



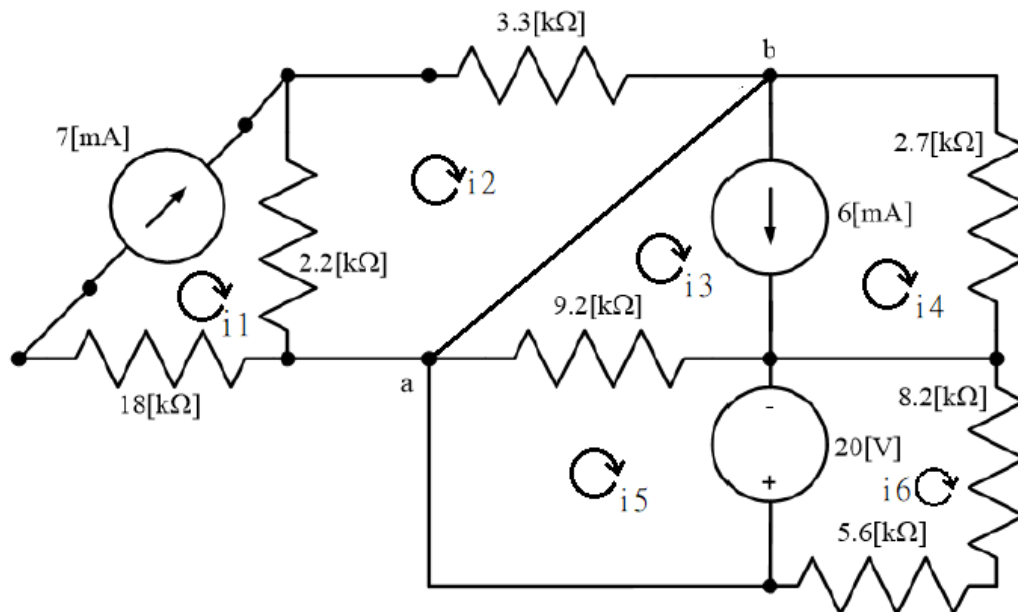
پاسخ تمرین سری ۱ مبانی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

استاد: دکتر سمیه کوهی

دانشگاه صنعتی شریف

نیمسال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۲

۱. الف) برای محاسبه جریان نورتن دو نقطه مورد نظر را با سیم متصل کرده و جریان عبوری از آن را محاسبه می‌کنیم:



معادلات KVL را نوشته و حل می‌کنیم:

$$i_1 = 7 \text{ [mA]} \quad (1)$$

$$2200 \cdot (i_2 - i_1) + 3300 \cdot i_2 = 0 \quad (2)$$

$$2700 \cdot i_4 + 9200 \cdot (i_3 - i_5) = 0 \quad (3)$$

$$i_3 - i_4 = 6 \text{ [mA]} \quad (4)$$

$$9200 \cdot (i_5 - i_3) - 20 = 0 \quad (5)$$

$$20 + 13800 \cdot i_6 = 0 \quad (6)$$

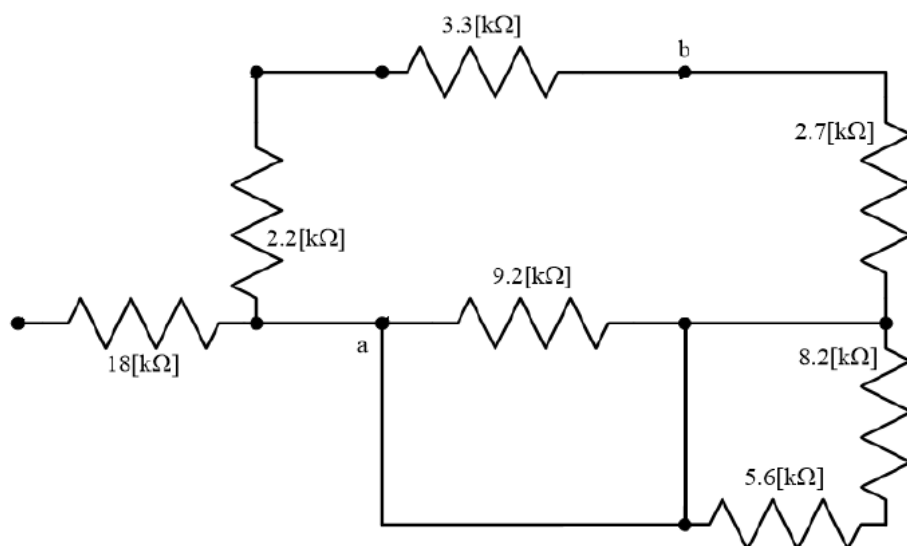
$$(1). (2) \Rightarrow i_2 = 2.8 \text{ [mA]}$$

$$(3). (5) \Rightarrow i_4 = \frac{200}{27} \cong 7.4 \text{ [mA]} \quad (7)$$

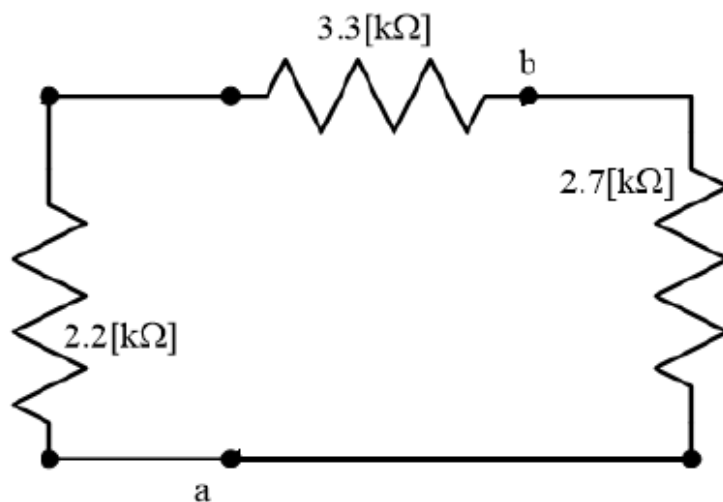
$$(4). (7) \Rightarrow i_3 = 13.4 \text{ [mA]}$$

$$\Rightarrow I_N = I_{ab} = i_3 - i_2 = 10.6 \text{ [mA]}$$

برای محاسبه مقاومت نورتن منابع مستقل را خاموش کرده و مقاومت معادل بین دو نقطه مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:



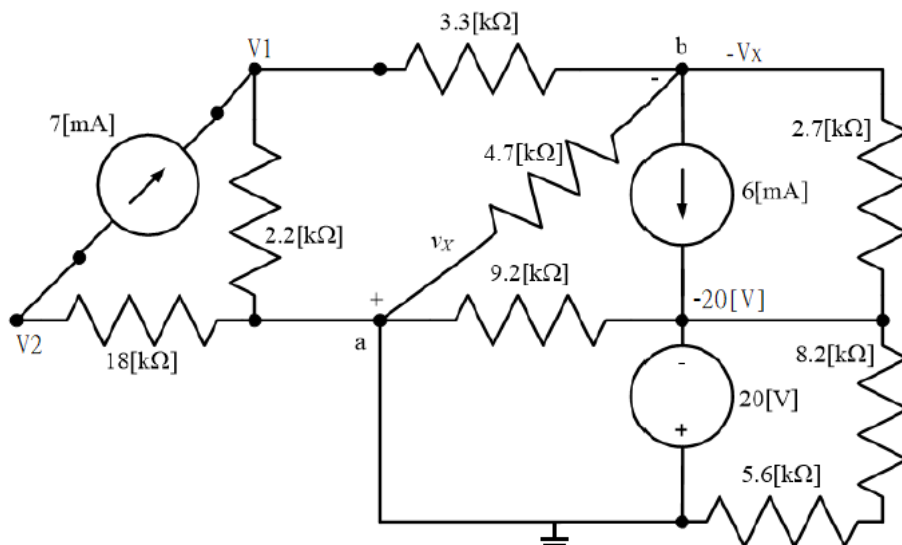
مدار بالا معادل است با:



در نتیجه داریم:

$$R_N = \frac{2.7 \cdot (2.2 + 3.3)}{2.7 + 3.3 + 2.2} \cong 1.8 [k\Omega]$$

ب) روش گره:



معادلات KCL را نوشته و حل می کنیم:

$$\frac{V_1}{2.2} + \frac{V_2}{18} - \frac{V_x}{4.7} + 6 - \frac{V_x - 20}{2.7} = 0 \quad (1)$$

$$7 - \frac{V_1}{2.2} - \frac{V_x + V_1}{3.3} = 0 \quad (2)$$

$$-\frac{V_2}{18} - 7 = 0 \quad (3)$$

$$(1). (3) \Rightarrow V_1 = 2.2 \cdot \left(1 - \frac{20}{2.7} + \left(\frac{1}{4.7} + \frac{1}{2.7}\right) V_x\right) \quad (4)$$

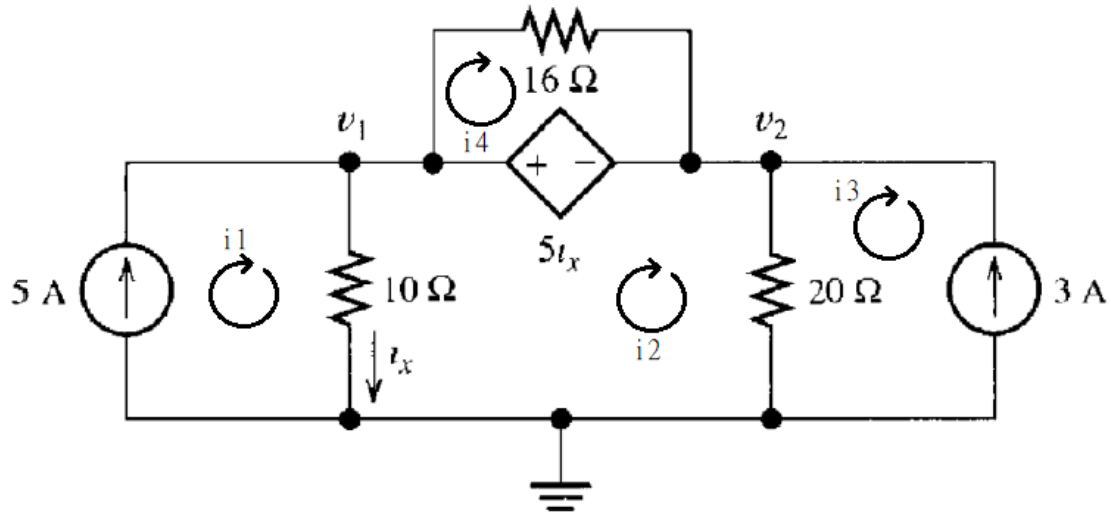
$$(2). (4) \Rightarrow V_x = \frac{7 - \left(\frac{1}{3.3} + \frac{1}{2.2}\right) \cdot 2.2 \cdot \left(1 - \frac{20}{2.7}\right)}{\frac{1}{3.3} + \left(\frac{1}{3.3} + \frac{1}{2.2}\right) \cdot \left(\frac{2.2}{4.7} + \frac{2.2}{2.7}\right)} \cong 13.8 [V]$$

به کمک مقادیر قسمت الف:

باید ولتاژ دو سر مقاومت $4.7k\Omega$ موازی با مقاومت $1.8k\Omega$ موازی با منبع جریان $10.6mA$ را محاسبه کنیم:

$$V_x = 10.6 \cdot \frac{1.8 \cdot 4.7}{1.8 + 4.7} \cong 13.8 [V]$$

۲. از روش مش استفاده می کنیم.



معادلات KVL نوشته و حل می کنیم:

$$i_1 = 5 \text{ [A]} \quad (1)$$

$$10 \cdot (i_2 - i_1) + 5 \cdot i_x + 20 \cdot (i_2 - i_3) = 0 \quad (2)$$

$$i_3 = -3 \text{ [A]} \quad (3)$$

$$16 \cdot i_4 - 5 \cdot i_x = 0 \quad (4)$$

$$i_x = i_1 - i_2 \quad (5)$$

$$(1). (2). (3). (5) \Rightarrow i_2 = -1.4 \text{ [A]} \quad (6)$$

$$(5). (6) \Rightarrow i_x = 6.4 \text{ [A]} \quad (7)$$

$$(4). (7) \Rightarrow i_4 = 2 \text{ [A]} \quad (8)$$

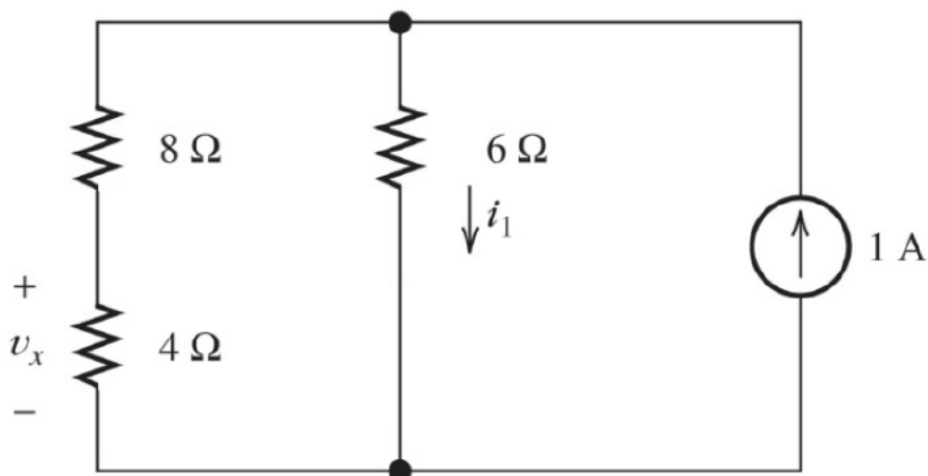
حال ولتاژها و توان خواسته شده را محاسبه می کنیم:

$$v_1 = 10 \cdot i_x = 64 \text{ [V]}$$

$$v_2 = 20 \cdot (i_2 - i_3) = 32 \text{ [V]}$$

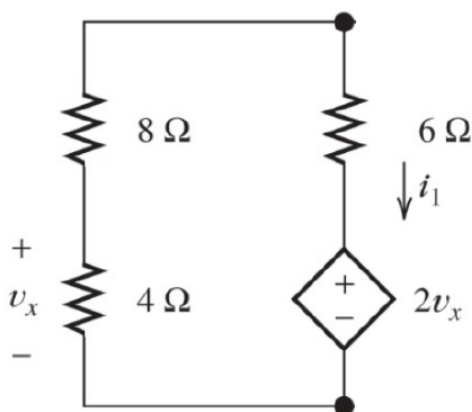
$$P = 16 \cdot i_4^2 = 64 \text{ [W]}$$

۳. ابتدا بدون در نظر گرفتن منبع وابسته، اثر منبع مستقل بر جریان i_1 را محاسبه می کنیم:



$$i_1 = \frac{4 + 8}{4 + 8 + 6} \cdot 1 = \frac{2}{3} [A]$$

سپس بدون در نظر گرفتن منبع مستقل، اثر منبع وابسته بر جریان i_1 را محاسبه می‌کنیم:



$$i_1 = \frac{-2 \cdot v_x}{4 + 8 + 6} = \frac{-v_x}{9}$$

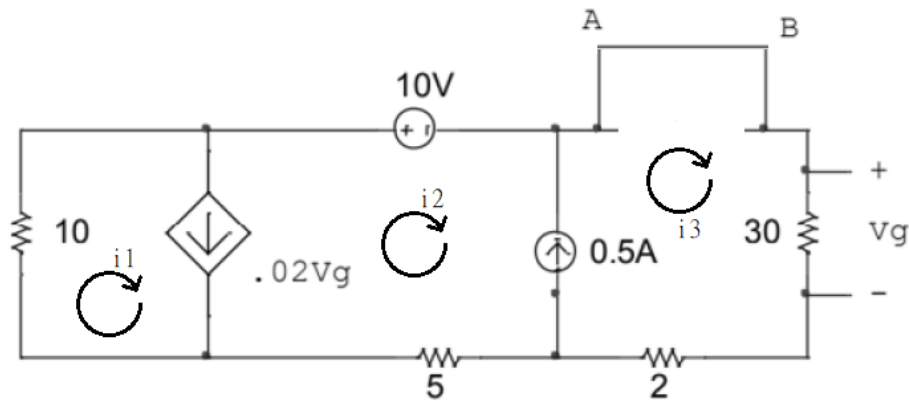
با توجه به اصل برهم‌نهی می‌دانیم که $i_1 = \frac{2}{3} - \frac{v_x}{9}$ ، همچنین با توجه به شکل مدار داریم $\frac{v_x}{4} = 1 - i_1$

$$\Rightarrow \frac{v_x}{4} = 1 - \frac{2}{3} + \frac{v_x}{9}$$

$$\Rightarrow v_x = 2.4 [V]$$

$$\Rightarrow i_1 = 0.4 [A]$$

۴. برای محاسبه جریان نورتن دو نقطه مورد نظر را با سیم متصل کرده و جریان عبوری از آن را محاسبه می‌کنیم: (مقاومت ده اهمی به دلیل اتصال کوتاه حذف می‌شود)



حال معادلات KVL را نوشته و حل می‌کنیم:

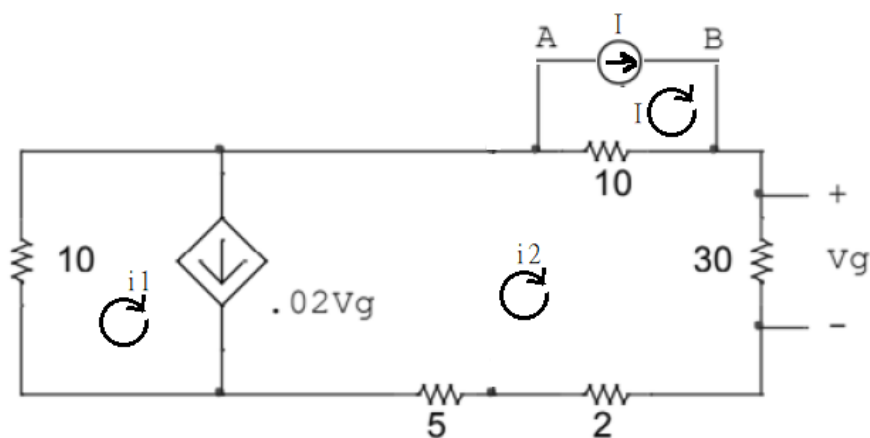
$$10 \cdot i_1 + 10 + 32 \cdot i_3 + 5 \cdot i_2 = 0 \quad (1)$$

$$i_1 - i_2 = 0.02 \cdot 30 \cdot i_3 \quad (2)$$

$$i_3 - i_2 = 0.5 [A] \quad (3)$$

$$(1). (2). (3) \Rightarrow i_3 = I_N \cong 0.047[A]$$

برای محاسبه مقاومت نورتن منابع مستقل را خاموش کرده و مقاومت معادل بین دو نقطه مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:



معادلات KVL را نوشته و حل می‌کنیم:

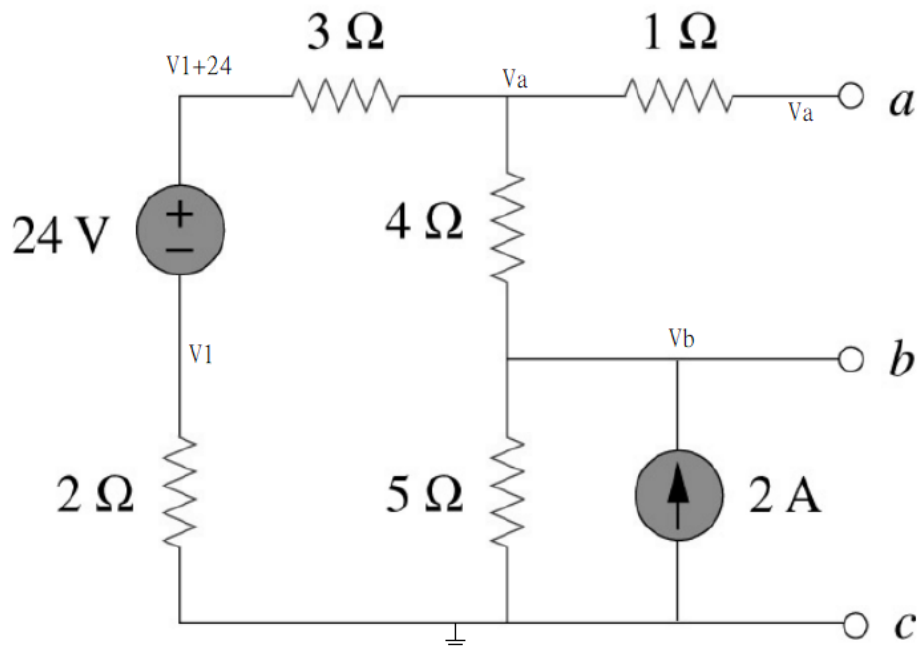
$$10 \cdot i_1 + 10 \cdot (i_2 - I) + 37 \cdot i_2 = 0$$

$$i_1 - i_2 = 0.6 \cdot i_2$$

$$\Rightarrow (16 + 10 + 37) \cdot i_2 = 10 \cdot I$$

$$R_N = \frac{10 \cdot (I - i_2)}{I} = 10 - \frac{100}{63} \cong 8.4 [\Omega]$$

۵. برای محاسبه ولتاژ تونن باید ولتاژ بین دو نقطه مورد نظر در حالت مدار باز را محاسبه کنیم:



حال معادلات KCL را نوشته و حل می کنیم:

$$\frac{V_a - V_b}{4} + \frac{V_a - V_1 - 24}{3} = 0$$

$$\frac{V_a - V_1 - 24}{3} = \frac{V_1}{2}$$

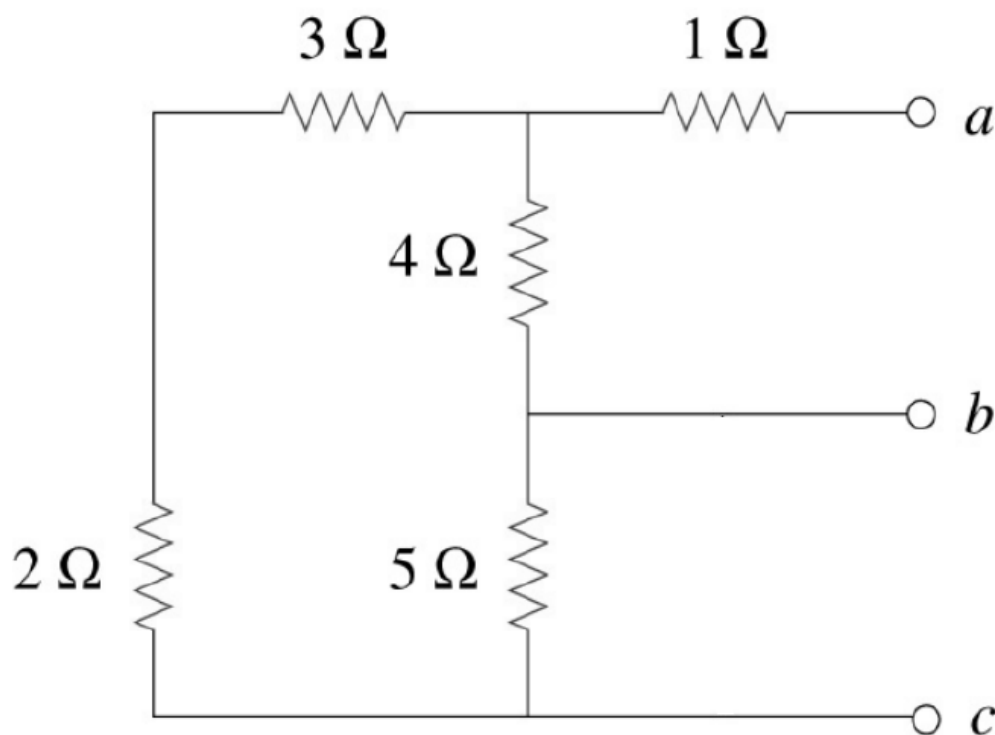
$$-2 + \frac{V_b}{5} + \frac{V_b - V_a}{4} = 0$$

$$\Rightarrow V_a = 19 [V]$$

$$\Rightarrow V_b = 15 [V]$$

با توجه به ولتاژهای محاسبه شده داریم $V_{th(ab)} = 4[V]$ و $V_{th(bc)} = 15[V]$ و $V_{th(ac)} = 19[V]$

برای محاسبه مقاومت تونن منابع مستقل را خاموش کرده و مقاومت معادل بین دو نقطه مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:



با در نظر گرفتن دو سر ab ، مقاومت‌های پنج و دو و سه اهمی باهم سری، سپس با مقاومت چهار اهمی موازی و در نهایت با مقاومت یک اهمی سری شده‌اند:

$$R_{th(ab)} = 1 + \frac{40}{14} \cong 3.86[\Omega]$$

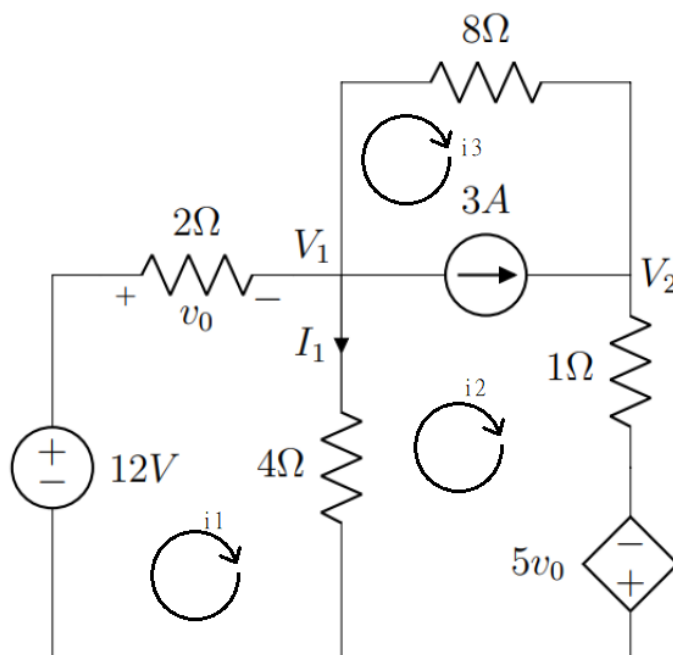
با در نظر گرفتن دو سر bc ، مقاومت‌های سه و چهار و دو اهمی با هم سری و سپس با مقاومت پنج اهمی موازی شده‌اند:

$$R_{th(bc)} = \frac{45}{14} \cong 3.21[\Omega]$$

با در نظر گرفتن دو سر ac ، مقاومت‌های دو و سه اهمی باهم و مقاومت‌های چهار و پنج اهمی باهم سری شده و سپس نتایج باهم موازی شده‌اند، در نهایت نیز نتیجه با مقاومت یک اهمی سری شده است:

$$R_{th(ac)} = \frac{45}{14} + 1 \cong 4.21[\Omega]$$

۶.



معادلات KVL را نوشته و حل می‌کنیم:

$$-12 + 2 \cdot i_1 + 4 \cdot (i_1 - i_2) = 0$$

$$4 \cdot (i_2 - i_1) + 8 \cdot i_3 + i_2 - 5 \cdot 2 \cdot i_1 = 0$$

$$i_2 - i_3 = 3[A]$$

$$\Rightarrow i_1 = \frac{126}{11} \cong 11.45[A]$$

$$\Rightarrow i_2 = \frac{156}{11} \cong 14.18[A]$$

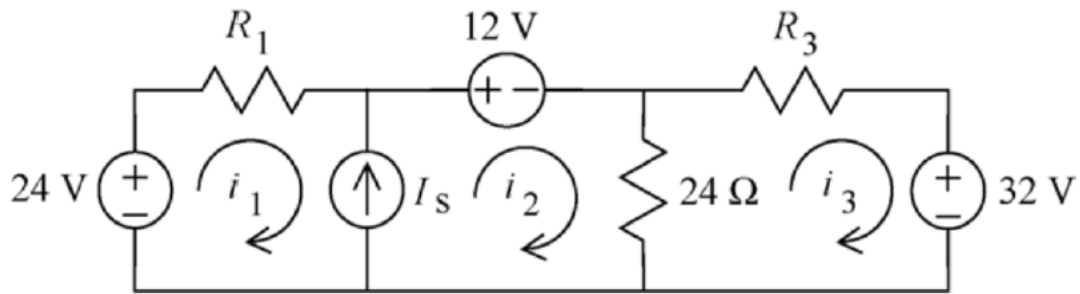
حال به کمک جریان‌های محاسبه شده و با در نظر گرفتن قسمت پایینی مدار به عنوان زمین، مقادیر خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = i_1 - i_2 = -\frac{30}{11} \cong -2.73[A]$$

$$V_1 = 4 \cdot I_1 \cong -10.91[V]$$

$$V_2 = -10 \cdot i_1 + i_2 \cong -100.36[V]$$

۷. معادلات KVL را نوشته و حل می‌کنیم:



$$i_1 = -1.1875 \text{ A} \quad i_2 = 0.3125 \text{ A} \quad i_3 = -0.5833 \text{ A}$$

$$32 + 24 \cdot (-0.5833 - 0.3125) + R_3 \cdot (-0.5833) = 0$$

$$24 \cdot (0.3125 + 0.5833) - 24 + R_1 \cdot (-1.1875) + 12 = 0$$

$$0.3125 + 1.1875 = I_s$$

$$\Rightarrow I_s = 1.5[A]$$

$$\Rightarrow R_1 \cong 8[\Omega]$$

$$\Rightarrow R_3 \cong 18[\Omega]$$