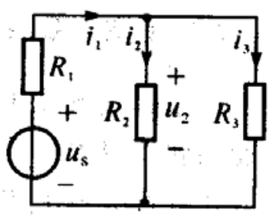
2-1 电路如图所示，已知 $u_s = 100\text{V}, R_1 = 2\text{k}\Omega, R_2 = 8\text{k}\Omega$. 若：(1)$R_3 = 8\text{k}\Omega$；(2)$R_3 = \infty$($R_3$ 处开路)；(3)$R_3 = 0$(R_3 处短路). 试求以上 3 种情况下电压 u_2 和电流 i_2, i_3.



题 2-1 图

解 提示 利用电阻的串并联等效变换将电路简化后再进行求解.

(1)R_2 和 R_3 并联，其等效电阻

$$R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{8 \times 8}{8 + 8}\text{k}\Omega = 4\text{k}\Omega$$

则总电流 $$i_1 = \frac{u_s}{R_1 + R} = \frac{100}{2+4}\text{mA} = \frac{50}{3}\text{mA}$$

分流有 $$i_2 = i_3 = \frac{i_1}{2} = \frac{50}{6}\text{mA} = 8.333\text{mA}$$

$$u_2 = R_2 i_2 = 8 \times \frac{50}{6}\text{V} = 66.67\text{V}$$

(2) 当 $R_3 = \infty$ 时，有 $i_3 = 0$.

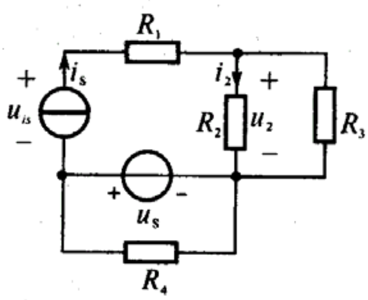
$$i_2 = i_1 = \frac{u_s}{R_1 + R_2} = \frac{100}{2+8}\text{mA} = 10\text{mA}$$

$$u_2 = R_2 i_2 = 8 \times 10\text{V} = 80\text{V}$$

(3) 当 $R_3 = 0$ 时，有 $i_2 = 0$， $u_2 = 0$.

$$i_3 = i_1 = \frac{u_s}{R_1} = \frac{100}{2}\text{mA} = 50\text{mA}$$

2-2 电路如图所示，其中电阻、电压源和电流源均为已知，且为正值. 求：(1) 电压 u_2 和电流 i_2；(2) 若电阻 R_1 增大，对哪些元件的电压、电流有影响？影响如何？



题 2-2 图

解 提示 注意电流源的电流不随外电路的变化，而电流源的两端电压要随外电路变化；电压源的电压不随外电路的变化，而电压源中的电流则要随外电路的变化.

(1) 电阻 R_2 和 R_3 并联，其并联等效电阻中流过的电流为 i_s，则电压 u_2 为

$$u_2 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} i_s$$

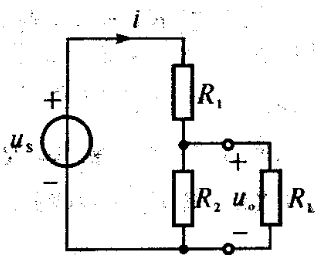
$$i_2 = \frac{u_2}{R_2} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} i_s$$

(2) 若电阻R_1增大，由于流过R_1中的电流i_s不变，所以R_1上电压随R_1增大而增大；R_2和R_3并联后流过电流i_s在不变的情况下，R_1增大对R_2和R_3的电压、电流都没有影响；R_4并联在u_s两端，在u_s不变的情况下，R_4中的电流和电压不随R_1的增大而变化；由于i_s和R_4中的电流不变，电压源u_s中的电流也不随R_1的增大而变化；但电流源i_s的两端电压$u_{is}=R_1i_s+u_2-u_s$，从而看到随着R_1的增大，电流源两端电压u_{is}也将增大.

2-3 电路如图所示. (1) 求$\frac{u_o}{u_s}$；(2) 当$R_L \gg R_1 /\!/ R_2\left(=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)$时，$\frac{u_o}{u_s}$可近似为$\frac{R_2}{R_1+R_2}$，此时引起的相对误差为

$$\frac{\frac{u_o}{u_s}-\frac{R_2}{R_1+R_2}}{\frac{u_o}{u_s}}\times 100\%$$

当R_L为$(R_1 /\!/ R_2)$的100倍、10倍时，分别计算此相对误差.



题 2-3 图

解 提示：利用电阻串并联等效变换将电路简化后，求解总电流i. 再根据分压公式求出电压u_o，u_o将随负载R_L变化而变化.

(1) R_2和R_L并联的等效电阻为R. 即

$$R=\frac{R_2\cdot R_L}{R_2+R_L}$$

$$i=\frac{u_s}{R_1+R},\qquad u_o=Ri=\frac{R\cdot u_s}{R_1+R}$$

则
$$\frac{u_o}{u_s}=\frac{R}{R_1+R}=\frac{R_2R_L}{R_1R_2+R_1R_L+R_2R_L}$$

(2) 设$R_L=K(R_1 /\!/ R_2)=K\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$代入上述的$\frac{u_o}{u_s}$式子中，

得
$$\frac{u_o}{u_s}=\frac{R_2\times K\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}{R_1\cdot R_2+(R_1+R_2)\times K\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}$$

$$=\frac{K}{1+K}\times\frac{R_2}{R_1+R_2}$$

相对误差为

$$\eta = \frac{\dfrac{u_o}{u_s} - \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}}{\dfrac{u_o}{\mu_s}} \times 100\%$$

