GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2024 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 4 מתוך 8 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 (שאלות 9-18): 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 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 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!

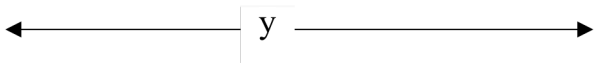
השאלות

1. באיור לשאלה 1 מתואר חיישן אולטרה סוני - Ultrasonic Sensor. החיישן המתואר נמצא במרחק y מקיר. הסרגל המתואר באיור הוא לצורך המחשה בלבד ולכן הוא מתואר ללא יחידות.

נתון:

- מהירות הקול באוויר $v_{sound}(air) = 1234.8\,\frac{\text{km}}{\text{hour}}$.
- מהירות הקול במים גדולה פי 4.3 מהמהירות באוויר.

איור לשאלה 1: חיישן אולטרה סוני במרחק x מקיר.



א. מהו חיישן אולטרה סוני וכיצד הוא פועל?

(6 נקודות)

ב. מהו המרחק y מהקיר אם פרק הזמן של שידור וקליטת גל הקול האולטרה סוני נמשך $t = 28.8\,\text{msec}$?

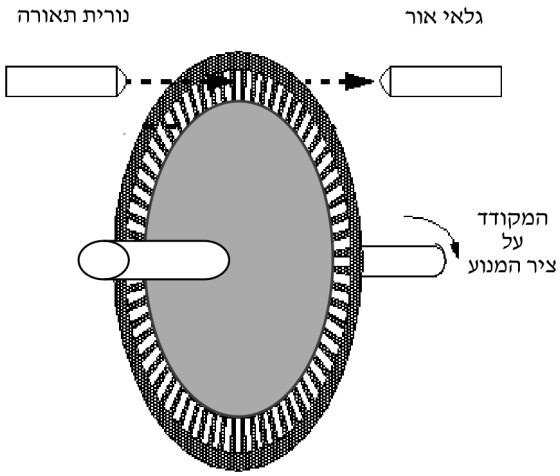
(7 נקודות)

ג. הציבו את המערכת המתוארת באיור לעיל בבריכת שחייה. המרחק בין החיישן לדופן הפנימית של הבריכה הוא $y = 7.6\,\text{m}$. מהו משך הזמן (ביחידות ms) של שידור גל הקול וקליטתו?

(7 נקודות)

2. באיור לשאלה 2 מוצג מקודד אופטי של סיבית אחת One-Bit Optical Decoder, הכולל 60 חריצים. המקודד האופטי מותקן על צירו של מנוע.

איור לשאלה 2: מקודד אופטי מותקן על ציר המנוע.



א. מה אפשר למדוד בעזרתו של המקודד הנתון?

(5 נקודות)

ב. מהו כושר ההבחנה במעלות $Resolution\,[^\circ]$ של המקודד הנתון?

(5 נקודות)

ג. כמה דפקים חשמליים y נוצרים כאשר המנוע מסתובב בזווית של 204° ?

(5 נקודות)

ד. מדדו 12 דפקים בפרק זמן של $20\,\text{ms}$. מהי מהירות הסיבוב של המנוע n ביחידות rpm ?

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצגת מערכת לפתיחה ולסגירה של שער חשמלי. המערכת כוללת: מנוע צעד M, גלגל שיניים, מוט שיני הזזה ומעגל אלקטרוני E המייצר דפקים ומחובר למנוע. מנוע הצעד M מסתובב באמצעות הדפקים שניתנים לו מהמעגל האלקטרוני E. סדרת דפקים מסויימת מסובבת את המנוע ימינה וסדרת דפקים אחרת מסובבת את המנוע שמאלה. השער תלוי על מוט שיני ההזזה ורוחבו שלושה מטר.

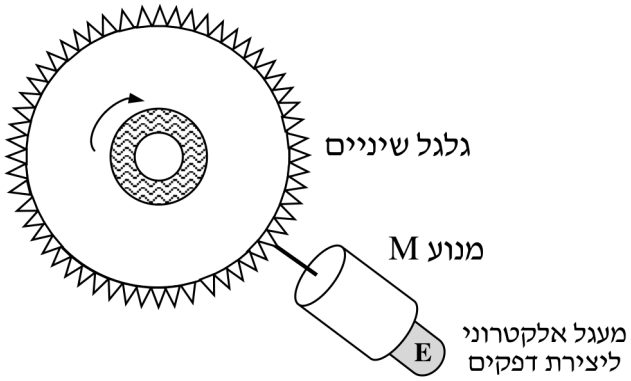
נתון:

- פונקציית התמסורת של המנוע $G_M = 1080\,\frac{pulse}{360^\circ}$.
- פרק הזמן שעובר בין דופק אחד למשנהו $T = 15\,\text{msec}$.
- גלגל השיניים מכיל 90 שיניים.

נתון:

- מוט השיניים מכיל 300 שיני הזזה (רק חלק מהמוט מתואר באיור).
- אורך המוט שלושה מטר, כלומר אורך הבסיס של כל שן הוא ס"מ אחד.
- שיני גלגל השיניים ושיני מוט ההזזה מותאמות ביניהן.

איור לשאלה 3: מערכת פתיחה/סגירה שער חשמלי.



א. מהו הרדיוס r של גלגל השיניים?

(3 נקודות)

ב. כמה דפקים n_1 דרושים כדי לסובב את המנוע ב- 70° ?

(4 נקודות)

ג. כמה דפקים n_2 דרושים כדי לסובב את גלגל השיניים ב-52 שיניים?

(4 נקודות)

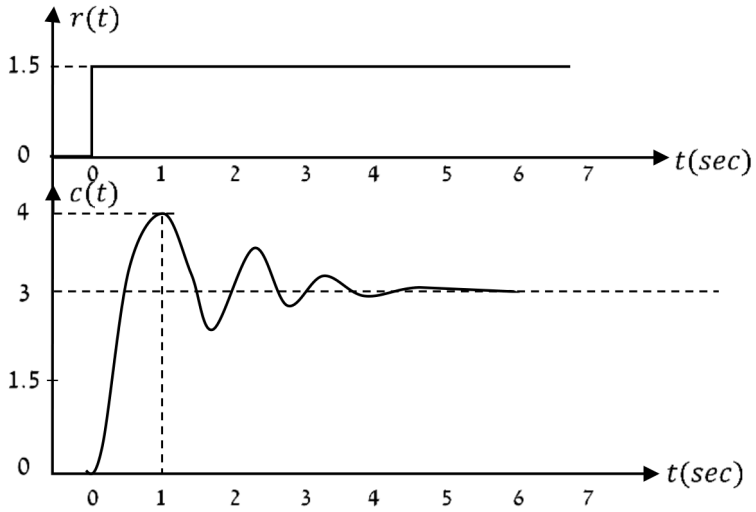
ד. כמה דפקים n_3 דרושים כדי לקדם את מוט שיני ההזזה ב-1.2 מטר?

(4 נקודות)

ה. כמה זמן t נדרש כדי לסגור או לפתוח את השער במלואו? רוחב השער כאורך מוט שיני ההזזה.

(5 נקודות)

4. באיור לשאלה 4 בחברת הזנק (Startup Company) בודקים התנהגות של מערכת בקרה מסוימת. למערכת זו נותנים אילוץ מדרגה $r(t)$ בגובה 1.5 ובודקים את תגובת המערכת $c(t)$. באיורים א' ו-ב' לשאלה 4 מוצגים אות המבוא ואות המוצא (התגובה) בהתאמה.
משוואת המערכת במישור לפלס: $S^2 \cdot C(s) + S \cdot a \cdot C(s) + b \cdot C(s) = K_{st} \cdot R(s)$.
איור א' לשאלה 4: אות המבוא, אילוץ $r(t)$ מדרגה בגובה 1.
איור ב' לשאלה 4: אות המוצא, תגובת המערכת $c(t)$.



א. מהו ההגבר הסטטי K_{st} של המערכת? על פתרונכם להתבסס על הנתונים מהאיורים לעיל.

(5 נקודות)

ב. מהו מקדם הריסון ξ של מערכת הבקרה? ומהי התדירות הטבעית ω_n שלה? על פתרונכם להתבסס על הנתונים מהאיורים לעיל. רמז לפתרון: תגובת יתר - Overshoot.

(7 נקודות)

ג. מהם הפרמטרים a , b במשוואת המערכת הנתונה?

(8 נקודות)

5. נתונה פונקציית התמסורת:

$$G(s) = \frac{3}{0.5 \cdot s^2 + 5.5 \cdot s + 15}$$

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

א. מהי התמרת לפלס ההפוכה $g(t)$ של הפונקציה הנתונה?

הכוונה לפתרון:

1. יש לשנות את הפונקציה $G(s)$ לפונקציה קנונית (המקדם של s^2 שווה ל-1).
2. יש להפוך את הפונקציה $G(s)$ למכפלת שתי פונקציות מהסוג: $\frac{a}{s+b} \cdot \frac{c}{s+d}$
3. יש לחשב את המקדמים: a, b, c, d ולהיעזר בטבלת התמרות לפלס לסיום הפתרון.

(6 נקודות)

ב. מהו ערכה של התדירות הטבעית ω_n של הפונקציה $G(s)$ ומהו מקדם הריסון ξ ?

(6 נקודות)

ג. מהו מצב יציבותה של הפונקציה $C(s)$? תשובות אפשריות: יציבה, לא יציבה, על סף יציבות.

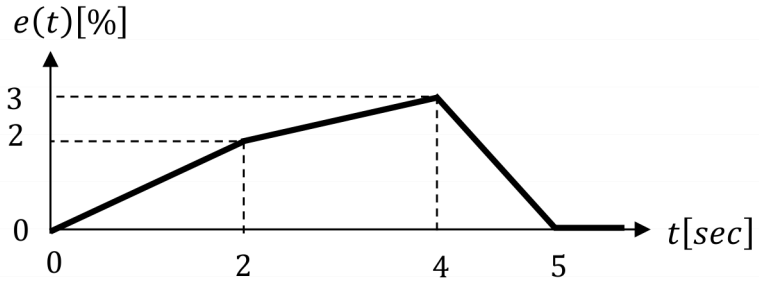
(2 נקודות)

ד. לפונקציה $G(s)$ מסרו במבואה את האות: $r(t) = \sin 3 \cdot t$, מהו אות המוצא $C(s)$?

(6 נקודות)

6. באיור לשאלה 6 מוצג אות שגיאה במבוא בקר מסוג I בעל הנתונים הבאים: תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס $P_0 = 13\%$, קבוע הבקר $K_I = 2.5\,[\sec^{-1}]$.

איור לשאלה 6: גרף השגיאה במבוא של בקר מסוג I.



חשבו וסרטטו את תגובת הבקר לאות המופיע באיור לשאלה.

נדרש: רשמו את משוואת תגובת הבקר בכל חלק של הגרף - בסה"כ שלוש משוואות.

התשובה לא תתקבל ללא משוואות אלו.

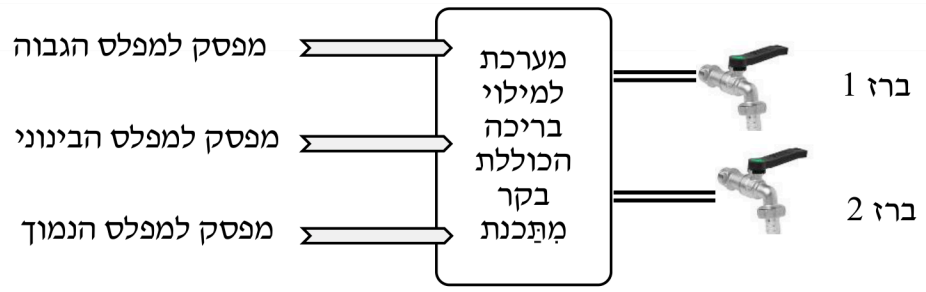
(20 נקודות)

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

7. במערכת למילוי בריכת מים – Filling a pool of water משתמשים בשני ברזים בעלי ספיקה שונה.
באיור לשאלה 7 מוצגת מערכת למילוי בריכת המים. המערכת כוללת שלושה מפסקים הפועלים בהתאם למפלס המים הנדרש:

1. כאשר מפלס המים נמצא בין המפלס הנמוך למפלס הבינוני, מופעל ברז 1.
2. כאשר מפלס המים נמצא מתחת למפלס הנמוך מופעל גם ברז 2.
3. כאשר מפלס המים נמצא מעל למפלס המים הגבוה מופסקים שני הברזים.

איור לשאלה 7: מערכת למילוי מים בבריכה.

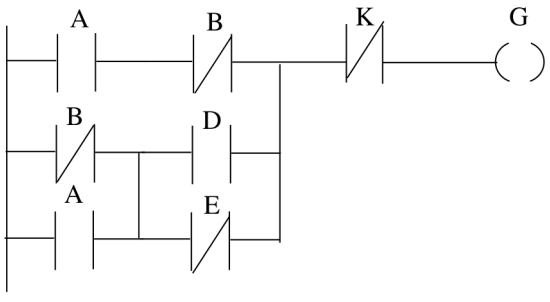


א. כמה מבואות וכמה מוצאים יש למערכת הנתונה? סמנו אותם בשמות.
(5 נקודות)

ב. סרטטו את סכמת חיווט הבקר של המבואות ושל המוצאים במערכת הנתונה.
המבואות יחווטו דרך מפסקים והמוצאים יחווטו דרך ממסרים.
(6 נקודות)

ג. רשמו דיאגרמת סולם מתאימה להפעלת המערכת.
(9 נקודות)

8. (אין קשר בין סעיפי השאלה)
איור לסעיף א' של שאלה 8: דיאגרמת סולם המייצגת פונקציה בוליאנית G.



