

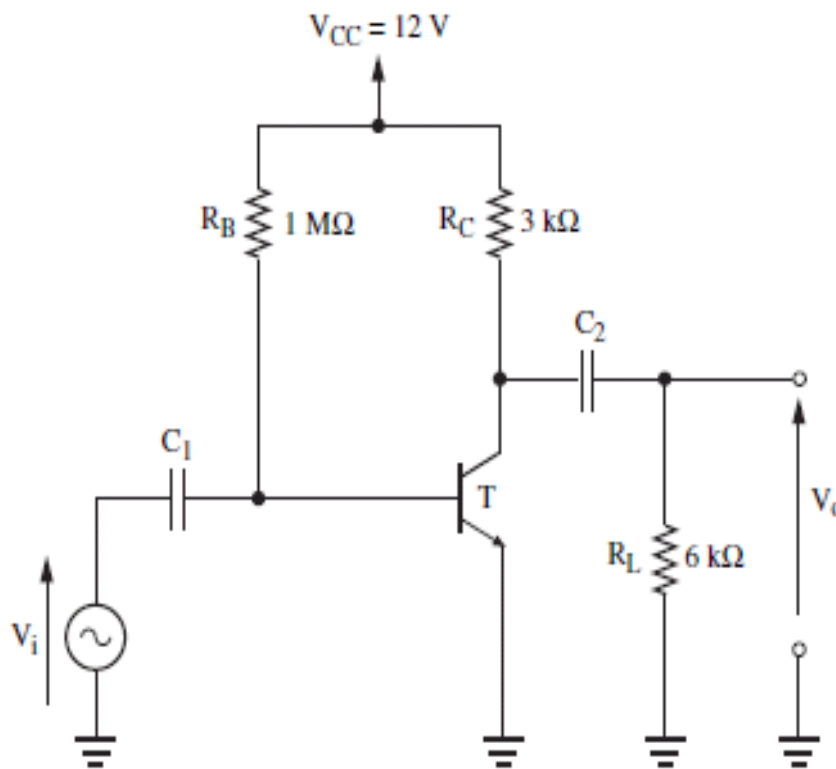
**פתרון אלקטרוניקה א' – מתוך חשמל ואלקטרוניקה טכנאים שנת 2008 – אביב תשס"ח 733001**  
**למגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה**

**שאלה 5**

באיור לשאלה 5 נתון המעגל החשמלי של מגבר טרנזיסטורי.

נתוני הטרנזיסטור:  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ,  $\beta = 100$ ,  $h_{fe} = 100$ ,  $h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega$ .

היגבי הקבלים במעגל – זניחים.



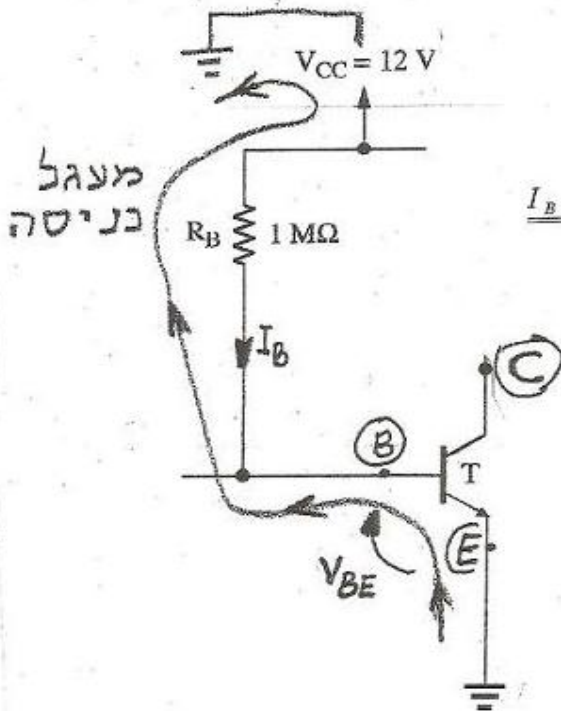
איור לשאלה 5

- א. חשב את  $V_{CE}$ ,  $I_C$ ,  $I_B$ .
- ב. סרטט מודל מקורב (מעגל תמורה) לזרם חילופין של המעגל הנתון.
- ג. חשב את הגבר המתח  $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ .

פתרון שאלה 5:

א. חישוב נקודת העבודה DC:  $I_B \cdot I_C \cdot V_{CE}$

מעגל כניסה



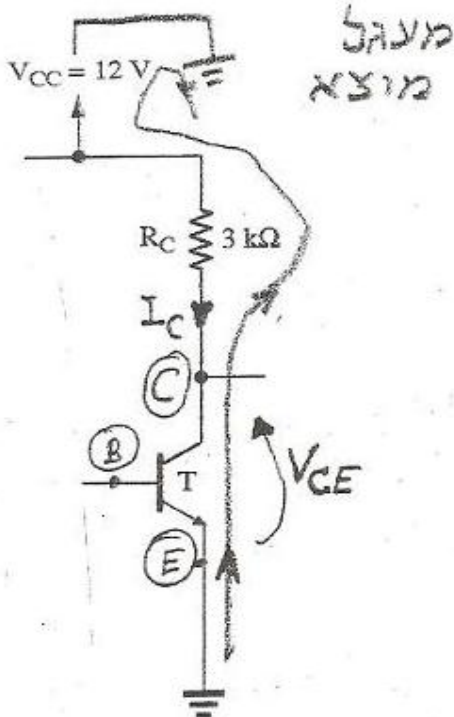
$$V_{BB} = I_B \times R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{1M} = \frac{11.3}{1M} = 11.3 \mu A$$

חישוב זרם הקולט

$$I_C = \beta \times I_B = 100 \times 11.3 \mu = 1.13 mA$$

מעגל מוצא



$$V_{CC} = I_C \times R_C + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C = 12 - (1.13 m \times 3k) = 8.61V$$

תשובה:

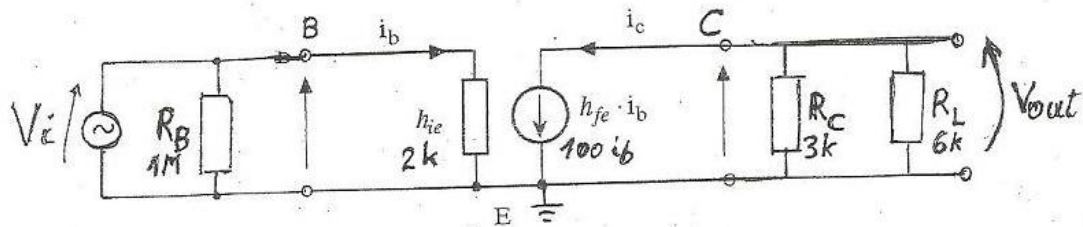
$$I_B = 11.3(\mu A) \quad I_C = 1.13(mA) \quad V_{CE} = 8.61(V)$$

ב. סרטוט מודל מקורב (מעגל תמורה) לזרם חילופין של המעגל הנתון.

עקרונות:

- קבלים – מוחלפים בקצר.
- מקורות מתח DC - מעשית, מוחלפים בקצר.
- הטרנזיסטור – מוחלף במודל המופיע בנוסחאון.

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו-נושאי



ג. חישוב הגבר המתח AV:

השיטה: נחשב בנפרד את מתחי הכניסה והיציאה ונחלק.

מתח הכניסה:

$$v_i = i_b \cdot h_{ie} = i_b \cdot 2k$$

מתח היציאה:

$$v_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C \parallel R_L) = -100 \times i_b \cdot \frac{3k \times 6k}{3k + 6k} = -100 \cdot i_b \cdot 2k$$

הגבר המתח:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-100 \cdot i_b \cdot 2k}{i_b \cdot 2k} = \underline{\underline{-100}}$$

