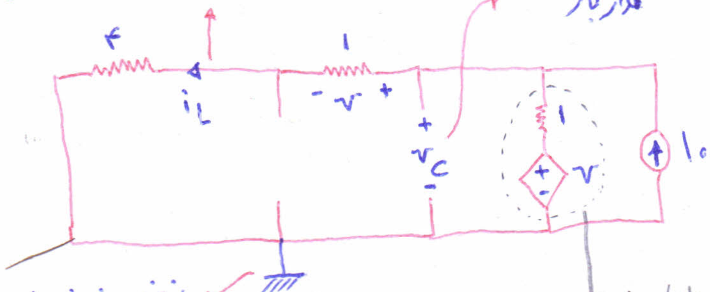
جواب سؤال ①:

$\boxed{t = 0^-}$ ⟹

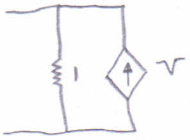
سلف در مدت طولانی = اتصال کوتاه

خازن در زمان طولانی = مدار باز

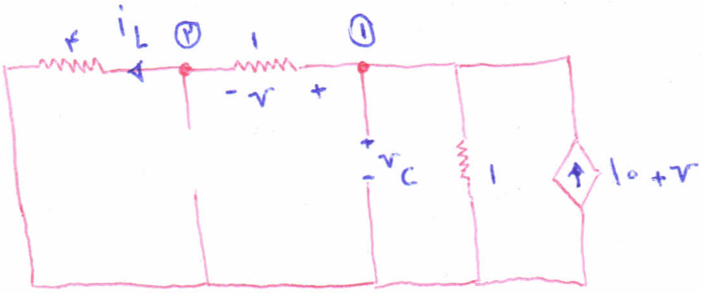


انتخاب زمین برای مدار

معادل:



→



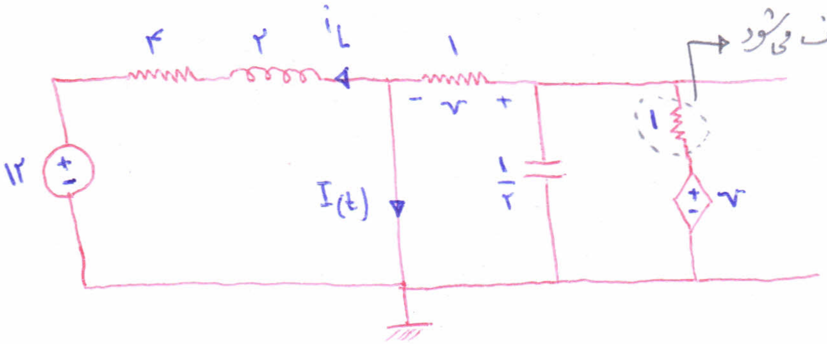
(A) تقسیم جریان در گره ①: $i_L = \frac{1}{1+1+4}(10+v) = \frac{10+v}{6}$

از طرفی: $v = 1 \times i_L = i_L$ (B)

(A), (B) → $\boxed{i_L = 2A = i_L(0^-) = i_L(0^+)}$ و با توجه به نمودار داریم (با توجه به مدار ۱): $\boxed{v_c(0^-) = (1+4)\times 2A = 10v = v_c(0^+)}$

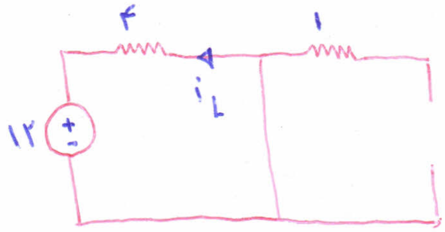
$\boxed{t > 0}$

اختلاف ولتاژ دو سر صفر، حذف می‌شود



→ اتصال کلید مدار را به دو قسمت مجزا تقسیم می‌کند که جریان گذرنده از کلید برابر است با: $I(t) = -i_L(t) - i_c(t)$

$\boxed{t = \infty}$



$$\rightarrow \begin{cases} \tau_{\frac{L}{R}} = \frac{L}{R} = \frac{۲}{۴} = \frac{۱}{۲} \\ \tau_{RC} = RC = ۱ \times \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۲} \end{cases}$$

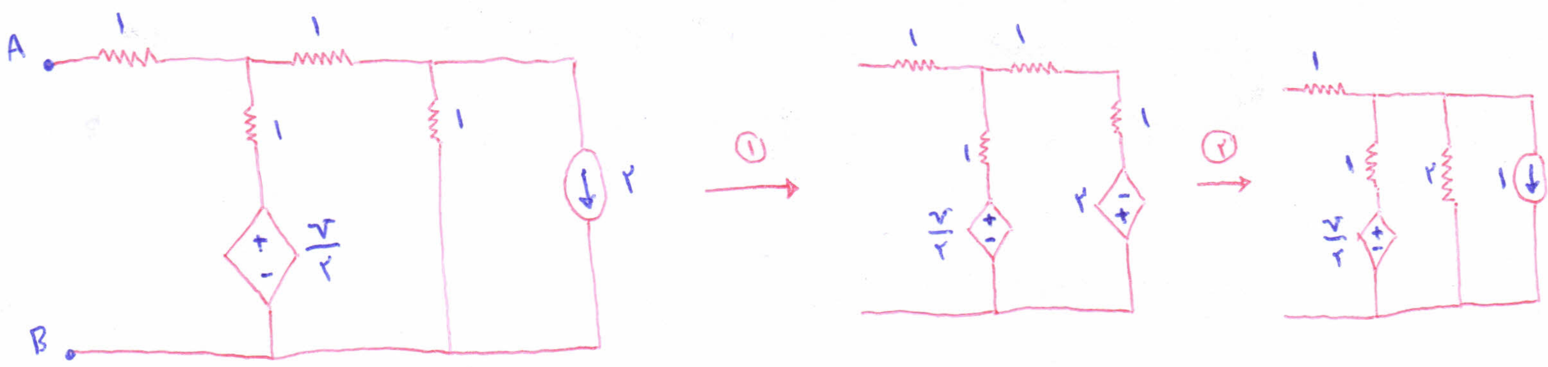
$$\begin{cases} i_L(\infty) = -۳ \\ v_C(\infty) = ۰ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_L(t) = -۳ + (۲-(-۳))\,e^{-۲t} = \boxed{۵e^{-۲t} - ۳} \\ v_C(t) = ۰ + (۱۰-(۰))\,e^{-۲t} = ۱۰\,e^{-۲t} \end{cases}$$

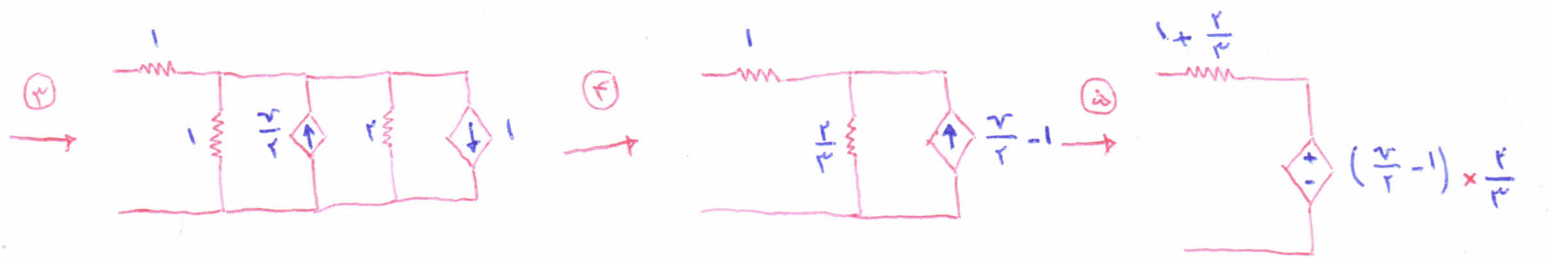
$$\rightarrow i_C(t) = C\,\frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{۱}{۲} \times -۲۰\,e^{-۲t} = \boxed{-۱۰\,e^{-۲t}}$$

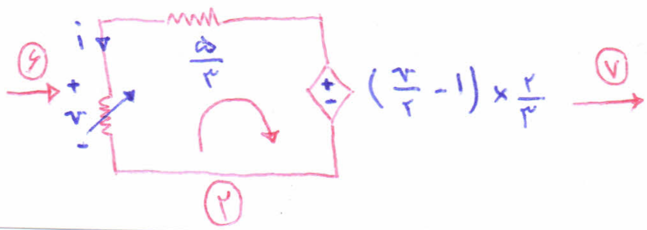
$$\rightarrow I(t) = -i_L - i_C = -۵e^{-۲t} + ۳ + ۱۰\,e^{-۲t} = \boxed{۵e^{-۲t} + ۳}$$ جواب نهایی

جواب سؤال ۲ :

★ باید مدار معادل تونن یا نورتن را از دو سر عنصر غیرخطی بدست بیاوریم:







KVL در حلقه

⑦ → $-v + \frac{5}{3}(-i) + \left(\frac{v}{2}-1\right)\frac{2}{3} = 0 \to v + \frac{5}{2}i + 1 = 0$ → از تقاطع این خط با مشخصه المان غیرخطی مقدار i و v بدست می آید:

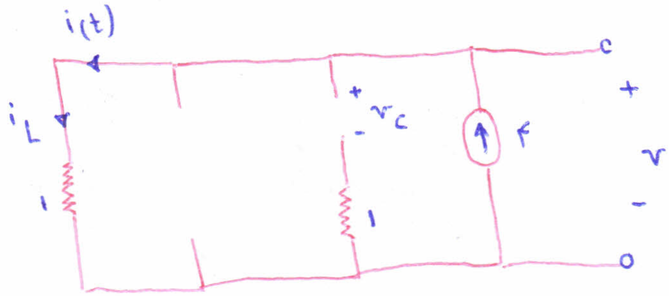
$$\begin{cases} v + \frac{5}{2}i + 1 = 0 \\ v = |i| \end{cases} \to \begin{cases} \text{if } i>0 \to v=+i \to i + \frac{5}{2}i + 1 = 0 \to i = \frac{-2}{7} \; \times \\ \text{if } i<0 \to v=-i + \frac{5}{2}i + 1 = 0 \to \boxed{i = -\frac{2}{3}} \to \boxed{v = \frac{2}{3}} \end{cases}$$

توان عنصر غیرخطی

→ $\boxed{P = v \times i = \frac{2}{3} \times -\frac{2}{3} = -\frac{4}{9}\ W}$ جواب نهایی

جواب سؤال ③ :