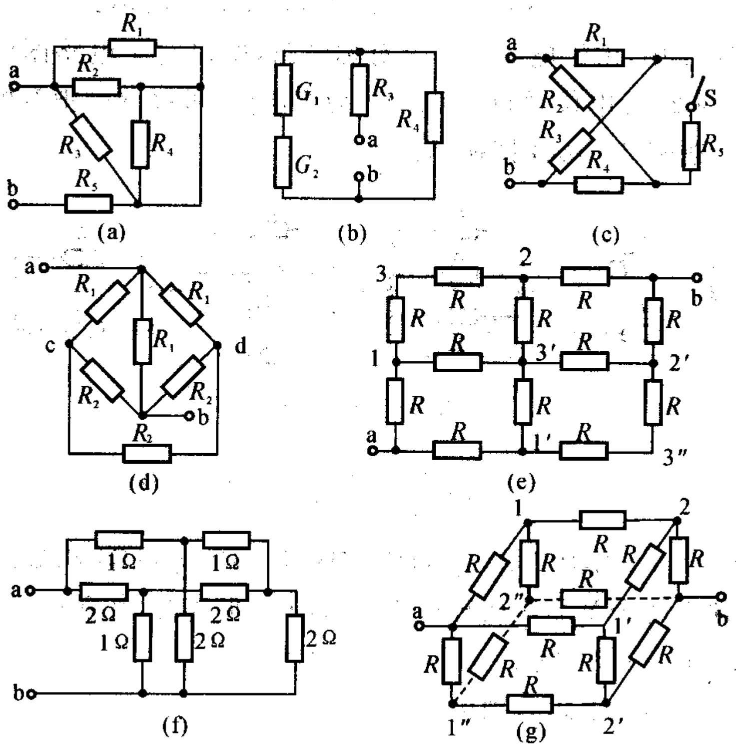
$$= \frac{\dfrac{K}{1+K} \times \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} - \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}}{\dfrac{K}{1+K} \times \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}} \times 100\%$$

$$= -\frac{1}{K} \times 100\%$$

当 $K = 100$ 时，$\eta = -1\%$；

$K = 10$ 时，$\eta = -10\%$.

题 2-4 求图示各电路的等效电阻 R_{ab}，其中 $R_1 = R_2 = 1\Omega, R_3 = R_4 = 2\Omega, R_5 = 4\Omega, G_1 = G_2 = 1\text{S}, R = 2\Omega$.



题 2－4 图

解 在图(a)中，注意到 R_4 被短路，因此对图(a)的等效电阻为：

$$R_{ab} = (R_1 \mathbin{/\!/} R_2 \mathbin{/\!/} R_3) + R_5 = (1 \mathbin{/\!/} 1 \mathbin{/\!/} 2) + 4 = 4.4\Omega$$

在图(b)中，注意 G_1 和 G_2 的串联，因此对图(b)的等效电阻为：

$$\begin{aligned} R_{ab} &= \left(\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}\right) \mathbin{/\!/} R_4 + R_3 \\ &= (1+1) \mathbin{/\!/} 2 + 2 = 3(\Omega) \end{aligned}$$

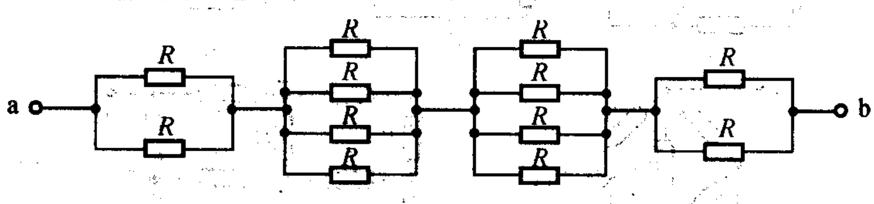
在图(c)中，注意 $R_1 = R_2, R_3 = R_4$，这是一个处于平衡状态下的电桥电路，所以开关S闭合或打开时的等效电阻相等. 因此图(c)的等效电阻为：

$$\begin{aligned} R_{ab} &= (R_1 + R_3) \mathbin{/\!/} (R_2 + R_4) \\ &= (1+2) \mathbin{/\!/} (1+2) = 1.5(\Omega) \end{aligned}$$

在图(d)中，由于电桥电路处于平衡状态，所以在 c,d 结点间跨接的电阻 R_2 可以拿去(也可以用短路线替代). 故图(d)的等效电阻为：

$$\begin{aligned} R_{ab} &= (R_1 + R_2) \mathbin{/\!/} (R_1 + R_2) \mathbin{/\!/} R_1 \\ &= (1+1) \mathbin{/\!/} (1+1) \mathbin{/\!/} 1 = 0.5(\Omega) \end{aligned}$$

在图(e)中，由于电路是一个对称电路，所以对于电路图中的结点 1 与 1′，2 与 2′ 等电位，结点 3，3′，3″ 为等电位，可以分别把等电位点短接，电路如题解 2-4(e)图所示.



