

אלקטרוניקה ומחשבים ה'

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

(כיתה י"ד)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות.
יש להשיב על **ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק.**

לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
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 של תשובותיך.
6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 10 עמודים ו-23 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

השאלות

ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: אלקטרוניקה תקבילית ב'

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1-4 (לכל שאלה - 25 נקודות).

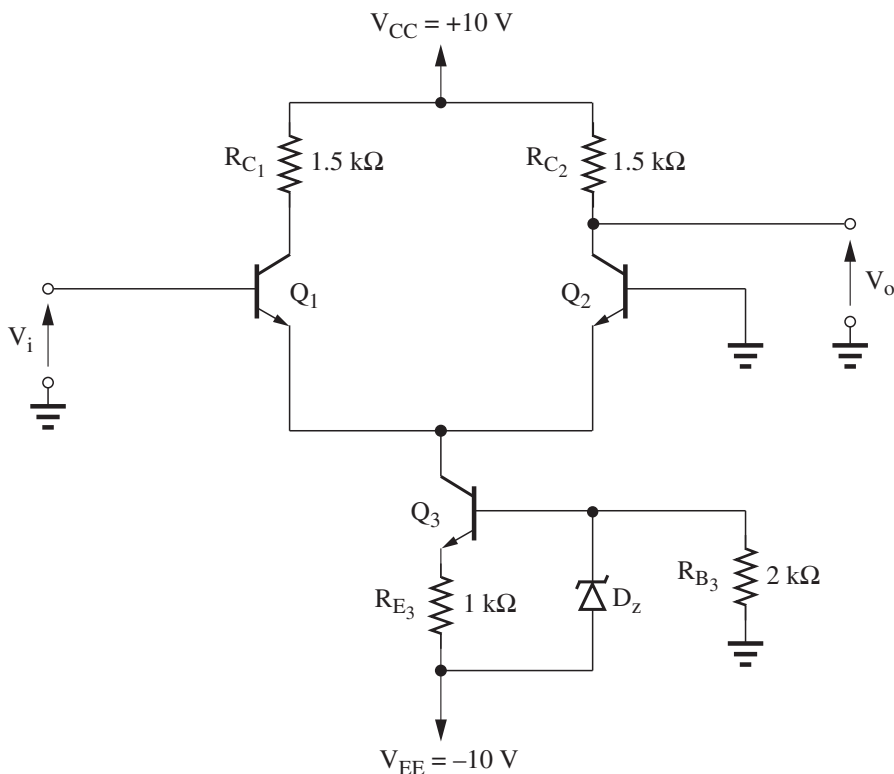
שאלה 1

המעגל החשמלי המתואר באיור לשאלה 1 כולל שלושה טרנזיסטורים זהים, שנתניהם:

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}, \quad h_{ie} = 2.7 \text{ k}\Omega, \quad h_{fe} = \beta = 200$$

הטרנזיסטור Q_3 משמש כמקור-זרם אידיאלי.

המתח על דיודת הזנר הוא: $V_Z = 4.7 \text{ V}$.

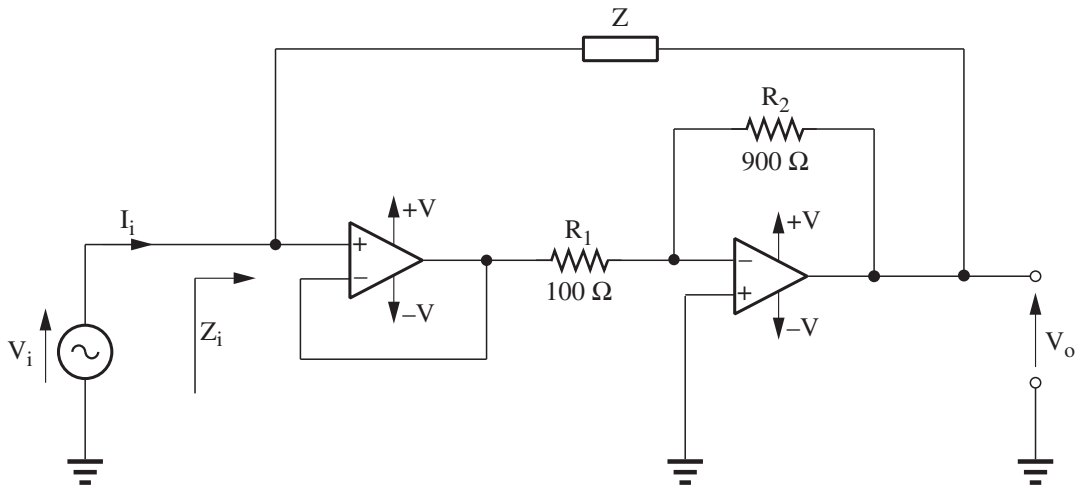


איור לשאלה 1

- א. חשב את המתח הישר V_{CE} של כל אחד מן הטרנזיסטורים: Q_1 , Q_2 ו- Q_3 .
- ב. 1. סרטט מעגל תמורה לאות חילופין של המעגל הנתון, וחשב את ההגבר ההפרשי (A_d) של המעגל הזה.
2. מהו הגבר האות המשותף (A_c) ומהו יחס דחיית האות המשותף ($CMRR$) של המעגל הזה?
- ג. בטא את מתח המוצא V_o כפונקציה של הזמן כאשר מתח המבוא הוא: $V_i = 10 \cdot \sin(\omega t) \text{ mV}$.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי המשמש כמדמה עכבות. מגברי השרת במעגל – אידיאליים.

