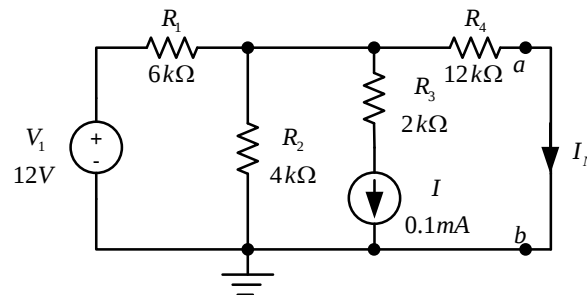


מועד הבחינה :  
קיץ תשפ"ה - 2025 - מועד א'  
מספר השאלון : 97100  
נספח : נוסחאון

## פתרון תורת החשמל ומבוא לאלקטרוניקה להנדסאים במגמת הנדסת אלקטרוניקה 97100

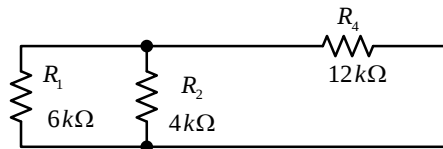
### פתרון שאלה 1

א. מעגל למציאת זרם נורטון מתואר באיור הבא :

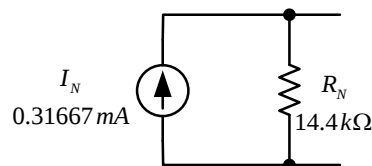


$$\frac{12 \cdot I_N}{4} + \frac{12 \cdot I_N - 12}{6} + 0.1 + I_N = 0 \Rightarrow I_N = 0.31667 \text{ mA}$$

מעגל לחישוב התנגדות  $R_N$  :



$$R_N = R_1 \parallel R_2 + R_4 = 6 \parallel 4 + 12 = 14.4 \text{ k}\Omega$$



ב.

$$R_L(T) = 15 \text{ k} \cdot [1 + 0.002 \cdot (T - 20)] = 14.4 \text{ k} \Rightarrow T = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ג.

$$P \left( \frac{I_N}{2} \right)_L \left( \frac{0.31667}{2} \right)_{\max}^2$$

## פתרון שאלה 2

א. רישום משוואות זרמים בצמתים:

$$\begin{aligned}\frac{V_a - V_1}{R_1} + \frac{V_a - V_2}{R_4} + I_1 &= 0 \\ \frac{V_b - V_1}{R_2} + \frac{V_b - V_2}{R_3} - I_1 &= 0 \\ \frac{V_a - 60}{20} + \frac{V_a - 40}{5} + 6 &= 0 \\ \frac{V_b - 60}{10} + \frac{V_b - 40}{30} - 6 &= 0\end{aligned}$$

$$V_a = 20V, V_b = 100V$$

ב.

$$\begin{aligned}I_{V1} &= \frac{V_b - V_1}{R_2} + \frac{V_a - V_1}{R_1} = \frac{100 - 60}{10} + \frac{20 - 60}{20} = 2mA \Rightarrow P_{V1} = 2 \cdot 60 = 120mW \text{ load} \\ I_{V2} &= \frac{V_b - V_2}{R_3} + \frac{V_a - V_2}{R_4} = \frac{100 - 40}{30} + \frac{20 - 40}{5} = 2 - 4 = -2mA \\ P_{V2} &= -2 \cdot 40 = -80mW \text{ supply} \\ P_I &= (V_a - V_b) \cdot I = (20 - 100) \cdot 6 = -480mW \text{ supply}\end{aligned}$$

### פתרון שאלה 3

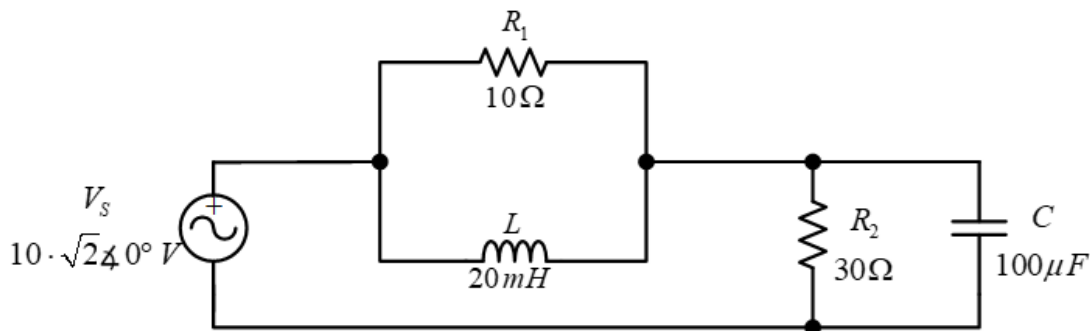
א.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = 2 \cdot X_L = 2 \cdot \omega \cdot L$$

$$\frac{1}{2 \cdot L \cdot C} = \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot L \cdot C}} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}} = 500 \text{ rad/sec}$$

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{500}{2 \cdot \pi} = 79.577 \text{ Hz}$$

ב. המעגל מתואר עם האימפדנס:



$$V_C = V_s \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$Z_1 = 30 \parallel (-20j) = \frac{30 \cdot (-20j)}{30 - 20j} = 16.641\angle -56.31^\circ$$

$$Z_2 = 10 \parallel 10j = \frac{100j}{10 + 10j} = 7.071\angle 45^\circ$$

$$V_C = 10 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{16.641\angle -56.31^\circ}{16.641\angle -56.31^\circ + 7.071\angle 45^\circ} = 14.0449\angle -24.44^\circ$$

$$v_c(t) = 14.0449 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(500 \cdot t - 24.44^\circ) = 19.862\angle -24.44^\circ$$

החלפה בין  $Z_1$  ו- $Z_2$ , אך התשובה נכונה.

ג.

$$Z = Z_1 + Z_2 = 16.641\angle -56.31^\circ + 7.071\angle 45^\circ = 16.756\angle -31.866^\circ = 14.2306 - 8.8461j$$

$$P = \frac{V^2}{\text{Re}(Z)} = \frac{(10 \cdot \sqrt{2})^2}{14.2306} = 14.0542 \text{ W}$$

#### פתרון שאלה 4

א. משוואת זרמים בצומת:

$$\begin{aligned}\frac{V}{-jX_{C2} + R_3 + jX_{L1}} - I_{S1} + I_{S2} &= 0 \\ \frac{V}{-6j + 5 + 8j} - 10\angle 25^\circ + 15\angle 90^\circ &= 0 \\ \frac{V}{5 + 2j} &= 14.0788\angle -49.929^\circ \Rightarrow V = 75.817\angle -28.127^\circ\end{aligned}$$

ב.

$$\begin{aligned}P_{R1} &= R_1 \cdot I_{S1}^2 = 10 \cdot 10^2 = 1kW \\ P_{R3} &= R_2 \cdot I_{S2}^2 = 15 \cdot 15^2 = 3.375kW \\ I_{R2} &= \frac{V}{-jX_{C2} + R_3 + jX_{L1}} = \frac{75.817\angle -28.127^\circ}{-6j + 5 + 8j} = 14.0788\angle -49^\circ \\ P_{R2} &= I_{R2}^2 \cdot R_3 = 14.0788^2 \cdot 5 = 991.07W\end{aligned}$$



#### פתרון שאלה 5

א.

$$V_{avg} = 4V$$

ב. מכון והאותות לא אורתוגונליים, נחשב את התרומה של האות בתדר  $\omega = 314 \text{ rad/sec}$ :

$$3\angle 0^\circ + 5\angle 45^\circ = 7.431\angle 28.412^\circ$$

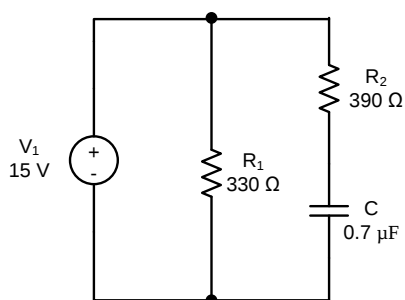
$$V_{RMS} = \sqrt{4^2 + \left(\frac{7.431}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2} = 8.695V$$

ג.

$$P_{RL} = \frac{V_{RMS}^2}{R_L} = \frac{8.695^2}{10} = 7.561W$$

## פתרון שאלה 6

א. מצב ראשוני:



לנגד  $R_1$  אין כלל השפעה על הטעינה ולכן קבוע הזמן של המעגל הוא:

$$\tau_1 = R \cdot C = 390 \cdot 0.7 \cdot 10^{-6} = 273 \mu\text{sec}$$

הקבל נטען לכוון מתח המקור ולכן:  $V_c(\infty) = V_1 = 15V$

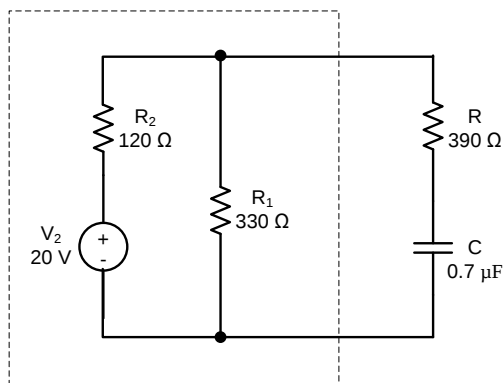
נחשב את הזמן הדרוש למתח הקבל להטען ל-  $8V$ :

$$t = \tau \cdot \ln \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V_t} = 273 \mu \cdot \ln \frac{15 - 0}{15 - 8} = 208.06 \mu\text{sec}$$

משוואת מתח הקבל:

$$V_c(t) = V_\infty - [V_\infty - V_0] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 15 - (15 - 0) \cdot e^{-\frac{t}{273 \mu}} = 15 - 15 \cdot e^{-\frac{t}{273 \mu}}$$

ב. המצב החדש לאחר מעבר המפסק:



נמצא את מעגל תבנית של המעגל המסומן :

$$V_{th} = V_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 20 \cdot \frac{330}{330 + 120} = 14.666V = V_c(\infty)$$

$$R_{th} = R_2 || R_1 + R = 120 || 330 + 390 = 478\Omega$$

$$\tau_2 = R_{th} \cdot C = 478 \cdot 0.7\mu = 334.6\mu sec$$

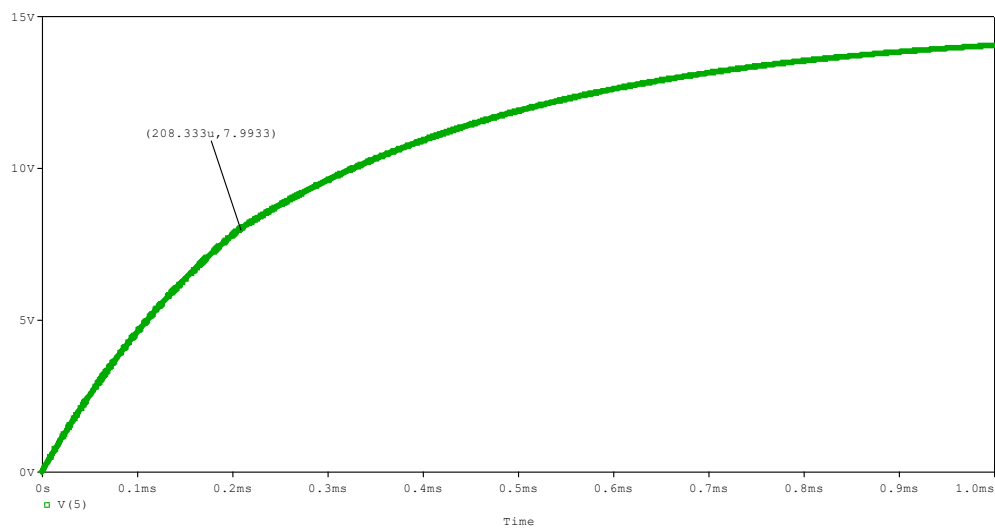
משוואת מתח הקבל :

$$V_c(t^*) = V_\infty - [V_\infty - V_0] \cdot e^{-\frac{t^*}{\tau_2}} = 14.666 - (14.666 - 8) \cdot e^{-\frac{t^*}{334.6\mu}} = 14.666 - 6.666 \cdot e^{-\frac{t^*}{334.6\mu}}$$

$$t^* = t + 208.06$$

הצגת צורות הגלים :

