

אלקטרוניקה ומחשבים ג'

שתי יחידות לימוד (השלמה לחמש יחידות לימוד)
(כיתה י"ב – נבחנים על-פי תכנית הלימודים של טרום הרפורמה)
(כיתה י"א – נבחנים על-פי תכנית הלימודים של הרפורמה)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני חלקים:
חלק א' – לנבחנים על-פי תכנית הלימודים של טרום הרפורמה בלבד.
חלק ב' – לנבחנים על-פי תכנית הלימודים של הרפורמה בלבד.
בכל חלק שני פרקים, ובהם תשע שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד מאחד החלקים, שאלה אחת לפחות מכל פרק בחלק זה. לכל שאלה – 20 נקודות. סך הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. בחר את חלק הבחינה המתאים לתכנית הלימודים שלמדת, וענה על חמש שאלות בו. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 - ניתן לצבור נקודות בגין תשובות על שאלות מחלק אחד של הבחינה בלבד.
 2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 3. רשום את כל תשובותיך אך ורק בעט.
 4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
 5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
 6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
 7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מִכְרָב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים הבאים, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת, ביחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 15 עמודים ונוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

השאלות

חלק א' (לנבחנים על-פי תכנית הלימודים של טרום הרפורמה בלבד)

בחלק זה שני פרקים ובהם תשע שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק. נבחן העונה על חלק זה של הבחינה, לא יוכל לצבור נקודות בגין תשובות על שאלות מחלק ב' של הבחינה.

פרק ראשון: אלקטרוניקה תקבילית

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–5 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

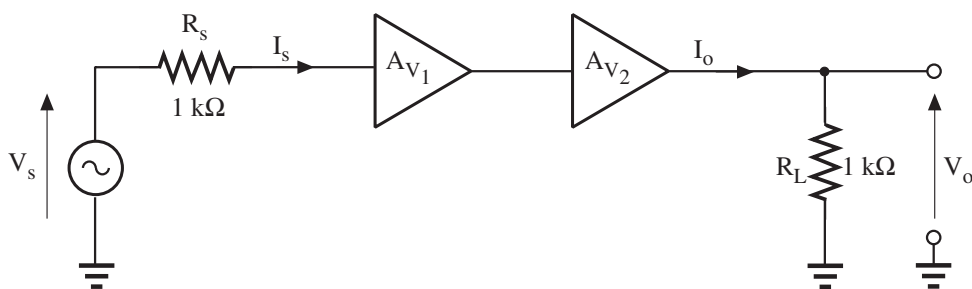
שני מגברים מחוברים בשרשרת (קסקדה), כמתואר באיור לשאלה 1.

נתוני המגבר הראשון:

$$R_{i1} = 5 \text{ k}\Omega \quad ; \quad R_{o1} = 0.5 \text{ k}\Omega \quad ; \quad A_{V1} = 20 \text{ dB}$$

נתוני המגבר השני:

$$R_{i2} = \infty \quad ; \quad R_{o2} = 0 \quad ; \quad A_{V2} = 30$$



איור לשאלה 1

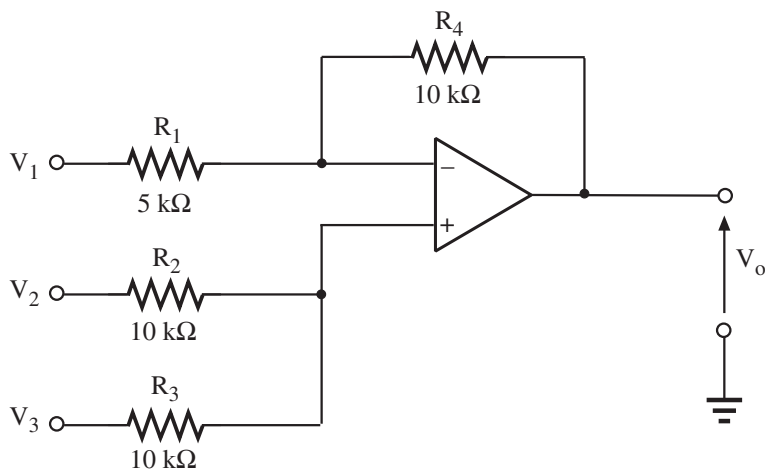
א. חשב את הגבר המתח הכולל: $A_V = \frac{V_o}{V_s}$.

ב. חשב את הגבר הזרם הכולל: $A_I = \frac{I_o}{I_s}$.

ג. חשב את הגבר ההספק $A_P = \frac{P_o}{P_s}$ ביחידות דציבל.

שאלה 2

המעגל שבאיור לשאלה 2 כולל מגבר שרת אידיאלי.



איור לשאלה 2

א. עבור $V_2 = V_3 = 0 \text{ V}$, בטא את מתח המוצא V_o בתלות ב- V_1 .

ב. עבור $V_1 = V_3 = 0 \text{ V}$, בטא את מתח המוצא V_o בתלות ב- V_2 .

ג. בטא את V_o בתלות ב- V_3, V_2, V_1 .

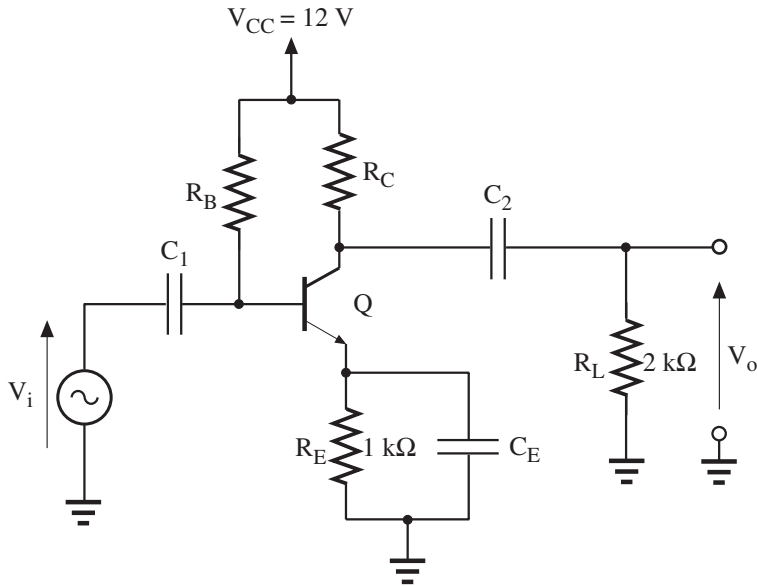
ד. חשב את מתח המוצא V_o אם נתון:

$$V_1 = 1 \text{ V} ; \quad V_2 = 2 \text{ V} ; \quad V_3 = -1 \text{ V}$$

שאלה 3

נתוניו של מגבר טרנזיסטורי, המתואר באיור לשאלה 3, הם:

$$h_{ie} = 1.5 \text{ k}\Omega ; \quad h_{fe} = 50 ; \quad \beta = 50 ; \quad V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$



איור לשאלה 3

א. חשב את ערכי הנגדים R_B ו- R_C , אם נקודת העבודה של הטרנזיסטור היא:

$$V_{CE} = 6 \text{ V}, \quad I_C = 2 \text{ mA}$$

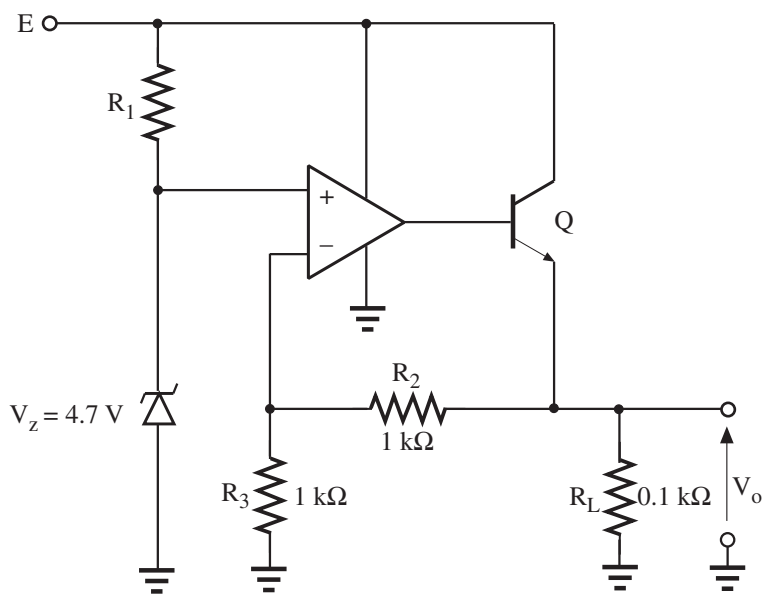
ב. סרטט מעגל תמורה לאות חילופין של המגבר (הזנח את היגבי הקבלים).

ג. חשב את הגבר המתח $A_V = \frac{V_o}{V_i}$.

שאלה 4

המעגל שבאיור לשאלה 4 משמש כמייצב מתח (מתח המבוא E הוא מתח לא מיוצב).
מגבר השרת שבמעגל – אידיאלי.

נתוני המעגל: $V_Z = 4.7 \text{ V}$; $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $\beta = 50$



איור לשאלה 4

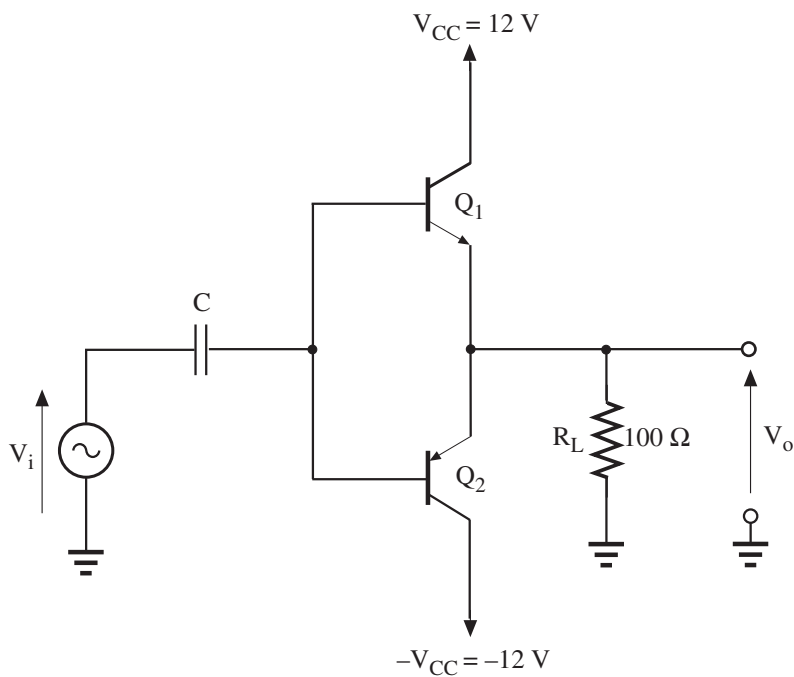
א. עבור $E = 15 \text{ V}$ וזרם זנר של 10 mA , חשב את ערכו של הנגד R_1 .

ב. חשב את מתח המוצא V_o .

ג. חשב את הזרם במוצא של מגבר השרת.

שאלה 5

המעגל שבאיור לשאלה 5 הוא מגבר הספק.
 מתחי הצמתים של הטרנזיסטורים והיגב הקבל – זניחים.



איור לשאלה 5

- הסבר את עקרון הפעולה של המגבר הזה.
- חשב את ההספק המרבי על העומס R_L .
- חשב את הנצילות המרבית של המגבר.

פרק שני: מחשבים ומיקרו-מעבדים

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 6–9 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 6

לפניך תת-שגרה הכתובה בשפת הסף של המיקרו-מעבד 8086/88 :

1. MB : MOV SI, 10 H
2. AG : MOV BX, [SI]
3. MOV CL, 8 H
4. ROL BX, CL
5. MOV [SI], BX
6. ADD SI, 2 H
7. CMP SI, 18 H
8. JNE AG
9. RET

להלן תכני התאים שכתובותיהם $17\text{ H} \div 10\text{ H}$ בסגמנט הנתונים שבזיכרון, **לפני** ביצוע תת-השגרה:

17 H	16 H	15 H	14 H	13 H	12 H	11 H	10 H	כתובת התא
80 H	70 H	60 H	50 H	40 H	30 H	20 H	10 H	תוכן התא

א. הסבר את ההוראות שמספריהן 2, 4, 7, 8.

