GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97003
שם התלמיד/ה: _____

מכטרוניקה

הנדסת מכונות · הנדסאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע 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. שאלה אחת לבחירה חופשית מתוך כלל הפרקים. ערך כל שאלה 20 נקודות. חלק ב (20 נקודות) - שאלות נכון או לא נכון (שאלות 9-18): 10 שאלות חובה, ערך כל שאלה 2 נקודות. שאלות 9-13 בנושא רכיבים ומתמרים, שאלות 14-18 בנושא בקרים מתכנתים וממשק אדם מכונה. 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. נוסחאון שחולק במכללה, ללא פתרונות. 5. כלי סרטוט.

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

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

בהצלחה!

השאלות

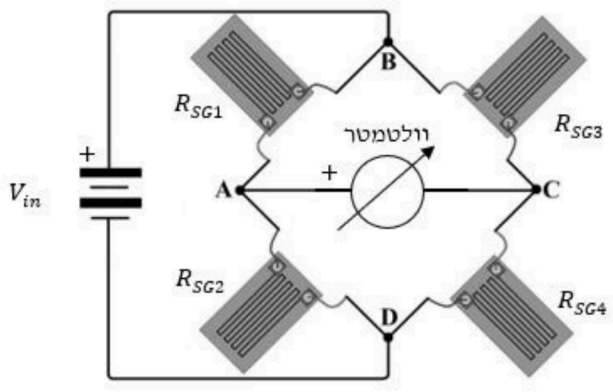
1. באיור לשאלה 1 מוצג מעגל חשמלי הבנוי בגשר ויטסטון למדידת מעוותים של קורה מתכתית. על הקורה מודבקים ארבעה מדי מעוות הזהים באפיונם. כל אחד ממדי המעוות יכול להיות באחד משלושת המצבים: א. להתארך; ב. להתקצר; ג. במנוחה (ללא הפעלת כוח), וזאת בהתאם לכוח הפועל עליו ובהתאם לכיוונו.

נתוני המעגל:

- התנגדות מד המעוות במנוחה: $R = 100\,\Omega$.
- אורך מד המעוות במנוחה: $L = 30\,\text{mm}$.
- מקור המתח $V_{in} = 15\,\text{V}$.

למד המעוות יש שני מאפיינים עיקריים והם המעוות והרגישות, המוגדרים על ידי:

- המעוות ε : $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$
- הרגישות G.F.: $G.F. = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$



א. כאשר כוח המתיחה הוא $F = 2\,\text{N}$, מד המעוות מתארך ב- $\Delta L = 0.1\,\text{mm}$ והתנגדותו גדלה ב- $\Delta R = 0.2\,\Omega$. מהי הרגישות $G.F.$ של מד המעוות?

(3 נקודות)

ב. מה מורה הוולטמטר V_{vol} כאשר כל ארבעת מדי המעוות נמצאים במנוחה?

(2 נקודות)

ג. מהי נוסחת מתח הוולטמטר כאשר: מד המעוות R_{SG3} מתארך, מד המעוות R_{SG4} מתקצר, ועל מדי המעוות R_{SG1} ו- R_{SG2} לא פועלים כוחות? פרמטרי הנוסחה: $V_{vol} = f(V_{in}, R, \Delta R)$.

(6 נקודות)

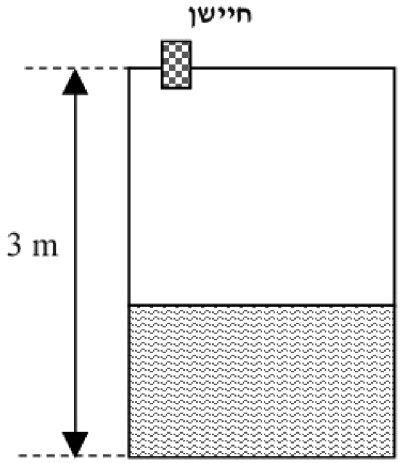
ד. מהי נוסחת מתח הוולטמטר כאשר: מדי המעוות R_{SG1} ו- R_{SG4} מתקצרים, ומדי המעוות R_{SG2} ו- R_{SG3} מתארכים? פרמטרי הנוסחה: $V_{vol} = f(V_{in}, R, \Delta R)$.

(6 נקודות)

ה. מהו מתח הוולטמטר במצב שמדי המעוות מתוארים בסעיף ד' לעיל? מידת התארכות גורמת לשינוי בהתנגדות של $\Delta R = +0.2\,\Omega$. מידת התקצרות גורמת לשינוי בהתנגדות של $\Delta R = -0.2\,\Omega$.

(3 נקודות)

2. באיור לשאלה 2 מוצג מֵכל עם נוזל שמפלסו נמדד על ידי חיישן מפלס. החיישן הוא חיישן קרבה אולטרא סוני. החיישן מותקן שלושה מטרים מעל תחתית המֵכל.



א. תארו את אופן פעולת חיישן המפלס.

(6 נקודות)

ב. חשבו את משך הזמן $t\,[\text{msec}]$ הנדרש לגל הקול לפגוע בנוזל ולחזור ממנו כאשר גובה המפלס הוא מטר אחד. הניחו שמהירות הקול בטמפרטורת הסביבה, באוויר, היא 344 מטר לשנייה.

(6 נקודות)

ג. בשל עליית טמפרטורת הסביבה נוצרה שגיאת מדידה. הסבירו מדוע נוצרה השגיאה והציעו דרך לצמצם שגיאה זו.

(8 נקודות)

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

3. באיור א' לשאלה 3 מוצג מד זרימה אלקטרומגנטית למדידה של מהירות נוזל. האיור כולל את הצינור שבו זורם הנוזל ושתי אלקטרודות המסומנות בעיגולים שחורים. באיור ב' לשאלה 3 מוצג אופיין הזרם של מד הזרימה $i = f(v)$.

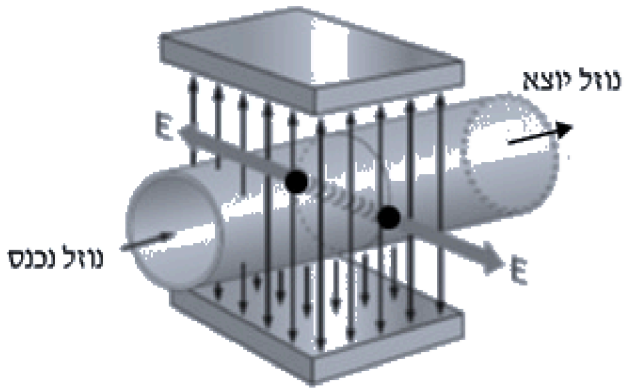
הנוזל אשר מהירותו נמדדת מושפע מהשטף המגנטי של מד הזרימה.

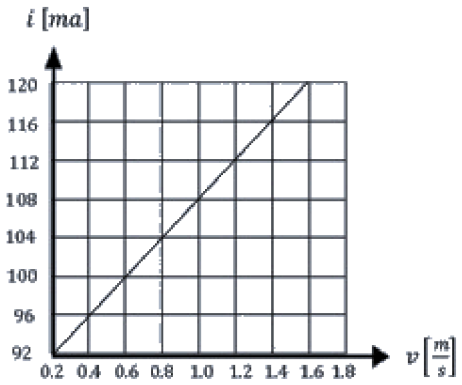
נתון:

- הרדיוס הפנימי של הצינור אשר בו זורם הנוזל $r = 16\,\text{mm}$.
- ספיקת הנוזל בתוך הצינור: $Q = 24\,\text{LPM}$.
- חיכוך הנוזל בתוך הצינור מוזנחת.

איור א' לשאלה 3: מדידת אלקטרומגנטית של מהירות נוזל.

איור ב' לשאלה 3: אופיין של מד הזרימה.





א. הסבירו, מהו עיקרון מדידת מהירות נוזלים באמצעים אלקטרומגנטיים? האם בשיטה זו אפשר למדוד מהירות של כל סוגי הנוזלים?

התייחסו לאיור א': מה מייצגים החצים הכפולים המאונכים? מהו תפקיד שתי האלקטרודות?

(4 נקודות)

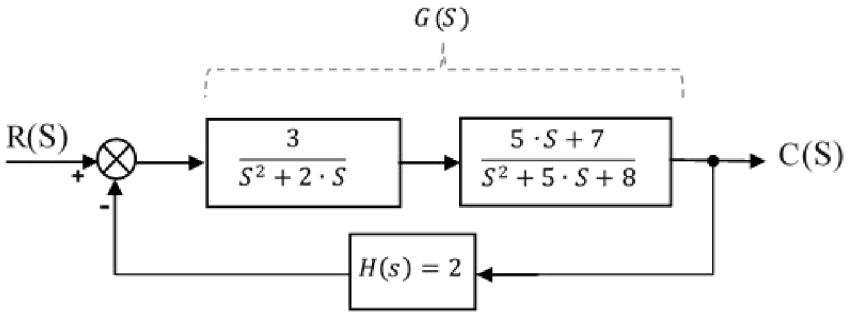
ב. לפי איור ב', מהי הנוסחה המקשרת בין הזרם i לבין מהירות הנוזל v , $i = f(v)$?

(7 נקודות)

ג. על פי הנתונים הרשומים לעיל, מהו הזרם $i\,[\text{mA}]$ הנמדד על ידי מד מהירות זרימת הנוזל?

(9 נקודות)

4. באיור לשאלה 4 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה.



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

א. רשמו את פונקציית התמסורת $G(s)\cdot H(s)$ בחוג הפתוח. רשמו תשובתכם כשבר עם פולינום במונה ופולינום במכנה, לדוגמה: $\frac{b_n\cdot S^n+b_{n-1}\cdot S^{n-1}+\cdots+b_1\cdot S^1+b_0}{a_m\cdot S^m+a_{m-1}\cdot S^{m-1}+\cdots+a_1\cdot S^1+a_0}$

(6 נקודות)

ב. מהו סוג המערכת? נמקו את תשובתכם. תשובה ללא נימוק לא תתקבל.

(4 נקודות)

ג. מהו סדר המערכת? נמקו את תשובתכם. תשובה ללא נימוק לא תתקבל.

(4 נקודות)

ד. מהי התדירות הזוויתית של התנודה המרוסנת ω_d של פונקציית התמסורת $G_1(s)=\frac{5\cdot S+7}{S^2+5\cdot S+8}$, שהיא חלק של $G(s)$.

(6 נקודות)

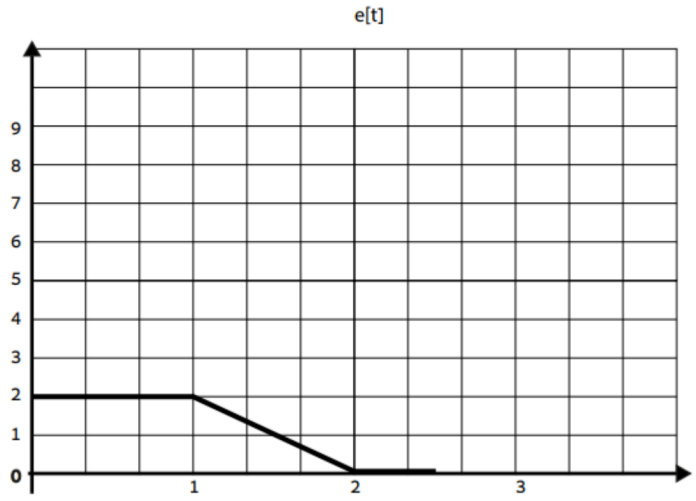
5. באיור א' לשאלה 5 מוצג אופיין שגיאה $e(t)$ של בקר PID שמקדם הנגזרת שלו $K_d = 0$ (בקר PI).

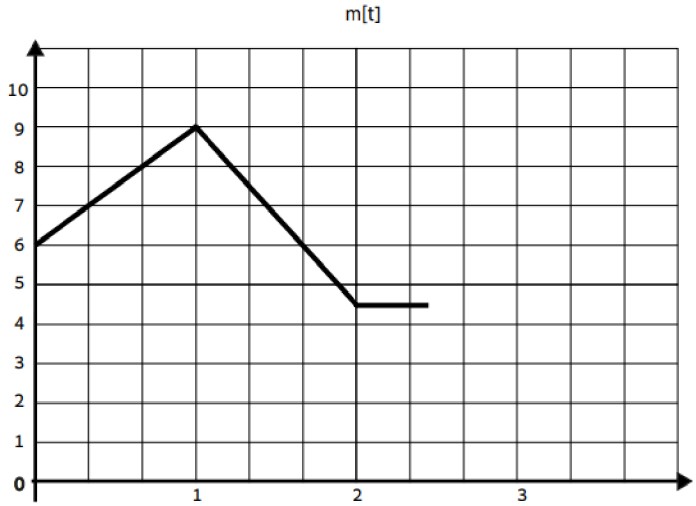
נוסחת תפוקת הבקר היא: $m(t) = K_P \cdot e(t) + K_I \cdot \int e(t) \cdot dt + K_d \cdot \frac{de}{dt}$.

באיור ב' לשאלה 5 מוצג אופיין תפוקת הבקר $m(t)$ לשגיאה שמוצגת באיור א'.

איור א' לשאלה 5: אופיין שגיאת הבקר $e(t)$.

איור ב' לשאלה 5: אופיין תגובת הבקר $m(t)$ לשגיאה שניתנה לו.





א. מהו הגבר החלק היחסי של הבקר K_p ?

(5 נקודות)

ב. מצאו את מקדם החלק האינטגרלי של הבקר.

(5 נקודות)

ג. מה התועלת בהוספת מקדם אינטגרלי לבקר P?

(4 נקודות)

ד. מה התועלת בהוספת מקדם דיפרנציאלי לבקר P?

(3 נקודות)

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

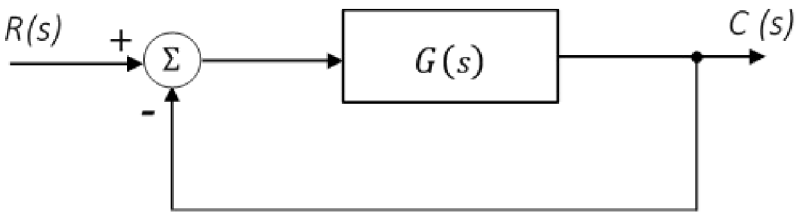
ה. מדוע בפרק הזמן $0 < t < 1$ תפוקת הבקר היא ליניארית?

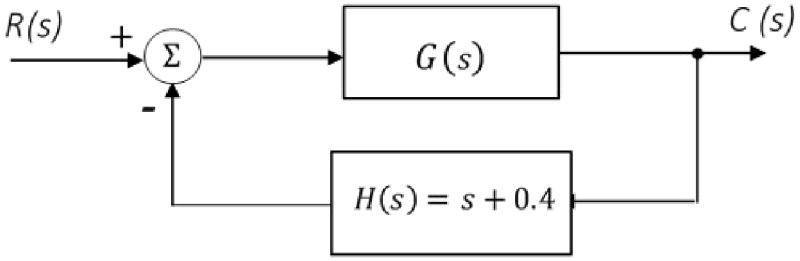
(3 נקודות)

6. נתונה פונקציית תמסורת $G(s) = \frac{1}{S^2+3 \cdot S+2}$. באיור א' לשאלה 6 מוצגת מערכת בקרה בסיסית מסדר שני. כדי לשפר את התגובה הדינמית של המערכת, הוסיפו לה משוב $H(s)$. מערכת הבקרה המשופרת מוצגת באיור ב'.

איור א' לשאלה 6: מערכת בקרה בסיסית.

איור ב' לשאלה 6: מערכת בקרה משופרת.





א. מהי פונקציית התמסורת של מערכת הבקרה הבסיסית $G_1(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$. מהי מנת הריסון ζ_1 של מערכת הבקרה הבסיסית.

(8 נקודות)

ב. מהי פונקציית התמסורת של מערכת הבקרה המשופרת $G_2(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$. מהי מנת הריסון ζ_2 של מערכת הבקרה המשופרת.

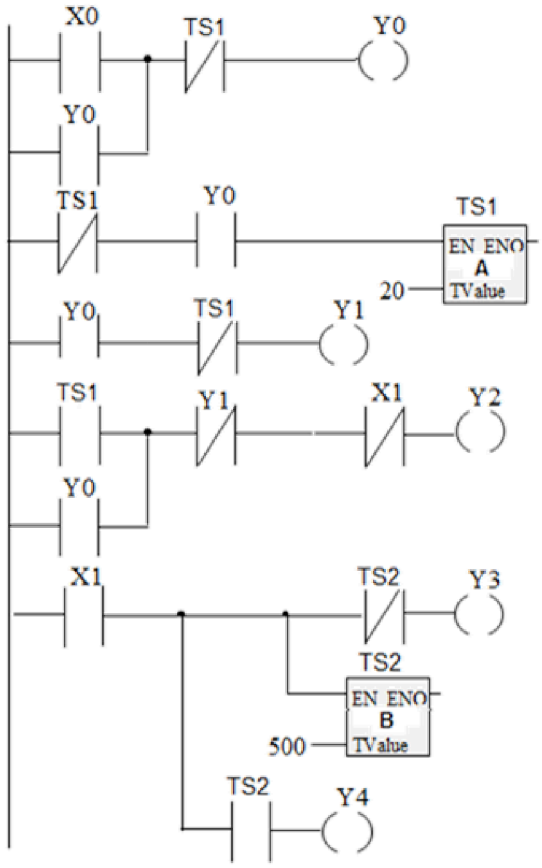
(9 נקודות)

