

עבודת הגשה

בנושא

FET

מגברים
קסקודיים

חישובי הגברים
והתנגדויות

חישובי נקודת
עבודה

תאריך הגשה: 12.6.12 [ג']

הנחיות

1. תרגילים 1, 3, 6, 7 הם תרגילי רשות. כל מי שיפתור אותם יקבל בonus, ואני ממליץ לפתור אותם בכדי לשלוט שליטה מוחלטת בחומר.

שאר התרגילים הם תרגילי חובה.

2. בתרגילים 3 ו-4 עוסקים ב-FET מסוג **אפיק P**, ולכן מתח הצביטה הוא חיובי!

3. בתרגילים 5-8 יש לחשב את נקודת העבודה, כך שתוכלו לחשב את g_m .

g_m נחוצה לחישוב ההגבר, והיא מופיעה במעגל התמורה.

4. במגברים הקסקודיים יש שימוש ב"**אפקט המשקפת**".

נוסחאות

תחום רוויה (צביטה)

$$U_{GS} > U_P \quad \text{וגם} \quad U_{DS} > U_{GS} - U_P$$

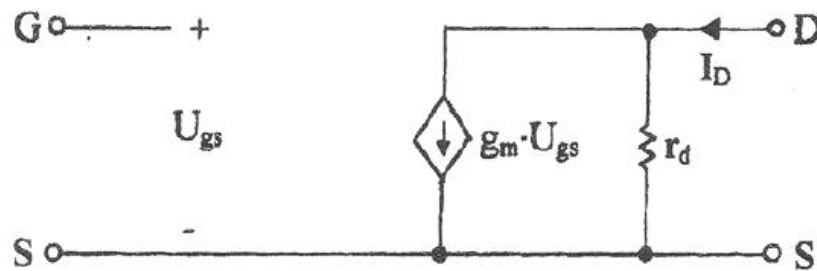
$$\left[\begin{array}{l} \text{תנאים שמתאימים עבור N-channel וגם P-channel:} \\ |U_{GS}| < |U_P| \quad \text{וגם} \quad |U_{DS}| > |U_P| - |U_{GS}| \end{array} \right]$$

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

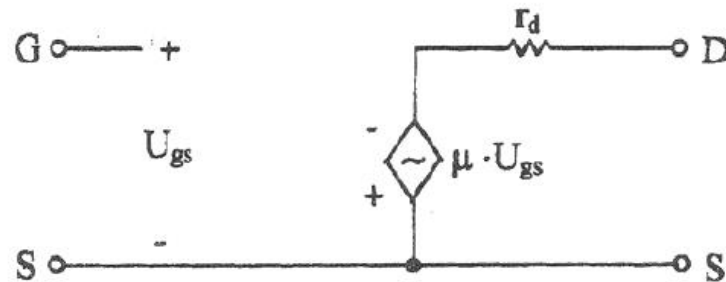
10. טרנזיסטור MOSFET/FET לאות קטן:

מעגלי תמורה לטרנזיסטור FET, בתדרי ביניים.

סכמות התמורה לטרנזיסטור FET בתדרי הביניים לאות קטן:



מעגל א'



מעגל ב'

שני המעגלים שקולים זה לזה, הקשר בין הפרמטרים הוא:

$$\mu = g_m \cdot r_d$$

מעגל תמורה לרכיב MOSFET זהה לחלוטין למעגל FET; ערכי הפרמטרים משתנים לפי ההתקן הספציפי.

$$\begin{cases} \mu = g_m \cdot r_d \\ g_m = \frac{dI_D}{dU_{GS}} = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right) = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} \cdot \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} \\ g_{m0} = g_m|_{U_{GS}=0} = \frac{2I_{DSS}}{|U_P|} \end{cases}$$

g_m - מוליכות המעבר של הרכיב.