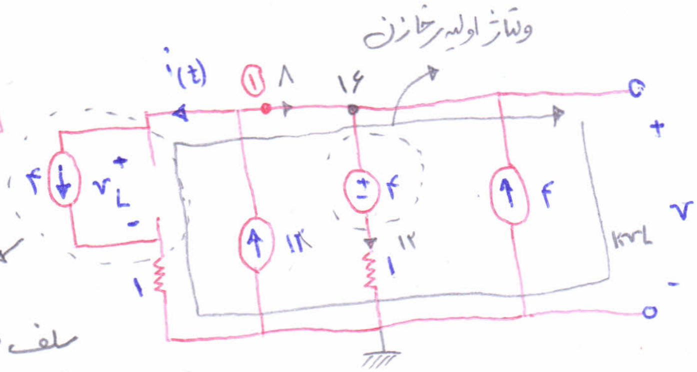
$\boxed{t = 0^-}$



$i_L(0^-) = i_L(0^+) = 4A$

$v_C(0^-) = v_C(0^+) = 4 \times 1 = 4\ V$

$\boxed{t = 0^+}$



در لحظه‌ی [illegible] سلف معادل با مدار باز + یک منبع جریان موازی

با KCL با زدن نتیجه می‌گیریم (با مداد روی مدار نوشته شده) که:

$v(0^+) = 16$

★ به عبارتی KCL در ①:

$KCL@① = 4 - 12 + \frac{v-4}{1} - 4 = 0 \to \boxed{v(0^+) = 16}$

$KVL: +v - (1\times 4) - v_L(0^+) = 0$

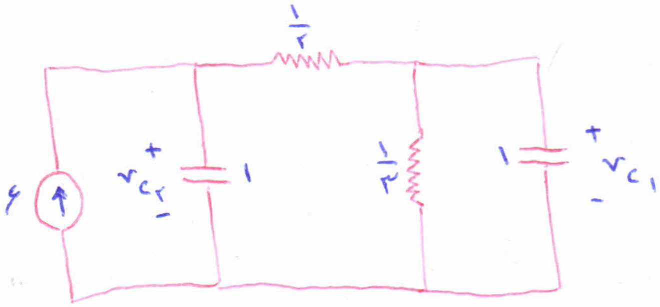
$\to v_L(0^+) = 12\ V$

$\to v_L = L\frac{di}{dt} \to \frac{di_L(0^+)}{dt} = \frac{1}{3} \times 12 = \boxed{4}$

→ $\boxed{\frac{di}{dt}(0^+) = 4 \quad , \quad v(0^+) = 16\ V}$ جواب نهایی

جواب سؤال ۴ :

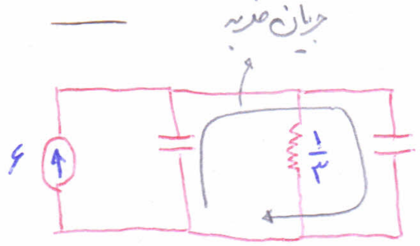
$\boxed{t = 0^-}$



$$\begin{cases} v_{c_1}(0^-) = \frac{1}{3}\times 6 = 2V \\ v_{c_2}(0^-) = \left(\frac{1}{3}+\frac{1}{2}\right)\times 6 = 5V \end{cases}$$

$t > 0$

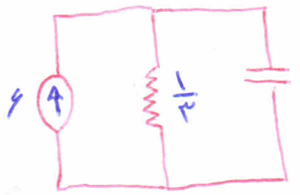
★ در لحظه $t = 0^+$ کلید وصل شده و دو خازن موازی می‌شوند بنابراین مسیری برای عبور جریان ضربه ایجاد شده و ولتاژ دو سر خازن‌ها به تعادل می‌رسد :



$$v_{c_1}(0^+) = v_{c_2}(0^+) = \frac{c_1 v_{c_1}(0^-) + c_2 v_{c_2}(0^-)}{c_1 + c_2} = \frac{5+2}{2}$$

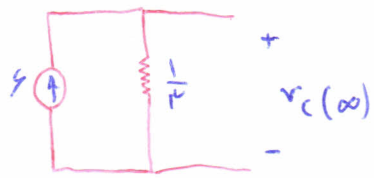
$$= \boxed{3.5V}$$

★ در حالت موازی خازن‌ها، یک خازن معادل داریم : $c_T = c_1 + c_2$ ← مدار به این شکل در می‌آید :



$2F \rightarrow v_c(0^+) = 3.5V \rightarrow$

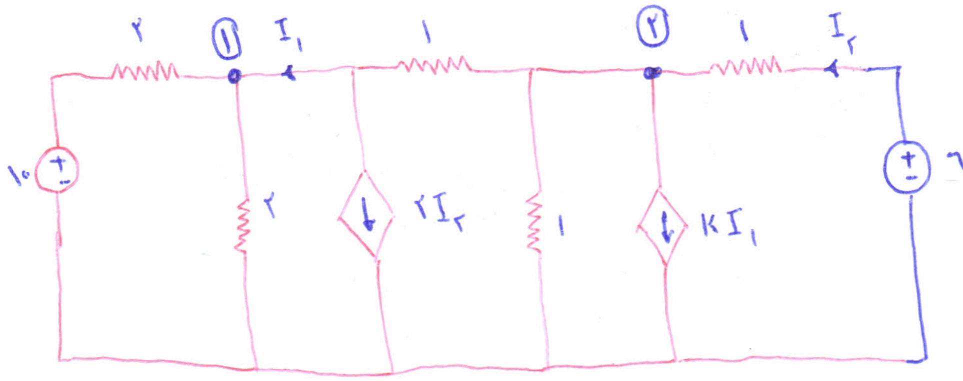
$t = \infty$



$$\rightarrow v_c(\infty) = 6\times\frac{1}{3} = 2$$

$$\rightarrow \tau = RC = \frac{1}{3}\times 2 \rightarrow v_c(t) = 2 + (3.5 - 2)\, e^{-\frac{3t}{2}} = \boxed{2 + 1.5\, e^{-1.5t}}$$ جواب نهایی

جواب سؤال ۵ :



← یک منبع ولتاژ تست گذاشتیم تا مدار معادل تونن بدست بیاوریم.

