

הצעה לפתרון מלא — אלקטרוניקה ומחשבים

בגרות · קיץ תשפ"ב 2022 · שאלון 815381 · שאלות 1-8

✦ בנוי על ידי פהד גאנץ ✦

על המסמך: הצעה לפתרון מלא לשאלון 815381 — אלקטרוניקה ומחשבים, קיץ תשפ"ב 2022. בשאלון שמונה שאלות בשלושה פרקים, ועל הנבחן לענות על חמש שאלות — אחת לפחות מכל פרק. פרק ראשון (1-3) אלקטרוניקה תקבילית וספרתית; פרק שני (4-5) תורת החשמל; פרק שלישי (6-8) תכנות בשפת #C. כאן פתורות כל השאלות, לנוחות הלימוד.

שאלה 1 — מגבר טרנזיסטור במוצא משותף (CE)

נתונים: $\beta = h_{fe} = 100$, $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$, $V_{CE(sat)} = 0.2 \text{ V}$, $R_L = 6 \text{ k}\Omega$

מבנה המעגל: טרנזיסטור בהזנה קבועה — R_B מ- V_{CC} אל הבסיס, R_C מ- V_{CC} אל הקולקטור, האמיטר מוארק ישירות. הקבל C_1 מקשר את המבוא V_i אל הבסיס, והקבל C_2 מקשר את הקולקטור אל המוצא V_o עם עומס R_L .

סעיף א — התנגדות הנגד R_C (נתון $A_V = -200$)

האמיטר מוארק, ולכן הגבר המתח של המגבר הוא $A_V = -\beta(R_C \parallel R_L)/h_{ie}$. נבודד את ההתנגדות המשולבת ומתוכה את R_C :

$$R_C \parallel R_L = \frac{|A_V| \cdot h_{ie}}{\beta} = \frac{200 \times 1000}{100} = 2000 \text{ }\Omega$$

$$R_C = \frac{(R_C \parallel R_L) \cdot R_L}{R_L - (R_C \parallel R_L)} = \frac{2000 \times 6000}{6000 - 2000} = 3000 \text{ }\Omega$$

$$R_C = 3 \text{ k}\Omega$$

סעיף ב — מתח האספקה V_{CC} (נתונים $I_C = 2 \text{ mA}$, $V_{CE} = 6 \text{ V}$)

מלולאת המוצא (קולקטור-אמיטר), כשהאמיטר מוארק:

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \cdot R_C = 6 + 0.002 \times 3000 = 6 + 6$$

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

סעיף ג — התנגדות הנגד R_B

זרם הבסיס נגזר מזרם הקולקטור, ומלולאת הבסיס נמצא את R_B :

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

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

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

סעיף ד — מצב הטרנזיסטור כאשר $R_B = 200 \text{ k}\Omega$

נחשב מחדש את זרם הבסיס ואת זרם הקולקטור באזור הפעיל, ונשווה לזרם הרוויה המרבי שהמעגל מאפשר:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{11.3}{200000} = 56.5 \text{ } \mu\text{A} \rightarrow I_C = \beta \cdot I_B = 5.65 \text{ mA}$$

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{12 - 0.2}{3000} = 3.93 \text{ mA}$$

הזרם הדרוש באזור הפעיל (5.65mA) גדול מזרם הרוויה שהמעגל מסוגל לספק (3.93mA), ולכן הטרנזיסטור **נמצא ברוויה**. מתח הקולקטור-אמיטר נצמד ל- $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.2 \text{ V}$.

$$\text{הטרנזיסטור ברוויה ; } V_{CE} = 0.2 \text{ V}$$

שאלה 2 — שלושה מגברי שרת אידיאליים

נתונים: A_1 : $R_1=1k\Omega, R_2=2k\Omega$ (מבוא 1V, כניסה + ל-2V) A_2 : $R_3=3k\Omega, R_4=3k\Omega$ (מבוא 3V, כניסה + מוארקת) A_3 : מסכם
 $R_5=5k\Omega, R_6=2k\Omega, R_7=10k\Omega$

מבנה המעגל: A_1 מגבר עם כניסה חיובית במתח A_2 ; 2V; מגבר מהפך רגיל (כניסה + מוארקת); A_3 הוא מסכם מהפך — מוצאי A_1 ו- A_2 מוזנים דרך R_5 ו- R_6 אל הכניסה המהפכת, R_7 נגד המשוב, והכניסה החיובית מוארקת.