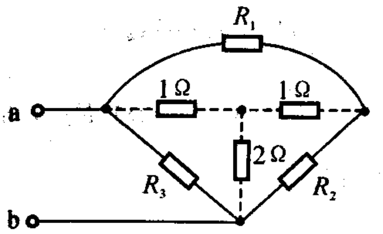
题解 2-4(e) 图

则
$$R_{ab} = 2 \times \left(\frac{R}{2} + \frac{R}{4}\right) = \frac{3}{2}R = 3\Omega$$

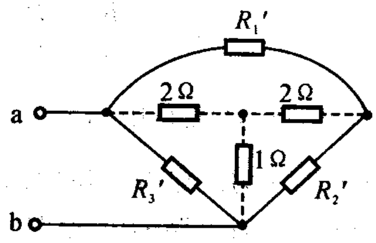
在图(f)中，由于电阻(1Ω，1Ω，2Ω)和(2Ω，2Ω，1Ω)构成两个Y形连接，分别将两个Y形连接转化成等值的△形连接，如题解 2-4(f1)图和题解 2-4(f2)图所示.

等值△形的电阻分别为：

$$R_1 = 1 + 1 + \frac{1 \times 1}{2} = 2.5(\Omega), \qquad R_2 = 1 + 2 + \frac{1 \times 2}{2} = 5(\Omega)$$



题解 2-4(f1) 图



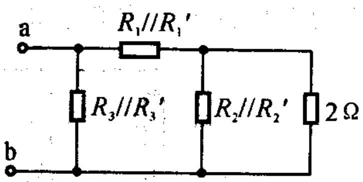
题解 2-4(f2) 图

$$R_3 = 1 + 2 + \frac{1 \times 2}{2} = 5(\Omega)$$

$$R'_1 = 2 + 2 + \frac{2 \times 2}{2} = 8(\Omega)$$

$$R'_2 = 1 + 2 + \frac{1 \times 2}{2} = 4(\Omega)$$

$$R'_3 = 1 + 2 + \frac{1 \times 2}{2} = 4(\Omega)$$

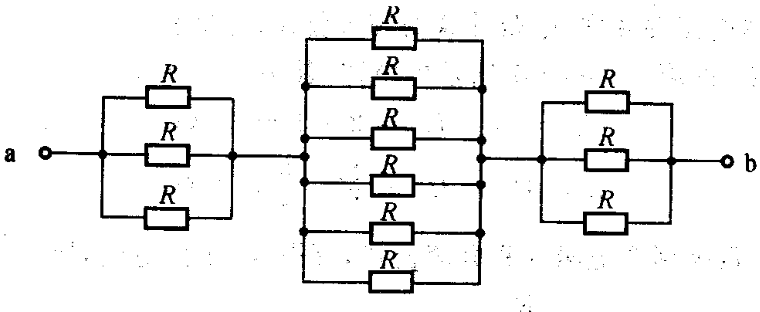


题解 2-4(f3) 图

并接两个△形连接电阻，得到题解 2-4(f3) 图所示的等效电路，所以有：

$$\begin{aligned} R_{ab} &= [2 \mathbin{//} (R_2 \mathbin{//} R'_2) + R_1 \mathbin{//} R'_1] \mathbin{//} (R_3 \mathbin{//} R'_3) \\ &= [2 \mathbin{//} (5 \mathbin{//} 4) + 2.5 \mathbin{//} 8] \mathbin{//} (5 \mathbin{//} 4) \\ &= \left[\frac{20}{19} + \frac{40}{21}\right] \mathbin{//} \frac{20}{9} = 1.269(\Omega) \end{aligned}$$

在图(g) 中，由于电路是一个结构对称性的电路，根据对称性可知，结点 1，1′，1″ 为等电位，结点 2，2′，2″ 为等电位。连接等位点，得到题解 2-4(g) 图所示电路，则



题解 2-4(g) 图

$$R_{ab}=\left(\frac{R}{3}+\frac{R}{6}+\frac{R}{3}\right)=\frac{5}{6}R=1.667\Omega$$

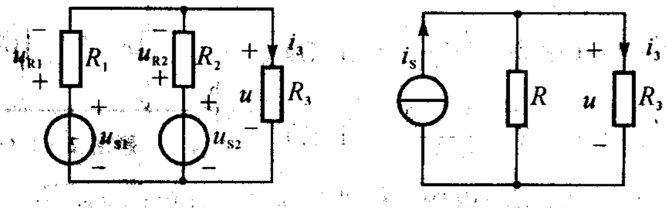
2-5 在图(a)电路中，$u_{s1}=24\mathrm{V}$，$u_{s2}=6\mathrm{V}$，$R_1=12\Omega$，$R_2=6\Omega$，$R_3=2\Omega$. 图(b)为经电源变换后的等效电路.

(1) 求等效电路的 i_s 和 R；

(2) 根据等效电路求 R_3 中电流和消耗功率；

(3) 分别在图(a)，(b)中求出 R_1，R_2 及 R 消耗的功率；

(4) 试问 u_{s1}，u_{s2} 发出的功率是否等于 i_s 发出的功率？R_1，R_2 消耗的功率是否等于 R 消耗的功率？为什么？



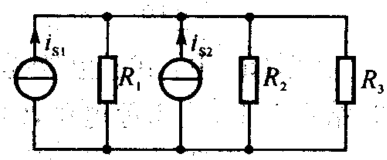
(a)　　　　(b)

题 2-5 图

解 (1) 利用电源等效变换，把题 2-5(a) 图中的电阻与电压源串联等效为电阻与电流源并联形式. 等效后的电路如题解 2-5 图所示. 其中

$$i_{s1}=\frac{u_{s1}}{R_1}=\frac{24}{12}=2(\mathrm{A})$$

$$i_{s2}=\frac{u_{s2}}{R_2}=\frac{6}{6}=1(\mathrm{A})$$



题解 2-5 图

根据电流源并联，电阻并联的等效公式，可将题解 2-5 图的电路进一步简化，得题 2-5(b) 图所示的电路，其中

$$i_s=i_{s1}+i_{s2}=2+1=3(\mathrm{A})$$

$$R=R_1\,/\!/\,R_2=\frac{12\times 6}{12+6}=4(\Omega)$$

(2) 根据两个电阻并联分流公式，可得 R_3 中的电流，即

$$i_3=\frac{R}{R+R_3}\times i_s=\frac{4}{4+2}\times 3=2(\mathrm{A})$$

则
$$p_3 = i_3^2 R_3 = 2^2 \times 2 = 8(\mathrm{W})$$

(3) 根据图(b) 可求得 R_3 两端电压 u
$$u = R_3 i_3 = 4\mathrm{V}$$

再根据等效变换不改变外电路端电压的概念，可知图(a) 中 R_1、R_2 两端的电压分别为
$$u_{R_1} = u_{s1} - u = 24 - 4 = 20(\mathrm{V})$$
$$u_{R_2} = u_{s2} - u = 6 - 4 = 2(\mathrm{V})$$

则 R_1，R_2 消耗的功率分别为
$$p_{R_1} = \frac{u_{R_1}^2}{R_1} = \frac{20^2}{12} = 33.33(\mathrm{W})$$
$$p_{R_2} = \frac{u_{R_2}^2}{R_2} = \frac{2^2}{6} = 0.667(\mathrm{W})$$

图(b) 中 R 消耗的功率为 $P_R = \dfrac{u^2}{R} = \dfrac{4^2}{4} = 4(\mathrm{W})$

(4) 在图(a) 中 u_{s1} 和 u_{s2} 发出的功率分别为
$$p_{u_{s1}} = u_{s1} \times \frac{u_{R_1}}{R_1} = 24 \times \frac{20}{12} = 40(\mathrm{W})$$
$$p_{u_{s2}} = u_{s2} \times \frac{u_{R_2}}{R_2} = 6 \times \frac{2}{6} = 2(\mathrm{W})$$

在图(b) 中 i_s 发出的功率为
$$p_{i_s} = i_s u = 3 \times 4 = 12(\mathrm{W})$$

显然
$$p_{i_s} \neq p_{u_{s1}} + p_{u_{s2}}$$

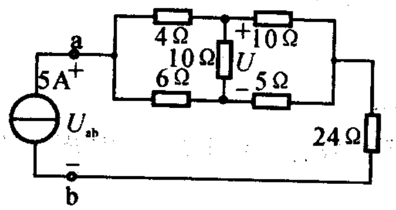
由(3) 的解可知 $p_R \neq p_{R_1} + p_{R_2}$

以上结果表明，等效电源发出的功率一般不等于原电路中所有电源发出的功率之和；等效电阻消耗的功率一般也不等于原电路中所有电阻消耗的功率之和. 这充分说明，电路的“等效”概念仅仅指对外电路等效，对内部电路(变换的电路) 则不等效.

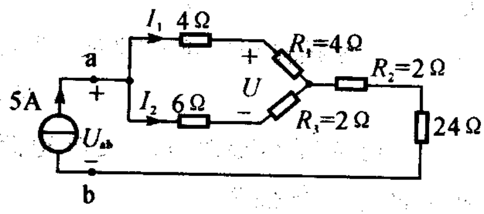
对图示电桥电路，应用 Y－△ 等效变换求：

(1) 对角线电压 U；

(2) 电压 U_{ab}.



题 2-6 图



题解 2-6 图

解 (1) 把(10Ω、10Ω、5Ω) 构成的 Δ 形连接形式等效变换为 Y 形连接形式，如题解 2-6 图所示，其中各电阻值为

$$R_1=\frac{10\times10}{10+10+5}=4(\Omega)$$

$$R_2=\frac{10\times5}{10+10+5}=2(\Omega)$$

$$R_3=\frac{5\times10}{10+10+5}=2(\Omega)$$

由于两条并接支路的电阻相等，因此得电流

$$I_1=I_2=\frac{5}{2}=2.5(\text{A})$$

应用 KVL 得电压 $U=4\times2.5-2\times2.5=5(\text{V})$

(2) a，b 端之间的等效电阻为

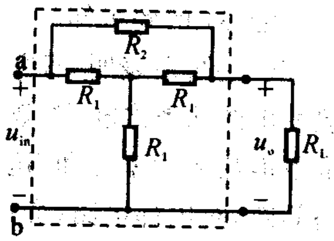
$$R_{ab}=(4+4)\,/\!/\,(6+2)+2+24=30(\Omega)$$

所以 $$U_{ab}=R_{ab}\times5=150(\text{V})$$

2-7 图示为由桥 T 电路构成的衰减器.

(1) 试证明当 $R_2=R_1=R_L$ 时，$R_{ab}=R_L$，且有 $u_o/u_{in}=0.5$.

(2) 试证明当 $R_2=\dfrac{2R_1R_L^2}{3R_1^2-R_L^2}$ 时，$R_{ab}=R_L$，并求此时电压比 $\dfrac{u_o}{u_{in}}$.



