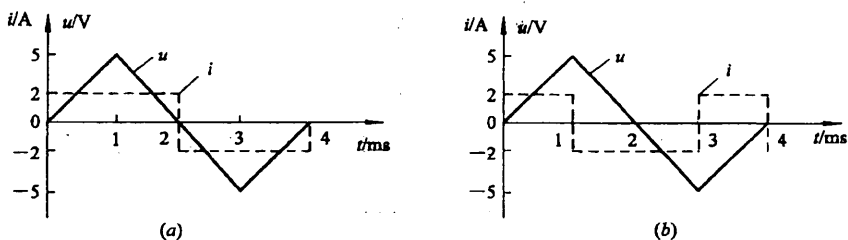
$$(1) p_1=ui=6(\cos\pi t)^2=3+3\cos 2\pi t\text{ W}, \text{ 波形如题 1-3 解图实线所示};$$



题 1-3 解图

(2) $p_2 = ui = 6 \cos \pi t \sin \pi t = 3 \sin 2\pi t$ W, 波形如题 1-3 解图虚线所示。

1-4 某支路电流、电压为关联参考方向, 其波形如题 1-4 图(a)和(b)所示。分别画出其功率和能量的波形(设 $t=0$ 时, 能量 $w(0)=0$)。



题 1-4 图

解 下面求解中, 时间 t 的单位为 ms, 未标示时间区间 u 、 i 、 p 、 w 的取值均为 0。

图(a): 由图(a)可写出 u 与 i 的表达式为

$$u = \begin{cases} 5t \text{ V} & 0 < t \leq 1 \\ -5t + 10 \text{ V} & 1 < t \leq 3 \\ 5t - 20 \text{ V} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

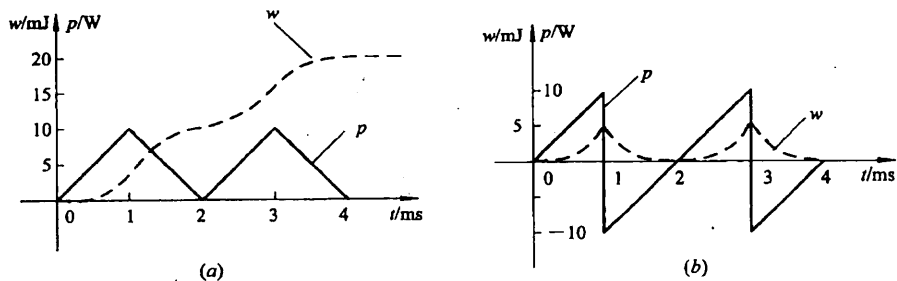
$$i = \begin{cases} 2 \text{ A} & 0 < t < 2 \\ -2 \text{ A} & 2 < t < 4 \end{cases}$$

故该支路的功率与能量为

$$p = \begin{cases} 10t \text{ W} & 0 < t \leq 1 \\ -10t + 20 \text{ W} & 1 < t \leq 2 \\ 10t - 20 \text{ W} & 2 < t \leq 3 \\ -10t + 40 \text{ W} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

$$w = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \begin{cases} 5t^2 \text{ mJ} & 0 < t \leq 1 \\ -5t^2 + 20t - 10 \text{ mJ} & 1 < t \leq 2 \\ 5t^2 - 20t + 30 \text{ mJ} & 2 < t \leq 3 \\ -5t^2 + 40t - 60 \text{ mJ} & 3 < t \leq 4 \\ 20 \text{ mJ} & t > 4 \end{cases}$$

功率和能量的波形如题 1-4 解图(a)所示。



题 1-4 解图

图(b): 由图(b)可写出 u 与 i 的表达式为

$$u = \begin{cases} 5t \text{ V} & 0 < t \leq 1 \\ -5t + 10 \text{ V} & 1 < t \leq 3 \\ 5t - 20 \text{ V} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

$$i = \begin{cases} 2 \text{ A} & 0 < t < 1 \\ -2 \text{ A} & 1 < t < 3 \\ 2 \text{ A} & 3 < t < 4 \end{cases}$$

故该支路的功率与能量为

$$p = \begin{cases} 10t \text{ W} & 0 < t \leq 1 \\ 10t - 20 \text{ W} & 1 < t \leq 3 \\ 10t - 40 \text{ W} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

$$w = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \begin{cases} 5t^2 \text{ mJ} & 0 < t \leq 1 \\ 5t^2 - 20t + 20 \text{ mJ} & 1 < t \leq 3 \\ 5t^2 - 40t + 80 \text{ mJ} & 3 < t \leq 4 \end{cases}$$

