GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2025 מועד א'
סמל השאלון: 97003
שם התלמיד/ה: _____

# מכטרוניקה

## הנדסת מכונות · הנדסאים

### הוראות

**א.** משך הבחינה: 4 שעות.

**ב.** מבנה השאלון ומפתח ההערכה: חלק א' (80 נקודות) - שאלות פתוחות: יש לענות על ארבע מתוך שמונה שאלות, לפי הפירוט הבא: בנושא רכיבים ומתמרים (שאלות 1-3): יש לענות על שאלה אחת חובה; בנושא מערכות בקרה (שאלות 4-6): יש לענות על שאלה אחת חובה; בנושא בקרים מתוכנתים וממשק אדם מכונה (שאלות 7-8): יש לענות על שאלה אחת חובה; ושאלה אחת לבחירה חופשית מבין כלל הפרקים. ערך כל שאלה 20 נקודות. חלק ב' (20 נקודות) - שאלות נכון או לא נכון: 10 שאלות חובה, ערך כל שאלה 2 נקודות. סך הכול: 100 נקודות.

**ג.** חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. שלושה ספרי לימוד. 3. קלסר אחד. 4. כלי סרטוט.

**ד.** הוראות מיוחדות: 1. יש למלא את הפרטים בראש עמוד זה, ולצרף את השאלון כולל נספח למחברת הבחינה. 2. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה ולוודא שהן מובנות. 3. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום הבחינה יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות תבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. 4. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט בלבד ובכתב יד ברור. 5. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת מספר הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 6. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו כדי שלא תבדק. 7. יש להציג פתרון מלא ומנומק הכולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 8. אם לדעתכם חסר בשאלה נתון, יש לציין זאת ולהוסיף נתון מתאים, שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה. נמקו את בחירתכם.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

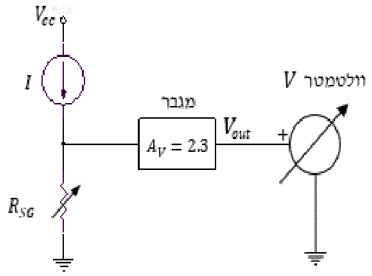
**בהצלחה!**

# השאלות

**1.** באיור א' לשאלה 1 מוצג אופיין שינוי התנגדות מד מעוות בתלות הפעלת כוח. באיור ב' לשאלה 1 מוצג מעגל למדידת כוח באמצעות מד מעוות Strain Gauge. המעגל בנוי ממקור זרם ישר $I = 0.04\,\text{A}$ , מגבר מתח עם הֶגבֵּר של $A_V = 2.3$ , וולטמטר $V$ ומד מעוות $R_{SG}$ . תפקידו של הוולטמטר הוא למדוד את המתח $V_{out}$ עבור מערכת אחרת המחַשֶבת את הכוח הנמדד. בפתרון הזניחו את התנגדות המבוא של המגבר.

איור א' לשאלה 1: אופיין התנגדות מד המעוות בתלות הכוח.

איור ב' לשאלה 1: מעגל למדידת כוח.







**א.** מתוך איור א' לשאלה, מהי נוסחת התנגדות מד המעוות בתלות הכוח $R_{SG} = f(F)$ ?

(5 נקודות)

**ב.** מהי התנגדות מד המעוות בעבור הפעלת כוח של $F = 37\,\text{N}$ ?

(5 נקודות)

**ג.** מה מורֶה הוולטמטר כאשר התנגדות מד המעוות היא $R_{SG} = 63\,\Omega$ ?

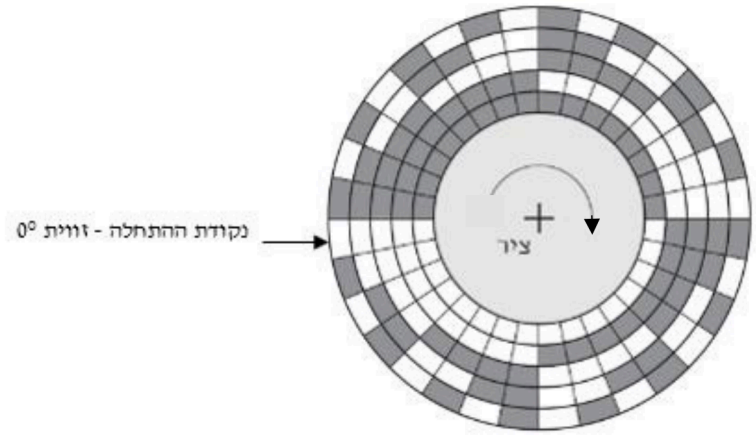
(5 נקודות)

