

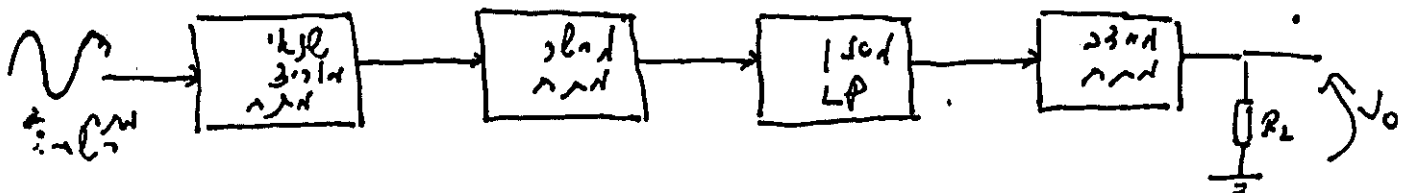
פתרון מוצע לבחינת מה"ט באלקטרוניקה תקבילית

מועד תשע"ז, קיץ 2017

מחבר: מר פופקו צבי מכללת אורט סינגלובסקי

שאלה 1

א. זוג אייזבאם סוגי האמפס רכיב וזוג - פואר זוגי.  
הרעטאט, משום כחב בקרה סוגי האמפס זוגי הכולם  
הפיוס ז' זיכר. גולים האבנים של ספקיה



$$V_0 = V_2 - V_{BE} = 12 - 0.7 = 11.3V$$

$$I_R = \frac{V_1 - V_2}{R} = \frac{20 - 12}{0.22} = 36.36mA$$

$$I_2 = I_R - I_B$$

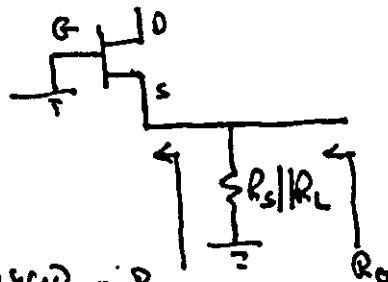
$$I_E = I_L = \frac{V_0}{R_L} = \frac{11.3}{1} = 11.3mA$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{11.3}{51} = 0.22mA$$

$$I_2 = 36.36 - 0.22 = 36.14mA$$

2. מלח

$$Z_{in} = R_{in} = R_1 \parallel R_2 = \frac{3.5 \cdot 1.5}{3.5 + 1.5} = 1.05 M\Omega$$

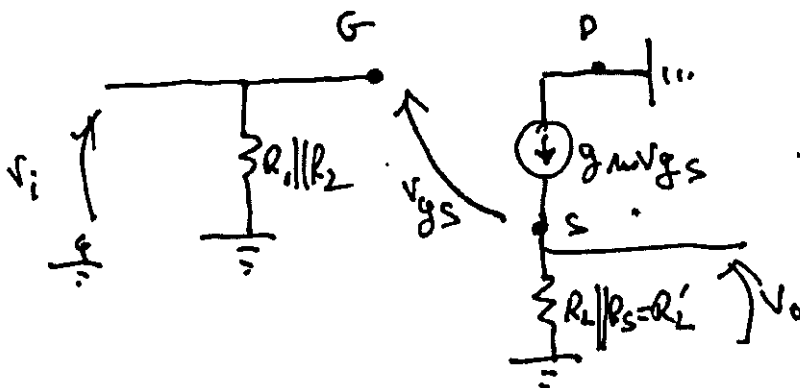


" $R_{os}$  - הנעצב המוכר קמקו"

$$R_{os} = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{2.5} = 0.4 k\Omega$$

$$Z_{out} = R_o = R_{os} \parallel R_S \parallel R_L = \frac{1}{\frac{1}{0.4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{20}} = 0.327 k\Omega$$

2.2 מלח



$$R'_L = R_S \parallel R_L = \frac{2 \cdot 20}{2 + 20} = 1.818 k\Omega$$

$$V_o = g_m \cdot V_{gs} \cdot R'_L = g_m (V_i - V_o) R'_L = 2.5 \cdot 1.818 (V_i - V_o)$$

$$V_o = 4.54 V_i - 4.54 V_o$$

$$5.54 V_o = 4.54 V_i$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{4.54}{5.54} = 0.819$$

א. חזק בסמיכותה בלתי נגמרת, כי היא היא תולדות אלה:

$$0 = I_{B_1} \cdot R_{B_1} + V_{BE_1} + 2I_{E_1} \cdot R_E - I_Z$$

$$11.3 = 1641 I_{B1} \Rightarrow I_{B1} = 6.88 \mu A$$

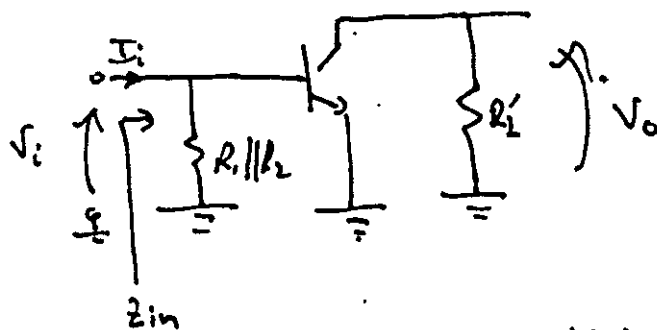
$$I_{C_1} = \beta I_{B_1} = 0.688 \text{ mA}$$

$$V_{B_1} = V_{B_2} = -I_{B_1} R_{B_1} = -0.0063825 = -0.142V \cdot P$$

$$V_0 = 12 - I_{c2} \cdot R_{c2} = 12 - 0.688 \cdot 12 = 3.74 \text{ V} \quad \cdot \text{c}$$

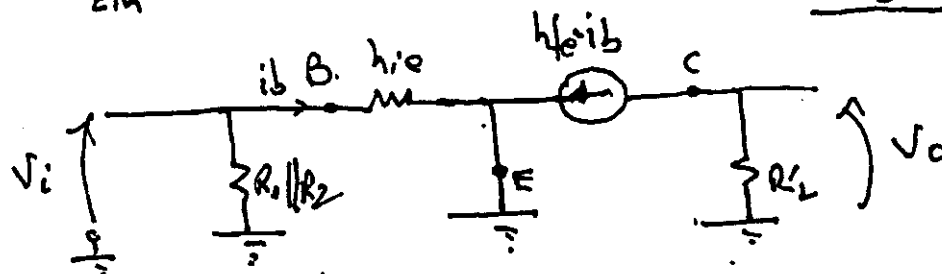
גילוי 4

א. א. א. א.



$$R'_L = R_C \parallel R_L = \frac{6.8 \cdot 20}{6.8 + 20} = 5.07 \text{ k}\Omega$$

ה. ה. ה. ה.



$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2 = \frac{56 \cdot 8.2}{56 + 8.2} = 7.15 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{22 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{22 \cdot 8.2}{8.2 + 56} = 2.8 \text{ V}$$

$$Z_{in} = R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel h_{ie} = \frac{7.15 \cdot 1.5}{7.15 + 1.5} = 1.24 \text{ k}\Omega$$

ה. ה. ה. ה.

$$A_v = -\frac{h_{fe} \cdot R'_L}{h_{ie}} = -\frac{90 \cdot 5.07}{1.5} = -304.2$$

$$A_s = \frac{I_o}{I_i} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{\frac{V_i}{R_{in}}} = \frac{V_o \cdot R_{in}}{V_i \cdot R_L} = A_v \cdot \frac{R_{in}}{R_L} = -304.2 \cdot \frac{1.24}{20} = -18.84$$

.K

$$I_{B1} = \frac{30 - V_{BE1}}{R_1} = \frac{30 - 0.7}{750} = 0.039 \text{ mA}, I_{C1} = \beta I_{B1} = 3.9 \text{ mA}$$

$V_{C1} \approx 12 \text{ V}$

$$30 = I_{R2} \cdot R_2 + V_{BE2} + (\beta + 1) I_{B2} \cdot R_E$$

$\downarrow$   
( $I_{C1} + I_{B2}$ )

$$30 = (3.9 + I_{B2}) 6.2 + 0.7 + 101 I_{B2} \cdot 4.7$$

סיגנון, המשוואה נגלה:

$$I_{B2} = 10 \mu\text{A}$$

$$I_{R2} = I_{C1} + I_{B2} = 3.9 + 0.01 = 3.91 \text{ mA}$$

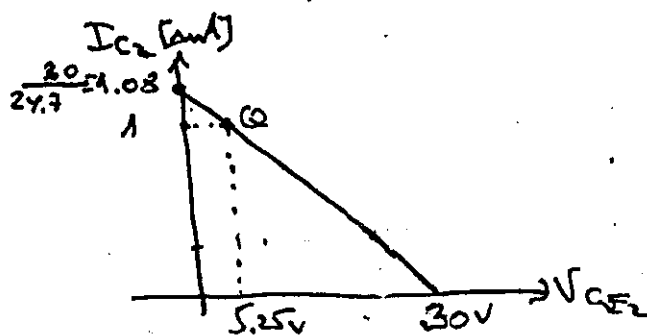
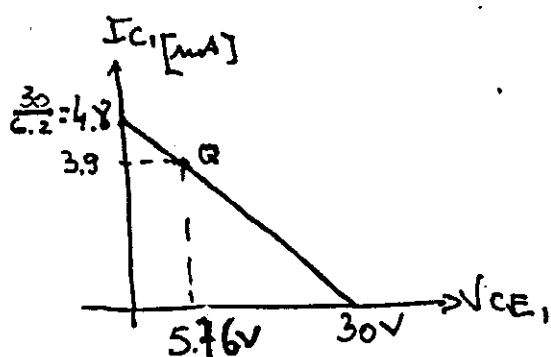
$$V_{C1} = V_{CE1} = 30 - I_{R2} R_2 = 30 - 3.91 \cdot 6.2 = 5.76 \text{ V}$$

$$I_{C2} = \beta I_{B2} = 100 \cdot 0.01 = 1 \text{ mA}$$

$$V_{C2} = 30 - I_{C2} R_3 = 30 - 1 \cdot 20 = 10 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = 30 - I_{C2} R_3 - I_{E2} R_E = 30 - 1 \cdot 20 - 1.01 \cdot 4.7 = 5.25 \text{ V}$$

המנגנון של המערכת הוא כדלקמן.

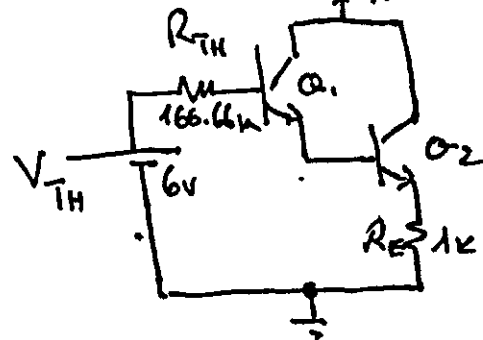


הערה: בשאר הלי המערכת של המנגנון של המערכת.  
האזנה לזווי המערכת.

שאלה 6

א. זהו גזר הני 2 ה"פ "פזי. נאלין". האופיין גזר זכ  
 $\beta = 100$  (שן).  $\beta = 100$  שני הסניצי.אויי שוה בקי,אב  $\beta = 100$

ג. גזר גזר ילי



$$R_{TH} = R_1 || R_2 = \frac{250 \cdot 500}{250 + 500} = 166.66 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{9 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9 \cdot 500}{250 + 500} = 6 \text{ V}$$

$$I_E = I_{B2} \quad \text{ג}$$

$$V_{TH} = I_{B1} \cdot R_{TH} + V_{BE1} + V_{BE2} + \underbrace{(\beta + 1) I_{B1}}_{I_E = I_{B2}} \cdot (\beta + 1) R_E$$

$$6 = I_{B1} \cdot 166.66 + 1.4 + 101 \cdot 101 \cdot I_{B1} \cdot 1$$

$$I_{B1} = 0.443 \mu\text{A} \quad \text{פזיין, האשונה פזין}$$

$$I_{C1} = \beta I_{B1} = 44.3 \mu\text{A}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta + 1) I_{B1} = 44.74 \mu\text{A}$$

$$I_{C2} = \beta I_{B2} = 4.47 \text{ mA}$$

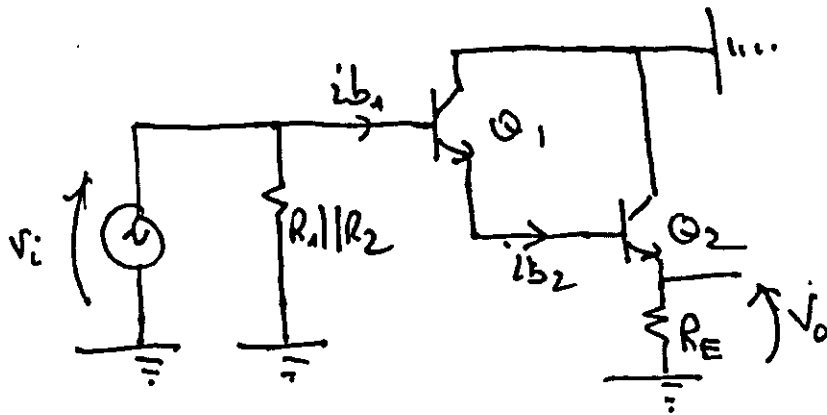
$$I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2} = 4.51 \text{ mA}$$

$$V_{CE1} = 9 - V_{BE2} - I_{E2} \cdot R_E = 9 - 0.7 - 4.51 \cdot 1 = 3.79 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = 9 - I_{E2} \cdot R_E = 9 - 4.51 \cdot 1 = 4.49 \text{ V}$$

המשך שאלה 6

א. גרף AC



התנגדות "מראה"  $R_{ib2}$  של  $Q_2$

$$R_{ib2} = h_{ie} + (h_{fe} + 1)R_E = 1.7 + 91 \cdot 1 = 92.8 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ib1} = h_{ie} + R_{ib2}(h_{fe} + 1) = 1.7 + 92.8 \cdot 91 = 8445.8 \text{ k}\Omega$$

$$i_{b1} = \frac{V_i}{R_{ib1}} = \frac{V_i}{8445.8} \Rightarrow i_{e1} = i_{b2} = \left(\frac{h_{fe}}{h_{fe} + 1}\right) i_{b1} = \frac{91 \cdot V_i}{8445.8}$$

$$i_{e2} = \left(\frac{h_{fe}}{h_{fe} + 1}\right) i_{b2} = \frac{91 \cdot 91 \cdot V_i}{8445.8} = 0.98 V_i$$

$$V_o = i_{e2} \cdot R_E = 0.98 V_i \Rightarrow A_v = \frac{V_o}{V_i} = 0.98$$

לחץ

$$\frac{V_1'}{V_1} = -\frac{2R}{R} = -2 \Rightarrow V_1' = -2V_1 \quad . K$$

$A_1$  - הגדל האפקט

$$\frac{V_1' - 0}{R} + \frac{V_2 - 0}{2R} = \frac{0 - V_0}{4R} \quad . Z$$

$$4V_1' + 2V_2 = -V_0$$

$$4(-2V_1) + 2V_2 = -V_0$$

$$-8V_1 + 2V_2 = -V_0$$

$$\underline{V_0 = 8V_1 - 2V_2}$$

$$V_0(t) = 8 \cdot 0.4 \sin(3000t) - 2 \cdot 0.5 \sin(3000t) \quad . C$$

$$V_0 = 2.2 \sin(3000t)$$

$$(1.25 \text{ ו } 1.25) \quad V_{0.p.p} = 4.4V$$



שאלה 8

.K  $-A_2, A_1$  (האם יש?)

$-A_3$  האם יש?

.B  $A_1$  13 מ

$$V_{0A_1} = -\frac{30}{10}(1) - \frac{30}{10}(2) = -3 - 6 = -9V$$

.C  $A_2$  13 מ

$$V_{0A_2} = -\frac{20}{10}(3) - \frac{20}{10}(4) = -6 - 8 = -14V$$

.D

$(A_3, 13 מ)$   $V_{(+)} = V_{(-)} = \frac{V_{0A_2} \cdot 10}{10 + 60} = \frac{-14 \cdot 10}{70} = -2V$

$$\frac{2}{V_{0A_1} - (-2)} = \frac{-2 - V_0}{40} \cdot 40$$

$$2V_{0A_1} + 4 = -2 - V_0$$

$$2(-9) + 6 = -V_0$$

$$-18 + 6 = -V_0$$

$$-12 = -V_0$$

$$\underline{V_0 = 12V}$$



## אלקטרוניקה תקבילית

הנדסאים וטכנאים מוסמכים - הנדסת חשמל

ארבע שעות.

משך הבחינה:

שמונה שאלות בשאלון.

מבנה השאלון:

עליך לבחור חמש שאלות בלבד, להשיב עליהן ולכתוב את תשובותיך במחברת הבחינה. כל השאלות שוות בערך, עשרים נקודות לשאלה, ובסך הכול מאה נקודות.

ומפתח הערכה:

חומר עזר המותר לשימוש:

1. מחשבון פשוט ללא תקשורת חיצונית.  
אין להשתמש במחשב נייד, בטלפון נייד או בכל אמצעי דומה אחר.
2. חוברת עזר מקורית באלקטרוניקה תקבילית שבהוצאת מה"ט:  
חוברת נקייה, ללא הערות או תוספות כלשהן, בין בכתב יד בין מודפסות.
3. אין להעביר תומרי עזר או מחשבוניים בין הנבחנים.

הוראות כתיבת התשובות של מחברת הבחינה:

1. בעמוד הראשון של מחברת הבחינה יש לרשום את מספרי השאלות שעל מעריך הבחינה לבדוק; כמות השאלות לא תעלה על זו הנדרשת!
2. את התשובות לשאלות שבסעיפי השאלה, יש להתחיל בעמוד חדש. יש לרשום בבירור את מספר השאלה בראש העמוד.
3. השימוש במחברת טיוטה אסור בהחלט! יש לסמן קו (אחד) על הכתוב שאינך רוצה שייבדק.
4. אין לאחד סעיפים! את התשובה על כל אחד מסעיפי השאלה עליך לתת בנפרד ולפי סדר הופעתם בשאלון.
5. תשובה מלאה היא תשובה במנומקת בחישוב, מילים או איור ובה דיון קצרצר.  
בסעיף שאלה שבו נדרש חישוב, תשובה מלאה היא תשובה שבה מוצג הביטוי המתמטי לפיו יעשה החישוב, הערכים מוצגים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות.
- כל מספר המוצג בביטוי מתמטי, חייב להיות תוצאה של חישוב קודם או נתון המופיע בגוף השאלה.
- אין השימוש במחשבון פוטר מהצורך להציג את המצב הערכים בביטוי המתמטי.
6. תשובה שאינה מנומקת או שאין דרך הפתרון מוצגת בה, לא תזכה בניקוד כלל!
7. אם לדעתך חסר נתון או אם נתון כלשהו שגוי, מותר לך להניח הנחה סבירה ומנומקת שתאפשר לך לענות על השאלה.

בשעת הבחינה, אסור בהחלט להוציא מהחדר שבו היא נערכת, את טופס השאלון או את מחברת הבחינה.

אנו מאחלים לכם הצלחה בבחינה.

השאלות:

השב על 5 שאלות מתוך 8 השאלות. התחל כל ניסוח כותמת כל עמוד ורשם את כל החישובים  
(כולל הטיטה) בווך מחדות הבחית

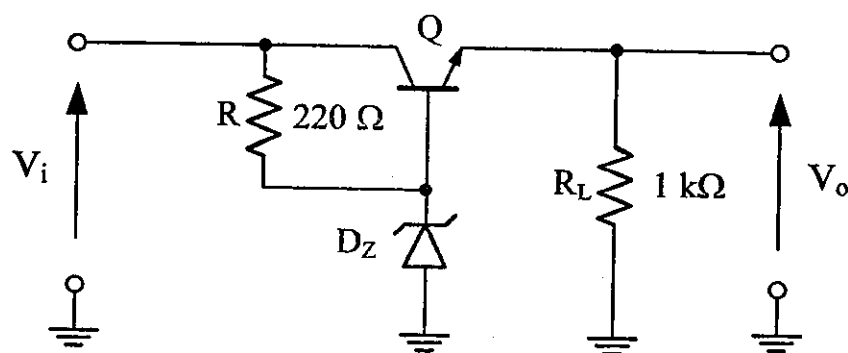
שאלה מספר 1:

נתון המעגל שבאיור לשאלה מספר 1 ליישום במערכות של ספקי כוח. זנח שהטרנזיסטור והדיודות עשויים סיליקון.

נתוני המעגל:

$$V_i = 20 \text{ V}, \quad \beta = 50, \quad V_{BE} = 0.7 \text{ V}, \quad V_Z = 12 \text{ V}$$

- א. זחה את המעגל והסבר את אופן פעולת המעגל. הסבר (רצוי בליווי סכימה חשמלית) היכן הוא מחובר במעגלים של ספקי כוח (5 נקודות).
- ב. חשב את מתח המוצא  $V_o$  (5 נקודות).
- ג. חשב את הזרם הזורם בגוד  $R$  (5 נקודות).
- ד. חשב את הזרם הזורם בדיודת הזנר  $I_Z$  (5 נקודות).

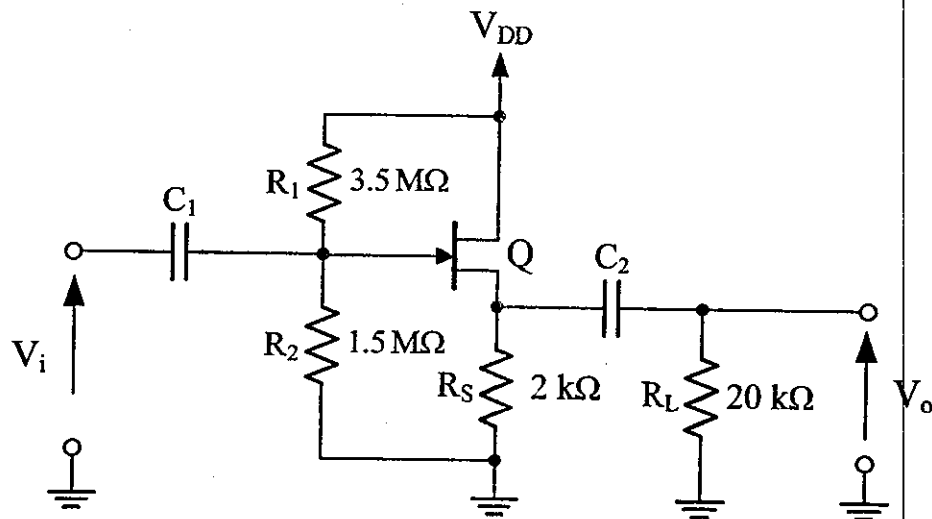


איור לשאלה 1

שאלה מספר 2:

נתון מעגל מגבר המבוסס על טרנזיסטור מסוג FET, כמתואר באיור לשאלה מספר 2,

נתון כי:  $g_m = 2.5 \text{ mS}$



איור לשאלה 2

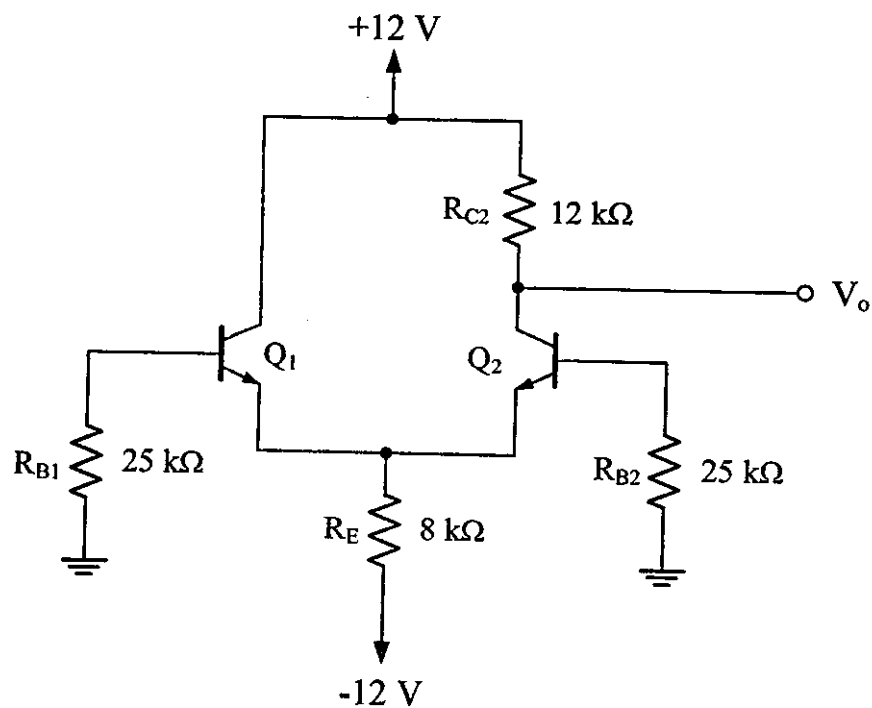
חשב את:

- עכבת הכניסה אשר רואה מקור המתח  $V_i$  (6 נקודות).
- עכבת המוצא הקיימת במוצא  $V_o$  (6 נקודות).
- הגבר המתח  $A_v = V_o/V_i$  (8 נקודות).

שאלה מספר 3:

באיור לשאלה 3 נתון מגבר הפרש.

הטרנזיסטורים  $Q_1$  ו-  $Q_2$ , הינם בעלי הנתונים הבאים:  $\beta=100$  ו-  $V_{BE}=0.7[V]$ .



