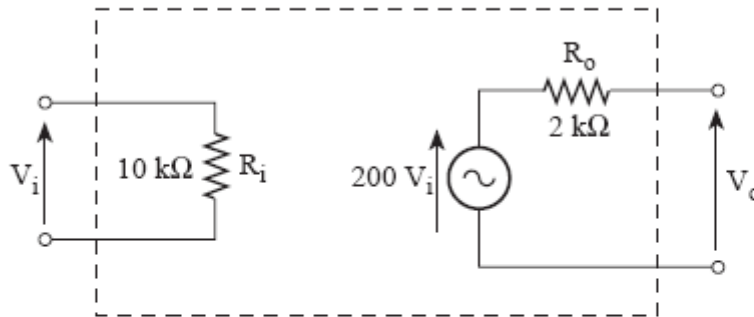


**פתרון מבחן אלקטרוניקה תקבילית שנת תשס"ד (2004)**

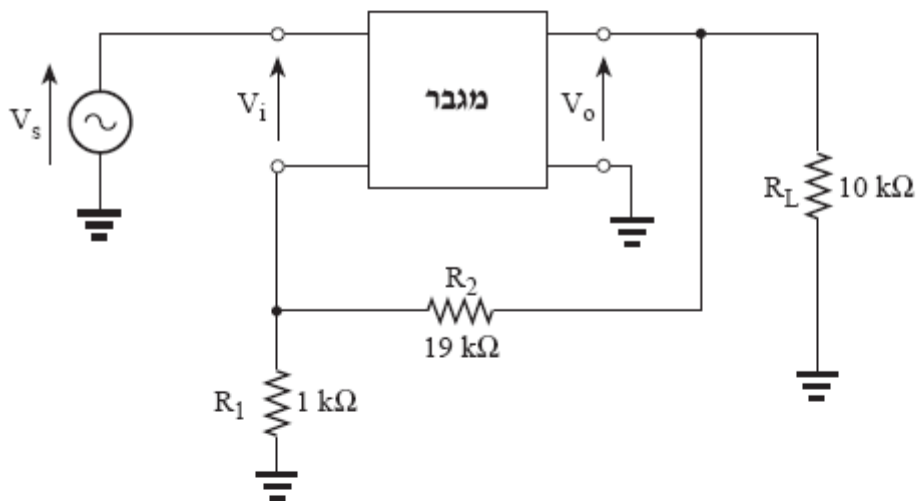
**שאלה 5**

באיור א' לשאלה 5 נתון מעגל התמורה של מגבר מתח.



**איור א' לשאלה 5**

המגבר הזה חובר למעגל חשמלי, כמתואר באיור ב' לשאלה.



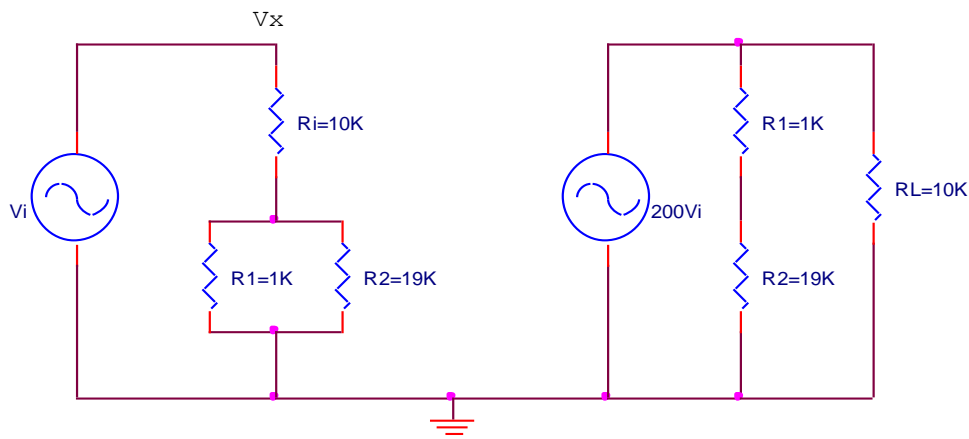
**איור ב' לשאלה 5**

- א. ציין את סוג המשוב במעגל שבאיור ב'. נמק את תשובתך.
- ב. 1. סרטט את המעגל לחישוב הגבר החוג הפתוח עם העמסת רשת המשוב.  
2. חשב את הגבר החוג הפתוח.
- ג. חשב את מקדם המשוב.
- ד. חשב את הגבר החוג הסגור:  $\frac{V_o}{V_s}$ .