$KCL @ ① : \frac{V_1 - 10}{2} + \frac{V_1}{2} + 2I_2 + \frac{V_1 - V_2}{1} = 0$

$KCL @ ② : \frac{V_2 - V_1}{1} + \frac{V_2}{1} + KI_1 + \frac{V_2 - V_T}{1} = 0$

$$\rightarrow \begin{cases} 2V_1 - V_2 + 2I_2 = 5 & ① \\ -V_1 + 3V_2 - V_T + KI_1 = 0 & ② \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{از طرفی}} \begin{cases} I_2 = \frac{V_T - V_2}{1} \rightarrow V_2 = V_T - I_2 \\ I_1 = \frac{V_1}{2} + \frac{V_1 - 10}{2} = V_1 - 5 \rightarrow V_1 = I_1 + 5 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{با جایگذاری در ① و ②}} \begin{cases} 2(5 + I_1) - 5 + 2I_2 - V_T + I_2 = 0 \\ -5 - I_1 + 3(V_T - I_2) - V_T + KI_1 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} 2I_1 + 3I_2 = V_T - 5 \\ (K-1)I_1 - 3I_2 = 5 - 2V_T \end{cases} \rightarrow (K+1)I_1 = -V_T \rightarrow \boxed{I_1 = \frac{-V_T}{K+1}} \quad A$$

$$A \rightarrow \frac{(K-1)}{K+1}(-V_T) - 3I_T = 5 - 2V_T \rightarrow \frac{3+K}{K+1}V_T - 3I_T = 5$$

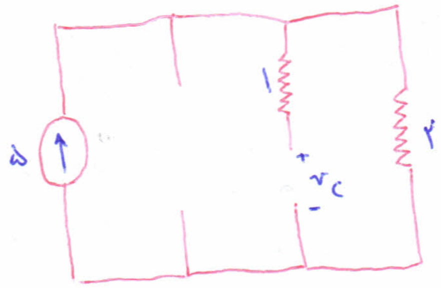
$$\rightarrow V_T = \underbrace{\frac{3(K+1)}{K+3}}I_T + 5\frac{K+1}{K+3}$$

مقاومت معادل باید منفی باشد:

$$\frac{K+1}{K+3} < 0 \rightarrow \quad \begin{array}{c|c|c} & -3 \quad & -1 \quad \\ + & - & + \end{array} \quad \rightarrow \boxed{-3 < K < -1} \quad \text{جواب نهایی}$$

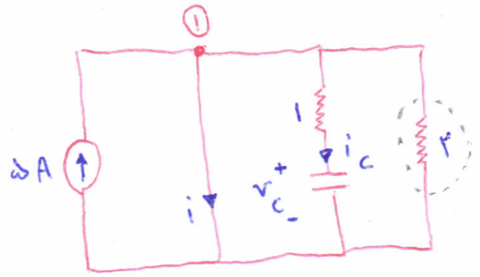
جواب سؤال ۶ :

$\boxed{t=0^-}$



$\rightarrow v_c(0^-) = 5\times 2 = 10v = v_c(0^+)$

$\boxed{t>0}$



$\rightarrow v_c(\infty) = 0 \rightarrow \tau = RC = 1\times 1 \rightarrow v_c(t) = 0 + (10-0)e^{-t}$

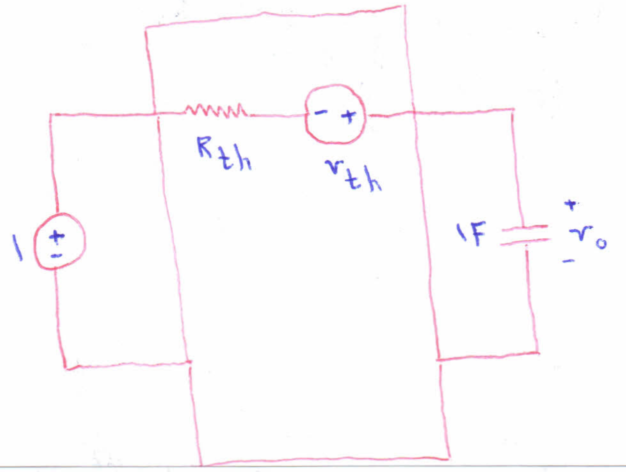
$\rightarrow i_c(t) = c\dfrac{dv_c}{dt} = -10e^{-t}$

جواب نهایی

$\rightarrow KCL\ @\ ① : -5 + i(t) + i_c(t) = 0 \rightarrow i(t) = 10e^{-t} + 5 \xrightarrow{t=1} \boxed{i(t=1s) = \frac{10}{e} + 5}$

جواب سؤال ۷ :