**ד.** מהו הכוח הנמדד כאשר הוולטמטר מורֶה $V_{voltmeter} = 6.624\,\text{V}$ ?

(5 נקודות)


נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

**2.** באיור לשאלה 2 מתואר מקודד אופטי (Absolute Encoder). המקודד מותקן על ציר מנוע והוא חלק ממערכת המדידה של תנועה סיבובית במנוע. התאים השחורים של המקודד מייצגים את הסיבית '1', והתאים הלבנים של המקודד מייצגים את הסיבית '0'. במקודד קיימים חמישה ערוצים (מסלולים).




**א.** הסבירו בקצרה, כיצד אפשר למדוד זוויות סיבוב באמצעות מקודד אופטי אבסולוטי?

(4 נקודות)

**ב.** מהי הזווית המזערית (המינימלית) של סיבוב ציר המנוע אשר המקודד יכול למדוד?

(5 נקודות)

**ג.** מהי המילה הבינארית של המקודד, כאשר המנוע משלים מחצית סיבוב שלם ( $180^\circ$ )?

(5 נקודות)

**ד.** ציר המנוע מבצע תנועות סיבוביות ממצבו ההתחלתי (זווית $0^\circ$ ). בסוף כל תנועה מוצגת במערכת המדידה של המקודד מילה בינארית אחרת.

רשמו את זוויות הסיבוב שמבצע ציר המנוע בעבור כל אחת מהמילות הבינאריות הבאות:

(1) $(11010)_2$ .

(2) $(11001)_2$ .

(3) $(01011)_2$ .

(6 נקודות)


נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

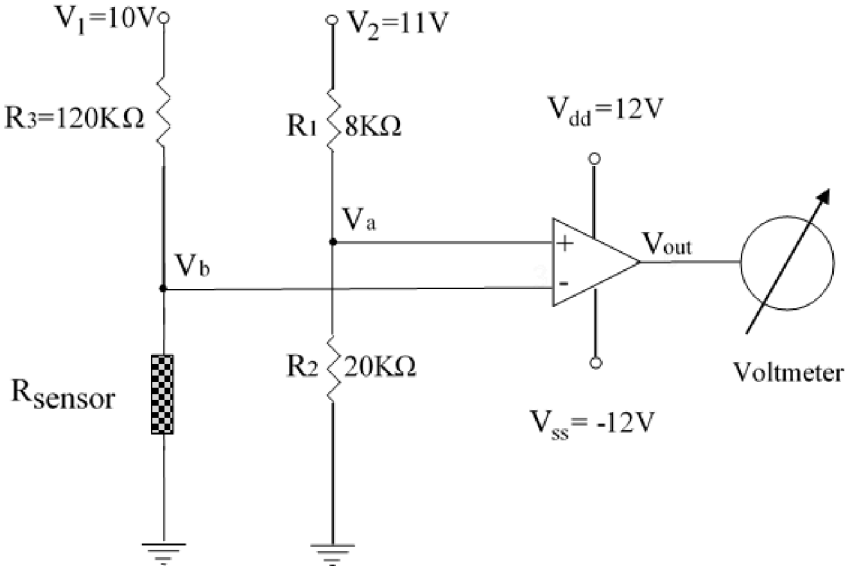
**3.** באיור א' לשאלה 3 מוצג מעגל חשמלי למדידת טמפרטורה הכולל מגבר שרת, נגדים וחיישן מסוג PTC - Positive Thermal Coefficient. איור ב' לשאלה 3 הוא אופיין של חיישן הטמפרטורה.