**פתרון:**

(א) המשוב הוא משוב מתח-מתח משום שאנו דוגמים מתח מיציאת המגבר, ומחזירים מתח אל כניסתו על-ידי מחלק המתח שבין  $R_1$  ו- $R_2$ .

(ב) - 1



2 - **הערה:** בגלל ש- $R_2$  גדול בהרבה מ- $R_1$ , הנגד השקול שלהם ישאף להיות  $R_1$ , כלומר  $1\text{k}\Omega$ . נקרא לנגד זה  $R_x$ .

$$V_x = \frac{V_i * R_i}{R_i + R_x} = \frac{V_i * 10\text{k}}{10\text{k} + 1\text{k}} = 0.909V_i$$

$$V_o = 200V_x * ((R_1 + R_2) || R_L) = 200 * 0.909V_i * ((1\text{k} + 19\text{k}) || 10\text{k}) = 1.21\text{M}V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = 1.21\text{M}$$

(ג)

$$\beta = \frac{V_f}{V_o}$$

$$V_f = \frac{V_o * R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\beta = \frac{V_o * R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1\text{k}}{1\text{k} + 19\text{k}} = 50\mu\text{A}$$

(ד)

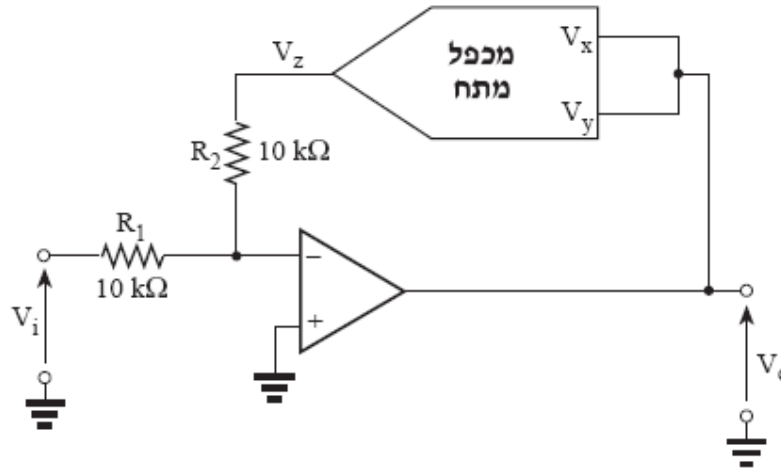
$$A_{vf} = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{1.21\text{M}}{1 + 50\mu * 1.21\text{M}} = 19.67\text{k}$$

**שאלה 6**

נתון מכפל מתח אנלוגי, בעל שני מבואות  $V_x$  ו-  $V_y$ . מתח המוצא שלו  $V_z$  נתון בביטוי:

$$V_z = -\frac{V_x \cdot V_y}{10}$$

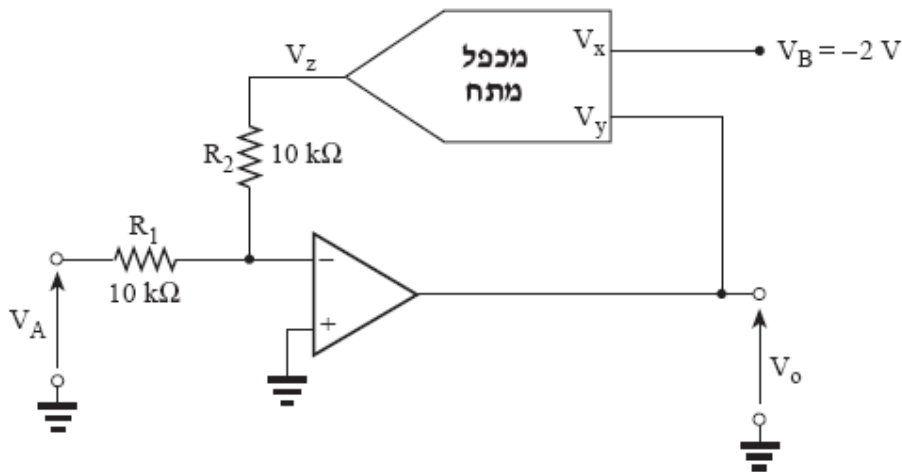
א. המכפל חובר במעגל חשמלי הכולל מגבר שרת אידיאלי, כמתואר באיור א' לשאלה 6.