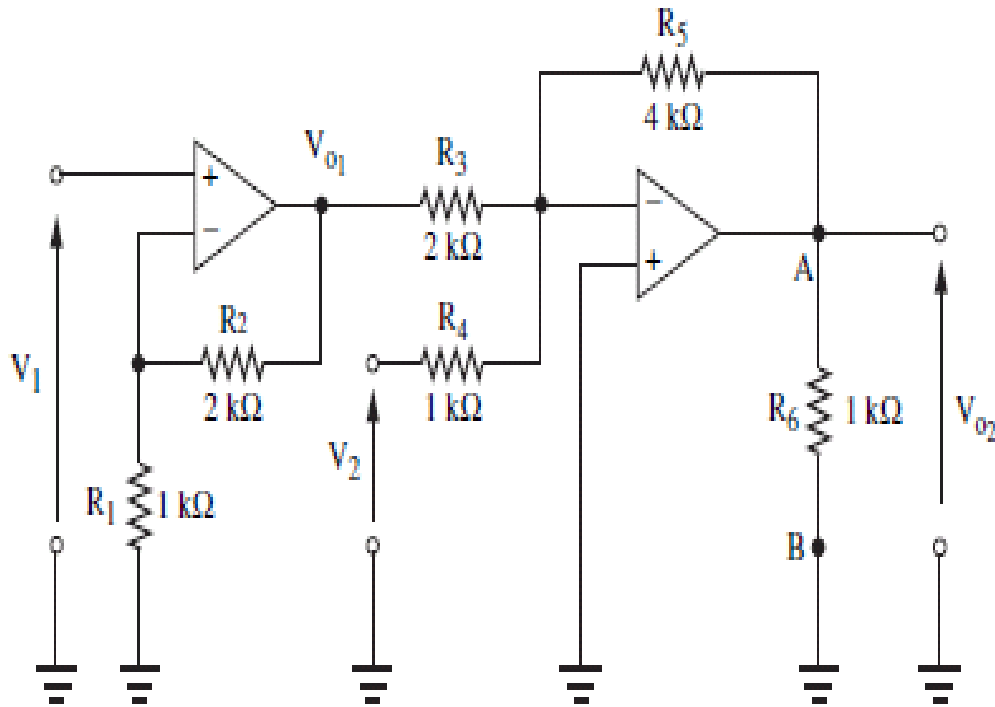
תשובה:

הגבר המתח הוא -100. סימן ה- (-) מסמל הפיכת מופע של  $180^\circ$  בין הכניסה והיציאה.

### שאלה 6

המעגל החשמלי המתואר באיור לשאלה 6 כולל מגברי שרת אידיאליים.

נתון:  $V_2 = 0.5 \text{ V}$ ,  $V_1 = 1 \text{ V}$ .



### איור לשאלה 6

- א. חשב את המתח  $V_{01}$ .
- ב. חשב את מתח המוצא  $V_{02}$ .
- ג. חשב את הזרם בנגד  $R_6$ , וציין את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).

פתרון שאלה 6:

א. חישוב המתח במוצא המגבר הראשון:

אדמה מדומה, לכן  $V(-) = V(+) = V_1 = 1V$

הזרם דרך הנגד R1 שווה לזרם דרך הנגד R2. אין זרם לתוך מגבר השרת.

$$I_{R1} = \frac{V(-)}{R_1} = \frac{1}{1k} = 1mA$$

$$I_{R1} = I_{R2}$$
$$I_{R2} = \frac{V_{O1} - V_1}{R_2} = \frac{V_{O1} - 1}{2k}$$

$$1m = \frac{V_{O1} - 1}{2k} \Rightarrow V_{O1} - 1 = 1m \cdot 2k = 2V$$

$$V_{O1} = 2 + 1 = \underline{\underline{3V}}$$

ב. חישוב המתח במוצא המגבר השני (מתח המוצא):

מגבר זה הוא "מסכים" וגם "הופך מופע".

אדמה מדומה  $V(-) = V(+)$

$$V_{O1} = +3V \quad V(+) = 0V$$

$$I_{R3} = \frac{V_{O1} - V(-)}{R_3} = \frac{3 - 0}{2k} = 1.5mA$$

$$I_{R4} = \frac{V_2 - V(-)}{R_4} = \frac{0.5 - 0}{1k} = 0.5mA$$

$$I_{R5} = I_{R3} + I_{R4}$$

$$I_{R5} = 1.5 + 0.5 = 2mA$$

$$I_{R5} = \frac{V(-) - V_{O2}}{R5} \Rightarrow I_{R5} = \frac{-V_{O2}}{R5}$$

$$V_{O2} = -I_{R5} \times R5 = -2m \times 3k = \underline{\underline{-8V}}$$

תשובה:

מתח המוצא הוא -8V. סימן ה- (-) מסמל הפיכת מופע של 180° בין הכניסה והיציאה.