איור לשאלה 3

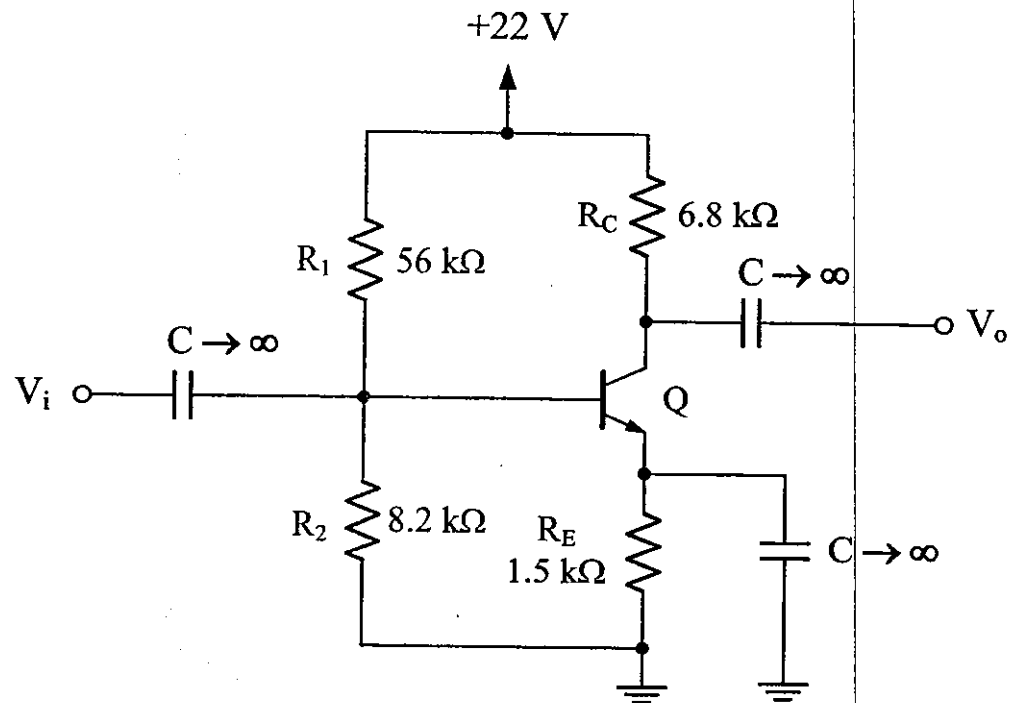
חשב את:

- א. זרמי הבסיסים של הטרנזיסטורים (6 נקודות).
- ב. מתח הבסיסים של כל טרנזיסטור כאשר לוקחים בחשבון את ערכי הנגדים בבסיס הטרנזיסטורים  $R_B=25K\Omega$  (8 נקודות).
- ג. מתח המוצא  $V_O$  (6 נקודות).

שאלה מספר 4:

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי של דרגת הגברה.

נתוני הטרנזיסטור, המוגדרים בדפי היצרן:  $\beta = h_{fe} = 90$ ;  $h_{re} = 4 \cdot 10^{-4}$ ;  $h_{oe} = 5 \cdot 10^{-5} [1/\Omega]$ ,  $V_{BE} = 0.7 [V]$ ;  $h_{ie} = 1,500 \Omega$ ;  $R_L = 20 k\Omega$ .  
 למוצא בנקודה  $V_o$  מחובר עומס שערכו  $R_L = 20 k\Omega$ .

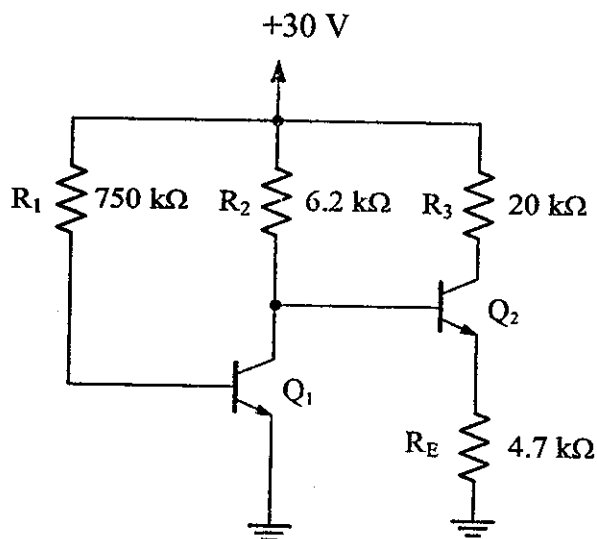


איור לשאלה 4

- א. סרטט את סכימת התמורה של המעגל באחד מהאופנים כרצונך (5 נקודות).
- ב. חשב את ערכי לולאת הבסיס (מתח והתנגדות אקויוולנטית) במעגל התמורה ל DC (6 נקודות)
- ג. חשב את עכבת המבוא  $Z_{in}$  אשר רואה מקור המתח  $V_i$  (3 נקודות).
- ד. חשב את הגבר הזרם  $A_i$  (3 נקודות)
- ה. חשב את הגבר המתח  $A_v$  (3 נקודות).

שאלה מספר 5:

באיור לשאלה 5, נתון מעגל חשמלי הכולל שתי דרגות הגברה.  
שני הטרנזיסטורים עשויים סיליקון  $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7[V]$ .  
נתוני הנגדים:  $R_1 = 750k\Omega$ ;  $R_2 = 6.2k\Omega$ ;  $R_3 = 20k\Omega$ ;  $R_E = 4.7k\Omega$



איור לשאלה 5

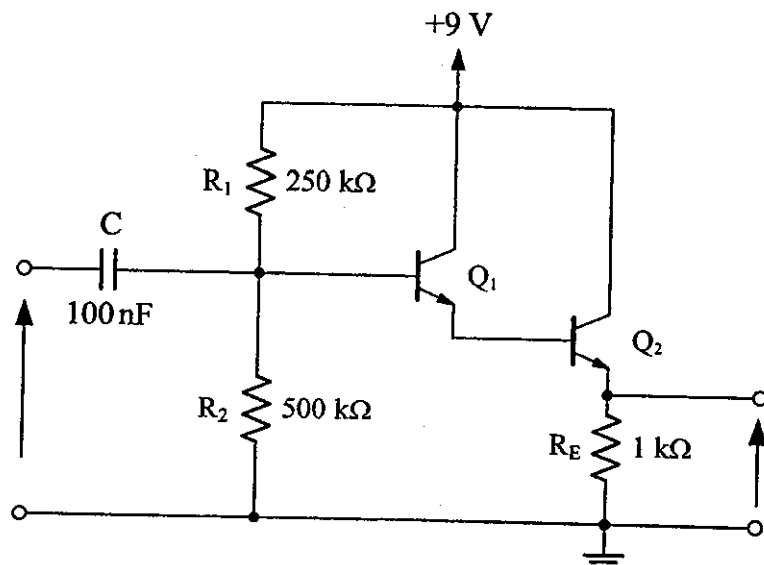
חשב עבור המעגל את הערכים הבאים:

- ערכי נקודת העבודה של הטרנזיסטור  $Q_1$ ,  $V_{CE1}$ ,  $V_{C1}$ ,  $I_{C1}$  (7 נקודות).
- ערכי נקודת העבודה של הטרנזיסטור  $Q_2$ ,  $V_{CE2}$ ,  $V_{C2}$ ,  $I_{C2}$  (7 נקודות).
- סרטט על גבי מערכת צירים נפרדת, עבור כל דרגה, את מיקום נקודת העבודה של הטרנזיסטורים, ציין את המשתנים על גבי הצירים וסמן באופן עקרוני את נקודת העבודה במערכת הצירים. הסק מסקנות לגבי תחומי העבודה של הטרנזיסטורים (6 נקודות).

## שאלה מספר 6:

נתון מעגל המיועד ליישום הגבר גבוה, המבוסס על חיבור ייחודי של שני טרנזיסטורים. הטרנזיסטורים עשויים מסיליקון ובעלי הערכים הבאים, המוגדרים בדפי היצרן:

$$V_{BE}=0.7[V]; \beta_{Q1}=\beta_{Q2}=100; h_{fe}=90; h_{re}=1.3 \cdot 10^{-4}; h_{oe}=6 \cdot 10^{-6}[1/\Omega]; h_{ie}=1,700\Omega;$$



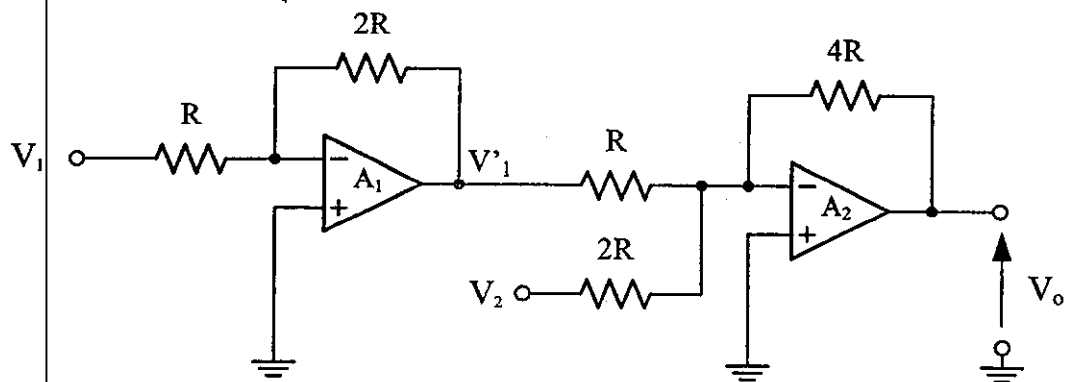
איור לשאלה 6

- א. זהה את סוג החיבור של הטרנזיסטורים והסבר את אופן פעולת המעגל (4 נקודות).
- ב. סרטט מעגל שווה ערך לאות זרם ישר באחת מהדרכים אותן הנך מכיר. חשב את ערכי מעגל זה, מתח והתנגדות שקולה הנראית מהבסיסים לכיוון אות הכניסה (6 נקודות).
- ג. קבע את ערכי נקודת העבודה של הטרנזיסטורים במעגל  $V_{CE1}$ ,  $V_{CE2}$ ,  $I_{C1}$ ,  $I_{C2}$  (8 נקודות)
- ד. מהו הגבר המתח של המעגל לאות חילופין? (2 נקודות).



שאלה מספר 7:

נתון מעגל הגברה המתואר באיור לשאלה מספר 7, המבוסס על מגברי שרת אידאליים. המעגל מורכב מחיבור של שני מגברים. לצורך הפתרון, הנך רשאי להניח ערך ל  $R$ .

