

הצעה לפתרון מלא — אלקטרוניקה ומחשבים

בגרות · קיץ תשע"ט 2019 · שאלון 815381 · שאלות 1–22

✦ בנוי על ידי פהד גאנם ✦

על המסמך: הצעה לפתרון מלא לשאלון 815381 — אלקטרוניקה ומחשבים, קיץ תשע"ט 2019. השאלון בנוי משני חלקים: **חלק א'** (שאלות 1–8, לתוכנית הלימודים החדשה) ובו פרק ראשון (תורת החשמל), פרק שני (אלקטרוניקה תקבילית וספרתית) ופרק שלישי (תכנות ב-C#); **חלק ב'** (שאלות 9–22, לתוכנית הלימודים הישנה) ובו פרק רביעי (מבוא לאלקטרוניקה), פרק חמישי (תורת החשמל) ופרק שישי (מבוא להנדסת מחשבים — תכנות ב-C ו-Arduino). כמה שאלות בחלק ב' זהות לשאלות בחלק א' — צוין בכל מקום. כאן פתורות כל השאלות, לנוחות הלימוד.

שאלה 1 — מעגל נגדים עם מד-מתח

נתונים: $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ · $R_2 = 3.3 \text{ k}\Omega$ · $R_3 = 4.7 \text{ k}\Omega$ · $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ קריאת מד-המתח (על R_3) 9.4 V

מבנה המעגל: R_1 בטור מהמקור אל הצומת העליון T. מ-T יורדים שני ענפים מקבילים בין T לפס התחתון: הענף (R_2 בטור עם R_3) והנגד R_4 . מד-המתח מחובר על R_3 (בין צומת האמצע לפס התחתון) וקורא 9.4 V . מד-מתח אידיאלי אינו מושך זרם.

סעיף א — הזרם דרך R_4

הזרם בענף R_2 – R_3 נובע ישירות ממתח R_3 . ממנו מקבלים את המתח על R_2 ואת מתח T אל הפס התחתון, שהוא גם המתח על R_4 :

$$I(R_2, R_3) = \frac{U(R_3)}{R_3} = \frac{9.4}{4700} = 2 \text{ mA}$$

$$U(R_2) = 2 \text{ mA} \times 3300 = 6.6 \text{ V} \rightarrow U_T = U(R_2) + U(R_3) = 6.6 + 9.4 = 16 \text{ V}$$

$$I(R_4) = \frac{U_T}{R_4} = \frac{16}{10000}$$

$$I(R_4) = 1.6 \text{ mA}$$

סעיף ב — המתח על R_1

הזרם דרך R_1 הוא הזרם הכולל של המקור — סכום הזרמים בשני הענפים המקבילים:

$$I_{\text{tot}} = I(R_2, R_3) + I(R_4) = 2 + 1.6 = 3.6 \text{ mA}$$

$$U(R_1) = I_{\text{tot}} \cdot R_1 = 3.6 \text{ mA} \times 2000$$

$$U(R_1) = 7.2 \text{ V}$$

סעיף ג — מתח המקור E

$$E = U(R_1) + U_T = 7.2 + 16$$

$$E = 23.2 \text{ V}$$

סעיף ד — ההספק על R_2

$$P(R_2) = I(R_2, R_3)^2 \cdot R_2 = (2\text{m})^2 \times 3300$$

$$P(R_2) = 13.2 \text{ mW}$$

שאלה 2 — מעגל RC טורי בזרם חילופין

נתונים: $R = 1.2 \text{ k}\Omega$ · קריאת מד-המתח (על R) $= 6 \text{ V}$ (יעיל) · משקף תנודות על 5 msec/div · $V_{p-p} = 22.63 \text{ V}$

סעיף א — הזרם היעיל במעגל

בחיבור טורי הזרם משותף לנגד ולקבל, ונחשב אותו ממתח הנגד הנתון:

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{6}{1200}$$

$$I = 5 \text{ mA}$$

סעיף ב — תדר מקור-המתח (מהמסך)

במסך משקף התנודות המרחק בין שתי פסגות סמוכות הוא 4 משבצות, וכל משבצת $= 5 \text{ msec}$. מכאן זמן המחזור והתדר:

$$T = 4 \text{ div} \times 5 \text{ msec} = 20 \text{ msec}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

סעיף ג — ערכו של הקבל C

מהמסך קוראים את מתח הקבל: המשרעת היא חצי מ- V_{p-p} , והערך היעיל קטן ממנה פי $\sqrt{2}$. מתוכו מקבלים את היגב הקבל X_C ואת הקיבול:

$$U_{C(ya'il)} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}} = \frac{22.63}{2.828} = 8 \text{ V}$$

$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{8}{0.005} = 1600 \text{ } \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 1600}$$

$$X_C = 1.6 \text{ k}\Omega ; C \approx 1.99 \text{ } \mu\text{F} \approx 2 \text{ } \mu\text{F}$$