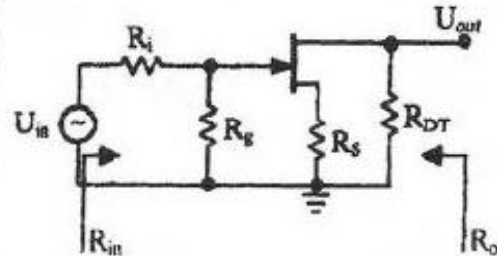
נוסחאות הגבר והתנגדויות מבוא ומוצא (P/N-FET)

C.S - Common Source - מקור משותף

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \left[\frac{-R_{DT} \cdot \mu}{R_s \cdot (1 + \mu) + r_d + R_{DT}} \right] \cdot \left(\frac{R_s}{R_i + R_s} \right)$$

$$R_{in} = R_i + R_s$$

$$R_o = [R_s \cdot (\mu + 1) + r_d] \parallel R_{DT}$$



כאשר $r_d \rightarrow \infty$ נקבל:

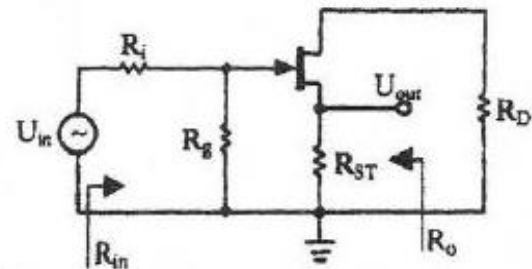
$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \left[\frac{-R_{DT} \cdot g_m}{R_s \cdot g_m + 1} \right] \cdot \left(\frac{R_s}{R_i + R_s} \right)$$

C.D - Common Drain - ממק משותף

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \left[\frac{R_{ST} \cdot \mu}{R_{ST} \cdot (1 + \mu) + r_d + R_D} \right] \cdot \left(\frac{R_s}{R_i + R_s} \right)$$

$$R_{in} = R_i + R_s$$

$$R_o = \left[\frac{r_d + R_D}{\mu + 1} \right] \parallel R_{ST}$$



כאשר $r_d \rightarrow \infty$ נקבל:

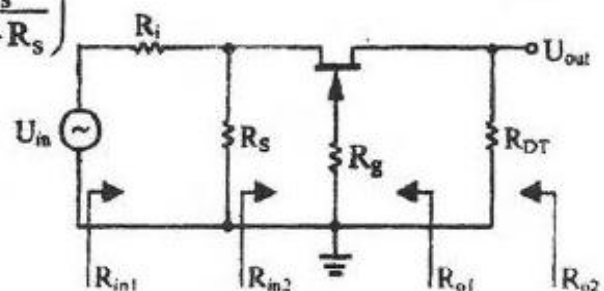
$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \left[\frac{R_{ST} \cdot g_m}{1 + R_{ST} \cdot g_m} \right] \cdot \left(\frac{R_s}{R_i + R_s} \right)$$

C.G - Common Gate - שער משותף

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \left(\frac{R_{DT} \cdot (1 + \mu)}{(R_i \parallel R_s) \cdot (1 + \mu) + r_d + R_{DT}} \right) \cdot \left(\frac{R_s}{R_i + R_s} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{in1} = R_i + R_s \parallel R_{in2} \\ R_{in2} = \frac{r_d + R_{DT}}{1 + \mu} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{O1} = r_d + (R_i \parallel R_s) \cdot [1 + \mu] \\ R_{O2} = R_{O1} \parallel R_{DT} \end{array} \right.$$



כאשר $r_d \rightarrow \infty$ נקבל:

$$A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \left[\frac{R_{DT} \cdot g_m}{1 + (R_i \parallel R_s) \cdot g_m} \right] \cdot \left(\frac{R_s}{R_i + R_s} \right)$$

לשלושת המעגלים:

$$A_i = \frac{I_{out}}{I_{in}} = A_v \cdot \frac{R_{in}}{R_L}, \quad A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}}$$