ג. בכמה אחוזים השתפרה מנת הריסון המשופרת ביחס למנת הריסון הבסיסית?

(3 נקודות)

7. באיור לשאלה 7 מוצגת דיאגרמת סולם של בקר מִתַּכנת להפעלת מכונת קפה באמצעות בקרה לוגית.
להלן שלבי הפעלת מכונת הקפה:

1. הכנסת מטבע מתאים גורמת לכוס (ריקה) לצאת מיד לאזור המזיגה.
2. כמות קפה (אבקה) מוזנת לתוך מֵכַל ערבוב במשך שתי שניות.
3. בתום שתי השניות, מים חמים מוזרמים לתוך מֵכַל הערבוב.
4. חיישן במֵכַל הערבוב מבקר את כמות המים המוזרמים לתוכו כאשר הוא מזהה שני מצבים:
א. האם המֵכַל מלא במים. ב. האם המֵכַל ריק ממים.
5. לאחר מילוי המים, המערכת מערבבת את המים עם הקפה במשך חמישים שניות.
6. בתום חמישים השניות, הקפה מוכן ומועבר ממֵכַל הערבוב לכוס.



א. בהסתמך על דיאגרמת הסולם, כמה משתני קלט ישנם? רשמו את שמותיהם ואת תפקידיהם.
(7 נקודות)

ב. בהסתמך על דיאגרמת הסולם, כמה משתני פלט ישנם? רשמו את שמותיהם ואת תפקידיהם.
(7 נקודות)

ג. בדיאגרמת הסולם: מהם שני הבלוקים המסומנים ב-A וב-B? רשמו את תפקידיהם.
(6 נקודות)

8. שאלה זו עוסקת בהליך פתיחה וסגירה של שסתום ממונע. כאשר לוחצים על הלחצן open (איור ד') השסתום נפתח באופן הדרגתי כמוצג באיור א' וכאשר לוחצים על הלחצן close השסתום נסגר באופן הדרגתי כמוצג באיור ב'.

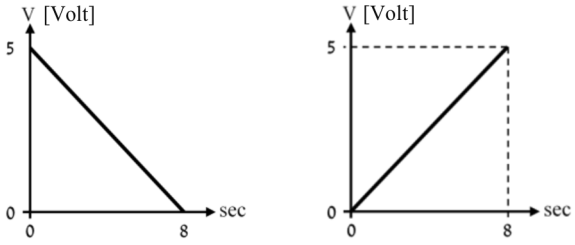
השסתום מחובר לבקר דרך כרטיס פלט שיש לו 10 סיביות והוא פועל במתח מרבי של 5 וולט.

איור א': פתיחה.

