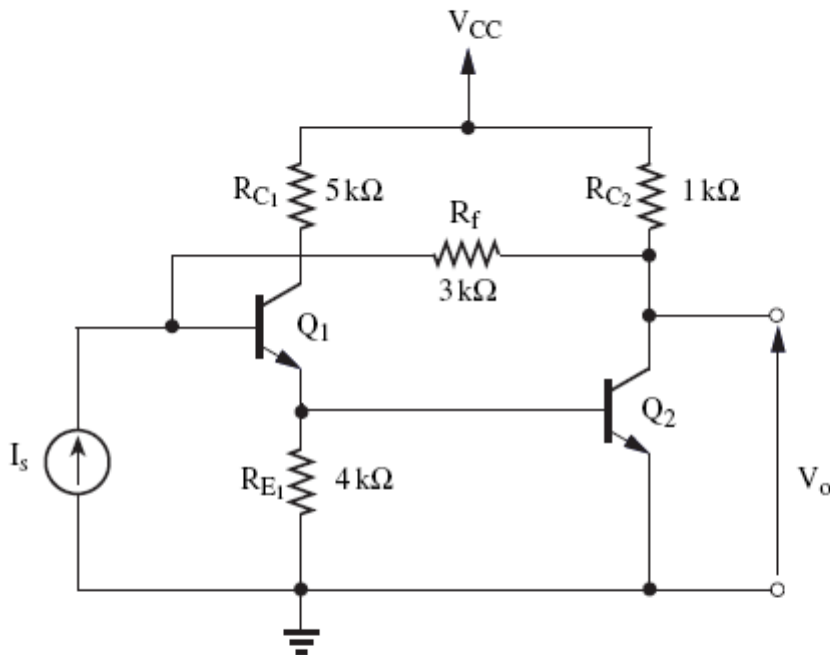


פתרון מבחן אלקטרוניקה תקבילית שנת תשס"ו (2006)

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי הכולל משוב.

שני הטרנזיסטורים Q_1 ו- Q_2 זהים: $h_{fe} = 100$; $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$.



איור לשאלה 5

א. ציין את סוג המשוב במעגל. נמק את תשובתך.

ב. חשב את מקדם המשוב β של המעגל.

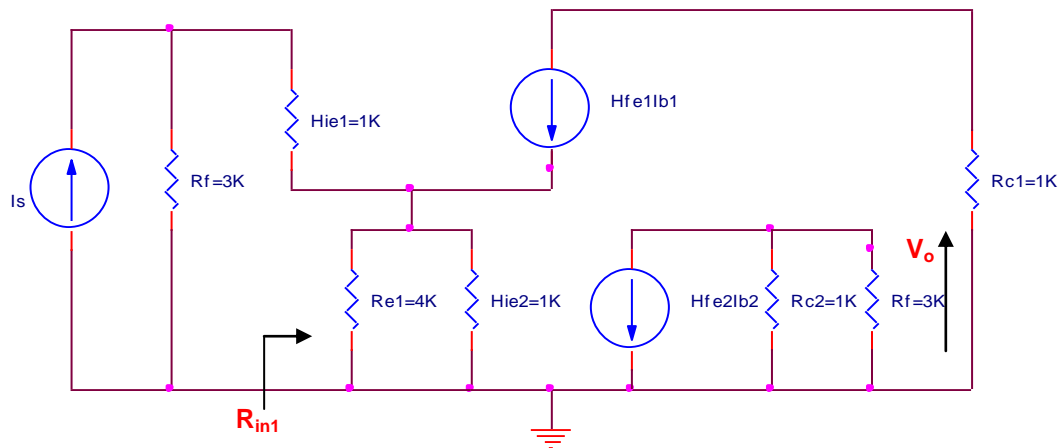
ג. חשב את היחס: $A_f = \frac{V_o}{I_s}$ (בחוג סגור).

פתרון:

(א) המשוב הוא משוב מתח-זרם משום שאנו דוגמים מתח בכניסת המשוב (הקולקטור של Q_2), מתח זה מפתח זרם על הנגד R_f , והזרם הזה חוזר לבסיס הטרנזיסטור (Q_1).

$$\beta = -\frac{1}{R_f} = -\frac{1}{3 \text{ k}} \quad (\text{ב})$$

(ג)



$$R_{in1} = H_{IE1} + (R_{E1} \parallel H_{IE2})(H_{FE1} + 1) = 1k + (4k \parallel 1k)(100 + 1) = 81.8k\Omega$$

$$I_{B1} = \frac{I_s * R_f}{R_f + R_{in1}} = \frac{I_s * 3k}{3k + 81.8k} = 35.37mIs$$

$$I_{E1} = I_{B1}(H_{FE} + 1) = 35.37mIs * (100 + 1) = 3.57Is$$

$$I_{B2} = \frac{I_{E1} * R_{e1}}{R_{e1} + H_{ie2}} = \frac{3.57Is * 4k}{4k + 1k} = 2.85Is$$

$$I_{C2} = H_{FE2} I_{B2} = 100 * 2.85Is = 285.85Is$$

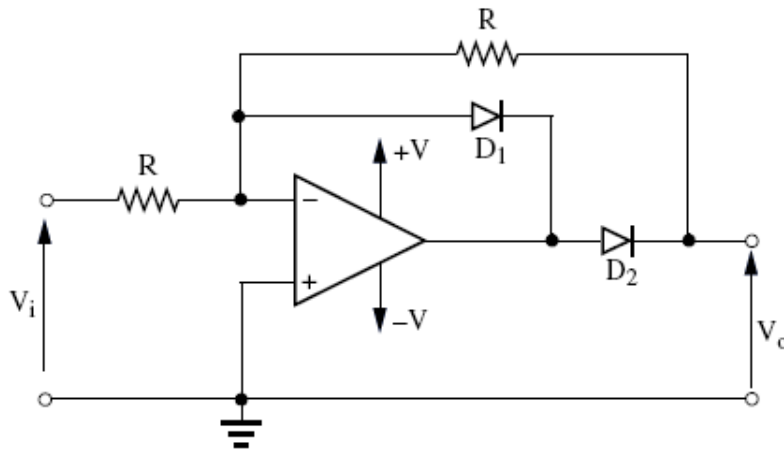
$$V_o = -I_{C2} * (R_{C2} \parallel R_f) = -285.85 * (1k \parallel 3k) = -214.38kIs$$

$$\frac{V_o}{I_s} = -214.38k$$

$$A_{Vf} = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{-214.38k}{1 + \frac{1}{3k} * 214.38k} = -2.95k$$

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי. מגבר השרת והדיודות שבמעגל – אידיאליים.



איור לשאלה 6

א. ציין את מצב כל אחת מן הדיודות D_1 ו- D_2 (ON / OFF), כאשר:

1. $V_i > 0$

2. $V_i < 0$

ב. חשב את היחס $\frac{V_o}{V_i}$, כאשר:

1. $V_i > 0$

2. $V_i < 0$

ג. 1. ציין את ייעודו של המעגל הזה.

2. נתון: $V_i = 4 \cdot \sin(2\pi \cdot 1000 t)$.

סרטט, זו מתחת לזו בהתאמה, את צורת הגל של מתח המבוא V_i ואת צורת הגל של מתח המוצא V_o , כפונקציה של הזמן.

פתרון:

- (א) 1- ראשית נניח כי 2 הדיודות בקיטעון, לכן נקבל משווה. $0V$ (אדמה), ולכן במוצא המגבר נקבל מתח של $-V_{CC}$. כעת, משום שהאנודה של D_1 יותר חיובית מהקתודה שלה (באנודה יש מתח כלשהו הגדול מ- $0V$, ובקתודה $-V_{CC}$) הדיודה תוליך. ומשום שהאנודה של D_2 איננה יותר חיובית מהקתודה שלה היא תהיה בקיטעון. לכן נרשום:
- $O_N - D_1$
 $O_{FF} - D_2$

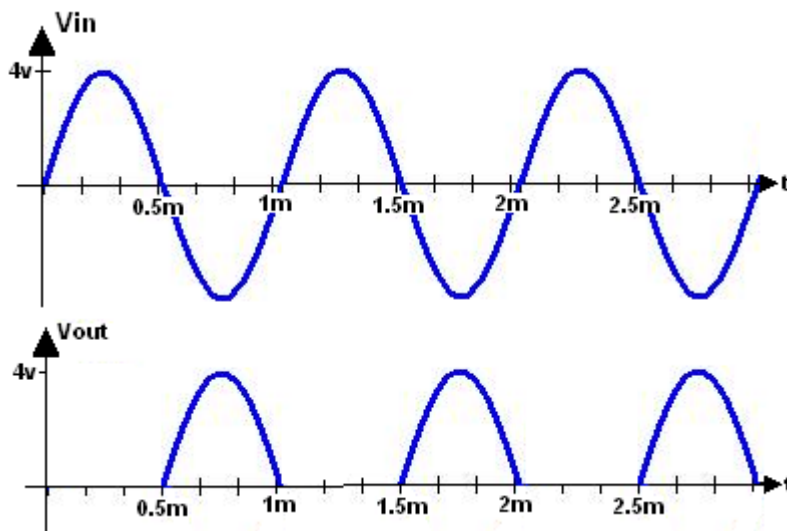
2- שוב נניח כי 2 הדיודות בקיטעון ונקבל משווה.
 ברגל המינוס נקבל מתח הקטן מ-
 מתח של $+V_{CC}$.
 כעת, משום שהאנודה של D_1 פחות חיובית מהקתודה שלה (באנודה יש $0V$, ובקתודה $+V_{CC}$) ומשום D_2 יותר חיובית מהקתודה שלה (באנודה יש $+V_{CC}$, ובקתודה $0V$) היא תוליך. לכן נרשום:
 $O_{FF} - D_1$
 $O_N - D_2$

(ב) 1- כאשר $V_{IN} > 0$ הדיודה D_1 מוליכה, לכן היא קצר (דיודה אידיאלית), ולכן אין זרם כלל דרך הנגד R , והדיודה D_2 היא נתק לכן לא מגיע שום מתח אל מוצא המעגל.

2- כאשר $V_{IN} < 0$ הדיודה D_2 היא קצר, והדיודה D_1 היא נתק, לכן נקבל מגבר הופך רגיל שהגברו שווה ל-
 $-\frac{R}{R}$, כלומר, -1.

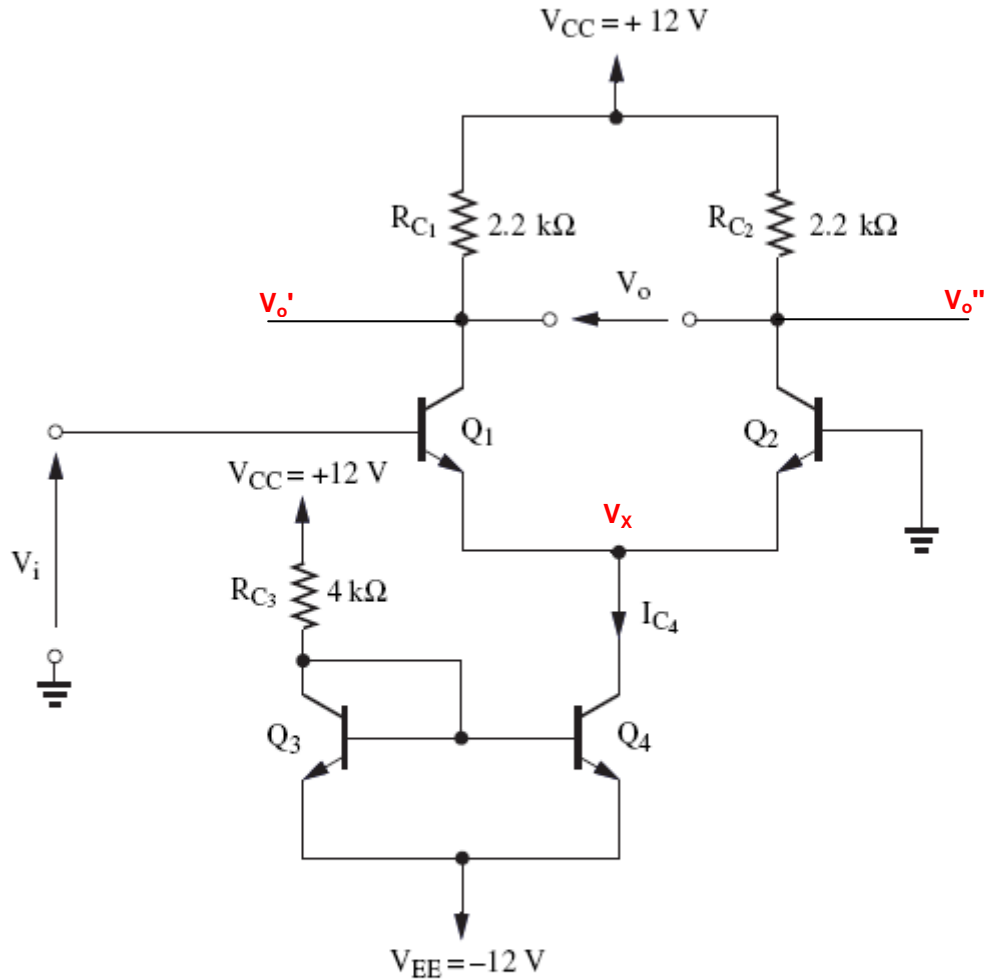
(ג) המעגל הוא מיישר חד-דרכי. כאשר נכניס מתח חיובי למעגל נקבל במוצא $0V$, וכאשר נכניס בכניסה מתח שלילי נקבל את המתח בערך מוחלט. (מיושר כלפי מעלה).

(ד)



שאלה 7

המעגל שבאיור לשאלה 7 כולל ארבעה טרנזיסטורים זהים.
נתוני הטרנזיסטורים: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $h_{fe} = \beta = 50$; $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$.



איור לשאלה 7

- א. מה תפקיד הטרנזיסטורים Q_3 ו- Q_4 במעגל?
- ב. חשב את זרם הקולט I_{C4} של הטרנזיסטור Q_4 .
- ג. חשב את נקודת העבודה (V_{CE} , I_C) של כל אחד מן הטרנזיסטורים Q_1 ו- Q_2 .
- ד. חשב את הגבר המתח $\frac{V_o}{V_i}$.

פתרון:

(א) Q3 ו-Q4 מתפקדים במעגל כמקור זרם. מקורות זרם הם נתק ב-AC ועל-ידי כך אנו גורמים ליחס דחיית האות המשותף (C.M.R.R) להיות אינסופי.

(ב)

ראי זרם $I_{C3}=I_{C4}$
ראי זרם $I_{B3}=I_{B3}$

$$I_{RC3}=I_{C3}+2I_{B3}=I_{C3}+\frac{2I_{C3}}{\beta}$$

$$V_{CC}=I_{RC3}R_{C3}+V_{BE}-12$$

$$12=(I_{C3}+\frac{2I_{C3}}{50})\cdot 4K+0.7-12$$

$$23.3=4KI_{C3}+160I_{C3}=4.16KI_{C3}$$

$$I_{C3}=I_{C4}=5.6mA$$

(ג)

$$I_{E1}=I_{E2}=\frac{I_{C4}}{2}=\frac{5.6mA}{2}=2.8mA$$

$$I_{C1}=I_{C2}=\frac{I_{e1}\cdot\beta}{\beta+1}=\frac{2.8mA\cdot 50}{50+1}=2.74mA$$

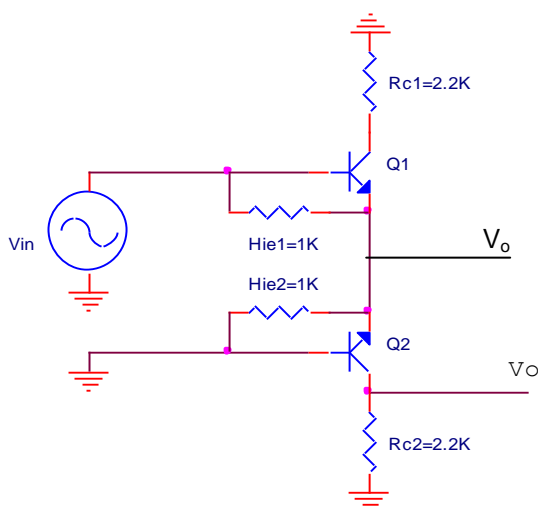
$$V_X=V_{EB}=-V_{BE}=-0.7V$$

$$V_{CE1}=V_{CE2}=V_{CC}-I_{C1}R_{C1}-V_X=12-2.74mA\cdot 2.2K+0.7=6.66V$$

$$Q_1(2.74mA, 6.66V)$$

$$Q_2(2.74mA, 6.66V)$$

(ד)



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

$$I_{C1} = H_{FE} I_{B1} = H_{fe} * \frac{V_i}{2H_{ie}} = \frac{H_{fe} V_i}{2H_{ie}}$$

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

$$V_{o'} = -I_{C1} R_{C1} = -\frac{H_{fe} V_i}{2H_{ie}} * R_{C1} = -\frac{50 V_i}{2 * 1_k} * 2.2_k = -55 V_i$$

$$\frac{V_{o'}}{V_i} = -55$$

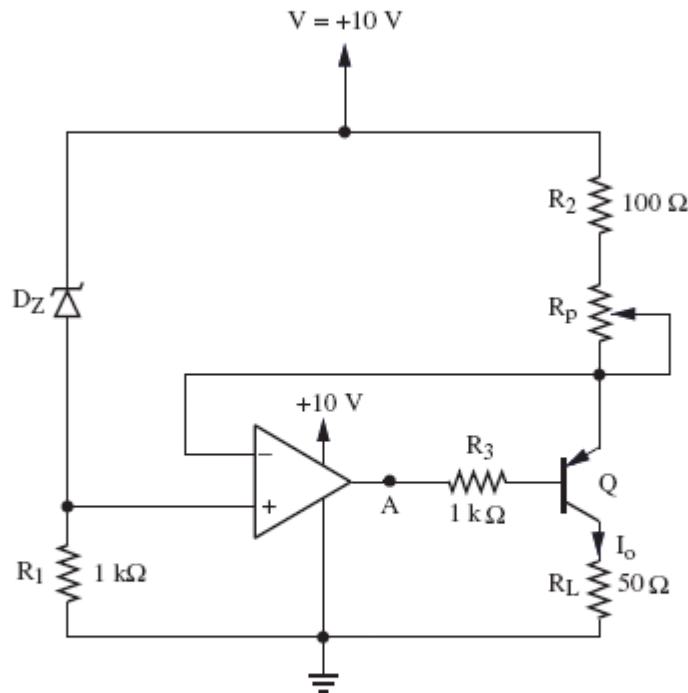
$$V_{o''} = -I_{C2} R_{C2} = -\left(-\frac{H_{fe} V_i}{2H_{ie}}\right) R_{C2} = \frac{H_{fe} V_i}{2H_{ie}} * R_{C2} = \frac{50 V_i}{2 * 1_k} * 2.2_k = 55 V_i$$

$$\frac{V_{o''}}{V_i} = 55$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{o'}}{V_i} - \frac{V_{o''}}{V_i} = -55 - 55 = -110$$

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי המשמש כמקור זרם I_o . מגבר השרת שבמעגל – אידיאלי. נתוני המעגל: $R_p = 100 \Omega$; $V_Z = 5 V$; $\beta = 100$; $V_{EB} = 0.7 V$.

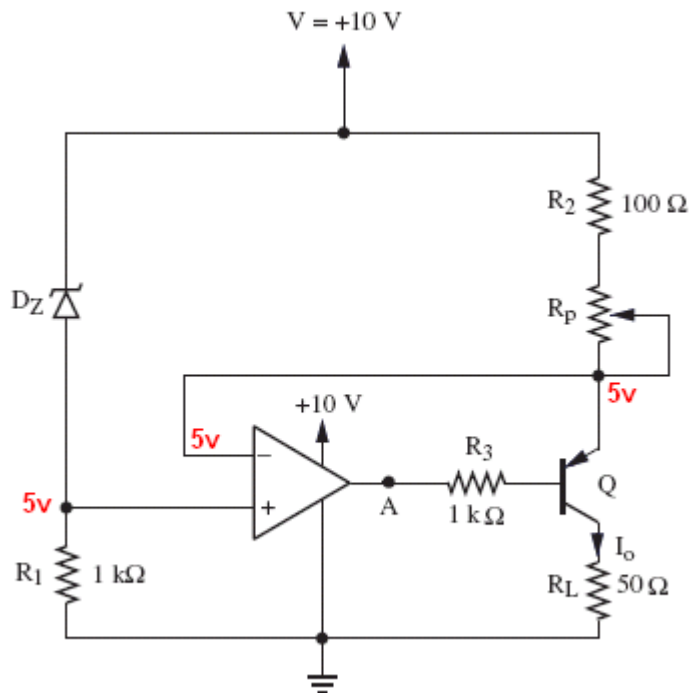


איור לשאלה 8

- א. חשב את הערך המזערי ואת הערך המרבי של הזרם I_o .
- ב. חשב את המתח בנקודה A כאשר $R_p = 0 \Omega$.
- ג. חשב את ערכו המרבי של נגד העומס R_L כאשר $R_p = 100 \Omega$, אם נדרש גם: $V_{EC} \geq 1 V$.

פתרון:

(א) ראשית נניח כי כל המוליכים למחצה נמצאים בקיטעון. כעת, על הקתודה של דיודת הזנר יש לנו מתח של $+V_{CC}$, ובאנודה יש לנו אדמה. משום שהקתודה יותר חיובית מהאנודה הדיודה נפרצת ונופל עליה המתח V_Z , לכן נוכל לכתוב: $V^+ = V_{CC} - V_Z = 10 - 5 = 5V$. משום שהטרנזיסטור בקיטעון כל ה- V_{CC} נופל עליו, ולכן ברגל V^- יש עכשיו $+V_{CC}$ (כלומר $V^- = 10V$). כעת, משום שהטרנזיסטור בקיטעון נקבל משווה, ומשום ש- $V^- > V^+$ נקבל במוצא המגבר $-V_{CC}$, מתח זה יכניס את הטרנזיסטור לרוויה, ולכן נקבל משוב שלילי. לכן מעתה $V^+ = V^-$, כלומר גם ב- V^- יש עכשיו $5V$. סרטט את המעגל לאחר הניתוח:



בנוסף, משום ש- β גדול מאוד ניתן להגיד ש- $I_C=I_E=I_o$.
 כעת נחשב את הזרמים. הזרם המירבי יתקבל כאשר $R_p=0\Omega$, והזרם המזערי יתקבל כאשר $R_p=100\Omega$.

$$I_{oMAX} = \frac{V_{CC} - V^-}{R_2} = \frac{10 - 5}{100} = 50_{mA}$$

$$I_{oMIN} = \frac{V_{CC} - V^-}{R_2 + R_p} = \frac{10 - 5}{100 + 100} = 25_{mA}$$

(ב) משום ש- $R_p=0\Omega$ נבחר את הזרם המקסימלי לצורך החישוב.

$$V_{CC} = I_{oMAX}R_2 + V_{EB} + \frac{I_{oMAX}}{\beta + 1} * R_3 + V_A$$

$$V_A = V_{CC} - I_{oMAX}R_2 - V_{EB} - \frac{I_{oMAX}}{\beta + 1} * R_3 = 10 - 50_m * 100 - 0.7 - \frac{50_m}{100 + 1} * 1_k = 3.8V$$

(ג) משום ש- $R_p=100\Omega$ נבחר את הזרם המינימלי לצורך החישוב.

$$V_{CC} = I_{oMIN}(R_2 + R_p) + V_{CE} + I_{oMIN}R_L$$

$$10 = 25_m(100 + 100) + 1 + 25_mR_L$$

$$25_mR_L = 10 - 25_m(100 + 100) - 1 = 4$$

$$R_L = 160\Omega$$