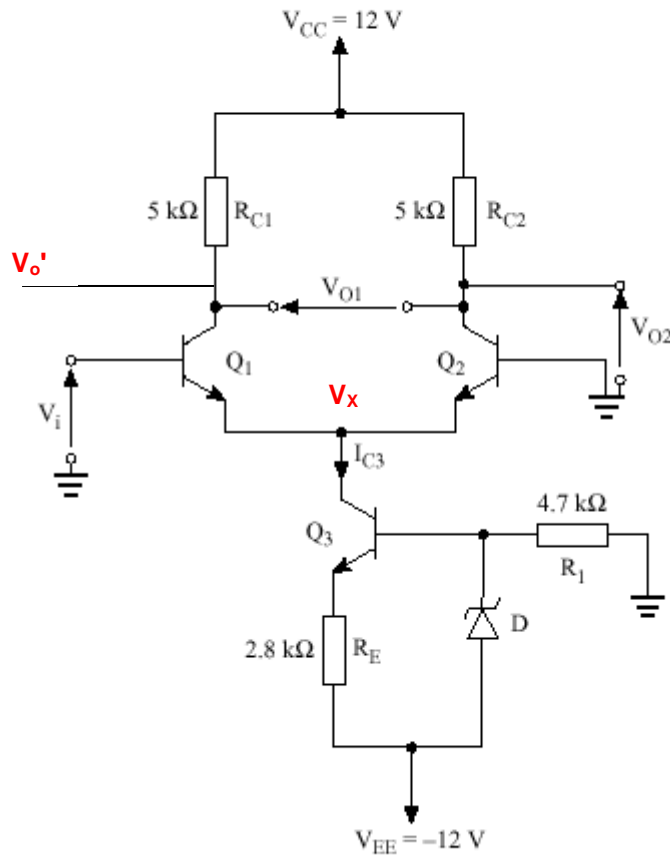


פתרון מבחן אלקטרוניקה תקבילית שנת תשס"ב (2002)

שאלה 1

המעגל שבאיור לשאלה 1 בנוי מטרנזיסטורים זהים (Q_1, Q_2, Q_3) .
נתוני המעגל: $h_{ie} = \beta = 100$, $V_{BE} = 0.7 V$, $V_Z = 6.3 V$, $h_{ie} = 1 k\Omega$



איור לשאלה 1

- א. חשב את זרם הקולט I_{C3} של הטרנזיסטור Q_3 .
- ב. חשב את נקודת העבודה של כל אחד מהטרנזיסטורים: Q_1, Q_2, Q_3 .
- ג. חשב את הגבר המתח $\frac{V_{O1}}{V_i}$.
- ד. פרט (ללא חישוב) את השינויים שיחולו בהגבר המתח, אם מתח המוצא יהיה V_{O2} במקום V_{O1} .

פתרון:

(א) $V_Z = V_{BE3} + I_{E3} R_{E3}$
 $6.3 = 0.7 + 2.8k I_{E3}$
 $2.8k I_{E3} = 5.6$
 $I_{E3} = 2mA$
 $I_{C3} = \frac{I_{E3} * \beta}{\beta + 1} = 1.98mA$

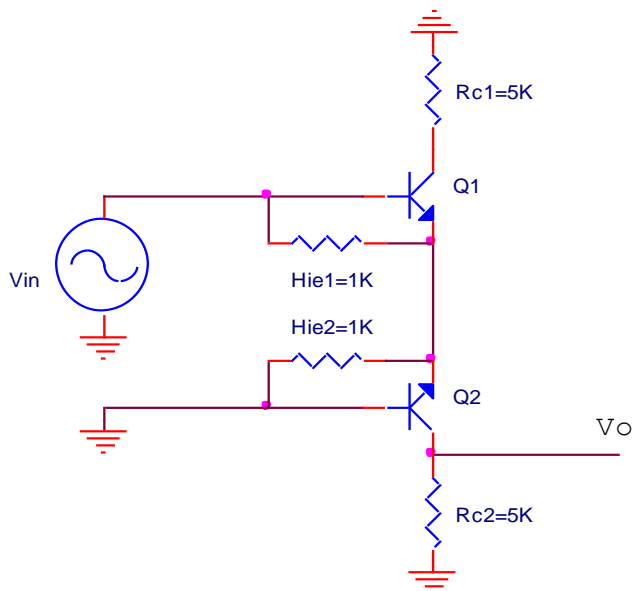
(ב) $V_X = V_{EB1} = -V_{BE1} = -0.7V$
 $V_X = V_{CE3} + I_{E3}R_{E3} + V_{EE}$
 $-0.7 = V_{CE3} + 2m \cdot 2.8K - 12$
 $V_{CE3} = 12 - 5.6 - 0.7 = 5.7V$
 $I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_{C3}}{2} = 0.99mA$
 $I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_{e1} \cdot \beta}{\beta + 1} = 0.98mA$
 $V_{CC} = I_{C1}R_{C1} + V_{CE1} + V_X$
 $V_{CE1} = V_{CE2} = V_{CC} - I_{C1}R_{C1} - V_X = 10 - 0.98m \cdot 5K + 0.7 = 5.8V$

$$Q_1(0.98m, 5.8V)$$

$$Q_2(0.98m, 5.8V)$$

$$Q_3(1.98m, 5.7V)$$

(ג)



$$I_{B1} = \frac{V_i}{2H_{ie}}$$

$$I_{C1} = H_{FE} I_{B1} = H_{fe} \cdot \frac{V_i}{2H_{ie}} = \frac{H_{fe} V_i}{2H_{ie}} = \frac{100V_i}{2 \cdot 1K} = 50mV_i$$

$$V_{o'} = -I_{C1}R_{C1} = -50mV_i \cdot 5K = -250V_i$$

$$\frac{V_{o'}}{V_i} = -250$$

$$I_{C2} = -I_{C1}$$

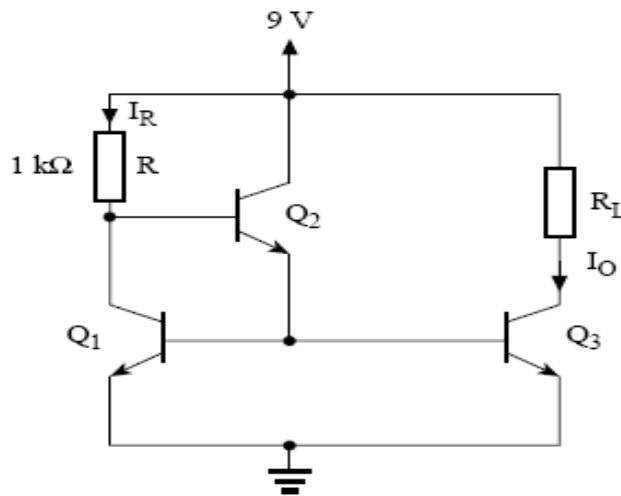
$$V_{o2} = -I_{C2}R_{C2} = -(-50mV_i) \cdot 5K = 250V_i$$

$$\frac{V_{o1}}{V_i} = V_{o'} - V_{o2} = -250 - 250 = -500$$

(ד) אם המוצא היה ב- V_{o2} ההגבר היה שווה ל-250 במקום ל-500, וזאת משום שההגבר ב- V_{o2} הוא הפוך להגבר ב- $V_{o'}$ (משום ש- $I_{C1} = -I_{C2}$).

שאלה 2

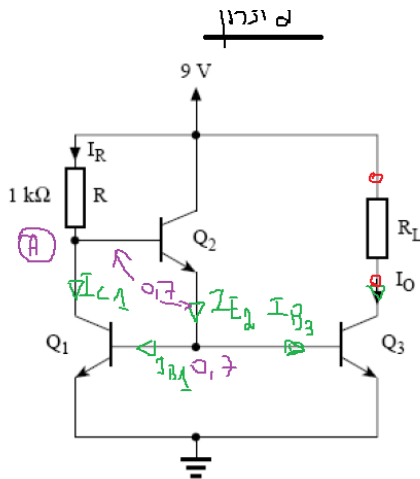
המעגל שבאיור לשאלה 2 משמש כמקור זרם I_O .
הנח שהטרנזיסטורים זהים. $V_{BE} = 0.7 V$.



איור לשאלה 2

- א. חשב את הזרם I_R .
- ב. בטא את הזרם I_O כתלות ב- I_R ו- β .
- ג. חשב את הזרם I_O כאשר $\beta \rightarrow \infty$.