סעיף א — מתחי המוצא V_{o1} ו- V_{o2}

עבור A_1 , עם כניסה חיובית $V_+=2V$ ומבוא מהפך 1V דרך R_1 ומשוב R_2 :

$$V_{o1} = V_+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1} = 2 \left(1 + \frac{2}{1}\right) - 1 \cdot \frac{2}{1} = 6 - 2 = 4 \text{ V}$$

$$V_{o2} = - \frac{R_4}{R_3} \cdot V_{in} = - \frac{3}{3} \times 3 = -3 \text{ V}$$

$$V_{o1} = +4 \text{ V} ; V_{o2} = -3 \text{ V}$$

סעיף ב — מתח המוצא V_o

A_3 מסכם מהפך — כל מבוא נכפל ביחס R_7 לנגד המבוא שלו, בסימן מהופך:

$$\begin{aligned} V_o &= - \left(\frac{R_7}{R_5} \cdot V_{o1} + \frac{R_7}{R_6} \cdot V_{o2} \right) = - \left(\frac{10}{5} \cdot 4 + \frac{10}{2} \cdot (-3) \right) \\ &= - (8 - 15) = +7 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_o = +7 \text{ V}$$

סעיף ג — מתח המוצא כאשר מקצרים את R_7

בקיצור R_7 ($R_7 = 0$) נגד המשוב מתאפס, וכל איברי המסכם מוכפלים באפס. המוצא נצמד למתח הכניסה המהפכת שהוא אדמה מדומה:

$$V_o = 0 \text{ V}$$

שאלה 3 — משווה עם רשת HP (מעביר גבוהים) ו-LED

נתונים: מקור $6V$, $C = 1000 \mu F$, $R_1 = R_2 = R_3 = 10 k\Omega$. מתח הקבל ב- $t=0$ הוא $0V$

מבנה המעגל: המקור $6V$, המפסק S והקבל C בטור אל צומת B , ומ- B נגד R_3 אל האדמה — זו רשת מעביר גבוהים (HP). מתח B מוזן לכניסה החיוכית של המשווה. הכניסה השלילית מקבלת מתח ייחוס קבוע A ממחלק המתח R_1-R_2 .

סעיף א — המתחים בנקודות A , B ובמוצא (המפסק פתוח)

מתח הייחוס נקבע ממחלק המתח R_1-R_2 בין $6V$ לאדמה, ואינו תלוי במפסק:

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

כשהמפסק פתוח אין נתיב מהמקור אל הקבל; R_3 מקרקע את צומת B , ולכן $V_B = 0V$. מכיוון ש- $V_+ = V_- = V_A = 3V$, מוצא המשווה נמוך — ה-LED כבוי.

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

סעיף ב — צורות הגלים V_o ו- V_B לאחר סגירת המפסק ($t \leq 50s \geq 0$)

ברגע סגירת המפסק ($t=0$) הקבל ריק, ולכן כל מתח המקור נופל על R_3 — $V_B(0)=6V$. הקבל נטען דרך R_3 ומתח B דועך מעריכית לכיוון 0:

$$\tau = R_3 \cdot C = 10000 \times 1000 \times 10^{-6} = 10 s$$

$$V_B(t) = 6 \cdot e^{-t/\tau} = 6 \cdot e^{-t/10} [V]$$

עקומת $V_B(t)$: יורדת מעריכית מ- $6V$ לכיוון $0V$ (ב- $t=50s$ כבר $V_B \approx 0.04V \approx 0$). **עקומת $V_o(t)$:** המשווה משווה את V_B אל הייחוס $3V$ — כל עוד $V_B > 3V$ המוצא גבוה ($\approx LED$, $6V$ דולק), וברגע ש- V_B יורד מתחת ל- $3V$ המוצא נופל לנמוך ($\approx LED$, $0V$ כבוי).

