

הצעה לפתרון מלא — אלקטרוניקה ומחשבים

בגרות · קיץ תשפ"ו 2026 · שאלון 815381 · שאלות 1-11

✦ בנוי על ידי פהד גאנם ✦

על המסמך: הצעה לפתרון מלא לשאלון 815381 — אלקטרוניקה ומחשבים, קיץ תשפ"ו 2026. בשאלון אחת-עשרה שאלות בשלושה פרקים, ועל הנבחן לענות על חמש שאלות — אחת לפחות מכל פרק. פרק ראשון (1-2) תורת החשמל; פרק שני (3-5) אלקטרוניקה תקבילית וספרתית; פרק שלישי (6-11) תכנות — נבחני C# עונים על שתיים מ-6-8, ונבחני Python על שתיים מ-9-11. כאן פתורות כל השאלות, לנוחות הלימוד.

שאלה 1 — מעגל גשר עם שני מקורות ומפסק

נתונים: $R_1 = 10 \Omega$ · $R_2 = 20 \Omega$ · $R_3 = 30 \Omega$ · $E_1 = 5V$ · $E_2 = 10V$

קריאת הקוטביות: הדק הפלוס של שני המקורות פונה כלפי מעלה (אל הפסים העליונים). לכן בלולאה החיצונית המקורות פועלים זה כנגד זה, והמקור החזק E_2 הוא שקובע את כיוון הזרם. הענף האמצעי (R_3) פעיל רק כאשר המפסק S סגור.

סעיף א — הזרם דרך R_1 (המפסק פתוח)

כשהמפסק פתוח הענף האמצעי מנותק, ונותרת לולאה אחת בלבד דרך הענף השמאלי והימני. נסמן את הפוטנציאל בצומת B כאפס. הפוטנציאל מעל E_1 הוא $+5V$ ומעל E_2 הוא $+10V$. נכתוב את חוק הזרמים של קירכהוף בצומת A:

$$\frac{V_A - 5}{R_1} + \frac{V_A - 10}{R_2} = 0$$

$$2(V_A - 5) + (V_A - 10) = 0 \rightarrow 3V_A = 20 \rightarrow V_A = 6.667 \text{ V}$$

$$I(R_1) = \frac{V_A - 5}{R_1} = \frac{6.667 - 5}{10} = 0.1667 \text{ A}$$

$$I(R_1) \approx 0.167 \text{ A } (\approx 1/6 \text{ A})$$

סעיף ב — המתח על R_2

בלולאה טורית אחת הזרם משותף לכל הרכיבים, ולכן הזרם דרך R_2 שווה בגודלו לזרם דרך R_1 :

$$U(R_2) = I \cdot R_2 = 0.1667 \times 20$$

$$U(R_2) \approx 3.33 \text{ V}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = 6.667 - 0$$

$$U_{AB} \approx 6.67 \text{ V}$$

סעיף ג — הזרם דרך R_3 (המפסק סגור)

סגירת המפסק מוסיפה את הענף האמצעי R_3 בין A ל-B. נכתוב שוב את חוק הזרמים בצומת A, הפעם עם שלושה ענפים:

$$\frac{V_A - 5}{10} + \frac{V_A - 10}{20} + \frac{V_A}{30} = 0$$

$$6(V_A - 5) + 3(V_A - 10) + 2V_A = 0 \rightarrow 11 V_A = 60 \rightarrow V_A = 5.455 \text{ V}$$

$$I(R_3) = \frac{V_A}{R_3} = \frac{5.455}{30}$$

$$I(R_3) \approx 0.182 \text{ A}$$

סעיף ד — ההספק שמספק E_2 (המפסק סגור)

הזרם דרך המקור E_2 שווה לזרם דרך R_2 . עם $V_A = 5.455 \text{ V}$ המתח על R_2 שלילי, כלומר הזרם זורם מ-B אל A דרך הענף הימני — E_2 פורק ומספק הספק:

$$I(E_2) = \left| \frac{V_A - 10}{R_2} \right| = \left| \frac{5.455 - 10}{20} \right| = 0.2273 \text{ A}$$

$$P(E_2) = E_2 \cdot I(E_2) = 10 \times 0.2273$$

$$P(E_2) \approx 2.27 \text{ W}$$

שאלה 2 — מעגל RC טורי בזרם חילופין

נתונים: $R = 2.8 \text{ k}\Omega$ · $U = 20\text{V}$ · $f = 5 \text{ kHz}$ · $U_R = 5.6\text{V}$ (יעיל)

סעיף א — הזרם היעיל במעגל

בחיבור טורי הזרם משותף לנגד ולקבל. נחשב אותו ממתח הנגד הנתון:

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{5.6}{2800} = 0.002 \text{ A}$$

$$I = 2 \text{ mA}$$

סעיף ב — עכבת המעגל

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{20}{0.002}$$

$$Z = 10 \text{ k}\Omega$$

סעיף ג — היגב הקבל והקיבול

בחיבור טורי מתקיים $Z^2 = R^2 + X_C^2$, ומכאן:

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{10000^2 - 2800^2} = 9600 \text{ }\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \times 5000 \times 9600}$$

$$X_C = 9.6 \text{ k}\Omega ; C \approx 3.32 \text{ nF}$$

סעיף ד — צורת המתח על הקבל $u_C(t)$

המתח היעיל על הקבל, ומתוכו הערך המרבי וזמן המחזור:

$$U_C = I \cdot X_C = 0.002 \times 9600 = 19.2 \text{ V (י ע י ל)}$$

$$U_{C(\max)} = U_C \cdot \sqrt{2} = 19.2 \times 1.414 = 27.15 \text{ V}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5000} = 200 \text{ } \mu\text{s}$$

בסרטוט: גל סינוס בעל משרעת 27.15V וזמן מחזור 200μs. המתח על הקבל **מפגר ב-90°** אחרי הזרם במעגל (הזרם מגיע לשיאו רבע-מחזור לפני מתח הקבל). בדיקה: $U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{5.6^2 + 19.2^2} = 20\text{V}$ ✓

$$U_{C(\max)} \approx 27.15 \text{ V} ; T = 200 \text{ } \mu\text{s} ; \text{פיגור } 90^\circ \text{ אחרי הזרם}$$

שאלה 3 — מגבר טרנזיסטור במוצא משותף (CE)

נתונים: $V_{BE}=0.7V$ · $h_{ie}=1k\Omega$ · $\beta=h_{fe}=50$ · $V_{CC}=10V$ · $R_B=200k\Omega$ · $R_C=2k\Omega$ · $R_E=500\Omega$ · $R_L=2k\Omega$

הערה על R_E : בדפוס מופיע לצד R_E הערך "500 Ω ", אך ערך זה נותן נקודת עבודה רוויה ($V_{CE}\approx 0.73V$) שאינה מאפשרת הגברה — ולכן זהו כמעט בוודאות שיבוש דפוס. הערך היחיד ההגיוני הוא $R_E = 500 \Omega$, ובו נקודת עבודה תקינה. סעיפי ההגבר (ג, ד) ממילא אינם תלויים ב- R_E , כיוון שהקבל C_E מקצר אותו בזרם החילופין.

סעיף א — נקודת העבודה (I_C , V_{CE})

זו הזנה קבועה עם נגד אמיטר. נמצא את זרם הבסיס מלולאת הבסיס-אמיטר:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta+1)R_E} = \frac{10 - 0.7}{200000 + 51 \times 500} = 41.24 \mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \times 41.24 \mu A = 2.06 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 10 - 2.06 \text{ mA} \times 2000 - 2.10 \text{ mA} \times 500 = 4.82 \text{ V}$$

$$I_C \approx 2.06 \text{ mA} ; V_{CE} \approx 4.82 \text{ V}$$

סעיף ב — דגם חילופין זעיר

בזרם חילופין כל הקבלים מהווים קצר, ולכן: מתח המבוא V_i מגיע ישירות אל הבסיס דרך C_B ; המעבר בסיס-אמיטר מיוצג בהתנגדות $h_{ie} = 1k\Omega$; במוצא פועל מקור זרם תלוי i_b · β הזורם בקולקטור; העומס הוא $R_C \parallel R_L$; הנגד R_E מקוצר על-ידי C_E (אמיטר מוארק לחילופין); ו- R_B מחובר בין הבסיס לאדמת החילופין.

