

הצעה לפתרון — אלקטרוניקה ומחשבים ג'

בגרות · קיץ תשע"ח 2018 · שאלון 815201 · שאלות 1-5

✦ בנוי על ידי פהד גאנם ✦

על המסמך: הצעה לפתרון לשאלון 815201 — אלקטרוניקה ומחשבים ג' (שתי יחידות לימוד, כיתה י"א), קיץ תשע"ח 2018. בשאלון תשע שאלות בשני פרקים; כאן פתורות שאלות 1-5 — כל פרק ראשון (מבוא להנדסת אלקטרוניקה) — לפי הבקשה.

שאלה 1 — ממיר אנלוגי-ספרתי (A/D) בן 8 סיביות

נתונים: $V_i=0V \rightarrow 00000000$ · $V_i=2V \rightarrow 11001000_{(2)}$

עיקרון: ממיר A/D ליניארי — המילה הבינארית במוצא יחסית ישר למתח המבוא. המילה $11001000_{(2)}$ שווה בבסיס עשרוני ל-200 $(128+64+8)$.

סעיף א — כושר ההבחנה (הרזולוציה)

כושר ההבחנה הוא המתח המתאים לצעד יחיד (LSB) — מתח המבוא חלקי הערך הספרתי המתקבל:

$$\Delta = \frac{V_i}{N} = \frac{2 \text{ V}}{200} = 0.01 \text{ V}$$

$$\Delta = 10 \text{ mV}$$

סעיף ב — המילה הבינארית עבור $V_i=0.95V$

$$N = \frac{V_i}{\Delta} = \frac{0.95}{0.01} = 95$$

$$95_{(10)} = 01011111_{(2)}$$

$$V_o = 01011111_{(2)} \quad (N = 95)$$

סעיף ג — מתח המבוא עבור המילה $10000001_{(2)}$

$$10000001_{(2)} = 128 + 1 = 129_{(10)}$$

$$V_i = N \cdot \Delta = 129 \times 0.01$$

$$V_i = 1.29 \text{ V}$$

שאלה 2 — רשת RC מנמיכה (מסנן מעביר-נמוכים) עם דופק

נתונים: $R = 10\text{ k}\Omega$, $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ · דופק כניסה: $4\text{V}+$ (עד $t=0$), -4V ($0-2\text{ms}$), 6V ($t>2\text{ms}$)

מבנה: נגד בטור וקבל למוצא — מסנן מעביר-נמוכים. מתח המוצא V_o הוא מתח הקבל, הנטען/נפרק מעריכית עם קבוע זמן $\tau = RC$.

סעיף א — קבוע הזמן וצורת המוצא

$$\tau = R \cdot C = 10000 \times 0.1 \times 10^{-6} = 1\text{ ms}$$

לפני $t=0$ המבוא קבוע על $4\text{V}+$, ולכן הקבל טעון ל- $+4\text{V}$. $v_o(0) = +4\text{V}$. בקטע $0-2\text{ms}$ המבוא -6V והקבל נפרק לכיוונו; ב- $t=2\text{ms}$ המבוא קופץ ל- $4\text{V}+$ והקבל נטען לכיוונו. הצורה: מעריכית מתאזנת בכל קטע.

סעיף ב — מתח המוצא בזמנים נתונים

ראשית נמצא את המתח בסוף הקטע הראשון ($t=2\text{ms}$), שהוא תנאי ההתחלה לקטע השני:

$$v_o(t) = -6 + [4 - (-6)] \cdot e^{-t/\tau} = -6 + 10 \cdot e^{-t/1\text{ms}}$$

$$v_o(2\text{ms}) = -6 + 10 \cdot e^{-2} = -6 + 1.353 = -4.65\text{ V}$$

בקטע השני ($t>2\text{ms}$) הקבל נטען מ- -4.65V לכיוון $4\text{V}+$:

$$v_o(t) = 4 + (-4.65 - 4) \cdot e^{-(t-2\text{ms})/\tau} = 4 - 8.65 \cdot e^{-(t-2\text{ms})/1\text{ms}}$$

$$1) \quad v_o(3\text{ms}) = 4 - 8.65 \cdot e^{-1} = 4 - 3.18 = 0.82\text{ V}$$

$$2) \quad v_o(4\text{ms}) = 4 - 8.65 \cdot e^{-2} = 4 - 1.17 = 2.83\text{ V}$$

$$v_o(3\text{ms}) \approx 0.82\text{ V} ; v_o(4\text{ms}) \approx 2.83\text{ V}$$

שאלה 3 — שני מגברי שרת אידיאליים

נתונים: $V_1=1V$, $V_2=1.5V$, A_1 : $R_1=2k\Omega$, $R_2=1k\Omega$, A_2 : $R_3=R_4=1k\Omega$, $R_5=5k\Omega$, $R_6=?$, $R_7=1k\Omega$ (עומס)

מבנה: A_1 מגבר הופך (כניסה + מוארקה). A_2 מגבר הפרש — הכניסה השלילית דרך R_3 מ- V_{o1} ומשוב R_6 , הכניסה החיובית דרך R_4 מ- V_2 ו- R_5 לאדמה.