פתרון:



$V_A = V_{BE_{Q2}} + V_{BE_{Q1}} = 1.4V$ (A)
 $I_R = \frac{9 - V_A}{R} = \frac{9 - 1.4}{1k} = 7.6mA$
 $I_O = \frac{\beta I_R}{\beta + 1}$ (B)
 $I_O = I_R = 7.6mA$ (C)

① $I_{B3} = \frac{I_O}{\beta}$ $I_{B1} = I_{B3}$
 ② $I_{B2} = \frac{I_{E2}}{2} \Rightarrow I_{E2} = 2I_{B2}$
 ③ $I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta + 1} = \frac{2I_{B2}}{\beta + 1} = \frac{2 \cdot \frac{I_O}{\beta}}{\beta + 1}$

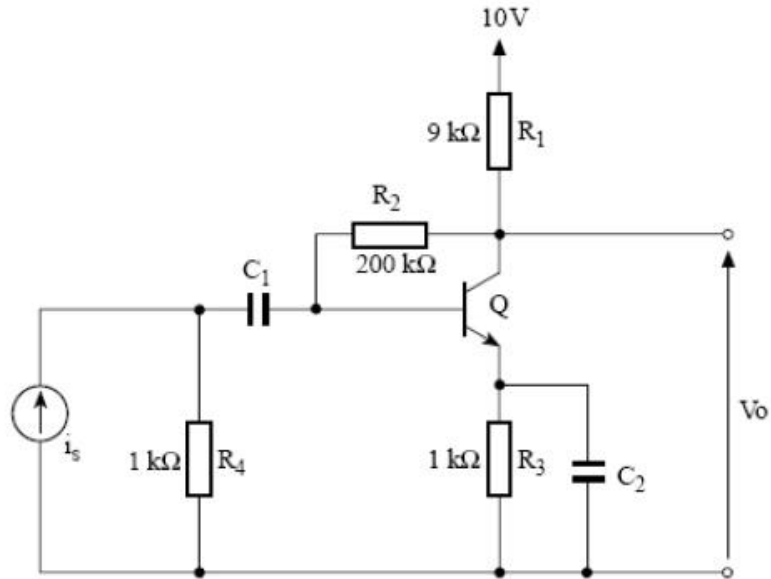
$I_R = I_{B2} + I_{E1}$
 $I_R = \frac{2 \cdot I_O}{\beta(\beta + 1)} + \beta \cdot I_{B1}$
 $I_R = \frac{2I_O}{\beta(\beta + 1)} + \beta \cdot \frac{I_O}{\beta}$
 $I_R \cdot \beta(\beta + 1) = 2I_O + I_O \beta(\beta + 1)$
 $I_R \beta(\beta + 1) = I_O(2 + \beta(\beta + 1))$
 $I_O = \frac{I_R \beta(\beta + 1)}{2 + \beta(\beta + 1)} = \frac{\beta \cdot I_R}{\beta + \frac{2}{\beta + 1}}$

שאלה 3

$h_{ie} = 1\text{ k}\Omega$; $h_{fe} = 100$

להלן נתוני המעגל המופיע באיור לשאלה 3:

$C_1 = C_2 = \infty$



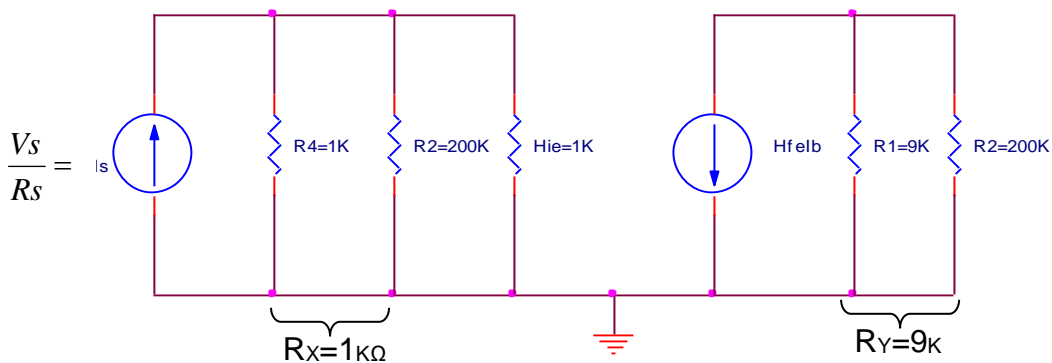
איור לשאלה 3

- א. זהה את סוג המשוב. נמק את תשובתך.
- ב. סרטט את מעגל התמורה של המגבר בחוג פתוח (עם העמסת רשת המשוב).
- ג. חשב את היחס: $A_f = \frac{V_o}{i_s}$.