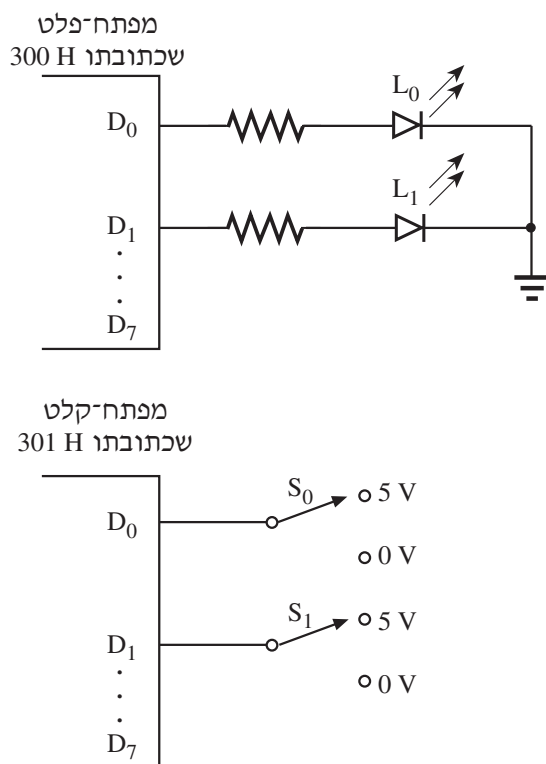
ב. הסבר מה מבצעת תת-השגרה, וציין מה יהיו ערכי התאים $17\text{ H} \div 10\text{ H}$ **לאחר** ביצועה.

ג. מחליפים את הוראה 4 בהוראה ROR BX, CL.

האם ישפיע השינוי הזה על ערכי התאים $17\text{ H} \div 10\text{ H}$ בסיום ביצוע תת-השגרה?
נמק את תשובתך.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתוארים מפתח-פלט, שאליו מחוברות שתי נוריות LED (L_0 ו- L_1), ומפתח-קלט, שאליו מחוברים שני מתגים (S_0 ו- S_1).



איור לשאלה 7

כתוב תת-שגרה בשפת ASM-86, שתבדוק את מצב הסיביות D_0 ו- D_1 שבמפתח-הקלט. תת-השגרה תדליק את נוריות ה-LED (L_0 ו- L_1) שבמפתח-הפלט, בהתאם לטבלה שלהלן:

D_1	D_0	L_1	L_0
0	0	ON	ON
0	1	ON	OFF
1	0	OFF	ON
1	1	OFF	OFF

שאלה 8

בלוק נתונים, שכתובת ההתחלה שלו היא 10 H ואורכו שמונה תאים, מכיל נתונים מספריים. גודלו של כל נתון בבלוק הוא בית אחד (1 byte). כתוב תת-שגרה בשפת ASM-86, המונה את מספר התאים שערכם 22 H בבלוק, ומציבה את תוצאת המנייה בתא שכתובתו 18 H.

שאלה 9

- א. הסבר את תפקידו של כל אחד מן ההדקים ALE, NMI, $\overline{RD}$, HOLD במיקרו-מעבד 8086.
- ב. השווה בין פסיקה לבין שאילתה מהבחינות האלה:
1. מהירות התגובה של המחשב.
 2. התוכנה הנדרשת.
- ג. לפניך קטע תכנית. ציין את תוכן האוגר AL ואת מצבם הלוגי של דגל הנשא ודגל האפס בסיום הביצוע של כל שורה.

1. MOV AL, 39 H
2. ADD AL, E8 H
3. DEC AL

חלק ב' (לנבחנים על-פי תכנית הלימודים של הרפורמה בלבד)

בחלק זה שני פרקים ובהם תשע שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק. נבחן העונה על חלק זה של הבחינה, לא יוכל לצבור נקודות בגין תשובות על שאלות מחלק א' של הבחינה.

פרק שלישי: מבוא להנדסת אלקטרוניקה

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 10 – 14 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 10

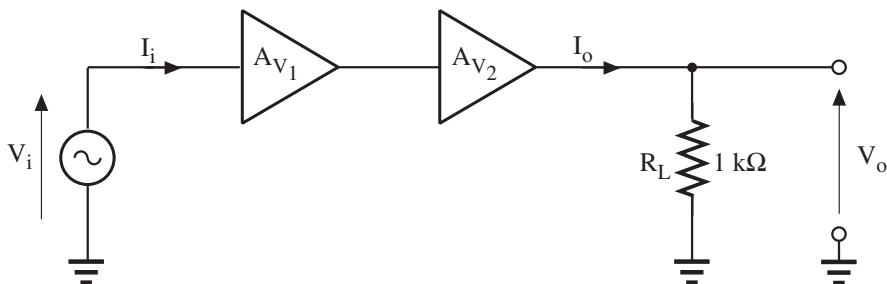
באיור לשאלה 10 מחוברים שני מגברים בשרשרת (קסקדה).

נתוני המגבר הראשון:

$$R_{i1} = 2 \text{ k}\Omega \quad ; \quad R_{o1} = 0 \quad ; \quad A_{V1} = 25$$

נתוני המגבר השני:

$$R_{i2} = \infty \quad ; \quad R_{o2} = 1 \text{ k}\Omega \quad ; \quad A_{V2} = 20$$

**איור לשאלה 10**

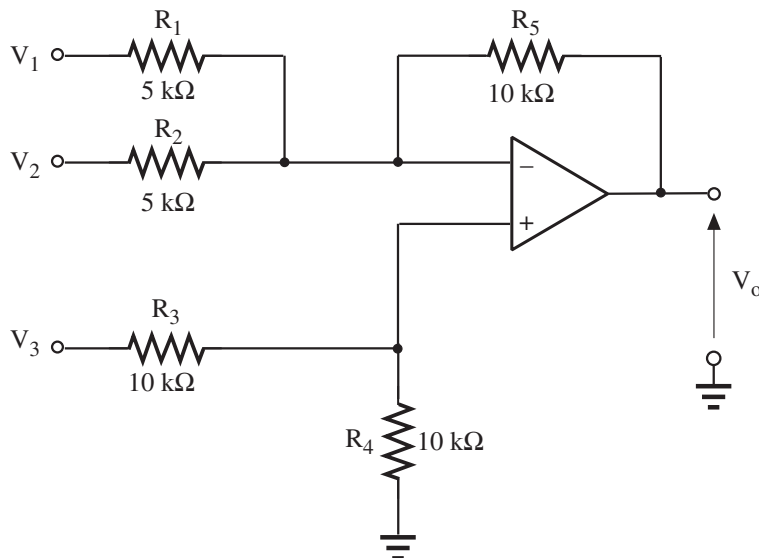
א. חשב את הגבר המתח הכולל: $A_V = \frac{V_o}{V_i}$

ב. חשב את הגבר הזרם: $A_I = \frac{I_o}{I_i}$

ג. חשב את הגבר ההספק $A_P = \frac{P_o}{P_i}$ ביחידות דציבל.

שאלה 11

המעגל שבאיור לשאלה 11 כולל מגבר שרת אידיאלי.



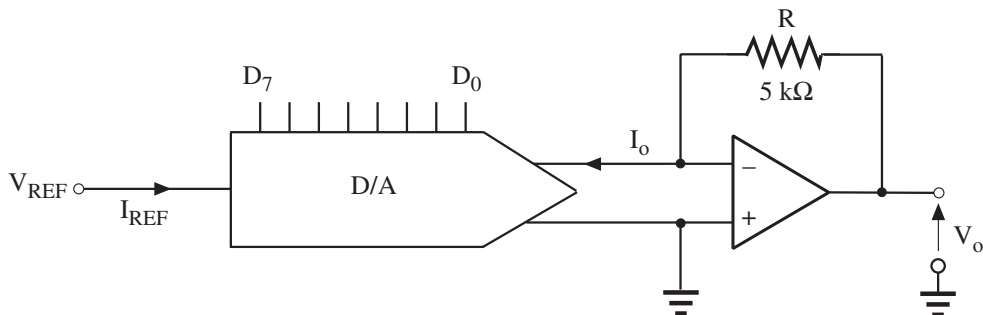
איור לשאלה 11

- א. עבור $V_3 = 0 \text{ V}$, בטא את V_0 בתלות ב- V_1 ו- V_2 .
- ב. עבור $V_1 = V_2 = 0 \text{ V}$, בטא את V_0 בתלות ב- V_3 .
- ג. בטא את V_0 בתלות ב- V_1 , V_2 ו- V_3 .
- ד. חשב את מתח המוצא V_0 אם נתון:

$$V_1 = 1 \text{ V} \quad ; \quad V_2 = -3 \text{ V} \quad ; \quad V_3 = 1 \text{ V}$$

שאלה 12

המעגל שבאיור לשאלה 12 הוא ממיר מאות ספרתי לאות אנלוגי (D/A). האות הספרתי הוא בעל שמונה סיביות $D_7 \div D_0$.



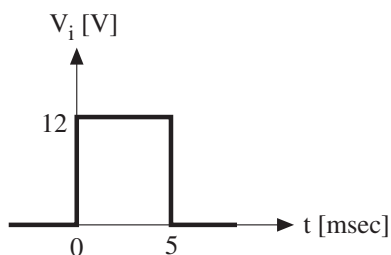
איור לשאלה 12

נתון: $I_{REF} = 2 \text{ mA}$. זרם המוצא I_o של הממיר נתון בנוסחה: $I_o = \frac{I_{REF}}{256} \cdot N$. (N – מספר עשרוני המייצג את מילת המבוא הבינארית).

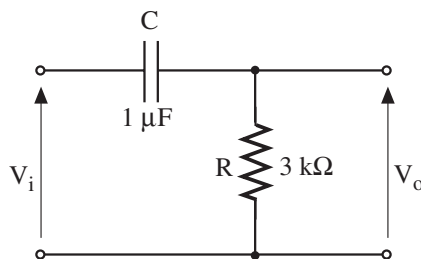
- חשב את מתח המוצא, V_o , המרבי.
- חשב את כושר ההבחנה (הרזולוציה) של הממיר.
- רשום את מילת המבוא הבינארית בסיביות $D_7 \div D_0$, אם במוצא המעגל התקבל מתח של 5 V.

שאלה 13

לרשת המתוארת באיור א' לשאלה 13 מספקים את הדופק המתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 13



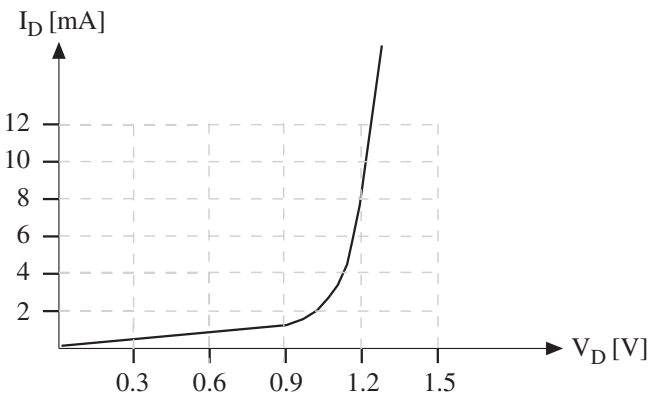
איור א' לשאלה 13

א. סרטט, זו מתחת לזו בהתאמה, את צורת מתח המבוא V_i ואת צורת מתח המוצא V_o (בתלות בזמן).

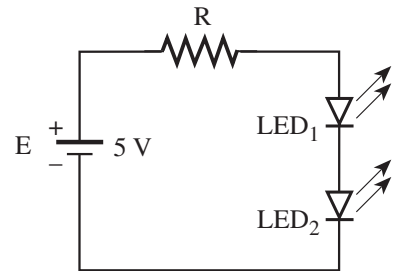
ב. חשב את מתח המוצא V_o כאשר $t = 3 \text{ msec}$.

שאלה 14

המעגל שבאיור א' לשאלה 14 כולל שתי דיודות LED זהות. אופיין הזרם-מתח של כל אחת מן הדיודות נתון באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 14



איור א' לשאלה 14

א. הסבר את תפקידו של הנגד R במעגל, ואת השיקול בקביעת ערכו.

ב. חשב את ערכו של הנגד R, אם במעגל זורם זרם של 8 mA.

פרק רביעי: מבוא להנדסת מחשבים

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 15 – 18 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 15

לפניך תת-שגרה בשפת ASM-86. תכני התאים H 10 ו-H 11 לפני ביצוע התת-שגרה הם H 35 ו-H 48, בהתאמה.

1.	SM_ON :	MOV	AL , 0 H
2.		MOV	CX , 8 H
3.		MOV	SI , 10 H
4.		MOV	BL , [SI]
5.	ROT :	ROL	BL , 1 H
6.		JNC	NC
7.		INC	AL
8.	NC :	DEC	CX
9.		JNZ	ROT
10.		MOV	[SI+1] , AL
11.		RET	

א. הסבר את ההוראות שמספריהן 4 , 5 , 9 , 10 .

ב. הסבר מה מבצעת תת-השגרה.

ג. ציין את ערכי התאים H 10 ו-H 11 לאחר ביצוע תת-השגרה.

שאלה 16

כתוב תת-שגרה בשפת ASM-86, שתציב בתאי הזיכרון שכתובותיהם $10H \div 16H$ את הערכים $0H \div 60H$ בהתאמה, כלומר: בתא שכתובתו $10H$ יוצב הערך $0H$, בתא שכתובתו $11H$ יוצב הערך $10H$, וכך הלאה, עד התא שכתובתו $16H$, שבו יוצב הערך $60H$.

שאלה 17

מערך, שגודלו עשרה תאים, מכיל את המספרים הבאים: 3, 6, 18, 12, 15, 30, 60, 70, 11, 10. המספרים הללו מייצגים ערכים של עשרה נגדים (ביחידות Ω), המחוברים בטור.

כתוב תכנית (בשפת C או בשפת VB), שתבצע את הפעולות האלה:

1. תגדיר את המערך ותציב את עשרת המספרים לתוכו.
2. תכניס למשתנה RT את ההתנגדות השקולה של עשרת הנגדים.
3. תדפיס את ערכי עשרת הנגדים ואת ערך ההתנגדות השקולה.

שאלה 18

מערך, שגודלו עשרה תאים, מכיל את המספרים הבאים: -2, 3, 0, 9, -5, 4, 6, -8, -9, 0. כתוב תכנית (בשפת C או בשפת VB), שתבצע את הפעולות האלה:

1. תגדיר את המערך ותציב את עשרת המספרים לתוכו.
2. תמנה את מספר איברי המערך החיוביים.
3. תמנה את מספר איברי המערך השליליים.
4. תדפיס את תוצאות המנייה שהתקבלו בפעולות 2 ו-3.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.

אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך, התרבות והספורט.

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים

(20 עמודים)

1. נוסחאות באלקטרוניקה תקבילית

חישובי הגבר

הגבר מתח — A_V

מתח מוצא — V_o [V]

מתח מבוא — V_i [V]

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

הגבר מתח בדציבלים — A_V [dB]

$$A_V = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

הגבר זרם — A_I

זרם מוצא — I_o [A]

זרם מבוא — I_i [A]

$$A_I = \frac{I_o}{I_i}$$

הגבר זרם בדציבלים — A_I [dB]

$$A_I = 20 \log \frac{I_o}{I_i}$$

הגבר הספק — A_P

הספק מוצא — P_o [W]

הספק מבוא — P_i [W]

התנגדות נגד העומס — R_L [Ω]

התנגדות מבוא — R_i [Ω]

$$A_P = \frac{P_o}{P_i} = A_V \cdot A_I = A_I^2 \cdot \frac{R_L}{R_i} = A_V^2 \cdot \frac{R_i}{R_L}$$

הגבר הספק בדציבלים — A_P [dB]

$$A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

המשך בעמוד 2

הגבר כולל של N דרגות
המחוברות בשרשרת (קסקדה) — A_{VT}

$$A_{VT} = A_{V1} \cdot A_{V2} \cdot A_{V3} \cdot \dots \cdot A_{VN}$$

$$A_{VT}(\text{dB}) = A_{V1}(\text{dB}) + A_{V2}(\text{dB}) + A_{V3}(\text{dB}) + \dots + A_{VN}(\text{dB})$$

הגבר כולל בדציבלים של
N דרגות המחוברות בשרשרת
(קסקדה) — $A_{VT} \quad [\text{dB}]$

מאזן הספקים

הספק מבוא — $P_I \quad [\text{W}]$

$$P_I + P_{CC} = P_L + P_{\text{diss}}$$

הספק נצרך מהספקים — $P_{CC} \quad [\text{W}]$

הספק העומס — $P_L \quad [\text{W}]$

הספק מבוזבז — $P_{\text{diss}} \quad [\text{W}]$

משוב שלילי

הגבר עם משוב (בחוג סגור) — A_f

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$$

הגבר ללא משוב (הגבר חוג פתוח) — A

מקדם משוב — β

משוב מתח טורי

התנגדות מבוא עם משוב — $R_{if} \quad [\Omega]$

$$R_{if} = R_i (1 + \beta A)$$

התנגדות מבוא ללא משוב — $R_i \quad [\Omega]$

התנגדות מוצא עם משוב — $R_{of} \quad [\Omega]$

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + \beta A}$$

התנגדות מוצא ללא משוב — $R_o \quad [\Omega]$

טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

בהזנחת זרם הזליגה I_{CBO} :

$$I_C = \beta I_B, \quad I_E = (\beta + 1) I_B, \quad I_E = I_C + I_B$$

I_C [A] — זרם הקולט

I_E [A] — זרם הפולט

I_B [A] — זרם הבסיס

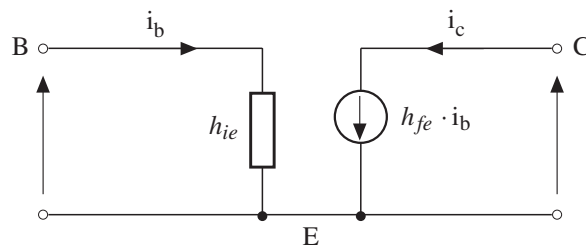
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1}, \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

בהתחשב בזרם הזליגה I_{CBO} :

I_{CBO} [A] — זרם הזליגה בין הקולט לבסיס,
כאשר הפולט פתוח

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO}$$

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו-נושאי



	CE	CE עם נגד R_E
A_I	h_{fe}	h_{fe}
R_i	h_{ie}	$h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E$
A_V	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{h_{ie}}$	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{R_i}$
R_o	∞	∞

טרנזיסטור FET

- I_D [A] — זרם האפיק
 V_{GS} [V] — המתח בין השער למקור
 V_p [V] — מתח צביטה
 I_{DSS} [A] — זרם האפיק עבור $V_{GS} = 0$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

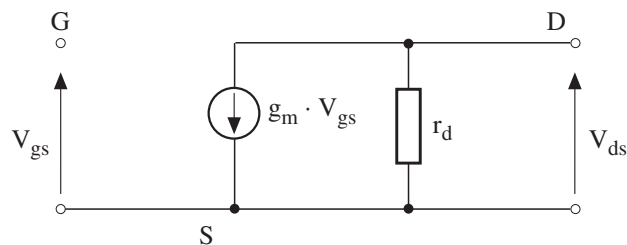
- g_m $\left[\frac{1}{\Omega} \right]$ — מוליכות הדדית

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)$$

- g_{m0} $\left[\frac{1}{\Omega} \right]$ — מוליכות הדדית עבור $V_{GS} = 0$

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|}$$

תרשים תמורה מקורב של טרנזיסטור תוצא שדה – FET



- A_V — הגבר הטרנזיסטור בחיבור CS (מקור משותף)

$$A_V = -g_m \cdot (r_d || R_L)$$

- A_V — הגבר הטרנזיסטור בחיבור CD (מפק משותף)

$$A_V \approx \frac{g_m \cdot R_s}{1 + (g_m + g_d) R_s}$$

- R_s [Ω] — נגד בטור למקור

$$g_d = \frac{1}{r_d}$$

דיודה

$$I_D = I_S (e^{V_D / \eta V_T} - 1)$$

$$V_T = \frac{T}{11,600}$$

I_D [A] — זרם דיודה

V_D [V] — מתח דיודה

I_S [A] — זרם רוויה אחורי

$$\eta = \begin{cases} 1 & - G_e \text{ (גרמניום)} \\ 2 & - S_i \text{ (סיליקון)} \end{cases}$$

T [°K] — טמפרטורה

מגבר הפרש

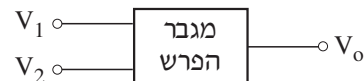
$$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$$

V_d [V] — הפרש מתחי המבוא

V_c [V] — ממוצע מתחי המבוא

A_d — הגבר הפרשי

A_c — הגבר האות המשותף



— כאשר: $V_1 = -V_2 = V_i$

$$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big|_{V_c=0} = \frac{V_o}{2V_i}$$

— כאשר: $V_1 = V_2 = V_i$

$$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big|_{V_d=0} = \frac{V_o}{V_i}$$

CMRR — יחס דחיית האות המשותף

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

מגברי הספק

$$P_L = V_{L\text{ eff}} \cdot I_{L\text{ eff}} = \frac{V_{L\text{ max}} \cdot I_{L\text{ max}}}{2} = \frac{V_{L\text{ eff}}^2}{R_L} = I_{L\text{ eff}}^2 \cdot R_L$$

הספק העומס — P_L [W]

מתח יעיל על העומס — $V_{L\text{ eff}}$ [V]

זרם יעיל בעומס — $I_{L\text{ eff}}$ [A]

מתח עומס שיאי — $V_{L\text{ max}}$ [V]

זרם עומס שיאי — $I_{L\text{ max}}$ [A]

נגד עומס — R_L [Ω]

ההספק הנצרך מהספק — P_{CC} [W]

הזרם הממוצע — I_{av} [A]

מתח המקור — V_{CC} [V]

$$P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{av}$$

הזרם הממוצע של גל פועם — I_{av} [A]

זרם שיאי — I_{max} [A]

$$I_{av} = \frac{2 \cdot I_{max}}{\pi}$$

הספק מבזבז בטרנזיסטור — P_D [W]

$$P_D = P_{CC} - P_L$$

נצילות — η

$$\eta = \frac{P_L}{P_{CC}}$$

מתח שיאי — V_{max} [V]

נצילות במגבר הספק — η

מסוג CLASS B

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{max}}{V_{CC}}$$

הספק פיזור מרבי — $P_{C\text{ max}}$ [W]

בשני הטרנזיסטורים

במגבר מסוג CLASS B

$$P_{C\text{ max}} = \frac{2 \cdot V_{CC}^2}{\pi^2 \cdot R_L}$$

מגברי שרת

סוכם (INTEGRATOR)

$$\Delta V_o = - \frac{I_C \cdot \Delta t}{C}$$

- ΔV_o [V] — השינוי במתח-המוצא
- I_C [A] — הזרם הקבוע בקבל
- Δt [sec] — פרק הזמן שבו חל השינוי במתח-המוצא

מגבר מהפך

$$A_V = - \frac{R_f}{R_i}$$

- R_f [Ω] — נגד המשוב
- R_i [Ω] — הנגד המחובר לכניסה המהפכת

מגבר עוקב

$$A_V = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

- R_f [Ω] — נגד המשוב
- R_i [Ω] — הנגד היוצא מהכניסה המהפכת לאדמה

מתנד גשר ויין

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R \cdot C}$$

- f_0 [Hz] — תדר התנודות

- A_V — הגבר המתח

$$A_V \geq 3$$

2. נוסחאות באלקטרוניקה ספרתית

הערך הרגעי של המתח	—	$v(t)$ [V]
הערך שאליו המתח שואף להגיע כאשר $t \rightarrow \infty$	—	V_∞ [V]
הערך ההתחלתי של המתח	—	V_{0+} [V]
הערך הרגעי של הזרם	—	$i(t)$ [A]
הערך שאליו הזרם שואף להגיע כאשר $t \rightarrow \infty$	—	I_∞ [A]
הערך ההתחלתי של הזרם	—	I_{0+} [A]

$$v(t) = V_\infty - (V_\infty - V_{0+})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i(t) = I_\infty - (I_\infty - I_{0+})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

קבוע זמן	—	τ [sec]
התנגדות	—	R [Ω]
קיבול	—	C [F]
השראות עצמית	—	L [H]
תדר חצי הספק עליון של רשת מעבירת נמוכים	—	f_H [Hz]
תדר חצי הספק תחתון של רשת מעבירת גבוהים	—	f_L [Hz]
זמן עלייה של רשת מעבירת נמוכים	—	t_r [sec]

$$\tau = RC$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi\tau}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi\tau}$$

$$t_r = 2.2\tau$$

3. אוסף פקודות למיקרו-מעבדים 8086/88

מקרא לאוגר הדגלים:

X — מושפע מהפעולה (Modified) 0 — מתאפס
U — לא מוגדר אחרי הפעולה (Undefined) 1 — מקבל '1'
R — מוחזר מהמחסנית (Returned)

ADC	ADC destination, source Add with carry			Flags O D I T S Z A P C X X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	ADC AX, SI
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	ADC CX, BETA [SI]
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	ADC ALPHA [BX] [SI], DI
register, immediate	4(4)	—	3-4	ADC BX, 256
memory, immediate	17(16)+EA	2	3-6	ADC GAMMA, 30H
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	ADC AL, 5

ADD	ADD destination, source Addition			Flags O D I T S Z A P C X X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	ADD CX, DX
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	ADD DI, [BX].ALPHA
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	ADD TEMP, CL
register, immediate	4(4)	—	3-4	ADD CL, 2
memory, immediate	17(16)+EA	2	3-6	ADD ALPHA, 2
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	ADD AX, 200

AND	AND destination, source Logical and			Flags O D I T S Z A P C X X X U X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	AND AL, BL
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	AND CX, FLAG_WORD
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	AND ASCII [DI], AL
register, immediate	4(4)	—	3-4	AND CX, 0F0H
memory, immediate	17(16)+EA	2	3-6	AND BETA, 01H
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	AND AX, 01010000B

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

CALL	CALL target Call a procedure			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
near-proc	19(14)	1	3	CALL NEAR__PROC
far-proc	28(23)	2	5	CALL FAR__PROC
memptr 16	21(19)+EA	2	2-4	CALL PROC_TABLE [SI]
regptr 16	16(13)	1	2	CALL AX
memptr 32	37(38)+EA	4	2-4	CALL [BX], TASK [SI]

CLC	CLC (no operands) Clear carry flag			Flags O D I T S Z A P C 0
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	2(2)	—	1	CLC

CLI	CLI (no operands) Clear interrupt flag			Flags O D I T S Z A P C 0
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	2(2)	—	1	CLI

CMP	CMP destination, source Compare destination to source			Flags O D I T S Z A P C X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	CMP BX, CX
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	CMP DH, [ALPHA]
memory, register	9(10)+EA	1	2-4	CMP [BP+2], SI
register, immediate	4(3)+EA	—	3-4	CMP BL, 02H
memory, immediate	10(10)+EA	1	3-6	CMP RADAR [BX], [DI], 3420H
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	CMP AL, 00010000B

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

CMPS	CMPS des-string, source-string Compare string			Flags O D I T S Z A P C X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
dest-string, source-string (repeat)	22(22)	2	1	CMPS BUSS1, BUFF2
dest-string, source-string	9+22/rep (5+22/rep)	2/rep	1	REPE CMPS ID, KEY

DAA	DAA (no operands) Decimal adjust for addition			Flags O D I T S Z A P C U X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	4(4)	—	1	DAA

DAS	DAS (no operands) Decimal adjust for subtraction			Flags O D I T S Z A P C U X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	4(4)	—	1	DAS

DEC	DEC destination Decrement by 1			Flags O D I T S Z A P C X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
reg 16	3(3)	—	1	DEC AX
reg 8	3(3)	—	2	DEC AL
memory	15(15)+EA	2	2-4	DEC ARRAY [SI]

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

DIV	DIV source Division, unsigned			Flags O D I T S Z A P C U U U U U
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
reg 8	80-90(29)	—	2	DIV CL
reg 16	144-162(38)	—	2	DIV BX
mem 8	86-96+EA (35)	1	2-4	DIV [ALPHA]
mem 16	150-168+ EA(94)	1	2-4	DIV TABLE [SI] / DIV [TABLE + SI]
IN	IN accumulator, port Input byte or word			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
accumulator, immed 8	10(10)	1	2	IN AL, 0FEH / IN AX, OFEH
accumulator, DX	8(8)	1	1	IN AL, DX / IN AX, DX
INC	INC destination Increment by 1			Flags O D I T S Z A P C X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
reg 16	3(3)	—	1	INC CX
reg 8	3(3)	—	2	INC BL
memory 8	15(15)+EA	2	2-4	INC ALPHA [DI] [BX]
INT	INT interrupt-type Interrupt			Flags O D I T S Z A P C X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
immed 8 (type=3)	52(45)	5	1	INT 3
immed 8 (type≠3)	52(47)	5	2	INT 67
IRET	IRET (no operands) Interrupt Return			Flags O D I T S Z A P C R R R R R R R R
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	32(28)	3	1	IRET

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

JC	JC short-label Jump if carry			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
short-label	16 or 4(13 or 4)	—	2	JC CARRY_SET

JE/JZ	JE/JZ short-label Jump if equal/Jump if zero			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
short-label	16 or 4(13 or 4)	—	2	JZ ZERO

JMP	JMP target Jump			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
short-label	15(13)	—	2	JMP SHORT
near-label	15(13)	—	3	JMP WITHIN_SEGMENT
far-label	15(13)	—	5	JMP FAR_LABEL
memptr 16	18(17)+EA	1	2-4	JMP [BX] TARGET
regptr 16	11(11)	—	2	JMP CX
memptr 32	24(26)+EA	2	2-4	JMP OTHER_SEG

JNC	JNC short-label Jump if not carry			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
short-label	16 or 4(13 or 4)	—	2	JNC NOT_CARRY

JNE/JNZ	JNE/JNZ short-label Jump if not equal/Jump if not zero			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
short-label	16 or 4(13 or 4)	—	2	JNE NOT_EQUAL

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

LEA	LEA destination, source Load effective address			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
reg 16, mem 16	2(6)+EA	—	2-4	LEA BX, [BP] [DI]

LOOP	LOOP short-label Decrement cx and jump if not zero			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
short label	17/5(15/5)	—	2	LOOP AGAIN

MOV	MOV destination, source Move			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
memory, accumulator	10(9)	1	3	MOV ARRAY [SI], AL
accumulator, memory	10(8)	1	3	MOV AX, TEMP_RESULT
register, register	2(2)	—	2	MOV AX, CX
register, memory	8(12)+EA	1	2-4	MOV BP, STACK_TOP
memory, register	9(9)+EA	1	2-4	MOV COUNT [DI], CX
register, immediate	4(3-4)	—	2-3	MOV CL, 2
memory, immediate	10(12-13) +EA	1	3-6	MOV MASK [BX] [SI], 2CH
seg-reg, reg 16	2(2)	—	2	MOV ES, CX
seg-reg, mem 16	8(9)+EA	1	2-4	MOV DS, SEGMENT_BASE
reg 16, seg-reg	2(2)	—	2	MOV BP, SS
memory, seg-reg	9(11)+EA	1	2-4	MOV [BX] SEG_SAVE, CS

MOVS/MOVSW	MOVS/MOVSW (no operands) Move string (byte/word)			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	18(9)	2	1	MOVS
(repeat) (no operands)	9+17/rep (8+8/rep)	2/rep	1	REP MOVSW

המשך בעמוד 15

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

MUL	MUL source Multiplication, unsigned			Flags O D I T S Z A P C X U U U X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
reg 8	70-77 (26-28)	—	2	MUL BL
reg 16	118-133 (35-37)	—	2	MUL CX
mem 8	76-83+ EA(32-34)	1	2-4	MUL MONTH [SI]
mem 16	124-139+ EA(41-43)	1	2-4	MUL [BAUD_RATE]

NOP	NOP (no operands) No Operation			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	3(3)	—	1	NOP

NOT	NOT destination Logical not			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register	3(3)	—	2	NOT AX
memory	16(3)+EA	2	2-4	NOT [CHARACTER]

OR	OR destination, source Logical inclusive or			Flags O D I T S Z A P C X X X U X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	OR AL, BL
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	OR DX, PORT_ID [DI]
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	OR FLAG_BYTE, CL
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	OR AL, 01101100B
register, immediate	4(4)	—	3-4	OR CX, 01H
memory, immediate	17(16)+EA	2	3-6	OR [BX], CMD_WORD

המשך בעמוד 16

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

OUT	OUT port, accumulator Output byte or word			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
immed 8, accumulator	10(9)	1	2	OUT 44, AX
DX, accumulator	8(7)	1	1	OUT DX, AL

POP	POP destination Pop word off stack			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register	8(10)	1	1	POP DX
seg-reg (CS illegal)	8(8)	1	1	POP DS
memory	17(20)+EA	2	2-4	POP [PARAMETER]

PUSH	PUSH source Push word onto stack			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register	11(10)	1	1	PUSH SI
seg-reg (CS legal)	10(9)	1	1	PUSH ES
memory	16(16)+EA	2	2-4	PUSH RETURN_CODE [SI]

RCL	RCL destination, count Rotate left through carry			Flags O D I T S Z A P C X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, 1	2(2)	—	2	RCL CX, 1
register, CL	8+4/ bit(5+1/bit)	—	2	RCL AL, CL
memory, 1	15(15)+EA	2	2-4	RCL ALPHA, 1
memory, CL	20+4/ bit(17+ 1/bit)+EA	2	2-4	RCL [BP].PARAM, CL

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

RCR	RCR destination, count Rotate right through carry			Flags O D I T S Z A P C X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, 1	2(2)	—	2	RCR BX, 1
register, CL	8+4/ bit(5+1/bit)	—	2	RCR BL, CL
memory, 1	15(15)+EA	2	2-4	RCR [BX].STATUS, 1
memory, CL	20+4/ bit(17+ 1/bit)+EA	2	2-4	RCR ARRAY [DI], CL

REP	REP (no operands) Repeat string operation			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	2(2)	—	1	REP MOVSB DEST, SRCE

RET	RET optional-pop-value Return from procedure			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(intra-segment, no pop)	16(16)	1	1	RET
(intra-segment, pop)	20(18)	1	3	RET 4
(inter-segment, no pop)	26(22)	2	1	RET
(inter-segment, pop)	25(25)	2	3	RET 2

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

ROL	ROL destination, count Rotate left			Flags O D I T S Z A P C X X X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, 1	2(2)	—	2	ROL BX, 1
register, CL	8+4/ bit(5+1/bit)	—	2	ROL DI, CL
memory, 1	15(15)+EA	2	2-4	ROL FLAG_BYTE [DI], 1
memory, CL	20+4/ bit(17+ 1/bit)+EA	2	2-4	ROL ALPHA, CL

ROR	ROR destination, count Rotate right			Flags O D I T S Z A P C X X X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, 1	2(2)	—	2	ROR BX, 1
register, CL	8+4/ bit(5+1/bit)	—	2	ROR BX, CL
memory, 1	15(15)+EA	2	2-4	ROR PORT_STATUS, 1
memory, CL	20+4/ bit(17+ 1/bit)+EA	2	2-4	ROR CMD_WORD, CL

SBB	SBB destination, source Subtract with borrow			Flags O D I T S Z A P C X X X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	SBB BX, CX
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	SBB DI, [BX].PAYMENT
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	SBB BALANCE, AX
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	SBB AX, 2
register, immediate	4(4)	—	3-4	SBB CL, 1
memory, immediate	17(16)+EA	2	3-6	SBB COUNT [SI], 10

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

STC	STC (no operands) Set carry flag			Flags O D I T S Z A P C 1
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	2(2)	—	1	STC

STI	STI (no operands) Set interrupt enable flag			Flags O D I T S Z A P C 1
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
(no operands)	2(2)	—	1	STI

SUB	SUB destination,source Subtraction			Flags O D I T S Z A P C X X X X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	SUB CX, BX
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	SUB DX, MATH_TOTAL [SI]
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	SUB [BP+2], CL
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	SUB AL, 10
register, immediate	4(4)	—	3-4	SUB SI, 5280

TEST	TEST destination, source Non-destructive logical and			Flags O D I T S Z A P C X X X U X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	TEST SI, DI
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	TEST SI, END_COUNT
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	TEST AL, 00100000B
register, immediate	5(4)	—	3-4	TEST BX, 0CC4H
memory, immediate	11(10)+EA	—	3-6	TEST [RETURN_COUNT], 01H

נוסחאון באלקטרוניקה ומחשבים
נספח לשאלון 815201, קיץ תשס"ה

XCHG	XCHG destination, source Exchange registers			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
accumulator, reg 16	3(3)	—	1	XCHG AX, BX
memory, register	17(17)+EA	2	2-4	XCHG SEMAPHORE, AX
register, register	4(4)	—	2	XCHG AL, BL

XLAT	XLAT source-table Translate			Flags O D I T S Z A P C
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
source-table	11(11)	1	1	XLAT ASCII_TAB

XOR	XOR destination, source Logical exclusive or			Flags O D I T S Z A P C 0 X X U X X
Operands	Clocks	Transfers*	Bytes	Coding Example
register, register	3(3)	—	2	XOR CX, BX
register, memory	9(10)+EA	1	2-4	XOR CL, MASK_BYTE
memory, register	16(10)+EA	2	2-4	XOR ALPHA [SI], DX
accumulator, immediate	4(3-4)	—	2-3	XOR AL, 01000010B
register, immediate	4(4)	—	3-4	XOR SI, 00C2H
memory, immediate	17(16)+EA	2	3-6	XOR RETURN_CODE, 0D2H

בהצלחה!