סעיף א — מתח המוצא V_{o1}

A_1 מגבר הופך, ולכן:

$$V_{o1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_1 = -\frac{1}{2} \times 1$$

$$V_{o1} = -0.5 \text{ V}$$

סעיף ב — הזרם דרך R_2 וכיוונו

הכניסה השלילית של A_1 היא אדמה מדומה (0V). כל זרם המבוא דרך R_1 עובר דרך R_2 (הכניסה אינה מושכת זרם):

$$I(R_2) = \frac{V_1 - 0}{R_1} = \frac{1}{2000} = 0.5 \text{ mA}$$

הזרם נכנס דרך R_1 מ- V_1 אל צומת הסיכום, וממשיך דרך R_2 אל המוצא V_{o1} — כלומר **A-ל-B**.

$$I(R_2) = 0.5 \text{ mA (B-ל-A)}$$

סעיף ג — הערך של R_6 עבור $V_{o2}=10V$

ב- A_2 (מגבר הפרש): המתח בכניסה החיובית הוא $V_+ = V_2 \cdot R_5 / (R_4 + R_5) = 1.5 \times 5 / 6 = 1.25V$. מתח המוצא:

$$V_{o2} = V_+ \left(1 + \frac{R_6}{R_3} \right) - V_{o1} \cdot \frac{R_6}{R_3} = 10$$

$$1.25 \left(1 + \frac{R_6}{1k} \right) - (-0.5) \cdot \frac{R_6}{1k} = 10 \rightarrow 1.25 + 1.75 \cdot \frac{R_6}{1k} = 10$$

$$R_6 = 5 \cdot R_3 = 5 \times 1000$$

$$\mathbf{R_6 = 5 \, k\Omega}$$

שאלה 4 — מגבר טרנזיסטור במוצא משותף (קו עומס)

נתונים: $\beta = h_{fe} = 100$, $h_{ie} = 4k\Omega$, $V_{BE} = 0.7V$, $R_L = 6k\Omega$, $V_{CC} = 12V$, קו עומס: $(0, 4mA) \leftrightarrow (12V, 0)$

סעיף א — ההתנגדות R_C

קו העומס הישר חותך את ציר הזרם ב- $I_{C(sat)} = 4mA$ (כאשר $V_{CE} = 0$). מכאן:

$$R_C = \frac{V_{CC}}{I_{C(sat)}} = \frac{12}{0.004}$$

$$R_C = 3 k\Omega$$

סעיף ב — ההתנגדות R_B עבור $V_{CE} = 9V$

על קו העומס, בנקודה $V_{CE} = 9V$ הזרם הוא:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{12 - 9}{3000} = 1 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1 \text{ mA}}{100} = 10 \mu A$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{12 - 0.7}{10 \mu A}$$

$$R_B = 1.13 M\Omega$$

סעיף ג — מעגל התמורה לאות חילופין

בזרם חילופין הקבלים C_1 , C_2 מהווים קצר ומקור המתח V_{CC} מוארק. המעגל השקול: V_i אל הבסיס; המעבר בסיס-אמיטר מיוצג ב- $h_{ie} = 4k\Omega$; במוצא מקור זרם תלוי $i_b \cdot \beta$ בקולקטור; העומס הוא $R_C \parallel R_L$; והאמיטר מוארק ישירות.

סעיף ד — הגבר המתח A_v

$$R_C \parallel R_L = \frac{3k \times 6k}{3k + 6k} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\beta (R_C \parallel R_L)}{h_{ie}} = - \frac{100 \times 2000}{4000}$$

$$A_v = -50$$

שאלה 5 — רב-רטט חופשי עם LM555

נתונים: $V_{CC}=9V$ · $R_1=10k\Omega$ · $R_2=10k\Omega$ · $C_1=1\mu F$ · $C_2=0.01\mu F$

מבנה: חיבור אסטבילי (רב-רטט חופשי) של LM555. הקבל C_1 נטען דרך R_1+R_2 ונפרק דרך R_2 , בין $V_{CC}/3$ ל- $2V_{CC}/3$. C_2 (על רגל 5) הוא קבל ייצוב. 💡

סעיף א — צורות המתח V_{C1} ו- V_o

מתח הקבל V_{C1} : גל מסור המתנוודד בין שני הספים:

$$V_{min} = \frac{V_{CC}}{3} = 3 \text{ V} ; V_{max} = \frac{2 V_{CC}}{3} = 6 \text{ V}$$

מתח המוצא V_o : גל מרובע בין 0V (נמוך) ל-9V (גבוה), בפאזה הפוכה למגמת V_{C1} .

$$V_{C1}: 3 \text{ V} \leftrightarrow 6 \text{ V} ; V_o: 0 \text{ V} / 9 \text{ V}$$

סעיף ב — תדר התנודות ומחזור הפעולה (Duty Cycle)

$$t_{high} = 0.693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1 = 0.693 \times 20000 \times 1\mu = 13.86 \text{ ms}$$

$$t_{low} = 0.693 \cdot R_2 \cdot C_1 = 0.693 \times 10000 \times 1\mu = 6.93 \text{ ms}$$

$$T = t_{high} + t_{low} = 20.79 \text{ ms} \rightarrow f = \frac{1}{T} = 48.1 \text{ Hz}$$

$$D = \frac{t_{high}}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} = \frac{20k}{30k} = 66.7\%$$

$$f \approx 48.1 \text{ Hz} ; D \approx 66.7\%$$

סעיף ג — ערכי R_1 ו- R_2 החדשים (לפי איור ב')

מהאיור: המוצא גבוה 3ms ונמוך 1ms (מחזור D=75%, T=4ms). C_1 נשאר $1\mu F$. נחלץ תחילה את R_2 מזמן ה"נמוך", ואז את R_1 :

$$R_2 = \frac{t_{low}}{0.693 \cdot C_1} = \frac{1 \text{ ms}}{0.693 \times 1\mu} = 1443 \Omega \approx 1.44 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 + R_2 = \frac{t_{high}}{0.693 \cdot C_1} = \frac{3 \text{ ms}}{0.693 \times 1\mu} = 4329 \Omega$$

$$R_1 = 4329 - 1443 = 2886 \Omega \approx 2.89 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 \approx 1.44 \text{ k}\Omega ; R_1 \approx 2.89 \text{ k}\Omega$$