

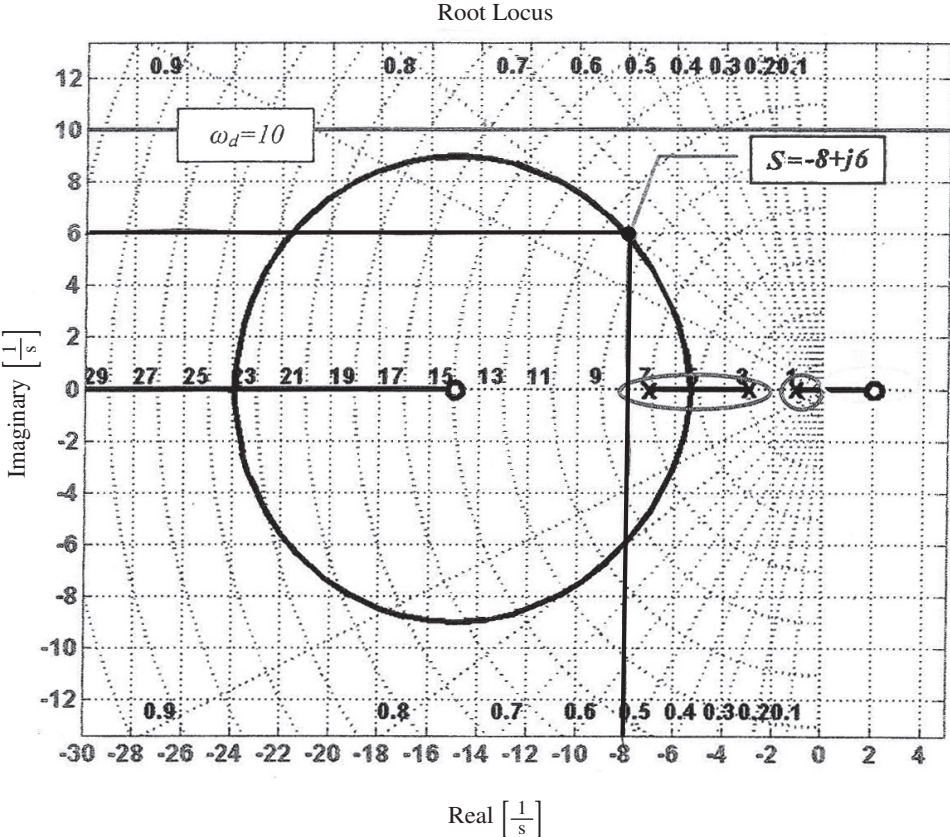
דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ניקוד ב- % | הנחיות להערכה |
|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|
| 1     | 20         | <p><b>א.</b> פונקציית התמסרות המתארת את הקשר בין הערך המצוי <math>C(s)</math> לבין הערך הרצוי <math>R(s)</math> כאשר הבקר הינו בקר פרופורציונאלי:</p> $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_c(s) \left( \frac{10}{s+2} \right)}{1 + G_c(s) \left( \frac{10}{s+2} \right) \left( \frac{5}{s+5} \right)} = \frac{K \left( \frac{10}{s+2} \right)}{1 + K \left( \frac{10}{s+2} \right) \left( \frac{5}{s+5} \right)} = \frac{10K(s+5)}{(s+5)(s+2) + 50K_c}$ $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{10K + 50K_c}{s^2 + 7s + 10 + 50K} = \frac{10Ks + 50K}{s^2 + 7s + (50K + 10)}$ $G_{cl}(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{10Ks + 50K}{s^2 + 7s + (50K + 10)}$ <p><b>ב.</b> כדי להבטיח שהמערכת יציבה בחוג סגור, במקרה של מערכת מסדר שני מספיק לדרוש שכל שלושת מקדמי פולינום המכנה חיוביים. ולכן:</p> $50K + 10 > 0 \rightarrow K > -0.5$ <p>מכאן שהמערכת יציבה לכל <math>K</math> חיובי.</p> <p><b>ג.</b> כדי להבטיח שה- offset יהיה קטן מ- 10% יש לדרוש שההגבר הסטטי של החוג הסגור יהיה גדול מ- 0.9 . נרשום את ההגבר הסטטי של החוג הסגור ונשווה עם הדרישה.</p> $K_s = \lim_{s \rightarrow 0} (G_{cl}(s)) = \lim_{s \rightarrow 0} \left( \frac{10Ks + 50K}{s^2 + 7s + (50K + 10)} \right) = \frac{50K}{50K + 10} \geq 0.9$ $50K \geq 0.9(50K + 10) = 45K + 9 \rightarrow 9 \leq 5K$ $K \geq 1.8$ <p><b>אפשרות נוספת לפתרון סעיף ג'</b></p> <p>ניתן לחשב את קבוע השגיאה של המערכת לכניסת מדרגה שהוא גם קבוע שגיאת המיקום:</p> $K_0 = \lim_{s \rightarrow 0} (G_{ol}(s)) = \lim_{s \rightarrow 0} \left( K \left( \frac{10}{s+2} \right) \left( \frac{5}{s+5} \right) \right) = \frac{50K}{10} = 5K$ <p>השגיאה במצב מתמיד לכניסת מדרגה בגודל 100% היא:</p> $e_{ss} = \frac{100\%}{1 + K_0}$ <p>ולכן אם דורשים שגיאה הקטנה מ- 10% אזי:</p> $e_{ss} = \frac{100\%}{1 + K_0} < 10\% \rightarrow \frac{100\%}{1 + 5K} < 10\% \rightarrow 10 < 1 + 5K \rightarrow 1.8 = \frac{9}{5} < K$ | ?          |               |