סעיף ג — הגבר המתח A_v

$$R_C \parallel R_L = \frac{2000 \times 2000}{2000 + 2000} = 1000 \, \Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\beta (R_C \parallel R_L)}{h_{ie}} = - \frac{50 \times 1000}{1000}$$

$$A_v = -50 \text{ (מהפך, } |A_v| = 50 \text{)}$$

סעיף ד — המתח המרבי והיעיל במוצא

נתון $V_i = 12 \sin(2000\pi t)$ [mV], כלומר משרעת 12mV ותדר $f = 2000\pi / 2\pi = 1000$ Hz. המתח במוצא גדול פי $|A_v|$:

$$V_{o(\max)} = |A_v| \cdot V_{i(\max)} = 50 \times 12 \text{ mV} = 600 \text{ mV} = 0.6 \text{ V}$$

$$V_{o(\text{rms})} = \frac{V_{o(\max)}}{\sqrt{2}} = \frac{0.6}{1.414}$$

$$V_{o(\max)} = 0.6 \text{ V} ; V_{o(\text{rms})} \approx 0.424 \text{ V}$$

שאלה 4 — שלושה מגברי שרת: שני מפחיתים ומשווה

נתונים: $V_1=1.2V$, $V_2=0.6V$, A_1 : $R_1=2k\Omega$, $R_2=4k\Omega$, A_2 : $R_3=2k\Omega$, $R_4=3k\Omega$, A_3 : $R_5=4k\Omega$, $R_6=2k\Omega$

מבנה המעגל: A_1 ו- A_2 הם מגברי הפרש (הכניסה + של A_1 מחוברת ל- V_2 , ושל A_2 ל- V_1). A_3 ללא נגד משוּב וכניסתו החיובית מוארקת — הוא משמש כמשוואה (Comparator). הצומת X הוא מחלק המתח שבין V_{o1} ל- V_{o2} דרך R_5 ו- R_6 .

סעיף א — מוצאי A_1 ו- A_2

עבור מגבר עם כניסה חיובית במתח V_p , כניסה שלילית המוזנת דרך נגד מבוא ונגד משוּב, מתקיים $V_o = V_p (1 + R_f/R_{in}) - V_{in} \cdot (R_f/R_{in})$

$$V_{o1} = V_2 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1} = 0.6 \times 3 - 1.2 \times 2 = 1.8 - 2.4 = -0.6 \text{ V}$$

$$V_{o2} = V_1 \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) - V_2 \cdot \frac{R_4}{R_3} = 1.2 \times 2.5 - 0.6 \times 1.5 = 3.0 - 0.9 = 2.1 \text{ V}$$

$$V_{o1} = -0.6 \text{ V} ; V_{o2} = +2.1 \text{ V}$$

סעיף ב — הזרם דרך R_5 וכיוונו

כניסת המשווה אינה מושכת זרם, לכן הצומת X הוא נקודת החיבור של R_5 ו- R_6 . נמצא את מתח X מחוק הזרמים, ומתוכו את הזרם דרך R_5 :

$$V_x = \frac{V_{o1}/R_5 + V_{o2}/R_6}{1/R_5 + 1/R_6} = \frac{-0.6/4000 + 2.1/2000}{1/4000 + 1/2000} = 1.2 \text{ V}$$

$$I(R_5) = \frac{V_{o1} - V_x}{R_5} = \frac{-0.6 - 1.2}{4000} = -0.45 \text{ mA}$$

הסימן השלילי מציין שהזרם זורם מהצומת X אל V_{o1} (אל מוצא A_1), בגודל 0.45mA.

$$I(R_5) = 0.45 \text{ mA (מהצומת X אל מוצא } A_1)$$

$$V_X = 1.2 \text{ V}$$

ב- A_3 הכניסה החיובית מוארקת (0V) והכניסה השלילית היא $X = 1.2V$. מכיוון ש- $v_- > v_+$, המשווה נכנס לרוויה שלילית ומוצאו נצמד למתח האספקה השלילי:

$$V_o = -15 \text{ V}$$

שאלה 5 — משווה עם רשת השהיה (LP) ו-LED

נתונים: $V_{CC}=12V$ · $R_1=30k\Omega$ · $R_2=10k\Omega$ · $R_3=6k\Omega$ · $C_1=470\mu F$ · $V_{LED}=2.4V$ · $I_{LED}=10mA$

מבנה המעגל: המגבר משמש כמשווה. הכניסה + מחוברת לצומת X — מתח הקבל C_1 הנטען דרך R_1 ; הכניסה - מחוברת למחלק המתח R_2-R_3 ומקבלת מתח ייחוס קבוע Y. ה-LED (בטור עם R_4) נדלק כאשר מתח X עולה מעל מתח הייחוס Y.

סעיף א — Y ומתח המוצא (המפסק פתוח)

מתח הייחוס נקבע ממחלק המתח, ואינו תלוי במפסק:

$$Y = V_{CC} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 12 \times \frac{6}{16} = 4.5 \text{ V}$$

כשהמפסק פתוח הקבל ריק (0V), אין נתיב טעינה, ולכן $X = 0V$. מאחר ש- $V_- = 4.5V < V_+ = 0$, מוצא המשווה נמוך (0V ≈) — ה-LED כבוי.

$$Y = 4.5 \text{ V} ; V_o \approx 0 \text{ V (ה-LED כבוי)}$$

סעיף ב — קבוע הזמן, זמן ההדלקה, ומתח X ב- $t=20s$

סוגרים את המפסק ב- $t=0$ ופותחים אותו שוב כעבור 20 שניות. הקבל נטען לפי $X(t) = V_{CC}(1 - e^{-t/\tau})$.

$$1) \tau = R_1 \cdot C_1 = 30000 \times 470 \times 10^{-6} = 14.1 \text{ s}$$

$$2) X(t) = Y \rightarrow 12(1 - e^{-t/\tau}) = 4.5 \rightarrow t = -\tau \cdot \ln(1 - 4.5/12) = 14.1 \times 0.470 = 6.63 \text{ s}$$

$$3) X(20) = 12(1 - e^{-20/14.1}) = 12(1 - 0.242) = 9.09 \text{ V}$$

$$\tau = 14.1 \text{ s} ; \text{זמן ההדלקה} \approx 6.63 \text{ s} ; X(20) \approx 9.09 \text{ V}$$

סעיף ג — סרטוט $X(t)$ ו- $V_o(t)$ עבור $0 < t < 30s$

עקומת $X(t)$: עולה מערכית מ-0 לכיוון 12V, חוצה את 4.5V ב- $t \approx 6.63s$, ומגיעה ל-9.09V ב- $t=20s$. עם פתיחת המפסק אין נתיב פריקה (R_1 מנותק, כניסת המשווה בעלת התנגדות אינסופית), ולכן X נשאר קבוע על 9.09V

עד $t=30s$.

עקומת $V_o(t)$: נמוכה (LED, 0V כבוי) בקטע $t < 6.63s$, ומרגע שהמתח X עובר את Y היא קופצת לרמה גבוהה (LED $\approx 12V$ דולק) ונשארת גבוהה עד $t=30s$.

סעיף ד — הנגד R_4 להפעלה תקינה של ה-LED

כאשר המוצא גבוה מתקבל $V_{cc} = 12V \approx V_o$. R_4 מגביל את זרם ה-LED:

$$R_4 = \frac{V_o - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{12 - 2.4}{0.010}$$

$$R_4 = 960 \, \Omega$$

שאלה 6 (#C) — ספירת מספרים וסכום ספרות

הפעולה: CountNumbers מקבלת מערך מספרים תלת-ספרתיים ומחזירה שלם

התנאי $arr[i] \% 10 == arr[i] / 100$ בודק אם **ספרת המאות** (חלוקה שלמה ב-100) שווה ל**ספרת האחדות** (שארית בחלוקה ב-10). הפעולה סופרת כמה מספרים כאלה יש במערך.

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

נעבור על שלושת המערכים ונבדוק לכל מספר אם ספרת המאות שווה לספרת האחדות:

```
arr1 = { 101, 100, 110, 101, 100 }
101 → 1=1 ✓   100 → 1≠0 ✗   110 → 1≠0 ✗   101 → 1=1 ✓   100 ✗   ⇒ 2
arr2 = { 121, 450, 333, 898, 100, 727 }
121 ✓   450 ✗   333 ✓   898 ✓   100 ✗   727 ✓   ⇒ 4
arr3 = { 110, 111, 222, 333, 111, 222, 333 }
110 ✗   111 ✓   222 ✓   333 ✓   111 ✓   222 ✓   333 ✓   ⇒ 6
```

2
4
6

סעיף ב — דוגמאות למערכים

(1) מערך שיחזיר 0 — אף מספר שבו ספרת המאות שווה לספרת האחדות:

```
int[] arr = { 123, 456, 780 }; // CountNumbers ⇒ 0
```

(2) מערך שיחזיר 5 — חמישה מספרים שבהם ספרת המאות שווה לספרת האחדות:

```
int[] arr = { 101, 202, 303, 404, 505 }; // CountNumbers ⇒ 5
```

סעיף ג — הפעולה SumOfDigits

```
public static int SumOfDigits(int num)
{
    int hundreds = num / 100;
    int tens = (num / 10) % 10;
    int units = num % 10;
    return hundreds + tens + units;
}
```

שאלה 7 (#C) — המחלקה TravelCard

המחלקה: כרטיס נסיעה עם שם בעלים (ownerName) ויתרה (balance)

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

```
TravelCard card = new TravelCard("Guest", 55.5);
card.TopUp(20); // balance: 55.5 → 75.5
Console.WriteLine("Pay 40: " + card.PayForTrip(40)); // 75.5 ≥ 40 → True, balance 35.5
Console.WriteLine("Pay 40: " + card.PayForTrip(40)); // 35.5 < 40 → False
Console.WriteLine(card.GetInfo());
```

```
Pay 40: True
Pay 40: False
Guest has 35.5 shekels left.
```

ב-#C ערך בוליאני מודפס באות ראשונה גדולה: True / False. 💡

סעיף ב — השוואת שני כרטיסים

הקוד קולט שני כרטיסים ומציג את שם בעל הכרטיס בעל היתרה הגבוהה; אם היתרות זהות מוצגת הודעה מתאימה:

```
Console.Write("Name 1: "); string n1 = Console.ReadLine();
Console.Write("Balance 1: "); double b1 = double.Parse(Console.ReadLine());
TravelCard c1 = new TravelCard(n1, b1);

Console.Write("Name 2: "); string n2 = Console.ReadLine();
Console.Write("Balance 2: "); double b2 = double.Parse(Console.ReadLine());
TravelCard c2 = new TravelCard(n2, b2);

if (c1.GetBalance() > c2.GetBalance())
    Console.WriteLine(c1.GetOwnerName());
else if (c2.GetBalance() > c1.GetBalance())
    Console.WriteLine(c2.GetOwnerName());
else
    Console.WriteLine("Both cards have the same balance.");
```

סעיף ג — חוספת מונה נסיעות

מוסיפים תכונה חדשה tripCount, מעדכנים את PayForTrip שתספור כל נסיעה מוצלחת, ואת GetInfo שתחזיר גם את מספר הנסיעות:

```
private int tripCount = 0; // תכונה חדשה

public bool PayForTrip(double cost)
{
    if (this.balance >= cost)
    {
        this.balance = this.balance - cost;
        this.tripCount++; // ספירת נסיעה מוצלחת
        return true;
    }
    return false;
}

public string GetInfo()
{
    return ownerName + " has " + this.balance +
        " shekels left, " + this.tripCount + " trips made.";
}
```

שאלה 8 (#C) — אפליקציית הצבעה לשירים

נתונים: 50 שירים ממוספרים 1–50 · המשתמשים מצביעים לשיר האהוב

סעיף א — קליטת ההצבעות למערך מונים

משתמשים במערך מונים בגודל 51 (אינדקסים 1–50). הקליטה נמשכת כל עוד המספר בטווח 1–50, ונעצרת כשנקלט מספר מחוץ לטווח:

```
int[] votes = new int[51];           // אינדקסים 1..50
int song = int.Parse(Console.ReadLine());
while (song >= 1 && song <= 50)
{
    votes[song]++;
    song = int.Parse(Console.ReadLine());
}
```

סעיף ב — השיר עם מספר הקולות הגבוה ביותר

```
int best = 1;
for (int i = 2; i <= 50; i++)
    if (votes[i] > votes[best])
        best = i;
Console.WriteLine("Most voted song: " + best);
```

סעיף ג — השירים שקיבלו פחות מהממוצע

```
int total = 0;
for (int i = 1; i <= 50; i++) total += votes[i];
double avg = total / 50.0;
Console.WriteLine("Average = " + avg);

for (int i = 1; i <= 50; i++)
    if (votes[i] < avg)
        Console.WriteLine(i);
```


שאלה 9 (Python) — ספירת מספרים וסכום ספרות

מקבילה לשאלה 6: אותה לוגיקה בדיוק, בתחביר Python

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

התנאי `lst[i] % 10 == lst[i] // 100` זהה בפעולתו לגרסת C — ספרת המאות מול ספרת האחדות. הפלט זהה:

```
2
4
6
```

סעיף ב — דוגמאות למערכים

```
arr = [123, 456, 780]      # count_numbers ⇒ 0
arr = [101, 202, 303, 404, 505]  # count_numbers ⇒ 5
```

סעיף ג — הפעולה `sum_of_digits`

```
def sum_of_digits(num):
    return num // 100 + (num // 10) % 10 + num % 10
```

שאלה 10 (Python) — המחלקה TravelCard

מקבילה לשאלה 7: אותה מחלקה בתחביר Python

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

```
card = TravelCard("Guest", 55.5)
card.top_up(20)                      # balance 55.5 → 75.5
print("Pay 40:", card.pay_for_trip(40)) # True, balance 35.5
print("Pay 40:", card.pay_for_trip(40)) # False (35.5 < 40)
print(card.get_info())
```

```
Pay 40: True
Pay 40: False
Guest has 35.5 shekels left.
```

סעיף ב — השוואת שני כרטיסים

```
n1 = input("Name 1: ");    b1 = float(input("Balance 1: "))
c1 = TravelCard(n1, b1)
n2 = input("Name 2: ");    b2 = float(input("Balance 2: "))
c2 = TravelCard(n2, b2)

if c1.balance > c2.balance:
    print(c1.owner_name)
elif c2.balance > c1.balance:
    print(c2.owner_name)
else:
    print("Both cards have the same balance.")
```

סעיף ג — הוספת מונה נסיעות

```

def __init__(self, owner_name, balance):
    self.owner_name = owner_name
    self.balance = balance
    self.trip_count = 0                # תכונה חדשה

def pay_for_trip(self, cost):
    if self.balance >= cost:
        self.balance = self.balance - cost
        self.trip_count += 1          # ספירת נסיעה מוצלחת
        return True
    return False

def get_info(self):
    return self.owner_name + " has " + str(self.balance) + \
           " shekels left, " + str(self.trip_count) + " trips made."

```

שאלה 11 (Python) — אפליקציית הצבעה לשירים

מקבילה לשאלה 8: אותה אפליקציה בתחביר Python

סעיף א — קליטת ההצבעות למערך מונים

```
votes = [0] * 51          # אינדקסים 1..50
song = int(input())
while 1 <= song <= 50:
    votes[song] += 1
    song = int(input())
```

סעיף ב — השיר עם מספר הקולות הגבוה ביותר

```
best = 1
for i in range(2, 51):
    if votes[i] > votes[best]:
        best = i
print("Most voted song:", best)
```

סעיף ג — השירים שקיבלו פחות מהממוצע

```
avg = sum(votes[1:51]) / 50
print("Average =", avg)
for i in range(1, 51):
    if votes[i] < avg:
        print(i)
```