题 2-7 图

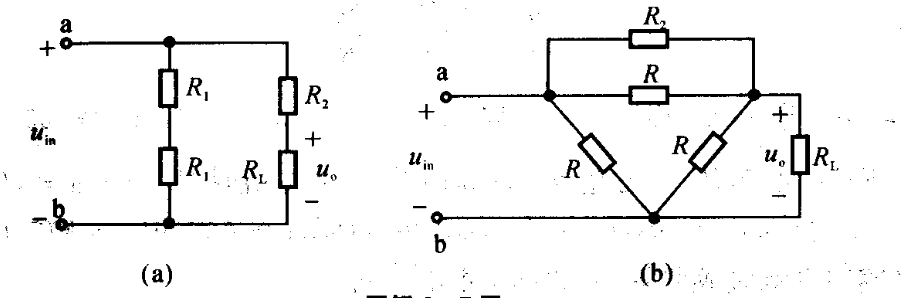
解 提示 利用 Y-△ 等效变换

(1) 由于 $R_2=R_1=R_L$，电路为一个平衡状态下的电桥，可将原电路等效为题解 2-7(a) 图所示电路，则

$$R_{ab} = (R_1 + R_1) \,/\!/\, (R_2 + R_L) = R_L$$

$$u_o = \frac{1}{2} u_{in}$$

所以
$$\frac{u_o}{u_{in}} = 0.5$$



题解 2-7 图

(2) 把三个 R_1 电阻构成的 Y 形连接电路等效变换为 Δ 形连接电路，将原电路等效为题解 2-7(b) 图所示电路，其中电阻 $R = 3R_1$. 对于 R_2 与 R 并联的等效电阻 R'_2 为

$$R'_2 = R_2 \,/\!/\, R = \frac{R_2 R}{R_2 + R} = \frac{\dfrac{2R_1R_L^2}{3R_1^2 - R_L^2} \times 3R_1}{\dfrac{2R_1R_L^2}{3R_1^2 - R_L^2} + 3R_1} = \frac{6R_1R_L^2}{9R_1^2 - R_L^2}$$

对于 R_L 与 R 并联的等效电阻 R'_L 为

$$R'_L = R_L \,/\!/\, R = \frac{R_L R}{R_L + R} = \frac{3R_1R_L}{3R_1 + R_L}$$

R'_2 与 R'_L 串联电阻的等效值为

$$R'_2 + R'_L = \frac{6R_1R_L^2}{9R_1^2 - R_L^2} + \frac{3R_1R_L}{3R_1 + R_L}$$

$$= \frac{9R_1^2R_L + 3R_1R_L^2}{9R_1^2 - R_L^2} = \frac{3R_1R_L}{3R_1 - R_L}$$

所以

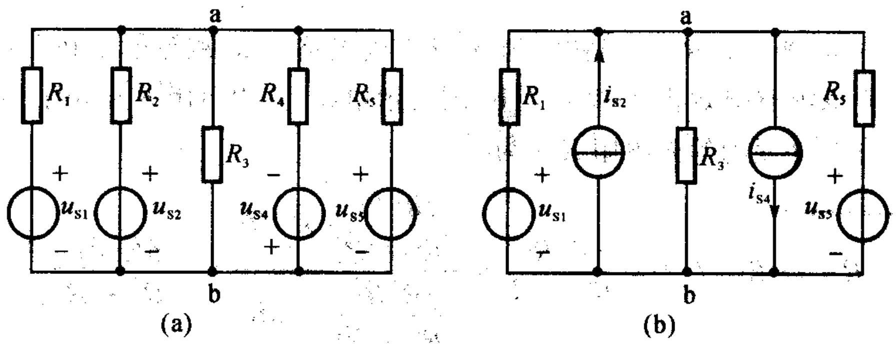
$$R_{ab} = R \,/\!/\, (R'_2 + R'_L) = \frac{3R_1 \times \dfrac{3R_1R_L}{3R_1 - R_L}}{3R_1 \times \dfrac{3R_1R_L}{3R_1 - R_L}} = \frac{9R_1^2R_L}{9R_1^2} = R_L$$

$$u_o = \frac{u_{in}}{R'_2 + R'_L} \times R'_L = \frac{u_{in}}{\frac{3R_1 R_L}{3R_1 - R_L}} \times \frac{3R_1 R_L}{3R_1 + R_L}$$

$$= \frac{3R_1 - R_L}{3R_1 + R_L} u_{in}$$

故
$$\frac{u_o}{u_{in}} = \frac{3R_1 - R_L}{3R_1 + R_L}$$

2-8 在图(a)中，$u_{s1} = 45\text{V}, u_{s2} = 20\text{V}, u_{s4} = 20\text{V}, u_{s5} = 50\text{V}; R_1 = R_3 = 15\Omega, R_2 = 20\Omega, R_4 = 50\Omega, R_5 = 8\Omega$；在图(b)中 $u_{s1} = 20\text{V}, u_{s5} = 30\text{V}, i_{s2} = 8\text{A}, i_{s4} = 17\text{A}, R_1 = 5\Omega, R_3 = 10\Omega, R_5 = 10\Omega$. 利用电源的等效变换求图(a)和(b)中电压 u_{ab}.



题 2-8 图

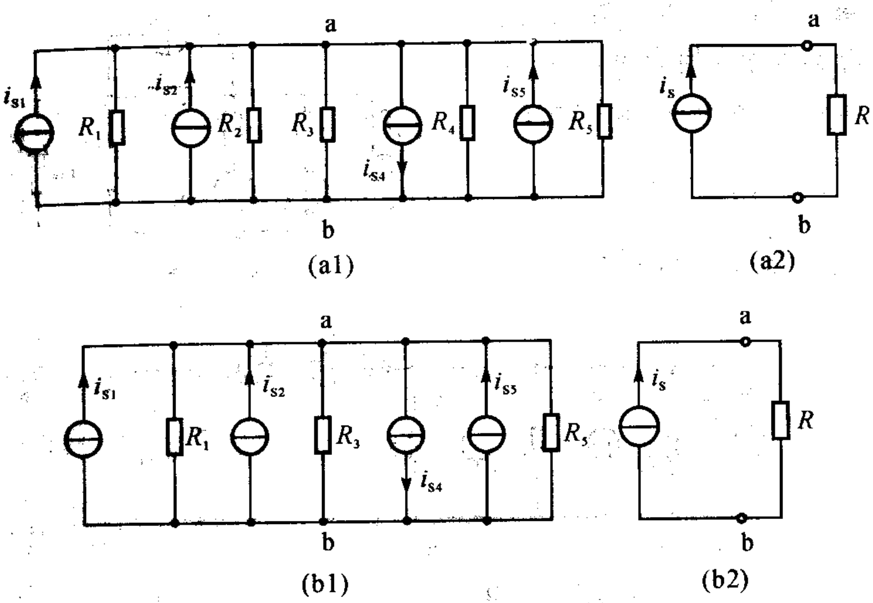
解 (a)利用电源的等效变换，将题 2-8(a)图等效变换为题解 2-8(a1)图，其中

$$i_{s1} = \frac{u_{s1}}{R_1} = \frac{45}{15}\text{A} = 3\text{A}, \qquad i_{s2} = \frac{u_{s2}}{R_2} = \frac{20}{20}\text{A} = 1\text{A}$$

$$i_{s4} = \frac{u_{s4}}{R_4} = \frac{20}{50}\text{A} = 0.4\text{A}, \qquad i_{s5} = \frac{u_{s5}}{R_5} = \frac{50}{8}\text{A} = 6.25\text{A}$$

利用电流源并联等效公式，可将把(a1)图变为(a2)图，其中

$$i_s = i_{s1} + i_{s2} - i_{s4} + i_{s5}$$
$$= (3 + 1 - 0.4 + 6.25)\text{A} = 9.85\text{A}$$
$$R = R_1 /\!/ R_2 /\!/ R_3 /\!/ R_4 /\!/ R_5$$
$$= (15 /\!/ 20 /\!/ 15 /\!/ 50 /\!/ 8)\Omega = \frac{600}{197}\Omega$$



题解 2-8 图

所以

$$u_{ab} = R \times i_s = \frac{600}{197} \times 9.85 = 30(\mathrm{V})$$

(b) 利用电源的等效变换，将题 2-8(b) 图等效变换为题解 2-8(b1) 图. 其中

$$i_{s1} = \frac{u_{s1}}{R_1} = \frac{20}{5} = 4(\mathrm{A})$$

$$i_{s5} = \frac{u_{s5}}{R_5} = \frac{30}{10} = 3(\mathrm{A})$$

根据电流源并联等效公式，可将(b1) 图变为(b2) 图.

其中

$$\begin{aligned} i_s &= i_{s1} + i_{s2} - i_{s4} + i_{s5} \\ &= (4 + 8 - 17 + 3)\mathrm{A} = -2\mathrm{A} \\ R &= R_1 /\!/ R_3 /\!/ R_5 \\ &= (5 /\!/ 10 /\!/ 10)\Omega = 2.5\Omega \end{aligned}$$

所以

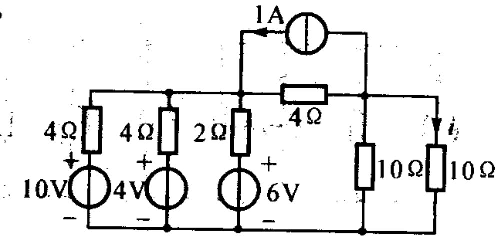
$$u_{ab} = R \times i_s = 2.5 \times (-2)\mathrm{V} = -5\mathrm{V}$$

利用电源的等效变换，求图示电路的电流 i.

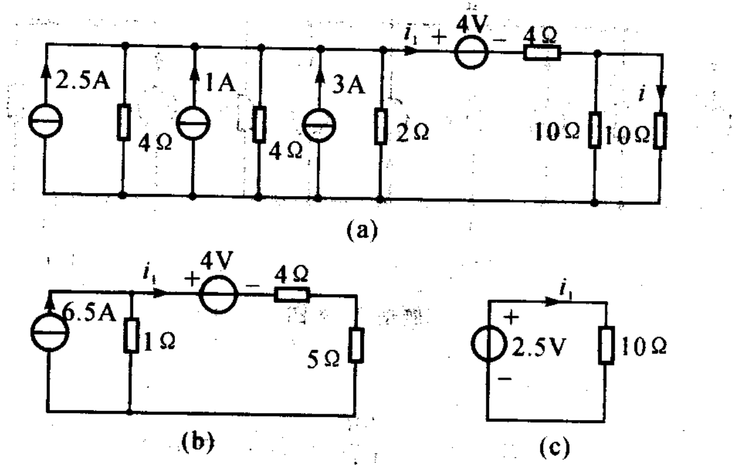
解　利用电源的等效变换，将原电路等效变换为题解 2－9(a)、(b)、(c) 图所示. 则电流为

$$i_1 = \frac{2.5}{10} = 0.25(\text{A})$$

$$i = \frac{1}{2} i_1 = 0.125(\text{A})$$

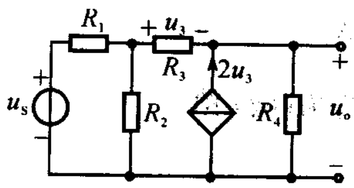


题 2－9 图

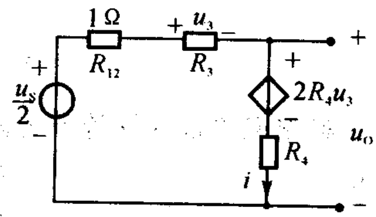


题解 2－9 图

2－10　利用电源的等效变换，求图示电路中电压比 $\frac{u_o}{u_s}$. 已知 $R_1 = R_2 = 2\Omega, R_3 = R_4 = 1\Omega$.