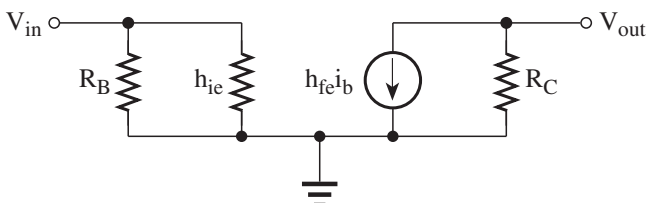
דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ניקוד ב- % | הנחיות להערכה |
|-------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|
|       | ?          | <p>ד. 1. פונקציית התמסורת של החוג הסגור כאשר הגבר הבקר הוא <math>K_c = 2</math> :</p> $G_{cl}(s) = \frac{10 \times 2s + 50 \times 2}{s^2 + 7s + (50 \times 2 + 10)} = \frac{20s + 100}{s^2 + 7s + 110}$ $\zeta = \frac{7}{2\sqrt{110}} = 0.33$ <p>כיוון שיחס הריסון קטן מ- 1 התגובה תונדת.</p> <p>תדר התנודות הוא התדר המרוסן:</p> $\omega_n = \sqrt{\frac{110}{1}} = 10.4 \text{ rad / sec}$ $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} = 10.4 \sqrt{1 - 0.33^2} = 9.9 \text{ rad / sec}$ $\omega_d = 9.9 \text{ rad / sec}$ |            |               |
|       | ?          | <p>2. ההגבר הסטטי של החוג הסגור עבור ההגבר הנתון.</p> $K_s = \lim_{s \rightarrow 0} (G_{cl}(s)) = \frac{10 Ks + 50 K}{s^2 + 7s + (50 K + 10)} = \frac{50 \cdot 2}{50 \cdot 2 + 10} = \frac{100}{110} = 0.91$ <p>לכן התגובה לכניסת מדרגה בגודל <math>U = 2</math> היא:</p> $K_s = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{2 \times 10 \times 5}{(5 + 2)(5 + 5)} = \frac{100}{10} = 10$ $e_{ss} = \frac{2}{1 + 10} = 0.18$                                                                                                              |            |               |

דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה                                     | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                    | ניקוד ב-% | הנחיות להערכה |
|-------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|
| 2                                         | 30         | <p>Root Locus</p>                                                                                                     |           |               |
| <p align="center"><b>איור לשאלה 2</b></p> |            |                                                                                                                                                                                                          |           |               |
| ?                                         | א.         | <p>ניתן לראות בדיאגרמה שנקודה <math>s = -8 + j6</math> נמצאת על אחד מענפי הדיאגרמה, כלומר היא שייכת ל- RL ומכאן שיש הגבר שעבורו היא תהווה קוטב של החוג הסגור.</p>                                        |           |               |
| ?                                         | ב.         | <p><b>אין</b> הגבר שבעבורו התדר הטבעי המרוסן הוא 10 rad/sec, כיוון שבדיאגרמה יש ענף שחוצה את הקו האופקי המציין תדר זה.</p>                                                                               |           |               |
| ?                                         | ג.         | <p>למערכת בחוג פתוח יש קטבים ממשיים בלבד. לכן כאשר סוגרים חוג עם הגבר נמוך, קוטבי החוג הסגור עדיין ממשיים ולכן ניתן לקבוע שישנם <b>הגברים</b> שבעבורם תגובת החוג הסגור לכניסת מדרגה <b>לא תונדת</b>.</p> |           |               |
| ?                                         | ד.         | <p>כיוון שיש ענפים שנמצאים בחלק הימני של המישור <b>לא</b> ניתן לקבוע שהמערכת בחוג סגור יציבה לכל הגבר חיובי.</p>                                                                                         |           |               |

דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה | ניקוד<br>בנק'         | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ניקוד<br>ב- % | הנחיות להערכה |    |   |   |        |   |                       |  |   |        |  |  |  |
|-------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|----|---|---|--------|---|-----------------------|--|---|--------|--|--|--|
| 3     | 20                    | <p>א.</p> $G_{cl}(s) = \frac{\frac{K_p \cdot s + K_I}{s} \cdot \frac{3}{s+2}}{1 + \frac{K_p \cdot s + K_I}{s} \cdot \frac{3}{s+2} \cdot \frac{1}{s+1}} =$ $= \frac{3(K_p s + K_I)(s+1)}{s(s+2)(s+1) + 3(K_p s + K_I)} =$ $= \frac{3K_p s^2 + 3K_p s + 3K_I s + 3K_I}{s^3 + 3s^2 + 2s + 3K_p s + 3K_I} =$ $G_{cl}(s) = \frac{3K_p s^2 + 3(K_p + K_I)s + 3K_I}{s^3 + 3s^2 + (2 + 3K_p)s + 3K_I}$ <p>ב. המכנה כאשר <math>K_p = 10</math></p> $s^3 + 3s^2 + 32s + 3K_I$ <p>טבלת ראוט</p> <table><tr><td>3</td><td>1</td><td>32</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td><math>3K_I</math></td></tr><tr><td>1</td><td><math>\frac{96 - 3K_I}{3}</math></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td><math>3K_I</math></td><td></td></tr></table> <p>ולכן יש לדרוש <math>K_I &gt; 0 \Leftrightarrow 3K_I &gt; 0</math></p> $32 > K_I \Leftrightarrow 32 - K_I > 0 \Leftrightarrow \frac{96 - 3K_I}{3} > 0$ $0 < K_I < 32$ | 3             | 1             | 32 | 2 | 3 | $3K_I$ | 1 | $\frac{96 - 3K_I}{3}$ |  | 0 | $3K_I$ |  |  |  |
| 3     | 1                     | 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |               |    |   |   |        |   |                       |  |   |        |  |  |  |
| 2     | 3                     | $3K_I$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |               |    |   |   |        |   |                       |  |   |        |  |  |  |
| 1     | $\frac{96 - 3K_I}{3}$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |               |               |    |   |   |        |   |                       |  |   |        |  |  |  |
| 0     | $3K_I$                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |               |               |    |   |   |        |   |                       |  |   |        |  |  |  |
| 4     | 20                    | <p>א.</p> $V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} = 10 \text{ V}$ $I_B = 10 \mu\text{A}$ $I_C = \beta I_B = 1 \text{ mA}$ <p>ב.</p> $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = \beta I_B = 1 \text{ mA}$ $R_C = 4 \text{ k}\Omega$ <p>ג.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |               |               |    |   |   |        |   |                       |  |   |        |  |  |  |

דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה                | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ניקוד ב- %       | הנחיות להערכה |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
|----------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|---|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|----|---|---|---|---|----|---|---|---|---|----|---|---|---|---|--|--|
| 5                    | 20         | <p>ד.</p> $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -h_{fe} \frac{R_C}{h_{ie}} = -100$ <p>א. מחזור שלם של המונה הוא 256 דופקי שעות שהם:</p> $256 \cdot 1s = 256sec = 4.27 min$ <p>ב.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th><th>Y</th><th>Z</th><th>C<sub>out</sub></th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>ג.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>XY/ZC<sub>out</sub></th><th>00</th><th>01</th><th>11</th><th>10</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>01</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>11</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>10</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> $F = XYC_{out} + YZC_{out} + XZC_{out}$ $F = \overline{\overline{XYC_{out}} + YZC_{out} + XZC_{out}} = \overline{XYC_{out}} \cdot \overline{YZC_{out}} \cdot \overline{XZC_{out}}$ | X                | Y             | Z | C <sub>out</sub> | F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | XY/ZC <sub>out</sub> | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 01 | 0 | 0 | 1 | 0 | 11 | 0 | 1 | 1 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |
| X                    | Y          | Z                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | C <sub>out</sub> | F             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 0          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 0          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 1          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 1          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 1          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 0                    | 1          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 1             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 0          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 0          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 1             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 1          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 1          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 1             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 1          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 1                    | 1          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 1             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| XY/ZC <sub>out</sub> | 00         | 01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 11               | 10            |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 00                   | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 01                   | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 11                   | 0          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |
| 10                   | 0          | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 0             |   |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |    |   |   |   |   |  |  |

דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ניקוד ב- % | הנחיות להערכה |
|-------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|
| 6     | 20         | <p>ד. מימוש המעגל:</p> <p>איור לשאלה 5</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |               |
| 7     | 20         | <p>א. <math>P_{in} = 250 \times 12 = 3,000 \text{ W}</math><br/> <math>P_{out} = 3000 \times 0.9 = 2,700 \text{ W}</math><br/> <math>T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{2,700}{\frac{2\pi}{60} \cdot 1,000} = 25.8 \text{ N} \cdot \text{m}</math></p> <p>ב. <math>\omega = \frac{V_M - I_M \cdot R_a}{K_a \cdot Q}; K_a \cdot Q = \text{Const.}</math><br/> <math>\frac{\omega_{600}}{\omega_{1,000}} = \frac{V_M - 12 \times 1.2}{250 - 12 \times 1.2} = \frac{600}{100} = 0.6</math></p> <p>1. <math>V'_M = 156 \text{ V}</math><br/> <math>P'_{in} = 156 \times 12 = 1,872 \text{ W}</math></p> <p>2. <math>P'_{out} = 25.8 \times \frac{2\pi}{60} \cdot 600 = 1,620 \text{ W}</math></p> <p>3. <math>R' = \frac{1,620}{1,872} \cdot 100\% = 86.5\%</math></p> |            |               |
|       |            | <p>א. משווה מתחים.</p> <p>ב. הפרדה חשמלית בין מעגל בבקרה למעגל הספק.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |               |

דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | הנחיות להערכה |
|-------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|       |            | <p>ג. 1.</p> <p>2. זווית ההצתה של הטרנזיסטור:</p> $\frac{\pi - 10 \text{ V}}{\alpha - 4 \text{ V}}$ $\alpha = \frac{4}{10} \cdot \pi = \frac{2}{5} \pi$ <p>3.</p> $V_{RL} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2} \pi} \cdot \sqrt{\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2 \alpha}$ $V_{RL} = \frac{230}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{\pi - \frac{2}{5} \pi + \frac{1}{2} \cdot \sin \frac{4 \pi}{5}} = 192 \text{ V}$ |               |

דגם תשובות לשאלון מערכות מכטרוניות ה', סמל 710923, אביב תשע"ז

| השאלה | ניקוד בנק' | פתרון                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ניקוד ב- % | הנחיות להערכה                                        |
|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------|
| 8     | 20         | <p>א.</p> $\text{resolution} = V_{\text{LSB}} = \frac{V_{\text{ref}}}{2^n} = \frac{5}{1,024} = 4.88 \text{ mV}$ <p>ב.</p> $1100110100_2 = 820_{10}$ $V_{\text{DAC}} = 819 \cdot 4.88 \text{ mV} = 4 \text{ V}$ <p>ג.</p> $V_1 = 0.1 \cdot 20 + 0.2 = 2.2 \text{ V}$ $\frac{2.2 \text{ V}}{4.88 \text{ mV}} \approx 451_{10} = 0111000011_2$ |            | <p>ניתן לקבל כתשובה גם</p> $450_{10} = 0111000010_2$ |