GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2025 מועד ב'
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

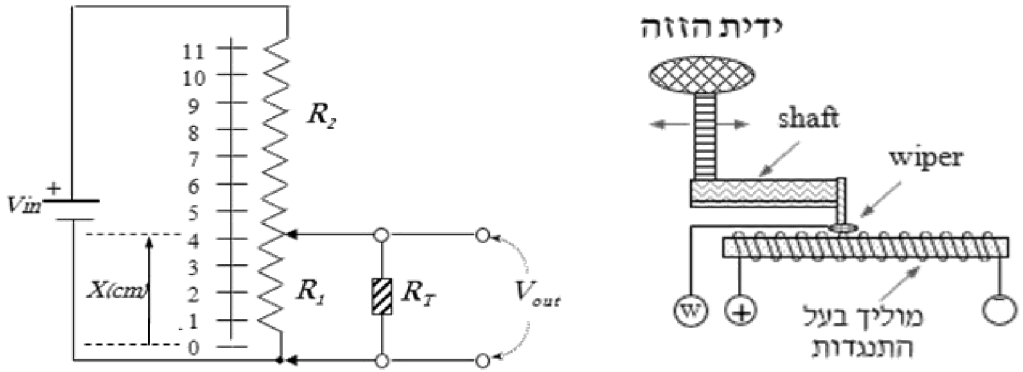
1. באיור א לשאלה 1 מוצגת מערכת מכנית למדידת מיקום. המערכת ממירה תזוזה ליניארית למתח באמצעות פוטנציומטר קווי וליניארי. זחלן הפוטנציומטר (wiper) מחובר למוט (shaft), והמתח במוצאו V_{out} הוא יחסי לתזוזת הזחלן. באיור ב לשאלה 1 מתואר המעגל החשמלי של המערכת, כאשר R_T משמש כמתמר בעל התנגדות אומית . R_T ו- R_1 ו- R_2 הן ההתנגדויות של קטעי הפוטנציומטר משני צדי הזחלן, וסכומן הוא התנגדות הפוטנציומטר.

המרחק X מקבל ערכים שלמים מ-1 עד 11 סנטימטר.

נתון: $R_1 + R_2 = 27\,\text{k}\Omega$; $V_{in} = 21\,\text{V}$; R_1 - התנגדות הפוטנציומטר עד לנקודת החיבור בזחלן.

איור א לשאלה 1: מערכת למדידת מיקום.

איור ב לשאלה 1: מעגל חשמלי.



א. האם התנגדות המתמר R_T משפיעה על התלות שבין V_{out} לבין המרחק X? נמקו את תשובתכם.

(3 נקודות)

ב. לצורך מדידה מדויקת יותר, האם רצוי שהתנגדות המתמר R_T תהיה גדולה בהרבה מהתנגדות קטע הפוטנציומטר R_1 , או קטנה ממנה בהרבה? נמקו את תשובתכם.

(3 נקודות)

ג. הניחו שהתנגדות המתמר גדולה מאוד $(R_T = \infty)$ והזחלן נמצא במרחק $x = 7\,\text{cm}$. חשבו את מתח המוצא V_{out} במצב זה.

(4 נקודות)

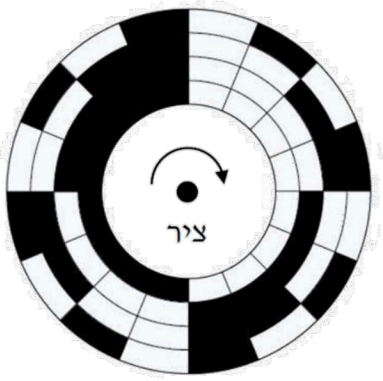
ד. חזרו וענו על סעיף ג כאשר $R_T = 120\,\Omega$.

(4 נקודות)

ה. חשבו את השגיאה באחוזים שנגרמת מההתחשבות בהתנגדות החיישן $R_T = 120\,\Omega$ של המתמר. בתשובתכם הסתמכו על התוצאות שקיבלתם בסעיפים ג ו-ד לעיל.

(6 נקודות)

2. באיור לשאלה 2 מוצג מקודד אופטי אבסולוטי (Absolute Encoder). המקודד מותקן על ציר מנוע כדי למדוד את התנועה הסיבובית שלו. התאים השחורים מייצגים את הסיבית 0, והתאים הלבנים מייצגים את הסיבית 1. כאשר המנוע נמצא במצב התחלתי מוצגת המילה הבינארית 0000.



א. מהי הזווית המזערית (במעלות) של המנוע שהמקודד יכול למדוד?

(5 נקודות)

ב. במוצא המקודד מוצגת המילה הבינארית 1010. מהי זווית הסיבוב של המנוע, יחסית למצבו ההתחלתי עבור מילה בינארית זו?

(5 נקודות)

ג. המנוע ביצע תנועה סיבובית של 120 מעלות מהמצב ההתחלתי. מהי המילה הבינארית שמוצגת במוצאו של המקודד עבור זווית הסיבוב שבוצעה?

(5 נקודות)

ד. המנוע מסובב תוף הרמה דרך תמסורת גלגלי שיניים. יחס ההפחתה של התמסורת הוא $n = 1 \div 5$. חשבו את הזווית המזערית של התוף (במעלות) שהמקודד יכול למדוד.

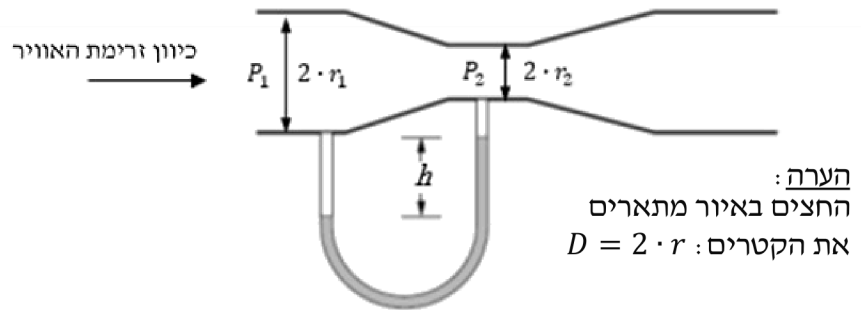
(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצג צינור ונטורי למדידת מהירות זרימת אוויר. מהירות האוויר $v_1 = 15\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$. צפיפות האוויר $\rho_1 = 1.3\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. רדיוס הצינור בחלקו הרחב $r_1 = 1.0\,\mathrm{cm}$, ובחלקו הצר $r_2 = 0.5\,\mathrm{cm}$.

צינור המדידה המעוגל ממולא בכספית. צפיפות הכספית היא $\rho_2 = 13{,}600\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

לחץ האוויר בצד הרחב: P_1 . לחץ האוויר בצינור בחלק הצר: P_2 .

הערה: החצים באיור מתארים את הקטרים: $D = 2 \cdot r$.



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

א. מהו הגורם להפרש הגבהים h בצינור המדידה? התייחסו בתשובתכם ללחצים P_1 ו- P_2 .

(4 נקודות)

ב. מהי הנוסחה המקשרת בין הגובה h ובין הלחצים P_1 ו- P_2 ? רשמו נוסחה כללית ללא ערכים.

(6 נקודות)

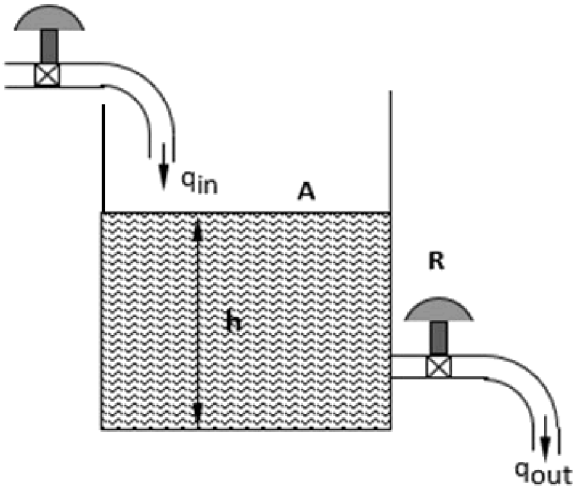
ג. מהי הנוסחה המקשרת בין הגובה h ובין מהירויות האוויר v_1 ו- v_2 ? רשמו נוסחה כללית ללא ערכים.

(10 נקודות)

4. באיור לשאלה 4 מוצג מתקן תעשייתי, הכולל מְכָל 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 פנים של המְכָל: $A = 1.98\,\mathrm{m}^2$
- גובה המים במצב מתמיד: $h(\infty) = 0.73\,\mathrm{m}$
- ספיקות המים במצב מתמיד: $q_{in}(t) = q_{out}(t) = 0.24\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{hour}}$



א. מהי ההתנגדות ההידראולית R של ברז הריקון? מהו קבוע הזמן τ 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)

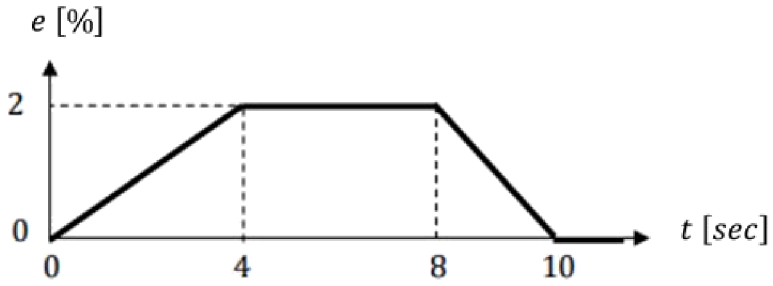
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ד. כתוצאה מתקלה במערכת, ספיקת המים q_{in} עלתה באופן פתאומי ל- $0.49\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{hour}}$.
פַּתחו ביטוי עבור התגובה הדינאמית $h(t)$ כתלות של השינוי הפתאומי q_{in} .

(8 נקודות)

5. א. הסבירו מהו בקר מסוג PI . רשמו את משוואת בקר זה. סמנו בכל חלק של המשוואה את סוג הבקר שהוא מייצג. רשמו הסבר לכל משתנה במשוואת הבקר.

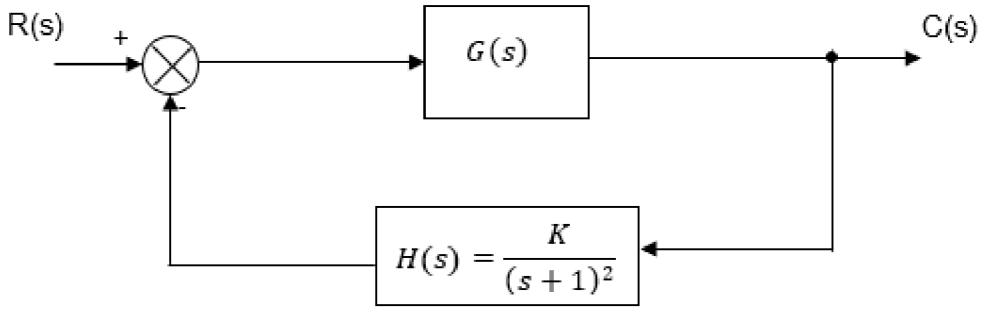
(6 נקודות)



ב. באיור לשאלה 5 מוצג אות שגיאה במבוא בקר מסוג I , שנתוניו הם אלה: תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס $P_0 = 15\%$; הגבר אינטגרלי $k_i = 2\,[\mathrm{sec}^{-1}]$.
חשבו ושרטטו את תגובת הבקר לאות המתואר באיור לשאלה.
איור לשאלה 5: אות השגיאה במבוא בקר מסוג I .

(14 נקודות)

6. באיור לשאלה 6 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה בחוג סגור:



א. נתונה פונקציית התמסורת של החוג הסגור $G_f(s)$. מהי פונקציית התמסורת של החוג הפתוח $G(s)$?

$$G_f(s) = \frac{(s+1)^2}{(s+1)^2 \cdot (s^2+6 \cdot s+8)+K}$$

(9 נקודות)

ב. מהי המשוואה האופיינית של מערכת הבקרה?

(3 נקודות)

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

ג. לפי הקריטריון של ראוט (Routh), מהו תחום הערכים של K , שעבורו מערכת הבקרה תהיה יציבה?

(8 נקודות)

7. בחדר כספות של בנק יש שתי כניסות: כניסה ראשית A, וכניסה משנית B. עליכם לתכנן, בעזרת בקר מִתַּכנת, מערכת אזעקה מפני פריצות לחדר הכספות של הבנק. לניטרול מערכת האזעקה יש להפעיל מתג C.

הפעלת מתג C, מאופשרת רק באמצעות מפתח מיוחד הנמצא ברשות העובדים המוסמכים להיכנס לחדר הכספות. עובד שאינו מוסמך אשר נכנס לחדר הכספות גורם להפעלת מערכת האזעקה.

השתמשו במשתנים האלו:

A - מפתח לכניסה ראשית.