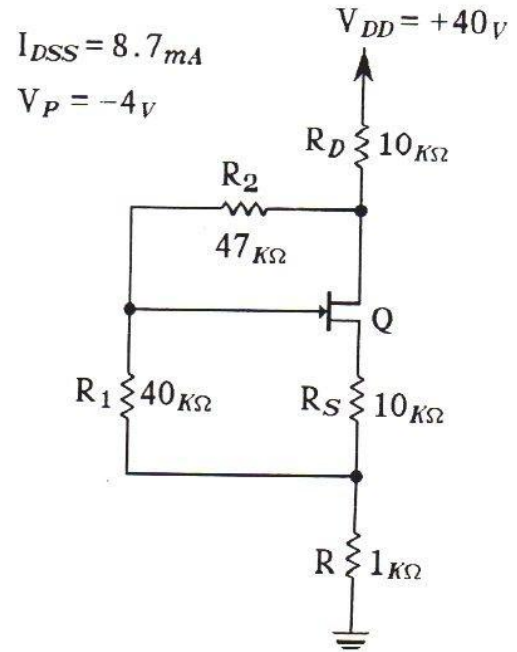
כאשר R_L הנגד דרכו זורם I_{out} .

R_{in} ההתנגדות שרואה המקור U_{in} .

R_{DT} ו- R_{ST} התנגדות כוללת במפץ ובמקור בהתאמה.

נתון המעגל הבא:

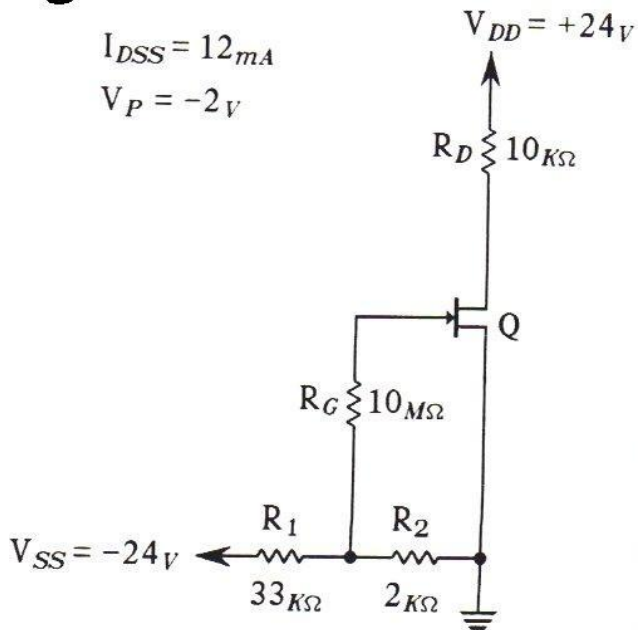
①



צ"ל: 1) את נקודת העבודה של ה-FET.

נתון המעגל הבא:

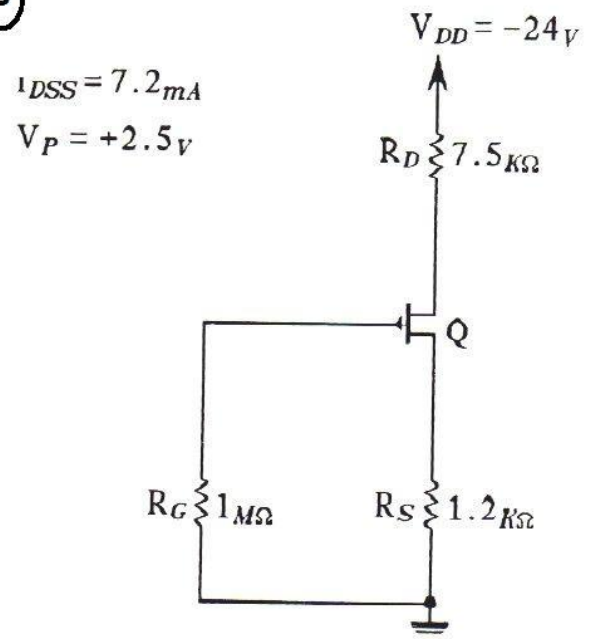
②



צ"ל: 1) את נקודת העבודה של ה-FET.

