

הצעה לפתרון מלא — אלקטרוניקה ומחשבים

בגרות · קיץ תש"ף 2020 · שאלון 815381 · שאלות 1-8

✦ בנוי על ידי פהד גאנץ ✦

על המסמך: הצעה לפתרון מלא לשאלון 815381 — אלקטרוניקה ומחשבים, קיץ תש"ף 2020. בשאלון שמונה 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 (6-8) תכנות בשפת #C. כאן פתורות כל השאלות, לנוחות הלימוד.

שאלה 1 — מעגל עם שני מקורות ושני מדי-זרם

נתונים: $E_1 = 9V$, $R_1 = 3\Omega$, $E_2 = 4V$, $I(A_1) = 2A$, $I(A_2) = 1A$

קריאת המעגל: מדי-הזרם A_1 ו- A_2 אידיאליים (התנגדות אפס). מדי A_1 מודד את הזרם בענף השמאלי (E_1-R_1) ומראה $2A$ הנכנסים לצומת A; מדי A_2 מודד את הזרם בענף הימני (R_3-E_2) ומראה $1A$ היוצא מ-A. הדק הפלוס של E_1 פונה כלפי מעלה (אל A), והדק הפלוס של E_2 פונה כלפי מטה (אל B).

סעיף א — המתח בין A ל-B

נסמן את הפוטנציאל בצומת B כאפס. בענף השמאלי המקור E_1 מעלה את הפוטנציאל ב- $9V$ מעל B, והמתח על R_1 נובע מהזרם שמד A_1 מודד:

$$U_{AB} = V_A - V_B = E_1 - I(A_1) \cdot R_1 = 9 - 2 \times 3$$

$$U_{AB} = 3 \text{ V}$$

סעיף ב — ההתנגדות R_2

לפי חוק הזרמים של קירכהוף בצומת A, הזרם הנכנס (A_1) שווה לסכום הזרם היוצא לענף הימני (A_2) והזרם היורד דרך R_2 אל B:

$$I(R_2) = I(A_1) - I(A_2) = 2 - 1 = 1 \text{ A}$$

$$R_2 = \frac{U_{AB}}{I(R_2)} = \frac{3}{1}$$

$$R_2 = 3 \Omega$$

סעיף ג — ההתנגדות R_3

בענף הימני זורם הזרם $I(A_2)=1A$ מ-A אל B דרך R_3 ואז דרך E_2 . מכיוון שהדק הפלוס של E_2 פונה אל B, המקור E_2 מוסיף למתח שעל R_3 . נכתוב חוק המתחים על הענף מ-A ל-B:

$$U_{AB} = I(A_2) \cdot R_3 - E_2 \rightarrow 3 = 1 \cdot R_3 - 4$$

$$R_3 = \frac{U_{AB} + E_2}{I(A_2)} = \frac{3 + 4}{1}$$

$$R_3 = 7 \Omega$$

שאלה 2 — מעגל RL טורי בזרם חילופין

נתונים: $v(t) = 25\sqrt{2}\sin(1000t)$ V · (יעיל) $L = 30$ mH · $I = 0.5$ A

מצורת המקור: המתח היעיל הוא $U = 25$ V, והתדר הזוויתי $\omega = 1000$ rad/s. בחיבור טורי הזרם משותף לנגד ולסליל.

סעיף א — היגב הסליל X_L

$$X_L = \omega \cdot L = 1000 \times 0.03$$

$$X_L = 30 \, \Omega$$

סעיף ב — עכבת המעגל Z

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{25}{0.5}$$

$$Z = 50 \, \Omega$$

סעיף ג — ההתנגדות R

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

$$R = \sqrt{Z^2 - X_L^2} = \sqrt{50^2 - 30^2} = \sqrt{1600}$$

$$R = 40 \, \Omega$$

סעיף ד — זווית הפאזה בין מתח המקור לזרם

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{30}{40}\right) = 36.87^\circ$$

המעגל השראי, ולכן הזרם מפגר אחרי המתח בזווית 36.87° .

$$\phi \approx 36.87^\circ \text{ (הזרם מפגר אחרי המתח)}$$

סעיף ה — דיאגרמת מחוגים של העכבה Z

בדיאגרמת העכבה מציירים את הרכיבים כמחוגים במישור המרוכב: R על הציר האופקי (הממשי), X_L אנכי כלפי מעלה (הסליל מקדים), והעכבה Z היא הסכום הווקטורי — היתר של המשולש ישר-הזווית:

$$R = 40 \, \Omega \leftrightarrow \text{(אופקי)}$$

$$X_L = 30 \, \Omega \uparrow \text{(אנכי כלפי מעלה)}$$

$$Z = 50 \, \Omega \text{ בזווית } 36.87^\circ \text{ מעל הציר האופקי}$$

משולש עכבה: $R=40\Omega$ אופקי, $X_L=30\Omega$ אנכי, $Z=50\Omega$ בזווית 36.87°

שאלה 3 — מגבר טרנזיסטור במוצא משותף (CE)

נתונים: $V_{BE}=0.7V$ · $\beta=h_{fe}=100$ · $h_{ie}=1k\Omega$ · $V_{CC}=20V$ · $R_B=200k\Omega$

משקף התנודות: CH_1 : 50mV/div · CH_2 : 2V/div · Time/div = 0.1ms

מבנה המעגל: מגבר טרנזיסטור במוצא משותף — האמיטר מוארק ישירות (ללא נגד אמיטר). המבוא V_{in} מגיע לבסיס דרך C_1 , והמוצא V_o נלקח מהקולקטור דרך C_2 . ערוץ CH_1 מציג את מתח המבוא (משרעת קטנה) ו- CH_2 את מתח המוצא (משרעת גדולה).

סעיף א — הגבר המתח A_v מן המשקף

מאמור ב' קוראים את המשרעות: אות CH_1 (המבוא) בעל משרעת של תא אחד, ואות CH_2 (המוצא) בעל משרעת של שני תאים; שני האותות בפאזה הפוכה (180°) — סימן היכר של מגבר מוצא-משותף (מגבר מהפך).

$$V_{i(max)} = 1 \text{ תא} \times 50 \text{ mV/div} = 50 \text{ mV}$$

$$V_{o(max)} = 2 \text{ תא} \times 2 \text{ V/div} = 4 \text{ V}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{4}{0.05}$$

$$A_v = -80 \text{ (מהפך, } |A_v| = 80 \text{)}$$

סעיף ב — דגם חילופין (מעגל תמורה)

בזרם חילופין כל הקבלים מהווים קצר: מתח המבוא V_i מגיע ישירות אל הבסיס דרך C_1 ; המעבר בסיס-אמיטר מיוצג בהתנגדות $h_{ie} = 1k\Omega$; במוצא פועל מקור זרם תלוי $\beta \cdot i_b$ הזורם בקולקטור; העומס בקולקטור הוא R_C (אין נגד עומס — משקף התנודות בעל התנגדות גבוהה מאוד); האמיטר מוארק, ו- R_B מחובר בין הבסיס לאדמת החילופין.

סעיף ג — ההתנגדות R_C

במגבר מוצא-משותף עם אמיטר מוארק, הגבר המתח הוא $A_v = -\beta \cdot R_C / h_{ie}$. נחליף את R_C מגודל ההגבר שמצאנו:

$$|A_v| = \frac{\beta \cdot R_C}{h_{ie}} \rightarrow R_C = \frac{|A_v| \cdot h_{ie}}{\beta} = \frac{80 \times 1000}{100}$$

$$R_C = 800 \, \Omega$$

סעיף ד – נקודת העבודה של הטרנזיסטור

מהזנה קבועה דרך R_B (אמיטר מוארק במצב מנוחה): נמצא את זרם הבסיס, ומתוכו את זרם הקולקטור ואת V_{CE} :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20 - 0.7}{200000} = 96.5 \, \mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \times 96.5 \, \mu A = 9.65 \, mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 20 - 9.65m \times 800 = 12.28 \, V$$

$$I_C \approx 9.65 \, mA ; V_{CE} \approx 12.28 \, V$$

שאלה 4 — שני מגברי שרת: מגבר הפרש ומשווה

נתונים: $\pm 12V$ · $V_1=1V$ · $V_2=4V$ · $R_1=5k\Omega$ · $R_2=10k\Omega$ · $R_3=10k\Omega$ · $R_4=20k\Omega$ · $R_5=10k\Omega$

מבנה המעגל: A_1 הוא מגבר לא-מהפך — כניסתו החיובית מוזנת ב- R_1 , V_1 בין הכניסה השלילית לאדמה ו- R_2 נגד המשוב. A_2 הוא מגבר עם משוב (R_4 מהמוצא אל הכניסה השלילית, צומת B), כניסתו החיובית מוזנת ב- V_2 , וצומת B מקבל זרמים מ- V_{o1} (דרך R_3) וממקור 2V (דרך R_5).

סעיף א — המתח בנקודה A ובנקודה B

המגברים אידיאליים ופועלים עם משוב שלילי, ולכן מתקיים קצר וירטואלי: מתח הכניסה השלילית שווה למתח הכניסה החיובית בכל מגבר.

$$V_A = V_1 = 1 \text{ V}$$

$$V_B = V_2 = 4 \text{ V}$$

$$V_A = 1 \text{ V} ; V_B = 4 \text{ V}$$

סעיף ב — מתח המוצא V_{o1}

A_1 הוא מגבר לא-מהפך:

$$V_{o1} = V_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1 \times \left(1 + \frac{10}{5} \right) = 1 \times 3$$

$$V_{o1} = 3 \text{ V}$$

סעיף ג — מתח המוצא V_o

נכתוב חוק הזרמים בצומת B (מתחו 4V), עם שלושה ענפים — R_3 מ- V_{o1} , ממקור 2V, ו- R_4 מהמוצא V_o :

$$\frac{V_{o1} - V_B}{R_3} + \frac{2 - V_B}{R_5} + \frac{V_o - V_B}{R_4} = 0$$

$$\frac{3 - 4}{10k} + \frac{2 - 4}{10k} + \frac{V_o - 4}{20k} = 0 \rightarrow \frac{V_o - 4}{20k} = \frac{3}{10k}$$

$$V_o - 4 = 6 \rightarrow V_o = 10 \text{ V } (\checkmark \text{ בתחום האספקה } \pm 12 \text{ V})$$

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

סעיף ד — מנתקים את R_4 ; מתח המוצא V_o

ללא R_4 אין למגבר A_2 משוב — הוא הופך למשווה. צומת B הופך למחלק מתח בין V_{o1} (דרך R_3) ומקור 2V (דרך R_5), וכניסת המשווה אינה מושכת זרם:

$$V_B = \frac{V_{o1}/R_3 + 2/R_5}{1/R_3 + 1/R_5} = \frac{3/10k + 2/10k}{1/10k + 1/10k} = 2.5 \text{ V}$$

כעת הכניסה החיובית $V_2 = 4V$ גבוהה מהכניסה השלילית $V_B = 2.5V$, ולכן המשווה נכנס לרוויה חיובית ומוצאו נצמד למתח האספקה החיובי:

$$V_o = +12 \text{ V}$$

שאלה 5 — מסנן מעביר גבוהים (HPF) ומשווה עם נורית LED

נתונים: $V_{CC}=6V$ · $C=1000\mu F$ · $R=10k\Omega$ · $R_1=10k\Omega$ · $R_2=10k\Omega$ · $R_3=1k\Omega$ מתח הקבל ב- $t=0$ הוא $0V$

מבנה המעגל: המסנן המעביר-גבוהים בנוי מקבל C בטור ונגד R לאדמה; מוצאו (צומת B) מחובר לכניסה החיובית של המשווה. הכניסה השלילית (צומת A) מחוברת למחלק המתח R_1-R_2 ומקבלת מתח ייחוס קבוע. במוצא, נורית LED בטור עם R_3 נדלקת כאשר מתח B עולה מעל מתח הייחוס A .

סעיף א — המתח בנקודות A ו- B ומתח המוצא (המפסק פתוח)

מתח הייחוס בצומת A נקבע ממחלק המתח ואינו תלוי במפסק:

$$V_A = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6 \times \frac{10}{20} = 3 \text{ V}$$

כשהמפסק פתוח הקבל ריק ואין נתיב הזנה למסנן; הנגד R מוריד את צומת B לאפס, ולכן $V_B = 0V$. מאחר $V_+ = V_B = 0 < V_- = V_A = 3V$, מוצא המשווה נמוך ($\approx 0V$) — **ה-LED כבוי**.

$$V_A = 3 \text{ V} ; V_B = 0 \text{ V} ; V_o \approx 0 \text{ V} \text{ (ה-LED כבוי)}$$

סעיף ב — סרטוט $V_B(t)$ ו- $V_o(t)$ לאחר סגירת המפסק ב- $t=0$

ברגע סגירת המפסק מוזרק מדרגת מתח של $6V$ אל הקבל הריק, ולכן מלוא ה- $6V$ מופיע רגעית על R — מתח B קופץ ל- $6V$ ודועך מעריכית לכיוון אפס תוך כדי טעינת הקבל:

$$\tau = R \cdot C = 10000 \times 1000 \times 10^{-6} = 10 \text{ s}$$

$$V_B(t) = V_{CC} \cdot e^{-t/\tau} = 6 \cdot e^{-t/10}$$

עקומת $V_B(t)$: יורדת מעריכית מ- $6V$ לכיוון $0V$, וחוצה את מתח הייחוס $3V$ בנקודת המעבר. **עקומת $V_o(t)$:** גבוהה ($\approx 6V$, LED) כל עוד $V_B > 3V$, ונמוכה ($0V$, LED כבוי) מרגע ש- V_B יורד מתחת ל- $3V$.

סעיף ג — משך הזמן שבו נורית ה-LED דולקת

ה-LED דולק כל עוד $V_A = 3V < V_B$. נמצא את הזמן שבו V_B יורד ל- $3V$:

$$6 \cdot e^{-t/\tau} = 3 \rightarrow e^{-t/\tau} = 0.5 \rightarrow t = \tau \cdot \ln 2 = 10 \times 0.693$$

משך ההדלקה $\approx 6.93 \text{ s}$

סעיף ד — פתיחת המפסק ל-10 שניות וסגירתו מחדש

6V והקבל טעון למלוא 6, $V_B = 0V$: לאחר זמן סגירה ממושך

כאשר פותחים את המפסק, הדק הקבל השמאלי מתנתק לחלוטין (ה-6V והמחלק R_1-R_2 נשארים בצד השני של המפסק). **אין כל נתיב שדרכו הקבל יכול להיפרק** — לכן הקבל שומר על מטענו (6V) לאורך כל 10 השניות, ופרק הזמן אינו משנה. עם הסגירה מחדש אין מדרגת מתח על הקבל (הוא כבר טעון ל-6V), ולכן אין מעבר חולף — V_B נשאר 0V.

ה-LED לא יידלק לאחר הסגירה השנייה — הקבל לא נפרק (אין נתיב פריקה), ולכן אין קפיצת מתח ב-B

שאלה 6 (#C) — המחלקה Car

המחלקה: מכונית עם price, year, color, kind ומתודות print() ו-getprice()

סעיף א — הפלט של קטע הקוד

נוצרים שני עצמים ומופעלת `car1.print()`. המתודה מדפיסה שלוש שורות (שימו לב לרווח המוביל בשורה הראשונה):

```
Car car1 = new Car("Mazda", "Red", 2017, 120000);
Car car2 = new Car("Ferrari", "Green", 2015, 1300000);
car1.print();
```

```
The car is Mazda in color Red
The car was made in 2017
The price is 120000
```

סעיף ב — הוספת מכונית car3

מכונית מסוג Audi, בצבע שחור (black), שנת ייצור 2020 ומחיר 260,000 ש"ח:

```
Car car3 = new Car("Audi", "black", 2020, 260000);
```

סעיף ג — הדפסת פרטי המכונית היקרה ביותר

נשווה את המחירים בעזרת `getprice()` ונשמור את העצם היקר ביותר, ואז נדפיס את פרטיו:

```
Car max = car1;
if (car2.getprice() > max.getprice())
    max = car2;
if (car3.getprice() > max.getprice())
    max = car3;
max.print();
```

המחירים הם 120,000 / 1,300,000 / 260,000, ולכן המכונית היקרה ביותר היא `car2` (Ferrari):

The car is Ferrari in color Green
The car was made in 2015
The price is 1300000

סעיף ד — האם ניתן לשנות את מחיר המכונית לאחר יצירת העצם?

לא ניתן לשנות את המחיר מחוץ למחלקה. התכונה price מוגדרת private, ובמחלקה קיימת רק מתודת קריאה (getprice) ואין מתודת עדכון (set). כדי לאפשר שינוי מחיר יש להוסיף למחלקה מתודה ציבורית ייעודית, למשל:

```
public void setprice(int newPrice)
{
    this.price = newPrice;
}
```

שאלה 7 (#C) — ספירת סיביות דלוקות

הקוד: קולט מספר שלם בין 0 ל-255 ומבצע לולאה של 8 מעברים עם & << ו- >>

סעיף א — טבלת מעקב עבור הקלט 25 והפלט

בכל מעבר, 1 & num מחזיר את הסיבית הימנית (0 או 1) ומוסיף אותה ל-count, ואז 1 >> num מזיז את המספר סיבית אחת ימינה. עבור 25 (בבינארי 11001):

i	num (לפני)	num & 1	count	num >> 1
0	25	1	1	12
1	12	0	1	6
2	6	0	1	3
3	3	1	2	1
4	1	1	3	0
5	0	0	3	0
6	0	0	3	0
7	0	0	3	0

```
result = 3
```

סעיף ב — מה מבצע קטע התוכנית

התוכנית סופרת כמה סיביות דלוקות (ספרות 1) יש בייצוג הבינארי של המספר הנקלט. הלולאה עוברת על כל שמונה הסיביות של מספר בתחום 0-255, בודקת בכל פעם את הסיבית הימנית ביותר ומזיזה ימינה, ולבסוף מדפיסה את מספר הסיביות הדלוקות.

סעיף ג — הרחבה לטווח 0 עד 1023

מספר עד 1023 דורש 10 סיביות (במקום 8). לכן יש לשנות רק את שורה 4 — מספר המעברים בלולאה — מ-8 ל-10:

```
שורה 4: 10 → 8 // for (int i = 0; i < 10; i++)
```

שאלה 8 (C#) — טמפרטורות קיצון בחודש

המשימה: קליטת מדידות (יום + טמפרטורה ממוצעת) עד קליטת מספר יום לא חוקי, ומציאת היום החם ביותר וממוצע הטמפרטורות

פתרון מלא

קולטים בכל סבב את מספר היום (משמש כתנאי עצירה — כל מספר מחוץ לתחום 1–31 מפסיק את הקליטה) ואז את הטמפרטורה. שומרים את היום בעל הטמפרטורה הגבוהה ביותר, וצוברים סכום ומונה לחישוב הממוצע:

```

double temp, sum = 0, maxTemp = 0, avg;
int day, count = 0, maxDay = 0;

Console.WriteLine("Enter day (1-31):");
day = int.Parse(Console.ReadLine());

while (day >= 1 && day <= 31)
{
    Console.WriteLine("Enter temperature:");
    temp = double.Parse(Console.ReadLine());

    sum = sum + temp;
    count++;

    if (count == 1 || temp > maxTemp)    // היום החם ביותר עד כה
    {
        maxTemp = temp;
        maxDay = day;
    }

    Console.WriteLine("Enter day (1-31):");
    day = int.Parse(Console.ReadLine());
}

if (count > 0)
{
    avg = sum / count;
    Console.WriteLine("Hottest day: " + maxDay);
    Console.WriteLine("Average temperature: " + avg);
}
else
{
    Console.WriteLine("No data entered.");
}

```

קולטים תחילה את מספר היום ומשתמשים בו כתנאי הלולאה — כך קליטת הנתונים נעצרת מיד עם מספר יום לא חוקי, ולא נצברת טמפרטורה מיותרת. התנאי `count == 1` מבטיח שהמדידה הראשונה תיקבע כמקסימום התחלתי, בלי תלות בערך התחלתי שרירותי. 💡