چون به این مطلب اشاره شده که N یک شبکهٔ خطی و مقاومتی است ← می توان آن را با یک معادل تونن مدل کرد :



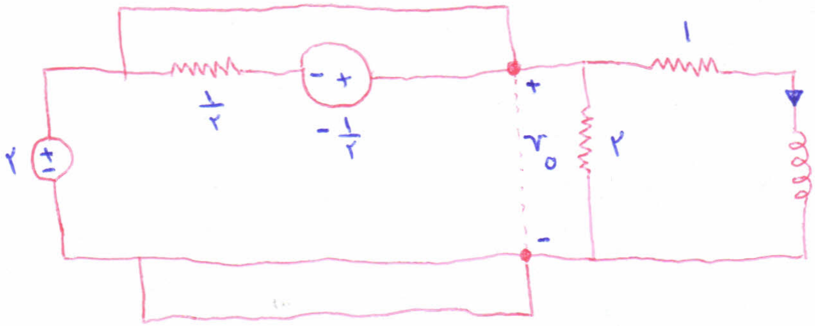
$v_o(0) = v_c(0) = 0v$

$\rightarrow v_o(\infty) = v_c(\infty) = v_{th} + 1 \xrightarrow[\text{نمودار}]{\text{با توجه به}} v_{th} + 1 = \frac{1}{2}$

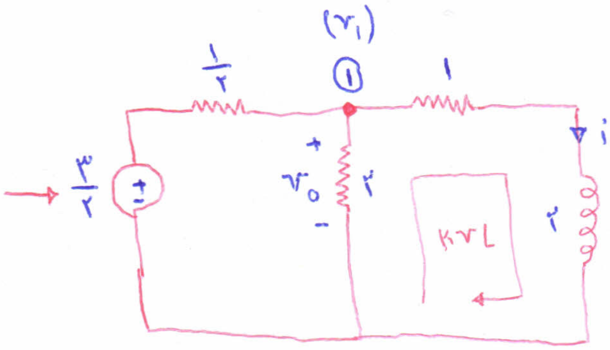
$\star\ RC = R_{th}\times C = R_{th}\times 1 = \frac{1}{2}$

$\boxed{v_{th} = -\frac{1}{2}v \quad R_{th} = \frac{1}{2}\Omega}$

★ برای مدار بعدی داریم:



$i_L(0)=0$



در حالت ماندگار سلف اتصال کوتاه است و داریم

$$KCL\ @\ ①:\ \frac{v_1-\frac{3}{2}}{\frac{1}{2}}+\frac{v_1}{2}+\frac{v_1}{1}=0$$

$$\rightarrow \frac{7}{2}v_1-3=0 \rightarrow \boxed{v_1=\frac{6}{7}\,v}$$

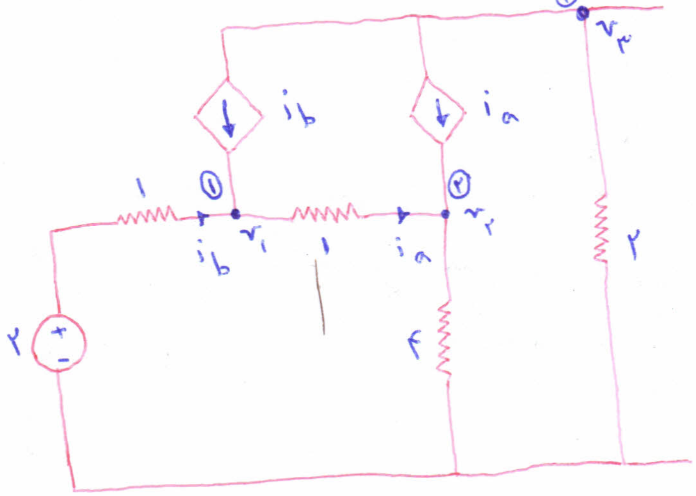
$$\rightarrow \boxed{i_L(\infty)=\frac{6}{7}\,A}$$

$$\rightarrow i_L(t)=\frac{6}{7}+\left(0-\frac{6}{7}\right)e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow \tau=\frac{L}{R}=\frac{2}{\frac{2}{5}}=5 \rightarrow i_L(t)=\frac{6}{7}\left(1-e^{-\frac{t}{5}}\right)$$

$$\rightarrow KVL:\ -v_0+(i_L\times 1)+v_L=0 \rightarrow v_0(t)=i_L+2\frac{di_L}{dt}=\boxed{\frac{6}{7}-\frac{24}{35}e^{-\frac{t}{5}}}$$

جواب نهایی

جواب سؤال ⑧:



محاسبه ولتاژ v_3 در حالت مدار باز ← بدست آوردن v_{oc}

$$KCL\ ① \rightarrow \frac{v_1-2}{1}+\frac{v_1-v_2}{1}-i_b=0 \quad (A)$$

$$KCL\ ② \rightarrow \frac{v_2-v_1}{1}+\frac{v_2}{4}-i_a=0 \quad (B)$$

$$KCL\ ③ \rightarrow i_a+i_b+\frac{v_3}{2}=0 \quad (C)$$

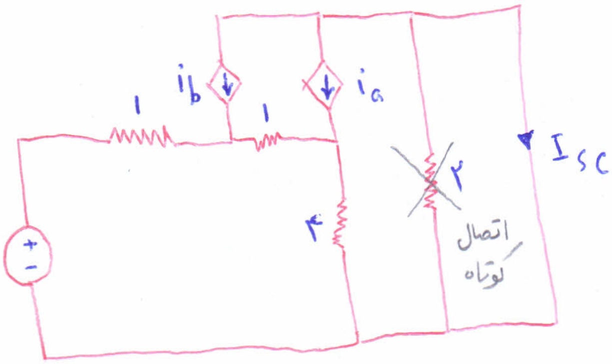
$$\rightarrow \begin{cases} i_a=\dfrac{v_1-v_2}{1} \\ i_b=\dfrac{2-v_1}{1} \end{cases}$$

جایگذاری در (A) و (B)

$$\begin{cases} v_1-2+v_1-v_2-2+v_1=0 \rightarrow 3v_1-v_2=4 \\ v_2-v_1+\dfrac{v_2}{4}-v_1+v_2=0 \rightarrow -2v_1+\dfrac{9}{4}v_2=0 \end{cases}$$

→ $v_1 = \frac{9}{8} v_2$ → $\frac{3\times 9}{8} v_2 - v_2 = 4$ → $v_2 = \frac{32}{19} v$ و $v_1 = \frac{8\times 32}{9\times 19} v$

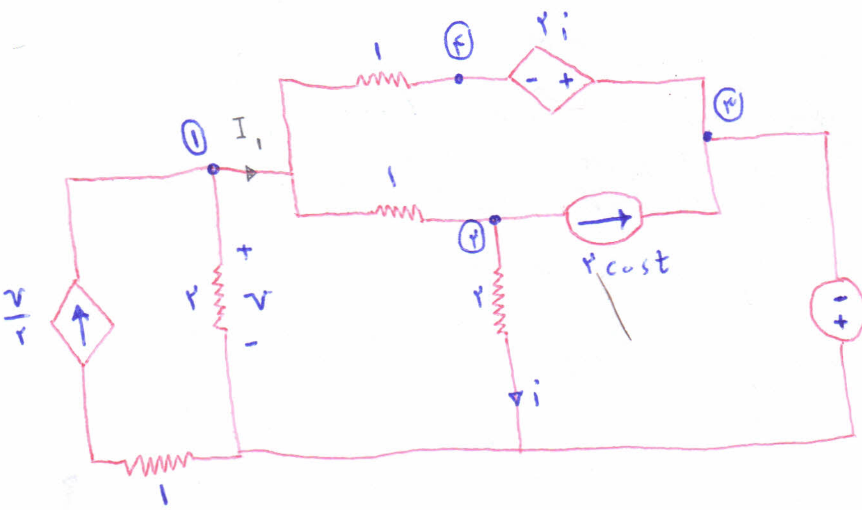
$$\rightarrow \begin{cases} i_a = -\frac{32}{9\times 19} = -\frac{32}{171} \\ \\ i_b = 2 - \frac{8\times 32}{9\times 19} = \frac{86}{171} \end{cases} \rightarrow v_3 = -2(i_a + i_b) = -\frac{108}{171} = \boxed{-\frac{12}{19} = v_{oc}}$$ جواب نهایی



→ $\boxed{I_{sc} = -(i_a + i_b) = -\frac{6}{19} A}$ جواب نهایی

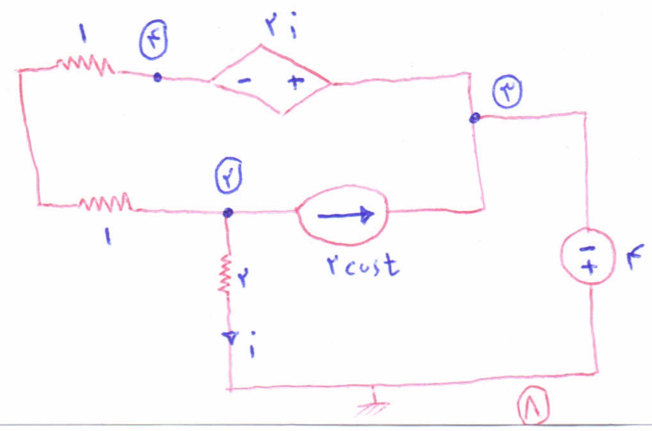
→ $\boxed{R_{th} = \frac{v_{oc}}{I_{sc}} = \frac{-\frac{12}{19}}{-\frac{6}{19}} = 2\Omega}$ جواب نهایی

جواب سؤال ۹:



اگر به قسمت سمت چپ مدار با دقت بنگریم در می‌یابیم با یک KCL در نقطه (گره) ۱ تمام جریان تولیدی منبع وابسته وارد مقاومت ۲ اهمی شده و I_1 در تمامی لحظات صفر است بنابراین این قسمت مدار همانند مدار باز بوده (می‌توان در نظر گرفت) و برای سادگی می‌توانیم آن را حذف کنیم:

KCL@1 : $-\cancel{\frac{v}{2}} + \cancel{\frac{v}{2}} + I_1 = 0$ → $\boxed{I_1 = 0}$

→ 

$$\rightarrow \begin{cases} v_3 = -4 \\ v_3 - v_4 = 2i \rightarrow v_4 = -4 - 2i \\ KCL@2 : \frac{v_2 - v_4}{2} + \frac{v_2}{2} + 2\cos t = 0 \\ v_2 = 2i \\ \rightarrow \frac{4i + 4}{2} + i + 2\cos t = 0 \end{cases}$$

جایگزاری در KCL

$\rightarrow 3i + 2 + 2\cos t = 0$ (D)

★ جهت صفر شدن توان منبع دو حالت وجود دارد

→ ولتاژ تولیدی $= 0 \rightarrow 2i = 0 \xrightarrow{D} 0 + 2 + 2\cos t = 0 \rightarrow \cos t = -1$

جواب نهایی $\rightarrow \boxed{t = 2k\pi \pm \pi}$

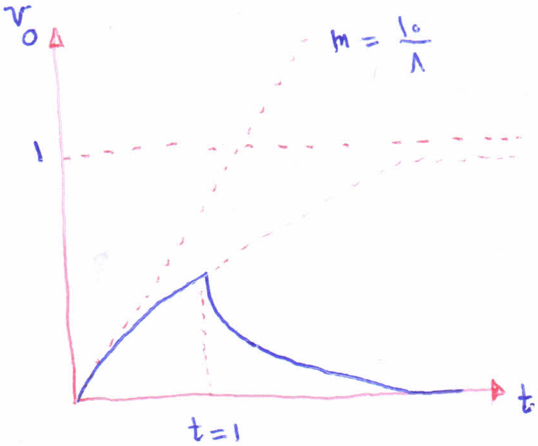
→ جریان عبوری $= 0 \rightarrow v_2 - v_4 = 0 \rightarrow 2i - (-4-2i) = 0 \rightarrow i = -1 \xrightarrow{D}$

جواب نهایی $-3 + 2 + 2\cos t = 0 \rightarrow \cos t = +\frac{1}{2} \rightarrow \boxed{t = 2k\pi \pm \frac{\pi}{3}}$

جواب سؤال (۱۰):

★ از آنجا که هر سه شبکه خطی و نامتغیر با زمان می باشند می توان عناصر داخلی آن را با سه عنصر R، L و C مدل کرد. هم چنین از آنجا که معادلات و مرتبه اول هستند در هر شبکه فقط یک عنصر ذخیره‌گر وجود دارد یعنی مدار یا RL است یا RC.

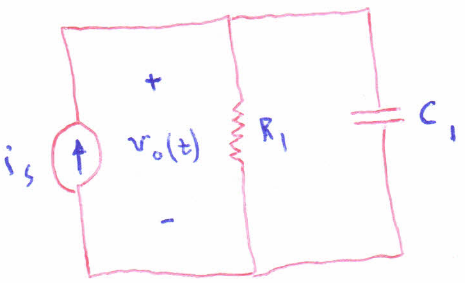
★ خروجی ولتاژ می باشد ← ترجیحاً برای سادگی تحلیل، این عناصر به صورت موازی در نظر گرفته می شود.



★حالت الف)

★ولتاژ خروجی در لحظات $t = 0$ و ۱ جهش نداشته است، پس عنصر ذخیره ساز خازن می باشد (ولتاژ دو سر خازن جهش ندارد).

← هم چنین تغییرات نهایی ولتاژ خروجی حاکی از وجود یک مقاومت نیز می باشد که مقدار آنها بصورت زیر بدست می آید:



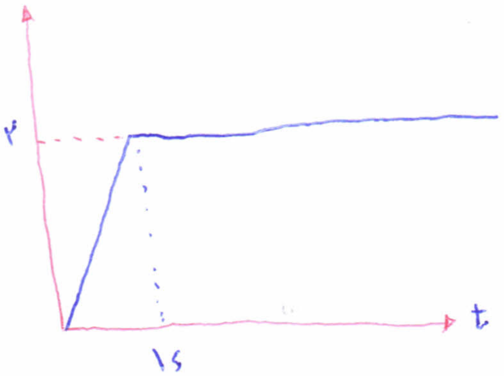
با پارامترهای قابل استخراج از نمودار خروجی

$\frac{10}{8} = \frac{dv_c}{dt}(t=0^+)$ ← $\boxed{t = 0^+ \text{ در}}$ ← خازن اتصال کوتاه

$i_s = i_c = C\frac{dv_c}{dt} \rightarrow 1 = C_1 \times \frac{10}{8} \rightarrow \boxed{C_1 = 0.8F}$ جواب نهایی

در حالتیکه $i = 1 \rightarrow v_c(\infty) = 1$ ← $\boxed{t = \infty \text{ در}}$ ← خازن مدار باز ← $v_c = R_1 \times i_s$ ← $\boxed{R_1 = 1\Omega}$ جواب نهایی

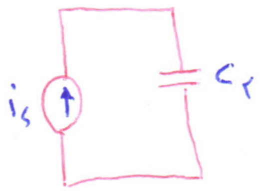
★ حالت ب)



★ ولتاژ خروجی جهش ندارد ← خازن داریم

← تغییرات ولتاژ خطی ← R نداریم

$$i_s(t) = C_2 \frac{dv_c(t)}{dt}$$

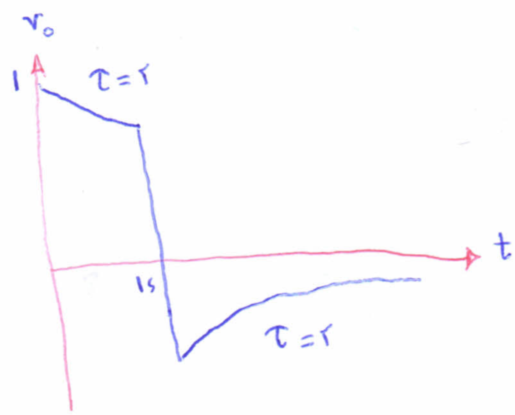


شیب خط

$$\rightarrow 0 < t < 1 \rightarrow 1 = C_2 \frac{dv_c(t)}{dt} \rightarrow v_c(t) = \boxed{\frac{1}{C_2}}\, t$$

$$\rightarrow \frac{1}{C_2} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{شیب خط} = \frac{2}{1} \rightarrow \boxed{C_2 = \frac{1}{2}\ F}$$ جواب نهایی

$$t > 1 \rightarrow 0 = \frac{1}{2} \frac{dv_c(t)}{dt} \rightarrow v = \text{ثابت}$$



★ حالت ج)

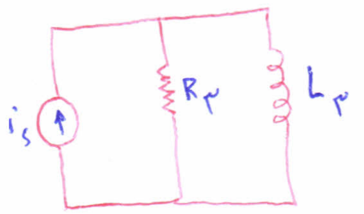
★ در لحظات تغییر پالس ورودی جهش ولتاژ خروجی را داریم ← وجود سلف

← تغییرات نمایی ولتاژ خروجی ← وجود مقاومت

جواب نهایی

$$\boxed{L_3 = 2 \times 1 = 2\,H} \xleftarrow{A} \tau = \frac{L_3}{R_3} = 2$$

پارامترهای قابل استخراج از نمودار



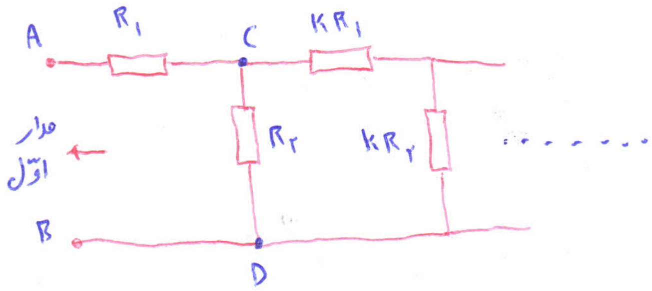
$1 = R_3 \times 1 \leftarrow v_L(0^+) = R_3 \times i_s \leftarrow$ سلف مدار باز $\leftarrow \boxed{\text{در } t = 0^+} \leftarrow v_L(0^+) = 1$

$\rightarrow \boxed{R_3 = 1\Omega}$ جواب نهایی

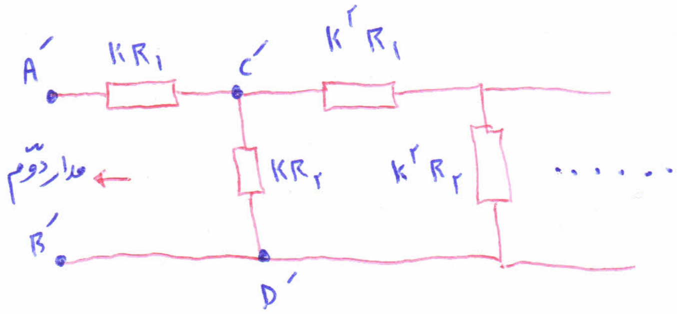
★ با توجه به این مقادیر جهش خروجی در $t = 1$ هم قابل توجیه است. در لحظه $t = 1$ جریان منبع جریان ورودی ناگهان قطع می‌شود، مقدار ولتاژ دو سر سلف برابر $v_R = R_3 \times (i_s - i_{L_3})$ بوده ناگهان برابر $v_R = R_3(-i_{L_3})$ می‌شود، همچنین از آنجایی که جریان سلف جهش ندارد $(i_L(1^-) = i_L(1^+))$ بنابراین

ولتاژ خروجی به مقدار ۰٫۱ R_3 یا یک ولت کاهش می‌یابد.

جواب سوال (۱۱):



★ اگر همه‌ی عناصر مدار فوق را در عدد K ضرب کنیم مدار به صورت زیر می‌شود:



★ با کمی دقت در مدار دوّم در می‌یابیم که مقاومت دیده شده از سر A´B´ همان مقاومت دیده شده از سر CD در مدار اوّل می‌باشد.

★★ همچنین از آن جا که در مدار دوّم تمامی المانها K برابر شده اند بنابراین مقاومت معادل آن نیز K برابر خواهد بود یعنی: $\boxed{R_{th\,A'B'} = KR_{th\,AB}}$

در نتیجه $\longrightarrow R_{th\,CD} = KR_{th\,AB}$

★ از طرفی داریم: $\longrightarrow R_{th\,AB} = R_1 + R_2 \parallel R_{th\,CD} = R_1 + \dfrac{R_2\, R_{th\,CD}}{R_2 + R_{th\,CD}}$

★ پس داریم:

$$R_{th\,AB} = R_1 + \frac{R_2 \times KR_{th\,AB}}{R_2 + KR_{th\,AB}} = \frac{R_1R_2 + KR_1R_{th\,AB} + KR_2R_{th\,AB}}{R_2 + KR_{th\,AB}}$$

$$\longrightarrow KR^2_{th\,AB} + R_{th\,AB}(R_2 - KR_1 - KR_2) - R_1R_2 = 0$$

$$\boxed{R_{th_{AB}} = \frac{-(R_2 - kR_1 - kR_2)}{2k} \pm \sqrt{(R_2 - kR_1 - kR_2)^2 + 4kR_1R_2}}$$

جواب نهایی