

פתרון מבחן מה"ט

אלקטרוניקה

תקבילית

קיץ 2015

פתר: אבי יומטוביאן

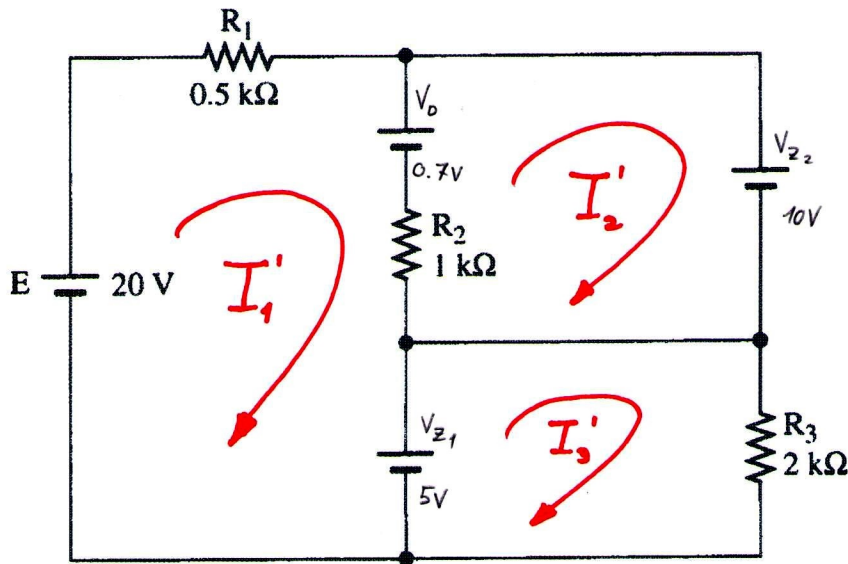
yomtov7@gmail.com

©

כל הזכויות שמורות

① קודם עלינו שיהיה קולומב' אחד המקור נקבע ב-D מוליכה 31'31' הנדרש במחיר אחרות, ולכן:

1



② נוצר בעל זרמי חילופי
בגב' למצוא את הזרמים
בנק הצ'31'31'.
במב' ונק'ם שהזרם
החיסר מנוצב ככ'ון
שהחיסר, אצ' יס עפ'תה את
החיסר ממש קצ' התנה
הנכונה.

$$\begin{cases} +R_{11}I_1' - R_{12}I_2' - R_{13}I_3' = E_1 \\ -R_{21}I_1' + R_{22}I_2' - R_{23}I_3' = E_2 \\ -R_{31}I_1' - R_{32}I_2' + R_{33}I_3' = E_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} +1.5I_1' - 1 \cdot I_2' - 0 \cdot I_3' = 20 - 0.7 - 5 \\ -1 \cdot I_1' + 1 \cdot I_2' - 0 \cdot I_3' = 0.7 - 10 \\ -0 \cdot I_1' - 0 \cdot I_2' + 2 \cdot I_3' = 5 \end{cases}$$

$$I_1' = 10 \text{ mA}, I_2' = 0.7 \text{ mA}, I_3' = 2.5 \text{ mA}$$

⇓

$$I_b = I_1' - I_2' = 10 - 0.7 = 9.3 \text{ mA} \quad [\text{הנחה נכונה}]$$

$$I_{z1} = I_1' - I_3' = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ mA} \quad [\text{הנחה נכונה}]$$

$$I_{z2} = I_2' = 0.7 \text{ mA} \quad [\text{הנחה נכונה}]$$

⇓

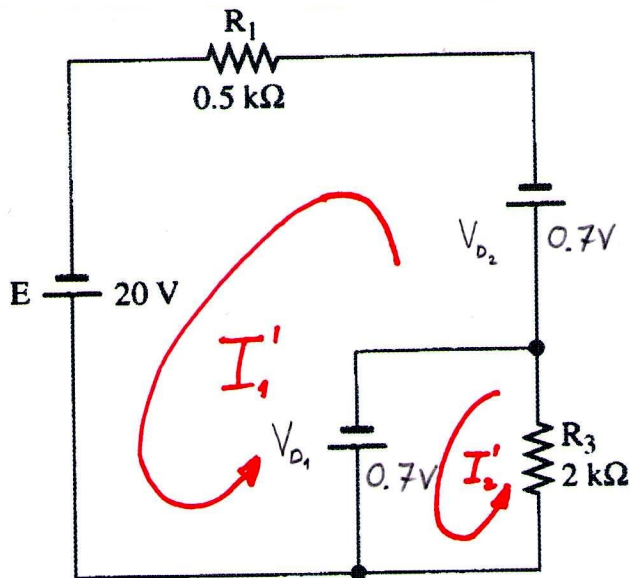
$$P_b = I_b \cdot V_b = 9.3 \cdot 0.7 = 6.51 \text{ mW}_{//}$$

$$P_{z1} = I_{z1} \cdot V_{z1} = 7.5 \cdot 5 = 37.5 \text{ mW}_{//}$$

$$P_{z2} = I_{z2} \cdot V_{z2} = 0.7 \cdot 10 = 7 \text{ mW}_{//}$$

הנחה: נכון היה למצוא את הזרמים יז' אמש מולפ' בחוקי קירכופ' או אחרים
במקום, אך את החיסר עפ'תה בנק' המב'ר' ונק'ם ב'ת'ר.

② במסר הרכיבים את קולג'יות הפעל, טכ' D בקולג'יון, ולסכן כל חזנה של R_2 כל ראוולא! צ'וצות הזנה כזה יתקצב כצ'וצות במחמת קצ'מ, כלאמח כצ'וצות רצ'ות, ולסכן החזש יראה בק:



$$\begin{cases} +R_{11}I_1' - R_{12}I_2' = E_1' \\ -R_{21}I_1' + R_{22}I_2' = E_2' \end{cases}$$

$$\begin{cases} +0.5I_1' - 0 \cdot I_2' = 20 - 0.7 - 0.7 \\ -0 \cdot I_1' + 2 \cdot I_2' = 0.7 \end{cases}$$

$$I_1' = 37.2 \text{ mA} \quad I_2' = 0.35 \text{ mA}$$



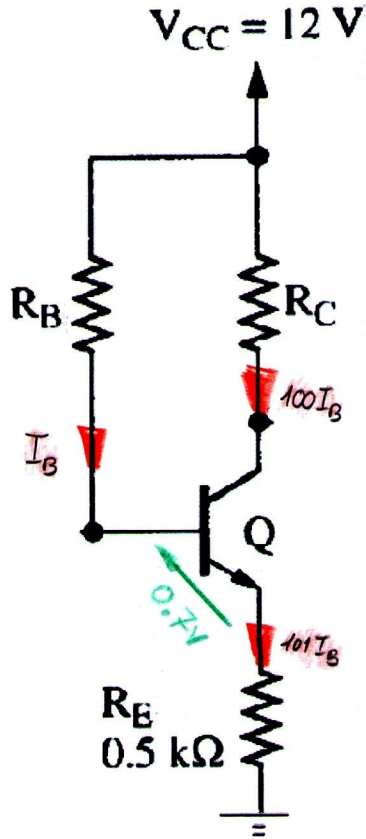
$$I_{D_2} = I_1' = 37.2 \text{ mA} \quad [\text{הנה נכונה}]$$



$$P_{D_2} = I_{D_2} \cdot V_{D_2} = 37.2 \cdot 0.7 = 26.04 \text{ mW}_{II}$$

לס כן נ'מן לפתח את סרץ זה ברכיב אחיור, יסק החצות
לפתח את כל החצ' באורה ש'לה.

②



$$\textcircled{L} \quad I_c = 2_{\text{mA}}$$

$\Downarrow$

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{2}{100} = 0.02_{\text{mA}}$$

$\Downarrow$

$$\left[\frac{\text{2/n}}{\text{k12N}} \right] V_{cc} - 0 = R_B \cdot I_B + V_{BE} + R_E \cdot 101 I_B$$

$$12 = 0.02 R_B + 0.7 + 0.5 \cdot 101 \cdot 0.02$$

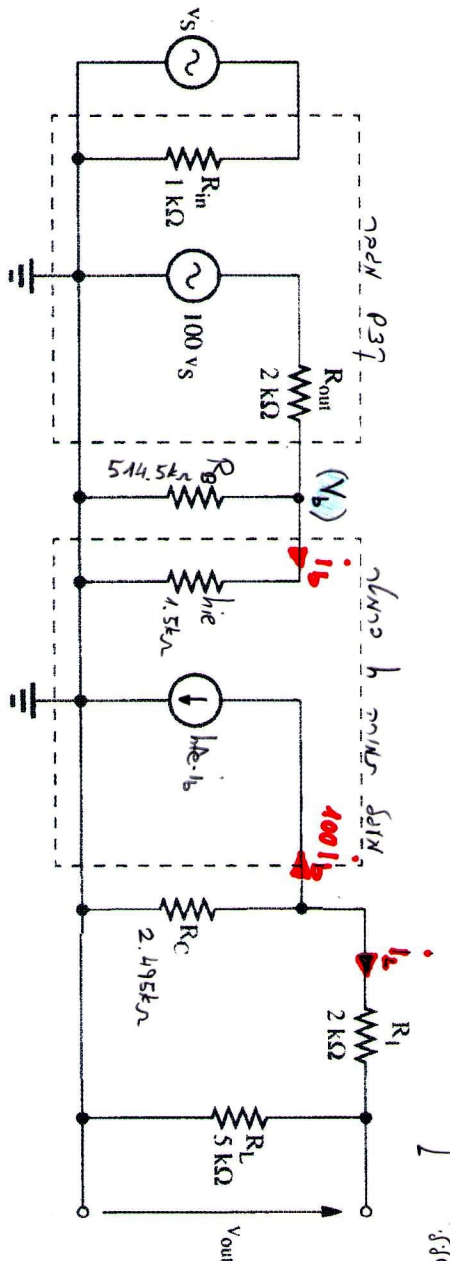
$$R_B = 514.5 \text{ k}\Omega_{,,}$$

$$\left[\frac{\text{2/n}}{\text{k3/n}} \right] V_{cc} - 0 = R_C \cdot 100 I_B + V_{CE} + R_E \cdot 101 I_B$$