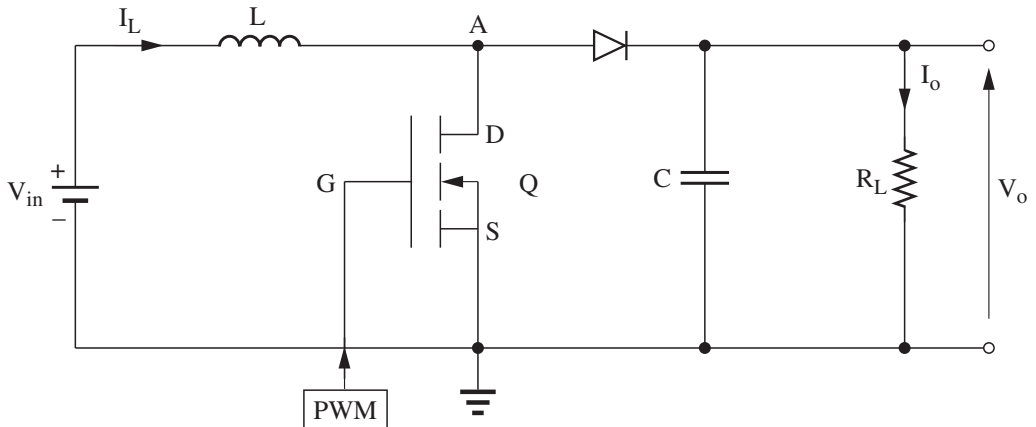


איור לשאלה 2

- א. רשום ביטוי המתאר את זרם המבוא I_i כפונקציה של מתח המבוא V_i והעכבה Z .
- ב. רשום ביטוי המתאר את עכבת המבוא, $Z_i = \frac{V_i}{I_i}$, כפונקציה של העכבה Z .
- ג. מממשים את העכבה Z על-ידי סליל שהשראותו $L = 20 \text{ mH}$. מהי השראותו של הסליל, ה"משתקפת" במבוא המעגל?

שאלה 3

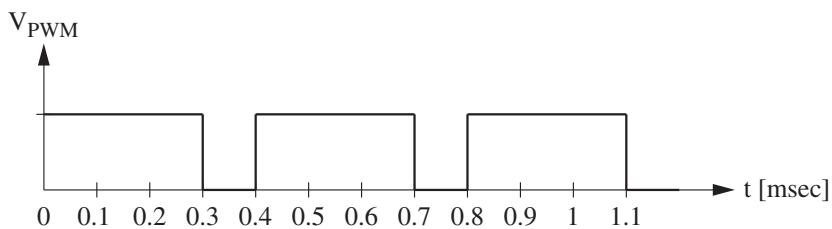
באיור א' לשאלה 3 נתון ממיר ממותג מסוג Boost (step-up). רכיבי המיתוג במעגל – אידיאליים.



איור א' לשאלה 3

נתוני המעגל הם: $\Delta I_L = 0.1 \cdot I_o$, $R_L = 100 \Omega$, $V_o = 16 V$

באיור ב' לשאלה מתואר המתח המחזורי במוצא של מעגל ה-PWM, כפונקציה של הזמן.



איור ב' לשאלה 3

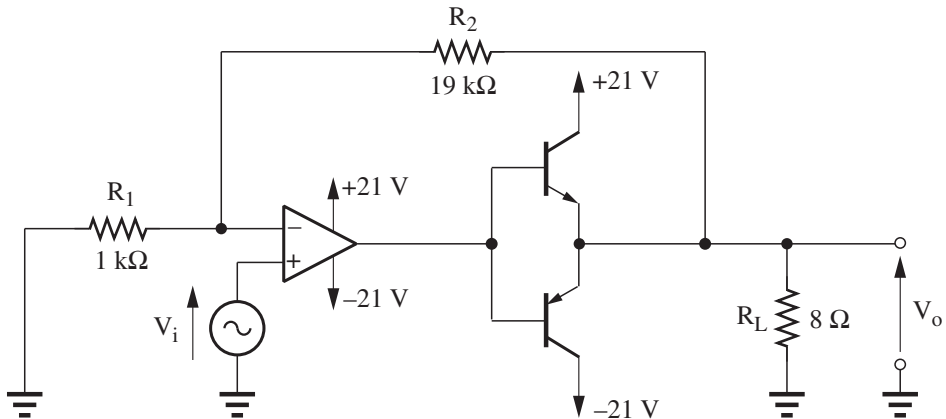
ערכו של המתח V_{PWM} גדול מספיק כדי להעביר את הטרנזיסטור Q למצב רוויה.

- א. העתק למחברתך את איור ב', וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את המתח בנקודה A ואת הזרם I_L כפונקציה של הזמן.
- ב. חשב את מתח המבוא V_{in} .
- ג. חשב את השראות הסליל L .
- ד. חשב את קיבול הקבל C , הנדרש כדי לקבל במוצא המעגל מתח אדווה של $\Delta V = 50 \text{ mV}$.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון המעגל החשמלי של מגבר הספק. מגבר השרת במעגל – אידיאלי.

נתון: $V_{CE(SAT)} = 1 \text{ V}$.



איור לשאלה 4

- א. חשב את ההספק היעיל המרבי על העומס R_L .
- ב. חשב את נצילות המעגל כאשר ההספק היעיל המתקבל על העומס הוא מרבי.
- ג. מהי תנופת מתח המבוא V_i , הדרושה כדי לקבל הספק יעיל מרבי על העומס?

פרק שני: שפה עילית

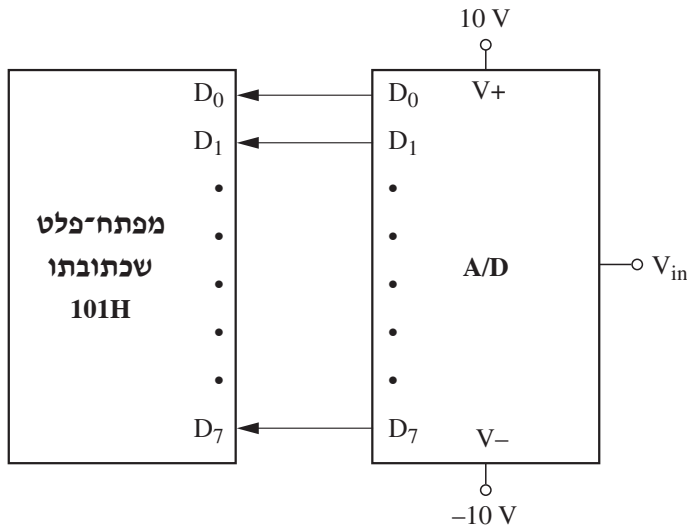
ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5–8 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר חיבור עקרוני בין מפתח-פלט שכתובתו 101H ובין ממיר אות תקבילי לאות ספרתי (A/D).

כאשר המתח במבוא הוא $V_{in} = -5.1 \text{ V}$, הצירוף שיפיק הממיר יהיה 0.

כאשר המתח במבוא הוא $V_{in} = 5.1 \text{ V}$, הצירוף שיפיק הממיר יהיה 255.



איור לשאלה 5

כתוב תכנית מחשב בשפת C שתבצע את הפעולות האלה:

א. תקלוט 100 דגימות-מתח של V_{in} דרך מפתח המחשב, במרווח זמן של שנייה אחת בין דגימה לדגימה.

ב. תספור בכמה דגימות נמדד מתח חיובי ובכמה דגימות נמדד מתח שלילי.

ג. תציג על צג המחשב את מספר הדגימות שבהן נמדד מתח חיובי ואת מספר הדגימות שבהן נמדד מתח שלילי.

שאלה 6

להלן תכנית הכתובה בשפת C :

```

1.  #include <stdio.h>
2.  int f1(int *ps)
3.  {
4.      int i,c=0;
5.      for(i=0;i<12;i++)
6.          if (*(ps+i)==1) c++;
7.      return c;
8.  }
9.  void f2(int *ps)
10. {
11.     int i,cnt[] = {0,0,0,0};
12.     for(i=0;i<12;i++)
13.         cnt[*(ps+i)]++;
14.     for(i=0;i<4;i++)
15.         printf("%d-%d\n",i,cnt[i]);
16. }
17. void main()
18. {
19.     int arr[]={1,2,2,3,1,1,3,3,0,1,2,3};
20.     printf("%d\n",f1(arr));
21.     f2(arr);
22. }
```

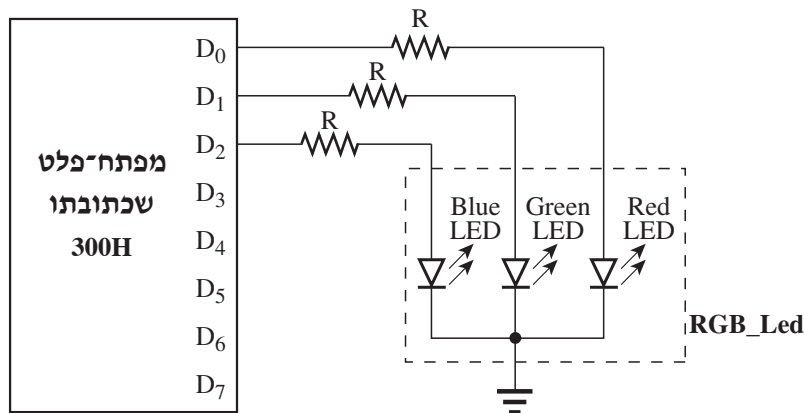
א. הסבר את ההוראות שבשורות 2, 6, 7, 19 ו-21.

ב. הסבר מה מבצעת הפונקציה f1, ורשום את הערך המוחזר ממנה במהלך ביצוע התכנית.

ג. מה יהיה פלט התכנית?

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מפתח-פלט שכתובתו 300H, המחובר לשלוש נוריות LED שצבעיהן אדום, ירוק וכחול.



איור לשאלה 7

להלן תכנית הכתובה בשפת C, המדליקה את נוריות ה-LED שבאיור.

```

1.  #include <stdio.h>
2.  #include <windows.h>
3.  #define size 3
4.  void __stdcall Out32(short PortAddress, short data);
5.  struct RGB_Led
6.  {
7.      int Red;
8.      int Green;
9.      int Blue;
10.     int TimeDelay;
11. };
12. void read_arr(RGB_Led arr[]);
13. void DoSomething(RGB_Led arr[]);
14. void main()
15. {
16.     RGB_Led arr[size];
17.     read_arr(arr);
18.     DoSomething(arr);
19. }
```



```

20. void read_arr( RGB_Led arr[])
21. {
22.     int i;
23.     for(i=0;i<size;i++)
24.     {
25.         printf("\nRed:");
26.         scanf("%d",&arr[i].Red);
27.         printf("\nGreen:");
28.         scanf("%d",&arr[i].Green);
29.         printf("\nBlue:");
30.         scanf("%d",&arr[i].Blue);
31.         printf("\nTime Delay:");
32.         scanf("%d",&arr[i].TimeDelay);
33.     }
34. }
35. void DoSomething( RGB_Led arr[])
36. {
37.     int i,out;
38.     for(i=0;i<size;i++)
39.     {
40.         out=0;
41.         if (arr[i].Red==1) out=out|1;
42.         if (arr[i].Green==1) out=out|2;
43.         if (arr[i].Blue==1) out=out|4;
44.         Out32(0x300,out);
45.         Sleep(arr[i].TimeDelay*1000);
46.     }
47. }

```

א. הסבר את ההוראות שבשורות 3, 12, 16, 26 ו-43.

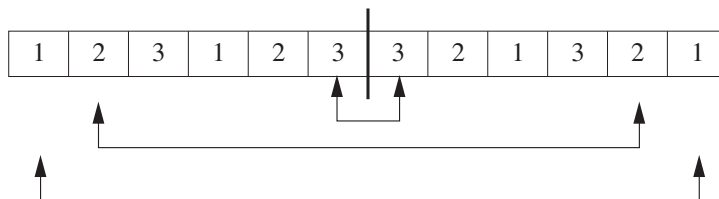
ב. המשתמש מקליד את המספרים האלה (משמאל לימין): 3 0 1 0 2 1 1 1 0 1. הצג כטבלה את מערך המבנים RGB_Led, המתקבל לאחר ביצוע 17 השורות הראשונות של התכנית.