B - מפתח לכניסה משנית.

C - מתג להפעלת מפתח מיוחד.

F - נטרול מערכת האזעקה.

א. רשמו טבלת אמת של מערכת האזעקה.

(6 נקודות)

ב. כתבו את הפונקציה הבוליאנית של המערכת.

(5 נקודות)

ג. ממשו את המערכת בשפת FBD או בשפת דיאגרמת סולם.

(9 נקודות)

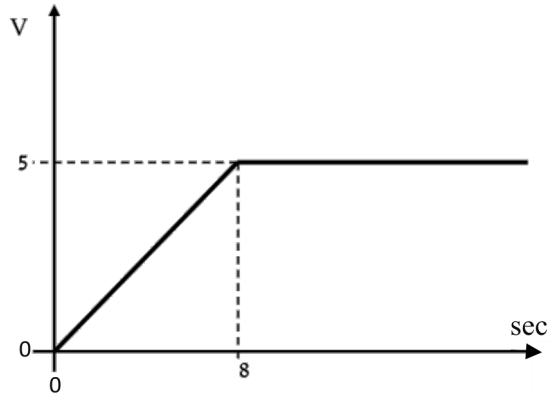
8. נתון כרטיס יציאה של בקר מִתַּכנת הכולל מתמר D/A. כרטיס היציאה, המספק זרם התנעה למנוע D.C, כולל 10 סיביות ויכול לייצר מתח מרבי של 5 וולט. המתח למנוע עולה ברצף, כפי שמוצג באיור ב לשאלה 8. איור א לשאלה 8 מציג פקודות שליטה על הבקר המִתַּכנת ואת אות המוצא. איור ג לשאלה 8 מציג את דיאגרמת הסולם של הפעלת המנוע.

איור א לשאלה 8: פקודות שליטה על הבקר המִתַּכנת ואות המוצא.

איור ב לשאלה 8: מתח התנעת המנוע.

איור ג לשאלה 8: דיאגרמת הסולם של הפעלת המנוע.

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





א. הסבירו מה תפקיד המשתנה הבוליאני system בשורה הראשונה. ציינו מה ערכו בזמן האצת המנוע, בזמן פעולה במהירות קבועה ובזמן עצירה.

(5 נקודות)

ב. הסבירו מה קורה בשורה השלישית וחשבו את ערכו של K.

(5 נקודות)

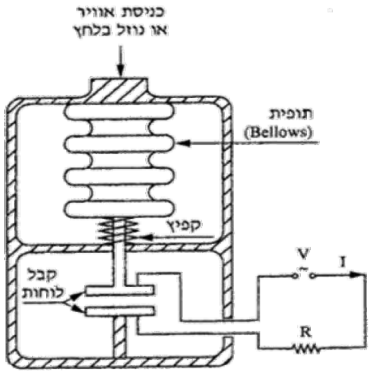
ג. הסבירו מה תפקיד השורה הרביעית בדיאגרמה וחשבו את ערכו של H.

(5 נקודות)

ד. חשבו מה יהיה ערכו של המשתנה motor, 3 שניות לאחר הפעלת המערכת ומה יהיה מתח המוצא.

(5 נקודות)

9. באיור לשאלה מספר 9 מוצג מתמר לחץ קיבולי.

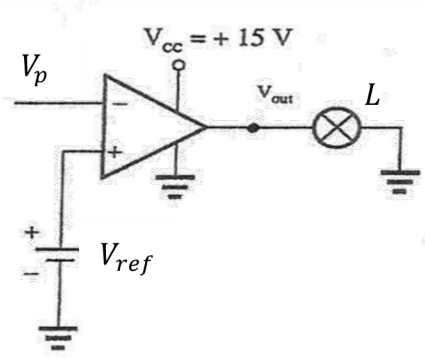


עיקרון הפעולה של המתמר מבוסס על השינוי של המרחק בין הלוחות של הקבל עקב שינוי בלחץ הנמדד.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

10. באיור לשאלה מספר 10 מוצג מעגל חשמלי הכולל מגבר שרת (Operational Amplifier).

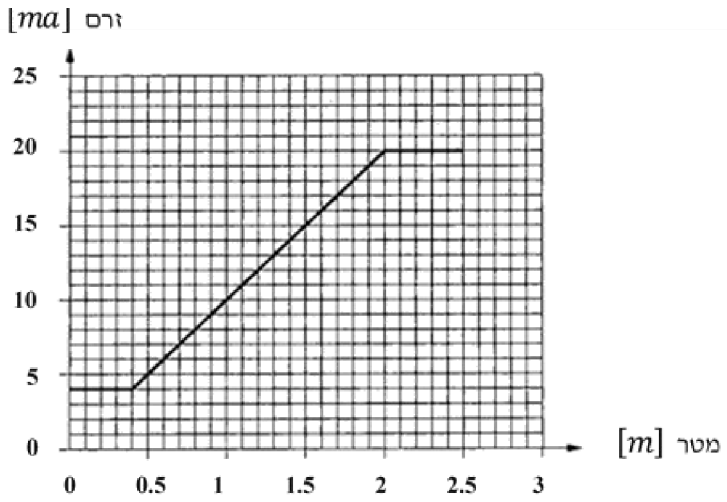


כאשר $V_p = 10\,V$ ו- $V_{ref} = 5\,V$, הנורית L דולקת.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

11. באיור לשאלה 11 מוצג אופיין של מתמר מפלס.

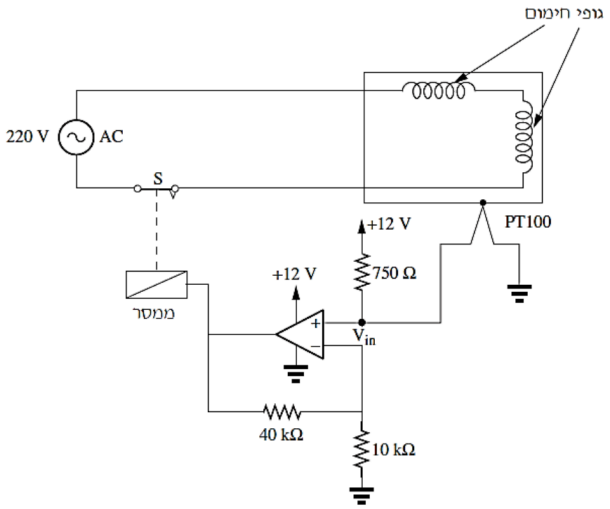


תחום המדידה של המתמר הוא בין 0 ל-2.5 מטרים.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

12. באיור לשאלה 12 מוצג תרשים מעגל חשמלי של תנור חימום: החיישן מסוג PT100 הוצמד לתנור כדי להגן עליו מפני חימום יתר.



המערכת כוללת ממסר בעל מגע S מסוג (Normally Open) .N.O.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

13.

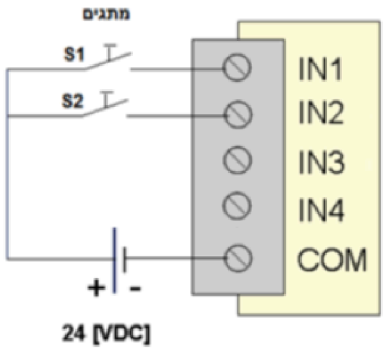
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

נתון כי תחום המתחים במוצאו של צמד תרמי הוא: $20 \div 80\,\mathrm{mV}$, בהתאמה לתחום הטמפרטורות שלו $200 \div 600^{\circ}\mathrm{C}$. קבוע הצמד התרמי בנתונים אלו הוא: $K_{TC} = 0.15\,[\frac{\mathrm{mV}}{^{\circ}\mathrm{C}}]$.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

14. איור לשאלה 14 מציג שני מתגים המחוברים לכרטיס כניסה דיגיטלי של בקר מִתַּכנת.