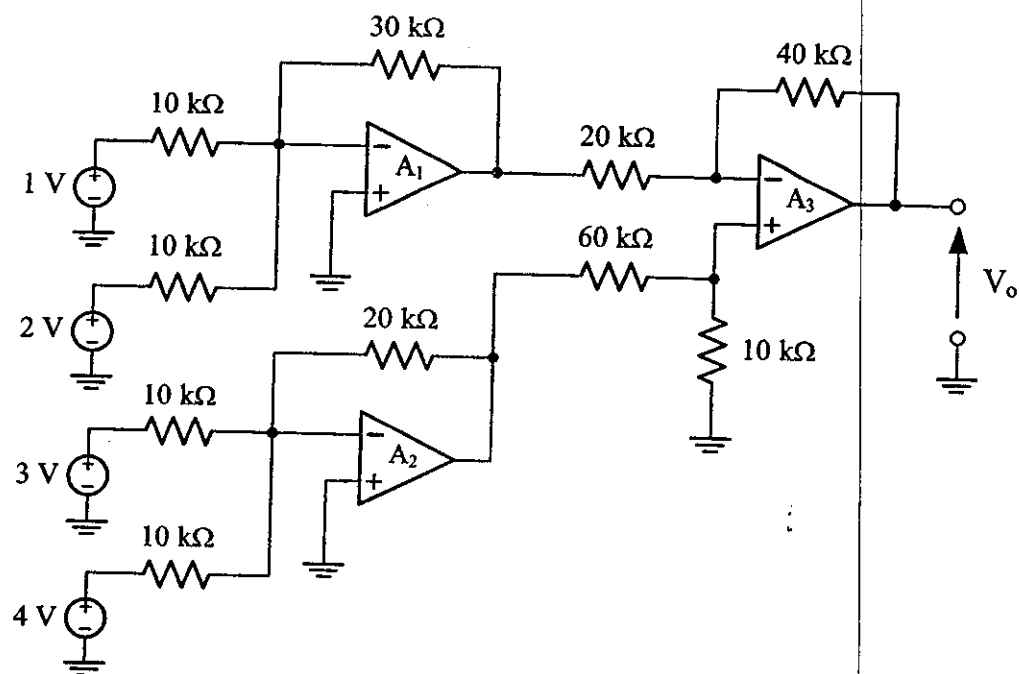


איור לשאלה 7

- רשום את המתח  $V_1'$  בתלות המתח במבוא  $V_1$  והסבר את משמעות הפונקציה שקיבלת (6 נקודות).
- רשום את פונקציית המתח במוצא  $V_0$ , בתלות המתח  $V_2$  והמתח במבוא  $V_1$  (6 נקודות).
- בהנחה שמתחים במבואות המעגל הם:  $v_1(t) = 0.4 \sin(3000t) [V]$  ו-  $v_2(t) = 0.5 \sin(3000t) [V]$ , רשום את המתח במוצא  $v_0(t)$  ואת הערך שלו שיא לשיא (peak to peak) (8 נקודות).

**שאלה מספר 8:**

נתון מעגל הגברה המתואר באיור לשאלה מספר 8, המבוסס על מגברי שרת אידאליים. המעגל מורכב מחיבור של שלושה מגברים.



איור לשאלה 8

- הסבר ונמק באיזה חיבור מאפיין מצוי מגבר  $A_1$ , מגבר  $A_2$  ומגבר  $A_3$  (6 נקודות).
- חשב את מתח המוצא של מגבר  $A_1$  (4 נקודות).
- חשב את מתח המוצא של מגבר  $A_2$  (4 נקודות).
- חשב את מתח המוצא  $V_o$  של המעגל השלם במוצא מגבר  $A_3$  (6 נקודות).

**בהצלחה!**

© כל הזכויות שמורות למה"ט

הנחיה לבחינה באלקטרוניקה תקבילית 24.7.17

שאלון 90712

שאלות 4 ו-6

מחק את הנתונים הבאים:

Hre

Hoe

(כלומר, שניהם שווים לאפס).

## דחוף!

לכבוד  
המכללות ובתי הספר  
להכשרת הנדסאים וטכנאים

### הנדון: תיקונים והבהרות לבחינת גמר ממלכתית

|              |                    |                   |       |
|--------------|--------------------|-------------------|-------|
| תאריך בחינה: | 24.7.17            | שעת העברה בדוא"ל: | 10:36 |
| מגמה:        | הנדסת אלקטרוניקה   |                   |       |
| שם הבחינה:   | אלקטרוניקה תקבילית |                   |       |
| סמל הבחינה   | להנדסאים           | 90712             |       |

יש להעביר לנבחנים את ההערות הבאים:

#### שאלה מספר 2

ניתן להניח כי  $r_d$  שואף לאינסוף

#### שאלה מספר 4

מתח והתנגדות שקולה

#### שאלה מספר 6

ניתן להניח  $C$  שואף לאינסוף, לצורך הבהרה,  $V_{out}$  נמדד על גוד  $RE$   
 $V_{in}$  - נמצא בכניסת המעגל (משמאל לקבל  $C$ )

בברכה,

מחלקת בחינות

10-3-20 (07/08)