ג. מהם צבעי הנוריות שיידלקו ולכמה זמן הן ידלקו במהלך ריצת התכנית, לאחר הקלדת רצף המספרים שבסעיף הקודם?

שאלה 8

מערך חד-ממדי בן 12 איברים ייקרא סימטרי אם ששת האיברים הראשונים במערך מהווים "מראה" לששת האיברים הבאים במערך. כלומר: האיבר בתא הראשון זהה לאיבר שבתא ה-12, האיבר בתא השני זהה לאיבר שבתא ה-11, וכך הלאה, עד לאיבר בתא השישי הזהה לאיבר שבתא השביעי.

באיור לשאלה 8 נתונה דוגמה למערך חד-ממדי סימטרי, הכולל 12 איברים מטיפוס מספר שלם:



מערך חד-ממדי סימטרי

איור לשאלה 8

כתוב תכנית בשפת C, שתבצע את הפעולות האלה:

1. תגדיר מערך חד-ממדי הכולל 12 איברים מטיפוס שלם.
2. תקלוט מהמקלדת 12 נתונים ותציב אותם בתוך איברי המערך.
3. תבדוק אם 12 הנתונים מהווים מערך סימטרי.
4. תציג על צג המחשב הודעה מתאימה.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנחלקת נבחן

נוסחאון באלקטרוניקה תקבילית ב' לכיתה י"ד

(12 עמודים)

דיודת צומת

משוואת זרם-מתח של דיודה מעשית:

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

זרם הדיודה - I_D [A]

זרם זליגה אחורי - I_S [A]

מתח הדיודה - V_D [V]

מתח התלוי בטמפרטורה - V_T [V]

$$\eta = \begin{cases} 1 - \text{גרמניום} \\ 2 - \text{סיליקון} \end{cases}$$

$$V_D = \eta V_T \ln \left(\frac{I_D}{I_S} + 1 \right)$$

טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

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

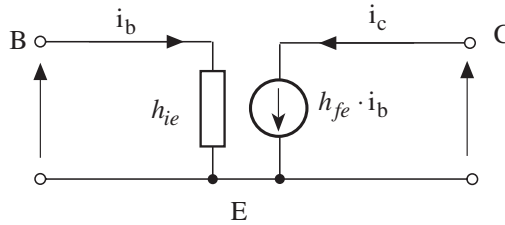
זרם קולט - I_C [A]

זרם פולט - I_E [A]

זרם בסיס - I_B [A]

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

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו-נושאי



טרנזיסטור FET (אזור הרוויה)

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

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

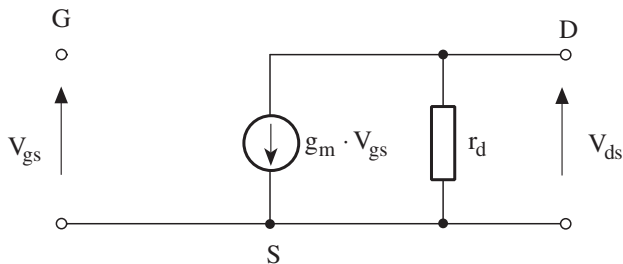
- מוליכות הדדית - $g_m \left[\frac{1}{\Omega} \right]$

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

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

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

תרשים תמורה מקורב של FET



טרנזיסטור MOSFET (אזור הרוויה)

עבור טרנזיסטור מסוג N-CHANNEL :

מתח צביטה $- V_T$ [V]

מקדם $- k$ $\left[\frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \right]$

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

תנאי הרוויה:

$$V_{GS} > V_T$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

הערה: מעגל התמורה לאות חילופין של טרנזיסטור MOSFET זהה לזה של טרנזיסטור FET .

מגברי הספק

מאזן הספקים

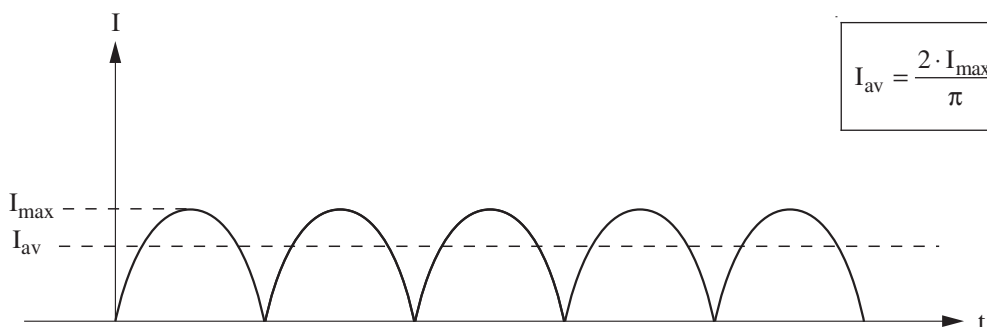
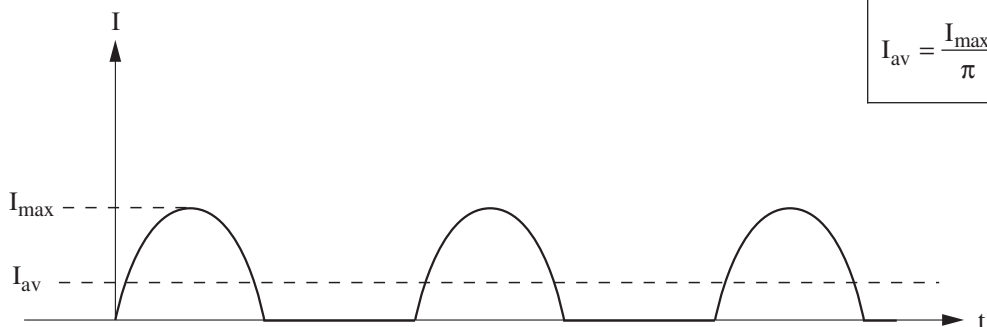
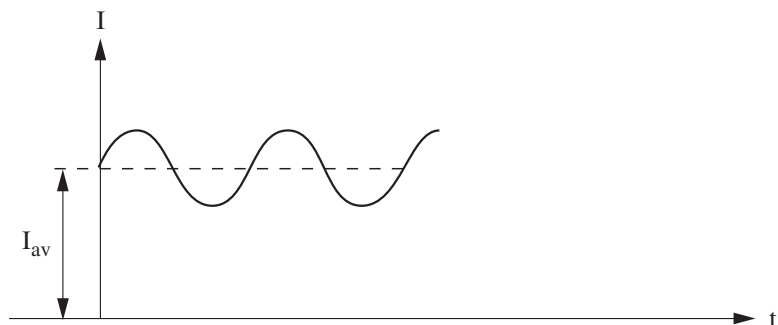
$$P_I + P_{CC} = P_L + P_{diss}$$