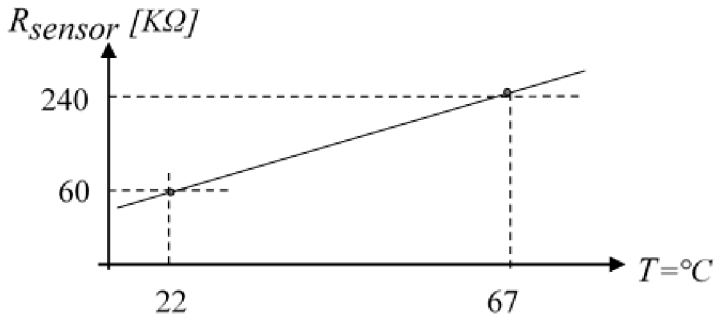
מתח המוצא של מגבר השרת פועל לפי הנוסחה: $V_{out} = 1.6 \cdot (V_a - V_b)$ .

הערה: מגבר השרת אינו פועל כמשווה. הוא כולל מעגל אלקטרוני המאפשר את הנוסחה הנתונה.

איור א' לשאלה 3: מעגל חשמלי למדידת טמפרטורה.

איור ב' לשאלה 3: אופיין חיישן הטמפרטורה.




**א.** מהי הנוסחה המקשרת בין התנגדות החיישן לבין הטמפרטורה $R_{sensor} = f(T)$ ?

(6 נקודות)

**ב.** מהם מתחי המוצא עבור שתי הטמפרטורות: $T_1 = 28^\circ\text{C}$ ו- $T_2 = 50^\circ\text{C}$ .

(6 נקודות)

**ג.** מהי הטמפרטורה עבור מתח מוצא של $V_{out} = 9.52\,\text{V}$ ?

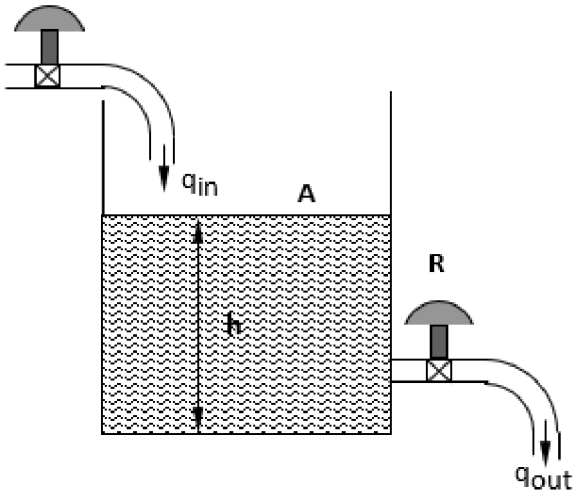
(8 נקודות)


נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

**4.** באיור לשאלה 4 מוצג מתקן תעשייתי הכולל: מיכל מים, ברז מילוי וברז ריקון בעל התנגדות הידראולית R. התנהגות ברז הריקון היא ליניארית. תהליך מילוי המים מתקיים בחוג פתוח ומהווה פיגור מסדר ראשון.

להלן נתוני המערכת:

- שטח תחתית המיכל: $A = 1.72\,\mathrm{m}^2$
- גובה המים במצב מתמיד: $h(t) = 0.82\,\mathrm{m}$
- ספיקות המים במצב מתמיד: $q_{in}(t) = q_{out}(t) = 0.41\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{hour}}$




**א.** מהי ההתנגדות ההידראולית R של ברז הריקון? מהו קבוע הזמן $\tau$ של מערכת הבקרה?

(4 נקודות)

**ב.** מהי פונקציית התמסורת: $G_1(s) = \frac{H(s)}{Q_{in}(s)}$

(4 נקודות)

**ג.** מהי פונקציית התמסורת: $G_2(s) = \frac{Q_{out}(s)}{Q_{in}(s)}$

(4 נקודות)