איור א' לשאלה 6

בטא את מתח המוצא,  $V_o$ , כתלות במתח המבוא,  $V_i$  ( $V_i > 0$ ).

ב. המכפל חובר במעגל החשמלי, המתואר באיור ב' לשאלה 6. בטא את מתח המוצא,  $V_o$ , כתלות ב-  $V_A$  עבור המעגל הזה, כאשר  $V_B = -2 V$ .



איור ב' לשאלה 6

**פתרון:**  
(א)

$$V_z = -\frac{V_o * V_o}{10} = -\frac{V_o^2}{10}$$

כעת משום שהתנגדות הכניסה של מגבר שרת היא אינסופית ניתן להגיד שהזרם על  $R_1$  ועל  $R_2$  שווים, לכן נוכל לרשום:

$$\frac{V_i - 0}{R_1} = \frac{0 - V_o}{R_2}$$

$$\frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_o}{R_2}$$

משום ש- $R_1$  ו- $R_2$  שווים ניתן לצמצם אותם ולכן נקבל:

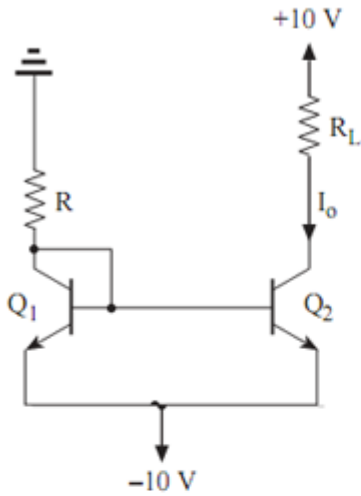
$$V_i = -\frac{V_o}{10}$$

$$10V_i = -V_o$$

$$V_o = \sqrt{10V_i}$$

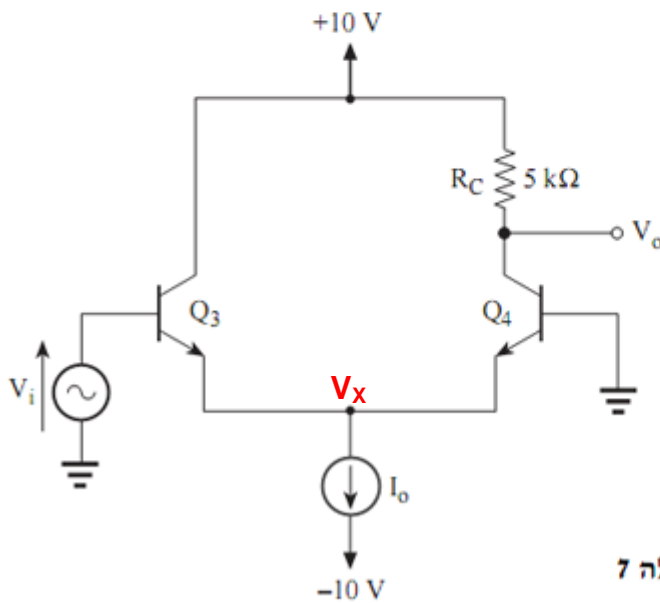
**שאלה 7**

- א. באיור א' לשאלה 7 מתואר מקור זרם  $I_o$ , המחובר לנגד עומס  $R_L$ . שני הטרנזיסטורים  $Q_1$  ו- $Q_2$  זהים:  $V_{BE} = 0.7 V$ ;  $\beta = 50$ . חשב את ערך הנגד  $R$  הדרוש כדי לקבל זרם של  $I_o = 2 mA$ .