$$P_{LAC} = V_{Leff} \cdot I_{Leff} = \frac{V_{Leff}^2}{R_L} = I_{Leff}^2 \cdot R_L$$

$$V_{Leff} = \frac{V_{Lmax}}{\sqrt{2}} \quad , \quad I_{Leff} = \frac{I_{Lmax}}{\sqrt{2}}$$

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

הספק מבוא	-	P_I	[W]
הספק נצרך מספק הכוח	-	P_{CC}	[W]
הספק העומס	-	P_L	[W]
הספק מבוזבז	-	P_{diss}	[W]
הספק המתפתח על העומס הנובע מאות חילופין	-	P_{LAC}	[W]
המתח היעיל על העומס	-	V_{Leff}	[V]
הזרם היעיל על העומס	-	I_{Leff}	[A]
נגד העומס	-	R_L	[Ω]
המתח הסינוסי המרבי על העומס	-	V_{Lmax}	[V]
הזרם הסינוסי המרבי דרך העומס	-	I_{Lmax}	[A]
הזרם הממוצע (DC) המסופק על-ידי ספק-הכוח	-	I_{av}	[A]



מגברי הפרש

$$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$$

$$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big|_{V_2 = 0}$$

מתח מבוא V_1 [V] -

$$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big|_{V_1 = 0}$$

מתח מבוא V_2 [V] -

$$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$$

הגבר הפרשי A_d -

$$A_c = A_1 + A_2$$

הגבר האות המשותף A_c -

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

יחס דחיית האות המשותף CMRR -

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

הפרש מתחי המבוא V_d [V] -

$$V_d = V_1 - V_2$$

ממוצע הסכום של
מתחי המבוא V_c [V] -

$$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

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

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

ממירים ממותגים

א. ממירים

מתח מוצא	-	V_o	[V]
מתח מבוא	-	V_{in}	[V]
הספק במוצא	-	P_o	[W]
הספק במבוא	-	P_{in}	[W]
נצילות	-	η	
מחזור פעולה (Duty Cycle)	-	D	

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

$$V_o = D V_{in}$$

$$V_o = \frac{V_{in}}{1 - D}$$

$$P_o = \eta P_{in}$$

ממיר STEP DOWN (BUCK)
:(ללא הפסדים)

ממיר STEP UP (BOOST)
:(ללא הפסדים)

ב. משוואת מתח-זרם של הסליל

מתח על-פני הסליל	-	V_L	[V]
השראות הסליל	-	L	[H]
השינוי בזרם הסליל	-	ΔI_L	[A]
השינוי בזמן	-	ΔT	[sec]

$$V_L = L \frac{\Delta I_L}{\Delta T}$$

ג. משוואת מתח-זרם של הקבל

זרם הקבל	-	I_C	[A]
קיבול	-	C	[F]
השינוי במתח על-פני הקבל	-	ΔV_C	[V]

$$I_C = C \frac{\Delta V_C}{\Delta T}$$

ד. מתח האדווה בממיר STEP DOWN

מתח אדווה	-	ΔV	[V]
תדר המיתוג	-	f	[Hz]

$$\Delta V = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f \cdot C} = \frac{V_{in} \cdot D \cdot (1 - D)}{8 \cdot L \cdot C \cdot f^2}$$

ה. מתח האדווה בממיר STEP UP

זרם דרך נגד העומס	-	I_o	[A]
-------------------	---	-------	-----

$$\Delta V = \frac{I_o \cdot D}{f \cdot C}$$

היענות התדר של מגבר טרנזיסטורי

בתחום התדרים הנמוכים:

קבלי העקיפה והצימוד קובעים את תדר חצי ההספק התחתון.
חישוב מקורב של תדר חצי ההספק התחתון f_L :

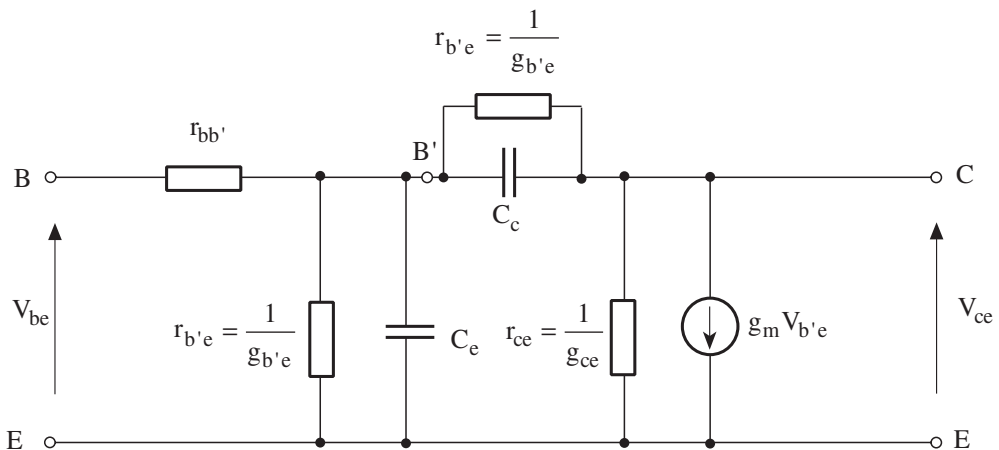
$$f_L \approx \sqrt{f_{L1}^2 + f_{L2}^2 + f_{L3}^2 \dots}$$

$$f_{L_i} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{eq} \cdot C_i} \quad \text{כאשר:}$$

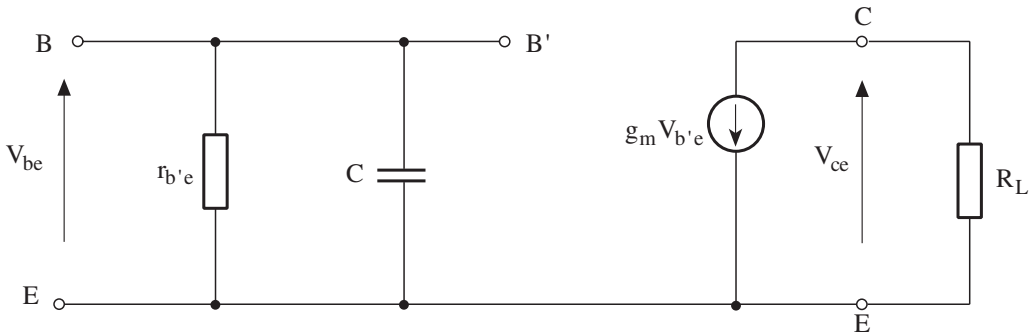
R_{eq} – ההתנגדות ש"רואה" הקבל C_i כאשר שאר הקבלים מקוצרים (וגם מתח הכניסה מקוצר)

בתחום התדרים הגבוהים:

תרשים תמורה מסוג π היברידי לחיבור פולט משותף בתדר גבוה



תרשים תמורה מקורב מסוג π היברידי עם נגד עומס R_L לחיבור פולט
משותף בתדר גבוה



$$C = C_e + C_c (1 + g_m R_L)$$

מוליכות ההעברה של
הטרנזיסטור - $g_m \left[\frac{1}{\Omega} \right]$

$$g_m = \frac{I_c \text{ (mA)}}{26}$$

התדר בו הגבר זרם הקצר
בתצורת פולט משותף
מגיע ל-1 - $f_T \text{ [Hz]}$

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi (C_e + C_c)} \cong \frac{g_m}{2\pi C_e}$$

הגבר הזרם - A_i

$$A_i = \frac{-h_{fe}}{1 + j h_{fe} \left(\frac{f}{f_T} \right)}$$

ערכו המעשי של רוחב הפס
של β במגבר - $f_\beta \text{ [Hz]}$

$$f_\beta = \frac{g_m}{h_{fe} \cdot 2\pi (C_e + C_c)} = \frac{g_{b'e}}{2\pi (C_e + C_c)}$$

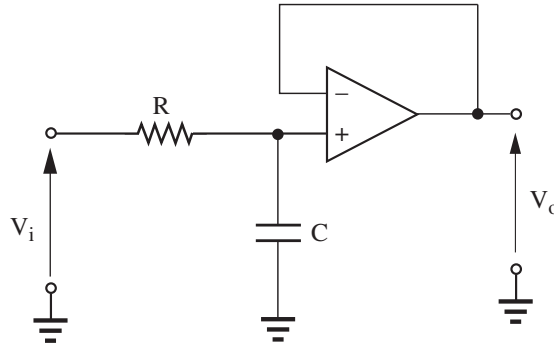
תדר גבולי עליון של
הטרנזיסטור - $f_H \text{ [Hz]}$

$$f_H = \frac{1}{2\pi \cdot R_{eq} \cdot C}$$

ההתנגדות ש"רואה" הקבל
C לפי תבנית. - $R_{eq} \text{ } [\Omega]$

מסננים פעילים

א. מסנן מעביר נמוכים מסדר I



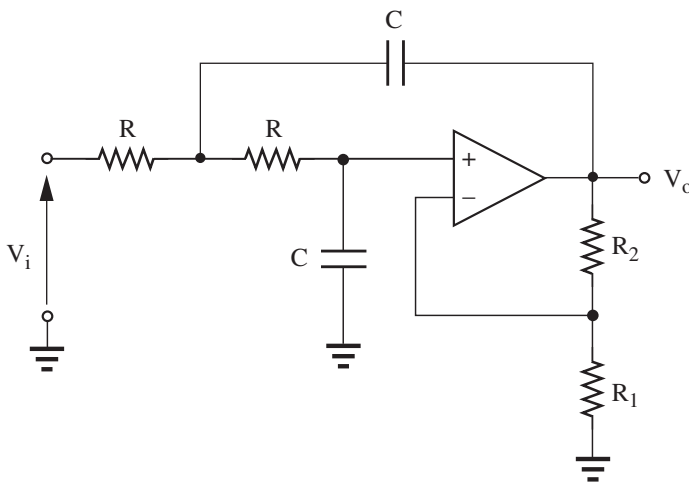
פונקציית תמסורת - $A_v(s)$

$$A_v(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + RC \cdot s}$$

תדר קיטעון (תדר 3 dB) - $\omega_c \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

$$\omega_c = \frac{1}{RC}$$

ב. מסנן מעביר נמוכים מסדר II מסוג (Sallen and Key) VCVS



הגבר בתחום המעבר
(עבור $\omega = 0$) $- A_{v_o}$

$$A_v(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_{v_o} \cdot \left(\frac{1}{RC}\right)^2}{s^2 + \left(\frac{3 - A_{v_o}}{RC}\right) \cdot s + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}$$

$$\omega_c = \frac{1}{RC}$$

$$A_{v_o} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$A_v(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_{v_o}}{s^2 + (3 - A_{v_o}) \cdot s + 1}$$

עבור $\omega_c = 1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ מתקבלת פונקציה מנורמלת:

הערה: עבור מסנן מעביר גבוהים (HPF), יש להחליף במעגלים שבעמוד הקודם את המיקום בין נגדי R לקבלי C.

טבלת רבי האיברים המנורמלים (של המכנה) לפי באטרורת' (Butterworth)

הגורמים של רבי-האיברים	n
$(s + 1)$	1
$(s^2 + 1.414 s + 1)$	2
$(s + 1)(s^2 + s + 1)$	3
$(s^2 + 0.765 s + 1)(s^2 + 1.848 s + 1)$	4
$(s + 1)(s^2 + 0.618 s + 1)(s^2 + 1.618 s + 1)$	5
$(s^2 + 0.518 s + 1)(s^2 + 1.414 s + 1)(s^2 + 1.932 s + 1)$	6
$(s + 1)(s^2 + 0.445 s + 1)(s^2 + 1.247 s + 1)(s^2 + 1.802 s + 1)$	7
$(s^2 + 0.390 s + 1)(s^2 + 1.111 s + 1)(s^2 + 1.663 s + 1)(s^2 + 1.962 s + 1)$	8

n - סדר המסנן

מתנדים סינשוואידליים לתדר נמוך

קריטריון ברקהאוזן לקיום תנודות:

1. תנאי התנודה: $|\beta \cdot A| \geq 1$ A – הגבר בחוג פתוח

2. תנאי המופע: $\beta \cdot A = 0$ β – מקדם המשוב

מתנד גשר ווין

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

- f [Hz] – תדר התנודות
- R [Ω] – ערכו של כל אחד מהנגדים ברשת המשוב β
- C [F] – ערכו של כל אחד מהקבלים ברשת המשוב β
- R_f [Ω] – נגד המשוב ברשת המשוב השלילי
- R_l [Ω] – נגד ברשת המשוב השלילי

$$\frac{R_f}{R_l} \geq 2$$

תדר התנודות ברשת משוב LC

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- L [H] – השראות
- C [F] – קיבול

משוב שלילי

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

- A_f – הגבר בחוג סגור
- A – הגבר בחוג פתוח
- β – מקדם המשוב

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון בשפת C לכיתה י"ד
(11 עמודים)

נוסחאון זה מתאים למהדר Microsoft Visual C++ 2010 Express Edition.
חלקים ממנו מתאימים גם למהדרים אחרים.

Data Types (טיפוסי נתונים)

Name	Description	תאור	Size*	Range*
char	Character or small integer	תו בודד	1 byte	-128 to 127
unsigned char	Unsigned small integer	תו בודד ללא סימן	1 byte	0 to 255
short	Short Integer	מספר שלם קטן	2 bytes	-32768 to 32767
unsigned short	Unsigned short integer	מספר שלם קטן ללא סימן	2 bytes	0 to 65535
int	Integer	מספר שלם	4 bytes	-2147483648 to 2147483647
unsigned int	Unsigned integer	מספר שלם ללא סימן	4 bytes	0 to 4294967295
float	Floating point number	מספר ממשי	4 bytes	+/- 3.4e +/- 38 (~7 digits)
double	Double floating point number	מספר ממשי ארוך	8 bytes	+/- 1.7e +/- 308 (~15 digits)

*הערכים של עמודות אלו תלויים במבנה המחשב שבו נעשה הידור התוכנית.

```
char a;
float number;
int b, c;
unsigned short NewNumber;
```

המשך בעמוד 2

Preprocessor directives (הנחיות לקדם-מהדר)

Description	Syntax	Example
macro definitions	#define identifier replacement	#define ArrSize 100

identifier – מזהה ; replacement – תחליף

Operators (אופרטורים)

Description	תאור	Operator
Assignment	השמה	=

Initialization of variables (אתחול משתנים)

```
int d = 0;  
  
d=75;           // decimal number  
  
d=0x4b;         // hexadecimal number
```

Arithmetic operators (אופרטורים חשבוניים)

Description	תאור	Operator
Addition	חיבור	+
subtraction	חיסור	-
multiplication	כפל	*
division	חילוק	/
modulo	שארית	%

Relational and equality operators (אופרטורים להשוואה ויחסים)

Description	תאור	Operator
Equal to	שווה	==
Not equal to	שונה	!=
Greater than	גדול מ.	>
Less than	קטן מ.	<
Greater than or equal to	גדול שווה מ.	>=
Less than or equal to	קטן שווה מ.	<=

Logical operators (אופרטורים לוגיים בין ביטויים)

Description	תאור	Operator
NOT	היפוך	!
AND	וגם	&&
OR	או	

Bitwise Operators (אופרטורים על סיביות)

Description	תאור	ASM equivalent	Operator
AND	וגם	AND	&
Inclusive OR	או כולל	OR	
Exclusive OR	או מוציא	XOR	^
Bit inversion	היפוך	NOT	~
Shift Left	הזזה שמאלה	SHL	<<
Shift Right	הזזה ימינה	SHR	>>

Basic Input/Output (קלט/פלט בסיסי)

Description	Syntax	Example
Standard Output	int putchar (int character);	int a='G' ; putchar(a) ;
Standard Input	int getchar (void);	int c; c=getchar() ;

Formatted Input/Output (פלט לפי תבנית)

Description	Syntax	Example
Formatted output	printf(format[,arg1,arg2,...]);	int num=10; printf("num=%d\n",num) ;
Formatted Input	scanf(format [,arg1,arg2,...]);	int num; scanf ("%d" ,&num) ;

Specifier	Operator	פלט	Example
%c	Character	תו בודד	a
%d	Signed decimal integer	עשרוני שלם	133
%e	Scientific notation	עשרוני כולל נקודה וחזקה של 10	3.012e+4
%f	Decimal floating point	עשרוני כולל נקודה עשרונית	123.45
%s	String of characters	מחרוזת תווים	Hello
%x	Unsigned hexadecimal integer	הקסדצימלי ללא סימן	3fe

Conditional Structures (מבני בקרה – משפטי תנאי)

Description	Syntax	Example
if	<pre>if (condition) { statements ; }</pre>	<pre>if (d == 100) { printf("d is 100"); }</pre>
if .. else	<pre>scanf (condition) statement1; else statement2 ;</pre>	<pre>if (d == 100) printf("d is 100"); else printf("d is not 100");</pre>
if .. else if .. else	<pre>if (condition) statement1 ; else if (condition) statement2 ; else statement3 ;</pre>	<pre>if (d > 0) printf("d is positive"); else if (d < 0) printf("d is negative"); else printf("d is 0");</pre>

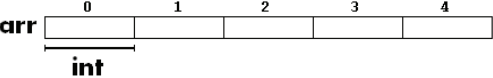
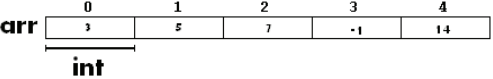
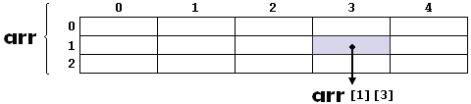
condition – תנאי ; הצהרה – statement

Iteration Structures (מבני בקרה - לולאות)

Description	Syntax	Example
while loop	<pre>while (expression) { statements ; }</pre>	<pre>while (n>0) { printf(" %d \n",n); n--; }</pre>
do-while loop	<pre>do { statements ; } while (condition);</pre>	<pre>do { printf("Enter 0 to end: "); scanf("%d",&n); }while (n != 0);</pre>
for loop	<pre>for (initialization; condition; increase) { statements ; }</pre>	<pre>for (i=0; i<10; i++) { printf(" %d \n",i); }</pre>

תנאי - condition ; הצהרה - statement

Arrays (מערכים)

Description	Syntax	Example
הגדרת מערך חד מימדי 	type name [elements];	int arr[5];
אתחול והצבת ערכים במערך 	type name [elements] = {value1,..valueN};	int arr[5] = {3,5,7,-1,14};
הגדרת מערך דו מימדי 	type name [elements, elements];	int arr[3][5];

elements – פרטים ; value – ערך

Structure of a program (מבנה כללי של תוכנית)

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{

}
```

Hardware Input/Output (קלט/פלט בסיסי מחומרה)

Description	Syntax	Example
Hardware Output	Out32(hardware address, value);	Out32 (0x378, 0xAA) ;
Hardware Input	Inp32(hardware address);	int dataIN; dataIN=Inp32 (0x379) ;

hardware address – כתובת חומרה ; value – ערך

```
#include <stdio.h>

short _stdcall Inp32(short PortAddress);

void _stdcall Out32(short PortAddress, short data);

void main(void)
{
    int dataIN;

    Out32 (0x378, 0xAA) ;

    dataIN=Inp32 (0x379) ;
}
```

Sleep Function (פונקציית השהיה)

Description	Syntax	Example
Suspends the execution of the current thread until the time-out interval elapses	void Sleep (dword dwMilliseconds);	Sleep(2000);

*For windows 32-bit registry a DWORD is a 4-bytes unsigned int.

```
#include <windows.h>

void main(void)
{
    Sleep(2000) ;
}
```

המשך בעמוד 9

Functions (פונקציות)

Description	Syntax	Example
Functions with no argument	<pre>void name (void) { statements ; }</pre>	<pre>#include <stdio.h> void PrintHello(void) { printf("Hello"); } void main(void) { PrintHello(); }</pre>
Functions with no type	<pre>void name (parameter1, parameter2, ...) { statements ; }</pre>	<pre>#include <stdio.h> void multiplication(int a,int b) { int c; c=a*b; printf("%d*d=%d",a,b,c); } void main(void) { multiplication(2,8); }</pre>
Functions with type and argument	<pre>type name (parameter1, parameter2, ...) { statements ; }</pre>	<pre>#include <stdio.h> int multiplication(int a,int b) { int c; c=a*b; return c; } void main(void) { int r; r = multiplication(2,8); printf("%d",r); }</pre>

parameter – המועבר לפונקציה ; הצהרה – statement
המשך בעמוד 10

Pointers (מצביעים)

Description	תאור	Operator
Reference operator	אופרטור הכתובת (כתובתו של)	&
Dereference operator	אופרטור המצביע (הערך המוצבע על-ידי)	*

דוגמה:

```
int a;
int *p_a;
p_a = &a;
*p_a = 10;
```

Data Structures (מבנים)

Description	Syntax	Example
הגדרת מבנה	<pre>struct structure_name { member_type1 c_name1; member_type2 member_name2; ... };</pre>	<pre>struct point { int x; int y; };</pre>
אתחול במבנה	structure_name object_name;	point MyPoint;
הצבת ערכים במבנה	object_name . member_name = value;	<pre>MyPoint.x=5; MyPoint.y=10;</pre>

מבנה - structure ; ערך - value ; איבר - member

file input/output (קלט/פלט עם קבצים)

Description	Syntax	Example
Opening a file	FILE * fopen(const char * File_Name , const char * Mode);	FILE *f; f=fopen ("MyFile.txt" , "w") ;
Closing a stream	int fclose(FILE * file);	fclose (f) ;
Reading from a stream using fgetc	int fgetc(FILE *fp);	char c; c=fgetc (f) ;
Writing to a stream using fputc	int fputc(int c, FILE *fp);	fputc ('A' , f) ;
Reading from a stream using fscanf	fscanf(FILE *fp , format [,arg1,arg2,...]);	int num; fscanf (f , "%d" , &num) ;
Writing to a stream using fprintf	fprintf(FILE *fp , format [,arg1,arg2,...]);	int a=10; fprintf (f , "a=%d" , a) ;

ערך - value ; כתובת חומרה - hardware address

Mode*	Description
r	open for reading
w	open for writing, creates file if it doesn't exist
a	open for appending, creates file if it doesn't exist

* The character string "Mode" specifies the type of access requested for the file.

בהצלחה!