

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
 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>

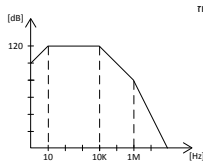
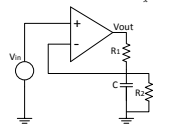
Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [2]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

שאלה 1

נתון המעגל הבא ופונקציית התמסורת $\frac{V_{out}}{V_{in}}(f)$ כמשורטט:

א. מצא/י את $A_{OL}(f)$ ואת ערכי הרכיבים R_1, R_2, C הדרושים לביצוע הניסוי.

ב. כעת נתון $R_1 = 9k\Omega, R_2 = 1k\Omega, C = 1.77nF$ נתון חשב/י את קבל הקיטוז C_x הדרוש בכדי להבטיח יציבות עבור $\beta = 20dB$ מינימלית.

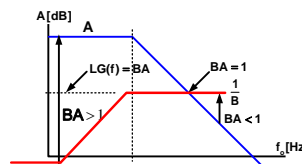
Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [3]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף א'

תזכורת:

$$A_{CL} = G \frac{A_{OL}}{1 + \beta A_{OL}}$$

$$A_{CL} \Big|_{\beta A_{OL} \gg 1} = \frac{G}{\beta}$$

$$A_{CL} \Big|_{\beta A_{OL} \ll 1} = G A_{OL}$$


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

פיתרון – סעיף א'

$$A_{OL} = \frac{A}{\left(1 + \frac{f}{f_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{f}{f_2}\right) \cdot \dots \cdot \left(1 + \frac{f}{f_n}\right)} \longrightarrow A_{OL} = \frac{10^6}{\left(1 + \frac{f}{10^4}\right) \cdot \left(1 + \frac{f}{10^6}\right)}$$

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

פיתרון – סעיף א'

תזכורת:

$$\beta = \left. \frac{V_o}{V_{out}} \right|_{V_{in}=0} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

במעגל שלנו:

$$\beta = \left. \frac{V_o}{V_{out}} \right|_{V_{in}=0} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2) \cdot (1 + sCR_1 \parallel R_2)}$$

$$\frac{1}{\beta} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot (1 + sCR_1 \parallel R_2)$$

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

פיתרון – סעיף א'

$$\frac{1}{\beta} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot (1 + sCR_1 \parallel R_2)$$

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

פיתרון – סעיף א'

$$10^5 = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{1}{2\pi C R_1 \parallel R_2} = 1 \text{ Hz}$$

$$R_2 = 10[\Omega]$$

$$\Rightarrow R_1 = 1\text{M}[\text{Hz}] \quad C = 15.9\text{m}[\text{F}]$$

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

פיתרון – סעיף ב'

ב. כעת נתון $R_1 = 9\text{K}\Omega$, $R_2 = 1\text{K}\Omega$, $C = 1.77\text{nF}$ הדרוש כדי להבטיח יציבות עבור $\beta = 20\text{dB}$ מינימלית.

$$\frac{1}{\beta} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot (1 + sCR_1 \parallel R_2)$$

$$\frac{1}{\beta} = 10 \cdot (1 + j \frac{f}{100 \cdot 10^3})$$

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

תזכורת – קיזוז קוטב דומיננטי

$$C_{eq} = \frac{1}{2\pi R_e \cdot f_s \text{ old}}$$

$$C_{eq} + C_c = \frac{1}{2\pi R_e \cdot f_s \text{ new}}$$

$$\frac{C_{eq} + C_c}{C_{eq}} = \frac{f_s \text{ old}}{f_s \text{ new}} \Rightarrow C_c = 1000 \cdot C_{eq}$$

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

שאלה 2

נתון ממיר קבלים מתמגים הבא:

א. בהנחת מגבר אידאלי שרטוט מעגל שקול, וחשב את התמסורת $\frac{V_2}{V_1}(f)$ סלל ערכים.

ב. בהנחת הגבר $A_{vdc} = \frac{10^3}{(1+j\frac{f}{10})(1+j\frac{f}{1M})}$ בחר את יציבות המעגל כולל שרטוט וחשב ϕ_m .