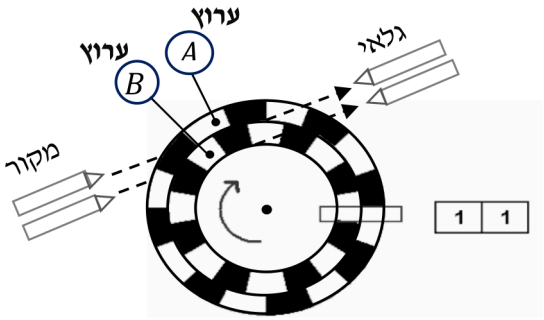
א. באיור לסעיף א' של שאלה 8 מוצג סרטוט של דיאגרמת סולם המייצג פונקציה בוליאנית G.
מהי הפונקציה G?
(10 נקודות)

ב. נתונה פונקציה בוליאנית F . סרטטו את דיאגרמת הסולם של הפונקציה F .

$$F = \left[(A + \overline{B} + \overline{C}) \cdot \overline{D} \cdot (B + \overline{C})\right] + (E \cdot N) + (\overline{D} \cdot \overline{K})$$

(10 נקודות)

9. איור לשאלה 9: מקודד אופטי הפרשי Incremental Optical Encoder.



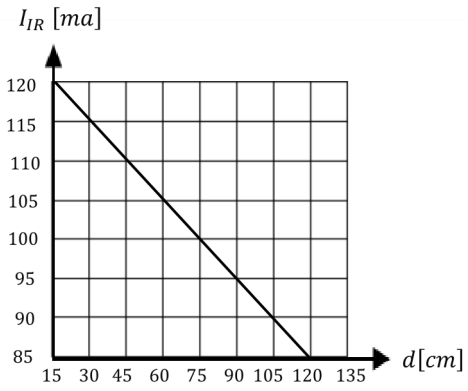
באיור לשאלה 9 מוצג מקודד אופטי הפרשי Incremental Optical Encoder.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

10. באיור לשאלה 10 מוצג אופיין של חיישן אינפרה-אדום Infrared proximity.

איור לשאלה 10: אופיין חיישן קירבה אינפרא-אדום.



הנוסחה המקשרת את הזרם $I_{IR}\,[\mathrm{ma}]$ בתלות במרחק $d\,[\mathrm{cm}]$ היא:

$I_{IR} = 1.2 \cdot d + 25 \;\; [\mathrm{mA},\ \mathrm{cm}]$.

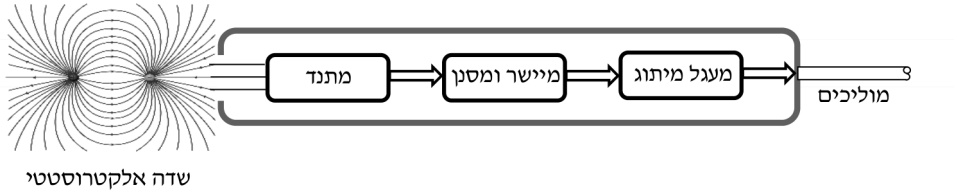
- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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

11. באיור לשאלה 11 מוצג מבנה פנימי של חיישן קירבה קיבולי.

איור לשאלה 11: מבנה פנימי של חיישן קירבה קיבולי.



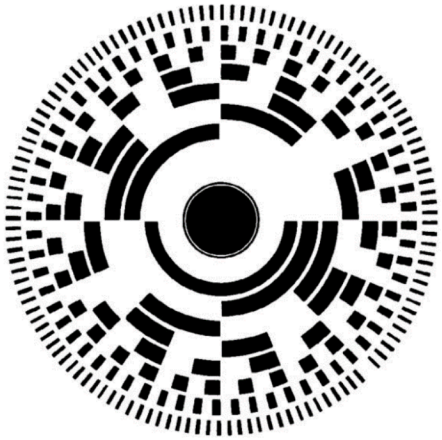
החיישן המוצג יכול לזהות גם חומרים אל מתכתיים כגון גומי.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

12. באיור לשאלה 12 מוצג מקודד אופטי אבסולוטי - Absolute Optic Encoder.

איור לשאלה 12: תאור החלוקה לגזרות של המקודד האופטי.



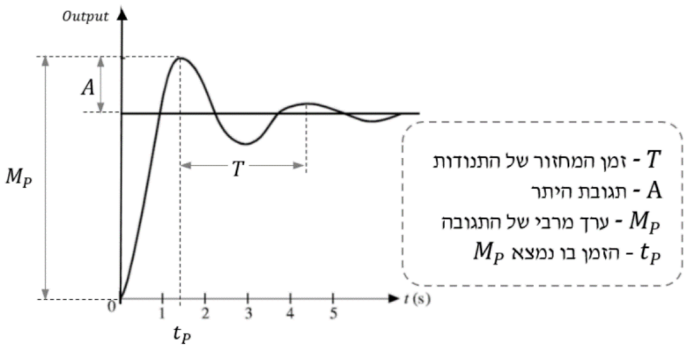
למקודד זה יש 16 גזרות.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

13. באיור לשאלה 13 מוצגת תגובה לאות מדרגת יחידה של מערכת בקרה מסדר שני. נתון: מקדם הריסון של מערכת זו $\xi = 0.6$.

איור לשאלה 13: תגובת מערכת בקרה מסדר שני לאות מדרגת יחידה.



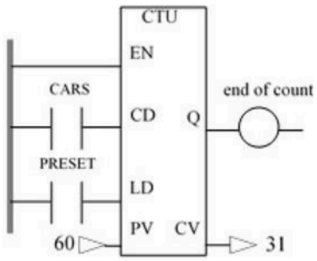
תגובת היתר של מערכת בקרה זו $A = 0.0948$.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

14. באיור לשאלה 14 מוצגת סכמה של מונה המחובר לבקר מִתַּכנת.

איור לשאלה 14: מונה המחובר לבקר מתכנת.



משמעות הסימון PV במונה המוצג הוא הערך ההתחלתי של המְנִייה (הספירה).

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

15. Sourcing Current הוא זרם אשר נכנס מהתקן של הבקר המִתַּכנת.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

16.

הפונקציות הבוליאניות X ו- Y זהות.

$$X = \overline{A} \cdot B + C \cdot D$$

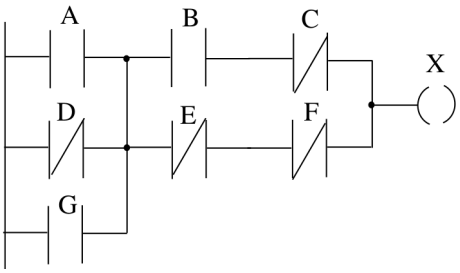
$$Y = (\overline{A} \cdot B + C \cdot \overline{C} + C \cdot D) \cdot (B + \overline{B})$$

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

17. באיור לשאלה 17 מוצגת דיאגרמת סולם של הפונקציה הלוגית X.

איור לשאלה 17: פקודות בשפת דיאגרמת סולם.



הביטוי הבוליאני X הוא: $X = (A \cdot B \cdot \overline{C}) + (\overline{D} \cdot \overline{E} \cdot \overline{F}) + G$

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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

18. באיור לשאלה 18 מוצג חלק מנתוני בקר 6ES7212-1BE31-0XB0 של חברת Siemens.

איור לשאלה 18: דף נתונים לבקר מתכנת של חברת Siemens.

Digital outputs	
Number of digital outputs	6 ; Relays
integrated channels (DO)	6
Short-circuit protection	No ; to be provided externally
Memory	
Type of memory	EEPROM
usable memory for user data	50 kbyte
Digital inputs	
Number of digital inputs	8 ; Integrated
of which inputs usable for technological functions	4 ; HSC (High Speed Counting)
integrated channels (DI)	8
Input voltage	
Rated value, DC	24 V
for signal "0"	5 V DC at 1 mA
for signal "1"	15 VDC at 2.5 mA
Relay outputs	
Max. number of relay outputs, integrated	6
Integrated Functions	
Number of counters	4
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Temperature	
permissible temperature range	-40 °C to +70 °C
Input current	
Current consumption (rated value)	80 mA at 120 V AC; 40 mA at 240 V AC
Analog inputs	
integrated channels (AI)	2 ; 0 to 10 V

בבקר של חברת Siemens המוצג באיור לשאלה 18 אפשר להשתמש בחמישה מונים.

- נכון
- לא נכון

(2 נקודות)

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