

הצעה לפתרון מלא — אלקטרוניקה ומחשבים

בגרות · קיץ תשע"ו 2016 · שאלון 815381 · שאלות 1–14

✦ בנוי על ידי פהד גאנם ✦

על המסמך:  הצעה לפתרון מלא לשאלון 815381 — אלקטרוניקה ומחשבים, קיץ תשע"ו 2016. בשאלון ארבע-עשרה שאלות בשלושה פרקים, ועל הנבחן לענות על חמש שאלות — אחת לפחות מכל פרק. פרק ראשון (1–4) מבוא להנדסת אלקטרוניקה; פרק שני (5–6) תורת החשמל; פרק שלישי (7–14) מבוא להנדסת מחשבים — תכנות בשפת C ובסביבת Arduino UNO. כאן פתורות כל ארבע-עשרה השאלות, לנוחות הלימוד.

שאלה 1 — מגבר טרנזיסטור במוצא משותף (CE)

נתונים: $V_{CC}=12V$ · $R_C=3k\Omega$ · $R_L=6k\Omega$ · $V_{BE}=0.7V$ · $V_{CE}=6V$ · $h_{ie}=1k\Omega$ · $\beta=h_{fe}=100$

מבנה המעגל: הזנה קבועה של הבסיס דרך R_B (ללא מחלק מתח וללא נגד אמיטר). קבל הצימוד C_1 מכניס את אות המבוא V_i אל הבסיס, וקבל C_2 מעביר את אות המוצא אל העומס R_L . נקודת העבודה נתונה על-ידי $V_{CE}=6V$.

סעיף א — הזרמים I_C ו- I_B

מלולאת המוצא (קולקטור-פולט) מקבלים את זרם הקולקטור מתוך נקודת העבודה הנתונה, ומתוכו את זרם הבסיס:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C \rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{12 - 6}{3000} = 2 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2 \text{ mA}}{100} = 20 \text{ } \mu\text{A}$$

$$I_C = 2 \text{ mA} ; I_B = 20 \text{ } \mu\text{A}$$

סעיף ב — ערך הנגד R_B

בלולאת הבסיס: $V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE}$. מכאן:

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{12 - 0.7}{20 \times 10^{-6}} = 565000 \text{ } \Omega$$

$$R_B = 565 \text{ k}\Omega$$

סעיף ג — דגם התמורה לחילופין (מעגל שקול AC)

בזרם חילופין מקור ההזנה V_{CC} מהווה אדמה, וקבלי הצימוד C_1, C_2 מהווים קצר. לכן: אות המבוא V_i מגיע ישירות אל הבסיס; המעבר בסיס-פולט מיוצג בהתנגדות $h_{ie} = 1k\Omega$; במוצא פועל מקור זרם תלוי $\beta \cdot i_b$ הזורם בקולקטור; העומס לחילופין הוא $R_C \parallel R_L$; והנגד R_B מחובר בין הבסיס לאדמת החילופין. הפולט מוארק (אין נגד אמיתר), ולכן זהו מגבר מהפך במוצא משותף.

סעיף ד — הגבר המתח A_V

$$R_C \parallel R_L = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{3000 \times 6000}{9000} = 2000 \Omega$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\beta \cdot (R_C \parallel R_L)}{h_{ie}} = - \frac{100 \times 2000}{1000} = -200$$

$$A_V = -200 \quad (A_V| = 200|, \text{מהפך})$$

שאלה 2 — רשת RC מגזרת (מעביר-גבוהים) עם אות מלבני

נתונים: $C=2\mu F$ (בטור) $R=1k\Omega$ (על הנגד) V_{in} = פעימה 6V בין $t=0$ ל- $t=3ms$

אופי הרשת: הקבל בטור והנגד לאדמה — זו רשת מגזרת (מעבירת תדרים גבוהים). בקפיצת מתח פתאומית הקבל אינו יכול לשנות מטענו מיידית, ולכן כל הקפיצה נופלת על הנגד ומופיעה במוצא, ואז דועכת מעריכית לפי קבוע הזמן $\tau = RC$.

סעיף א — צורת מתח המוצא $V_o(t)$

$$\tau = R \cdot C = 1000 \times 2 \times 10^{-6} = 2 \text{ ms}$$

ב- $t=0$ מתח המבוא קופץ מ-0 ל-6V. הקבל ריק, ולכן המוצא קופץ ל-6V ודועך: $V_o(t) = 6 \cdot e^{-t/\tau}$ בקטע $t < 3ms$. רגע לפני $t=3ms$ המתח הוא $1.34V = 6 \cdot e^{-1.5}$. ב- $t=3ms$ המבוא צונח מ-6V ל-0 (קפיצה של -6V), ולכן המוצא צונח ל- $-4.66V = 1.34 - 6$ ומשם דועך חזרה אל 0: $V_o(t) = -4.66 \cdot e^{-(t-3ms)/\tau}$. בסרטוט: קוצים חיוביים דועכים מ-6V (ב- $t=0$) וקוצים שליליים דועכים מ- $-4.66V$ (ב- $t=3ms$), כל אחד עם קבוע זמן 2ms.

סעיף ב — מתח המוצא בשני זמנים

$$1) \quad t = 2 \text{ ms} : V_o = 6 \cdot e^{-2/2} = 6 \cdot e^{-1} = 6 \times 0.368 = 2.21 \text{ V}$$

$$2) \quad t = 4 \text{ ms} : V_o = -4.66 \cdot e^{-(4-3)/2} = -4.66 \cdot e^{-0.5} = -4.66 \times 0.607 = -2.83 \text{ V}$$

$$V_o(2ms) \approx +2.21 \text{ V} ; V_o(4ms) \approx -2.83 \text{ V}$$

שאלה 3 — משווה עם תלוי-אור (LDR) המפעיל LED

נתונים: $V_{CC}=6V$ · $R=10k\Omega$ (בטור עם LDR, צומת B) · $R_1=40k\Omega$ · $R_2=20k\Omega$ (צומת A) · $V_{LED}=1.5V$ · משווה אידיאלי

מבנה המעגל: ה-LDR והנגד R יוצרים מחלק מתח שמוצאו בצומת B, המחובר לכניסה החיובית (+) של המשווה. הנגדים R_1 ו- R_2 יוצרים מחלק מתח ייחוס קבוע בצומת A, המחובר לכניסה השלילית (-). ככל שההארה חזקה יותר, התנגדות ה-LDR קטנה ומתח B עולה.

סעיף א — תחום מתח B שעבורו ה-LED דולק

תחילה מתח הייחוס בצומת A (מחלק מתח בין R_1 ל- R_2):

$$V_A = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6 \cdot \frac{20}{40 + 20} = 2 \text{ V}$$

ה-LED דולק כאשר מוצא המשווה גבוה, כלומר כאשר $V_B > V_A \rightarrow V_+ > V_-$

$V_B > 2 \text{ V}$ ה-LED דולק כאשר

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

מתח B נקבע ממחלק המתח של ה-LDR עם R. נמצא את התנגדות ה-LDR שבה $V_B=2V$ (סף ההדלקה):

$$V_B = V_{CC} \cdot \frac{R}{R + R_{LDR}} \rightarrow 2 = 6 \cdot \frac{10k}{10k + R_{LDR}} \rightarrow R_{LDR} = 20 \text{ k}\Omega$$

מהאיור ב' (עקומת ההתנגדות מול ההארה): התנגדות של $20k\Omega$ מתקבלת בהארה של כ-6 lux. ככל שההארה עולה מעל 6 lux, התנגדות ה-LDR קטנה מ- $20k\Omega$, מתח B עולה מעל 2V, וה-LED נדלק.

$R_{LDR} < 20k\Omega$ (6 lux ה-LED דולק כאשר ההארה גדולה מ-)

סעיף ג — התנגדות הנגד R_3

כאשר ה-LED דולק המשווה נמצא ברוויה חיובית, ומוצאו $R_3 \approx V_{CC} = 6V$. מגביל את זרם ה-LED ל-10mA:

$$R_3 = \frac{V_o - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{6 - 1.5}{0.010} = 450 \, \Omega$$

$$R_3 = 450 \, \Omega$$

שאלה 4 — שני מגברי שרת בטור (מגבר הפרש ומגבר לא-מהפך)

נתונים: $\pm 12V$ ספק $\cdot V_1=1V \cdot V_2=0.5V \cdot A_1: R_1=1k\Omega, R_2=5k\Omega \cdot A_2: R_3=10k\Omega, R_4=20k\Omega$

מבנה המעגל:  A_1 הוא מגבר הפרש — כניסתו החיובית מוזנת מ- V_1 , וכניסתו השלילית (צומת B) מוזנת מ- V_2 דרך R_1 , עם משוב A_2 . R_2 הוא מגבר לא-מהפך — כניסתו החיובית מוזנת מ- V_{o1} , ורשת R_3 (לאדמה) ו- R_4 (משוב) קובעת את ההגבר.

סעיף א — הזרם דרך R_1 וכיוונו

הכניסה החיובית של A_1 במתח $V_1=1V$, ולפי עקרון הקצר המדומה גם הכניסה השלילית (צומת B) נמצאת ב- $1V$. הזרם דרך R_1 מוגדר מצומת A (מתח $V_2=0.5V$) אל צומת B:

$$I(R_1) = \frac{V_A - V_B}{R_1} = \frac{0.5 - 1}{1000} = -0.5 \text{ mA}$$

הסימן השלילי מציין שהזרם בפועל זורם מצומת B אל צומת A, בגודל 0.5mA .

$$I(R_1) = 0.5 \text{ mA (בכיוון מ-B אל A)}$$

סעיף ב — מתח המוצא של המגבר הראשון V_{o1}

אין זרם לתוך כניסות המגבר, ולכן הזרם דרך R_1 ממשיך דרך R_2 אל המוצא:

$$V_{o1} = V_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - V_2 \cdot \frac{R_2}{R_1} = 1 \times (1+5) - 0.5 \times 5 = 6 - 2.5 = 3.5 \text{ V}$$

$$V_{o1} = 3.5 \text{ V}$$

סעיף ג — מתח המוצא V_o

A_2 הוא מגבר לא-מהפך שכניסתו V_{o1} , ולכן:

$$V_o = V_{o1} \cdot \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) = 3.5 \times \left(1 + \frac{20}{10}\right) = 3.5 \times 3 = 10.5 \text{ V}$$

$$V_o = 10.5 \text{ V}$$

סעיף ד — מדידת הגבר המתח של מגבר A_2 (חלק ממוסגר)

מבקשים למדוד את הגבר המתח של קטע A_2 (מבוא V_{o1} , מוצא V_o) בעזרת ספק-כח כפול ושני מדי-מתח. אופן החיבור:

(1 חיבור המכשירים: מחברים את ספק-הכח הכפול אל הדקי ההזנה של $+12\text{V}$ — A_2 אל הדק החיובי, -12V אל הדק השלילי, והצומת המשותף (0V) לאדמת המעגל. מד-מתח 1 מחובר בין הדק המבוא V_{o1} לאדמה (הדק $+ V_{o1}$), ומד-מתח 2 מחובר בין הדק המוצא V_o לאדמה (הדק $+ V_o$).

(2 חישוב ההגבר: הגבר המתח הוא היחס בין קריאת מד-מתח המוצא לקריאת מד-מתח המבוא. לפי הנתונים היחס הוא:

$$A_{V(A2)} = \frac{\text{קריאת מד-מתח 2 } (V_o)}{\text{קריאת מד-מתח 1 } (V_{o1})} = \frac{10.5}{3.5} = 3$$

$$A_{V(A2)} = 3$$

פרק שני — תורת החשמל (שאלות 5-6) ⚡

שאלה 5 — מעגל RL טורי בזרם חילופין ומשקף-תנודות

נתונים: $L=100\text{mH}$ · $R=100\Omega$ · $\text{Time/div}=10\text{ms}$ · $\text{Volt/div}=5\text{V}$ · האות בערוץ A

קריאת המסך: מספירת המשבצות באיור ב' — משרעת האות היא 2 משבצות ומחזור אחד תופס 2 משבצות. עם הכיולים 5V/div ו- 10ms/div מתקבלים $V_{\max}=10\text{V}$ ו- $T=20\text{ms}$ (כלומר תדר רשת של 50Hz).

סעיף א — המשרעת $V_{\max}$ וזמן המחזור T

$$V_{\max} = 2 \text{ div} \times 5 \text{ V/div} = 10 \text{ V}$$

$$T = 2 \text{ div} \times 10 \text{ ms/div} = 20 \text{ ms}$$

$$V_{\max} = 10 \text{ V} ; T = 20 \text{ ms}$$

סעיף ב — המתח היעיל V_{eff} ותדר האות f

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{1.414} = 7.07 \text{ V}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Hz}$$

$$V_{\text{eff}} \approx 7.07 \text{ V} ; f = 50 \text{ Hz}$$

סעיף ג — ההיגב ההשראותי של הסליל X_L

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \times 50 \times 0.1 = 31.42 \Omega$$

$$X_L \approx 31.4 \, \Omega$$

סעיף ד — עכבת המעגל Z

בחיבור טורי של נגד וסליל: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{100^2 + 31.42^2} = \sqrt{10987} = 104.8 \, \Omega$$

$$Z \approx 104.8 \, \Omega$$

שאלה 6 — מעגל זרם ישר עם ענפים מקבילים

נתונים: $E=20V$ · $R_1=10\Omega$ · $R_2=20\Omega$ · $R_3=14\Omega$ · $R_4=16\Omega$ · $R_5=18\Omega$

מבנה המעגל: מהמקור E זרם הזרם דרך R_1 , מגיע לצומת העליון ומתפצל לשני ענפים מקבילים — R_2 לבדו, ומולו R_3+R_4 בטור — ואז חוזר דרך R_5 אל המקור. R_1 ו- R_5 בטור עם צירוף המקבילי.

סעיף א — ההתנגדות השקולה של המעגל

$$R_3 + R_4 = 14 + 16 = 30 \Omega$$

$$R_2 \parallel (R_3+R_4) = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = 12 \Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + 12 + R_5 = 10 + 12 + 18 = 40 \Omega$$

$$R_{eq} = 40 \Omega$$

סעיף ב — הזרם הכללי

$$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ A}$$

$$I = 0.5 \text{ A}$$

סעיף ג — הזרם דרך R_2

המתח על הצירוף המקבילי: $U = I \cdot (R_2 \parallel (R_3+R_4)) = 0.5 \times 12 = 6V$. הזרם דרך R_2 :

$$I(R_2) = \frac{U}{R_2} = \frac{6}{20} = 0.3 \text{ A}$$

$$I(R_2) = 0.3 \text{ A}$$

$$P(R_2) = I(R_2)^2 \cdot R_2 = 0.3^2 \times 20 = 1.8 \text{ W}$$

$$P(R_2) = 1.8 \text{ W}$$

שאלה 7 (C) — מעבר על מערך וספירה בתנאי

התכנית: מדפיסה את איברי המערך וסופרת כמה מהם בתחום $6 \div 2$

סעיף א — הסבר השורות 4, 6, 9, 10

שורה 4: הגדרה ואתחול של מערך שלמים בן 12 איברים בערכים הנתונים. **שורה 6:** הדפסת הכותרת `arr[12]=` (טקסט קבוע, ללא ירידת שורה). **שורה 9:** בכל סבב מדפיסה את האיבר הנוכחי `arr[i]` ואחריו פסיק. **שורה 10:** תנאי הבדק אם האיבר גדול מ-1 וגם קטן מ-7 (כלומר אחד הערכים 2,3,4,5,6).

סעיף ב — מה מבצעת התכנית

התכנית מדפיסה בשורה אחת את כל שנים-עשר איברי המערך מופרדים בפסיקים, ובמקביל סופרת במונה `c` כמה מהאיברים נמצאים בתחום הפתוח `1 < arr[i] < 7`. בסיום היא מדפיסה בשורה חדשה את ערך המונה.

סעיף ג — פלט התכנית

האיברים שבתחום: 3, 4, 2, 4, 4 — סך הכול 4 איברים:

```
arr[12]=3,4,7,1,-1,2,-4,7,4,7,0,-9,  
c=4
```

סעיף ד — קליטת המערך מהמשתמש

מסירים את האתחול הקבוע בשורה 4, ומוסיפים בתחילת התכנית לולאת קליטה שתמלא את המערך מהמשתמש:

```
int arr[12];  
int i, c = 0;  
for (i = 0 ; i < 12 ; i++)  
    scanf("%d", &arr[i]); /* קליטת 12 המספרים מהמשתמש */
```

שאלה 8 (C) — מפתח-קלט ומפתח-פלט עם לחצן ונוריות

נתונים: מפתח-קלט 200H (לחצן S אל D_7) · מפתח-פלט 201H ($LED_0 \div LED_7$ אל $D_7 \div D_0$)

קריאת הלחצן: הלחצן S מחבר את D_7 אל 5V דרך נגד-מטה (pull-down). כאשר S סגור — D_7 מקבל 1 (5V); כאשר S פתוח — הנגד מושך את D_7 ל-0. התכנית קוראת את מפתח-הקלט ובודקת את סיבית 7 (מסכה 0x80).

התכנית בשפת C (לולאה אינסופית)

```
#include <stdio.h>
short _stdcall Inp32(short PortAddress);
void _stdcall Out32(short PortAddress, short data);

void main()
{
    short in;
    while (1)                                /* לולאה אינסופית */
    {
        in = Inp32(0x200);                    /* קריאת מפתח-הקלט */
        if (in & 0x80)                         /* D7 = 1 : הלחצן סגור */
            Out32(0x201, 0x0F);               /* מכבה היתר LED0..LED3, מדליק LED4..LED7 */
        else                                   /* D7 = 0 : הלחצן פתוח */
            Out32(0x201, 0xF0);               /* מכבה היתר LED4..LED7, מדליק LED0..LED3 */
    }
}
```

כאשר הלחצן סגור נכתב הערך 1111 0000 (0x0F) — נדלקות הנוריות המחוברות ל- $D_3 \div D_0$. כאשר הלחצן פתוח נכתב 1111 0000 (0xF0) — נדלקות הנוריות המחוברות ל- $D_7 \div D_4$.

שאלה 9 (C) — קריאת מספר ממתגים והבהוב נורית

נתונים: מפתח-קלט 300H (מתגים $S_0 \div S_2$ אל $D_0 \div D_2$) · מפתח-פלט 301H (LED₀ אל D_0)

קידוד המתגים: כל מתג מחובר עם נגד-מעלה (pull-up) אל 5V ואל האדמה. מתג **סגור** נותן 0, מתג **פתוח** נותן 1. בדוגמה שבשאלה: S_0 סגור ($D_0=0$), S_1 פתוח ($D_1=1$), S_2 סגור ($D_2=0$) — הצירוף 010 נקרא כמספר $N=2$, ולכן הנורית מהבהבת פעמיים.

התכנית בשפת C

```
#include <stdio.h>
#include <windows.h>          /* Sleep עבור */
short _stdcall Inp32(short PortAddress);
void _stdcall Out32(short PortAddress, short data);

void main()
{
    short n, i;
    n = Inp32(0x300) & 0x07;    /* קריאת מספר בן 3 סיביות (7..0) */
    for (i = 0 ; i < n ; i++)    /* פעמים N הבהוב */
    {
        Out32(0x301, 1);        /* (D0 = 1) הנורית נדלקת */
        Sleep(1000);            /* השהיה של שנייה */
        Out32(0x301, 0);        /* הנורית נכבית */
        Sleep(1000);            /* השהיה של שנייה */
    }
}
```

התכנית קוראת מספר בן שלוש סיביות ממפתח-הקלט (מסכה 0x07), ומהבהבת את הנורית שעל D_0 של מפתח-הפלט N פעמים — בכל הבהוב הנורית דולקת שנייה וכבה שנייה.

שאלה 10 (C) — ספירת זוגיים ואי-זוגיים והדלקת נורית מתאימה

נתונים: $arr = \{7, 3, 2, 5, 7, 3, 4, 6, 9, 8\}$ · מפתח-פלט 301H (L_0, L_1, L_2) אל (D_0, D_1, D_2)

סעיף א — הסבר השורות 5, 9, 10, 15

שורה 5: הגדרה ואתחול של מערך שלמים בן 10 איברים. **שורה 9:** תנאי הבדק אם האיבר הנוכחי זוגי (שארית 0 בחלוקה ב-2). **שורה 10:** הגדלת המונה $sum1$ — מונה האיברים הזוגיים. **שורה 15:** כתיבת הערך 1 אל מפתח-הפלט בכתובת $0x301$, כלומר $D_0=1$ והנורית L_0 נדלקת (מתבצעת רק כאשר $sum1 > sum2$).

סעיף ב — איזו נורית תידלק בסיום?

נספור: זוגיים במערך הם $2, 4, 6, 8 \rightarrow sum1=4$. אי-זוגיים הם $7, 3, 5, 7, 3, 9 \rightarrow sum2=6$. מאחר ש- $sum2 > sum1$, מתבצעת $Out32(0x301, 2)$ — הערך 010 מדליק את D_1 , כלומר את L_1 .

L_1 בסיום נדלקת הנורית

סעיף ג — ערכי מערך שיגרמו ל- L_2 להידלק

L_2 (D_2) נדלקת רק כשמתבצע הענף `else` — כלומר כאשר $sum1 = sum2$ (מספר שווה של זוגיים ואי-זוגיים, 5 ו-5). לדוגמה:

```
int arr[10] = {2, 4, 6, 8, 10, 1, 3, 5, 7, 9};  
/* נדלקת  $L_2$  →  $Out32(0x301, 4) \rightarrow sum1 == sum2 \rightarrow$  5 זוגיים ו-5 אי-זוגיים */
```

שאלה 11 (Arduino UNO) — פוטנציומטר המפעיל שתי נוריות

נתונים: פוטנציומטר אל A_0 (הדק 14) · LED אדומה בהדק 9 (PB_1) · LED צהובה בהדק 10 (PB_2) · A/D בן 10 סיביות

סעיף א — הסבר השורות 1, 4, 12, 15–16

שורה 1: `#define analogPin 0` — הגדרת הדק הכניסה האנלוגית A_0 . **שורה 4:** `int val=0` — משתנה לשמירת תוצאת ההמרה מ-A/D. **שורה 12:** `val=analogRead(analogPin)` — קריאת המתח ב- A_0 והמרתו למספר בתחום $0 \div 1023$. **שורות 15–16:** הדלקת הנורית האדומה (HIGH) וכיבוי הצהובה (LOW).

סעיף ב — אילו נוריות ידלקו בקצות הפוטנציומטר?

1 — הזחלן בקצה העליון: A_0 מקבל מתח מרבי ($\approx 5V$), הקריאה $512 \leq val \approx 1023 \rightarrow$ מתבצע הענף `else` → הנורית האדומה כבויה והצהובה דולקת. **נדלקת הנורית הצהובה.**

2 — הזחלן בקצה התחתון: A_0 מקבל מתח $\approx 0V$, הקריאה $0 \leq val \approx 512 \rightarrow$ מתבצע הענף `if` → הנורית האדומה דולקת והצהובה כבויה. **נדלקת הנורית האדומה.**

סעיף ג — פעולת קטע התכנית שבין השורות 5 ל-9

אלו שורות ה-`setup()`, המתבצעות פעם אחת בהפעלה. הן מגדירות את הדקי הנוריות ($LED_R=9$, $LED_Y=10$) כהדקי מוצא (OUTPUT) באמצעות `pinMode`, כדי שהמעבד יוכל לשלוט על מצבן.

סעיף ד — שינוי כך ששתי הנוריות ידלקו כאשר $A_0 > 4V$

מתח של 4V מתוך תחום 5V מתאים לקריאה $818 = \frac{4}{5} \times 1023$. נשנה את גוף הלולאה:

```
void loop()
{
    val = analogRead(analogPin);
    if (val > 818)                /* 4V מעל */
    {
        digitalWrite(LED_R, HIGH);
        digitalWrite(LED_Y, HIGH); /* שתי הנוריות דולקות */
    }
    else                          /* 4V או פחות */
    {
        digitalWrite(LED_R, LOW);
        digitalWrite(LED_Y, LOW); /* שתי הנוריות כבויות */
    }
}
```

שאלה 12 (Arduino UNO) — מפסק השולט בשמונה נוריות דרך PORTD

נתונים: $PD_0 \div PD_7$ אל שמונה נוריות ($LED_0 \div LED_7$) · מפסק SW אל PB_1 (הדק 9) עם נגד-מעלה $10k\Omega$

סעיף א — הסבר השורות 1, 4, 5, 9, 11

שורה 1: `#define SW 9` — המפסק מחובר להדק 9. **שורה 4:** `pinMode(SW, INPUT)` — הגדרת הדק 9 ככניסה. **שורה 5:** `DDRD = B11111111` — הגדרת כל שמונת הדקי $PORTD$ ($PD_0 \div PD_7$) כמוצאים. **שורה 9:** `if(digitalRead(SW)==0)` — בדיקה אם המפסק סגור (בסגירה ההדק מוארק ונקרא 0; בפתיחה הנגד-מעלה נותן 1). **שורה 11:** `PORTD = B11110000` — מדליקה את הנוריות העליונות $LED_4 \div LED_7$ ומכבה את התחתונות.

סעיף ב — פעולת התכנית במצבי המפסק

המפסק פתוח: `digitalRead(SW)=1` → מתבצע ה-`else` → `PORTD=B11111111` — כל שמונה הנוריות דולקות ברציפות.

המפסק סגור: `digitalRead(SW)=0` → הנוריות מתחלפות במחזוריות — חצי שנייה דולקות $LED_4 \div LED_7$ (11110000), חצי שנייה דולקות $LED_0 \div LED_3$ (00001111) — נוצר אפקט הבהוב מתחלף בין שתי הקבוצות.

סעיף ג — השפעת השינוי בשורות 11 ו-13

אם משנים את שורה 11 ל-`PORTD=B11111111` ואת שורה 13 ל-`PORTD=B00000000`, אזי כאשר המפסק סגור כל שמונה הנוריות דולקות יחד חצי שנייה וכבות יחד חצי שנייה — **כל הנוריות מהבהבות יחד** בתדר של הבהוב אחד לשנייה (במקום התחלפות בין שתי הקבוצות).

שאלה 13 (Arduino UNO) — חייושן טמפרטורה LM35 המדליק נוריות לפי סף

נתונים: LM35 אל A₄ (הדק 18), L₁, L₂, L₃ · 10mV/°C בהדקים 9,10,11 (PB₁, PB₂, PB₃) · A/D · בן 10 סיביות

חישוב הטמפרטורה: ההמרה בת 10 סיביות בייחוס 5V, כך שכל יחידה = $5000/1024 \approx 4.88\text{mV}$. מכיוון שהחייושן נותן 10mV לכל מעלה, הטמפרטורה מתקבלת מ-10-
$$T = \text{analogRead} \times (5000/1024) / 10$$

$$= \text{analogRead} \times 0.488 \text{ } ^\circ\text{C}$$

התכנית בשפת C לסביבת Arduino UNO

```

#define L1 9
#define L2 10
#define L3 11
#define sensor 4          /* A4 */
int  val;
float temp;

void setup()
{
    pinMode(L1, OUTPUT);
    pinMode(L2, OUTPUT);
    pinMode(L3, OUTPUT);
}

void loop()
{
    val = analogRead(sensor);          /* קריאת המתח בהדק A4 */
    temp = val * 5000.0 / 1024 / 10;   /* חישוב הטמפרטורה במעלות צלזיוס */

    if (temp < 20)                     /* L1 קטנה מ-20: רק L1 */
    {
        digitalWrite(L1, HIGH);
        digitalWrite(L2, LOW);
        digitalWrite(L3, LOW);
    }
    else if (temp < 40)                 /* L1 ו-L2: בין 20 ל-40 */
    {
        digitalWrite(L1, HIGH);
        digitalWrite(L2, HIGH);
        digitalWrite(L3, LOW);
    }
    else                               /* L1, L2, L3: ומעלה 40 */
    {
        digitalWrite(L1, HIGH);
        digitalWrite(L2, HIGH);
        digitalWrite(L3, HIGH);
    }
}

```

שאלה 14 (Arduino UNO) — קליטת תו מהמחשב והדלקת נורית לזמן קבוע

נתונים: L_1, L_2, L_3 בהדקים 9,10,11 (PB_1, PB_2, PB_3) · קליטת תו N מהמקלדת בעזרת `Serial.read`

תקשורת טורית: יש לאתחל את התקשורת ב-`Serial.begin`, ולבדוק ב-`Serial.available()` שהגיע תו לפני קריאתו ב-`Serial.read()`. כל תו מדליק נורית אחרת למשך זמן שונה, וכל תו אחר מכבה את הכול.

התכנית בשפת C לסביבת Arduino UNO

```

#define L1 9
#define L2 10
#define L3 11
char N;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);          /* אתחול התקשורת הטורית */
    pinMode(L1, OUTPUT);
    pinMode(L2, OUTPUT);
    pinMode(L3, OUTPUT);
}

void loop()
{
    if (Serial.available() > 0) /* קליטה מתמשכת של תו מהמחשב */
    {
        N = Serial.read();
        if (N == 'A')           /* L1 למשך שנייה אחת */
        {
            digitalWrite(L1, HIGH);
            delay(1000);
            digitalWrite(L1, LOW);
        }
        else if (N == 'B')      /* L2 למשך שתי שניות */
        {
            digitalWrite(L2, HIGH);
            delay(2000);
            digitalWrite(L2, LOW);
        }
        else if (N == 'C')      /* L3 למשך ארבע שניות */
        {
            digitalWrite(L3, HIGH);
            delay(4000);
            digitalWrite(L3, LOW);
        }
        else                    /* כל תו אחר: הכול כבוי */
        {
            digitalWrite(L1, LOW);
            digitalWrite(L2, LOW);
            digitalWrite(L3, LOW);
        }
    }
}

```