GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2024 מועד א'
סמל השאלון: 97112
שם התלמיד/ה: _____

מערכות בקרה, רכיבים ומתמירים

הנדסת אלקטרוניקה · הנדסאים וטכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: 19 שאלות בשאלון. השאלון מחולק לשני חלקים. חלק א' - שאלות סגורות. יש לענות על 8 שאלות בלבד, מתוך השאלות 1-12. ערך כל שאלה 5 נקודות, סה"כ 40 נקודות. חלק ב' - שאלות פתוחות. יש לענות על 4 שאלות בלבד, מתוך השאלות 13-19. ערך כל שאלה 15 נקודות, סה"כ 60 נקודות. סה"כ: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. דפי נוסחאות יצורפו לשאלון הבחינה.

ד. הוראות מיוחדות: פתרונות לתרגילי חישוב יש להציג בסדר הזה: הסבר מילולי של פעולת החישוב, כתיבת הנוסחה המתאימה, הצבה (כל הערכים ביחידות המתאימות), כתיבת התוצאה עד 3 ספרות משמעותיות אחרי הנקודה העשרונית, בציון יחידות המידה המתאימות ושימוש בכופלים הנדסיים או חזקות של 10. הוראות כלליות: 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 המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות תבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא תבדקנה תשובות עודפות. 3. יש לכתוב את התשובות בעט בלבד, בכתב יד ברור. אין להשתמש בנוזל תיקון. 4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. אין למספר את עמודי מחברת הבחינה. 5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו על הכתוב כדי שלא ייבדק. 6. יש להציג פתרון מלא ומנומק, כולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 7. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה, יש לציין זאת ולהוסיף נתון שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה, נמקו את בחירתכם.

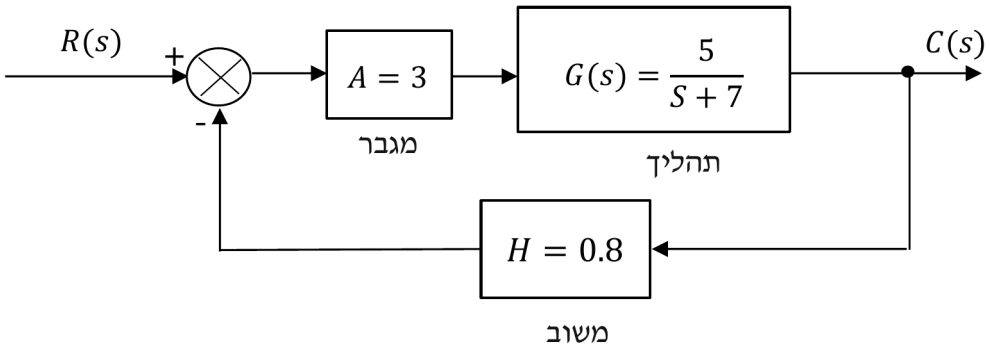
השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. באיור לשאלה 1 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה.

פונקציית התמסורת של מערכת הבקרה הנתונה היא:



א. $G_f(s) = \frac{19}{S+15}$.

ב. $G_f(s) = \frac{21}{S+17}$.

ג. $G_f(s) = \frac{5}{S+13}$.

ד. $G_f(s) = \frac{15}{S+19}$.

(5 נקודות)

2. להלן נתונה הפונקציה $F(s)$.

$$F(s) = \frac{S+5}{S^2+10 \cdot S+26}$$

התמרת לפלס ההפוכה של הפונקציה $F(s)$ היא:

א. $\mathcal{L}^{-1}[F(s)] = f(t) = e^{-t} \cdot \cos t$.

ב. $\mathcal{L}^{-1}[F(s)] = f(t) = e^{-5 \cdot t} \cdot \cos t$.

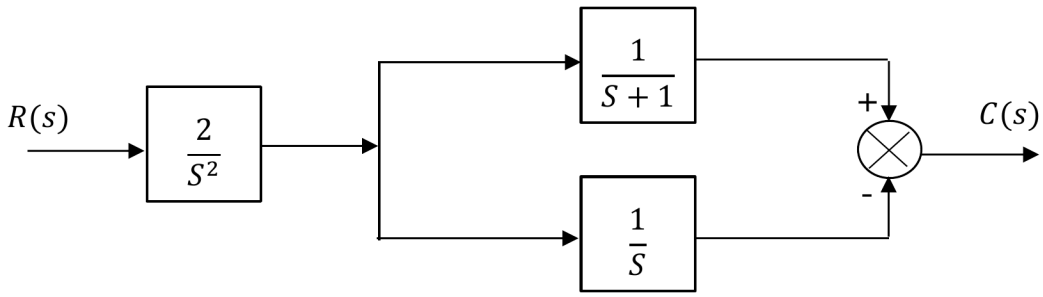
ג. $\mathcal{L}^{-1}[F(s)] = f(t) = e^{-2 \cdot t} \cdot \sin t$.