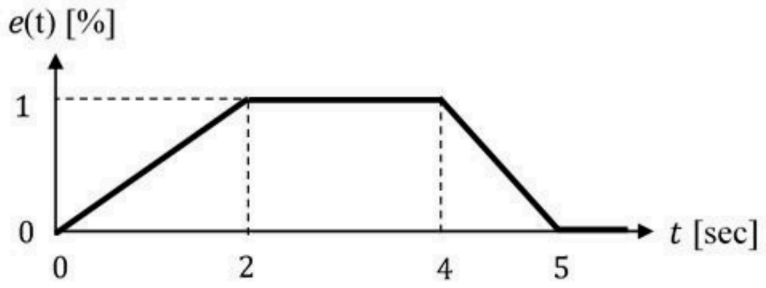
**ד.** כתוצאה מתקלה במערכת, ספיקת המים $q_{in}$ עלתה באופן פתאומי ל- $0.47\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{hour}}$. פַּתחו ביטוי עבור התגובה הדינאמית $h(t)$ כתלות של השינוי הפתאומי $q_{in}$.

(8 נקודות)

**5.** באיור לשאלה 5 מוצג אות שגיאה במבוא בקר מסוג $I$ בעל הנתונים הבאים:

א. תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס: $P_0 = 13\%$ .

ב. קבוע הבקר: $K_I = 3\,[\text{sec}^{-1}]$ .




**א.** מהם ערכי מוצא הבקר בזמנים: $t = 0, 2, 4, 5\,\text{sec}$ ?

(1) $e(t = 0\,\text{sec}) = ?$

(2) $e(t = 2\,\text{sec}) = ?$

(3) $e(t = 4\,\text{sec}) = ?$

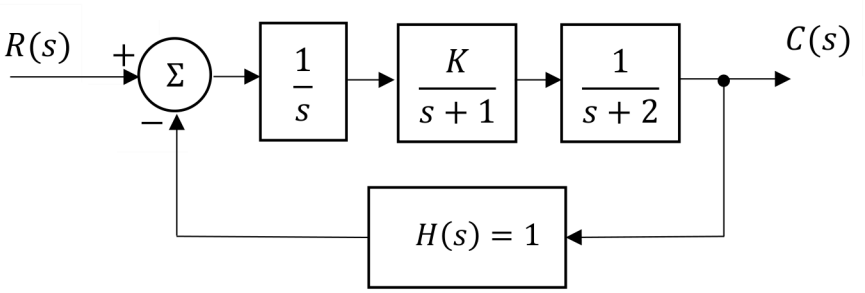
(4) $e(t = 5\,\text{sec}) = ?$

(13 נקודות)

**ב.** סרטטו את גרף מוצא הבקר עבור אות השגיאה הנתון.

(7 נקודות)

**6.** באיור לשאלה 6 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה.




**א.** מהי פונקציית התִמסורֶת של מערכת הבקרה $G_f(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ ?

(5 נקודות)

**ב.** מהו סוג המערכת? נמקו את תשובתכם.

(3 נקודות)

**ג.** מהי פונקציית התמסורת בחוג־פתוח $G_{open_loop}(s)$ של מערכת הבקרה הנתונה?

(5 נקודות)



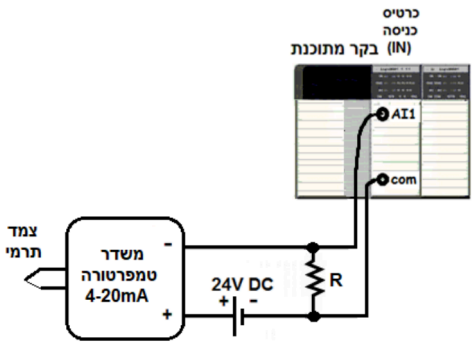
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

**ד.** מהו תחום הערכים של $K$ , שעבורו מערכת הבקרה תהיה יציבה, על פי הקריטריון של ראוט-הורביץ?

(7 נקודות)

**7.** באיור לשאלה 7 מוצג חיבור משדר טמפרטורה לבקר מתוכנת. משדר הטמפרטורה עבור צמד תרמי מחובר לבקר ומכויל למדידת טמפרטורת סביבה בתחום $0°\text{C} \div 60°\text{C}$ . למשדר יש מוצא זרם בתחום $4 \div 20\,\text{mA}$ בחיבור מסוג שני חוטים (2 wires). המשדר מחובר לכרטיס כניסה אנלוגי של בקר מתוכנת, בעל כניסת מתח, בתחום $2 \div 10\,V_{dc}$ . המשדר מחובר לכניסה בבקר בכתובת AI1. כושר האבחנה (רזולוציה) של כרטיס הבקר הוא 14 סיביות. כדי להתאים בין יציאת הזרם של המשדר וכניסת המתח של הבקר, השתמשו בנגד R בלולאת הזרם.

חיבור המשדר מוצג באיור.




**א.** הסבירו מה תפקידו של נגד R במעגל.

(5 נקודות)

**ב.** מה ערכו של הנגד R הנדרש להמרת האותות בין מוצא המשדר ובין כניסת הבקר?

(5 נקודות)

**ג.** הטמפרטורה שהצמד התרמי מודד היא $22°\text{C}$ . חַשבו מה הזרם המתקבל במוצא המשדר?

(5 נקודות)

**ד.** בכתובת AI1 בזיכרון הבקר (כתובת הכניסה האנלוגית) מופיע המספר 4096 (בערך עשרוני). חַשבו מהי הטמפרטורה הנמדדת.

(5 נקודות)

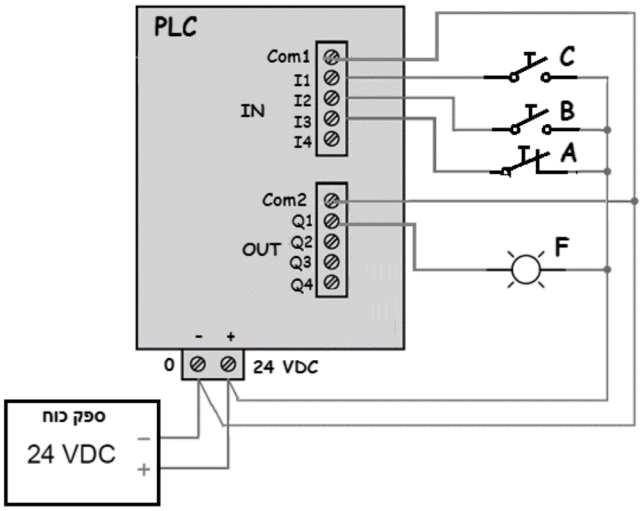

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

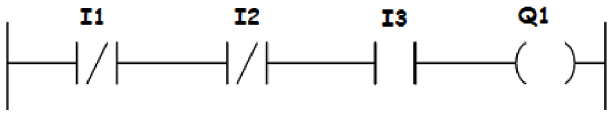
**8.** באיור א' לשאלה 8 מוצג בקר מתוכנת עם כרטיס כניסה וכרטיס יציאה. לכרטיס הכניסה מחוברים שלושה מתגים A, B ו־C לכניסות I1, I2 ו־I3 בהתאמה. לכרטיס היציאה מחוברת נורית F למוצא Q1.

באיור ב' לשאלה 8 מופיע מעגל בדיאגרמת סולם, המאפשר להפעיל את נורית הסימון בתלות במצבם של שלושת המתגים.

איור א' לשאלה 8: חיבור מתגים ונורית סימון לכרטיסי הבקר.

איור ב' לשאלה 8: דיאגרמת סולם בבקר להפעלת נורית הסימון F.




**א.** מהי צורת המיתוג עבור כרטיס הכניסה? האם החיבור הוא מסוג sink או מסוג source? נמקו את תשובתכם.

(5 נקודות)

**ב.** מהי צורת המיתוג עבור כרטיס היציאה? האם החיבור הוא מסוג sink או מסוג source? נמקו את תשובתכם.

(5 נקודות)

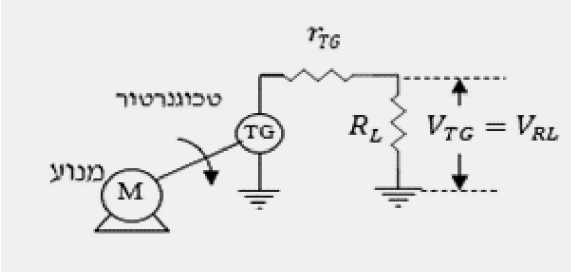
**ג.** רשמו ביטוי בוליאני המתאים לתוכנית באיור ב'.

(5 נקודות)

**ד.** התבוננו בתוכנית דיאגרמת סולם המוצגת באיור ב' ובשרטוט המתגים המחוברים לבקר המוצג באיור א'. התוכנית מאפשרת להפעיל יציאה מהבקר בהתאם למצב המתגים המחוברים לכניסות הבקר. התבוננו במתגים A,B,C המחוברים לכניסת הבקר. כאשר המתגים נמצאים במצבם הרגיל (כלומר לא משנים את מצבם), האם היציאה מהבקר F תופעל או לא תופעל? נמקו את תשובתכם.

(5 נקודות)

**9.** באיור לשאלה 9 מוצג טכוגנרטור המחובר על צירו של מנוע ומחובר לעומס $R_L$ .
נתוני המערכת:
1. במהירות מנוע של $\omega = 500\,\text{rpm}$ הטכוגנרטור מפיק $V_{TG} = 0.5\,\text{V}$ .
2. במהירות מנוע של $\omega = 1500\,\text{rpm}$ הטכוגנרטור מפיק $V_{TG} = 1.5\,\text{V}$ .

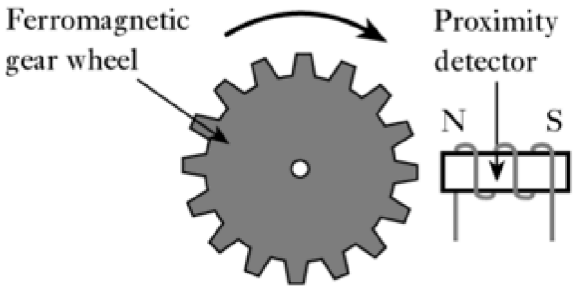



קבוע הטכוגנרטור הוא: $K_{TG} = 1\left[\frac{V}{rpm}\right]$ .

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**10.** באיור לשאלה 10 מוצג חיישן קירבה השראתי, הפועל כאנקודר למדידת זווית סיבוב, מהירות סיבוב ותאוצת סיבוב. החיישן בנוי מגלגל שיניים פרומגנטי ומגלאי קירבה (Proximity Detector). החיישן מחובר לצירו של מנוע. לגלגל השיניים יש 15 שיניים.




כושר האבחנה של החיישן הוא: $Res = 24^\circ$ .

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**11.** להלן הֶיגֶד (תאור מפורט) על מקודד אופטי הפרשי Incremental Decoder.
"מקודד אופטי הפרשי מזהה שינוי במיקום או בזווית לפי מספר האותות הדיגיטליים המגיעים אליו. הוא אינו יכול לתת מידע על המיקום או על הזווית ההתחלתיים שלו. כלומר, במקודד זה נקודת ההתחלה תמיד היא נקודת הייחוס - האפס, ומה שנמדד הוא השינוי במיקום מנקודה זו. במדידת מהירות אין לכך חשיבות מכיוון שמהירות היא השינוי במיקום מחולק בזמן, מכאן - המיקום האבסולוטי אינו מידע הכרחי".

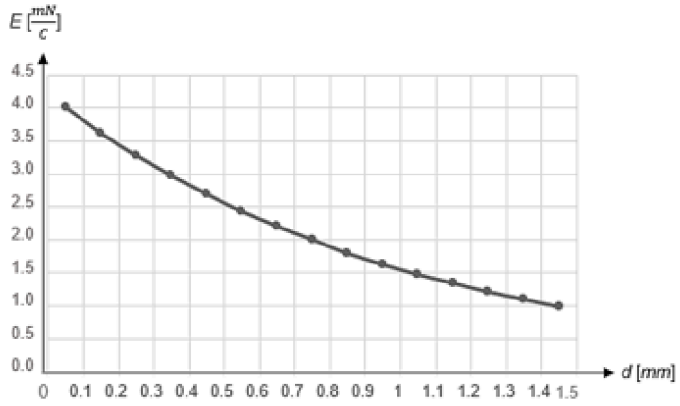
האם ההיגד נכון או לא נכון?

