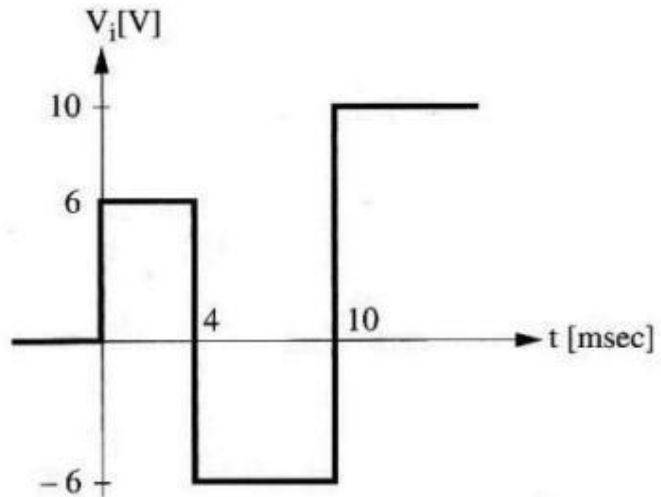
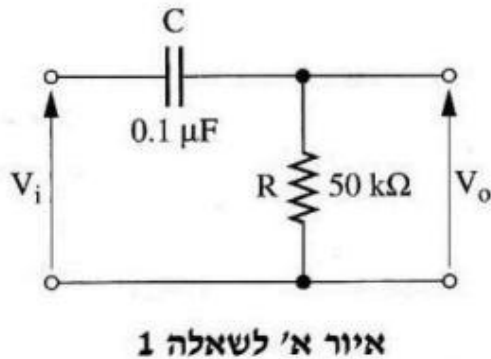


## שאלה 1

לרשת הנתונה באיור א' לשאלה 1 מספקים אות מבוא  $V_i$ , המתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 1

- א. העתק למחברתך את אות המבוא  $V_i$ , וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את צורת אות המוצא  $V_o$ .
- ב. חשב את ערכי מתח המוצא בנקודות השבירה.
- ג. חשב את ערכו של מתח המוצא כאשר:  $t = 12 \text{ msec}$ .

## פתרון שאלה מס' 1

א. חישוב ושרטוט מתח המוצא ונקודות השבירה.

$$t = 0 \text{ msec}$$

$$V_o = 0 \text{ V}, \Delta V = 6 \text{ V} \implies V_t = V_o + \Delta V = 0 + 6 = 6 \text{ V}$$

$$0 \text{ msec} < t < 4 \text{ msec}$$

$$V_o = 6 \text{ V}, V_\infty = 0 \text{ V}, \tau = C \cdot R = 0.1 \mu \cdot 50 \text{ k} = 5 \text{ msec}, t = 4 \text{ msec}$$

$$V_t = V_\infty - (V_\infty - V_o) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 - (0 - 6) \cdot e^{-\frac{4 \text{ msec}}{5 \text{ msec}}} = 2.696 \text{ V}$$

$$t = 4 \text{ msec}$$

$$V_o = 2.696 \text{ V}, \Delta V = -6 - 6 = -12 \text{ V} \implies V_t = V_o + \Delta V = 2.696 - 12 = -9.304 \text{ V}$$

$$4 \text{ msec} < t < 10 \text{ msec}$$

$$V_o = -9.304 \text{ V}, V_\infty = 0 \text{ V}, \tau = C \cdot R = 0.1 \mu \cdot 50 \text{ k} = 5 \text{ msec}, t = 6 \text{ msec}$$

$$V_t = V_\infty - (V_\infty - V_o) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 - (0 - (-9.304)) \cdot e^{-\frac{6 \text{ msec}}{5 \text{ msec}}} = -2.802 \text{ V}$$

$t = 10mSec$

$V_o = -2.802V$  ,  $\Delta V = 10 - -6 = 16V$   $\implies V_t = V_o + \Delta V = -2.802 + 16 = 13.198V$

$10m < t$

$V_o = 13.198V$  ,  $V_\infty = 0V$  ,  $\tau = C \cdot R = 0.1\mu \cdot 50k = 5mSec$  ,  $t = t - 10mSec$

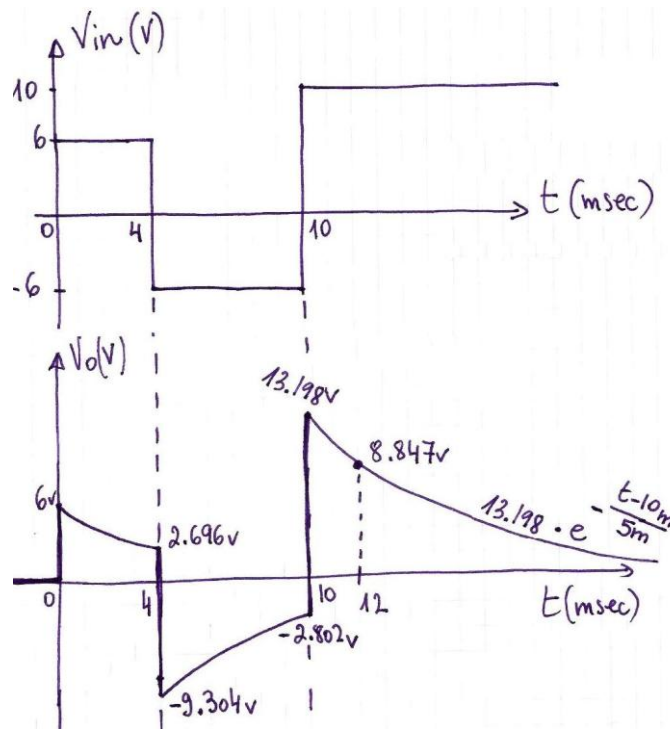
$V_t = V_\infty - (V_\infty - V_o) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 - (0 - 13.198V) \cdot e^{-\frac{t-10m}{5m}} = 13.198V \cdot e^{-\frac{t-10m}{5m}}$

ב. נבדוק מהו מתח המוצא בזמן  $t = 12mSec$

$t = 12mSec$

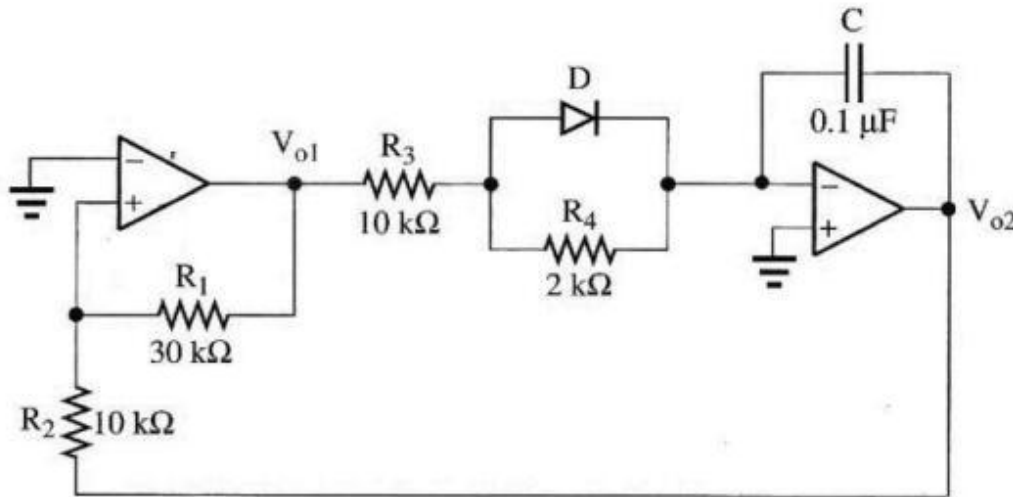
$V_o = 13.198V$  ,  $V_\infty = 0V$  ,  $\tau = C \cdot R = 0.1\mu \cdot 50k = 5mSec$  ,  $t = 2mSec$

$V_t = V_\infty - (V_\infty - V_o) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 - (0 - 13.198V) \cdot e^{-\frac{t-10m}{5m}} = 13.198V \cdot e^{-\frac{12m-10m}{5m}} = 8.847V$



## שאלה 2

המעגל שבאיור לשאלה 2 כולל מגברי שרת ודיודה אידאליים. מתחי ההזנה למגברי השרת הם:  $\pm 12V$ .



## איור לשאלה 2

- א. סרטט את צורות המתחים במוצאים  $V_{o1}$  ו- $V_{o2}$ .
- ב. חשב את זרם הטעינה ואת זרם הפריקה של הקבל.
- ג. חשב את המתח משיא לשיא המתקבל במוצא  $V_{o2}$ .
- ד. חשב את תדר התנודות במוצא  $V_{o1}$  ואת מחזור הפעולה (DC).

## פתרון שאלה מס' 2

בשאלה לא ביקשו מתח ב- $V_x$  אפתור גם עבור  $V_x$  :  
נבדוק את משוואת הזרמים בנק'  $V_x$  :

$$\frac{V_x - V_{o1}}{R_1} - \frac{V_x - V_{o2}}{R_2} = 0 \quad \implies \implies \quad \frac{V_x - V_{o1}}{30k} - \frac{V_x - V_{o2}}{10k} = 0$$

$$4V_x = V_{o1} + 3V_{o2}$$

נמצא  $V_{o2}$  עי"י הצבת  $V_x = 0V$ ,  $V_{o1} = 12V$

$$4 \cdot 0 = 12 + 3V_{o2} \implies \implies 3V_{o2} = -12V$$

$$V_{o2} = -4V$$

נמצא  $V_{o2}$  עי"י הצבת  $V_x = 0V$ ,  $V_{o1} = -12V$

$$4 \cdot 0 = -12 + 3V_{o2} \implies \implies 3V_{o2} = 12V$$

$$V_{o2} = 4V$$

כדי למצוא את שני הערכים הנוספים של  $V_X$  (אני שוב מזכיר לא ביקשו את  $V_X$ )

נציב פעם את שני הערכים החיוביים  $V_{o1} = 12V$ ,  $V_{o2} = 4V$

$$4V_X = V_{o1} + 3V_{o2} \implies V_X = \frac{V_{o1} + 3V_{o2}}{4}$$

$$V_X = \frac{12+12}{4} = 6V$$

ושוב את שני הערכים השליליים  $V_{o1} = -12V$ ,  $V_{o2} = -4V$ .

$$4V_X = V_{o1} + 3V_{o2} \implies V_X = \frac{V_{o1} + 3V_{o2}}{4}$$

$$V_X = \frac{-12-12}{4} = -6V$$

לסיכום:

$$V_X = 0V \quad V_{o1} = 12V \quad V_{o2} = -4V$$

$$V_X = 0V \quad V_{o1} = -12V \quad V_{o2} = 4V$$

$$V_X = 6V \quad V_{o1} = 12V \quad V_{o2} = 4V$$

$$V_X = -6V \quad V_{o1} = -12V \quad V_{o2} = -4V$$

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{12-0}{10k} = 1.2mA : \text{ נמצא את הזרם עבור הטעינה(של הקבל)}$$

$$\Delta V = 4 - (-4) = 8V : \text{ נמצא את שינוי המתח עבור טעינה(של הקבל)}$$

נחשב את משך זמן הטעינה:

$$I = 1.2mA, C = 0.1\mu F, \Delta V = 8V,$$

$$\Delta t_r = \frac{\Delta V_C \cdot C}{I} = \frac{8 \cdot 0.1\mu}{1.2mA} = \frac{2}{3} mSec = 0.666mSec$$

$$I = \frac{\Delta V}{R+R} = \frac{-12-0}{10k+2k} = \frac{-12}{12k} = -1mA : \text{ נמצא את הזרם עבור הפריקה(של הקבל)}$$

$$\Delta V = -4 - 4 = -8V : \text{ נמצא את שינוי המתח עבור הפריקה(של הקבל)}$$

נחשב את משך זמן הטעינה:

$$I = -1mA, C = 0.1\mu F, \Delta V = -8V,$$

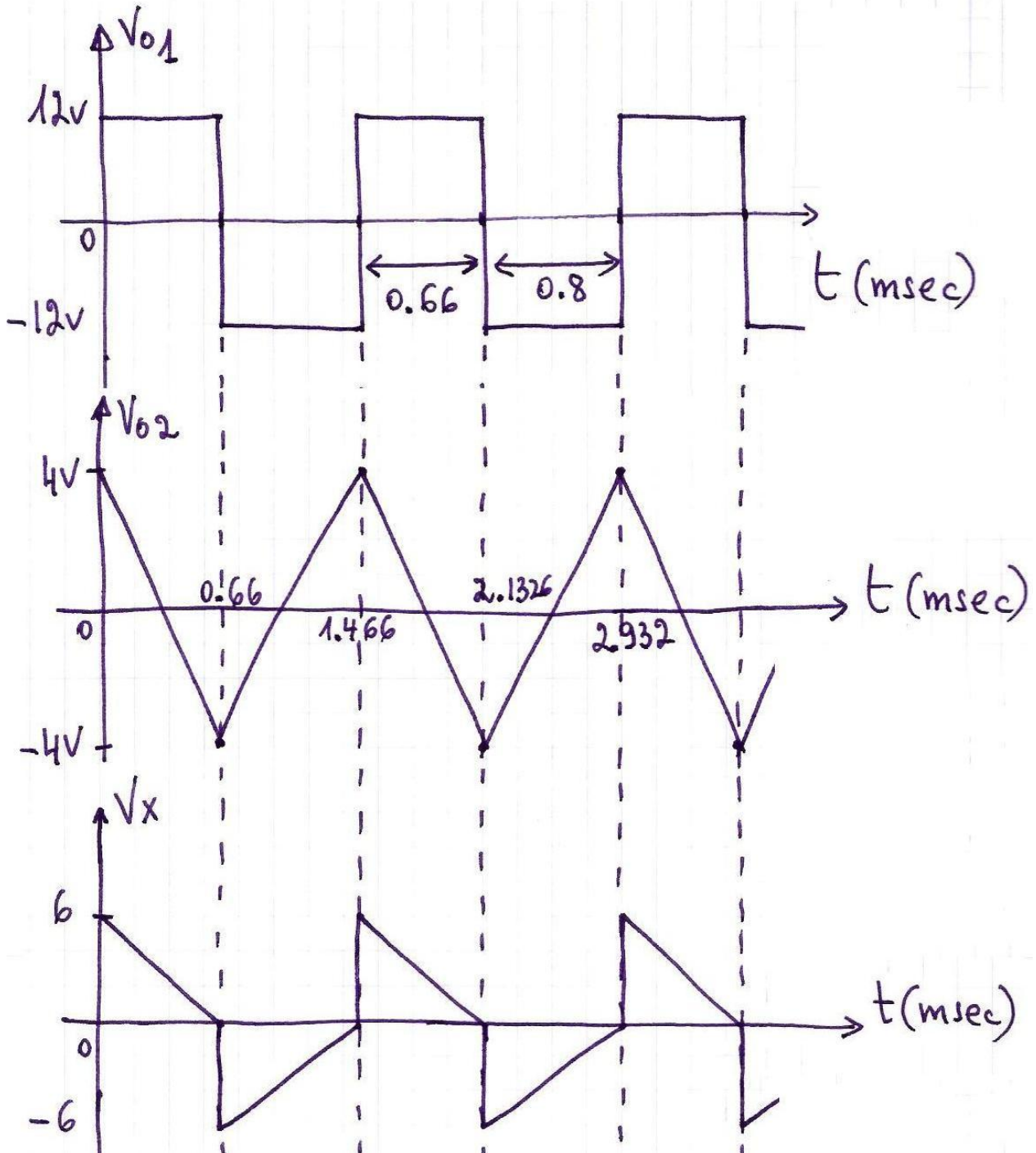
$$\Delta t_f = \frac{\Delta V_C \cdot C}{I} = \frac{-8 \cdot 0.1\mu}{-1mA} = 0.8mSec = 0.8mSec$$

$$T = \Delta t_r + \Delta t_f = 0.666 + 0.8 = 1.466mSec : T \text{ המחזור}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.466m} = 682.13Hz : \text{ נחשב את תדר התנודות}$$

$$D.C. [\%] = \frac{\Delta t_r \cdot 100\%}{\Delta t_r + \Delta t_f} = \frac{0.666 \cdot 100\%}{1.466} = 45.46\% : [\%] \text{ נחשב את גורם המחזור(מחזור הפעולה)}$$

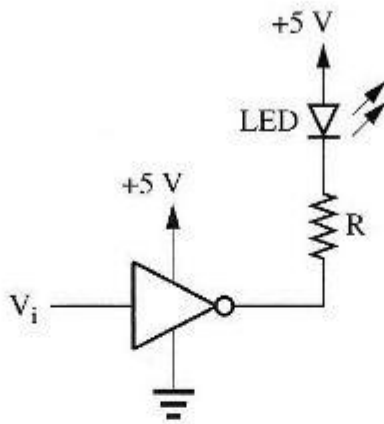
שרטוט בעמוד הבא



\*\* לא ביקשו לשרטט את המתח בנקי  $V_x$

## שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון רכיב לוגי המפעיל דיודת LED.



איור לשאלה 3

נתוני הרכיב הלוגי:

$$V_{OH} = 4 \text{ V}, V_{OL} = 0.4 \text{ V}$$

$$I_{OH} = 0.5 \text{ mA}, I_{OL} = 15 \text{ mA}$$

נתוני ה-LED:

$$I_{LED \max} = 30 \text{ mA}, V_{LED} = 1.2 \text{ V}$$

- מהי הרמה הלוגית שיש לספק במבוא  $V_i$  כדי להדליק את ה-LED?
- חשב את ערך הנגד R הנדרש כדי להדליק את ה-LED, כאשר הזרם דרכה הוא 8 mA.
- מהו הערך המינימלי של הנגד R, שעבורו המעגל עדיין יפעל באופן תקין?

## פתרון שאלה מס' 3

א. כדי להדליק את ה-LED צריך לספק רמה לוגית של '1' ( $V_{IH}$ ).

ב. נמצא נגד שעבורו הזרם דרך ה-LED יהיה 8mA:

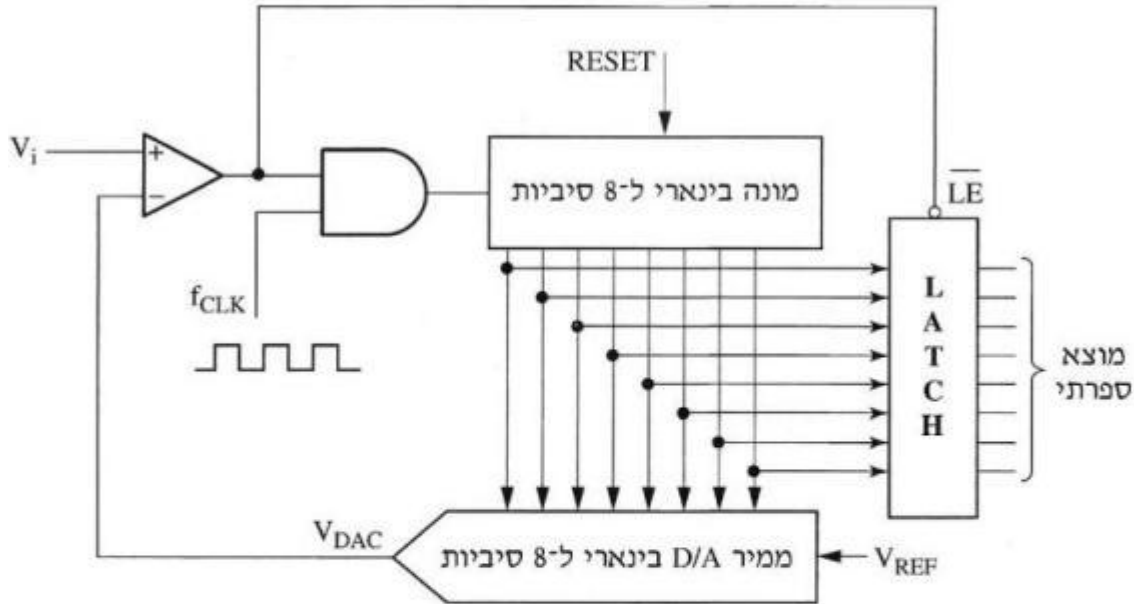
$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{OL}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1.2 - 0.4}{8m} = 425\Omega$$

ג. נמצא נגד מינימאלי: ידוע שהזרם המקסימאלי דרך הדיודה יכול להיות 30mA אבל ניתן לראות שהזרם המקסימאלי עבור השער הוא 15mA בלבד לכן  $\leftarrow$

$$R > \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{OL}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1.2 - 0.4}{15m} = 226.66\Omega$$

## שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תרשים מלבנים של ממיר A/D ל-8 סיביות.  $V_i$  הוא מתח המבוא האנלוגי של הממיר. תדר השעון הוא  $f_{CLK} = 100 \text{ kHz}$ .



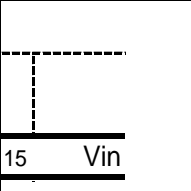
איור לשאלה 4

- הסבר את אופן פעולת ממיר ה-A/D.
- נתון שעבור הצירוף 00010000 במבוא ממיר ה-D/A, התקבל במוצא הממיר מתח ( $V_{DAC}$ ) של  $150 \text{ mV}$ . חשב את הרזולוציה של הממיר.
- מהו מתח המבוא המרבי  $V_i$  הניתן להמרה?
- מהו זמן ההמרה המרבי של ממיר ה-A/D? בתשובתך, הזנח את זמני ההשהיה של כל הרכיבים.

## שאלה מס' 4

- הסבר פעולת הממיר: המונה מתחיל את ההמרה לאחר פקודת RESET, הגורמת לאיפוס המונה והוצאת מתח  $V_{DAC} = 0V$  במוצא ממיר ה-D/A. מתח המבוא  $V_i$  (חיובי) מאפשר העברת פולסי שעון דרך שער AND, עליית המנייה במונה גורמת לעליית מתח במוצא הממיר D/A. המנייה כלפי מעלה ממשיכה עד למצב בו במוצא הממיר  $V_{DAC} > V_i$ . במצב זה המשווה מוציא '0' ← הנועל ננעל ושער AND מתאפס גם הוא ('0') והמנייה נעצרת. במוצא המונה (הנועל) תופיע הקריאה הספרתית של הממיר.

✚ המשך עמוד הבא.



ב. רזולוציית הממיר (כושר הבחנה) שהיא החלק התחום הסטייה המלאה (FSR) במוצא, כאשר במילה הספרתית שבמבוא חל שינוי הקטן ביותר (LSB).

$$00010000b = 16d \implies V_o = 150mV = 0.15V$$

$$\Delta U_{MIN} = 1b = 1d \implies \frac{\Delta U_{MIN}}{1} = \frac{0.15}{16}$$

$$\Delta U_{MIN} = 9.375mV$$

ג. המתח המרבי שניתן להמרה הוא :

$$FSR = 11111111b = 255d$$

$$V_{O(MAX)} = \Delta U_{MIN} \cdot 255 = 9.375m \cdot 255 = 2.390625V$$

ד. זמן ההמרה המרבי הוא הזמן שלוקח לממיר לבצע את ההמרה עבור FSR במוצא :

$$t_{CONV(max)} = (2^n - 1) \cdot T_{clock} = 255 \cdot \frac{1}{100k} = 2.55mSec$$