ד. $\mathcal{L}^{-1}[F(s)] = f(t) = e^{-5 \cdot t} \cdot \sin 2 \cdot t$.

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה בחוג פתוח.

פונקציית התמסורת של מערכת בקרה זו היא:



א. $G(s) = \frac{-2}{S^4+S^3}$

ב. $G(s) = \frac{2}{S^4+S^3}$

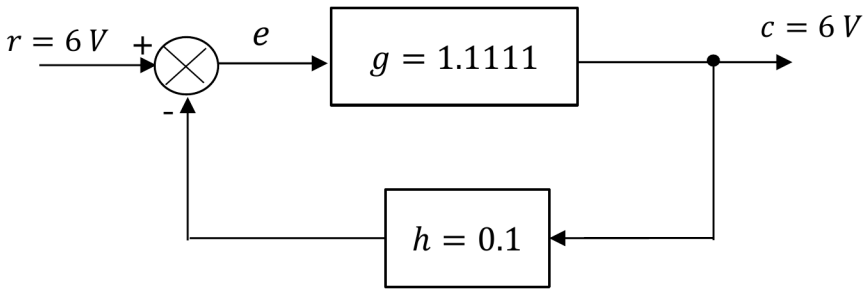
ג. $G(s) = \frac{-1}{S^3+S^2}$

ד. $G(s) = \frac{-2}{S^2+S}$

(5 נקודות)

4. באיור לשאלה 4 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה. כל הערכים המספריים המוצגים בסכמה נמדדו באותו זמן וכאשר המערכת פועלת.

אות השגיאה e של המערכת הוא:



א. $4.5\,V$.

ב. $5.9\,V$.

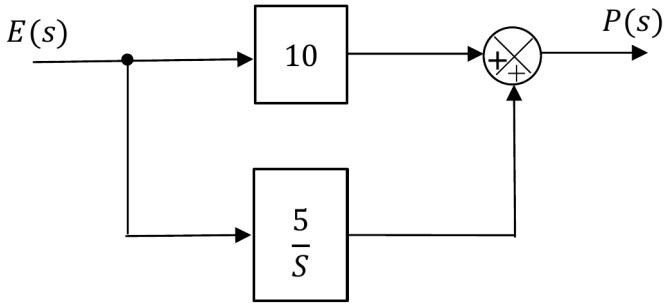
ג. $5.4\,V$.

ד. $6.2\,V$.

(5 נקודות)

5. באיור לשאלה 5 מוצג תרשים מלבנים של בקר מסוים. אות המבוא הוא השגיאה היחסית $E(s)$, ואות המוצא הוא תגובת הבקר $P(s)$.

על פי האיור לעיל סוג הבקר הוא:



א. בקר PD .

ב. בקר PI .

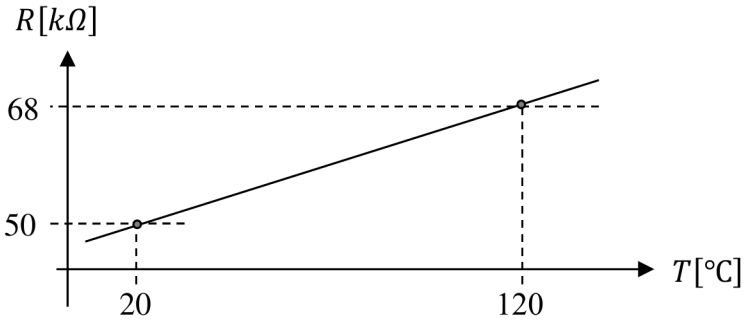
ג. בקר P .

ד. בקר PID .

(5 נקודות)

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

6. באיור לשאלה 6 מוצג אופיין המתאר התנגדות $R[k\Omega]$ של חיישן טמפרטורה Temperature Sensor, בתלות בטמפרטורת הסביבה $T[^\circ C]$. האופיין הוא מדויק ונוצר בתנאי מעבדה. מדדו את התנגדות החיישן בטמפרטורת סביבה של $T = 70\,^\circ C$ וקיבלו $R = 56\,k\Omega$. במדידת המתח חלה שגיאה. אחוז שגיאת המדידה יחסית לאופיין הוא:



א. $E = 4.65\,\%$

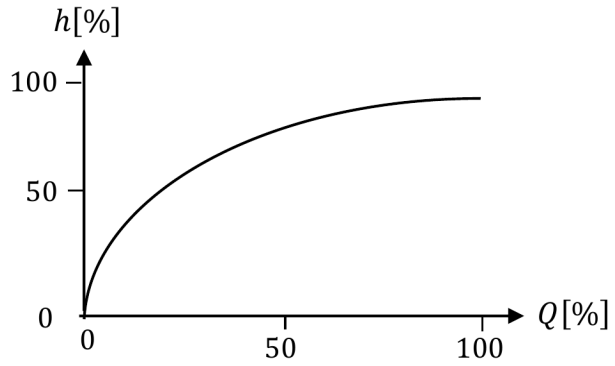
ב. $E = 5.08\,\%$

ג. $E = 4.69\,\%$

ד. $E = 5.53\,\%$

(5 נקודות)

7. באיור לשאלה 7 מוצג אופיין שסתום ויסות ספיקת מים לפתיחה מסוימת. האיור מתאר אופיין של:



א. שסתום ויסות לפתיחה לינארית

ב. שסתום ויסות לפתיחה שווה אחוזים

ג. שסתום ויסות לפתיחה מהירה

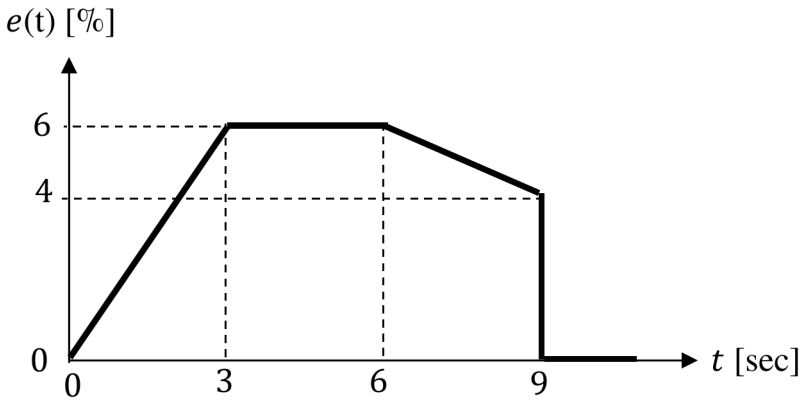
ד. תשובות א' עד ג' אינן נכונות

(5 נקודות)

8. באיור לשאלה 8 נתון אופיין שגיאה עבור בקר יחסי - Proportional Controler.

נתון: $k_P = 3$, $P_0 = 13\,\%$.

ערכה הרגעי של תגובת הבקר $P(t)\,[\%]$ בזמן $t = 3\,sec$ הוא:



א. $P(3) = 29\,\%$

ב. $P(3) = 24\,\%$

ג. $P(3) = 34\,\%$

ד. $P(3) = 31\,\%$

(5 נקודות)

9. כושר הפרדה (הבחנה) - Resolution של מערכת מדידה מוגדר כ:

א. היחס שבין השינוי שחל באות המוצא של מתמר לעומת אות המבוא שגרם אותו.

ב. ההפרש בין הערך הנמדד לערך האמיתי.

ג. מידת הקירבה של הערך הנמדד אל הערך שנחשב לאמיתי.

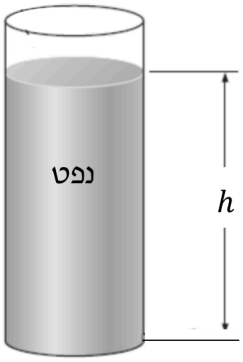
ד. ההפרש המזערי בין 2 ערכי מדידה סמוכים שמכשיר המדידה מסוגל להבחין ביניהם.

(5 נקודות)

10. באיור לשאלה 10 מוצג מיכל נפט הפתוח לאטמוספירה. גובה הנפט במיכל $h = 32\,cm$.

הרדיוס הפנימי של המיכל $r = 22\,cm$. המשקל הסגולי של הנפט $\rho = 0.83\ \left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.

משקל הנפט במיכל W_{oil} הוא:



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

א. $W_{oil} = 34.187\,kgr$.

ב. $W_{oil} = 40.385\,kgr$.

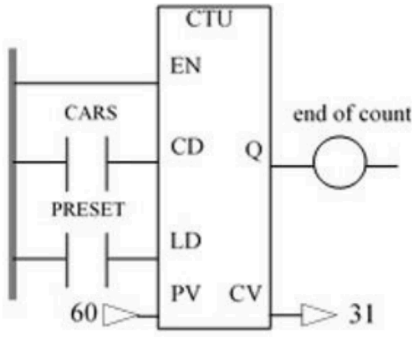
ג. $W_{oil} = 51.122\,kgr$.

ד. $W_{oil} = 46.128\,kgr$.

(5 נקודות)

11. באיור לשאלה 11 מוצגת סכמה של מונה המחובר לבקר מִתַכְנֵת.

משמעות האותיות CV היא:



א. Count Value - מספר הפריטים (מכוניות - CARS) שנספרו.

ב. Count Value - מספר המכוניות **שטרם** נספרו.

ג. Coefficient Variation - מקדם השונות של ספירת המונה.

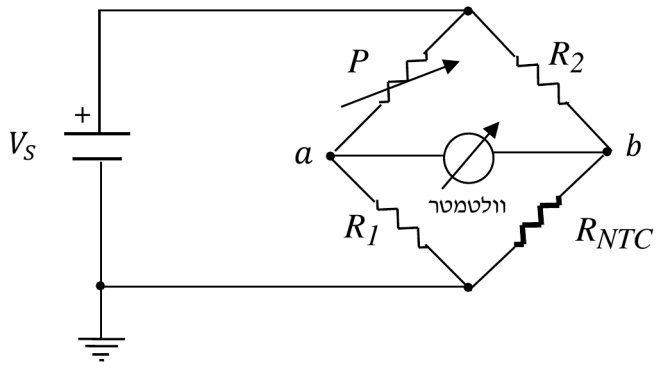
ד. Convertible Value - מספר המכוניות עם **גג פתוח** שנספרו.

(5 נקודות)

12. באיור לשאלה 12 מוצג גשר ויטסטון למדידת טמפרטורה בעזרת חיישן טמפרטורה מסוג NTC, פוטנציומטר, ו-2 נגדים. כוונו את הפוטנציומטר P להתנגדות של $32\,k\Omega$ כדי להביא לאיזון הגשר.

נתון: $R_1 = 10\,k\Omega$, $R_2 = 20\,k\Omega$.

התנגדות החיישן R_{NTC} במצב המתואר לעיל היא:



א. $R_{NTC} = 9.84\,k\Omega$

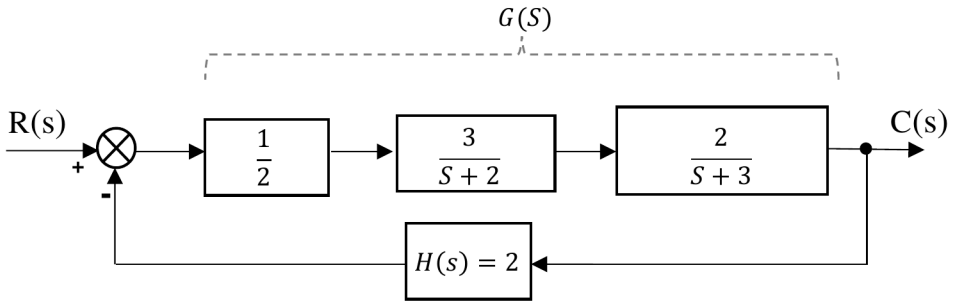
ב. $R_{NTC} = 4.35\,k\Omega$

ג. $R_{NTC} = 6.25\,k\Omega$

ד. $R_{NTC} = 7.67\,k\Omega$

(5 נקודות)

13. **באיור לשאלה 13 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה מסוימת.**



א. רשמו את פונקציית התמסורת $G_f(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$.

(4 נקודות)

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

(4 נקודות)

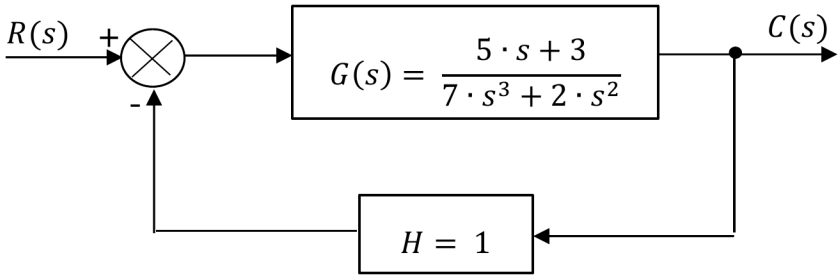
ג. מהו **סדר** המערכת? נמקו את תשובתכם. **תשובה ללא נימוק לא תתקבל.**

(3 נקודות)

ד. מהי התדירות הזוויתית של התנודה המרוסנת ω_d של פונקציית התמסורת $G_f(s)$?

(4 נקודות)

14. **באיור לשאלה 14 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה.**



א. מהם קבועי השגיאה $k_p,\ k_v,\ k_a$ של המערכת?

מהן: שגיאות המצב e_{ssp} , שגיאות המהירות e_{ssv} ושגיאות התאוצה e_{ssa} ?

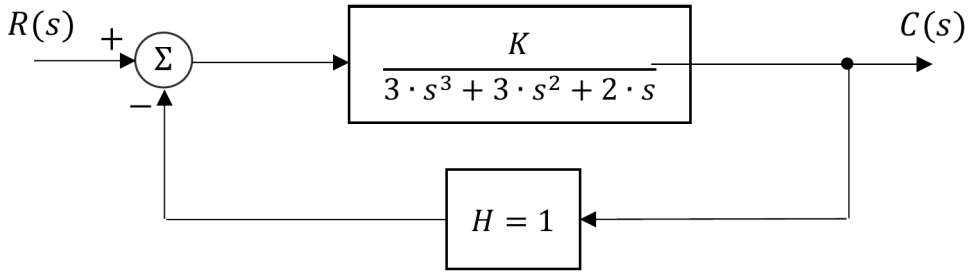
(10 נקודות)

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

ב. במבוא מערכת הבקרה הכניסו את האות: $R(s) = \frac{7}{2 \cdot s}$.
מהי השגיאה e_{ss} במצב המתמיד עבור האות שניתן?

(5 נקודות)

15. באיור לשאלה 15 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה.



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

(5 נקודות)

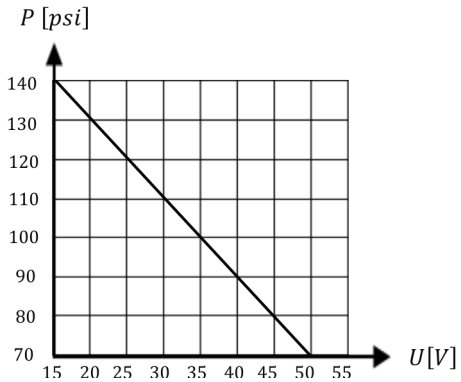
ב. מהי המשוואה האופיינית של מערכת הבקרה הנתונה?

(3 נקודות)

ג. על פי הקריטריון של ראוט-הורביץ, מהו תחום הערכים של K , שעבורו מערכת הבקרה יציבה?

(7 נקודות)

16. במפעל לייצור אופניים משתמשים במדחס אוויר למילוי אוויר בגלגלים. המדחס כולל מתמר המתמיר אות חשמלי (מתח) לאות פניאומטי (לחץ אוויר). באיור לשאלה 16 מוצג אופיין המתמר.
הערה: לא מוצג איור כיצד ניתן האות החשמלי למתמר.



א. הסבירו מהי פניאומטיקה?

(3 נקודות)

ב. הסבירו מהו מתמר אות חשמלי לפניאומטי?

(4 נקודות)

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

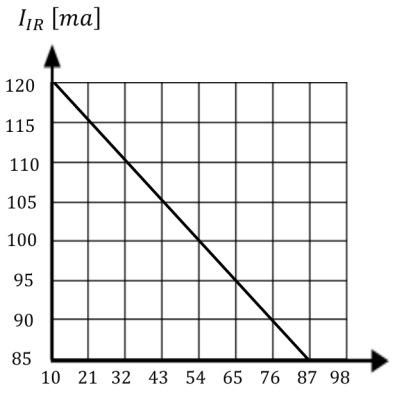
ג. מתוך האיור לעיל, מהי הנוסחה המקשרת את לחץ האוויר בתלות במתח?
$P[psi] = f(U)[V]$.