功率和能量的波形如题 1-4 解图(b)所示。

1-5 如题 1-5 图所示的电路, 若已知元件 C 发出功率为 20 W, 求元件 A 和 B 吸收的功率。

解 设电压 U_A 和电流 I 如题 1-5 解图所示, 则有

$$P_{C\text{发}} = 10I = 20 \text{ W}$$

解得

$$I = 2 \text{ A}$$

故

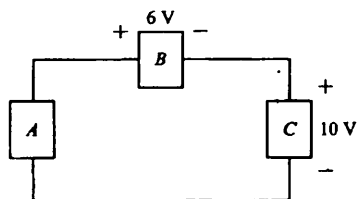
$$P_{B\text{吸}} = -6I = -12 \text{ W}$$

由于

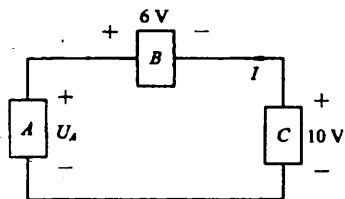
$$U_A = 6 + 10 = 16 \text{ V}$$

所以

$$P_{A\text{吸}} = U_A I = 16 \times 2 = 32 \text{ W}$$



题 1-5 图



题 1-5 解图

1-6 如题 1-6 图所示的电路, 若已知元件 A 吸收功率为 20 W, 求元件 B 和 C 吸收的功率。

解 $P_{C\text{吸}} = -5 \times (-3) = 15 \text{ W}$

设电压 U_A 和 U_B 如题 1-6 解图所示, 则有

$$P_{A\text{吸}} = 2U_A = 20 \text{ W}$$

解得

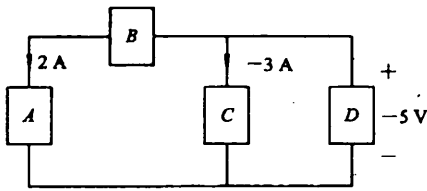
$$U_A = 10 \text{ V}$$

由于

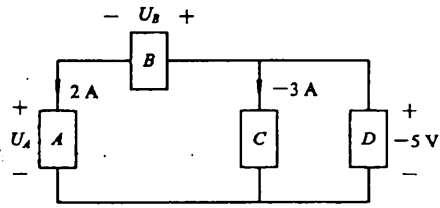
$$U_B = -5 - U_A = -15 \text{ V}$$

故

$$P_{B\text{吸}} = 2U_B = 2 \times (-15) = -30 \text{ W}$$

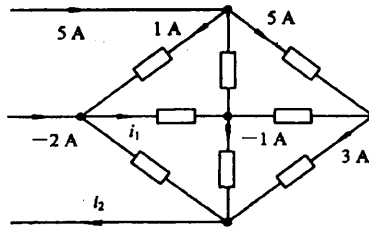


题 1-6 图



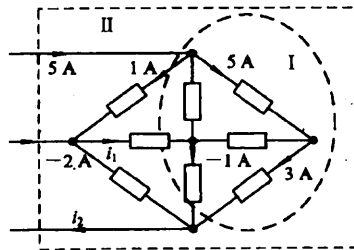
题 1-6 解图

1-7 如题 1-7 图所示的电路, 求电流 i_1 和 i_2 。



题 1-7 图

解 对题 1-7 图加虚线方框和圆形框, 并设它们分别为广义节点 II 和 I, 如题 1-7 解图所示。



题 1-7 解图

对广义节点 I, 利用 KCL 有

$$5 + i_1 = 1 + (-1) + 3$$

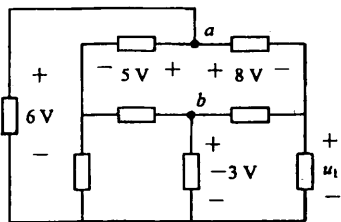
解得

$$i_1 = -2 \text{ A}$$

对广义节点 II, 利用 KCL 可得

$$i_2 = 5 + (-2) = 3 \text{ A}$$

1-8 如题 1-8 图所示的电路, 求电压 u_1 和 u_{ab} 。



题 1-8 图

解 利用 KVL 求两点之间电压, 得

$$u_1 = -8 + 6 = -2 \text{ V}$$

$$u_{ab} = 6 - (-3) = 9 \text{ V}$$

1-9 一电阻 $R = 5 \text{ k}\Omega$, 其电流 i 如题 1-9 图所示。

- (1) 写出电阻端电压表达式;
- (2) 求电阻吸收的功率, 并画出波形;
- (3) 求该电阻吸收的总能量。

解 (1) 电阻端电压表达式为

$$i = \begin{cases} 3t \text{ mA} & 0 < t < 2 \\ 0 \text{ mA} & t > 2 \end{cases}$$

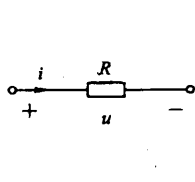
(2)

$$p = Ri^2 = \begin{cases} 45t^2 \text{ mW} & 0 < t < 2 \\ 0 \text{ mW} & t > 2 \end{cases}$$

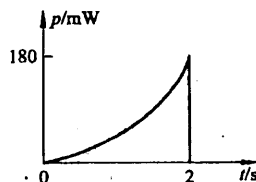
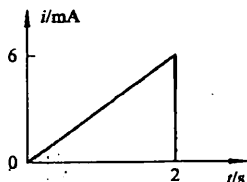
波形如题 1-9 解图所示。

(3)

$$w = \int_{-\infty}^{\infty} p(t) dt = \int_0^2 45t^2 dt = 120 \text{ mJ}$$



题 1-9 图



题 1-9 解图

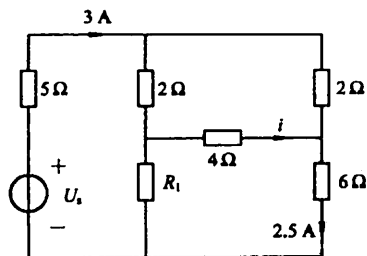
1-10 电路如题 1-10 图所示, 求电流 i 。

解 在节点 a 、 b 利用 KCL 可标出两个 2Ω 电阻的电流如题 1-10 解图所示, 在回路 I 中利用 KVL 可列出

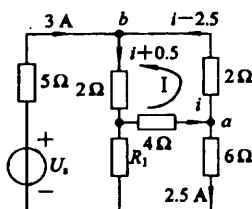
$$2(i-2.5)+2(i+0.5)+4i=0$$

解得

$$i=0.5 \text{ A}$$



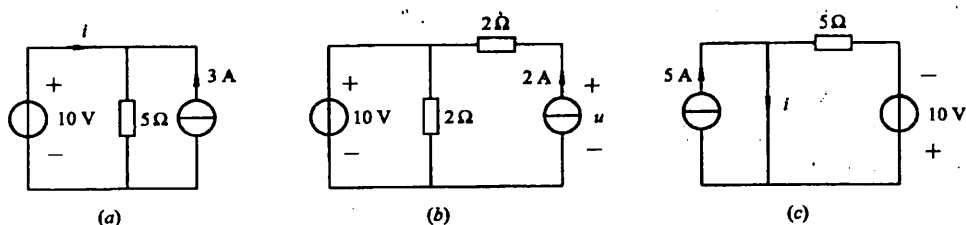
题 1-10 图



题 1-10 解图

1-11 电路如题 1-11 图所示。

- (1) 求图(a)中的电流 i ;
- (2) 求图(b)中电流源的端电压 u ;
- (3) 求图(c)中的电流 i 。



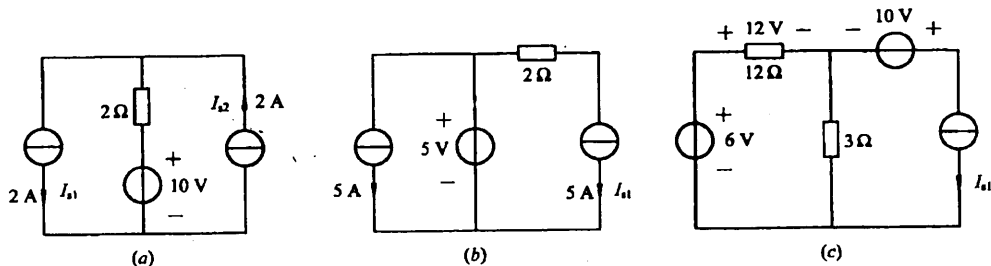
题 1-11 图

解 (1) 列出 KCL 方程: $i+3=\frac{10}{5}$, 解得 $i=-1 \text{ A}$;

(2) 利用 KVL 得: $u=2 \times 2+10=14 \text{ V}$;

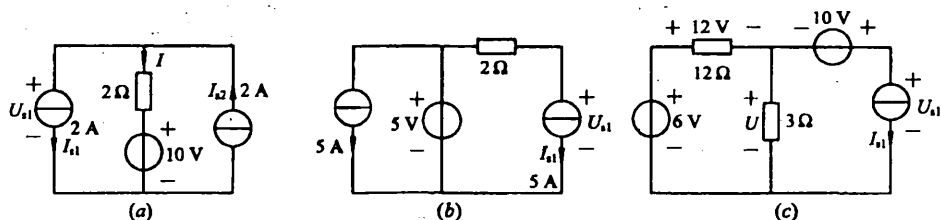
(3) 利用 KCL 得: $i=-\frac{10}{5}+5=3 \text{ A}$ 。

1-12 求题 1-12 图示各电路中电流源 I_1 产生的功率。



题 1-12 图

解 标出题 1-12 图(a)、(b)、(c)各电路中电流源 I_{s1} 两端的电压 U_{s1} , 如题 1-12 解图(a)、(b)、(c)所示, 则其产生的功率 $P_{s1} = -U_{s1}I_{s1}$ 。



题 1-12 解图

(1) 题 1-12 解图(a): 由 KCL 可知, $I=0$, 故

$$U_{s1} = 2I + 10 = 10 \text{ V}$$

$$P_{s1} = -U_{s1}I_{s1} = -10 \times 2 = -20 \text{ W}$$

(2) 题 1-12 解图(b): 由 KVL 可知, $U_{s1} = -2 \times 5 + 5 = -5 \text{ V}$, 故

$$P_{s1} = -U_{s1}I_{s1} = -(-5) \times 5 = 25 \text{ W}$$

(3) 题 1-12 解图(c): 由 KVL 可知

$$U_{s1} = 10 - 12 + 6 = 4 \text{ V}$$

$$U = -12 + 6 = -6 \text{ V}$$

利用 KCL 得,

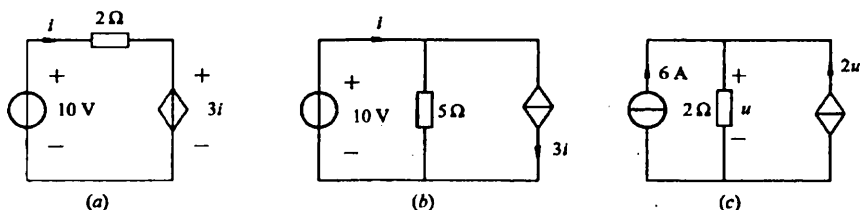
$$I_{s1} = \frac{12}{12} - \frac{U}{3} = 3 \text{ A}$$

所以

$$P_{s1} = -U_{s1}I_{s1} = -4 \times 3 = -12 \text{ W}$$

1-13 如题 1-13 图所示含受控源的电路。

- (1) 求图(a)中的电流 i ;
- (2) 求图(b)中的电流 i ;
- (3) 求图(c)中的电压 u 。



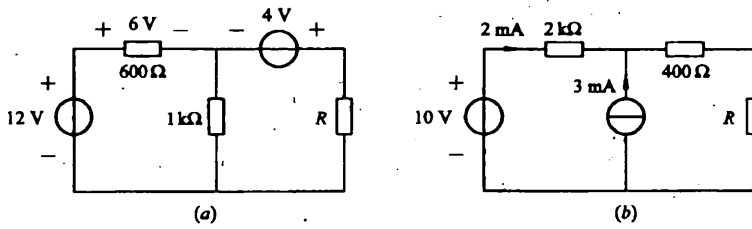
题 1-13 图

解 (1) 列出 KVL 方程: $2i + 3i - 10 = 0$, 解得 $i = 2 \text{ A}$ 。

(2) 由欧姆定律和 KCL 有, $i = \frac{10}{5} + 3i$, 解得 $i = -1 \text{ A}$ 。

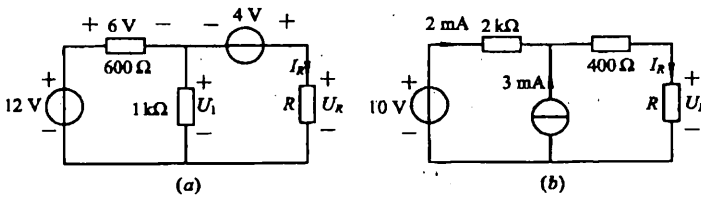
(3) 列出 KCL 方程: $6 + 2u = \frac{u}{2}$, 解得 $u = -4 \text{ V}$ 。

1-14 如题 1-14 图所示的电路, 分别求图(a)和图(b)中的未知电阻 R 。



题 1-14 图

解 求未知电阻 R 值的一种基本方法是先求出电阻上电流和电压, 然后用欧姆定律求 R 。在题 1-14 图上标出电阻 R 上电压 U_R 和电流 I_R , 如题 1-14 解图所示。



题 1-14 解图

(1) 题 1-14 解图(a): 由 KVL 得

$$U_R = 4 - 6 + 12 = 10 \text{ V}$$

$$U_1 = -6 + 12 = 6 \text{ V}$$

由 KCL 得

$$I_R = \frac{6}{600} - \frac{U_1}{1000} = 4 \text{ mA}$$

故由欧姆定律得

$$R = \frac{U_R}{I_R} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

(2) 题 1-14 解图(b): 由 KCL 得

$$I_R = 2 + 3 = 5 \text{ mA}$$

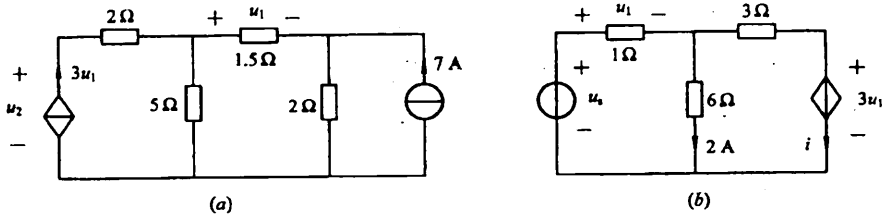
由 KVL 得

$$U_R = -400I_R - 2 \times 2 + 10 = 4 \text{ V}$$

故

$$R = \frac{U_R}{I_R} = 0.8 \text{ k}\Omega$$

1-15 如题 1-15 图所示的电路。



题 1-15 图

(1) 求图(a)中的电压 u_1 和 u_2 ;

(2) 求图(b)中的电压 u_1 和电流 i 。

解 (1) 标出电流 i_1 和 i_2 , 如题 1-15 解图(a)所示, 由 KCL 有

$$i_1 = 3u_1 - \frac{u_1}{1.5}$$

$$i_2 = 7 + \frac{u_1}{1.5}$$

对回路 I 列出 KVL 方程, 有

$$u_1 + 2i_2 - 5i_1 = 0$$

即有

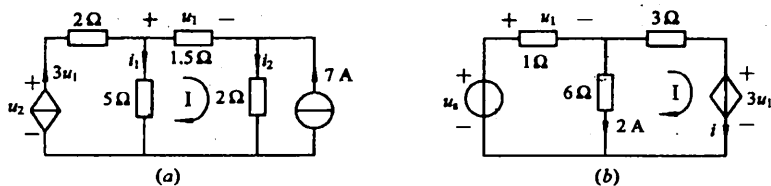
$$u_1 + 2\left(7 + \frac{u_1}{1.5}\right) - 5\left(3u_1 - \frac{u_1}{1.5}\right) = 0$$

解得

$$u_1 = 1.5 \text{ V}$$

由 KVL 得

$$u_2 = 2 \times 3u_1 + 5\left(3u_1 - \frac{u_1}{1.5}\right) = 26.5 \text{ V}$$



题 1-15 解图

(2) 由 KCL 得受控电压源支路电流 i 为

$$i = \frac{u_1}{1} - 2 = u_1 - 2$$

对回路 I 列出 KVL 方程, 有

$$3i + 3u_1 - 6 \times 2 = 0$$

即

$$3(u_1 - 2) + 3u_1 - 6 \times 2 = 0$$

解得

$$u_1 = 3 \text{ V}$$

由 KVL 得

$$u_2 = u_1 + 6 \times 2 = 3 + 12 = 15 \text{ V}$$

$$i = \frac{u_1}{1} - 2 = u_1 - 2 = 1 \text{ A}$$

1-16 求题 1-16 图示电路中, 各电路 ab 端的等效电阻。

解 图(a):

$$R_{ab} = 18 + 6 // 3 = 20 \Omega$$

图(b):

$$R_{ab} = 6 // 4 + (5 + 3 + 6 // 12) = 2 \Omega$$

图(c):

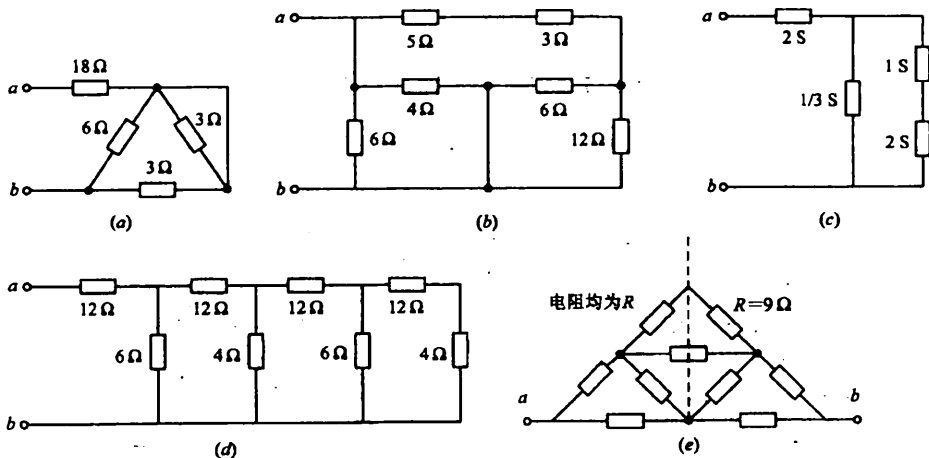
$$R_{ab} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1 \times 2}{1+2}} = 1.5 \Omega$$

图(d):

$$R_{ab} = 12 + 6 // \{12 + 4 // [12 + 6 // (12 + 4)]\} \approx 16.3 \Omega$$

图(e): 利用同电位点相连(图中虚线所示), 可得

$$R_{ab} = 2\{R // [R // (R // (0.5R) // R)]\} = \frac{10}{9}R = 10 \Omega$$



题 1-16 图

1-17 如题 1-17 图所示电路, 其中二端口电阻的电阻矩阵 $R = \begin{bmatrix} 8 & 4 \\ 4 & 2 \end{bmatrix} \Omega$, 求 ab 端的等效电阻。

解 标出二端口电阻端口电压和电流如题 1-17 解图所示, 根据电阻矩阵 R , 可得

$$U_1 = 8I_1 + 4I_2 \tag{1}$$

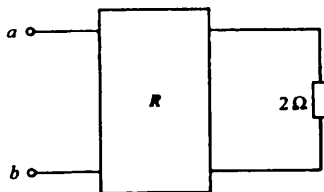
$$U_2 = 4I_1 + 2I_2 \tag{2}$$

对 2Ω 电阻, 由欧姆定律有

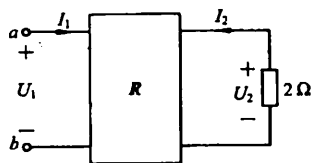
$$U_2 = -2I_2 \tag{3}$$

由式②和式③可推出 $I_2 = -I_1$, 将其代入式①, 可得

$$R_{ab} = \frac{U_1}{I_1} = 4 \Omega$$



题 1-17 图



题 1-17 解图

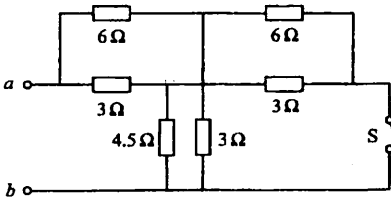
1-18 如题 1-18 图所示的双 T 形电路, 分别求当开关 S 闭合时及断开时 ab 端的等效电阻。

解 当开关 S 闭合时, 根据电阻的串并联关系, 有

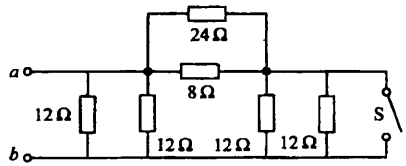
$$R_{ab} = (3 + 3 // 4.5) // (6 + 6 // 3) = 3 \Omega$$

当开关 S 断开时, 利用 $Y \rightarrow \Delta$ 变换后, 可得题 1-18 解图所示等效电路, 继而求得

$$R_{ab} = 12 // 12 // (24 // 8 + 12 // 12) = 4 \Omega$$



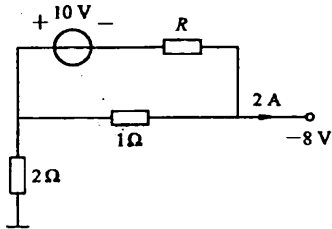
题 1-18 图



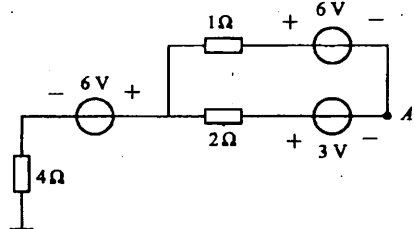
题 1-18 解图

1-19 如题 1-19 图所示电路。

- (1) 求图(a)中的电阻 R ;
- (2) 求图(b)中的 A 点的电位 U_A 。



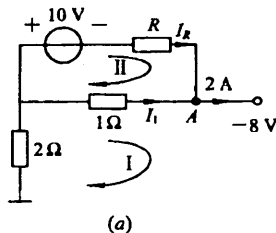
(a)



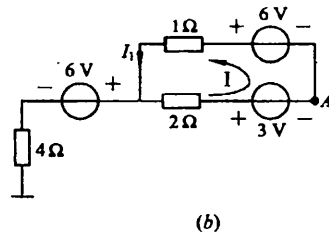
(b)

题 1-19 图

解 (1) 标出 R 和 1Ω 电阻上的电流 I_R 和 I_1 以及节点 A、回路 I、回路 II, 如题 1-19 解图(a)所示。



(a)



(b)

题 1-19 解图

对节点 A 列出 KCL 方程有

$$I_R = 2 - I_1$$

对回路 I 列出 KVL 方程, 有

$$1 \times I_1 - 8 + 2 \times 2 = 0$$

解得 $I_1 = 4 \text{ A}$, 因此得

$$I_R = 2 - I_1 = -2 \text{ A}$$

对回路 II 列出 KVL 方程, 有

$$10 + RI_R - 1 \times I_1 = 0$$

即

$$10 + R \times (-2) - 1 \times 4 = 0$$

解得

$$R = 3 \Omega$$

(2) 标出 1Ω 电阻上的电流 I_1 以及回路 I, 如题 1-19 解图(b)所示。列出回路 I 的 KVL 方程, 有

$$-6 + 1 \times I_1 + 2 \times I_1 + 3 = 0$$

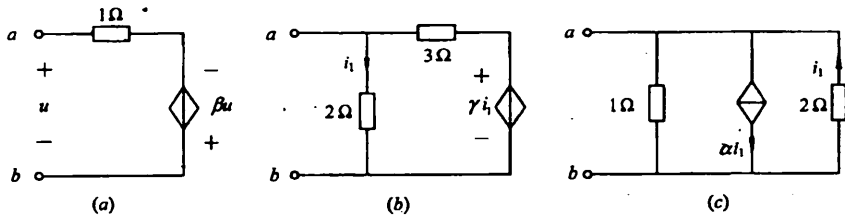
解得

$$I_1 = 1 \text{ A}$$

利用 KVL, 得

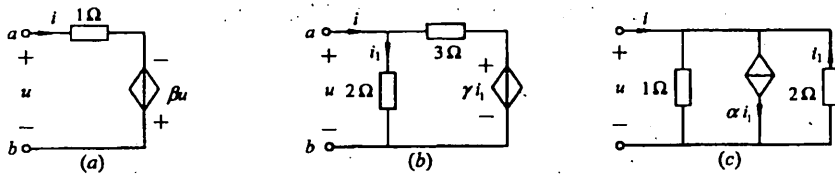
$$U_A = -6 + 1 \times I_1 + 6 = 1 \text{ V}$$

1-20 如题 1-20 图所示含受控源的电路, 受控系数 β 、 γ 、 α 已知, 求各图中 ab 端的等效电阻。



题 1-20 图

解 标出端子上的电流 i 和电压 u , 如题 1-20 解图所示。若 ab 端的等效电阻记为 R_{ab} , 则有 $u = R_{ab}i$ 。



题 1-20 解图

题 1-20 解图(a): 由 KVL 得

$$u = 1 \times i - \beta u$$

则

$$R_{ab} = \frac{u}{i} = \frac{1}{1 + \beta} \Omega$$

题 1-20 解图(b): 对 2Ω 电阻, 由欧姆定律, 有

$$i_1 = \frac{u}{2}$$

由 KCL, 得

$$i = i_1 + \frac{u - \gamma i_1}{3}$$

即

$$i = \frac{u}{2} + \frac{u - \gamma u}{3} = \frac{5 - \gamma}{6} u$$

则

$$R_{\infty} = \frac{u}{i} = \frac{6}{5 - \gamma} \Omega$$

题 1-20 解图(c): 对 2Ω 电阻, 由欧姆定律, 有

$$i_1 = -\frac{u}{2}$$

由 KCL 得

$$i = \frac{u}{1} + \alpha i_1 - i_1 = u + (\alpha - 1) \left(-\frac{u}{2}\right) = \frac{3 - \alpha}{2} u$$

则

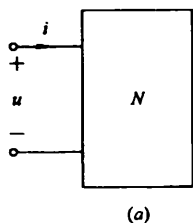
$$R_{\infty} = \frac{u}{i} = \frac{2}{3 - \alpha} \Omega$$

1-21 如测得题 1-21 图(a)电路 N 的伏安特性如题 1-21 图(b)所示, 求出 N 的等效电路。

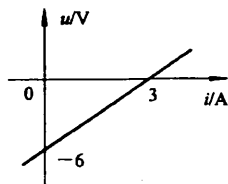
解 题 1-21 图(b)对应的方程为

$$u = -6 + 2i$$

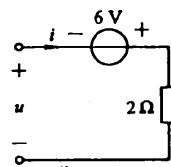
由该方程可画出 N 的等效电路如题 1-21 解图所示。



(a)



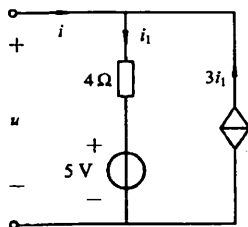
(b)



题 1-21 解图

题 1-21 图

1-22 写出题 1-22 图示电路的端口伏安关系。



题 1-22 图

解 由 KCL, 有

$$i = i_1 - 3 i_1$$

即

$$i_1 = -0.5 i$$

由 KVL, 有

$$u = 4i_1 + 5$$

将 $i_1 = -0.5 i$ 代入上式, 可得电路的端口伏安关系为

$$u = -2i + 5$$

1-23 如题 1-23 图所示的电路。

(1) 求 ab 端的电压 u_{ab} ;

(2) 如 ab 间用理想导线短接, 求短路电流 i_{ab} 。

解 (1) cd 两点以右的等效电阻为

$$R_{cd} = (2 + 4) // (2 + 1) = 2 \text{ k}\Omega$$

利用分压公式, 有

$$u_{cd} = \frac{R_{cd}}{1.2 \times 10^3 + R_{cd}} \times 12 = 7.5 \text{ V}$$

$$u_{ad} = \frac{4}{2+4} u_{cd} = \frac{4}{2+4} \times 7.5 = 5 \text{ V}$$

$$u_{bd} = \frac{1}{2+1} u_{cd} = \frac{1}{2+1} \times 7.5 = 2.5 \text{ V}$$

故由 KVL 可得

$$u_{ab} = u_{ad} - u_{bd} = 5 - 2.5 = 2.5 \text{ V}$$

(2) ab 间用理想导线短接时, 电路如题 1-23 解图所示。 cd 两点以右的等效电阻为

$$R_{cd} = 2 // 2 + 4 // 1 = 1.8 \text{ k}\Omega$$

$$i = \frac{12}{1.2 \times 10^3 + R_{cd}} = 4 \text{ mA}$$

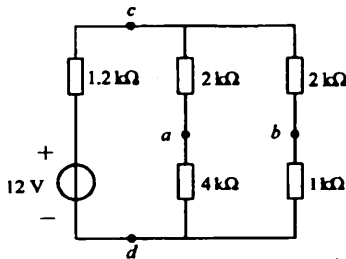
利用分流公式, 有

$$i_1 = 0.5 i = 2 \text{ mA}$$

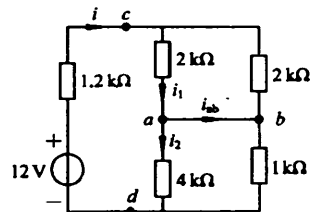
$$i_2 = \frac{1}{4+1} i = 0.8 \text{ mA}$$

在节点 a 利用 KCL, 得

$$i_{ab} = i_1 - i_2 = 1.2 \text{ mA}$$

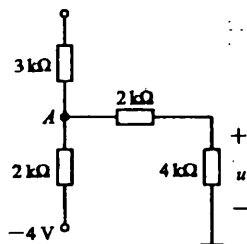


题 1-23 图



题 1-23 解图

1-24 求题 1-24 图示电路中的电压 u 。



题 1-24 图

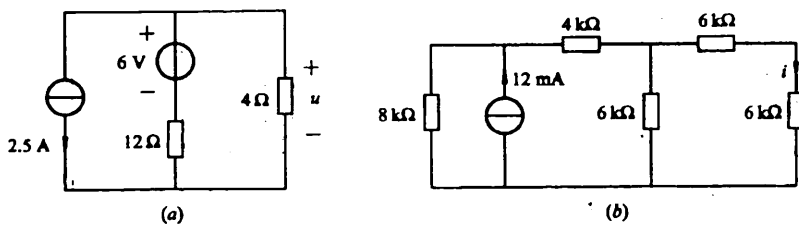
解 以节点 A 的节点电压 u_A 为变量, 结合欧姆定律, 列出节点 A 的 KCL 方程为

$$\frac{15 - u_A}{3 \times 10^3} = \frac{u_A - (-4)}{2 \times 10^3} + \frac{u_A}{2 \times 10^3 + 4 \times 10^3}$$

解得 $u_A = 3 \text{ V}$, 利用分压公式得

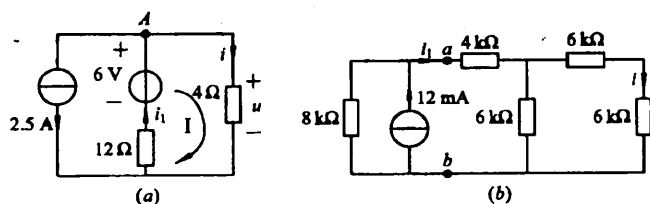
$$u = \frac{4}{4 + 2} u_A = 2 \text{ V}$$

1-25 如题 1-25 图所示的电路, 求图(a)中的电压 u 和图(b)中的电流 i 。



题 1-25 图

解 在题 1-25 图中标出电流 i_1 、 i 以及节点 A、a、b 及回路 I, 如题 1-25 解图所示。



题 1-25 解图

图(a): 在节点 A, 利用 KCL 有

$$i_1 = 2.5 + i$$

在回路 I 中, 由 KVL 可得

$$4i + 12i_1 - 6 = 0$$

由上两式可解得 $i = -1.5 \text{ A}$, 故 $u = 4i = -6 \text{ V}$ 。

图(b): ab 两点以右的等效电阻为

$$R_{ab} = 4 + 6 // (6 + 6) = 8 \text{ k}\Omega$$

利用分流公式, 有

$$i_1 = \frac{8 \times 10^3}{8 \times 10^3 + R_w} \times 12 \times 10^{-3} = 6 \text{ mA}$$

$$i = \frac{6 \times 10^3}{6 \times 10^3 + 6 \times 10^3 + 6 \times 10^3} i_1 = 2 \text{ mA}$$

1-26 如题 1-26 图所示电路, 已知其中二端口电阻的电导矩阵 G 为

$$G = \begin{bmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 6 \end{bmatrix} \text{ S}$$

求电流源产生的功率 P_s 和电流 i_2 。

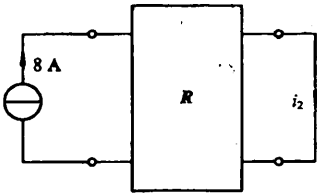
解 标出二端口电阻端口的电压和电流, 如题 1-26 解图所示。根据电导矩阵 G 可写出下列方程:

$$\begin{cases} i_1 = 4u_1 - 2u_2 \\ -i_2 = -2u_1 + 6u_2 \end{cases}$$

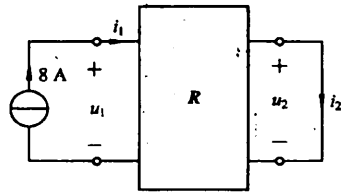
显然, $i_1 = 8 \text{ A}$, $u_2 = 0$, 将其代入上述方程, 可解得 $i_2 = 4 \text{ A}$, $u_1 = 2 \text{ V}$ 。

故电流源产生的功率为

$$P_s = u_1 i_1 = 2 \times 8 = 16 \text{ W}$$



题 1-26 图



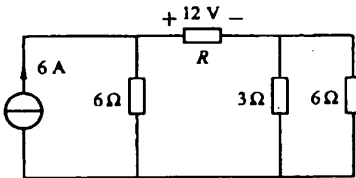
题 1-26 解图

1-27 如题 1-27 图所示电路, 求未知电阻 R 。

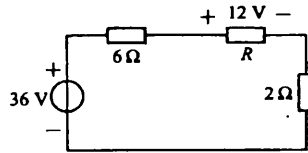
解 利用电源模型等效互换和电阻并联等效, 电路可化简为题 1-27 解图所示电路。利用分压公式, 有

$$\frac{R}{R + 6 + 2} \times 36 = 12$$

解得 $R = 4 \Omega$ 。



题 1-27 图



题 1-27 解图

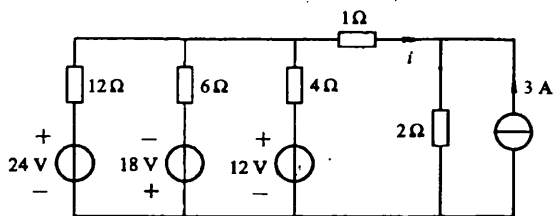
1-28 求题 1-28 图所示电路中的电流 i 。

解 利用电源模型等效互换、电流源并联等效、电阻并联等效, 可将电路化简为题

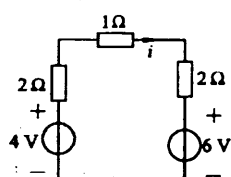
1-28 解图所示电路。

列出 KVL, 可解得

$$i = \frac{4-6}{2+1+2} = -0.4 \text{ A}$$



题 1-28 图



题 1-28 解图

1-29 求题 1-29 图所示电路中的电流 i_1 和电压 u 。

解 将受控电流源利用电源模型等效转换为受控电压源, 如题 1-29 解图所示。

在节点 A, 由 KCL 有

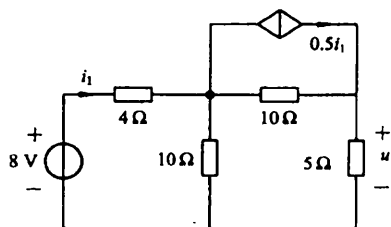
$$i_3 = i_1 - i_2$$

在左右两个回路, 列 KVL 方程, 有

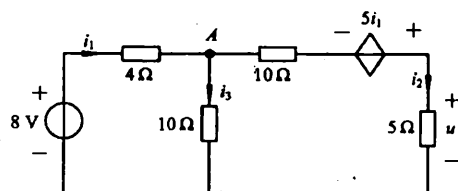
$$4i_1 + 10(i_1 - i_2) - 8 = 0$$

$$10i_2 - 5i_1 + 5i_2 - 10(i_1 - i_2) = 0$$

由上述两式可解得 $i_1 = 1 \text{ A}$, $i_2 = \frac{3}{5} \text{ A}$, 故 $u = 5i_2 = 3 \text{ V}$ 。

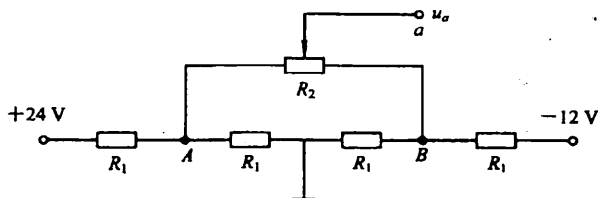


题 1-29 图



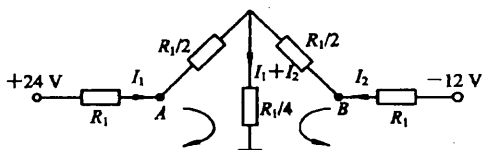
题 1-29 解图

1-30 如题 1-30 图所示的调压电路, 端子 a 处为开路, 若以地为参考点, 当改变 R_2 ($R_2 = 2R_1$) 的活动点时, 求 u_a 的变化范围。



题 1-30 图

解 当调节端子 a 处于 R_1 的左右两端时, u_a 的变化范围即为 A 、 B 两点电位 U_A 和 U_B 之间, 故只需求出 A 、 B 两点的电位即可。



题 1-30 解图

利用 $\Delta \rightarrow Y$ 等效变换, 并考虑到 $R_2 = 2R_1$, 可画出其等效电路, 如题 1-30 解图所示。在两个回路列出 KVL 方程为

$$R_1 I_1 + \left(\frac{R_1}{2}\right) I_1 + \left(\frac{R_1}{4}\right) (I_1 + I_2) - 24 = 0$$

$$R_1 I_2 + \left(\frac{R_1}{2}\right) I_2 + \left(\frac{R_1}{4}\right) (I_1 + I_2) + 12 = 0$$

解得 $R_1 I_1 = 15 \text{ V}$, $R_1 I_2 = -9 \text{ V}$ 。

由 KVL 可得

$$U_A = \left(\frac{R_1}{2}\right) I_1 + \left(\frac{R_1}{4}\right) (I_1 + I_2) = 0.75 R_1 I_1 + 0.25 R_1 I_2$$

$$= 0.75 \times 15 + 0.25 \times (-9) = 9 \text{ V}$$

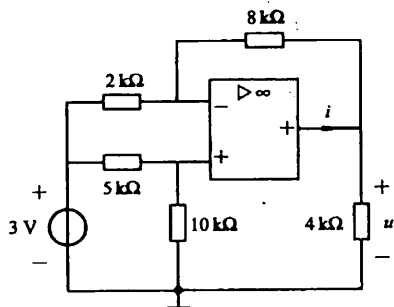
$$U_B = \left(\frac{R_1}{2}\right) I_2 + \left(\frac{R_1}{4}\right) (I_1 + I_2) = 0.75 R_1 I_2 + 0.25 R_1 I_1$$

$$= 0.75 \times (-9) + 0.25 \times 15 = -3 \text{ V}$$

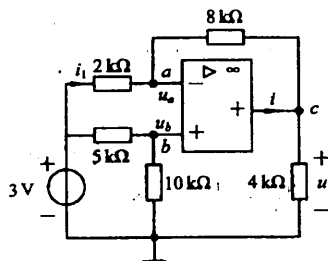
所以, u_a 的变化范围是

$$-3 \text{ V} \leq u_a \leq 9 \text{ V}$$

1-31 求题 1-31 图所示电路中的 u 和 i 。



题 1-31 图



题 1-31 解图

解 设运放输入端的电压分别为 u_a 和 u_b , 如题 1-31 解图所示。

利用虚断和分压公式, 得

$$u_b = \frac{10}{5+10} \times 3 = 2 \text{ V}$$

由虚短有

$$u_a = u_b = 2 \text{ V}$$

故

$$i_1 = \frac{3 - u_a}{2 \times 10^3} = \frac{3 - 2}{2 \times 10^3} = 0.5 \text{ mA}$$

利用 KVL, 并考虑虚断, 得

$$u = -8 \times 10^3 i_1 + u_a = -4 + 2 = -2 \text{ V}$$

在节点 c 利用 KCL, 得

$$i = \frac{u}{4 \times 10^3} - i_1 = -1 \text{ mA}$$

1-32 求题 1-32 图所示电路中的电流 I 。

解 标出运放输入端电压 U_a , 如题 1-32 解图所示。

由虚短, 有

$$U_a = 12 \text{ V}$$

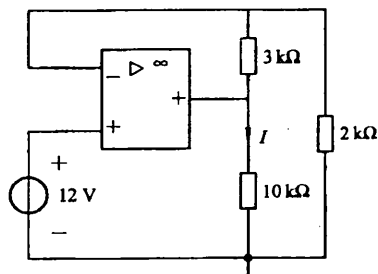
故

$$I_1 = \frac{U_a}{2 \times 10^3} = \frac{12}{2 \times 10^3} = 6 \text{ mA}$$

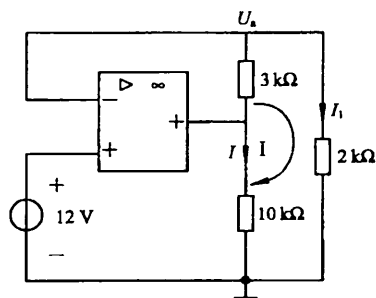
在回路 I 中, 考虑虚断, 列写 KVL 方程, 有

$$3 \times 10^3 I_1 + 2 \times 10^3 I_1 - 10 \times 10^3 I = 0$$

解得 $I = 3 \text{ mA}$ 。

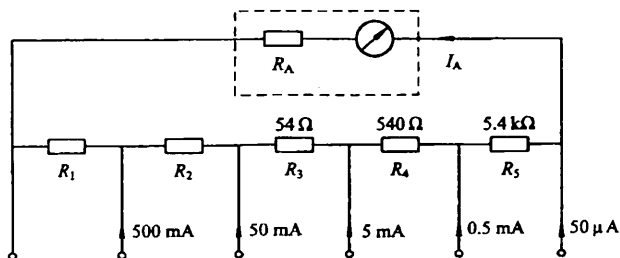


题 1-32 图



题 1-32 解图

1-33 某 MF-30 型万用表测量直流电流的电路如题 1-33 图所示, 已知表头内阻 $R_A = 2 \text{ k}\Omega$, 量程为 $37.5 \mu\text{A}$, 它用波段开关改变电流的量程, 图中给出了各波段的量程。现发现绕线电阻 R_1 和 R_2 损坏, 问换上多大阻值的 R_1 和 R_2 才能使该万用表恢复正常工作。



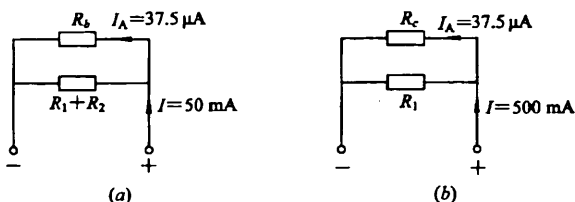
题 1-33 图

解 万用表工作在 50 mA 量程时的电路模型如题 1-33 解图(a)所示。其中 $R_b = R_A + R_3 + R_4 + R_5 = 2000 \Omega + 54 \Omega + 540 \Omega + 5400 \Omega = 7994 \Omega$ 。当万用表指针满偏转的电流 $I_A = 37.5 \mu\text{A}$ 时, 万用表的电流 $I = 50 \text{ mA}$ 。由分流公式有

$$I_A = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_b} I$$

故

$$R_1 + R_2 = \frac{R_b I_A}{I - I_A} = \frac{7994 \times 37.5 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-3} - 37.5 \times 10^{-6}} = 6 \Omega$$



题 1-33 解图

万用表工作在 500 mA 量程时的电路模型如题 1-33 解图(b)所示。其中 $R_c = R_A + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$, $R_1 + R_c = R_1 + R_2 + R_A + R_3 + R_4 + R_5 = 6 \Omega + 2000 \Omega + 54 \Omega + 540 \Omega + 5400 \Omega = 8000 \Omega$ 。当万用表指针满偏转的电流 $I_A = 37.5 \mu\text{A}$ 时, 万用表的电流 $I = 500 \text{ mA}$ 。由分流公式有

$$I_A = \frac{R_1}{R_1 + R_c} I$$

故

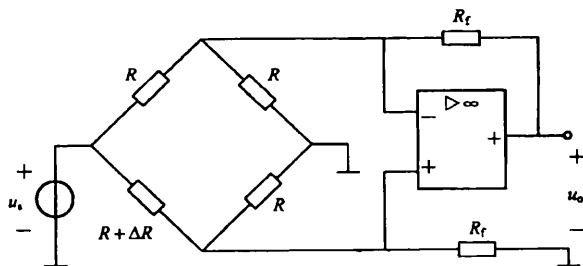
$$R_1 = \frac{(R_1 + R_c) I_A}{I} = \frac{8000 \times 37.5 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-3}} = 0.6 \Omega$$

故

$$R_2 = 6 - R_1 = 6 - 0.6 = 5.4 \Omega$$

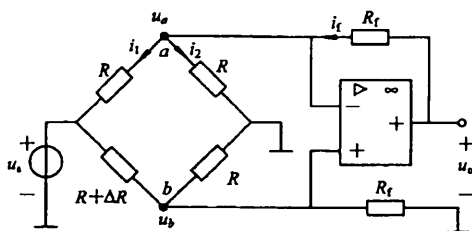
1-34 题 1-34 图所示电路是电桥驱动的运放电路, 证明如果 $\Delta R \ll R$, 运放的输出电压近似为

$$u_o = \frac{R_f}{R^2} \cdot \frac{(R + R_f)}{(R + 2R_f)} (-\Delta R) u_s$$



题 1-34 图

证 标出相关支路电流和节点电压如题 1-34 解图所示。



题 1-34 解图

根据运放的虚断特性，由分压公式得

$$u_b = \frac{R // R_f}{R + \Delta R + R // R_f} u_s \quad (1)$$

支路电流

$$i_1 = \frac{u_a - u_s}{R}$$

$$i_2 = \frac{u_a}{R}$$

由运放的虚断特性和 KCL，有

$$\begin{aligned} i_f &= i_1 + i_2 = \frac{u_a - u_s}{R} + \frac{u_a}{R} \\ &= \frac{2u_a - u_s}{R} \end{aligned}$$

由 KVL 有

$$\begin{aligned} u_o &= R_f i_f + u_a = R_f \frac{2u_a - u_s}{R} + u_a \\ &= \frac{(2R_f + R)u_a - R_f u_s}{R} \end{aligned} \quad (2)$$

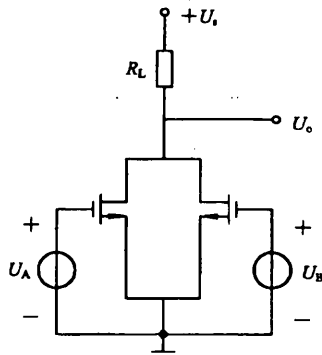
由运放的虚短特性，有 $u_a = u_b$ ，将式①代入式②，得

$$\begin{aligned} u_o &= \frac{(2R_f + R) \frac{R // R_f}{R + \Delta R + R // R_f} u_s - R_f u_s}{R} \\ &= \frac{-\Delta R (R + R_f) R_f}{R^2 [R R_f + (R + \Delta R)(R + R_f)]} u_s \end{aligned}$$

由于 $\Delta R \ll R$ ，故

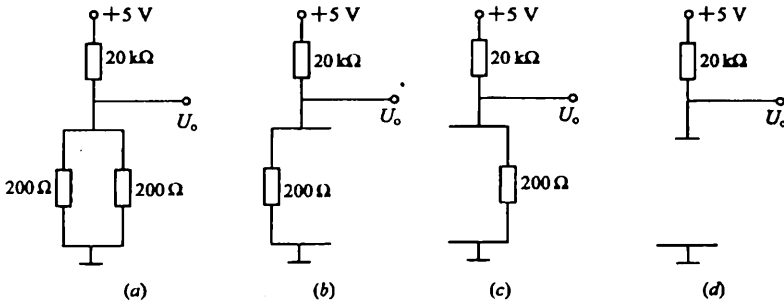
$$u_o = \frac{R_f}{R^2} \cdot \frac{(R + R_f)}{(R + 2R_f)} (-\Delta R) u_s$$

1-35 题 1-35 图所示电路是用 MOSFET 构成的逻辑电路，已知 $R_L = 20 \text{ k}\Omega$ ， $U_s = 5 \text{ V}$ ，MOSFET 的导通电阻 $R_M = 200 \Omega$ ， U_A 和 U_B 只取 5 V (逻辑 1) 或 0 V (逻辑 0)，求出 U_A 和 U_B 所有组合状态下电路的输出电压 U_o ，并判断该电路的逻辑功能。