题 2－10 图



题解 2－10 图

解　利用电源的等效变换，将原电路等效变换为题解 2－10 图所示. 对此单回路电路列 KVL 方程，有

$$(R_{12} + R_3 + R_4)i + 2R_4 u_3 = \frac{1}{2} u_s$$

把 $u_3 = R_3 i$ 代入上式，则

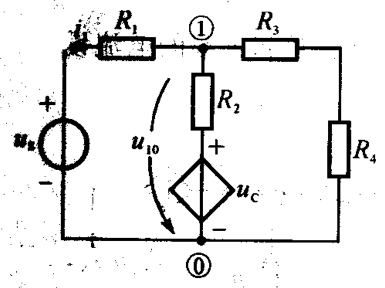
$$i=\frac{\frac{1}{2}u_s}{R_{12}+R_3+R_4+2R_4R_3}=\frac{\frac{1}{2}u_s}{1+1+1+2}=\frac{1}{10}u_s$$

所以输出电压

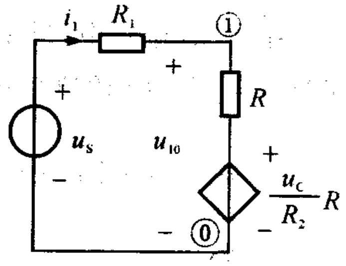
$$u_o=R_4i+2R_4u_3=(R_4+2R_4R_3)i=\frac{3}{10}u_s$$

故
$$\frac{u_o}{u_s}=\frac{3}{10}=0.3$$

2-11 图示电路中 $R_1=R_3=R_4$，$R_2=2R_1$，CCVS 的电压 $u_c=4R_1i_1$，利用电源的等效变换求电压 u_{10}。



题 2-11 图



题解 2-11 图

解 利用电源的等效变换，将原电路等效变换为题解 2-11 图所示电路。在此电路中，电阻 R 大小为

$$R=(R_3+R_4)\,/\!/\,R_2=2R_1\,/\!/\,2R_1=R_1$$

对题解 2-11 图所示电路列写 KVL 方程，有

$$R_1i_1+Ri_1+\frac{u_c}{R_2}\times R=u_s$$

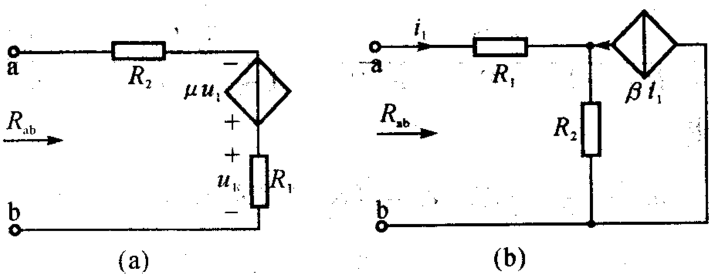
即
$$2R_1i_1+\frac{4R_1i_1}{2R_1}\times R_1=u_s$$

$$i_1=\frac{u_s}{4R_1}$$

所以电压
$$u_{10}=u_s-R_1i_1=u_s-\frac{u_s}{4}$$

$$=\frac{3}{4}u_s=0.75u_s$$

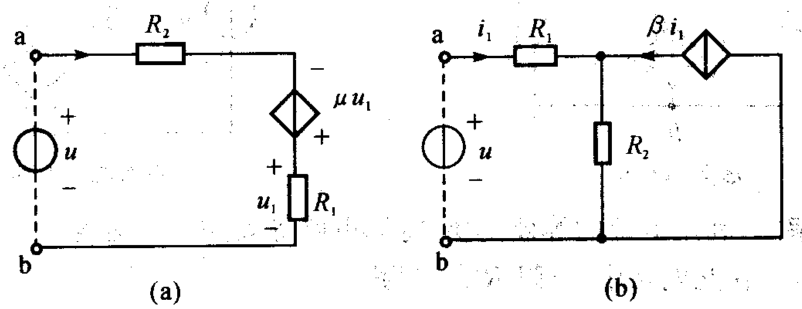
2-12 试求图(a)和(b)的输入电阻 R_{ab}。



题 2-12 图

解 提示 因为图(a)和图(b)电路都带有受控源，在求输入电阻时，不可利用电阻的串并联来计算，可以利用加压求流法或加流求压法来计算输入电阻.