$$12 = R_C \cdot 100 \cdot 0.02 + 6 + 0.5 \cdot 101 \cdot 0.02$$

$$R_C = 2.495 \text{ k}\Omega_{,,}$$

2



$$I_L = -100 I_b \cdot \frac{R_c}{R_c + (R_1 + R_2)} =$$

$$= -100 I_b \cdot \frac{2.495}{2.495 + 7} = -26.277 I_b$$

I_b is not used, V_s is used

$$V_o = I_L \cdot R_L = -749.522 V_s \cdot 5 = -3747.613 V_s$$



$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{-3747.613 V_s}{V_s} = -3747.613$$

$$V_b = \frac{100 V_s / R_{out}}{\frac{1}{R_{out}} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{h_{ie}}} = \frac{50 V_s}{1.168} = 42.785 V_s$$

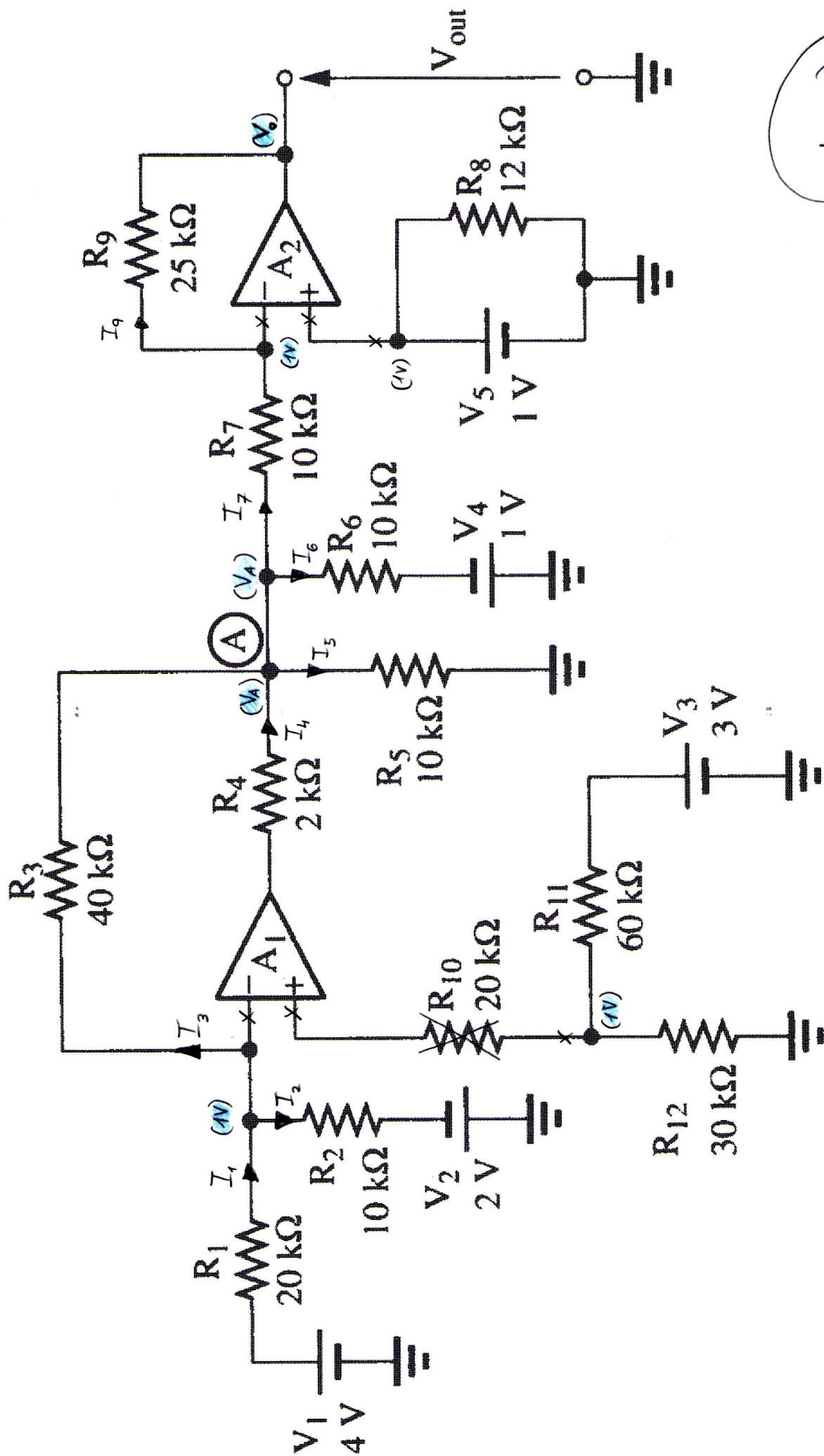


$$I_b = \frac{V_b}{h_{ie}} = \frac{42.785 V_s}{1.5} = 28.524 V_s$$



$$I_L = -26.277 \cdot I_b = -26.277 \cdot 28.524 V_s = -749.522 V_s$$

2



3

$$\textcircled{b} \quad I_1 = I_2 + I_3$$

$$\frac{V_1 - 1}{R_1} = \frac{1 - V_2}{R_2} + \frac{1 - V_A}{R_3}$$

$$\frac{4 - 1}{20} = \frac{1 + 2}{10} + \frac{1 - V_A}{40}$$

$$V_A = 7V_{cc} \Rightarrow \text{כיוון } I_3 \text{ הביקש מהתנאי של } V_{cc}$$

$$\textcircled{c} \quad I_7 = I_9$$

$$\frac{V_A - 1}{R_7} = \frac{1 - V_0}{R_9}$$

$$\frac{7 - 1}{10} = \frac{1 - V_0}{25}$$

$$V_0 = -14V_{cc}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{d} \quad I_4 &= I_3 + I_5 + I_6 + I_7 = \frac{V_A - 1}{R_3} + \frac{V_A - 0}{R_5} + \frac{V_A - V_4}{R_6} + \frac{V_A - 1}{R_7} = \\ &= \frac{7 - 1}{40} + \frac{7}{10} + \frac{7 + 1}{10} + \frac{7 - 1}{10} = 2.25 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$U_{R_4} = I_4 \cdot R_4 = 2.25 \cdot 2 = 4.5 V_{cc}$$

