

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [1]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

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

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [2]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

שאלה 1

נתון המעגל הבא:

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

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [3]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף א'

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

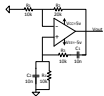
נקבל: $V_o(s) = \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} V_i$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [4]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף א'

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

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



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

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [5]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף א'

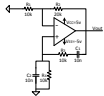
$$\frac{V_z}{V_o}(\omega) = \frac{1}{3 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

נסמן $\omega_0 = \frac{1}{RC}$

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

ולסיים:

כאשר $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$



Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [6]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

תזכורת – מסגרים מסדר שני

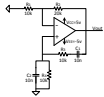
$$H_{LP}(s) = \frac{1}{\omega_0^2 + \frac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

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

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

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

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

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


Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [7]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף ב'

ב. שרטטו/ את V_o לפונקציה של הזמן. סמני ערכים חשובים על הגרף

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

$$\beta(f) = \frac{V_o}{V_i}(f) = \frac{1}{3 + j\left(\frac{f}{f_c} - \frac{f_c}{f}\right)} = \frac{1}{3}$$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [8]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף ב'

תנאי ברקאהאוזן מתקיים:

$$\text{Re}[\beta(f_0) \cdot A] = 1$$

$$\text{Im}[\beta(f_0) \cdot A] = 0$$

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

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [9]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

שאלה 2

נתון מעגל מגבר סטריאו. תדר העבודה הוא 10MHz.

א. שרטטו/ מעגל תמורה.

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

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

Analog Electronic Circuits
THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY
361-1-3671 [10]

תזכורת – קבלים מתמתיים

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

Analog Electronic Circuits
THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY
361-1-3671 [11]

פיתרון – סעיף א'

$f_{clk} = 10MHz$
 $f_{clk} = 10MHz$

Analog Electronic Circuits
THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY
361-1-3671 [12]

פיתרון – סעיף ב'

ב. קבעו את ערכי הקבלים כך ש- $\frac{V_B}{V_{in}} = \frac{V_A}{V_{in}} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$

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

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [13]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף ב'

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

$$\sqrt{2}R_{21} = R_1 + R_{11} + R_2 \quad R_{21} = R_{22} = \sqrt{2} \cdot 10K \approx 14K\Omega$$

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

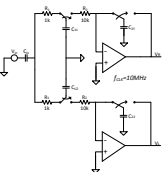
$$C_{21} = C_{22} = \frac{1}{R_{21}f_{clk}} \approx 7pF$$

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

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [14]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף ג'

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



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

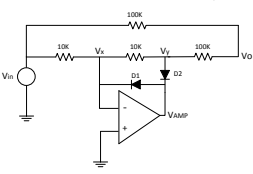
$$\frac{V_R}{V_{in}} = - \frac{R_{21}}{1K + 10K + 10K} = -1$$

$$R_{21} = 21K\Omega \quad C_{12} = \frac{1}{R_{11}f_{clk}} \approx 4.76pF$$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [15]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

שאלה 3

נתון מיישר מדויק רבא:
 א. עבור אות $V_{in} = 5\sin(2\pi + 5kt)$ שרטט/י את האותות V_o, V_{AMP}, V_p, V_n .



Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [16]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון

מצב 1: $V_{in} > 0$

- מוליכה D_2 לא מוליכה
- אפס ויטואלי $V_x = 0$
- $V_y = V_{amp} = -V_{in} \cdot \frac{10k}{100k} = -V_{in}$
- $V_{out} = 0$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [17]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון

מצב 2: $V_{in} < 0$

- מוליכה D_1 לא מוליכה
- אפס ויטואלי $V_x = 0$
- $V_{amp} = V_y = 0$
- $V_{out} = V_{in} \cdot \frac{110k}{210k} \approx 0.52V_{in}$
- $V_y = V_{in} \cdot \frac{10k}{210k} \approx 0.05V_{in}$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [18]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון