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**12.** באיור לשאלה 12 מוצג אופיין של שדה אלקטרוסטטי המופעל על ידי חיישן קירבה קיבולי בתלות במרחק הנמדד. השדה האלקטרוסטטי של החיישן פועל לפי הנוסחה $E = 4.2 \cdot e^{-d}$ .

השדה האלקטרוסטטי $E$ נמדד ביחידות של מילי-ניוטון לקולון, והמרחק $d$ נמדד במ"מ.




אם השדה האלקטרוסטטי הוא בגודל $E = 1.72 \left[\frac{mN}{C}\right]$ , אז המרחק הנמדד הוא: $d = 0.893\,\text{mm}$ .

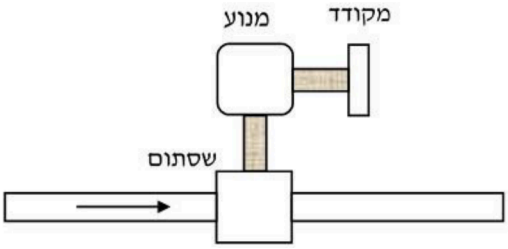
- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**13.** באיור לשאלה 13 מוצג שסתום בקרה שמצבו נקבע בעזרת מנוע. זווית ציר המנוע והשסתום מבוקרים בעזרת מקודד מוחלט.

נתון:

1. בקרת זווית השסתום בדיוק של מעלה אחת - $1^\circ$ .
2. טווח הזוויות של המנוע והשסתום הוא בתחום: $0^\circ \div 360^\circ$ .

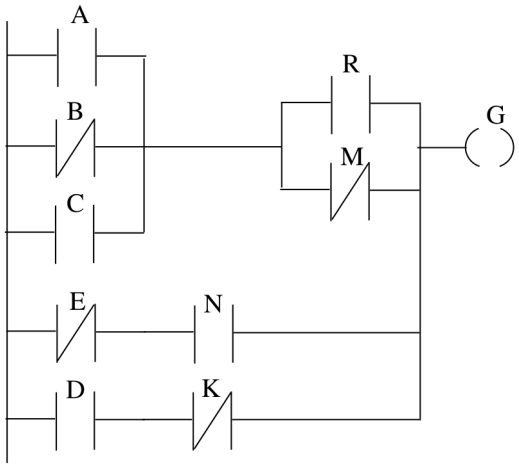


**מספר הערוצים המינימלי שנדרש במקודד זה הוא 18.**

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**14. באיור לשאלה 14 מוצגת דיאגרמת סולם של תוכנית מסוימת.**



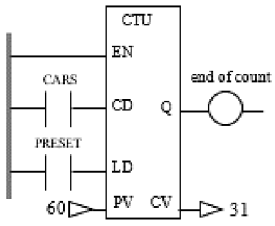

**הפונקציה הלוגית של דיאגרמת הסולם היא:**

$$G = (A + \bar{B} + C) + (R + \bar{M}) \cdot (E + \bar{D}) + (N + \bar{K})$$

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**15. באיור לשאלה 15 מוצג מצבו של מונה בבקר מִתַּכְנֵת:**




**המונה נמצא במצב של ספירה, והוא סָפַר 31 מכוניות עד כה.**

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**16.**

כרטיס מבוא בבקר מִתַּכְנֵת תקבילי המכיל ממיר מסוג A/D עם 16 סיביות, מפיק מספרים בתחום $0 \div 4095$ .

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**17.** קיימים שני סוגים של משדרים:

1. Three wire Transmitter.
2. Five wire Transmitter.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

**18.** לבקר מִתַּכנת הנתונים הבאים:

א. משך הזמן להפעלת המוצאים הוא 7.1 מילישניות.

ב. משך הזמן לביצוע תוכנה בגודל 1 kb הוא שתי מילישניות.

ג. משך הזמן לתחזוקה עצמית ולתקשורת הוא 4.1 מילישניות.

ד. משך הזמן המזערי לנתון במבוא הוא 3.1 מילישניות.

ה. הבקר פועל בתוכנה שגודלה $n = 6.1\,\text{kb}$ .

זמן ה-Scan Cycle של בקר זה הוא 26.5 מילי שניות.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat