

בס"ד, לק"י

פתרון מבחן מה"ט

אלקטרוניקה

תקבילית

קיץ 2012

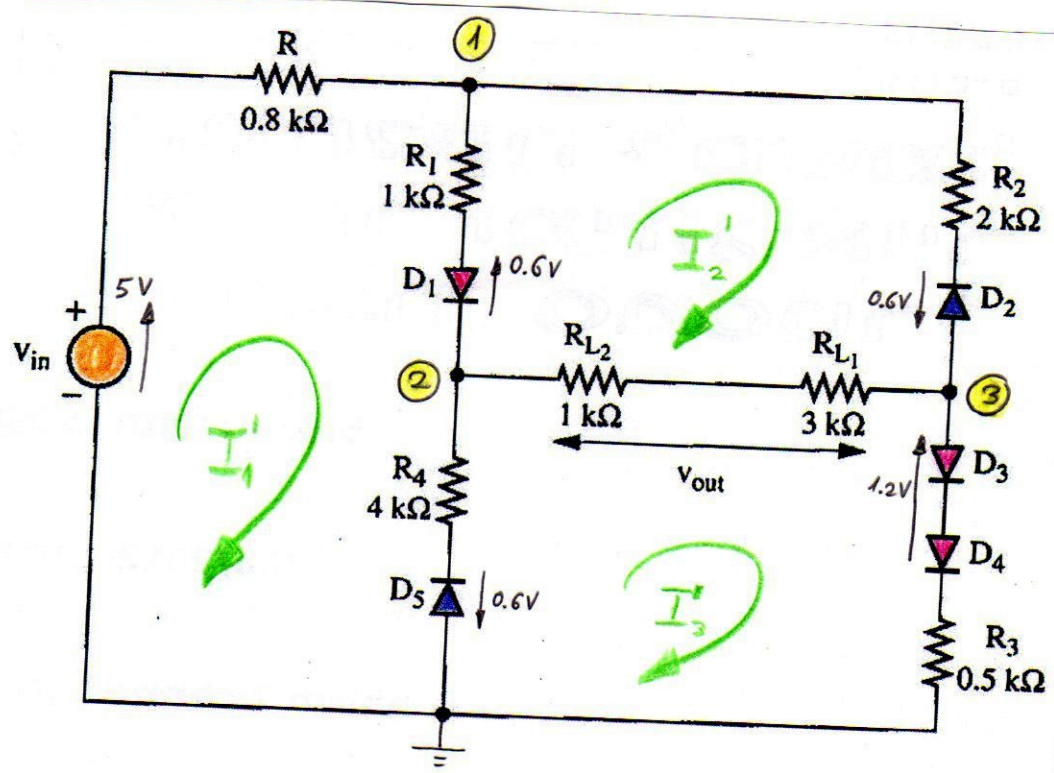
פתר: אבי יומטוביאן

©

כל הזכויות שמורות

1

הקצתה: מניין שבתחילת זה יש רק מקור אנרגיה אחד (V_{in}) , חסית
 קל לראות שצורה של V_{in} חלבה צ'וכות D_3, D_4 ו- D_4 וכל השאר
 לא, וצורה של V_{in} שכלי קבל את התאונה ההפוכה.
 ברוח שהצנו אמסוקה הנל ברוך לפתרון בשלה מאוב כפי שראה
 בהמשך.
 אך מה נראה במצב ואנו לא רואים מ'צית אלא צ'וכות מולכיות?
 שאלה זו מאוב מ'צית אר מתחיל היה יותר ממקור אחד מ'צית אחד.
 במקרים שכלו נוח להפחש בשלה צ'וכות חלבים או בשלה מ'צית צ'וכות, אך
 מ'צית לנחה את המצב.
 יש לנהי שכל הצ'וכות מולכיות ולפתור את המצב ברוך שבתורה, ולשחר
 מבין לבין אר לא התקבלה סתירה בין הרוך/מ'צית החשוב לבין ההנחה.
 בבחי להצ'וכות את כל האמורה ל'צית, נפתור את המצב צ'וכות $V_{in}=5V$, ולשחר
 ל' שתי השלות (למחית שבתחילת זה אין צ'וכות ברוך):



כלי מ'צית מ'צית

כלי צ'וכות חלבים

$$G_{11} = \frac{1}{0.8} + \frac{1}{1} + \frac{1}{2} = 2.75 \text{ mS} \quad G_{12} = G_{21} = \frac{1}{1} = 1 \text{ mS}$$

$$G_{22} = \frac{1}{1} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = 1.5 \text{ mS} \quad G_{13} = G_{31} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mS}$$

$$G_{33} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{0.5} = 2.75 \text{ mS} \quad G_{23} = G_{32} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ mS}$$

$$I_{sc1} = \frac{5}{0.8} + \frac{0.6}{1} - \frac{0.6}{2} = 6.55 \text{ mA}$$

$$I_{sc2} = \frac{-0.6}{1} + \frac{-0.6}{4} = -0.75 \text{ mA}$$

$$I_{sc3} = \frac{1.2}{0.5} + \frac{0.6}{2} = 2.7 \text{ mA}$$

$$R_{11} = 5.8 \text{ k} \quad R_{12} = R_{21} = 1 \text{ k} \quad E_1' = 5 - 0.6 + 0.6 = 5 \text{ V}$$

$$R_{22} = 7 \text{ k} \quad R_{13} = R_{31} = 4 \text{ k} \quad E_2' = 0.6 + 0.6 = 1.2 \text{ V}$$

$$R_{33} = 8.5 \text{ k} \quad R_{23} = R_{32} = 4 \text{ k} \quad E_3' = -0.6 - 0.6 - 0.6 = -1.8 \text{ V}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{cases} +5.8I_1' - 1 \cdot I_2' - 4I_3' = 5 \\ -1 \cdot I_1' + 7 \cdot I_2' - 4 \cdot I_3' = 1.2 \\ -4 \cdot I_1' - 4 \cdot I_2' + 8.5I_3' = -1.8 \end{cases}$$

$$I_1' = 1.896 \text{ mA}, \quad I_2' = 1.137 \text{ mA}$$

$$I_3' = 1.216 \text{ mA}$$

$$\begin{cases} -2.75 \cdot V_1 - 1 \cdot V_2 - 0.5V_3 = 6.55 \\ -1 \cdot V_1 + 1.5 \cdot V_2 - 0.25V_3 = -0.75 \\ -0.5 \cdot V_1 - 0.25 \cdot V_2 + 2.75V_3 = 2.7 \end{cases}$$

$$V_1 = 3.482V, \quad V_2 = 2.123V$$

$$V_3 = 1.808V$$

כזר קר לטאר ש- D_1 סכן מליכה מביולן
ש- $V_1 > V_2$, ולכן הזרס יזרוס בה מביולן הולכה.

מליצק זבור D_2 קבל ש: $V_1 > V_3$, ולכן
הזרס סאמר זכרוס יזיה בנעלוב מביולן הנהיה
↓
 D_2 לא מליכה.

לבי הזקרון שובא עזע נקבל בזיק אר
איה מסקנה קבלנו באמצעות אר זר
החוליס.

כזר קר לטאר שזרוס הלאר שזרוס
ב- D_1 סכן זרס מביולן הולכה הזרובה

↓
הנהיה הולכה של D_1 הנהיה נכונה

מליצק הזרס הלאר ב- D_2 זרס קניזוב
מביולן הולכה

↓
קבלנו סתירה בין הנהיה לזרס

↓
מסקנה: D_2 לא מליכה.

לבי הזקרון שובא עזע נעז מסקנה
שזבור $V_{in} = 5V$ (הא מנה חוב פלטה) נקבל:

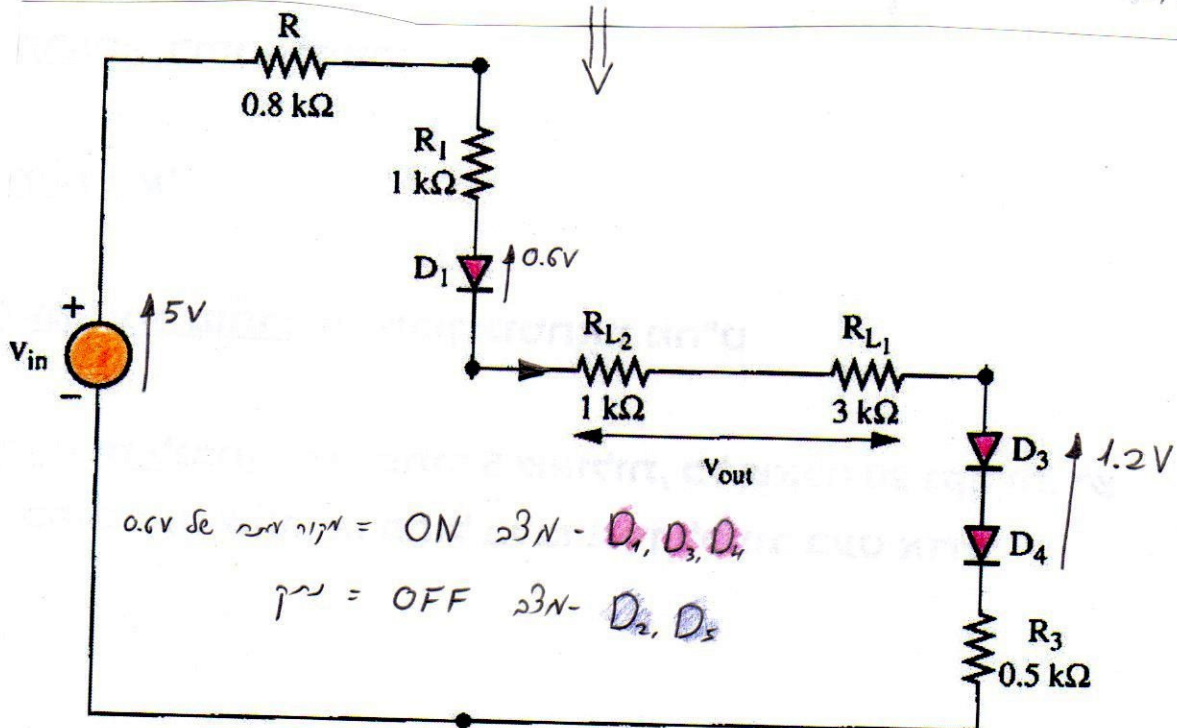
ON זרס - D_1, D_3, D_4

OFF זרס - D_2, D_5

שזבור $V_{in} = -5V$ (א מנה שלע פלטה) נקבל:

OFF זרס - D_1, D_3, D_4

ON זרס - D_2, D_5

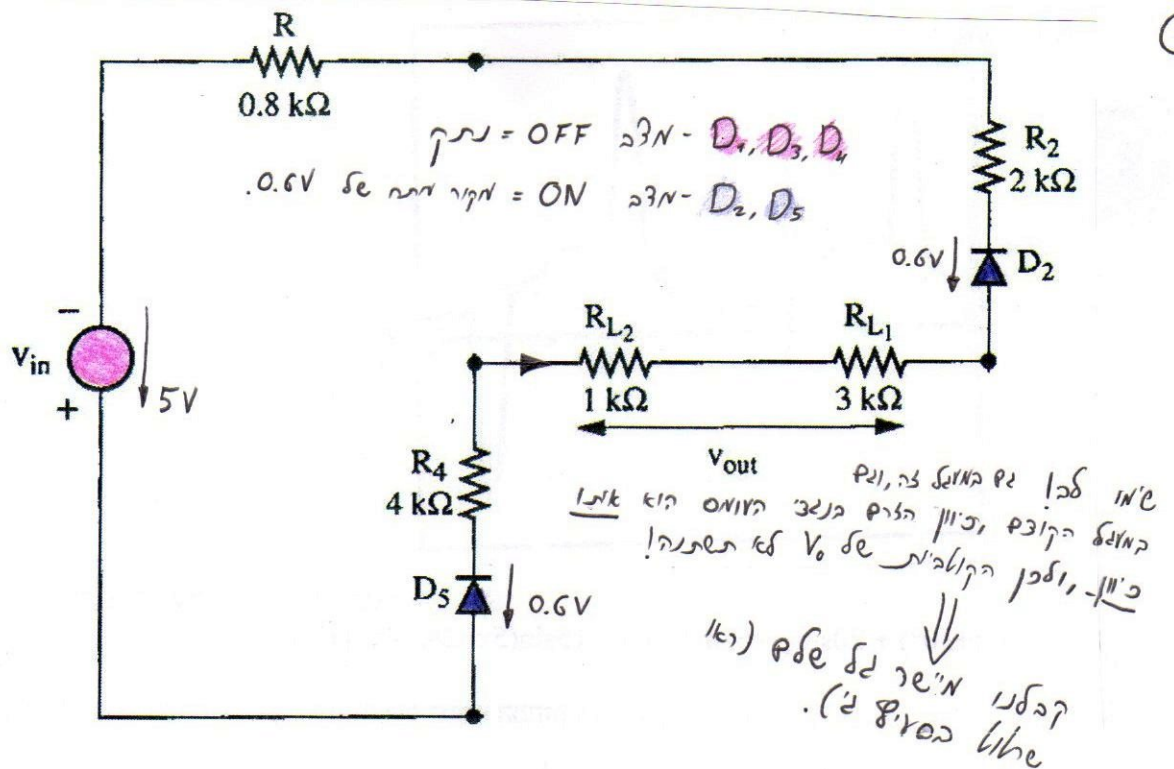


0.6V של מנה = ON זרס - D_1, D_3, D_4
~ = OFF זרס - D_2, D_5

המנה של 5V הזרס

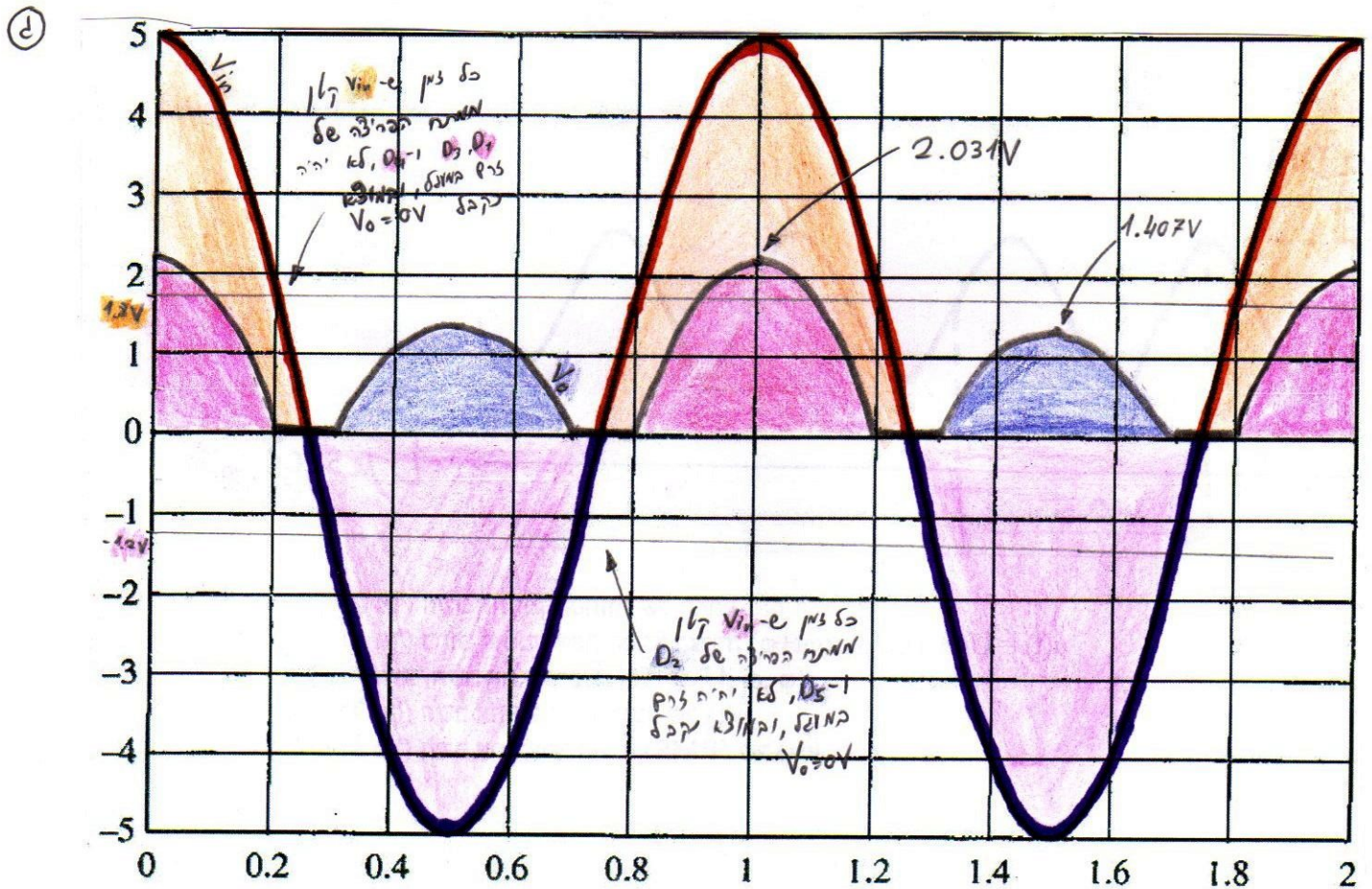
$$U_R = V_{in} - V_{D1} - V_{D3} - V_{D4} = 5 - 0.6 - 0.6 - 0.6 = 3.2V$$

$$V_o = U_R \cdot \frac{R_{L1} + R_{L2}}{R_{L1} + R_{L2} + R + R_1 + R_3} = 3.2 \cdot \frac{4}{4 + 1.8 + 0.5} = 2.031V$$



$$U_R = V_{in} - V_{D5} - V_{D2} = 5 - 0.6 - 0.6 = 3.8V$$

$$V_o = U_R \cdot \frac{R_{L1} + R_{L2}}{R_{L1} + R_{L2} + R_4 + R_2 + R} = 3.8 \cdot \frac{4}{4 + 4 + 2.8} = 1.407V$$



בכ"כ: $V_{BB} = V_{CC} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{EE} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

כאן: $V_{BB} = -7.857V$

$$R_{BB} = R_1 \parallel R_2 = 12 \parallel 100 = 10.714k\Omega$$

כאן: $V_{BB} = -7.857V$

$$\begin{aligned} [1] E_{TH} &= (V_{CC} - V_{EE}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \\ &= [10 - (-10)] \cdot \frac{12}{12 + 100} = \\ &= 2.142V \end{aligned}$$

כאן: $V_{BB} = E_{TH} + V_{EE} = 2.142 - 10 = -7.857V$

$$\begin{aligned} V_{BB} &= E_{TH} + V_{EE} = 2.142 - 10 = \\ &= -7.857V \end{aligned}$$

[2] נשתמש בנוסחה: $V_{BB} = V_{CC} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{EE} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{CC} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{EE} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \\ &= 10 \cdot \frac{12}{112} - 10 \cdot \frac{100}{112} = \\ &= -7.857V \end{aligned}$$