**איור א' לשאלה 7**

- ב. מקור הזרם  $I_o$  שבאיור א' חובר למגבר הפרש (במקום לנגד העומס  $R_L$ ), כמתואר באיור ב' לשאלה. הטרנזיסטורים  $Q_3$  ו- $Q_4$  זהים:  $V_{BE} = 0.7 V$ ;  $\beta = 50$ ;  $h_{ie} = 1.2 k\Omega$ ;  $h_{fe} = 50$ .



**איור ב' לשאלה 7**

- חשב את נקודת העבודה ( $V_{CE}$ ,  $I_C$ ) של כל אחד מן הטרנזיסטורים  $Q_3$  ו- $Q_4$  ( $V_i = 0$ ).  
ג. חשב את הגבר המתח  $\frac{V_o}{V_i}$  של מגבר ההפרש.

**פתרון:**  
(א)

ראי זרם  $I_o = I_{C1} = I_{C2}$   
ראי זרם  $I_{B1} = I_{B2}$

$$I_R = I_{C1} + 2 \cdot I_{B1} = I_o + \frac{2 \cdot I_o}{\beta}$$

$$0 = I_R \cdot R + V_{BE1} - 10$$

$$0 = \left( I_o + \frac{2 \cdot I_o}{\beta} \right) R + V_{BE1} - 10$$

$$10 - V_{BE1} = \left( I_o + \frac{2 \cdot I_o}{\beta} \right) R$$

$$10 - 0.7 = \left( 2_m + \frac{2 \cdot 2_m}{50} \right) R$$

$$9.3 = 2.08_m A$$

$$R = \frac{9.3}{2.08_m} = 4.47_k\Omega$$

(ב)

$$I_{E3} = I_{E4} = \frac{I_o}{2} = 1_m A$$

$$I_{C3} = I_{C4} = \frac{I_{e3} \cdot \beta}{\beta + 1} = \frac{1_m \cdot 50}{50 + 1} = 0.98_m A$$

$$V_X = V_{EB3} = -V_{BE3} = -0.7_V$$

$$V_{CC} = V_{CE3} + V_X$$

$$V_{CE3} = V_{CC} - V_X = 10 - (-0.7) = 10.7_V$$

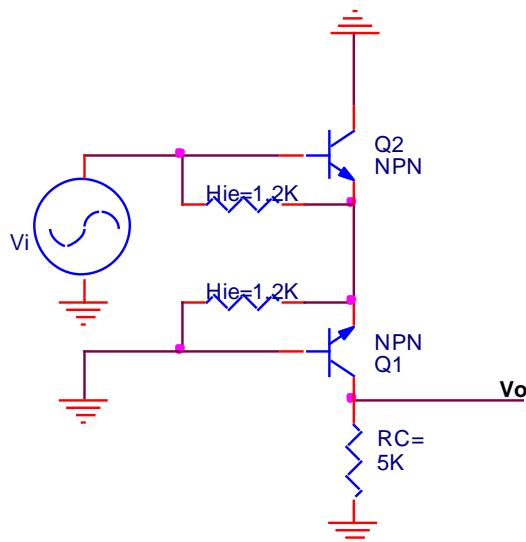
$$V_{CC} = I_{C4} R_C + V_{CE4} + V_X$$

$$V_{CE4} = V_{CC} - I_{C4} R_C - V_X = 10 - 0.98_m \cdot 5_k + 0.7 = 5.8_V$$

$$Q_3(0.98_m, 10.7_V)$$

$$Q_4(0.98_m, 5.8_V)$$

(ג)



$$I_{B3} = \frac{V_i}{2H_{ie}}$$

$$I_{C3} = H_{FE3} * I_{B3} = H_{fe} * \frac{V_i}{2H_{ie}} = \frac{H_{fe} * V_i}{2H_{ie}}$$

$$I_{C4} = -I_{C3}$$

$$V_o = -I_{C4} * R_C = -\left(-\frac{H_{fe} * V_i}{2H_{ie}}\right) * R_C = \left(\frac{50V_i}{2 * 1.2_K}\right) * 5_K = 104.166V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = 104.166$$