פתרון:

(א) המשוב הוא משוב מתח-זרם משום שמהקולקטור יוצא מתח, את המתח הזה אנו מחזירים על-ידי מחלק מתח בין R_1 ו- R_2 , והמתח החוזר מפתח זרם על R_2 , וזרם זה חוזר לבסיס הטרנזיסטור.

(ב)



(ג) משום שיחס שבין R_4 ל- R_2 הוא גדול מאוד הנגד השקול שלהם ישאף להיות בקרוב R_4 . כמו כן משום שהיחס שבין R_1 ו- R_2 הוא גדול מאוד הנגד השקול שלהם ישאף ל- R_1 .

$$\beta = -\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{200\text{K}}$$
$$I_B = \frac{I_s * R_x}{R_x + H_{ie}} = \frac{I_s * 1\text{K}}{1\text{K} + 1\text{K}} = 0.5\text{I}_s$$
$$I_C = H_{FE} I_B = 100 * 0.5\text{I}_s = 50\text{I}_s$$
$$V_o = -I_C * R_Y = -50\text{I}_s * 9\text{K} = -450\text{K I}_s$$
$$\frac{V_o}{I_s} = -450\text{K}$$
$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{-450\text{K}}{1 + \frac{1}{200\text{K}} * 450\text{K}} = -138.46\text{K}$$

שאלה 4

המעגל הנתון באיור לשאלה 4 מספק מתח לעומס R_L . מתח זה יחסי לטמפרטורת הסביבה. מגבר השרת שבמעגל – אידיאלי. נתוני הטרנזיסטור Q הם:

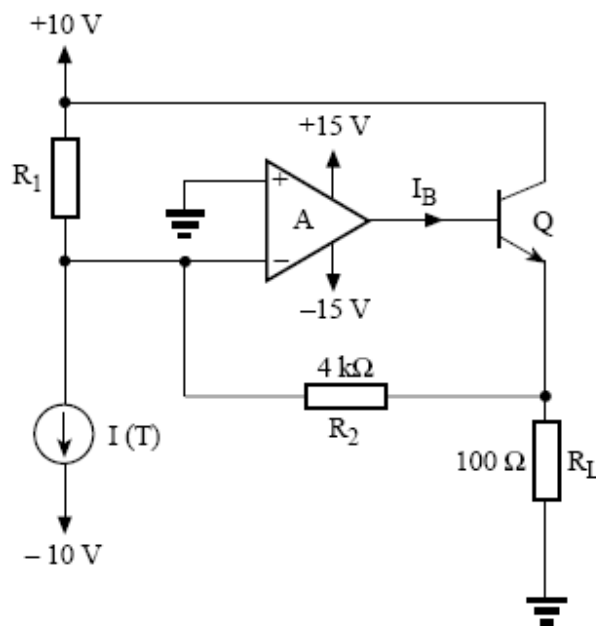
$$V_{CE-SAT} = 0.2 \text{ V}; V_{BE} = 0.7 \text{ V}; \beta = 50$$

$I(T)$ הוא מקור זרם מבוקר-טמפרטורה שמשוואתו היא:

$$I(T) = 10 + 0.1 T$$

$I(T)$ – הזרם ב-mA

T – הטמפרטורה במעלות צלזיוס



איור לשאלה 4

- א. מה צריך להיות ערך הנגד R_1 כדי שהמתח על הנגד R_L יהיה 0 V, כאשר טמפרטורת הסביבה היא $T = 0^\circ \text{C}$?
- ב. חשב את זרם הבסיס I_B , כאשר טמפרטורת הסביבה היא 20°C וערכו של הנגד R_1 הוא כפי שחושב בסעיף א'.
- ג. חשב את הטמפרטורה המרבית שבה יפעל המעגל באופן תקין.