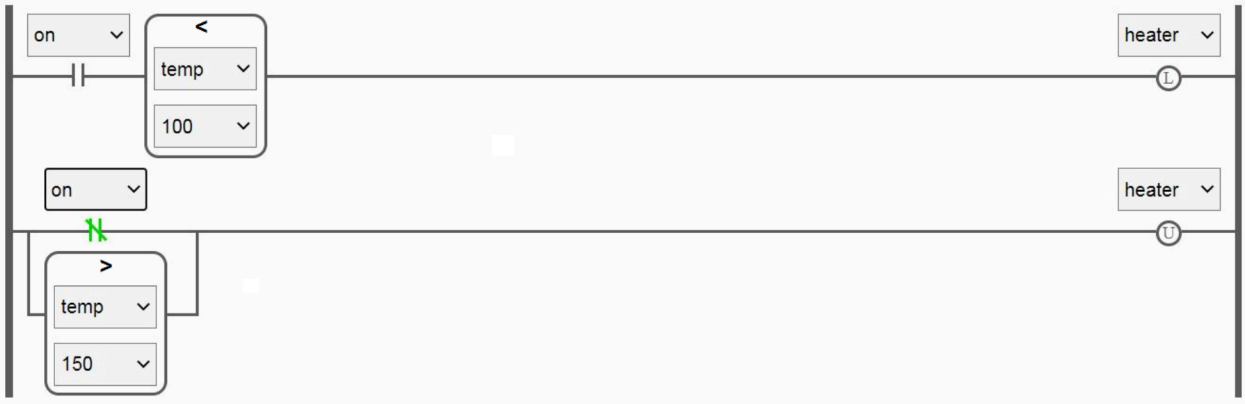


כרטיס הכניסה באיור הוא מסוג source.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

15. באיור לשאלה 15 מוצגת דיאגרמת סולם לבקרת טמפרטורה השולטת על גוף חימום heater. המערכת כוללת מפסק on, המשמש להפעלה ולהפסקה של המערכת. המערכת כוללת חיישן טמפרטורה אנלוגי הפועל בתחום של $0 \div 200^{\circ}\mathrm{C}$ והמעביר את הטמפרטורה הנמדדת למשתנה temp. כאשר ערכו של המשתנה temp שווה ל-100, הטמפרטורה היא $100^{\circ}\mathrm{C}$. כאשר ערכו של המשתנה temp שווה ל-150, הטמפרטורה היא $150^{\circ}\mathrm{C}$.



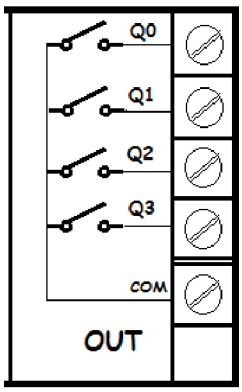
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

מדיאגרמת הסולם אפשר לראות כי מתקיימת אחזקה עצמית.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

16. באיור לשאלה 16 מוצג כרטיס יציאה מסוג ממסר (relay).



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

- נכון
- לא נכון

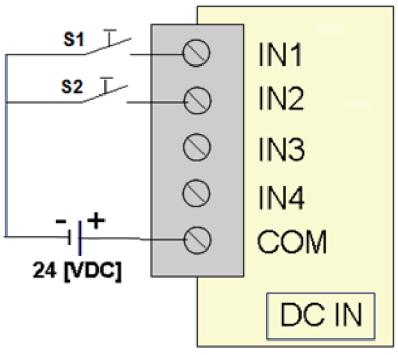
(2 נקודות)

17. באיור א לשאלה 17 מוצג חלק מדף נתונים של יצרן בקרים.

באיור ב לשאלה 17 מוצגת סכמת חיבורים לכרטיס כניסה של הבקר.

איור א לשאלה 17: חלק מדף נתונים של יצרן בקרים.

איור ב לשאלה 17: סכמת חיבורים לכרטיס כניסה של הבקר.



DC - Inputs	
Inputs per Module	4 Sink
Operating Voltage Range	24 VDC
Input Voltage Range	21.6-26.4VDC
Input Current	Typ 5 mA @ 24 VDC
ON Voltage Level	> 19 VDC
OFF Voltage Level	< 4 VDC

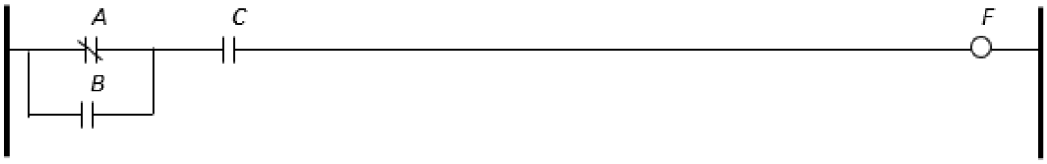
סכמת החיבורים באיור ב תואמת לסוג הכרטיס המפורט בדף היצרן באיור א.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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

18. **באיור לשאלה 18 מוצגת בדיאגרמת סולם הפונקציה הלוגית:** $F = (\bar{A} + B) \cdot C$.



הפונקציה הלוגית הנתונה מתאימה לדיאגרמת הסולם.

- **נכון**
- **לא נכון**

(2 נקודות)

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