题 1-35 图

解 用 MOSFET 构成的逻辑电路, 其 MOSFET 器件不外乎工作在导通或截止两种工作状态。如果栅极加高电平, 则 MOSFET 器件导通, 漏源两极间等效为一导通电阻; 若栅极加低电平, 则 MOSFET 器件截止, 漏源两极间等效为开路, 如题 1-35 解图所示。



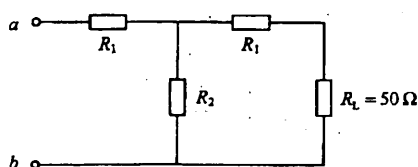
题 1-35 解图

下面列表给出 U_A 和 U_B 取四种不同组合值时的输出电压 U_o 。(由等效电路利用分压公式不难计算出 U_o 。)

U_A /逻辑	U_B /逻辑	等效电路	U_o /逻辑
5 V/1	5 V/1	题 1-35 解图(a)	0.025 V/0
5 V/1	0 V/0	题 1-35 解图(b)	0.05 V/0
0 V/0	5 V/1	题 1-35 解图(c)	0.05 V/0
0 V/0	0 V/0	题 1-35 解图(d)	5 V/1

由此可见, 该电路实现或非门功能。

1-36 题 1-36 图所示电路, 欲使 ab 端的等效电阻 $R_{ab} = R_L = 50 \Omega$, 试确定电阻 R_1 和 R_2 的值。(从下列电阻值中选取电阻: $10 \Omega, 20 \Omega, 30 \Omega, 100 \Omega, 110 \Omega, 120 \Omega, 130 \Omega, 150 \Omega, 160 \Omega$ 。)



题 1-36 图

解 由电阻的串并等效关系, 有

$$R_{\infty} = R_1 + \frac{R_2(R_1 + R_L)}{R_2 + R_1 + R_L}$$

根据 $R_{\infty} = R_L = 50 \Omega$, 由上式得到 R_1 和 R_2 的关系:

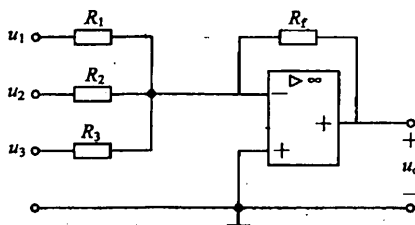
$$R_2 = \frac{R_L^2 - R_1^2}{2R_1} = \frac{50^2 - R_1^2}{2R_1}$$

由上式可知, R_1 必须小于 50Ω , 取 $R_1 = 10 \Omega$ 代入上式, 计算出 $R_2 = 120 \Omega$, 正好处于给定的电阻值中。

1-37 均值放大器是一个加法器。用运放和适当的输入电阻和反馈电阻, 使其输出等于多个输入之平均值。试设计一个有三个输入的均值放大器, 其反馈电阻是 $10 \text{ k}\Omega$, 其输出为

$$-u_o = \frac{1}{3}(u_1 + u_2 + u_3)$$

解 首先选电路结构如题 1-37 解图所示。



题 1-37 解图

由题可知

$$R_f = 10 \text{ k}\Omega$$

由电路不难写出

$$-u_o = \frac{R_f}{R_1}u_1 + \frac{R_f}{R_2}u_2 + \frac{R_f}{R_3}u_3$$

对照题中给定输出

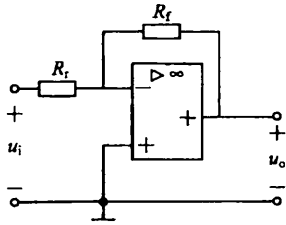
$$-u_o = \frac{1}{3}(u_1 + u_2 + u_3)$$

得

$$R_1 = R_2 = R_3 = 3R_f = 30 \text{ k}\Omega$$

1-38 用运放设计一个反相放大器, 要求增益为 6 (即输出与输入的关系为 $u_o = -6u_i$), 输入电阻大于等于 $50 \text{ k}\Omega$ 。

解 首先选电路结构如题 1-38 解图所示。



题 1-38 解图

由电路不难写出

$$u_o = -\frac{R_f}{R_f} u_i$$

故 $R_f = 6R_r$ ，而输入电阻

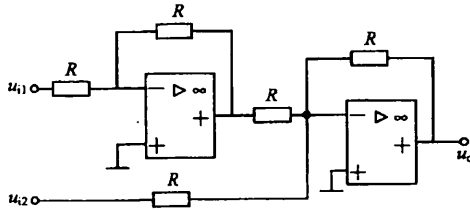
$$R_i = R_r \geq 50 \text{ k}\Omega$$

若取 $R_r = 50 \text{ k}\Omega$ ，则

$$R_f = 6R_r = 300 \text{ k}\Omega$$

1-39 利用两个运放设计一个减法器。即输出与输入的关系为 $u_o = u_{i1} - u_{i2}$ 。

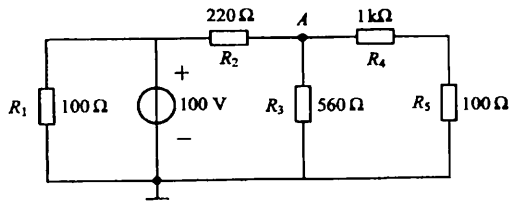
解 设计的减法器如题 1-39 解图所示。



题 1-39 解图

1-40 在题 1-40 图电路中，根据下列故障，计算 A 点测得的电压各为多少：

- (1) R_1 开路；
- (2) R_5 短路；
- (3) R_3 和 R_4 开路；
- (4) R_2 开路。



题 1-40 图

解 (1) R_1 开路时, 利用分压公式得

$$U_A = \frac{R_3 // (R_4 + R_5)}{R_2 + R_3 // (R_4 + R_5)} \times 100 = \frac{560 // (1000 + 100)}{220 + 560 // (1000 + 100)} \times 100 = 62.8 \text{ V}$$

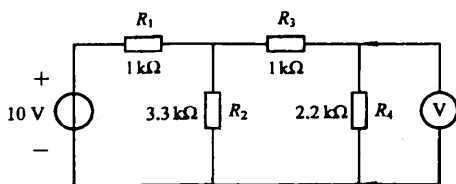
(2) R_5 短路时, 利用分压公式得

$$U_A = \frac{R_3 // R_4}{R_2 + R_3 // R_4} \times 100 = \frac{560 // 1000}{220 + 560 // 1000} \times 100 = 62 \text{ V}$$

(3) R_3 和 R_4 开路时, 显然 $U_A = 100 \text{ V}$ 。

(4) R_2 开路时, 显然 $U_A = 0 \text{ V}$ 。

1-41 题 1-41 图电路中, 如果理想电压表的读数为 5.24 V (近似小数点后两位), 判断哪个电阻发生了开路或短路故障?



题 1-41 图

解 由于电压表的读数不为 0, 故由电路结构可以直观判断不是下列四种情况的故障: R_1 开路, R_3 开路, R_2 短路, R_4 短路。这样就排除了四种情况。

R_1 短路时, 电压表的读数为

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \times 100 = \frac{2.2}{1 + 2.2} \times 100 = 6.88 \text{ V}$$

R_3 短路时, 电压表的读数为

$$\frac{R_2 // R_4}{R_1 + R_2 // R_4} \times 100 = \frac{3.3 // 2.2}{1 + 3.3 // 2.2} \times 100 = 5.69 \text{ V}$$

R_4 开路时, 电压表的读数为

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \times 100 = \frac{3.3}{1 + 3.3} \times 100 = 7.67 \text{ V}$$

R_2 开路时, 电压表的读数为

$$\frac{R_4}{R_1 + R_3 + R_4} \times 100 = \frac{2.2}{1 + 1 + 2.2} \times 100 = 5.24 \text{ V}$$

可以看出, R_2 发生了开路故障。