נתון המעגל הבא:

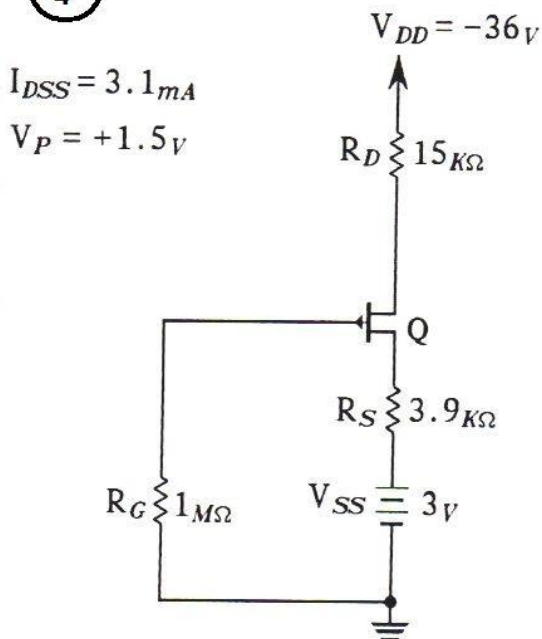
③



צ"ל: 1) את נקודת העבודה של ה-FET.

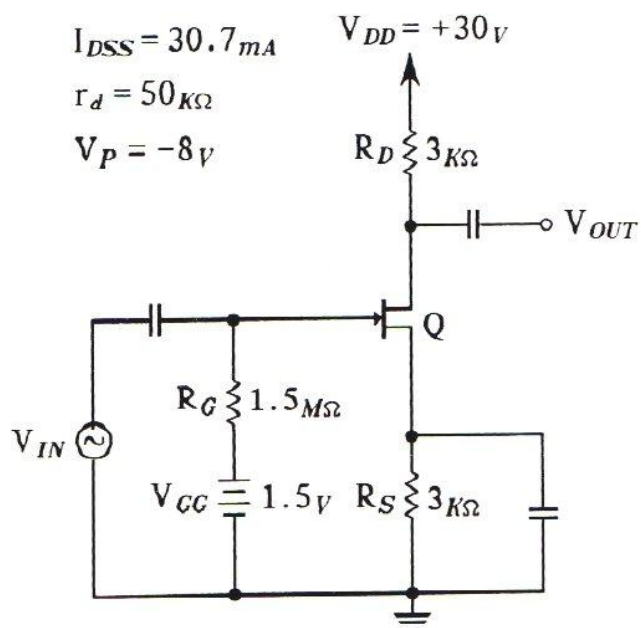
נתון המעגל הבא:

④



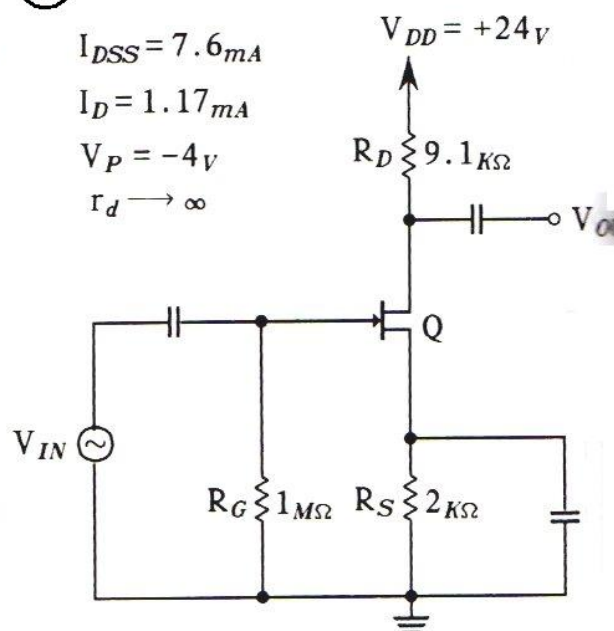
צ"ל: 1) את נקודת העבודה של ה-FET.