מתח על פני הקבל :



ג. המתח בזמן 0.5 mSec :

$$V_c(t^*) = 14.666 - 6.666 \cdot e^{-\frac{0.5m}{334.6\mu}} = 13.17V$$

## פתרון שאלה 7

א. I.

$$I_T = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{10 - 6}{39} = 102.56 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{6}{200} = 30 \text{ mA} \Rightarrow I_Z = I_T - I_L = 102.56 - 30 = 72.56 \text{ mA}$$

II.

$$I_T = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{10 - 6}{39} = 102.56 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{6}{100} = 60 \text{ mA} \Rightarrow I_Z = I_T - I_L = 102.56 - 60 = 42.56 \text{ mA}$$

III.

$$I_T = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{10 - 6}{39} = 102.56 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{6}{39} = 153.85 \text{ mA} \Rightarrow I_Z = I_T - I_L < 0$$

לכן, דיודת הזנר בקטעון ו-  $I_Z = 0 \text{ mA}$

ב.

$$I_{\max} = \frac{V_{i(\max)} - V_Z}{R_L} = \frac{10 - 6}{39} = 102.56 \text{ mA}$$

$$P_{\min} = V_Z \cdot I_Z = 6 \cdot 0.102 = 0.615 \text{ W}$$

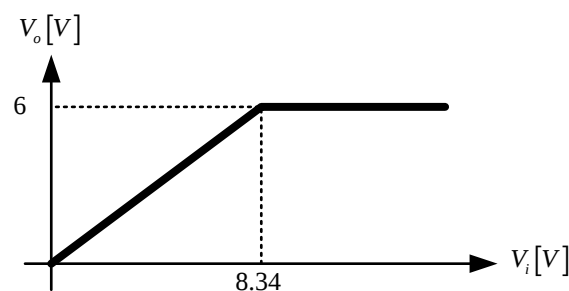
ג. נחשב את מתח המבוא הגורם לפריצת הדיודה:

$$\frac{V_Z - V_i}{R} + \frac{V_Z}{R_L} = 0 ; \frac{6 - V_i}{39} + \frac{6}{100} = 0 \Rightarrow V_i = 8.34 \text{ V}$$

כאשר מתח המבוא קטן מ-  $8.34 \text{ V}$  הדיודה לא נפרצת ואז מתח המוצא מתקבל לפי מחלק מתח של:

$$V_o = V_i \cdot \frac{R_L}{R_L + R} = V_i \cdot \frac{100}{139}$$

כאשר מתח המבוא גדול מ-  $8.34 \text{ V}$  אז מתח המוצא שווה ל-  $6 \text{ V}$  כמתואר באיור הבא:



**פתרון שאלה 8**

א.

$$R_{DS(on)} = \frac{1}{2 \cdot K \cdot (V_{GS} - V_T)} = \frac{1}{2 \cdot 100 \cdot (5 - 2.5)} = 2\Omega$$

ב. בהנחה שהתנגדות  $R_{DS} \approx 0\Omega$

$$R_{LED} = \frac{V_{DD} - V_{LED}}{2 \cdot I_{LED}} = \frac{6 - 3.5}{30} = 83\Omega$$

ג.

$$\begin{aligned} I_D &= K \cdot [2 \cdot (V_{GS} - V_T) \cdot V_{DS} - V_{DS}^2] \\ 30 &= 100 \cdot [2 \cdot (5 - 2.5) \cdot V_{DS} - V_{DS}^2] \\ V_{DS1} &= 0.0607V \quad V_{DS2} = 4.939V \end{aligned}$$