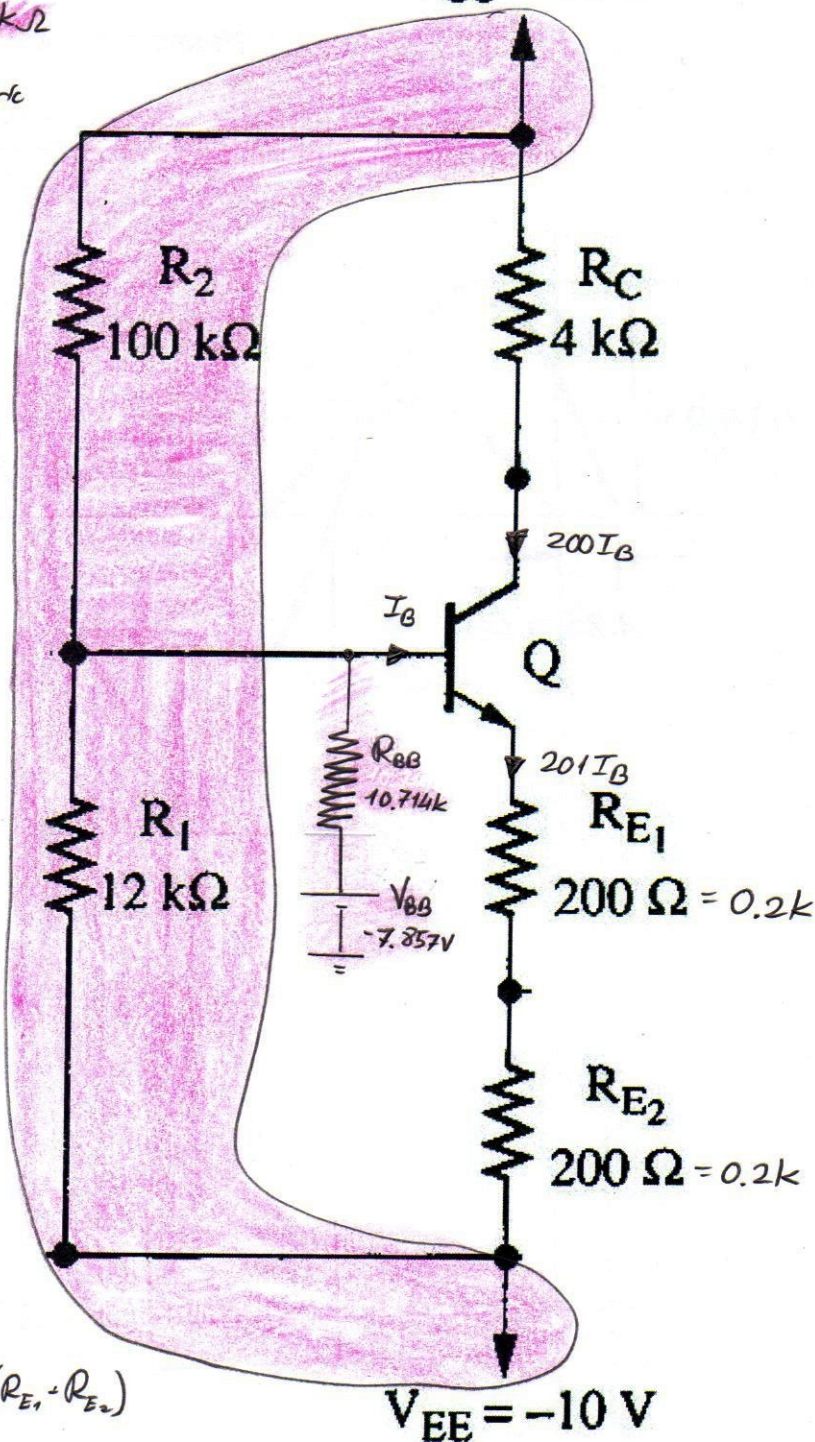
$$\begin{aligned} V_{BB} - V_{EE} &= R_{BB} I_B + V_{BE} + (\beta + 1) I_B (R_{E1} + R_{E2}) \\ -7.857 + 10 &= 10.714 I_B + 0.7 + 201 I_B \cdot 0.4 \\ 2.143 &= 91.114 I_B + 0.7 \end{aligned}$$

$$I_B = 0.0158mA = 15.837 \cdot 10^{-3}mA$$



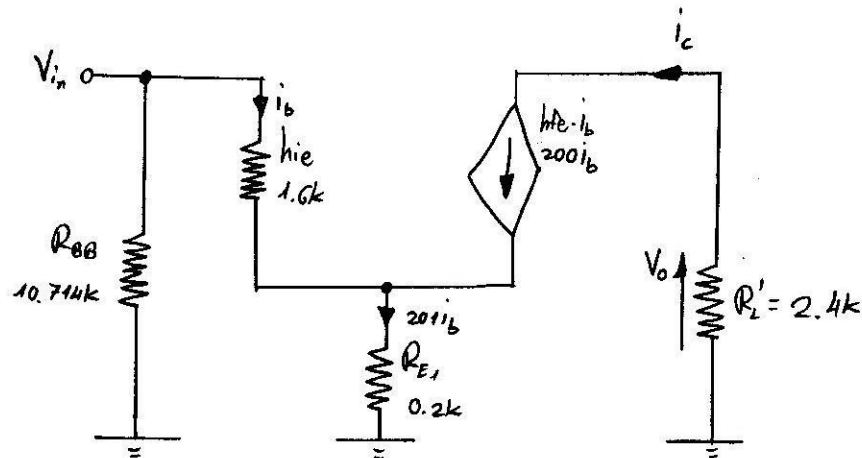
$$I_C = \beta I_B = 3.167mA$$

$$V_{CC} = 10V$$



$$\begin{aligned} V_{CC} - V_{EE} &= R_C I_C + V_{CE} + I_E (R_{E1} + R_{E2}) \\ 10 + 10 &= 4 \cdot 200 \cdot I_B + V_{CE} + 201 \cdot I_B \cdot 0.4 \\ 20 &= 880.4 + 15.837 \cdot 10^{-3} V_{CE} \\ 20 &= 13.942 + V_{CE} \end{aligned}$$

$$V_{CE} = 6.057V$$



$V_0 = -h \cdot \dot{I}_B \cdot R_2' = -200 \cdot 2.4 \cdot \dot{I}_B = -480 \dot{I}_B$: $\dot{I}_B$ קצב [1]

$$V_{in} = h_{ie} \cdot i_b + i_b \cdot R_{E1} =$$

$$= 1.6 i_b + 201 \cdot 0.2 i_b = 41.8 i_b$$

[2] במחצית נוספת פעילת שחיפה בנחשון 36:

$$A_v = \frac{-h_{fe} \cdot R_B \cdot R_{C_T}}{(R_i + R_B) [R_i || R_B + h_{ie} + r_b + R_E (h_{fe} + 1)]} =$$

$$= \frac{-200 \cdot R_{BB} \cdot R_L'}{(0 + R_{BB}) [0 || R_{BB} + h_{ie} + 0 + R_E \cdot 201]} =$$

$$= \frac{-200 \cdot 10 \cdot 2.4}{10 [0 + 1.6 + 201 \cdot 0.2]} =$$

$$= \frac{-200 \cdot 2.4}{1.6 + 40.2} = -11.483$$

הצורה: טימן
 שבמחיר 25 אלף שקלים, ובן
 בנוסחאות שבמחיר 29 אלף
 שקלים FET או MOSFET, אבל
 ש"ס "לסנכרון" בין שתי הנגזרות
 בנוסחאות "בין שתי
 הנגזרות בסכמה שלנו!

③ כדאי לנסות את המאפיינים המיקומיים של המוליך קו המוליך DC של המוליך, יתכן שיש קו המוליך AC. המוליך המיקומיים מוגדר מנקודות החיתוך של המוליכים ה"ש" כפי שצוין בהמשך.

לצורך חישוב קו המוליך DC נניח: $I_C = I_E$

$\Downarrow$

$$V_{CC} - V_{EE} = (R_C + R_{E1} + R_{E2}) \cdot I_C + V_{CE}$$

$$10 - (-10) = (4 + 0.2 + 0.2) I_C + V_{CE}$$

$$4.4 I_C = -V_{CE} + 20$$

$$I_C = -\frac{1}{4.4} V_{CE} + \frac{20}{4.4}$$

כעת נחזיר את המוליך AC, במסלול כגון נניח $I_C = I_E$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$V_{CE} = -I_C \cdot R_L' - I_C \cdot R_{E1}$$

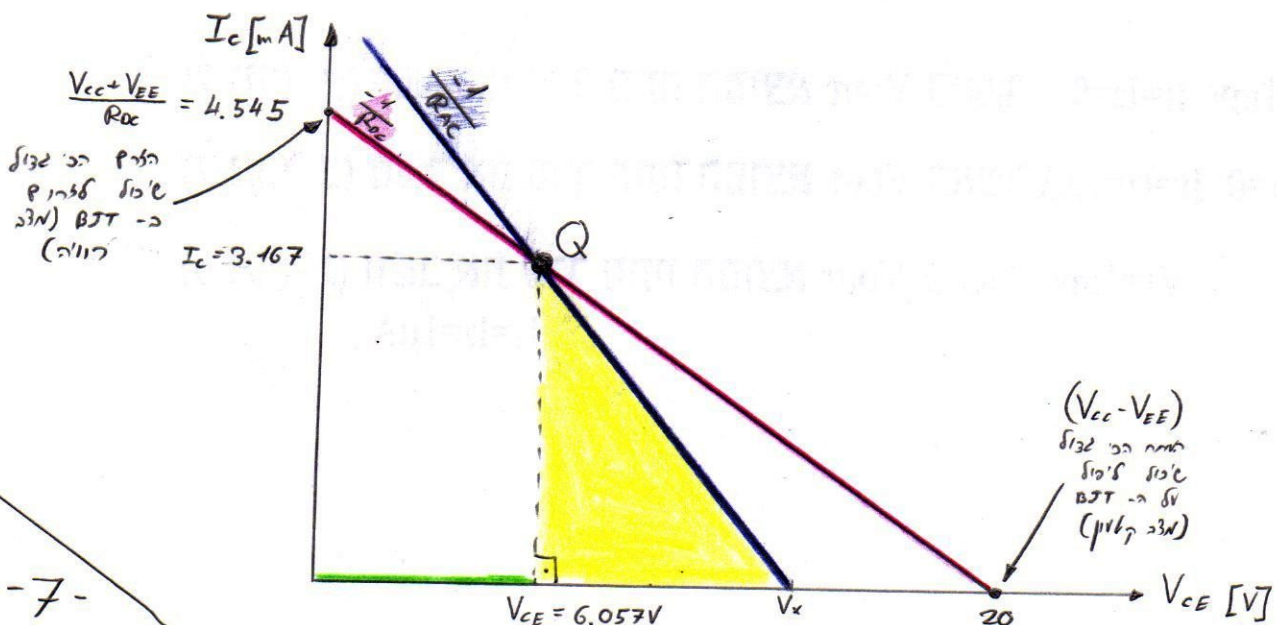
$$V_{CE} = -(R_L' + R_{E1}) I_C$$

$$V_{CE} = -(2.4 + 0.2) I_C$$

$$V_{CE} = -2.6 I_C$$

$$I_C = \frac{-1}{2.6} V_{CE}$$

שני קווי המוליך נחתכים בנקודה המציינת את הנקודה Q:



בכדי לקבל משרת על ציור, אסור לנו לפרט את המחר
 שמוקד לנו הקו הנחמד (קו זבזבה AC), וכמו כן אסור לנו שהמחר
 תקלקל על מחר הרגילה. כאמור, שצריך לקחת בחשבון את התקרה הכי
 גבוהה, כלומר מרווח המחר הקלן מביניהם.

נרשם תנאי זה כשפה פשוטה יותר: יש לבדוק אצבע קו קצר יותר -

הקו הזבזבה

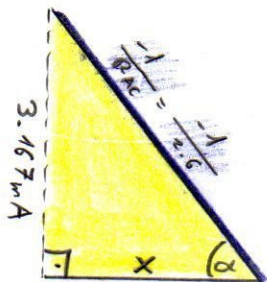
$$e_{\text{max}} = (V_x - V_{CEQ})$$

א

הקו ה'ר'ק

$$(V_{CEQ} - V_{CEsat})$$

$$V_{CE} - V_{CEsat} = 6.057 - 0 = 6.057V$$



לא חייבים
 לחשב את
 הזווית, אלא
 יש להשתמש
 ב'ים כ- tan

$$\alpha = \arctan \left| -\frac{1}{R_{ac}} \right| = \arctan \frac{1}{2.6} = 21^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{3.167}{x}$$

$$\tan 21^\circ = \frac{3.167}{x}$$

$$x = 8.234V$$

כאמור שהמחר המ'ר'ק
 על ציור תביה המוצאה
 הקלנה יותר, כלומר:

$$V_{0max} = 6.057V$$

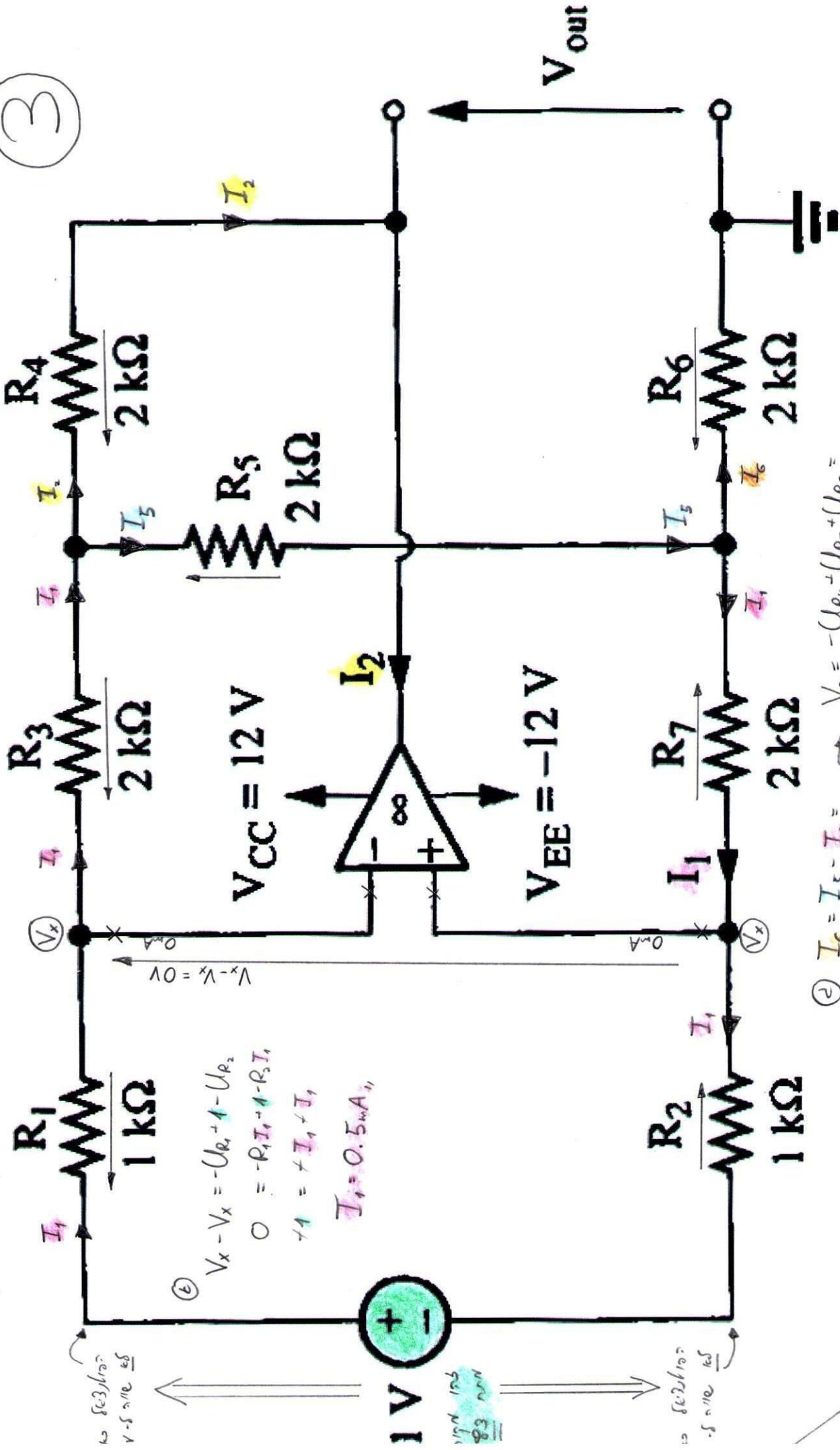
$$V_{0(p-p)} = 2V_{0max} = 12.114V_{\text{rms}}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad V_x - V_x &= U_{R_3} + U_{R_5} + U_{R_7} \\ 0 &= I_1 R_3 + I_5 R_5 + I_1 R_7 \\ 0 &= 2I_1 + 2I_5 + 2I_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= 0.5 + I_5 + 0.5 \\ I_5 &= -1 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_1 - I_5 \\ &= 0.5 - (-1) = 1.5 \text{ mA} \end{aligned}$$

(3)



$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad V_x - V_x &= -U_{R_1} + U_{R_2} \\ 0 &= -R_1 I_1 + R_2 I_2 \\ -1 &= -I_1 + I_2 \\ I_1 &= 0.5 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad I_6 &= I_5 - I_1 = -1 - 0.5 = -1.5 \text{ mA} \\ V_0 &= -U_{R_4} - U_{R_5} + U_{R_6} \\ &= -2 \cdot 1.5 + 2 \cdot (-1) + 2 \cdot (-1.5) = -3 - 2 - 3 = -8 \text{ V} \end{aligned}$$

4

$$\begin{aligned} V_G &= U_{R_{G1}} + U_{R_{G2}} + U_{R_{S1}} = \\ &= 0 + 0 + U_{R_{S1}} = U_{R_{S1}} \end{aligned}$$

$$V_S = U_{R_{S2}} + U_{R_{S1}}$$

$\Downarrow$

$$V_{GS} = V_G - V_S = U_{R_{S1}} - U_{R_{S2}} - U_{R_{S1}} = -U_{R_{S2}} = -1.5I_D$$

$\Downarrow$

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

$$I_D = 4 \cdot \left(1 - \frac{-1.5I_D}{3}\right)^2$$

$$I_D = \begin{cases} 1\text{mA} \Rightarrow V_{GS} = -1.5 \cdot 1 = -1.5\text{V} > V_P \checkmark \\ 4\text{mA} \Rightarrow V_{GS} = -1.5 \cdot 4 = -6\text{V} < V_P \end{cases}$$

$\Downarrow$

$$I_D = 1\text{mA} //$$

$\Downarrow$

$$V_{DD} - 0 = U_{R_D} + V_{DS} + U_{R_{S2}} + U_{R_{S1}}$$

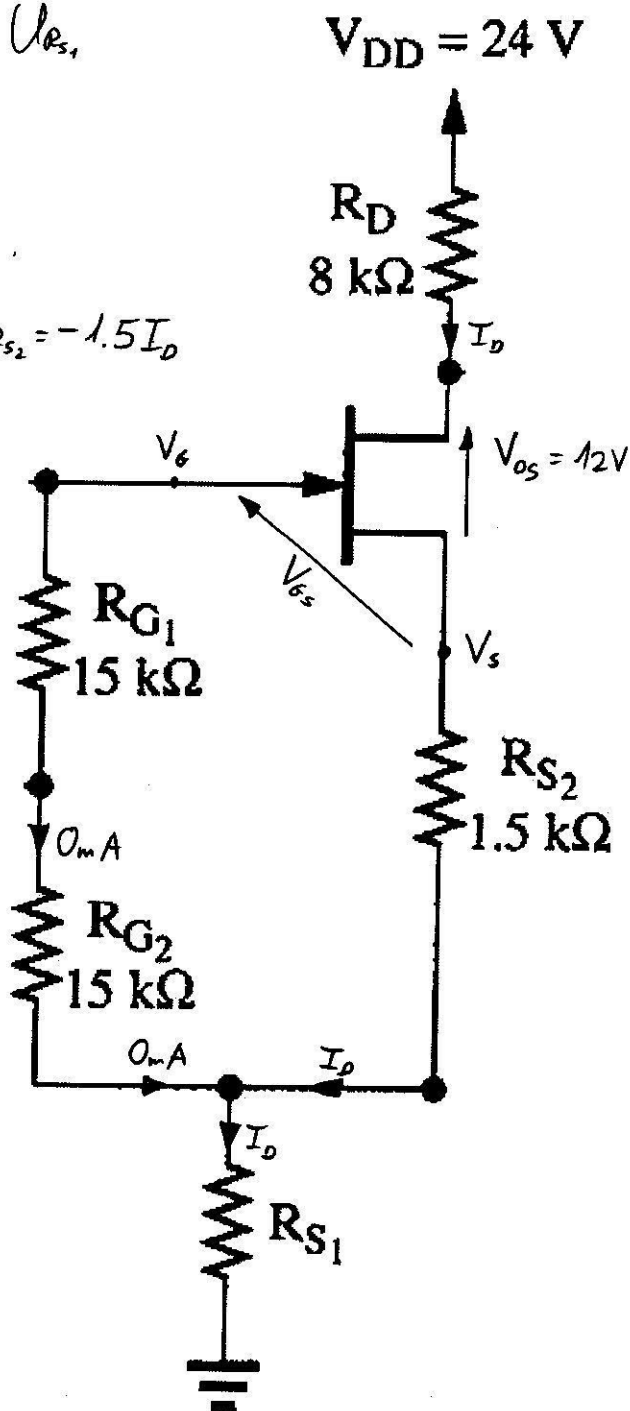
$$24 = 8I_D + 12 + 1.5I_D + R_{S1} \cdot I_D$$

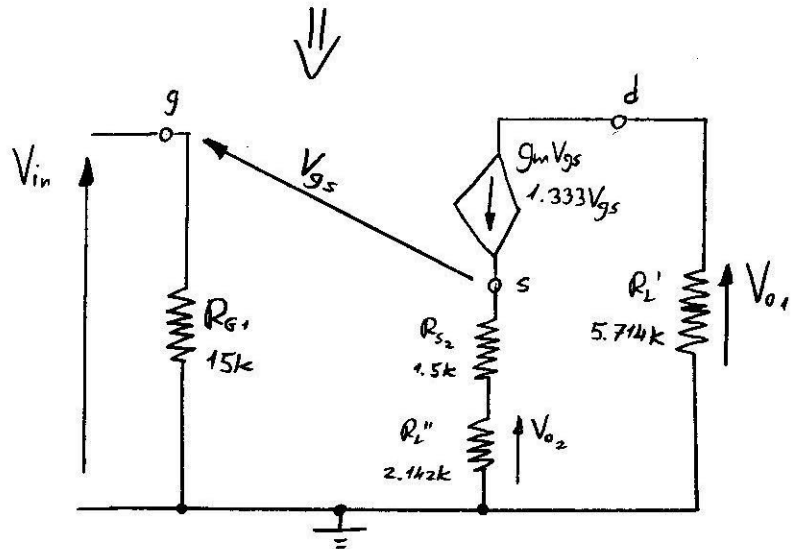
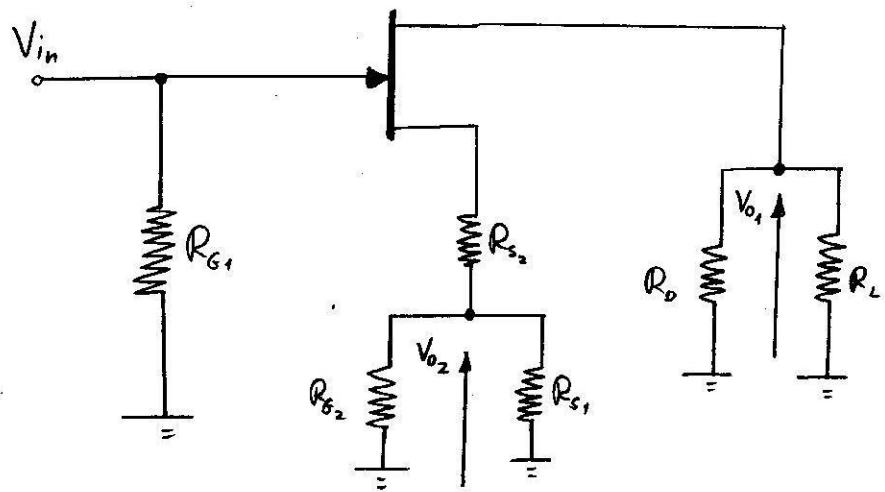
$$24 = 8 + 12 + 1.5 + R_{S1}$$

$$R_{S1} = 2.5\text{k}\Omega //$$

$$\textcircled{2} g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \cdot \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} = \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} = 1.333\text{mS}$$

$\Downarrow$





$$\textcircled{1}, \textcircled{3} \quad V_{o1} = -g_m V_{gs} \cdot R_L' = -1.333 \cdot 5.714 \cdot V_{gs} = -7.618 V_{gs}$$

$$V_{o2} = g_m V_{gs} R_L'' = 1.333 \cdot 2.142 V_{gs} = 2.856 V_{gs}$$

$$V_{gs} = V_g - V_s$$

$$V_{gs} = V_{in} - g_m V_{gs} (R_{S1} + R_{S2})$$

$$V_{gs} = V_{in} - 1.333 \cdot 3.642 V_{gs}$$

$$V_{gs} = V_{in} - 4.854 V_{gs} \Rightarrow V_{in} = 5.854 V_{gs}$$

$$A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_{in}} = \frac{-7.618 V_{gs}}{5.854 V_{gs}} = -1.3$$

$$A_{v2} = \frac{V_{o2}}{V_{in}} = \frac{2.856 V_{gs}}{5.854 V_{gs}} = 0.487$$

5

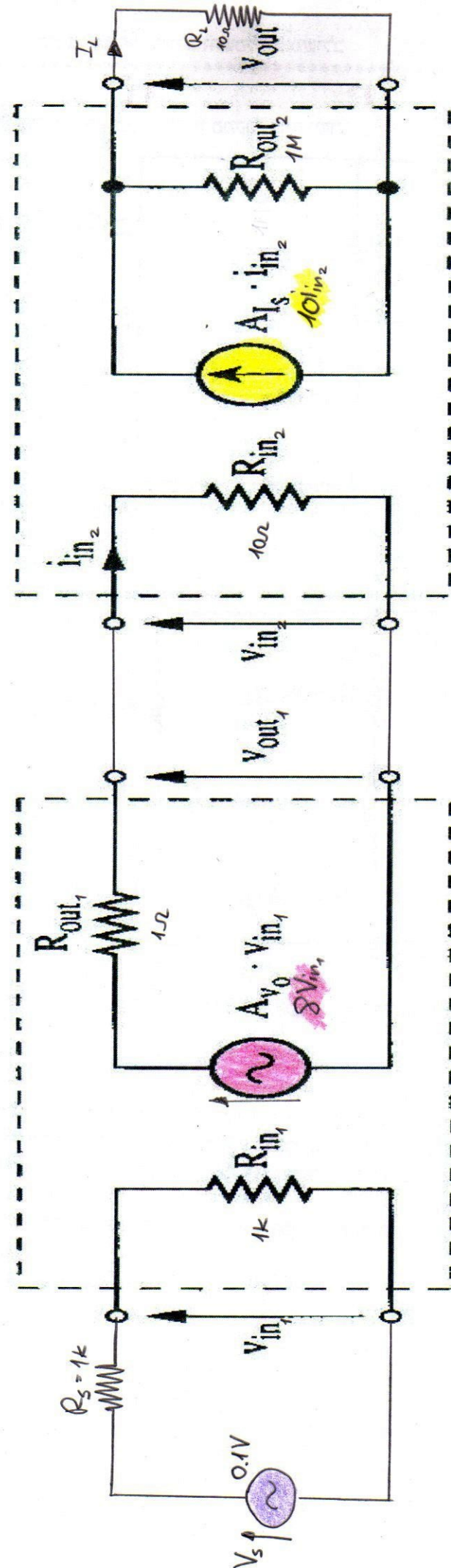
המחיר כעצירת זה וההפרש צומצם:

- ① במודל החול כולל זרמי העצירה ב- R_L , כך שלא תהיה לזרם זרם רגיל במסלול החול.
- ② כולל לזרם המודל האצוסי, שם זרמי העצירה ב- R_L .
- ③ במודל הנהגה R_L בהנהגה R_{out2} , כך שהוא מוסיף בקצה מסתם של R_L והוא מוסיף בקצה מסתם של R_L והוא מוסיף בקצה מסתם של R_L .

$$I_L = 10 I_{in2} \leq R_L$$

④ עדיף לזרם זה לזרמי העצירה, כאשר מוסיפים את "זרם העצירה" בין מודל למודל.

⑤ מצבם למצב אחר A_V - A_T לזרם שמספר העצירה את העצירה, מכלול שלמה מכלול כולל זרמי העצירה וזרם P .



$$V_o = I_L R_L = 10 I_{in2} \cdot 10 = 100 I_{in2}$$

$$I_{in2} = \frac{A_{v0} \cdot V_{in1}}{R_{out1} + R_{in2}} = \frac{8 V_{in1}}{11} = 0.727 V_{in1}$$

$$V_{in1} = V_s \cdot \frac{R_{in1}}{R_{in1} + R_s} = V_s \cdot \frac{1}{1+1} = 0.5 V_s$$

$$V_o = 100 I_{in2} = 100 \cdot 0.727 V_{in1} = 100 \cdot 0.727 \cdot 0.5 V_s = 36.35 V_s$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = 36.35$$

$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{36.35V_s}{10} = 3.635V_s$$

$$i_{in4} = \frac{V_s}{R_S + R_{in4}} = \frac{V_s}{1000 + 1000} = 5 \cdot 10^{-4} V_s$$

$\Downarrow$

$$A_I = \frac{I_L}{i_{in4}} = 7270$$

$\square$

$$A_I = A_v \cdot \frac{R_S \cdot R_{in4}}{R_L} = 36.35 \cdot \frac{2000}{10} = 7270$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{E} V_o = 36.35V_s = 36.35 \cdot 0.1 = 3.635V_s$$

$$I_L = 3.635V_s = 3.635 \cdot 0.1 = 0.3635A_s$$

$$P_L = I_L^2 \cdot R_L = 0.363^2 \cdot 10 = 1.321W_s$$

$$\textcircled{2} A_p = A_v \cdot A_z = 36.35 \cdot 7270 =$$

$$= 264264.5_s$$

$$[A_p]_{dB} = 10 \log A_p = 54.22dB$$

התוצאה היא שיש לנו $V_{o_{max}} = V_{cc} = 10V$ ו- $V_{in_{max}} = 0.275V$ (התוצאה היא שיש לנו $V_{o_{max}} = V_{cc} = 10V$ ו- $V_{in_{max}} = 0.275V$)

$\Downarrow$

$$V_{in_{max}} = \frac{V_{o_{max}}}{A_v} = \frac{10}{36.35} = 0.275V$$

$\Downarrow$

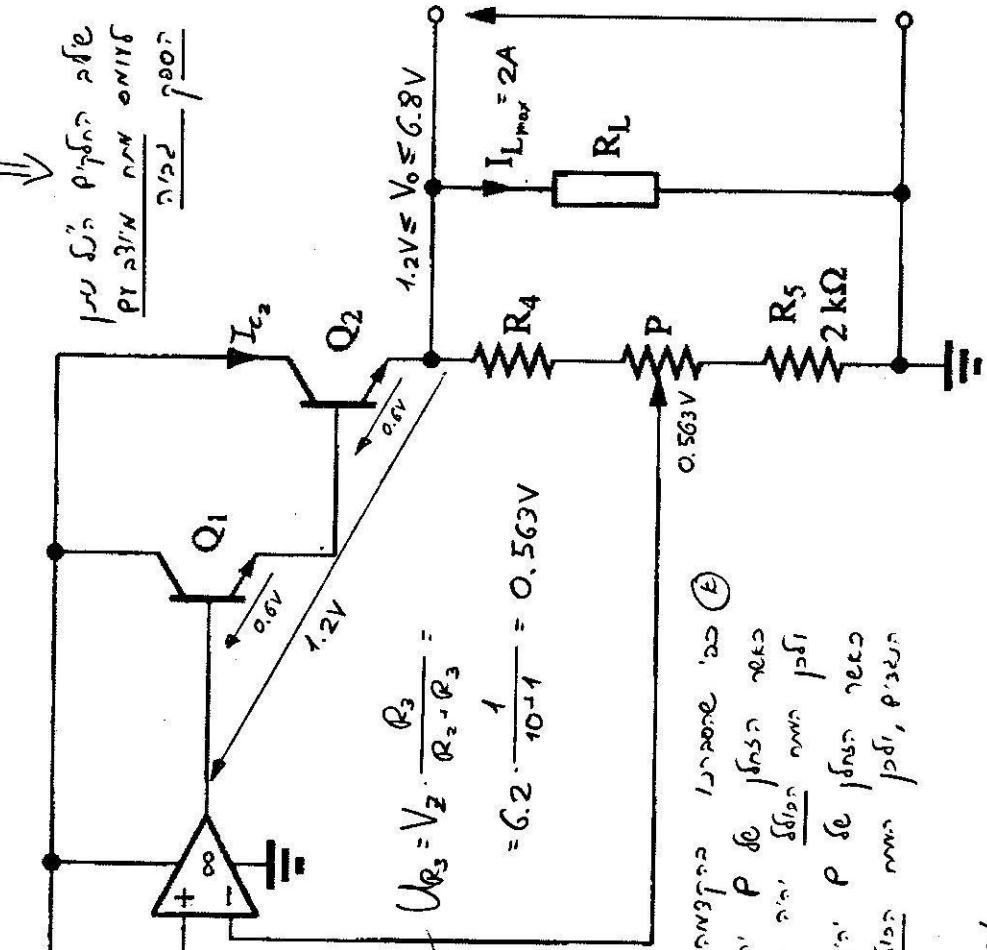
$$V_{in(p-p)} = 2V_{in_{max}} = 2 \cdot 0.275 = 0.55V_s$$

② ממש V_{UR} כמחמת הנהגה למעלה שיהיה, וזה כן צריך לקחת
 מחמת מספר גודל כן שיהיה יעקב גודל בקירוב המספר:
 V_0 יהיה מקסימלי, כלומר 6.8V, ואכן המערכת יעביר מספר מחמת
 מספר גודל, כך שכל למעלה ורק (וזה כן יסגור חזק המערכת
 המערכת), כלומר 0.6V
 $V_{UR_{max}} = 18V$

$$V_{UR} = V_{UR} = V_{GE1} + V_{GE2} + V_{UR_{max}} = 0.6 + 0.6 + 6.8 = 1.2 + 6.8 = 8V$$

① רשת המערכת, כלומר הנהגה והמערכת שיהיה
 מערכת המערכת למעלה מחמת מספר
 מערכת מערכת כ- R_1

② למעלה המערכת המערכת כמחמת בקירוב, וזה כן צריך לקחת
 מחמת המערכת שיהיה זה המערכת המערכת.



שלב המערכת הנהגה
 PT 331 מחמת מספר
 המערכת המערכת

$$V_{R3} = V_Z \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 6.2 \cdot \frac{1}{10 + 1} = 0.563V$$

③ כפי שהמחמת המערכת, מחמת המערכת למעלה המערכת, וזה כן צריך לקחת
 מחמת המערכת שיהיה זה המערכת המערכת.
 $V_0 = 6.8V$
 $V_0 = 6.8V$
 $V_0 = 6.8V$
 $V_0 = 6.8V$

$$1.2V \approx V_0 \approx 6.8V$$

$$0.563V = V_P - V_{R3}$$

$$0.563V = V_{R3}$$



$$0.563 = U_p + U_{R5}$$

$$0.563 = U_{R5}$$

$$0.563 = V_{0min} \cdot \frac{R_5 + R}{R_5 + R + R_4}$$

$$0.563 = V_{0max} \cdot \frac{R_5}{R_5 + R + R_4}$$

$$0.563 = 1.2 \cdot \frac{P+2}{P+2+R_4}$$

$$0.563 = 6.8 \cdot \frac{2}{P+2+R_4}$$



$$1.2 \cdot \frac{P+2}{P+2+R_4} = 6.8 \cdot \frac{2}{P+2+R_4}$$

$$1.2(P+2) = 6.8 \cdot 2$$

$$P = 9.333 k\Omega$$



$$0.563 = 6.8 \cdot \frac{2}{9.333+2+R_4}$$

$$R_4 = 12.823 k\Omega$$

הכנסו לקצב הספק ביטור מ'רבי של Q_2 יש לבדוק שהמחיר 1.8V יתיר מ'רבי מ'רבי, וכמו כן תצטרך לבדוק מ'רבי מ'רבי.

$$I_{E2max} = I_{Lmax} = 2A \Rightarrow$$

$$I_{C2max} = \beta \cdot \frac{I_{E2max}}{\beta+1} = 30 \cdot \frac{2}{31} = 1.935A$$

מחיר מ'רבי מ'רבי יתקבל מ'רבי הברז בולצ'ק'ר תצטרך ב'רר, ס'רר:

$$V_{Cmax} = V_{URmax} = 18V$$

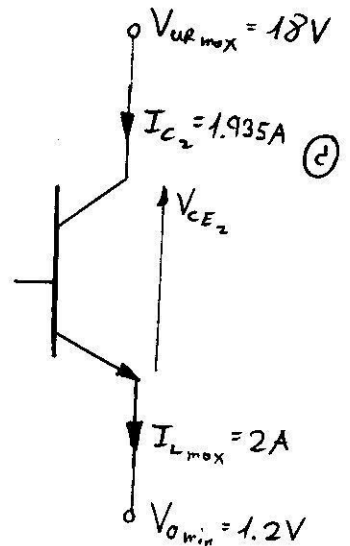
$$V_{Emin} = V_{0min} = 1.2V$$

$$\Rightarrow V_{CEmax} = 18 - 1.2 = 16.8V$$



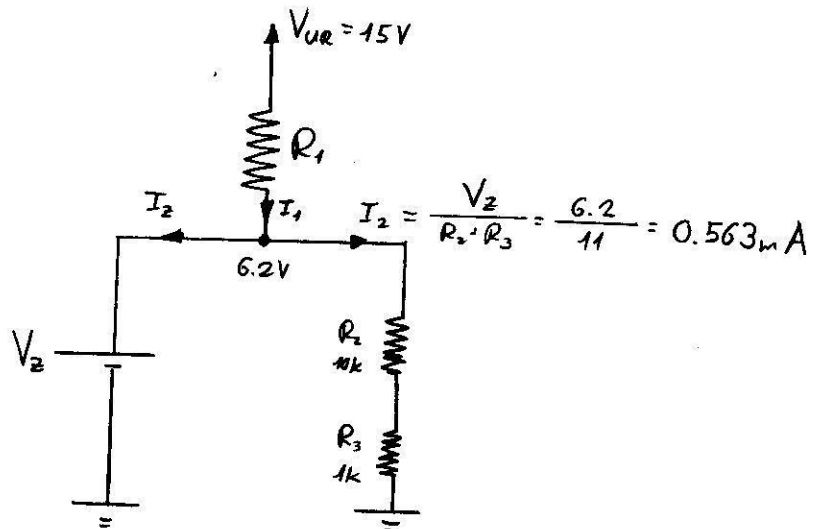
$$P_{Q2max} = I_{C2max} \cdot V_{CEmax} =$$

$$= 1.935 \cdot 16.8 = 32.508W$$



$$\textcircled{3} \begin{matrix} P_{Z_{\max}} = 1W \\ V_Z = 6.2V \end{matrix} \Rightarrow I_{Z_{\max}} = \frac{P_{Z_{\max}}}{V_Z} = \frac{1}{6.2} = 161.3 \text{ mA}$$

$$I_{Z_{\min}} = 10 \text{ mA}$$



$$I_{1_{\max}} = I_{Z_{\max}} + I_2 = 161.3 + 0.563 = 161.863 \text{ mA}$$

$$R_{1_{\min}} = \frac{V_{Ur} - V_Z}{I_{1_{\max}}} = \frac{15 - 6.2}{161.863} = 0.054 \text{ k} = 54.37 \Omega$$

$$I_{1_{\min}} = I_{Z_{\min}} + I_2 = 10 + 0.563 = 10.563 \text{ mA}$$

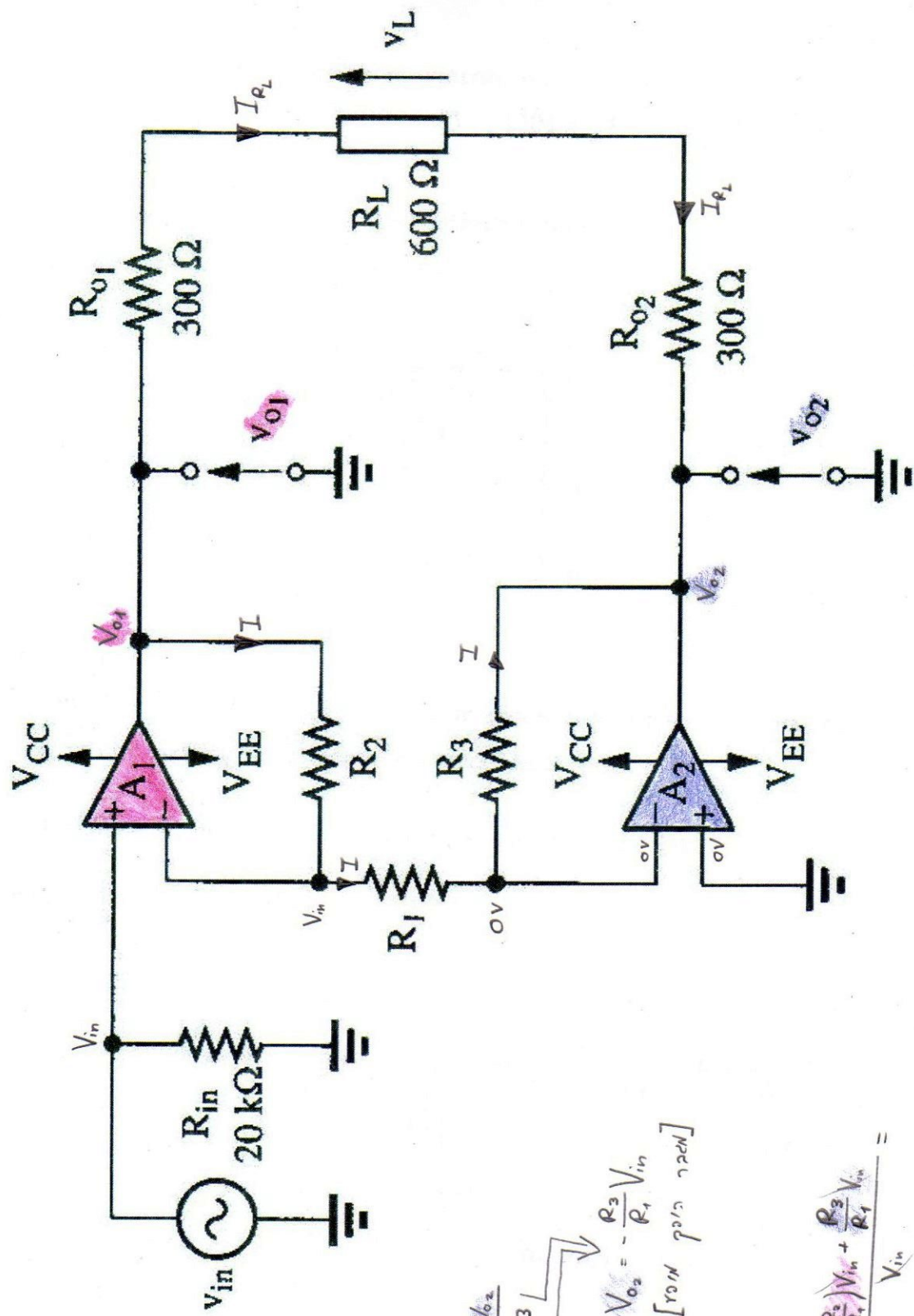
$$R_{1_{\max}} = \frac{V_{Ur} - V_Z}{I_{1_{\min}}} = \frac{15 - 6.2}{10.563} = 0.833 \text{ k} = 833 \Omega$$



$$54.37 \Omega \leq R_1 \leq 833 \Omega$$

$$833 \text{ mA} \geq I_Z \geq 10 \text{ mA}$$

7



② $I = I = I$

$$\frac{V_{o1} - V_{in}}{R_2} = \frac{V_{in} - 0}{R_1} = \frac{0 - V_{o2}}{R_3}$$

$$V_{o1} = \frac{R_2}{R_1} V_{in} + V_{in}$$

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in}$$

$$V_{o2} = -\frac{R_3}{R_1} V_{in}$$

$$A_v = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{in}} = \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in} + \frac{R_3}{R_1} V_{in}}{V_{in}}$$

$$= 1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_3}{R_1} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1}$$

$$② \quad |A_{v_1}| = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$|A_{v_2}| = \frac{R_3}{R_1}$$

$$[1] \quad |A_{v_1}| = |A_{v_2}|$$

$$1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_1}$$

$$1 + \frac{R_2}{50} = \frac{R_3}{50}$$

$$50 + R_2 = R_3$$

$$\boxed{R_2 - R_3 = -50}$$

$$[2] \quad A_v = 10$$

$$\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1} = 10$$

$$\frac{50 + R_2 + R_3}{50} = 10$$

$$50 + R_2 + R_3 = 500$$

$$\boxed{R_2 + R_3 = 450}$$

$\Downarrow$

$$R_2 = 200 \Omega$$

$$R_3 = 250 \Omega$$

$$① \quad V_{in}(t) = 2 \cdot \sin(2\pi t) [V]$$

$\Downarrow$

$$V_{in} = V_{in, RMS} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} [V]$$

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in} = \left(1 + \frac{200}{50}\right) V_{in} = 5 V_{in} = 5\sqrt{2} [V]$$

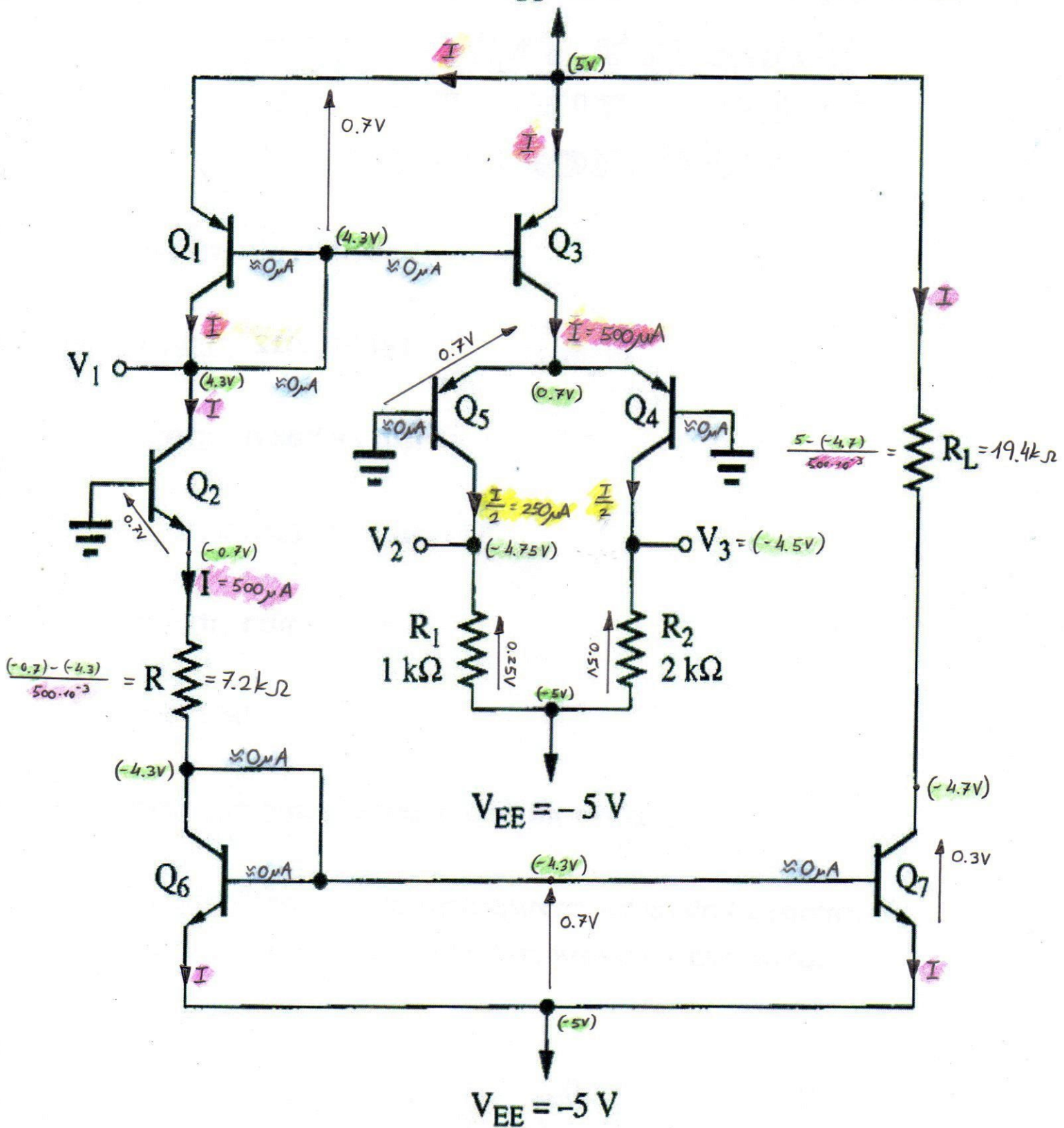
$$V_{o2} = -\frac{R_3}{R_1} V_{in} = -\frac{250}{50} V_{in} = -5 V_{in} = -5\sqrt{2} [V]$$

$\Downarrow$

$$I_{R_L} = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{R_1 + R_L + R_2} = \frac{5\sqrt{2} - (-5\sqrt{2})}{0.3 + 0.6 + 0.3} = 11.785 \text{ mA}$$

$\Downarrow$

$$P_{R_L} = I_{R_L}^2 \cdot R_L = 11.785^2 \cdot 0.6 = 83.333 \text{ mW}$$

$V_{CC} = 5\text{ V}$ 

$$Q_4: (5.2V, 250\mu A)$$

$$Q_5: (5.45V, 250\mu A)$$

$$\textcircled{ד} \quad V_{EB_1} = 0.7V$$

$$V_{E_1} - V_{B_1} = 0.7$$

$$5 - V_1 = 0.7$$

$$V_1 = 4.3V_{,,}$$

③ Q_7 יוצא בהולכה כמעט הוא זרם I_{S_0} חווה, כסומות:

$$V_{CE_7} = 0.3V \Rightarrow V_{C_7} = V_{CE_7} + V_{EE} = 0.3 + (-5) = -4.7V$$

הזרם I_L הוא כמעט I , וזאת NPN הוא זרם, וזה:

$$R_L = \frac{V_{CC} - V_{C_7}}{I} = \frac{5 - (-4.7)}{500 \cdot 10^{-3}} = 19.4k\Omega_{,,}$$

$$\textcircled{ה} \quad V_{EC_3} = V_{CC} - V_{E_4} = 5 - 0.7 = 4.3V$$

$$P_{Q_3} = V_{EC_3} \cdot I = 4.3 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 2.15mW_{,,}$$

(9)

MOSFET	JFET
V_T	V_P
$k \cdot V_T^2$	I_{OSS}

$$V_T = 4V$$

$$k = 0.625 \frac{mA}{V^2}$$

$$\Downarrow$$

$$I_{OSS} = 10mA$$

$$\textcircled{E} R_{GG} = R_1 \parallel R_2 = 15 \parallel 15 = 7.5k\Omega$$

$$V_{GG} = V_{DD} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5V$$

$$\Downarrow$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_{GG} - R_S \cdot I_D = 5 - 1 \cdot I_D = 5 - I_D$$

$$\Downarrow$$

$$I_D = I_{OSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$I_D = 10 \left(1 - \frac{5 - I_D}{4}\right)^2$$

$$I_D = \begin{cases} 0.303mA \Rightarrow V_{GS} = 5 - 0.303 = 4.697V > V_T \checkmark \\ 3.3mA \Rightarrow V_{GS} = 5 - 3.3 = 1.7V < V_T \times \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

$$V_{DD} - 0 = (R_D + R_S) I_D + V_{OS}$$

$$10 = 6 \cdot 0.303 + V_{OS}$$

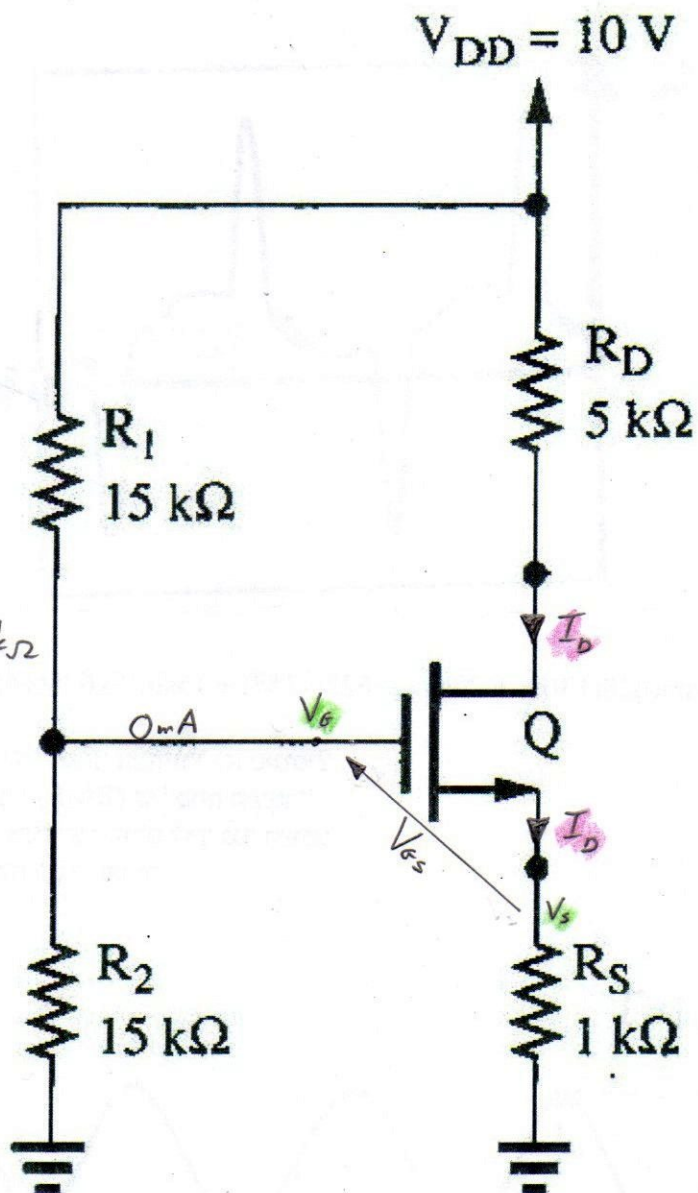
$$V_{OS} = 8.182V$$

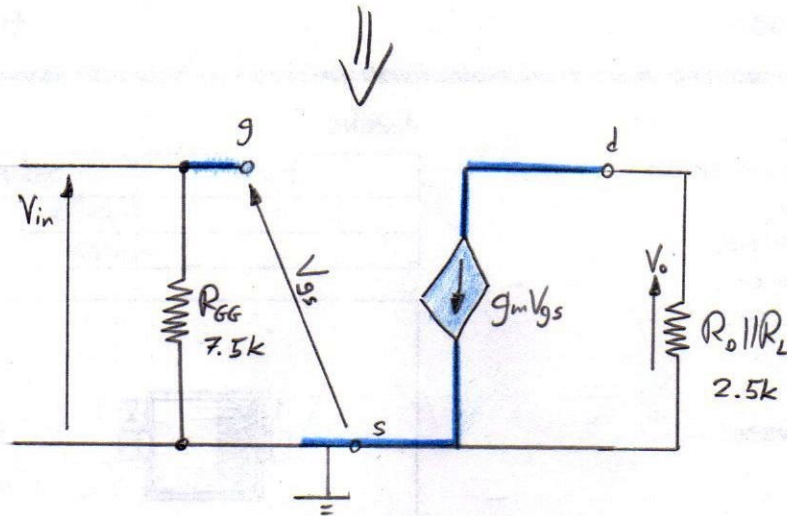
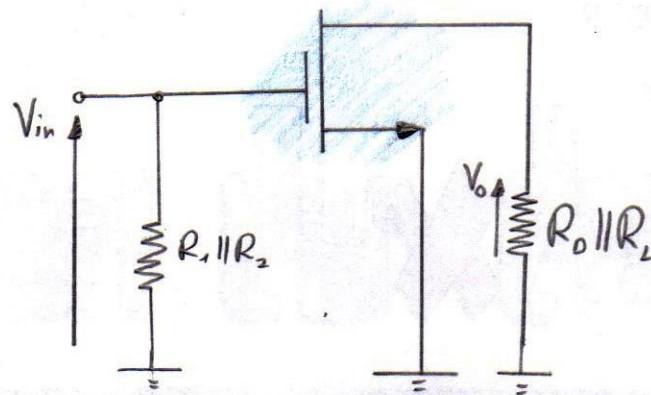
$$\Rightarrow$$

$$V_{GS} = 4.697V$$

$$I_D = 0.303mA$$

$$V_{OS} = 8.182V$$





$$\textcircled{c} \quad g_m = \frac{2 I_{DSS}}{|V_p|} \cdot \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} = \frac{2 \cdot 10}{4} \cdot \sqrt{\frac{0.303}{10}} = 0.87 \text{ mS}$$

$$V_o = -g_m V_{gs} (R_D || R_L) = -0.87 \cdot 2.5 V_{gs} = -2.175 V_{gs}$$

$$V_{in} = V_{gs}$$

$$\Downarrow$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = -2.175$$

$$A_{v[\text{dB}]} = 20 \log |A_v| = 20 \log 2.175 = 6.752 \text{ dB}$$