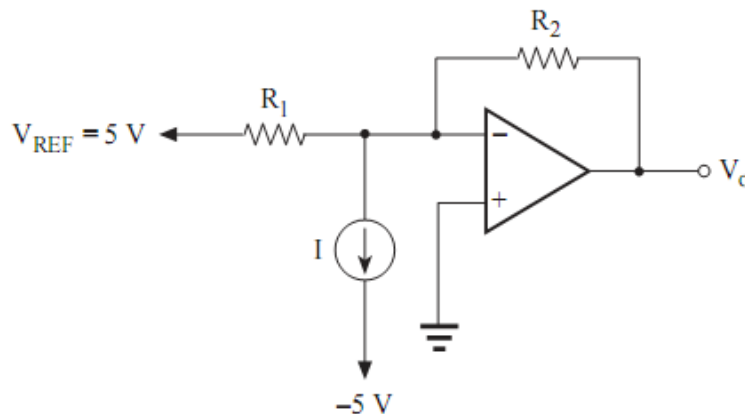
### שאלה 8

המעגל שבאיור לשאלה 8 משמש כמד-טמפרטורה אלקטרוני. מגבר השרת אידיאלי. מקור הזרם I מפיק זרם יחסי לטמפרטורה על-פי המשוואה:  $I = I_0 + \alpha \cdot T$ , כאשר:

T – הטמפרטורה במעלות צלזיוס

$I_0$  – קבוע השווה ל-  $273 \mu A$

$\alpha$  – קבוע השווה ל-  $1 \frac{\mu A}{^\circ C}$



### איור לשאלה 8

א. חשב את ערך הנגד  $R_1$  הדרוש לקבלת מתח מוצא  $V_o$  של 0 V, בטמפרטורה של אפס מעלות צלזיוס.

ב. חשב את ערך הנגד  $R_2$  שעבורו יתקבל מתח מוצא  $V_o$  של 1 V, בטמפרטורה של  $00^\circ C$  (היעזר בערך הנגד  $R_1$  שחישבת בסעיף א').

ג. חשב את מתח המוצא  $V_o$ , בטמפרטורה של  $35^\circ C$ .

**פתרון:**

(א) ראשית, נחשב את הזרם במעגל כאשר הטמפ' שווה ל-  $0^\circ$  (על-פי הנוסחא הנתונה בשאלה).

$$I_{(0^\circ)} = 273_\mu + 1_\mu * 0 = 273_\mu A$$

$$I_{(0^\circ)} = I_{R1} + I_{R2}$$

$I_{R2}$  שווה ל-0 משום שבגלל המשוב השלילי בצד אחד של הנגד  $R_2$  יש אדמה מדומה, ובצידו השני  $V_o = 0V$ , ולכן אין הפרש פוטנציאלים, כלומר – אין זרם. מכאן נוכל לרשום:

$$I_{(0^\circ)} = I_{R1} = 273_\mu A$$

כעת, כאשר הזרם ידוע לנו, והפרש הפוטנציאלים ידוע לנו (מצידו האחד של הנגד יש אדמה מדומה, ומצדו השני מתח יחוס של  $5V$ ), ניתן בעזרת חוק אוהם למצוא את ערך הנגד.

$$I_{R1} = \frac{5 - 0}{R_1} = 273_\mu A$$

$$5 = 273_\mu R_1$$

$$R_1 = \frac{5}{273_\mu} = 18.31 K\Omega$$

(ב) ראשית, נחשב את הזרם במעגל כאשר הטמפ' שווה ל-  $100^\circ$  (על-פי הנוסחא הנתונה בשאלה).

$$I_{(100^\circ)} = 273_\mu + 1_\mu * 100 = 373_\mu A$$

$$I_{(100^\circ)} = I_{R1} + I_{R2}$$

$$I_{R2} = I_{(100^\circ)} - I_{R1} = 373_\mu - 273_\mu = 100_\mu A$$

$$V_o = I_{R2} * R_2$$

$$1 = 100_\mu R_2$$

$$R_2 = 10 K\Omega$$

(ג) ראשית, נחשב את הזרם במעגל כאשר הטמפ' שווה ל-  $35^\circ$  (על-פי הנוסחא הנתונה בשאלה).

$$I_{(35^\circ)} = 273_\mu + 1_\mu * 35 = 308_\mu A$$

$$I_{R2} = I_{(35^\circ)} - I_{R1} = 308_\mu - 273_\mu = 35_\mu A$$

$$V_o = I_{R2} * R_2 = 35_\mu * 10K = 0.35V$$