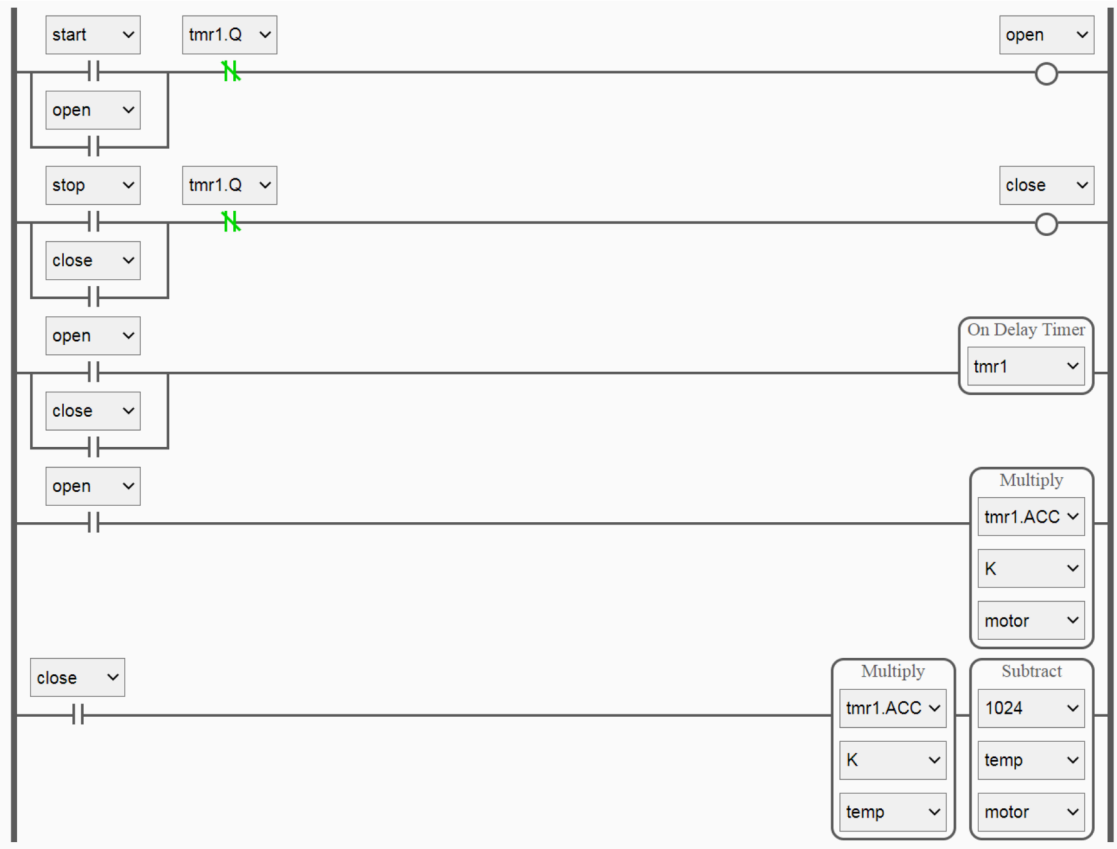
איור ב': סגירה.

איור ג': הגדרות קלט (שני לחצנים) ופלט (מנוע).

איור ד': דיאגרמת סולם של המערכת.



קלט		פלט	
Start	לחצן הפעלת המנוע	motor	אות מוצא להפעלת המנוע
Stop	לחצן הפסקת המנוע		



א. הסבירו, מה מתבצע בשורה הראשונה של דיאגרמת הסולם?

(3 נקודות)

ב. הסבירו, מה מתבצע בשורה השנייה של דיאגרמת הסולם?

(3 נקודות)

ג. הסבירו, מה מתבצע בשורה השלישית של הדיאגרמה? לכמה זמן מכוון קוצב הזמן (טיימר)?

(3 נקודות)

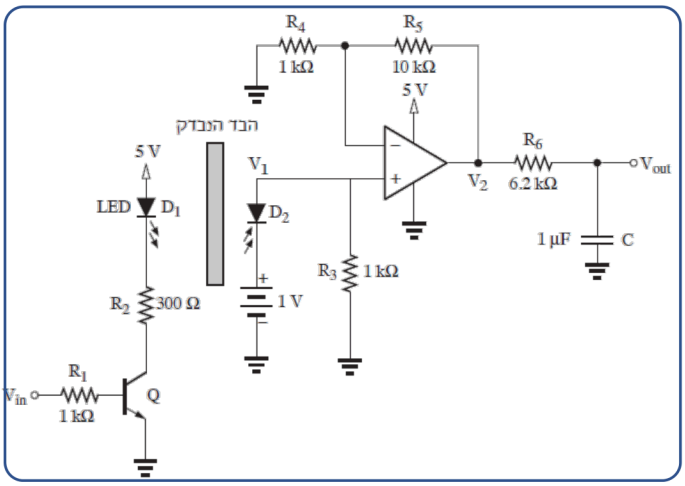
ד. הסבירו, מה מתבצע בשורה הרביעית של הדיאגרמה? מה תפקידו של המשתנה K ומה הוא ערכו?

(5 נקודות)

ה. הסבירו, מה מתבצע בשורה החמישית של דיאגרמת הסולם? מה תפקידו של המשתנה temp?

(6 נקודות)

9. באיור לשאלה 9 מוצג תרשים של מעגל חשמלי לבדיקת עובי של קרטון תעשייתי.



D_1 היא פוטודיודה שתפקידה לקלוט אור.

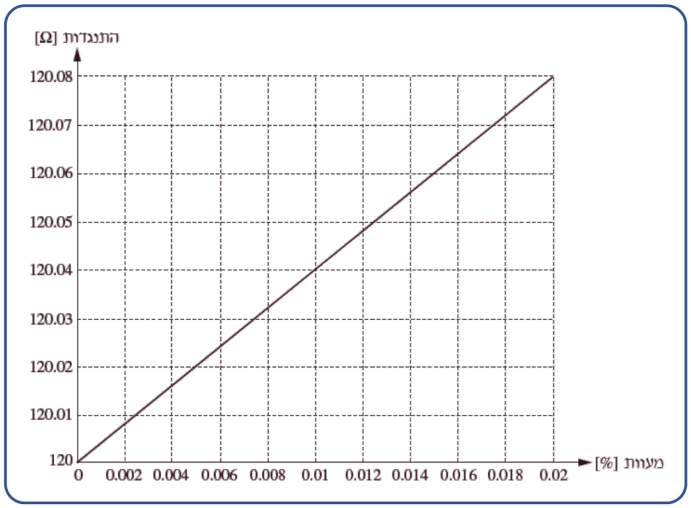
D_2 היא דיודה שתפקידה לפלוט אור.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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

10. באיור לשאלה 10 נתון אופיין של מד-מעוות המתאר את ההתנגדות החשמלית [Ω] כפונקציה של המעוות [%].



כאשר התנגדות מד-מעוות תהיה $120.02\ [\Omega]$. ערכו של המעוות יהיה קטן מ- 0.008% .

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

11. מנוע מחובר למקודד אינקרמנטלי בעל 20 חלונות. הזווית המִזערית של המנוע שניתן למדוד אותה באמצעות המקודד היא $\frac{\pi}{10}$ רדיאן.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

12. המספר 113 בבסיס עשרוני שווה ל-1110011 בבסיס בינארי.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

13. בטבלה של שאלה 13 נתון הקשר בין ההתנגדות לטמפרטורה בתרמיסטור מסוים:

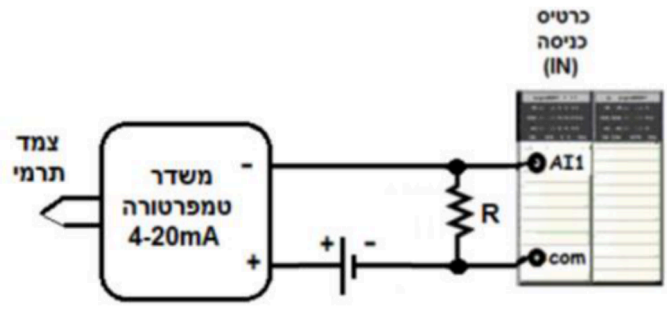
Temp. °C	R ohms	Temp. °C	R ohms	Temp. °C	R ohms	Temp. °C	R ohms
–40	75.79 K	12	4075	32	1668	60	560.7
–35	54.66 K	13	3887	33	1599	65	469.4
–30	39.86 K	14	3708	34	1534	70	394.9
–25	29.38 K	15	3539	35	1471	75	333.5
–20	21.87 K	16	3379	36	1412	80	283.1
–15	16.43 K	17	3226	37	1355	85	241.3
–10	12.46 K	18	3082	38	1301	90	206.5
–5	9534	19	2944	39	1249	95	177.5
0	7355	20	2814	40	1200	100	153.2
1	6990	21	2690	41	1153	105	132.7
2	6645	22	2572	42	1108	110	115.4
3	6319	23	2460	43	1065	115	100.6
4	6011	24	2354	44	1024	120	88.1
5	5720	25	2253	45	984.2	125	77.4
6	5444	26	2156	46	946.6	130	68.2
7	5184	27	2065	47	910.6	135	60.2
8	4937	28	1977	48	876.2	140	53.4
9	4704	29	1894	49	843.2	145	47.4
10	4483	30	1845	50	811.7	150	42.3
11	4273	31	1740	55	672.9		

לפי נתוני הטבלה ניתן להסיק שהתרמיסטור הוא מסוג PTC.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

14. באיור לשאלה 14 מוצג חיבור של משדר טמפרטורה לכניסה אנלוגית של בקר מִתַּכנת.



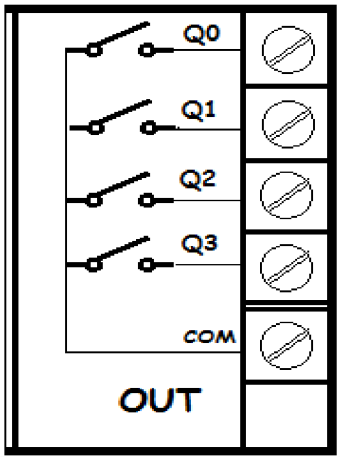
ערכו של הנגד R המופיע באיור הוא 500 אוהם. תפקידו של הנגד להמיר זרם $4\,\text{mA}$ עד $20\,\text{mA}$ המתקבל מהמשדר למתחי כניסה בתחום: $1\,V_{DC}$ עד $5\,V_{DC}$.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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

15. באיור לשאלה 15 מוצג כרטיס יציאה מסוג ממסר (relay).

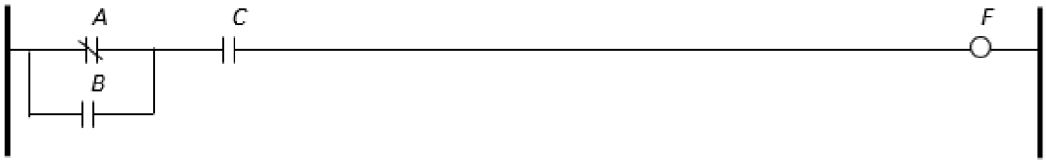


בכרטיס זה חייבים לחבר (-) לנקודה com כדי שנוכל למתג צרכן כלשהו.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

16. באיור לשאלה 16 מוצגת פונקציה לוגית בדיאגרמת סולם.

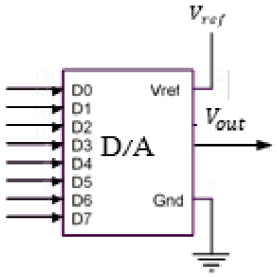


הפונקציה הלוגית היא: $F = (\bar{A} + B) \cdot C$.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

17. באיור לשאלה 17 מוצג כרטיס יציאה של בקר מִתַּכנת המכיל ממיר ספרתי לתקבילי D/A.
נתון: $V_{ref} = 6.4\,\mathrm{V}$. אות המבוא לממיר הוא: $(10110100)_2$.



מתח המוצא עבור אות המבוא הנתון הוא: $V_{out} = 4.5\,\mathrm{V}$.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

18. באיור לשאלה 18 מוצגת טבלה שהיא חלק מנתוני בקר CPL1-EXXX-D של חברת Omron.

Type		EM CPU Units		EL CPU Units
Model		CP1L-EM40DR-D CP1L-EM40DT-D CP1L-EM40DT1-D	CP1L-EM30DR-D CP1L-EM30DT-D CP1L-EM30DT1-D	CP1L-EL20DR-D CP1L-EL20DT-D CP1L-EL20DT1-D
Power supply		24 V DC		
Program capacity(See note 3.)		10K steps		5K steps
FB capacity		10K steps		
DM Area capacity		32K words		10K words
Maximum number of I/O points		160 (See note 1.)	150 (See note 1.)	60 (See note 2.)
Normal I/O	I/O points	40	30	20
	Input points	24	18	12
	Input specifications	24 VDC		
	Interrupt or quick-response inputs	6 max		
	Output points	16	12	8
	Output specifications	Relay outputs: Model numbers with "R" before the final suffix Transistor outputs, sinking: Model numbers with "T" before the final suffix Transistor outputs, sourcing: Model numbers with "T1" before the final suffix		
High-speed counter inputs		4 counters/2 axes, 100 kHz (single-phase), 100 kHz for up/down pulses or pulse plus direction, 50 kHz for differential phases		
Pulse outputs		2 axes, 100 kHz (transistor outputs)		
Built-in analog input		2 channels		
Built-in Ethernet port		1		

בטבלה ניתן לראות שבקר זה של חברת Omron מכיל שני ערוצי מבוא תקביליים.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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