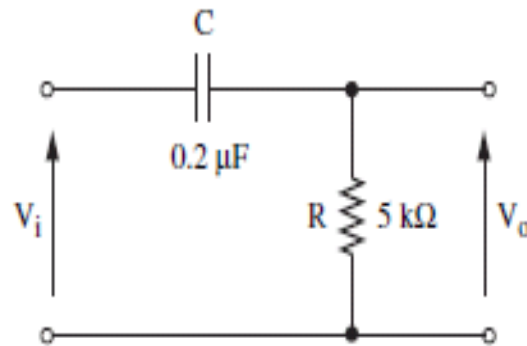
ג. חישוב הזרם בנגד המוצא וכיוונו:

$$I_{R6} = \frac{V_{OL}}{R_6} = \frac{-8V}{1k} = \underline{\underline{-8mA}}$$

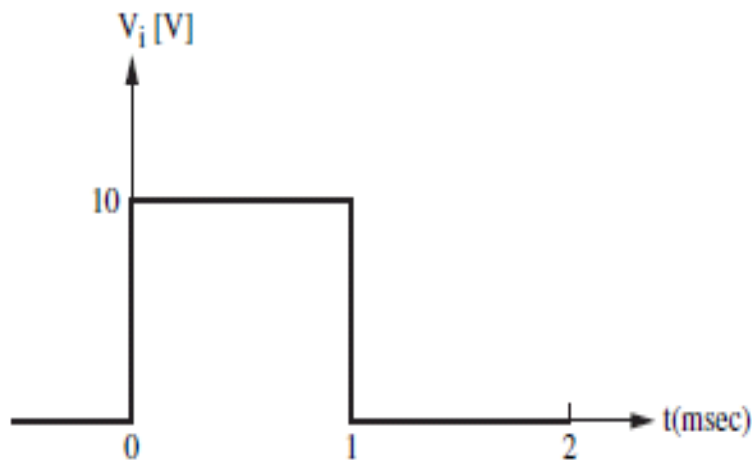
כאשר ה- (-) מציינ כי כיוון הזרם הוא מ-B ל-A. ממתח גבוה של 0V למתח נמוך של -8V.

### שאלה 7

למבוא הרשת, המתוארת באיור א' לשאלה 7, מספקים את הדופק המתואר באיור ב' לשאלה.



איור א' לשאלה 7



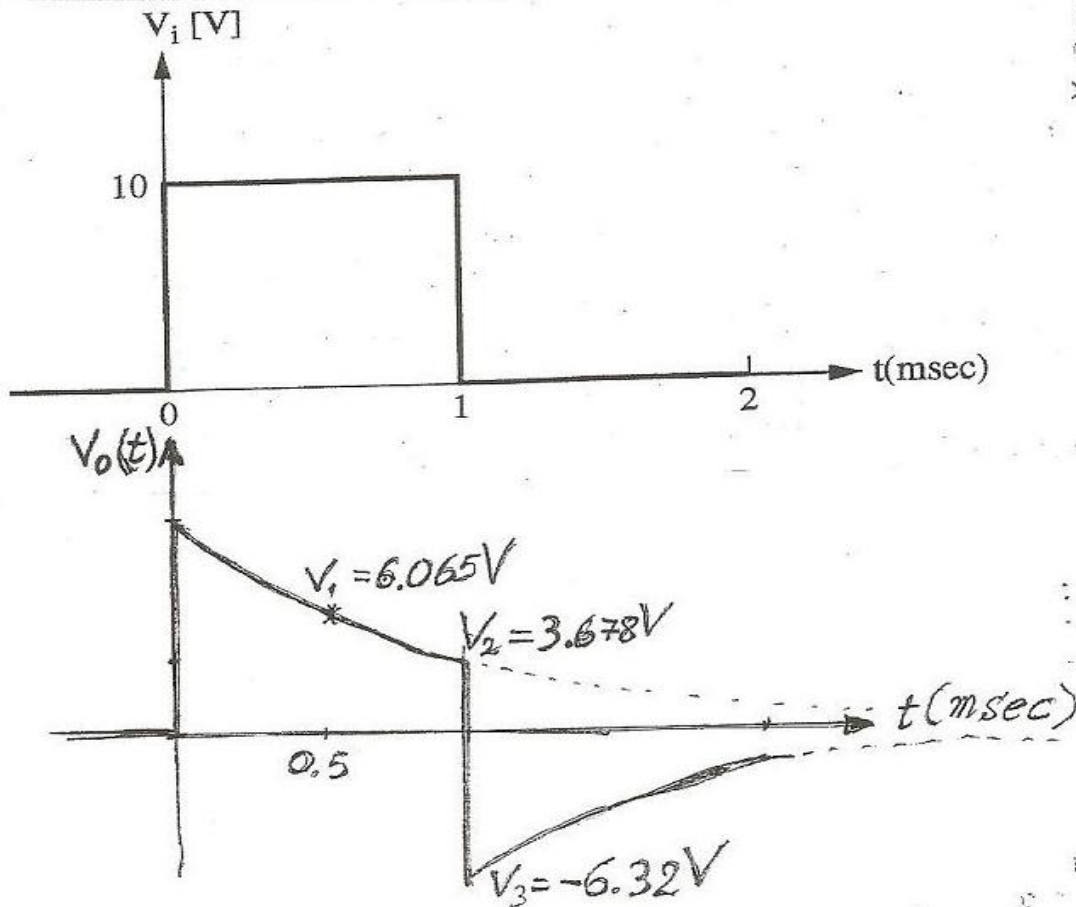
איור ב' לשאלה 7

א. העתק למחברתך את מתח המבוא  $V_i$ , וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא  $V_o$  (ללא ערכים) כפונקציה של הזמן.

ב. חשב את מתח המוצא כאשר  $t = 0.5 \text{ msec}$ .

פתרון שאלה 7:

א. מעגל זה הוא HPF – מעביר גבוהים, לכן מתקיימות "קפיצות" במתח המוצא, על הנגד R.



ב. חישוב מתח המוצא כאשר  $t = 0.5 \text{ msec}$

ערכים התחלתיים והצבה במשוואת הדפקים:

$$V_{\infty} = 0V$$

$$V_{0+} = V_i = 10V$$

$$\tau = R \cdot C = 5k \cdot 0.2\mu = 1m \text{ sec}$$

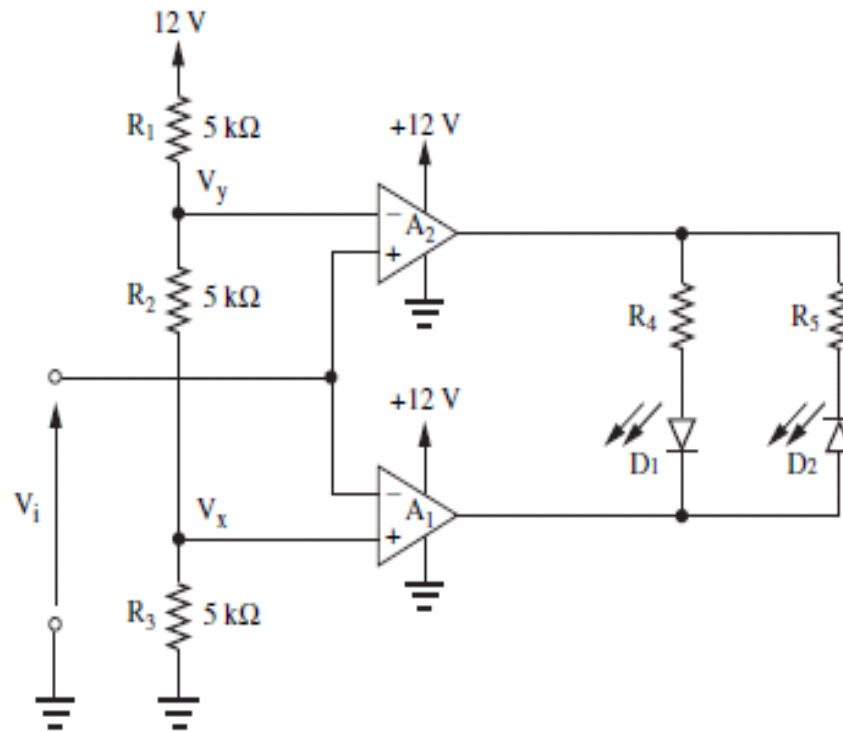
$$V(t) = V_{\infty} - (V_{\infty} - V_{0+}) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$V(t = 0.5ms) = 0 - (0 - 10) \cdot e^{-0.5m/1m}$$

$$V(0.5m) = 10 \cdot e^{-0.5} = \underline{\underline{6.065V}}$$

### שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון המעגל החשמלי של משוה חלון, המחובר לדיודות פולטות אור (LED).  
הדיודות ומגברי השרת במעגל – אידיאליים.



איור לשאלה 8

- א. חשב את המתחים  $V_x$  ו- $V_y$ .
- ב. ציין את מצבה של כל אחת מהדיודות (דולקת או כבויה) כאשר מתח המבוא  $V_i$  הוא:
1. 2 V
  2. 5 V
  3. 9 V
- ג. מהו התחום של מתח המבוא  $V_i$  שעבורו שתי הדיודות כסיות?



**פתרון שאלה 8:**

שני מגבדי השרת מחוברים יחד כמשווה חלון.

א. חישוב המתחים נעשה לפי מחלק מתח:

$$V_X = I \cdot R_3 = I \cdot 5k$$

$$I = \frac{V_{CC}}{R_T} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12}{5k + 5k + 5k} = \frac{12}{15k}$$

$$V_X = \frac{12}{15k} \cdot 5k = \underline{4V}$$

$$V_Y = I \cdot (R_3 + R_2) = I \cdot (5k + 5k)$$

$$V_Y = \frac{12}{15k} \cdot (5k + 5k) = \underline{8V}$$

ב. דיודת LED דולקת (ON) כאשר הדיודה בממתח קדמי - מפל המתח על פניה מאפשר זרימה בדיודת ה-LED. בדיודת ה-LED כבוייה (OFF) מפל המתח אפס או שלילי.

נסכם את התוצאות בטבלה:

מספר שורה	מגבר A1			מגבר A2			LEDs	
	V(-)=Vi	V(+)=Vx	Vout	V(-)=Vy	V(+)=Vi	Vout	D1	D2
1	2	4V	12V	8V	2	0V	OFF	ON
2	5	4V	0V	8V	5	0V	OFF	OFF
3	9	4V	0V	8V	9	12V	ON	OFF

בשורה 1: מתח המוצא של מגבר A1 (12V) גבוה ממתח המוצא של מגבר A2 (0V), לכן D1 מכובה ו-D2 דולקה.

במגבר A1:  $V_x > V_{in}$  ולכן, מתקיים התנאי:  $V(+)>V(-)$  -)  $V_{out} = +V_{CC} = +12V$ .

במגבר A2:  $V_i < V_Y$  ולכן, מתקיים התנאי:  $V(-)>V(+)$  -)  $V_{out} = -V_{CC} = 0V$ .

בשורה 3: מתח המוצא של מגבר A2 (12V) גבוה ממתח המוצא של מגבר A1 (0V), לכן D2 מכובה ו-D1 דולקה.

במגבר A1:  $V_x < V_{in}$  ולכן, מתקיים התנאי:  $V(+)<V(-)$  -)  $V_{out} = -V_{CC} = 0V$ .

במגבר A2:  $V_Y < V_{in}$  ולכן, מתקיים התנאי:  $V(+)>V(-)$  -)  $V_{out} = +V_{CC} = 12V$ .

ג. המעגל שלנו הוא משווה חלון. שתי הדיודות כבויות כאשר מתחי המוצא של שני המגברים יהיו 0V. אפשר לראות מקרה פרטי כזה בשורה 2 של הטבלה למעלה. ובצורה מדויקת:

$$V_X \leq V_{IN} \leq V_Y$$

$$4V \leq V_{IN} \leq 8V$$

תשובה: התחום שבו שתי דיודות ה-LED כבויות הוא בין 4V ל-8V.