סעיף ד — המתח היעיל של מקור-המתח

בחיבור טורי RC המתחים מצטרפים וקטורית (הפרש פאזה 90°), ולכן:

$$V_s = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{100}$$

$$V_s = 10 \text{ V}$$

שאלה 3 — מגבר טרנזיסטור במוצא משותף (CE)

נתונים: $2\text{mA} = h_{ie} = 1.5\text{k}\Omega \cdot h_{fe} = \beta = 50 \cdot V_{BE} = 0.7\text{V} \cdot V_{CE} = 6\text{V} \cdot V_{CC} = 12\text{V} \cdot R_L = 2\text{k}\Omega$ קריאת מד-הזרם (באמפר)

הנחה: מד-הזרם מודד את זרם האמיטר. מכיוון ש- β גדול נהוג לקרב $I_C \approx I_E = 2\text{mA}$. האמיטר מוארק (ללא R_E), והמעגל בהזנה קבועה (R_B מ- V_{CC} לבסיס, R_C מ- V_{CC} לקולקטור).

סעיף א — זרם הקולקטור I_C

$$I_C \approx I_E = 2\text{ mA}$$

$$I_C \approx 2\text{ mA}$$

סעיף ב — הנגדים R_B ו- R_C

R_C נקבע ממשוואת המוצא (ללא R_E), ו- R_B ממשוואת הבסיס עם זרם הבסיס $I_B = I_C / \beta$:

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{12 - 6}{0.002} = 3\text{ k}\Omega$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2\text{mA}}{50} = 40\text{ }\mu\text{A}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{12 - 0.7}{40\mu} = 282.5\text{ k}\Omega$$

$$R_C = 3\text{ k}\Omega ; R_B = 282.5\text{ k}\Omega$$

סעיף ג — דגם חילופין זעיר

בזרם חילופין הקבלים C_1, C_2 מהווים קצר. מתח המבוא V_i מגיע דרך C_1 אל הבסיס; המעבר בסיס-אמיטר מיוצג בהתנגדות $h_{ie}=1.5k\Omega$; במוצא פועל מקור זרם תלוי $\beta \cdot i_b$ בקולקטור; העומס לחילופין הוא $R_C \parallel R_L$; R_B מחובר בין הבסיס לאדמת החילופין.

סעיף ד — הגבר המתח A_v

$$R_C \parallel R_L = \frac{3000 \times 2000}{3000 + 2000} = 1200 \Omega$$

$$A_v = - \frac{\beta (R_C \parallel R_L)}{h_{ie}} = - \frac{50 \times 1200}{1500}$$

$$A_v = -40 \text{ (מהפך, } |A_v| = 40 \text{)}$$

שאלה 4 — מגבר הפרש עם מגבר שרת

נתונים: $R_3=5k\Omega$ ($V_2 \rightarrow$ כניסה $-$) $R_4=10k\Omega$ (משוּב) $R_1=10k\Omega$ ($V_1 \rightarrow$ כניסה $+$) $R_2=10k\Omega$ (כניסה $+$ לאדמה) הזנה $\pm 12V$

סעיף א — ביטוי מתח המוצא V_o

הכניסה החיובית מקבלת חלוקת מתח: $V_+ = V_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = V_1 / 2$. במגבר אידיאלי $V_- = V_+$. כותבים חוק זרמים בצומת הכניסה השלילית:

$$\frac{V_2 - V_-}{R_3} = \frac{V_- - V_o}{R_4} \rightarrow 2(V_2 - V_-) = V_- - V_o$$

$$V_o = 3V_- - 2V_2 = 3 \cdot \frac{V_1}{2} - 2V_2$$

$$V_o = 1.5 \cdot V_1 - 2 \cdot V_2$$

סעיף ב — V_o עבור $V_1=2V$, $V_2=0V$

$$V_o = 1.5 \times 2 - 2 \times 0 = 3 \text{ V}$$

$$V_o = 3 \text{ V}$$

סעיף ג — $V_o = 1V$, $V_1 = 2 \cdot \sin(100\pi t) \text{ V}$

(1) הצבה בביטוי המוצא:

$$V_o(t) = 1.5 \cdot (2 \sin(100\pi t)) - 2 \cdot 1 = 3 \sin(100\pi t) - 2 \text{ [V]}$$

(2) גרף $V_o(t)$: גל סינוס במשרעת $3V$ סביב מתח מוצא (DC) של $-2V$ — כלומר מתנדנד בין $+1V$ (שיא) ל- $-5V$ (שפל), בתדר $f = 100\pi / 2\pi = 50 \text{ Hz}$ (זמן מחזור 20 msec). שני הקצוות בתחום $\pm 12V$, ולכן **אין רוויה** ואין גזירת הגל.

$$V_o(t) = 3 \sin(100\pi t) - 2 \text{ V} ; 5\text{V}-\text{ל-}1\text{V}+ \text{בין} ; T = 20 \text{ msec}$$

שאלה 5 — נגד רגיש לאור (LDR) עם שני משוויים ו-LED

נתונים: אספקה $6V \cdot R_1=20k\Omega$ (עם LDR מחלק את C) · שלושה נגדי $5k\Omega$ בטור (מחלק A,B) · $R_2=1k\Omega$ בטור עם LED

מבנה המעגל: C הוא צומת מחלק R_1 -LDR. שלושה נגדי $5k\Omega$ בטור מ-6V לאדמה יוצרים את הצמתים A (עליון) ו-B (תחתון). המשווה העליון: כניסה + מחוברת ל-C וכניסה - ל-A. המשווה התחתון: כניסה - מחוברת ל-C וכניסה + ל-B. ה-LED (בטור עם R_2) מחובר בין V_{o1} ל- V_{o2} ונדלק רק כאשר V_{o1} גבוה ו- V_{o2} נמוך.

סעיף א — המתח בנקודות A ו-B

$$V_A = 6 \cdot \frac{5k + 5k}{15k} = 4 \text{ V}$$

$$V_B = 6 \cdot \frac{5k}{15k} = 2 \text{ V}$$

$$V_A = 4 \text{ V} ; V_B = 2 \text{ V}$$

סעיף ב — תחום V_C שבו ה-LED דולק

V_{o1} גבוה (6V) כאשר $V_{o2} > V_A = 4V$. $V_C > V_B = 2V$ (0V) נמוך כאשר $V_C > V_B = 2V$. ה-LED דולק כאשר V_{o1} גבוה וגם V_{o2} נמוך — כלומר כאשר V_C גדול מ-4V:

$$4 \text{ V} < V_C < 6 \text{ V} \text{ (ה-LED דולק)}$$

סעיף ג — אופייני המעבר $V_{o1}=f(V_C)$ ו- $V_{o2}=f(V_C)$

V_{o1} : 0V כל עוד $V_C < 4V$, וקופץ ל-6V כאשר $V_C > 4V$.

V_{o2} : 6V כל עוד $V_C < 2V$, ויורד ל-0V כאשר $V_C > 2V$.

LED	V_{o2}	V_{o1}	V_C תחום
כבוי	6V	0V	$V_C < 2V$
כבוי	0V	0V	$2V < V_C < 4V$
דולק	0V	6V	$V_C > 4V$

סעיף ד — תחום עוצמת ההארה (lux) שבו ה-LED דולק

התנאי $V_C > 4V$ שקול, דרך מחלק המתח $V_C = 6 \cdot 20 / (R_{LDR} + 20)$, לתנאי על התנגדות ה-LDR:

$$6 \cdot \frac{20}{R_{LDR} + 20} > 4 \rightarrow R_{LDR} < 10 \text{ k}\Omega$$

מהגרף (התנגדות ה-LDR מול עוצמת ההארה), התנגדות של $10 \text{ k}\Omega$ מתקבלת בעוצמת הארה של כ- 11 lux . ה-LDR קטן מ- $10 \text{ k}\Omega$ בהארות חזקות יותר, ולכן ה-LED דולק בעוצמת הארה גדולה מכ- 11 lux (בערך התחום $11-20 \text{ lux}$ בגרף).

הארה $11 \text{ lux} \lesssim \leftarrow R_{LDR} < 10 \text{ k}\Omega$ ה-LED דולק כאשר

שאלה 6 (#C) — המחלקה ArithmeticSeries

המחלקה: סדרה חשבונית עם איבר ראשון a_1 והפרש d . הפעולה $An(n)$ מחזירה את האיבר ה- n : $a_1 + (n-1) \cdot d$

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

seq1 נוצר עם $a_1=3, d=2$, ולכן $An(1)=3, An(2)=5, An(3)=7$. הלולאה מדפיסה אותם וסוכמת אותם ל- $sum3=15$.
אחר כך seq2 נוצר עם $a_1=15$ ו- $d=seq1.GetD()=2$, ו- $An(2)=15+2=17$.

```
seq1 = ArithmeticSeries(3, 2)
An(1)=3 , An(2)=5 , An(3)=7   →   sum3 = 3+5+7 = 15
seq2 = ArithmeticSeries(15, 2)
An(2) = 15 + (2-1)*2 = 17
```

```
3
5
7
sum3=15
17
```

סעיף ב — ערכי התכונות בסיום ההרצה

עצם	a_1	d
seq1	3	2
seq2	15	2

סעיף ג — קטע קוד: סדרה חשבונית $a_1=10, d=5$, איברים 7 עד 100

```
ArithmeticSeries seq = new ArithmeticSeries(10, 5);
for (int i = 7; i <= 100; i++)
    Console.WriteLine(seq.An(i));
```

סעיף ד — האם ניתן לשנות את d לאחר יצירת העצם?