6 נתון המעגל הבא:



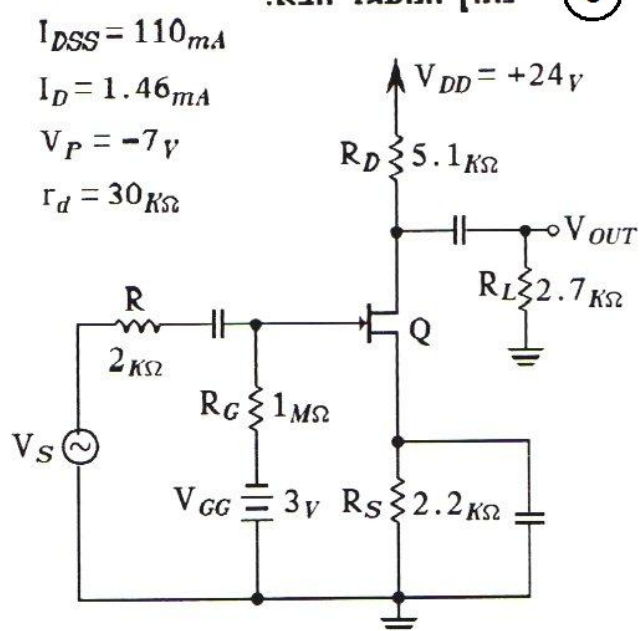
צ"ל: א) את ההגבר $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$
 ב) את התנגדות הכניסה והיציאה.

5 נתון המעגל הבא:



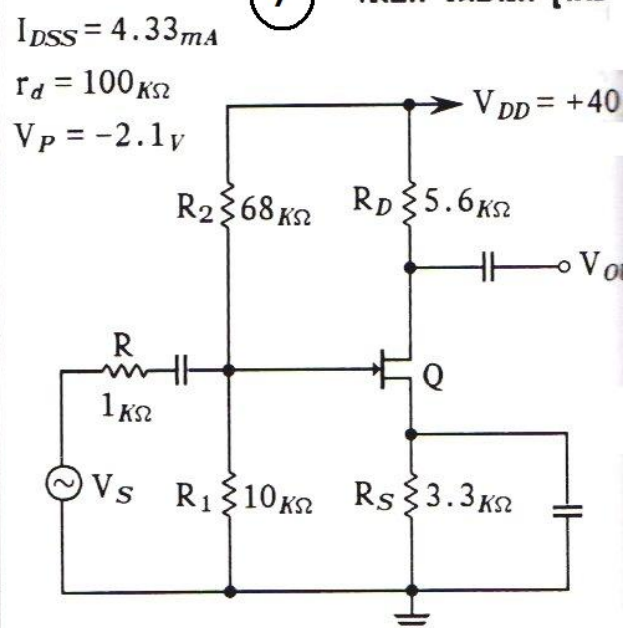
א) את ההגבר $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$
 ב) את התנגדות הכניסה והיציאה.

8 נתון המעגל הבא:

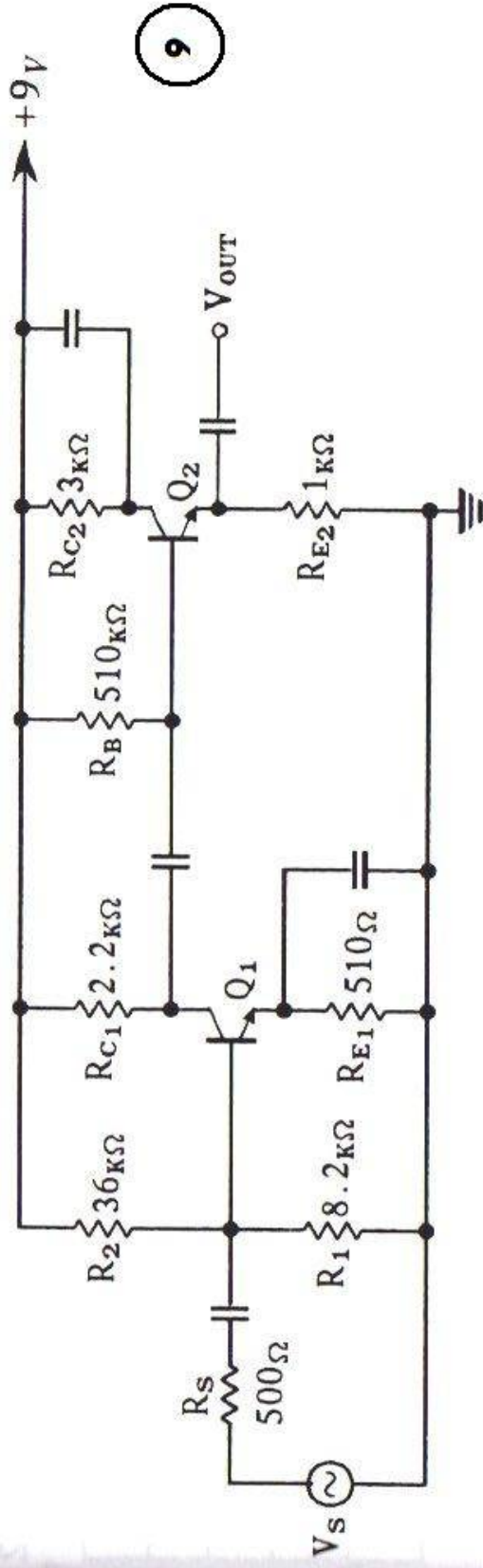


צ"ל: א) את ההגבר $A_{V_S} = \frac{V_{OUT}}{V_S}$
 ב) את התנגדות הכניסה והיציאה.

7 נתון המעגל הבא:



א) את ההגבר $A_{V_S} = \frac{V_{OUT}}{V_S}$
 ב) את התנגדות הכניסה והיציאה.



צ"ל: א) את נקודת העבודה של כל טרנזיסטור.

	Q ₁	Q ₂
V _{BE}	0.7V	0.7V
β	80	80
hie	1.32kΩ	1.8kΩ
hfe	80	80

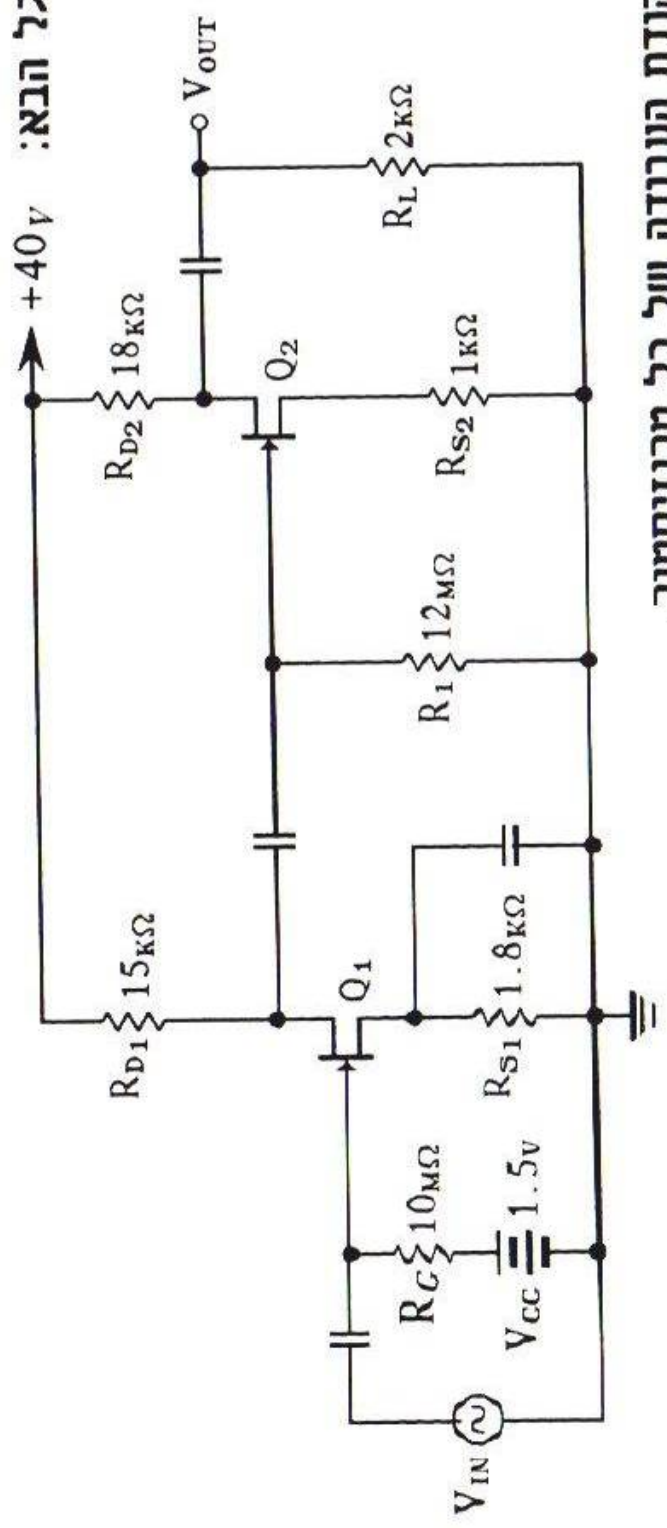
ב) את ההגבר $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_S}$

ג) את ההגבר $A_I = \frac{I_{OUT}}{I_{IN}}$

ד) את התנגדות הכניסה והיציאה.

נתון המעגל הבא: $+40V$

10



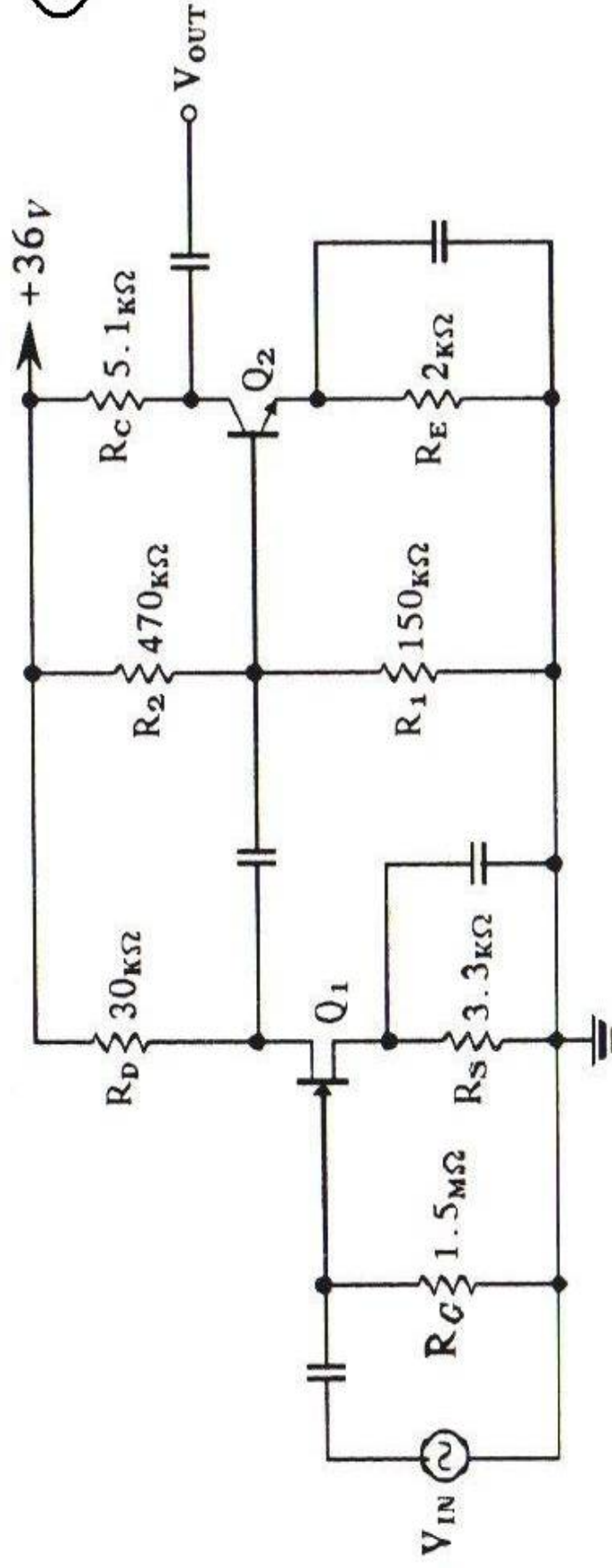
צ"ל: א) את נקודת העבודה של כל טרנזיסטור.

