



Class Exercise 1 - Analog Electronic Circuits

Hagit Perets Habany
Prof. Mor M. Peretz

The Center for Power Electronics and Mixed-Signal IC
Department of Electrical and Computer Engineering
Ben-Gurion University of the Negev, ISRAEL

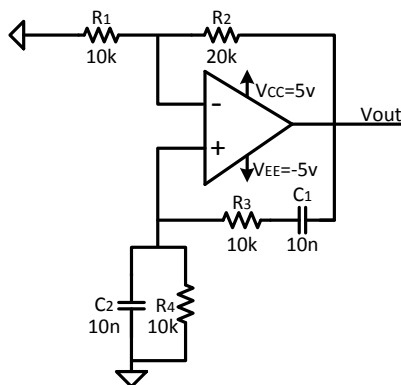
Emails: hagitpe@bgu.ac.il

Website: <http://www.ee.bgu.ac.il/~analog>



שאלה 1

נתון המעגל הבא:



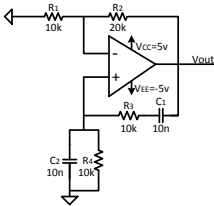
- א. חשבו את התמסורת $\frac{V_o}{V_i}(f)$.
ב. שרטטו את V_o כפונקציה של הזמן. סמנו ערכים חשובים על הגרף.



פיתרון – סעיף א'

$$Z_1 = R_1, \quad Z_2 = R_2, \quad Z_3 = R_3 + \frac{1}{sC_1}, \quad Z_4 = R_4 \parallel \frac{1}{sC_2} \quad \text{נסמן:}$$

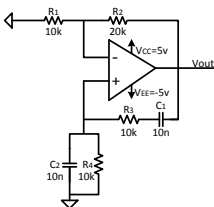
$$V_+(s) = \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} V_o \quad \text{נקבל:}$$



פיתרון – סעיף א'

$$\frac{V_+}{V_o}(s) = \frac{1}{\frac{Z_3}{Z_4} + 1} = \frac{1}{\left(\frac{1 + sR_3C_1}{1 + sR_4C_2}\right) + 1} = \frac{1}{\frac{(1 + sR_3C_1)(1 + sR_4C_2)}{sR_4C_1} + 1} = \frac{1}{1 + \frac{1}{sR_4C_1} + \frac{R_3}{R_4} + \frac{C_2}{C_1} + sR_3C_2}$$

נציב $s = j\omega$, $R_3 = R_4 = R$, $C_1 = C_2 = C$



$$\frac{V_+}{V_o}(\omega) = \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega RC} + \frac{R}{R} + \frac{C}{C} + j\omega RC} = \frac{1}{3 + j\left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)}$$



פיתרון – סעיף א'

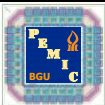
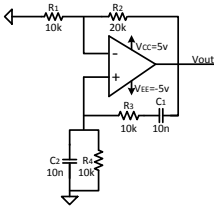
$$\frac{V_+}{V_o}(\omega) = \frac{1}{3 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

$$\text{נסמן } \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$\frac{V_+}{V_o}(f) = \frac{1}{3 + j\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)}$$

ולסיים:

$$\text{כאשר } f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$



תזכורת – מסננים מסדר שני

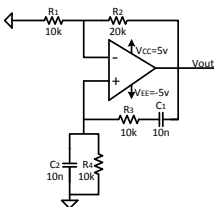
$$H_{LP}(s) = \frac{1}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

$$H_{HP}(s) = \frac{\frac{s^2}{\omega_0^2}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

$$H_{BP}(s) = \frac{\frac{s}{Q\omega_0}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

$$H_{BR}(s) = \frac{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 1}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

$$H_{AP}(s) = \frac{\frac{s^2}{\omega_0^2} - \frac{s}{Q\omega_0} + 1}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