סעיף ג — הזמנים שבהם מתח המוצא משנה את ערכו

מרגע הסגירה המוצא גבוה. הוא משנה את ערכו (גבוה $\rightarrow$ נמוך) כאשר V_B חוצה את מתח הייחוס $3V$:

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

$$t \approx 6.93 \text{ s (המוצא עובר מגבוה לנמוך)}$$

שאלה 4 — מעגל RC טורי בזרם חילופין

נתונים: $C = 10 \mu\text{F}$ · $U = 26\text{V}$ · $f = 1000/\pi \text{ Hz}$ · $I = 0.2 \text{ A}$ (יעיל)

סעיף א — היגב הקבל X_C

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot (1000/\pi) \cdot 10 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2000 \times 10 \times 10^{-6}}$$

$$X_C = 50 \Omega$$

סעיף ב — עכבת המעגל Z

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{26}{0.2}$$

$$Z = 130 \Omega$$

סעיף ג — התנגדות הנגד R

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

$$R = \sqrt{Z^2 - X_C^2} = \sqrt{130^2 - 50^2} = \sqrt{14400}$$

$$R = 120 \Omega$$

סעיף ד — סרטוט שני מחזורים של מתח המקור U

מתח המקור נתון בערכו היעיל; הערך המרבי וזמן המחזור:

$$U_{\max} = U \cdot \sqrt{2} = 26 \times 1.414 = 36.77 \text{ V}$$

$$U_{\min} = -U_{\max} = -36.77 \text{ V}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{\pi}{1000} = 3.14 \text{ ms}$$

בסרטוט: שני מחזורי גל סינוס בעל משרעת 36.77V (מרבי +36.77V, מזערי -36.77V) וזמן מחזור $T = \pi \text{ ms} \approx 3.14 \text{ ms}$

$$U_{\max} = +36.77 \text{ V} ; U_{\min} = -36.77 \text{ V} ; T \approx 3.14 \text{ ms}$$

שאלה 5 — מעגל דו-מקורי עם ענף אמצעי

נתונים: $E_1 = 20V$ · $E_2 = 30V$ · $R_1 = 500 \Omega$ · $R_2 = 300 \Omega$ · $R_3 = 480 \Omega$ · $R_4 = 1 k\Omega$ · $R_5 = 200 \Omega$

מבנה המעגל: שתי לולאות החולקות את הענף האמצעי R_3 . לולאה שמאלית: E_1 , R_1 , R_3 , R_2 . לולאה ימנית: E_2 , R_4 , R_3 , R_5 . I_1 הוא הזרם דרך E_1 (הענף השמאלי) ו- I_2 הזרם דרך E_2 (הענף הימני); דרך R_3 זורם סכום הזרמים.

סעיף א — הזרמים I_1 ו- I_2

נכתוב חוק המתחים של קירכהוף לשתי הלולאות. הזרם דרך R_3 הוא $I_3 = I_1 + I_2$ (חוק הזרמים בצומת האמצעי), הזרם דרך R_2 הוא I_1 והזרם דרך R_5 הוא I_2 :

$$\text{לולאה שמאלית: } E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_1 R_2 \rightarrow 1280 \cdot I_1 + 480 \cdot I_2 = 20$$

$$\text{לולאה ימנית: } E_2 = I_2 R_4 + I_3 R_3 + I_2 R_5 \rightarrow 480 \cdot I_1 + 1680 \cdot I_2 = 30$$

$$\text{פתרון המערכת: } I_1 = 0.01 \text{ A ; } I_2 = 0.015 \text{ A}$$

$$I_1 = 10 \text{ mA ; } I_2 = 15 \text{ mA}$$

סעיף ב — הזרם דרך הנגד R_3

$$I(R_3) = I_1 + I_2 = 10 + 15$$

$$I(R_3) = 25 \text{ mA}$$

סעיף ג — ההספק המתפתח בנגד R_5

דרך R_5 זורם הזרם I_2 :

$$P(R_5) = I_2^2 \cdot R_5 = (0.015)^2 \times 200 = 0.045 \text{ W}$$

$$P(R_5) = 45 \text{ mW}$$

נצא מ-B (אדמה, 0V) ונעלה בפוטנציאל לאורך המסלול עד A: דרך R_2 אל הצומת האמצעי, ומשם דרך R_5 ו- E_2 אל A:

$$V_N = V_{B+} + I_1 \cdot R_2 = 0 + 0.01 \times 300 = 3 \text{ V}$$

$$V_{BR} = V_N - I_2 \cdot R_5 = 3 - 0.015 \times 200 = 0 \text{ V}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = (V_{BR} + E_2) - 0 = 0 + 30$$

$$U_{AB} = 30 \text{ V}$$

שאלה 6 (#C) — ספירת מספרים וחיפוש במערך

הפעולה: DoSomething מקבלת מערך שלמים 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 המערך {123, 242, 155, 515, 321, 111, 23, 33, 999, 100} ונבדוק לכל מספר אם ספרת המאות שווה לספרת האחדות (במספרים בני שתי ספרות, ספרת המאות היא 0):

123 → 1≠3 ✗	242 → 2=2 ✓	155 → 1≠5 ✗	515 → 5=5 ✓	321 → 3≠1 ✗
111 → 1=1 ✓	23 → 0≠3 ✗	33 → 0≠3 ✗	999 → 9=9 ✓	100 → 1≠0 ✗

נמצאו 4 מספרים ⇒

4

סעיף ב — מה מבצע קטע התוכנית

הפעולה DoSomething **סופרת כמה מספרים במערך מקיימים שספרת המאות שלהם שווה לספרת האחדות שלהם**. הבעיה שהיא פותרת: קבלת מערך שלמים והחזרת מספר האיברים שבהם הספרה השמאלית (מאות) זהה לספרה הימנית (אחדות).

סעיף ג — הפעולה FindNumber

הפעולה מחזירה את מיקום ההופעה הראשונה של הערך המבוקש במערך, או -1 אם הערך אינו קיים:

```
public static int FindNumber(int[] arr, int number)
{
    for (int i = 0; i < arr.Length; i++)
    {
        if (arr[i] == number)
            return i;
    }
    return -1;
}
```

עבור `FindNumber(array, 515)` מוחזר הערך 3, כי המספר 515 נמצא באינדקס הרביעי (אינדקס 3).

3

שאלה 7 (C#) — אפליקציית הצבעה לעשרה מתמודדים

נתונים: עשרה מתמודדים ממוספרים 1–10 · כל צופה מקליד את מספר המתמודד המועדף עליו

משתמשים במערך מונים בגודל 11 (אינדקסים 1–10). הקליטה נמשכת כל עוד המספר בטווח 1–10, ונעצרת כשנקלט מספר לא חוקי (מחוץ לטווח). בסיום מוצג מספר המתמודד שקיבל את מרב הקולות:

```
int[] votes = new int[11];           // אינדקסים 1..10
int num = int.Parse(Console.ReadLine());
while (num >= 1 && num <= 10)        // עצירה במספר לא חוקי
{
    votes[num]++;
    num = int.Parse(Console.ReadLine());
}

int best = 1;                         // המתמודד עם מרב הקולות
for (int i = 2; i <= 10; i++)
{
    if (votes[i] > votes[best])
        best = i;
}
Console.WriteLine(best);
```

אם שני מתמודדים קיבלו את אותו מספר קולות מרבי, קוד זה יציג את הנמוך במספרו (הראשון שנמצא).
זו התנהגות סבירה לפי דרישת השאלה — הצגת מספר יחיד. 💡

שאלה 8 (#C) — המחלקה RGBled

המחלקה: נורת לד צבעונית עם שלוש נוריות בוליאניות — Red, Green, Blue

סעיף א — הפעולה הבונה (Constructor)

הפעולה הבונה אינה מקבלת ערכים ומאתחלת את שלוש הנוריות למצב כבוי (false):

```
public RGBled()
{
    this.Red = false;
    this.Green = false;
    this.Blue = false;
}
```

סעיף ב — הפעולה print

הפעולה מציגה את מצב שלוש הנוריות. לכל נורית מודפס "on" אם היא דלוקה ו-"off" אם היא כבויה:

```
public void print()
{
    Console.WriteLine("Red:" + (this.Red ? "on" : "off") + " " +
        "Green:" + (this.Green ? "on" : "off") + " " +
        "Blue:" + (this.Blue ? "on" : "off"));
}
```

סעיף ג — הפלט של קטע הקוד (מעקב אחר DoSomething)

הפעולה DoSomething(colorCode) ממפה כל ביט ב-colorCode לנורית: ביט 0 → Red, ביט 1 → Green, ביט 2 → Blue. נעקוב אחר הקריאות:

```
led.print();           // התחלה: הכל כבוי → Red:off Green:off Blue:off
led.DoSomething(1);    // 1 = 001 → Red=on
led.print();           // → Red:on Green:off Blue:off
led.DoSomething(2);    // 2 = 010 → Green=on
led.print();           // → Red:off Green:on Blue:off
led.DoSomething(7);    // 7 = 111 → הכל דלוק
led.print();           // → Red:on Green:on Blue:on
```

Red:off	Green:off	Blue:off
Red:on	Green:off	Blue:off
Red:off	Green:on	Blue:off
Red:on	Green:on	Blue:on