ב) את ההגבר $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$

ג) את ההגבר $A_I = \frac{I_{OUT}}{I_{IN}}$

ד) את התנגדות הכניסה.

	Q_1	Q_2
I_{DSS}	12mA	12mA
V_P	-2V	-2V
r_d	650kΩ	800kΩ



א) את ההגבר $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$

ב) את ההגבר $A_I = \frac{I_{OUT}}{I_{IN}}$

ג) את התנגדות הכניסה והיציאה.

	Q1	Q2
I_{DSS}	1.95mA	V_{BE}
V_P	-4V	β
I_D	0.55mA	h_{ie}
r_d	40kΩ	h_{fe}

תשובות:

$$I_D = 1.29mA \quad V_{DS} = 10.05V \quad (V_{GS} = -2.45V) \quad .1$$

$$I_D = 1.19mA \quad V_{DS} = 12.1V \quad (V_{GS} = -1.37V) \quad .2$$

$$I_D = 1.22mA \quad V_{SD} = 13.38V \quad (V_{GS} = 1.47V) \quad .3$$

$$I_D = 0.94mA \quad V_{SD} = 21.2V \quad (V_{GS} = 0.67V) \quad .4$$

$$A_V = -13.56 \quad R_{IN} = 1M\Omega \quad R_{OUT} = 9.1K\Omega \quad (gm = 1.49mS) \quad .5$$

$$A_V = -6.08 \quad R_{IN} = 1.5M\Omega \quad R_{OUT} = 2.83K\Omega \quad (gm = 2.15mS) \quad .6$$

$$A_V = -12.56 \quad R_{IN} = 9.71K\Omega \quad R_{OUT} = 5.3K\Omega \quad (gm = 2.64mS) \quad .7$$

$$A_V = -6.017 \quad R_{IN} = 1M\Omega \quad R_{OUT} = 1.666K\Omega \quad (gm = 3.62mS) \quad .8$$

$$V_{CE1} = 4.65V \quad I_{C1} = 1.6mA$$

$$V_{CE2} = 4.64V \quad I_{C2} = 1.12mA$$

$$A_V = -87 \quad A_I = -139.43 \quad R_{IN} = 1.602K\Omega \quad R_{OUT} = 49\Omega \quad .9$$

$$V_{DS1} = 18.54V \quad I_{D1} = 1.277mA$$

$$V_{DS2} = 19.6V \quad I_{D2} = 1.072mA$$

$$A_V = 8.61 \quad A_I = -43000 \quad R_{IN} = 10M\Omega \quad .10$$

$$A_V = 246.84 \quad A_I = -72672 \quad R_{IN} = 1.5M\Omega \quad R_{OUT} = 5.1K\Omega \quad .11$$

בהצלחה!