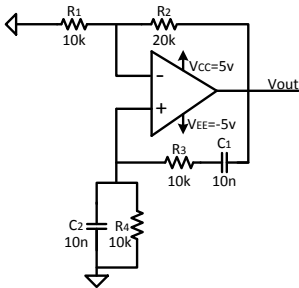


$$\frac{V_+}{V_o}(s) = \frac{1}{3 + sRC + \frac{1}{sRC}} = \frac{sRC}{3sRC + (sRC)^2 + 1} = \frac{\frac{s}{\omega_0}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{3\omega_0} + 1}$$



פיתרון – סעיף ב'

ב. שרטט/י את V_o כפונקציה של הזמן. סמני/י ערכים חשובים על הגרף



$$A = \left(1 + \frac{20k}{10k} \right) = 3$$

$$\beta(f_0) = \frac{V_+}{V_o}(f_0) = \frac{1}{3 + j \left(\frac{f_0}{f_0} - \frac{f_0}{f_0} \right)} = \frac{1}{3}$$

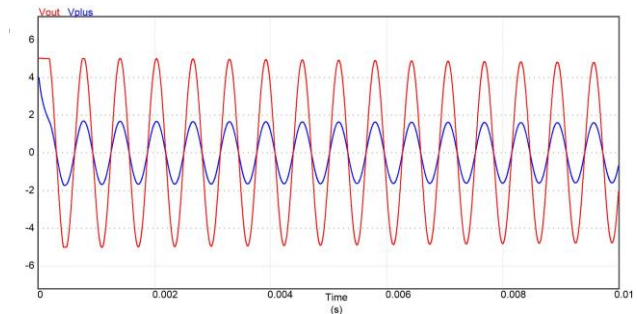
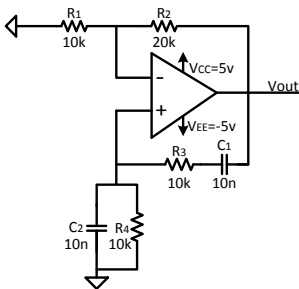


פיתרון – סעיף ב'

תנאי ברקהאוזן מתקיים:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}[\beta(f_0) \cdot A] &= 1 \\ \operatorname{Im}[\beta(f_0) \cdot A] &= 0 \end{aligned}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \approx 1591 \text{ Hz}$$





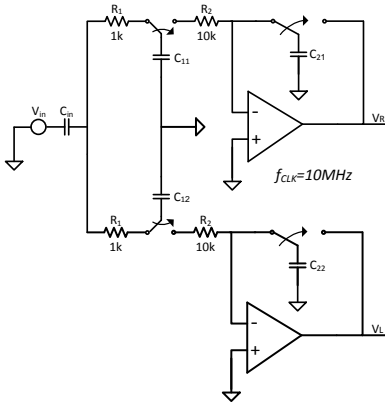
שאלה 2

נתון מעגל מגבר סטריאו. תדר העבודה הוא 10MHz.

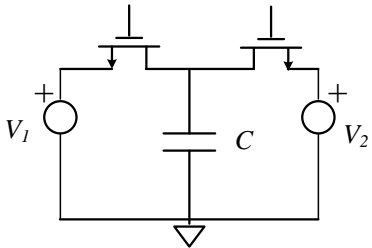
א. שרטט/י מעגל תמורה.

ב. קבע/י את ערכי הקבלים כך ש- $\frac{V_R}{V_{in}} = \frac{V_L}{V_{in}} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$

ג. במצב ש- $C_{12} = 0$ ו- $C_{11} = 10pF$ חשבו/י את C_{21}, C_{22} בכדי לקבל $\frac{V_R}{V_{in}} = -1$



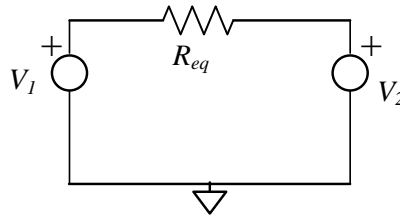
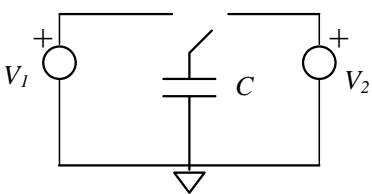
תזכורת – קבלים מתמתגים



$$I_{avg} = f_{clk} \Delta Q$$

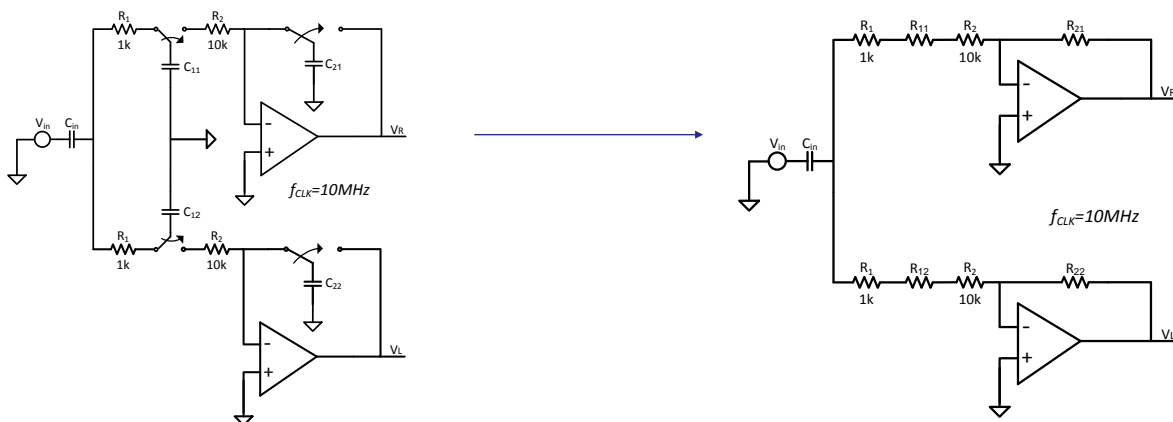
$$I_{avg} = C f_{clk} (V_1 - V_2)$$

$$R_{eq} = \frac{V_1 - V_2}{I_{avg}} = \frac{1}{C f_{clk}}$$



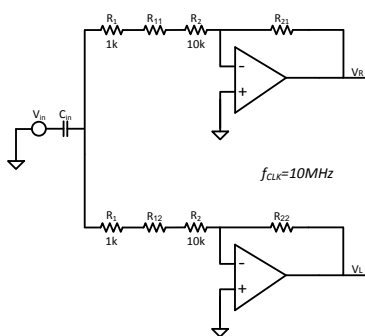


פיתרון – סעיף א'

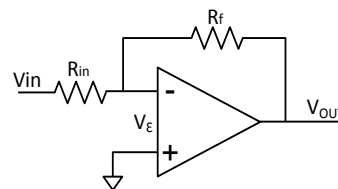


פיתרון – סעיף ב'

ב. קבעי/ את ערכי הקבלים כך ש- $\frac{V_R}{V_{in}} = \frac{V_L}{V_{in}} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}}$$



$$\frac{V_R}{V_{in}} = -\frac{R_{21}}{R_1 + R_{11} + R_2} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$$



פיתרון – סעיף ב'

$$\frac{V_R}{V_{in}} = -\frac{R_{21}}{R_1 + R_{11} + R_2} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\sqrt{2}R_{21} = R_1 + R_{11} + R_2$$

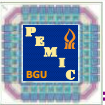
$$\sqrt{2}R_{21} = 11K + R_{11}$$

$$R_{21} = R_{22} = \sqrt{2} \cdot 10K \approx 14K\Omega$$

$$R_{11} = R_{12} = \sqrt{2} \cdot R_{21} - 11K = 9K\Omega$$

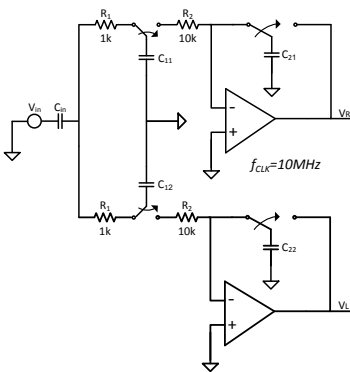
$$C_{21} = C_{22} = \frac{1}{R_{21}f_{clk}} \approx 7pF$$

$$C_{11} = C_{12} = \frac{1}{R_{11}f_{clk}} \approx 11pF$$



פיתרון – סעיף ג'

ג. במצב ש- $C_{12} = 0$ ו- $C_{11} = 10pF$ חשבו/ את C_{21}, C_{22} בכדי לקבל $\frac{V_R}{V_{in}} = -1$



$$R_{11} = \frac{1}{C_{11}f_{clk}} = 10K\Omega$$

$$\frac{V_R}{V_{in}} = -\frac{R_{21}}{1K + 10K + 10K} = -1$$

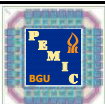
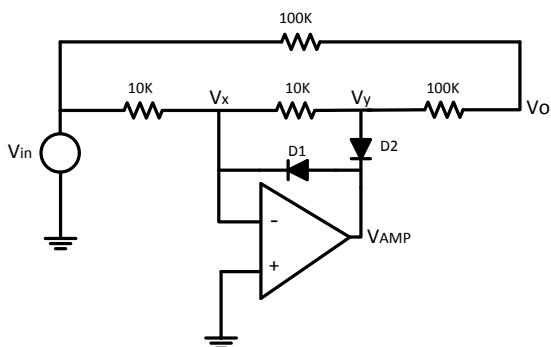
$$R_{21} = 21K\Omega$$

$$C_{12} = \frac{1}{R_{11}f_{clk}} \approx 4.76pF$$



שאלה 3

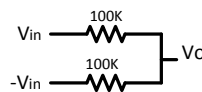
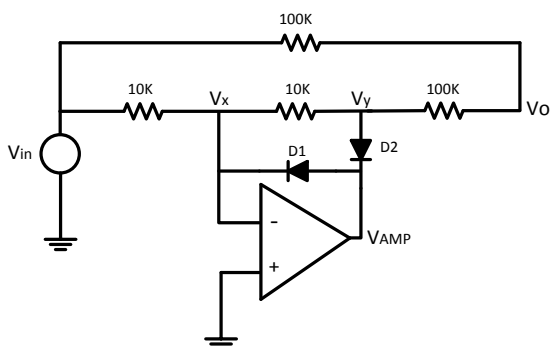
נתון מיישר מדויק הבא:

א. עבור אות $V_{in} = 5\sin(2\pi * 5kt)$ שרטט/י את האותות V_o , V_{AMP} , V_y , V_x .

פיתרון

מצב 1: $V_{in} > 0$ - D_2 מוליכה ו- D_1 לא מוליכה- $V_x = 0$ - אפס וירטואלי

$$V_y = V_{amp} = -V_{in} \cdot \frac{10k}{10k} = -V_{in}$$

- $V_{out} = 0$ 

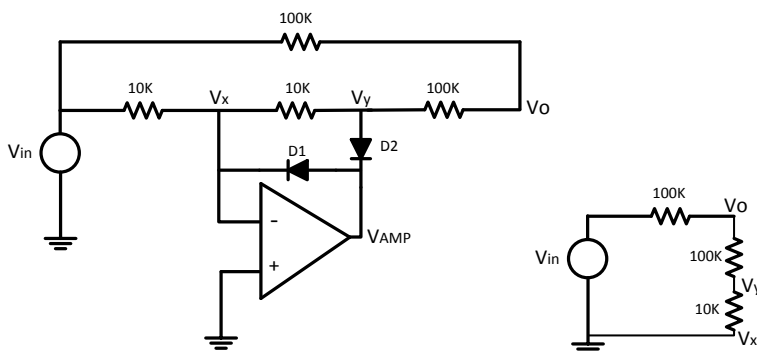


פיתרון

מצב $V_{in} < 0$:2 D_1 מוליכה ו D_2 לא מוליכה - $V_x = 0$ - אפס וירטואלי $V_{amp} = V_x = 0$ -

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{110k}{210k} \approx 0.52V_{in} -$$

$$V_y = V_{in} \cdot \frac{10k}{210k} \approx 0.05V_{in} -$$



פיתרון