לא ניתן. במחלקה קיימת רק פעולת SetA1 לשינוי a1, אך **אין פעולת SetD**, והתכונה d מוגדרת private. לכן לאחר יצירת העצם אין דרך לשנות את הפרש הסדרה מבחוץ. כדי לאפשר זאת היה צורך להוסיף למחלקה פעולה מסוג:

```
public void SetD(int d)
{
    this.d = d;
}
```

שאלה 7 (#C) — מכירת שוברים ביריז התרמה

נתונים: שובר בודד = 6 ש"ח · שובר כפול = 10 ש"ח · רכישה מעל 50 ש"ח מזכה בשובר כפול חינם

התוכנית קולטת עבור כל רוכש את כמות השוברים הבודדים והכפולים, מציגה את הסכום לתשלום והודעה אם מגיע שובר חינם, וממשיכה עד שנקלט הערך -1. לאחת הכמויות. בסיום מוצגים סך הכסף שנאסף וכמות השוברים הכפולים שחולקו חינם:

```
int single, dbl;
double total = 0;
int freeDoubles = 0;

Console.Write("Enter single vouchers: ");
single = int.Parse(Console.ReadLine());
Console.Write("Enter double vouchers: ");
dbl = int.Parse(Console.ReadLine());

while (single != -1 && dbl != -1)
{
    double pay = single * 6 + dbl * 10;
    Console.WriteLine("Amount to pay: " + pay);
    if (pay > 50)
    {
        Console.WriteLine("You get a free double voucher!");
        freeDoubles++;
    }
    total = total + pay;

    Console.Write("Enter single vouchers: ");
    single = int.Parse(Console.ReadLine());
    Console.Write("Enter double vouchers: ");
    dbl = int.Parse(Console.ReadLine());
}

Console.WriteLine("Total collected: " + total);
Console.WriteLine("Free double vouchers: " + freeDoubles);
```

שאלה 8 (#C) — פלינדרום ארבע-ספרתי (IsPalindrome4)

נתון: הפעולה IsPalindrome4(num) מחזירה true אם המספר הוא פלינדרום בן ארבע ספרות בדיוק

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

הלולאה רצה עד שנספרו שלושה פלינדרומים ($b=3$). נבדוק כל קלט (קריאה משמאל לימין): b סופר פלינדרומים, c סופר את השאר:

```
9119 → פלינדרום 4 ספרות ✓ b=1
1111 → פלינדרום 4 ספרות ✓ b=2
24 → לא 4 ספרות ✗ c=1
575 → לא 4 ספרות ✗ c=2
1331 → פלינדרום 4 ספרות ✓ b=3 → הלולאה נעצרת
סה"כ קלטים = b + c = 3 + 2 = 5
```

Total number of inputs:5

Total 4 digit palindrome inputs:3

סעיף ב — דוגמת קלט שבסופה $c = 0$

כדי ש- c יישאר 0, כל הקלטים עד עצירת הלולאה חייבים להיות פלינדרומים ארבע-ספרתיים. שלושה כאלה מספיקים:

מגיע ל-3 והתוכנית מסתיימת b , נשאר $c = 0$ // 1221 , 3443 , 8558

סעיף ג — האם קיימת סדרת קלט שבסופה $b = 1$?

לא. הלולאה $while (b != 3)$ מסתיימת אך ורק כאשר b מגיע ל-3. אם ייקלט רק פלינדרום אחד ($b=1$), b לעולם לא יגיע ל-3 והלולאה תרוץ ללא הפסקה (לולאה אינסופית) — ולכן התוכנית לא יכולה להסתיים עם הערך $b=1$.

סעיף ד — סכום הלא-פלינדרומים וכמות הפלינדרומים במערך

```
int sum = 0, count = 0;
for (int i = 0; i < arr.Length; i++)
{
    if (IsPalindrome4(arr[i]))
        count++; // סופר פלינדרומים 4-ספרתיים
    else
        sum = sum + arr[i]; // סוכם את יתר המספרים
}
Console.WriteLine("Sum of non-palindromes: " + sum);
Console.WriteLine("Count of 4-digit palindromes: " + count);
```


שאלה 9 — מגבר טרנזיסטור CE (זהה לשאלה 3)

שים לב: שאלה זו זהה במלואה לשאלה 3 — אותו מעגל ואותם נתונים. הפתרון המלא מופיע בשאלה 3.

$$I_C \approx 2 \text{ mA} ; R_C = 3 \text{ k}\Omega ; R_B = 282.5 \text{ k}\Omega ; A_V = -40$$

שאלה 10 — מגבר הפרש עם מגבר שרת (זהה לשאלה 4)

שים לב: שאלה זו זהה במלואה לשאלה 4 — אותו מעגל ואותם נתונים. הפתרון המלא מופיע בשאלה 4.

$$V_o = 1.5 \cdot V_1 - 2 \cdot V_2 ; V_o(V_1=2, V_2=0) = 3V ; V_o(t) = 3 \sin(100\pi t) - 2V$$

שאלה 11 — ממיר אנלוגי-ספרתי (A/D) בן שמונה סיביות

נתונים: ממיר A/D של 8 סיביות · מהגרף: מדרגות בקצוות 0.01, 0.03, 0.05V ← ערכים 1, 2, 3 · 253 → 5.05, 254 → 5.07, 255 → 5.09

סעיף א — כושר ההבחנה (הרזולוציה)

כושר ההבחנה הוא שינוי המתח במבוא שגורם לשינוי של סיבית אחת (מדרגה) במוצא. רוחב כל מדרגה בגרף הוא 0.02V:

$$\text{Resolution} = 0.03 - 0.01 = 0.02 \text{ V} = 20 \text{ mV}$$

$$\text{FS} = 2^8 \times 0.02 = 256 \times 0.02 = 5.12 \text{ V} \text{ (בדיקה)}$$

$$20 \text{ mV (0.02 V)} = \text{כושר ההבחנה}$$

סעיף ב — הערך הבינארי במוצא

מחלקים את מתח המבוא בכושר ההבחנה ומעגלים לערך השלם הקרוב:

$$V_{in} = 2 \text{ V} \rightarrow N = \frac{2}{0.02} = 100 = 01100100_2$$

$$V_{in} = 3.045 \text{ V} \rightarrow N = \frac{3.045}{0.02} \approx 152 = 10011000_2$$

$$V_{in}=2\text{V} \rightarrow 01100100 ; V_{in}=3.045\text{V} \rightarrow 10011000$$

סעיף ג — תחום מתח-המבוא עבור הערך 01100001₂

97 = 01100001₂ בעשרוני. הערך 97 מתאים למדרגה שמרכזת 1.94V = 0.02 × 97, וברוחב מדרגה של 0.02V:

$$01100001_2 = 97 \rightarrow V_{in} \approx 97 \times 0.02 = 1.94 \text{ V}$$

$$1.93 \text{ V} \leq V_{in} < 1.95 \text{ V}$$

$$1.93 \text{ V} \leq V_{in} < 1.95 \text{ V} \text{ (מרכז } 1.94 \text{ V)}$$

שאלה 12 — נגד רגיש לאור (LDR) עם משוויים (זהה לשאלה 5)

שים לב: שאלה זו זהה במלואה לשאלה 5 — אותו מעגל, אותו גרף ואותם נתונים. הפתרון המלא מופיע בשאלה 5.

$$V_A = 4V ; V_B = 2V ; \text{LED דולק} \Leftrightarrow V_C > 4V \Leftrightarrow R_{LDR} < 10k\Omega \text{ (11 lux הארה } \lesssim 11)$$

פרק חמישי — תורת החשמל (שאלות 13–14) 📌

שאלה 13 — מעגל נגדים עם מד-מתח (זהה לשאלה 1)

שים לב: שאלה זו זהה במלואה לשאלה 1 — אותו מעגל ואותם נתונים. הפתרון המלא מופיע בשאלה 1.

$$I(R_4) = 1.6 \text{ mA} ; U(R_1) = 7.2 \text{ V} ; E = 23.2 \text{ V} ; P(R_2) = 13.2 \text{ mW}$$

שאלה 14 — מעגל RC טורי בזרם חילופין (זהה לשאלה 2)

שים לב: שאלה זו זהה במלואה לשאלה 2 — אותו מעגל ואותם נתונים. הפתרון המלא מופיע בשאלה 2.

$$I = 5 \text{ mA} ; f = 50 \text{ Hz} ; C \approx 2 \text{ } \mu\text{F} \text{ (} X_C=1.6\text{k}\Omega \text{)} ; V_s = 10 \text{ V}$$

שאלה 15 (C) — קריאת מפסקים והצגה ב-seg-7

נתונים: מפתח-קלט 300H (8 מפסקים S_0 – S_7) · מפתח-פלט 301H (תצוגת seg-7 בחיבור קתודה משותפת CC)

בחיבור המפסקים: מפסק סגור $\leftarrow +5V$ $\leftarrow$ סיבית '1'; מפסק פתוח $\leftarrow$ דרך R לאדמה $\leftarrow$ סיבית '0'. לכן ספירת המפסקים הפתוחים היא ספירת אפסים. קודי ה-seg (CC)-7 לספרות 0–9 הם: 0x3f, 0x06, 0x5b, 0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7d, 0x07, 0x7f, 0x6f.

```
unsigned char seg[] = {0x3f,0x06,0x5b,0x4f,0x66,0x6d,0x7d,0x07,0x7f,0x6f};

void main(void)
{
    unsigned char sw;
    int i, count;
    while (1)
    {
        sw = in32(0x300); // 1. קליטת מצב המפסקים
        count = 0;
        for (i = 0; i < 8; i++) // 2. ספירת המפסקים הפתוחים (סיביות '0')
            if ((sw & (1 << i)) == 0)
                count++;

        if (count == 8) // 4. כל המפסקים פתוחים - הבהוב "8" שלוש פעמים
        {
            for (i = 0; i < 3; i++)
            {
                out32(0x301, seg[8]); // "8" דולקת
                delay(1000); // שנייה אחת
                out32(0x301, 0x00); // כבוי
                delay(1000); // שנייה אחת
            }
        }
        else
            out32(0x301, seg[count]); // 3. הצגת מספר המפסקים הפתוחים
    }
}
```


שאלה 16 (C) — עיבוד מערך ציונים

נתונים: מערך arr בן 35 ציונים בטווח 0–100

שלוש הפעולות — ממוצע, ספירת ציונים מעל 55, והציון הגבוה ביותר — מבוצעות במעברים על המערך:

```
int i, sum = 0, count = 0, max;
double avg;

// 1. ממוצע הציונים
for (i = 0; i < 35; i++)
    sum = sum + arr[i];
avg = sum / 35.0;
printf("Average = %.2f\n", avg);

// 2. מספר הנבחנים שקיבלו ציון הגבוה מ-55
for (i = 0; i < 35; i++)
    if (arr[i] > 55)
        count++;
printf("Above 55 = %d\n", count);

// 3. הציון הגבוה ביותר
max = arr[0];
for (i = 1; i < 35; i++)
    if (arr[i] > max)
        max = arr[i];
printf("Max = %d\n", max);
```

שאלה 17 (C) — ניתוח קוד וספירת סיביות

נתונים: מפתח-פלט 301H (7-seg בחיבור CC) $\cdot$ arr1[] = קודי ספרות 9-0 $\cdot$ arr2[] ערכי בייט

הערת דפוס: בלולאה שבשורה 6 מופיעים פסיקים במקום נקודה-פסיק, והתנאי הוא $i < 10$ אף שב-arr2 יש 9 איברים (אינדקסים 0-8). הכוונה היא $\text{for}(i=0; i < 9; i++)$ — מעבר על תשעת האיברים. כך פתרנו.

סעיף א — הסבר השורות 8, 9, 10, 12

שורה	הפעולה
8	של האיבר (LSB, bit0) בידוד הסיבית הנמוכה — $x = \text{arr2}[i] \& 0x01$
9	והזזתה למקום 0 (0 או 1) (MSB, bit7) בידוד הסיבית הגבוהה — $y = (\text{arr2}[i] \& 0x80) >> 7$
10	t מגדיל את המונה, LSB-שווה ל MSB אם — $\text{if}(x=y) t++$
12	t של הספרה seg-שולח לתצוגה את קוד ה-7 — $\text{out32}(0x301, \text{arr1}[t])$

סעיף ב — הערך שיופיע בתצוגה בסיום

t סופר כמה מאיברי arr2 מקיימים $\text{bit0} = \text{bit7}$. נבדוק את תשעת האיברים:

```
0xAA=10101010 bit0=0 bit7=1 X
0x80=10000000 bit0=0 bit7=1 X
0x81=10000001 bit0=1 bit7=1 ✓
0xBB=10111011 bit0=1 bit7=1 ✓
0xFF=11111111 bit0=1 bit7=1 ✓
0xA5=10100101 bit0=1 bit7=1 ✓
0x99=10011001 bit0=1 bit7=1 ✓
0x7E=01111110 bit0=0 bit7=0 ✓
0x91=10010001 bit0=1 bit7=1 ✓
t = 7
```

t=7, ולכן out32 שולח את $\text{arr1}[7]=0x07$ — נדלקות המקטעים a,b,c ומופיעה הספרה 7.

7 (t = 7) בתצוגה מופיעה הספרה

סעיף ג — ערכי arr2 חדשים כך שתופיע הספרה 9

כדי שתופיע הספרה 9 דרוש $t=9$, כלומר כל תשעת האיברים חייבים לקיים $\text{bit}7 = \text{bit}0$. שני האיברים שאינם מקיימים זאת הם $0xAA$ ו- $0x80$ — נחליף אותם בערכים שבהם הסיביות הקיצוניות שוות (למשל $\text{bit}7=\text{bit}0=1$ או $=0$):

```
arr2[] = {0xAB, 0x00, 0x81, 0xBB, 0xFF, 0xA5, 0x99, 0x7E, 0x91};
//           ↑      ↑
//      0xAB: bit0=1,bit7=1 ✓   0x00: bit0=0,bit7=0 ✓   → t = 9 → arr1[9]=0x6f → "9"
```

סעיף ד — מעבר לתצוגה בחיבור אנודה משותפת (CA)

בחיבור CA מקטע נדלק כאשר הפלט '0' (פעיל-נמוך) — היפוך של CC. לכן משלימים את קוד הפלט (משאירים את הפלט זהה חזותית). משנים את שורה 12:

```
12. out32(0x301, ~arr1[t]); // השלמה סיבית-סיבית עבור CA
```

שאלה 18 (C) — מציאת ערך מרבי בקלט

התוכנית: קולטת מספרים שלמים עד שנקלט מספר שאינו חיובי, ומחזיקה ב- x את הערך הגדול ביותר

סעיף א — הסבר השורות 4, 5, 7, 8

שורה	הפעולה
4	(יחזיק את המרבי x) בערך הקלט הראשון x אתחול $x = i$
5	הלולאה נמשכת כל עוד הקלט חיובי; נעצרת בקלט אפס או שלילי — $while(i > 0)$
7	x -עדכון המרבי אם הקלט הנוכחי גדול מ- $x = i$ if $(i > x)$
8	הצגת הודעת בקשה לקליטת המספר הבא — $printf("Enter int number: ")$

סעיף ב — הפלט עבור הקלט הנתון

קלט (קריאה משמאל לימין): 4, 5, 6, 3, 4, 5, 0, 1, 8, -1. הלולאה נעצרת ב-1-, ולכן הערכים 0, 1, 8 אינם נקלטים כלל:

```
i=4 → x=4
5 > 4 → x=5
6 > 5 → x=6
3 > 6 → לא
4 > 6 → לא
5 > 6 → לא
i=-1 → הלולאה נעצרת (8,1,0 לא נקראו)
```

$x = 6$

סעיף ג — שינוי התנאי בשורה 7 ל- $if (i < x)$

כן — הפלט משתנה. כעת התוכנית מחזיקה בערך המזערי מבין המספרים החיוביים במקום המרבי. עבור אותו קלט: $x=4$, ואז $4 > 3 \leftarrow x=3$ (ושאר הערכים אינם קטנים ממנו):

$x = 3$

שאלה 19 (Arduino / C) — LM35 ותצוגת 7-CA (seg)

נתונים: חיישן LM35 על A_0 (10mV לכל $^{\circ}\text{C}$) · תצוגת 7-seg בחיבור אנודה משותפת (CA) על D_0 – D_6

analogRead מחזיר 0–1023 עבור 0–5V. טמפרטורה: $^{\circ}\text{C} = a \cdot 0.489 \approx (a \cdot 5 / 1023) / 0.01$. T מציגים H כאשר $T > 30^{\circ}\text{C}$, L כאשר $T < 20^{\circ}\text{C}$, ותצוגה ריקה בין 20 ל- 30°C . בחיבור CA מקטע נדלק ב-LOW.

```
int seg[7] = {0,1,2,3,4,5,6}; // בהדקים a..g מקטעים D0..D6
// מקטע דולק (bit=1) → H = 0x76 (b,c,e,f,g) , L = 0x38 (d,e,f) , 0 = 0x00 אריק

void setup() {
    int p;
    for (p = 0; p < 7; p++)
        pinMode(seg[p], OUTPUT);
}

void show(unsigned char code) { // (פעיל-נמוך) CA הוצאת קוד לתצוגת
    int p;
    for (p = 0; p < 7; p++)
        digitalWrite(seg[p], (code & (1 << p)) ? LOW : HIGH);
}

void loop() {
    int a = analogRead(A0);
    float T = a * 5.0 / 1023.0 / 0.01; //  $^{\circ}\text{C}$ -טמפרטורה ב
    if (T > 30) show(0x76); // H
    else if (T < 20) show(0x38); // L
    else show(0x00); // תצוגה ריקה
}
```

שאלה 20 (Arduino / C) — שש נוריות ופוטנציומטר

נתונים: פוטנציומטר על A_0 (מחלק מתח 5V-0) · שש נוריות L_0-L_5 על D_2-D_7

סעיף א — מה מבצע קטע הקוד בשורות 4-7

לולאת ה-for שב-setup מגדירה את ההדקים D_2 עד D_7 (ההדקים $P=2$ עד $P=7$) כהדקי פלט (OUTPUT) — אלה ששת ההדקים המחוברים לנוריות.

סעיף ב — פעולת התוכנית ותפקיד הפוטנציומטר והנוריות

loop מדליק בזה אחר זה את הנוריות ($D_2 \rightarrow D_7$) $L_0 \dots L_5$. לכל נורית התוכנית קוראת את מתח הפוטנציומטר $a = \text{analogRead}(A_0)$ (0-1023), מדליקה את הנורית ל- $a \cdot 10 + 1000$ אלפיות שנייה, ואז מכבה אותה ועוברת לבאה. זהו "אור רץ" שבו הפוטנציומטר קובע את **משך ההדלקה** של כל נורית — סיבוב הפוטנציומטר מאיץ או מאט את קצב המעבר בין הנוריות.

סעיף ג — שינוי שורה 11 ל-`for(P=7; P>=2; P--)`

כעת סדר ההדלקה מתהפך: הנוריות נדלקות מ- (D_7) L_5 כלפי מטה עד (D_2) L_0 במקום מ- L_0 כלפי מעלה. **כיוון האור הרץ מתהפך.**

שאלה 21 (Arduino / C) — מדידת זמני מחזור של אות

התוכנית: מודדת על הדק D₉ את משך פרק ה-'1' ואת פרק ה-'0' העוקב (במילישניות) ומשדרת את סכומם

סעיף א — הסבר השורות 5, 6, 14, 26

שורה	הפעולה
5	ככניסה לקריאת האות D ₉ הגדרת הדק — <code>pinMode(Pin, INPUT)</code>
6	baud אתחול תקשורת טורית אל המחשב בקצב 9600 — <code>Serial.begin(9600)</code>
14	לולאה ריקה הממתינה כל עוד האות '0', עד שהאות עולה ל-'1' — <code>while(digitalRead(Pin)==0);</code> (תחילת פרק ה-'1')
26	שנפתח בשורה 13 — סיום מחזור מדידה אחד if-סוגר הסוגריים המסולסלים של בלוק ה

סעיף ב — פלט המחשב עבור האות הנתון

cnt1 סופר את משך פרק ה-'1' ו-cnt2 את משך פרק ה-'0' העוקב, כל `delay(1)` ≈ אלפית שנייה. באות: פרק '1' נמשך 4 שניות (≈4000) ופרק ה-'0' העוקב 1 שנייה (≈1000), ולכן:

$$\text{cnt1} \approx 4000, \text{cnt2} \approx 1000 \rightarrow \text{cnt1} + \text{cnt2} \approx 5000$$

```
5000
5000
...
```

סעיף ג — מה מבצעת התוכנית

התוכנית מודדת את משך פרק ה-'1' ואת משך פרק ה-'0' של האות שבכניסה D₉ (באלפיות שנייה), ומדפיסה את סכומם — כלומר את **זמן המחזור של האות במילישניות**. עבור אות זה זמן המחזור 5 שניות, ולכן מודפס ≈5000 שוב ושוב.

סעיף ד — מחזור הפעולה (Duty Cycle)

$$\text{Duty Cycle} = 100 \cdot \frac{t_{\text{on}}}{t_{\text{on}} + t_{\text{off}}} = 100 \cdot \frac{4}{4 + 1} = 80\%$$

הוספה לתוכנית (אחרי שורה 25) שתחשב ותשדר את מחזור הפעולה:

```
Serial.println(100.0 * cnt1 / (cnt1 + cnt2)); // → 80
```

Duty Cycle = 80%

שאלה 22 (Arduino / C) — רמזור להולכי רגל עם רמקול

נתונים: לחצן S על D₂ (עם R ל-5V ← לחיצה = '0') · LED₁ אדום על LED₂ · D₁₀ ירוק על D₁₁ · רמקול על D₁₃

מצב התחלתי "עצור": אור אדום דולק והרמקול שקט. עם לחיצה על הלחצן, לאחר 10 שניות מתחלף המצב ל"עבור": הירוק דולק 30 שניות והרמקול משמיע צליל 500Hz; בתום הזמן הצליל נפסק, האדום חוזר לדולק והמצב חוזר ל"עצור":

```
#define BTN    2
#define RED    10
#define GREEN  11
#define BUZZ   13

void setup() {
    pinMode(BTN, INPUT);                // הגדרת הדקים 1.
    pinMode(RED, OUTPUT);
    pinMode(GREEN, OUTPUT);
    pinMode(BUZZ, OUTPUT);

    digitalWrite(RED, HIGH);            // מצב התחלתי: אדום דולק,
    digitalWrite(GREEN, LOW);           // ירוק כבוי,
    noTone(BUZZ);                       // רמקול שקט ('0')
}

void loop() {
    if (digitalRead(BTN) == 0)          // לחיצה על הלחצן (פעיל-נמוך) 3.
    {
        delay(10000);                  // כעבור 10 שניות - מעבר ל"עבור"
        digitalWrite(RED, LOW);
        digitalWrite(GREEN, HIGH);     // אור ירוק דולק
        tone(BUZZ, 500);               // 500 Hz צליל
        delay(30000);                  // למשך 30 שניות

        noTone(BUZZ);                  // בתום הזמן: הצליל נפסק,
        digitalWrite(GREEN, LOW);
        digitalWrite(RED, HIGH);       // האדום חוזר לדולק ("עצור")
    }
}
```