在图(a)电路中，当在 a，b 端加电压为 u 时，流进 a 端的电流设为 i，如题解 2-12(a)图所示，显然有



题解 2-12 图

$$u = R_2 i - \mu u_1 + R_1 i = R_2 i - \mu(R_1 i) + R_1 i$$
$$= (R_2 - \mu R_1 + R_1)i$$

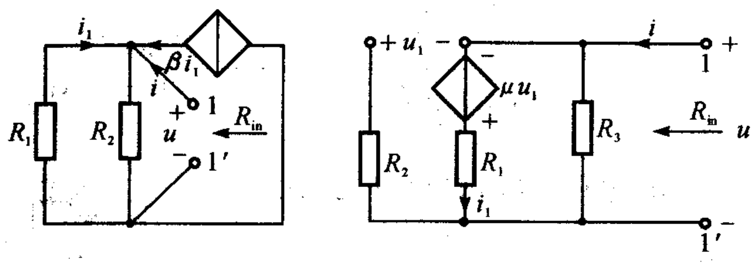
故输入电阻 R_{ab} 为
$$R_{ab} = \frac{u}{i} = R_1 + R_2 - \mu R_1$$
$$= R_1(1-\mu) + R_2$$

在图(b)电路中，当在 a，b 端加电压为 u 时，流入 a 端电流为 i_1，如题解 2-12 图(b)所示. 由 KVL 和 KCL 可得电压 u 为

$$u = R_1 i_1 + R_2(i_1 + \beta i_1) = [R_1 + R_2(1+\beta)]i_1$$

故输入电阻 R_{ab} 为
$$R_{ab} = \frac{u}{i_1} = R_1 + R_2(1+\beta)$$

2-13 试求图(a)和(b)的输入电阻 R_{in}.



题 2－13 图

解　利用加压求流法，求解此题的输入电阻．在图(a) 或图(b) 电路中，设在 1－1′ 端加电压为 u（参考方向为上正下负）流进 1 端钮的电流为 i，则：

在图(a) 中，根据 KCL 有

$$i=\frac{u}{R_2}-i_1-\beta i_1=\frac{u}{R_2}-(-\frac{u}{R_1})-\beta\left(-\frac{u}{R_1}\right)$$

$$=u\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_1}+\frac{\beta}{R_1}\right)=u(\frac{1}{R_2}+\frac{1+\beta}{R_1})$$

故输入电阻　$R_{in}=\frac{u}{i}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2(1+\beta)}$

在图(b) 中，根据 KVL 有

$$\begin{cases}u=-u_1\\ u=-\mu u_1+R_1i_1\end{cases}$$

所以　$u=\mu u+R_1i_1$，　可得　$u=\frac{R_1i_1}{1-\mu}$

再由 KCL 得　$i_1=i-\frac{u}{R_3}$

代入上式中有

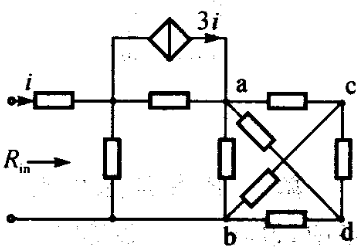
$$u=\frac{R_1\left(i-\frac{u}{R_3}\right)}{1-\mu}=\frac{R_1i}{1-\mu}-\frac{\frac{R_1}{R_3}u}{1-\mu}$$

$$\left[1+\frac{R_1}{R_3(1-\mu)}\right]u=\frac{R_1}{1-\mu}i$$

故输入电阻

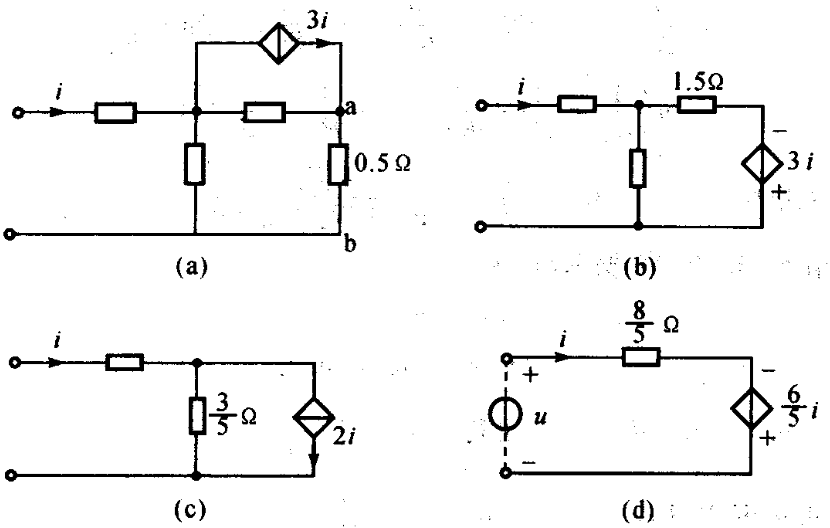
$$R_{in} = \frac{u}{i} = \frac{\frac{R_1}{1-\mu}}{1+\frac{R_1}{R_3(1-\mu)}} = \frac{R_1 R_3}{(1-\mu)R_3 + R_1}$$

2－14 图示电路中全部电阻均为1Ω，求输入电阻 R_{in}.



题 2－14 图

解 在 a，b 端右边的电阻电路是一平衡电桥，故可拿去 c，d 间联接的电阻，然后利用电阻串、并联和电源等效变换把原电路依次等效为题解 2－14(a)，(b)，(c)，(d) 图所示电路.



题解 2－14 图

在图(d) 的端口加电压源 u，则有

$$u = \frac{8}{5}i - \frac{6}{5}i = \frac{2}{5}i$$

所以电路的输入电阻

$$R_{in} = \frac{u}{i} = \frac{2}{5}\Omega = 0.4\Omega$$