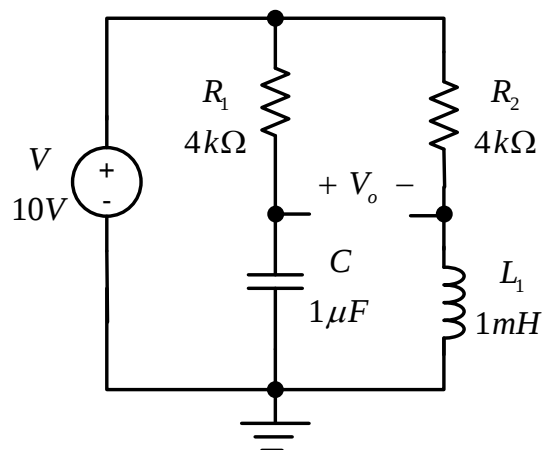
ברור שמתקיים אי שוויון:

$$V_{DS} < V_{GS} - V_T$$

לכן הטרנזיסטור במצב אוהמי.

פתרון שאלה 9

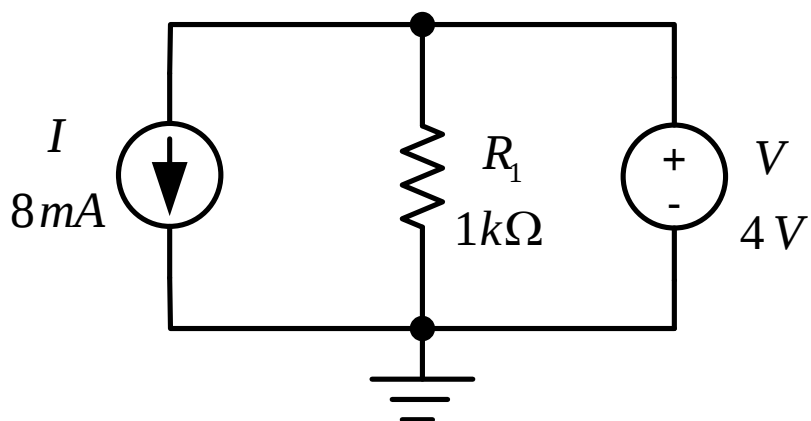
9.1 נתון המעגל הבא :



המתח ביציאת המצב המתמיד שווה ל :

- א.  $5V$
- ב.  $7.5V$
- ג.  $10V$
- ד.  $-5V$

9.2 נתון המעגל הבא :



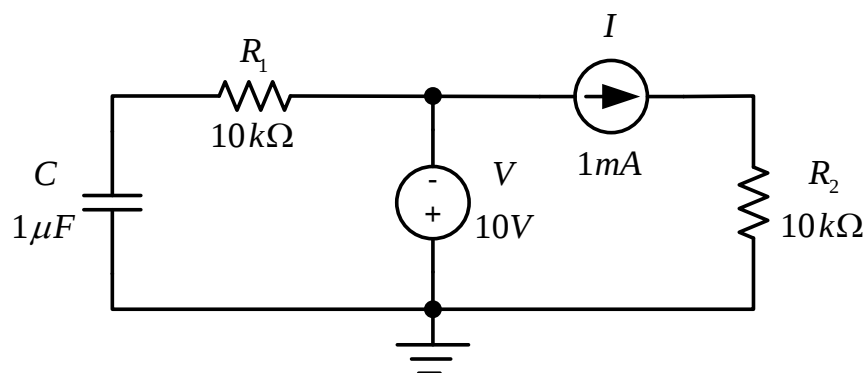
ההספק המתפזר בנגד  $R$  שווה ל :

- א.  $16mW$
- ב.  $64mW$
- ג.  $80mW$
- ד.  $25mW$

9.3 במיישר דו-דרכי עם ארבע דיודות (מיישר גשר), ההפרש בין מתח המבוא במשני של השנאי למתח המוצא שווה ל:

- א.  $0V$
- ב.  $V_D$
- ג.  $4 \cdot V_D$
- ד.  $2 \cdot V_D$

9.4 נתון המעגל הבא:



קבוע הזמן שווה ל:

- א.  $10msec$
- ב.  $\infty$
- ג.  $20msec$
- ד.  $5msec$

© כל הזכויות שמורות למה"ט