$$(4) \quad V_{GS} = V_G - V_S = 0 - [I_D(R_{S1} + R_{S2}) + V_{SS}] = 0 - [8.6I_D - 5] = 5 - 8.6I_D$$



$$I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]^2$$

$$I_D = 5 \cdot \left[1 - \frac{5 - 8.6I_D}{-4} \right]^2$$

$$I_D = \begin{cases} 0.854 \text{ mA} \Rightarrow V_{GS} = -2.344 \text{ V} > V_P \quad \checkmark \\ 1.282 \text{ mA} \Rightarrow V_{GS} = -6.025 \text{ V} < V_P \Rightarrow \text{possible solution} \end{cases}$$

$$V_{DD} - V_{SS} = I_D(R_D + R_{S1} + R_{S2}) + V_{DS}$$

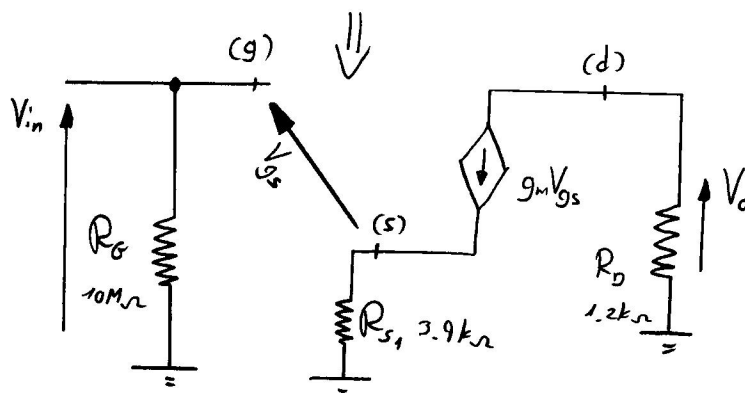
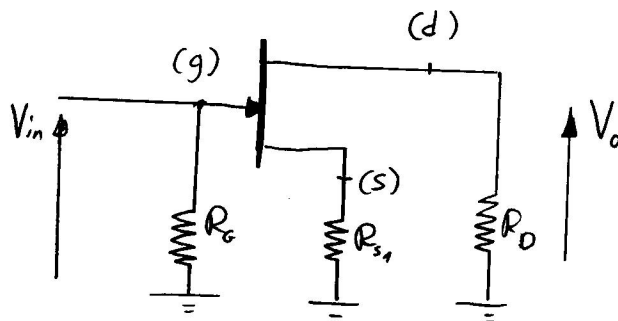
$$10 + 5 = 0.854(1.2 + 3.9 + 4.7) + V_{DS}$$

$$V_{DS} = 6.63 \text{ V}$$

$$V_{DS} = 6.63 \text{ V}$$

$$I_D = 0.854 \text{ mA}$$

(2)



$$\textcircled{c} \quad g_m = \frac{2 I_{DSS}}{|V_p|} \cdot \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} = \frac{2 \cdot 5}{4} \cdot \sqrt{\frac{0.854}{5}} = 1.033 \text{ mS}$$

⇓

$$\textcircled{3} \quad V_o = -g_m V_{gs} \cdot R_D = -1.033 \cdot 1.2 \cdot V_{gs} = -1.24 V_{gs}$$

$$\begin{aligned} V_{in} &= V_{gs} + U_{R_{s1}} = V_{gs} + g_m V_{gs} \cdot R_{s1} = V_{gs} + 1.033 \cdot 3.9 \cdot V_{gs} = \\ &= V_{gs} + 4.03 V_{gs} = 5.03 V_{gs} \end{aligned}$$

⇓

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-1.24 V_{gs}}{5.03 V_{gs}} = -0.246_{//}$$

Ⓔ

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{5+10-x}{5+y}\right) \cdot 4.7 = \begin{matrix} \text{B} \text{ של } R_3 \\ \text{A} \text{ של } R_5 \end{matrix} = \left(1 + \frac{15}{5}\right) \cdot 4.7 = 4 \cdot 4.7 = 18.8V_{\parallel}$$

$$= \left(1 + \frac{5}{15}\right) \cdot 4.7 = 1.333 \cdot 4.7 = 6.266V_{\parallel}$$

⇓

$$V_o = -V_{o1} = \begin{matrix} \text{B} \text{ של } R_3 \\ \text{A} \text{ של } R_5 \end{matrix} = -18.8V_{\parallel}$$

$$= -6.266V_{\parallel}$$

Ⓕ

$$I_{A1} = I_3 + I_{2,5} = \frac{V_{o1} - V_z}{R_3} + \frac{V_{o1} - V_z}{R_2 + 10-y} + \frac{V_{o1} - 0}{R_5} =$$

$$= \frac{V_{o1} - 4.7}{6.8} + \frac{V_{o1} - 4.7}{15-y} + \frac{V_{o1}}{8} \quad [mA]$$

קודם לראות שצביר V_o מקסימלי, כלומר הנחשן בקוצי B, נקבע באופן מספיק בצורה, וסעיף על מוצא חבירה (הזרם) יהיה מקסימלי.

הסבר אחר: צביר מוצא נחשן B מקבלים העבר 4, כלומר יפחתו זרמים מקסימליים בזרמי המוצא $\Leftarrow$ זרם I_{A1} מקסימלי.

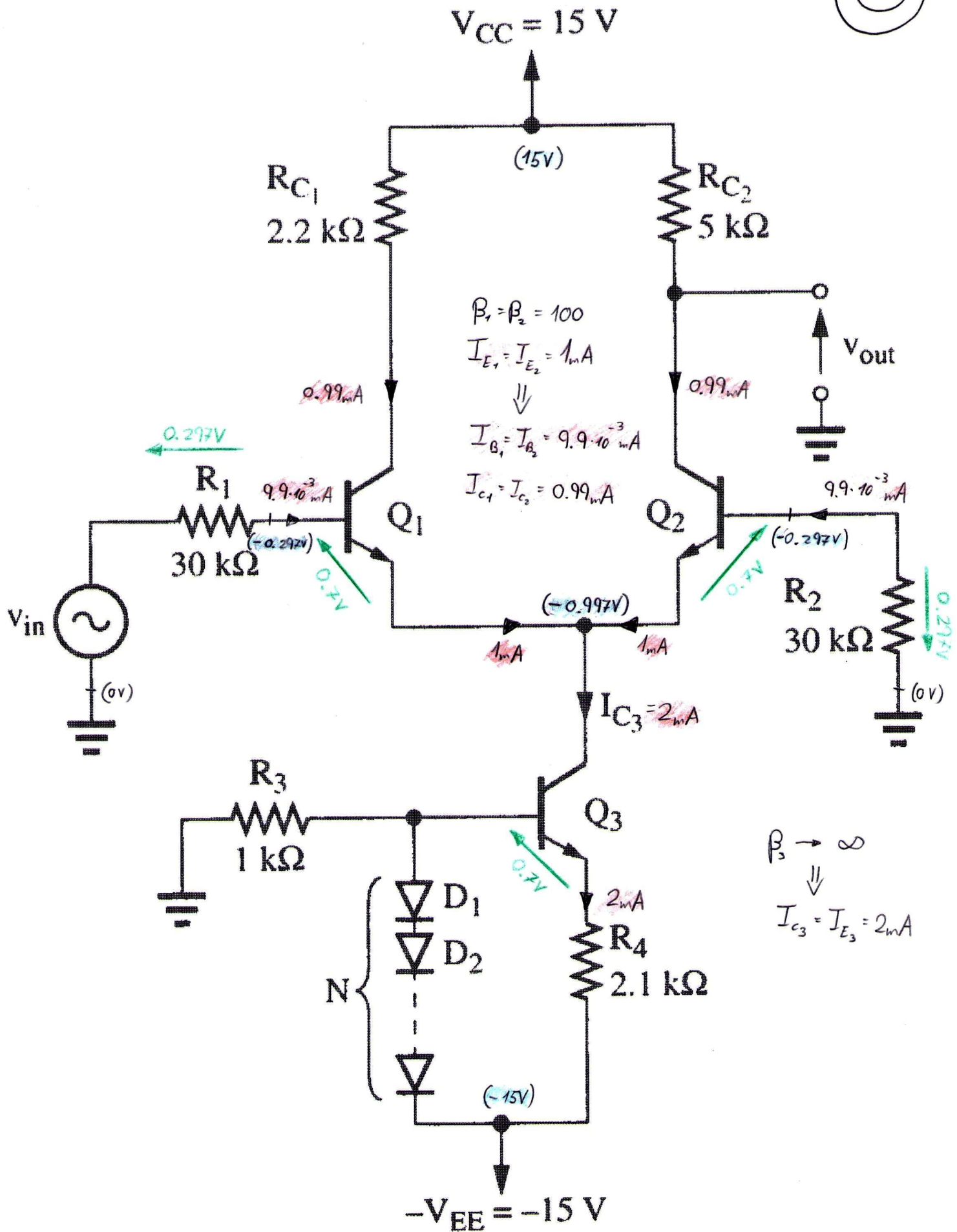
Ⓖ

$$I_{z_{max}} = I_4 + I_{3_{max}} = \frac{20 - V_z}{R_4} + \frac{V_{o1_{max}} - V_z}{R_3} = \frac{20 - 4.7}{2.7} + \frac{18.8 - 4.7}{6.8} = 7.74mA$$

⇓

$$P_{z_{max}} = V_z \cdot I_{z_{max}} = 4.7 \cdot 7.74 = 36.379mW_{\parallel}$$

6



$$\textcircled{E} \quad N \cdot V_D = V_{BE_3} + U_{R_4}$$

$$0.7 \cdot N = 0.7 + 2 \cdot 2.1$$

$$0.7N = 4.9$$

$$N = 7_{,,}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad V_{CC} - V_{C_3} &= I_{C_1} \cdot R_{C_1} + V_{CE_1} \\ 15 + 0.997 &= 0.99 \cdot 2.2 + V_{CE_1} \\ V_{CE_1} &= 13.819V_{,,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CC} - V_{C_3} &= I_{C_2} \cdot R_{C_2} + V_{CE_2} \\ 15 + 0.997 &= 0.99 \cdot 5 + V_{CE_2} \\ V_{CE_2} &= 11.047V_{,,} \end{aligned}$$

Ⓔ הציבה: Q_3 מעט במתח זרם ישר, ואכן בניתוח לדים חלופין יש להתקן.

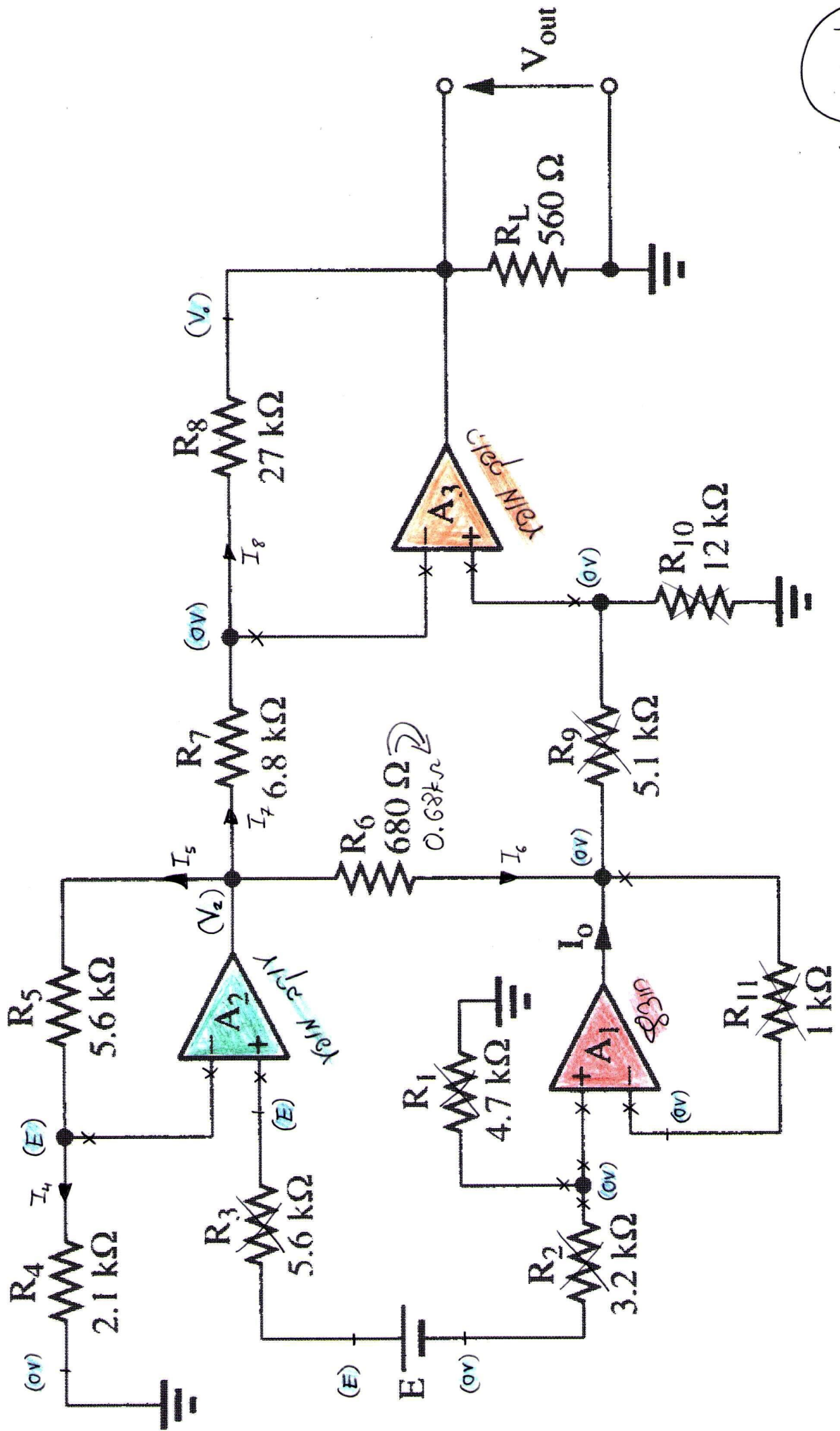
⇓

$$A_c = 0$$

ניתן לכתוב את A_v שהיא בצדד ההגבר הפעיל (A_d) ופ"י שיהיה
ממש תאורה ל- Q_1 ו- Q_2 , כל בדיקת מקורות פ"י שיהיו במסלול באהלה.
אך טעו נקל בדיקת הקציה ביותר: שיהיו ממש בנוסחתן (33 3MY)

$$A_v = A_{d_2} = + \frac{h_{fe_2} \cdot R_{C_2}}{2(R_2 + h_{ie_2})} = \frac{100 \cdot 5}{2(30 + 2)} = 7.8125_{,,}$$

[חצי' היזן ופ"י שיהיה זו נקודת מניחה באהלה של המעמד הפעיל.
רסו ותרשו את נבונה לזעזע



$$\textcircled{b} \quad I_4 = I_5$$

$$\frac{E - 0}{R_4} = \frac{V_2 - E}{R_5}$$

$$\frac{E}{2.1} = \frac{V_2}{5.6} - \frac{E}{5.6}$$

$$E \left(\frac{1}{2.1} + \frac{1}{5.6} \right) = \frac{V_2}{5.6}$$

$$V_2 = \left(\frac{5.6}{5.6} + \frac{5.6}{2.1} \right) E$$

$$V_2 = \left(1 + \frac{5.6}{2.1} \right) E$$

$$V_2 = 3.666E = \frac{11E}{3}$$

כדי למצוא את V_2 נשתמש
במשוואה $I_4 = I_5$
ונוצק את E ונקבל
את V_2

$$I_7 = I_8$$

$$\frac{V_2 - 0}{R_7} = \frac{0 - V_0}{R_8}$$

$$\frac{3.666E}{6.8} = \frac{-V_0}{27}$$

$$V_0 = -14.558E$$

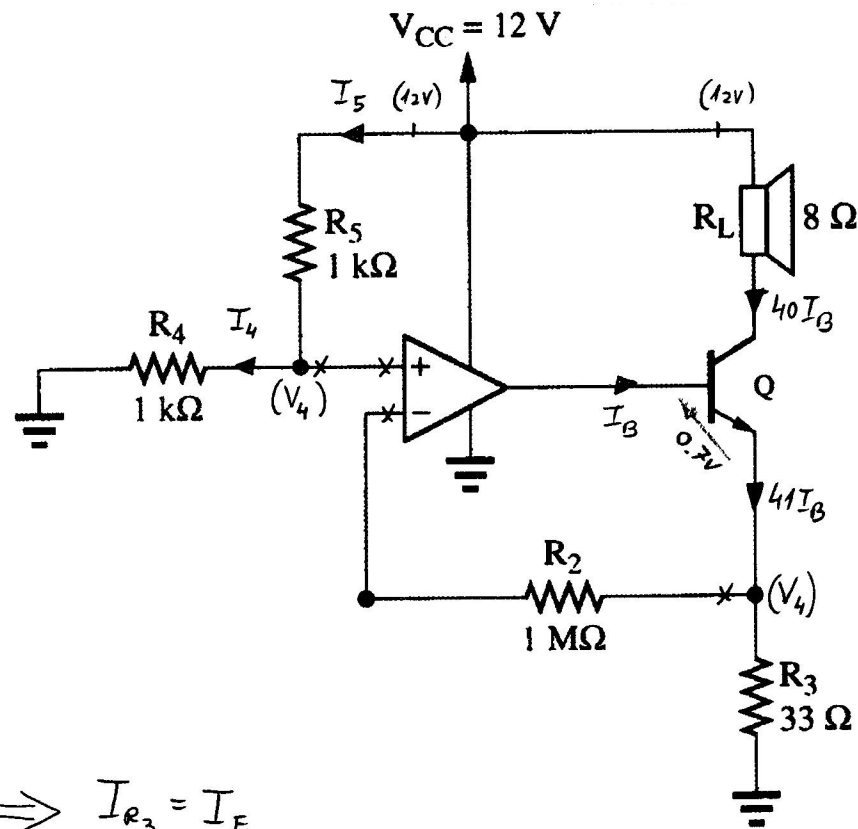
כדי למצוא את V_0 נשתמש
במשוואה $I_7 = I_8$
ונוצק את V_2 ונקבל
את V_0

$$\textcircled{c} \quad I_0 = -I_6 = -\frac{V_2 - 0}{R_6} = -\frac{3.666 \cdot 1.2 - 0}{0.68} = -6.47 \text{ mA}$$

הכיוון של I_0 הוא
הפוך לזה של I_6

8

(b)



$$I_5 = I_4$$

$$\frac{V_{CC} - V_4}{R_5} = \frac{V_4 - 0}{R_4}$$

$$\frac{12 - V_4}{1} = \frac{V_4}{1}$$

$$V_4 = 6V \Rightarrow I_{R_3} = I_E$$

$$\frac{V_4 - 0}{R_3} = 41 I_B$$

$$\text{! power is } \underline{5}, \text{ power} \rightarrow \frac{6}{33} = 41 I_B$$

$$I_C = 40 I_B = 0.177A$$

$$I_B = 4.434mA \Rightarrow I_E = 41 I_B = 0.181A$$

$$V_{CC} - 0 = I_C \cdot R_L + V_{CE} + I_E \cdot R_3$$

$$12 - 0 = 0.177 \cdot 8 + V_{CE} + 0.181 \cdot 33$$

$$V_{CE} = 4.581V$$

$$I_C = 0.177A$$

$$V_{CE} = 4.581V$$

②

כ"ק י"א

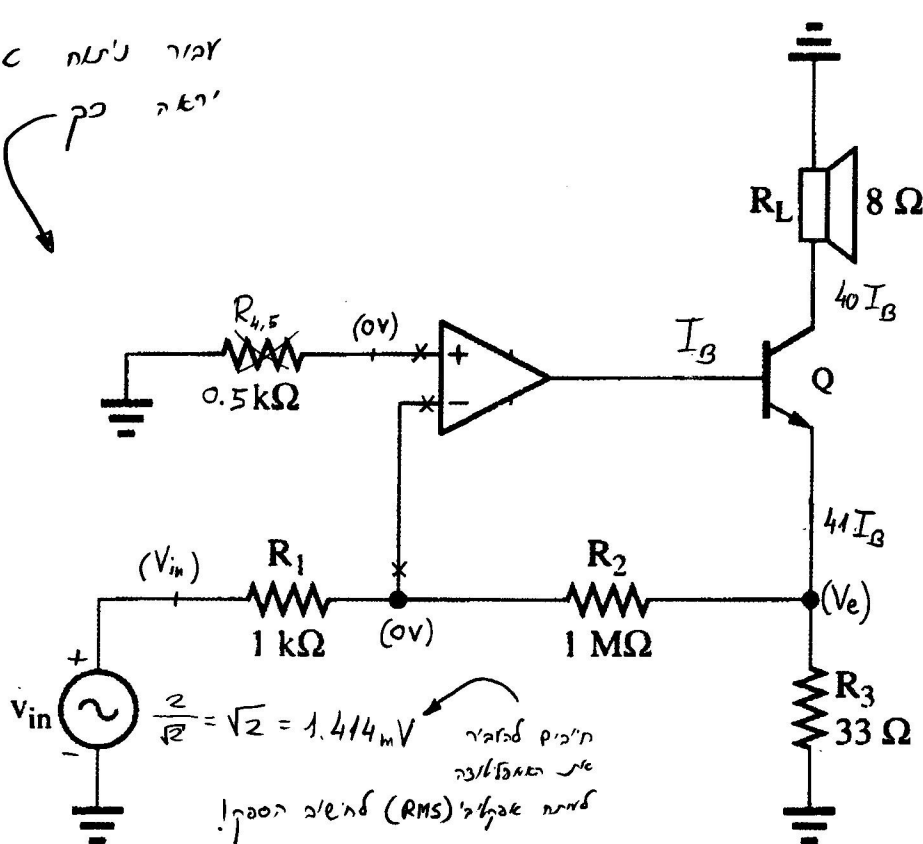
הנ"ל מבוזז זכור
קולבית המקור סתם
במלל.

$$I_1 = I_2$$

$$\frac{V_{in} - 0}{R_1} = \frac{0 - V_e}{R_2}$$

$$\frac{1.414 \cdot 10^{-3} - 0}{1} = \frac{-V_e}{1000}$$

$$V_e = -1.414V$$



הזרם ב- R_2 זנוח לזווית הזרם ב- R_3 וז'מן
למאמר זמן בזווית בזווית וז'מן בזווית הזווית:

$$\Leftrightarrow R_3 = 33\Omega \rightarrow (\mu A \rightarrow P_{33} \Leftrightarrow) R_2 = 1M\Omega$$

$$I_3 = I_E$$

$$\frac{0 - V_e}{R_3} = 41 I_B$$

$$\frac{1.414}{33} = 41 I_B$$

$$I_B = 1.045 \text{ mA}$$

$$P_{R_L} = I_c^2 \cdot R_L =$$

$$= (40 I_B)^2 \cdot R_L =$$

$$= (41.803 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8 = 13.98_m W \approx 14_m W_{//}$$

$$(2) \quad I_{CC} = I_5 + I_C = \frac{V_{CC} - V_h}{R_5} + I_C =$$

$$= \frac{12-6}{1 \cdot 10^3} + 0.177 = 0.183 \text{ A}$$

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{cc}} \cdot 100\% = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{0.183 \cdot 12} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{14 \cdot 10^{-3}}{2.196} \cdot 100\% = 0.637\%$$