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

תזכורת – קבלים מתמגים

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

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

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

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

פיתרון – סעיף א'

$$R_{eq1} = \frac{1}{1n \cdot 10M} = 100[\Omega]$$

$$R_{eq2} = \frac{1}{1p \cdot 10M} = 100K[\Omega]$$

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

פיתרון – סעיף א'

$$V_{out} = -V_{in} \left(\frac{R_f}{R_{in}} \right)$$

$$V_{out} = -(V_1 - V_2) \cdot \left(\frac{R_{eq2}}{R_{eq1}} \cdot \frac{1}{1 + sCR_{eq2}} \right)$$

$$\frac{V_{out}}{(V_1 - V_2)} = -\frac{10^3}{1 + j1.59f}$$

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

פיתרון – סעיף ב'

ב. בהנתן הגבר $A_{OL} = \frac{10^5}{\left(1 + j\frac{f}{10}\right)\left(1 + j\frac{f}{1M}\right)}$ ϕ_m כחן את יציבות המעגל כולל שרטוט וחשב ϕ_m .

$$\beta = -\frac{V_e}{V_{out}} \Big|_{V_{in}=0} = \frac{R_{eq1}(1 + sCR_{eq2})}{(R_{eq1} + R_{eq2}) \cdot (1 + sCR_{eq1} \parallel R_{eq2})}$$

$$\frac{1}{\beta} = \left(1 + \frac{R_{eq2}}{R_{eq1}} \right) \cdot \frac{(1 + sCR_{eq1} \parallel R_{eq2})}{(1 + sCR_{eq2})}$$

$$\frac{1}{\beta} \Big|_{f=0} = 1 + \frac{R_{eq2}}{R_{eq1}} = 10^3 \quad (60dB) \quad f_{pole} = \frac{1}{2\pi CR_{eq2}} = 1.59Hz$$

$$\frac{1}{\beta} \Big|_{f \rightarrow \infty} = \left(1 + \frac{R_{eq2}}{R_{eq1}} \right) \cdot \frac{R_{eq1}}{R_{eq2}} = 1 \quad (0dB) \quad f_{zero} = \frac{1}{2\pi CR_{eq1} \parallel R_{eq2}} = 1.59KHz$$

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

פיתרון – סעיף ב'

$$\frac{1}{\beta} \Big|_{f=0} = 1 + \frac{R_{eq2}}{R_{eq1}} = 10^3 \quad (60dB)$$

$$\frac{1}{\beta} \Big|_{f \rightarrow \infty} = \left(1 + \frac{R_{eq2}}{R_{eq1}} \right) \cdot \frac{R_{eq1}}{R_{eq2}} = 1 \quad (0dB)$$

$$f_{pole} = \frac{1}{2\pi CR_{eq2}} = 1.59Hz$$

$$f_{zero} = \frac{1}{2\pi CR_{eq1} \parallel R_{eq2}} = 1.59KHz$$

$$A_{OL} = \frac{10^5}{\left(1 + j\frac{f}{10}\right)\left(1 + j\frac{f}{1M}\right)}$$

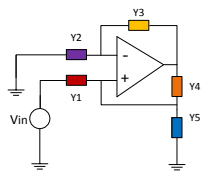
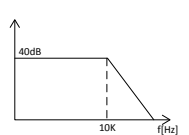
Analog Electronic Circuits
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY
 361-1-3671 [16]

שאלה 3

נתון המעגל המסמן הבא:

א. בטא' את המסורת $\frac{V_o}{V_{in}}(f)$ כפונקציה של $Y_1 - Y_5$.

ב. מצא' את אופי וערכי הרכיבים לקבלת המסמן הבא:

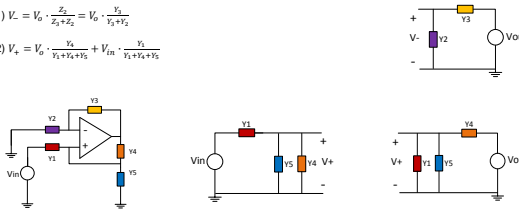



Analog Electronic Circuits
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY
 361-1-3671 [17]

פתרון – סעיף א'

(1) $V_c = V_o \cdot \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = V_o \cdot \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2}$

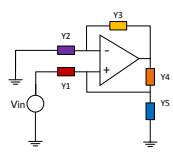
(2) $V_c = V_o \cdot \frac{Y_4}{Y_1 + Y_4 + Y_5} + V_{in} \cdot \frac{Y_5}{Y_1 + Y_4 + Y_5}$



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

פתרון – סעיף א'

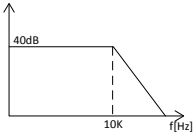
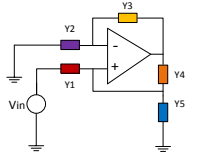
$V_c = V_o \Rightarrow$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{Y_1 \cdot (Y_2 + Y_5)}{Y_2 \cdot Y_1 + Y_2 \cdot Y_5 - Y_2 \cdot Y_4}$$


Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [19]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פתרון – סעיף ב'

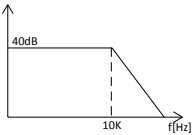
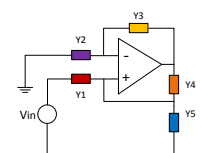
ב. מצא/י את אופי וערכי הרכיבים לקבלת המסגן הבא:

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [20]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פתרון – סעיף ב'

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{10^2}{1 + j\frac{f}{10^4}}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{Y_1 \cdot (Y_2 + Y_3)}{Y_3 \cdot Y_1 + Y_3 \cdot Y_5 - Y_2 \cdot Y_4}$$



Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [21]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פתרון – סעיף ב'

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{Y_1 \cdot (Y_2 + Y_3)}{Y_3 \cdot Y_1 + Y_3 \cdot Y_5 - Y_2 \cdot Y_4}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{Y_1 \cdot (Y_2 + Y_3)}{Y_3 \cdot Y_1 - Y_2 \cdot Y_4} \cdot \frac{1}{1 + j\frac{2\pi f C_2 Y_3}{Y_3 \cdot Y_1 - Y_2 \cdot Y_4}}$$

$Y_1 = Y_2 = Y_4 = Y_5 = R = 100[\Omega]$
 $R_3 = 0.98 \cdot R = 98[\Omega]$
 $C_2 = 3.18n[F]$

(1) $\frac{Y_1 \cdot (Y_2 + Y_3)}{Y_3 \cdot Y_1 - Y_2 \cdot Y_4} = 100$

(2) $\frac{2\pi f C_2 Y_3}{Y_3 \cdot Y_1 - Y_2 \cdot Y_4} = \frac{1}{10^4}$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [22]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

שאלה 4

נתון מעגל חיישן זרם הבא:

- סמן את קוטביית המגבר.
- חשב $\frac{V_o}{V_{in}}(f)$ נכון את יציבות המעגל
- הצע אפשרות לציב המערכת

$$A_{OL} = \frac{10^5}{\left(1 + j\frac{f}{10}\right)\left(1 + j\frac{f}{100}\right)}$$

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [23]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף א'

Analog Electronic Circuits 361-1-3671 [24]
 THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

פיתרון – סעיף ב'

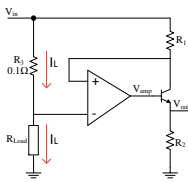
- $V_+ = V_- \Rightarrow I_{R1} \cdot R_1 = I_1 \cdot R_3$
- $I_1 \cdot (R_3 + R_1) = V_{in}$
- $I_{R1} \approx I_{R2} \quad (I_c \approx I_e)$
- $V_o = I_{R2} \cdot R_2$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot (R_3 + R_1)}$$

Analog Electronic Circuits
THE CENTER FOR POWER ELECTRONICS AND MIXED-SIGNAL IC, BEN-GURION UNIVERSITY

361-1-3671 [25]

פיתרון – סעיף ב'



(1) $V_+ = V_- \Rightarrow I_{R_1} \cdot R_1 = I_L \cdot R_2$
 (2) $I_L \cdot (R_2 + R_L) = V_{in}$
 (3) $I_{R_2} \approx I_{R_1}$ ($I_L \approx I_L$)
 (4) $V_o = I_{R_2} \cdot R_2$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_2 \cdot R_2}{R_1 \cdot (R_2 + R_L)}$$