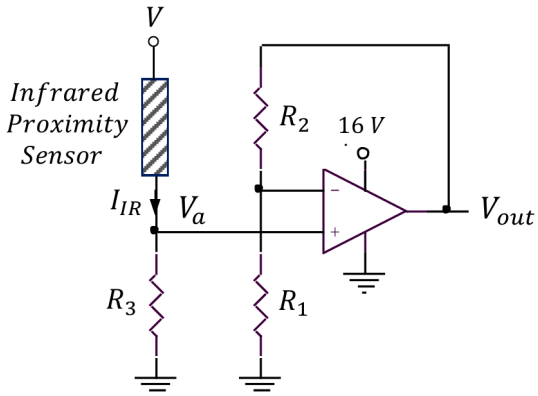
(4 נקודות)

ד. בזמן מסוים המתמר התקלקל והפעיל לחצי אוויר שלא לפי האופיין הנתון.
במתח של $U = 40\,V$ המתמר הוציא לחץ אוויר של $p = 83\,psi$.
מהו אחוז השגיאה $E\,[\%]$ במקרה זה?

(4 נקודות)

17. באיור א' לשאלה 17 מוצג מעגל למדידת מרחק באמצעות חיישן קירבה אינפרא-אדום Infrared proximity sensor. המעגל כולל חיישן הקירבה, 3 נגדים ומגבר שרת. באיור ב' לשאלה 17 מוצג האופיין של החיישן. בפתרונכם התייחסו למגבר השרת כאידאלי.
נתון: $R_1 = 48\,k\Omega,\ R_2 = 48\,k\Omega,\ R_3 = 40\,\Omega$.





א. הסבירו, מהו חיישן קירבה אינפרא-אדום? כיצד הוא פועל?

(2 נקודות)

ב. מתוך איור ב' לעיל, מהי הנוסחה המקשרת את זרם החיישן בתלות במרחק? $I_{IR} = f(d)$.

(3 נקודות)

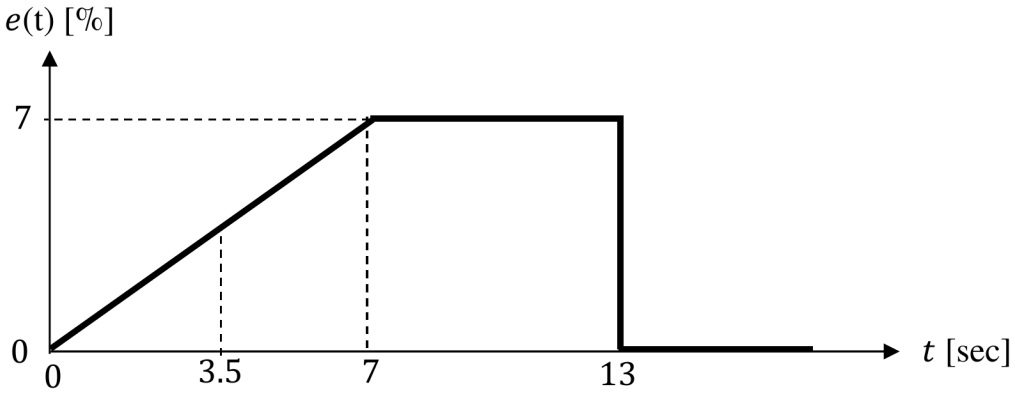
ג. מהו המתח V_a בעבור מרחק נמדד של $d = 40\,cm$?

(5 נקודות)

ד. מדדו את המתח V_{out} כ- $7.4\,V$. מהו המרחק d שנמדד בעבור מתח מוצא זה?

(5 נקודות)

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



18.

א. באיור לשאלה 18 מוצג גרף שגיאה במבוא לבקר מסוג PI .

נתון: 1. מקדמי הבקר הם: $K_P = 1,\ K_I = 1.5\,[sec^{-1}]$.

2. תפוקת הבקר כאשר השגיאה שווה לאפס: $P_0 = 15\%$.

3. תגובת הבקר: $p(t) = P_0 + K_P \cdot e(t) + K_P \cdot K_I \cdot \int_0^t e(t)dt$

מה ערכה של תגובת הבקר $p(t)[\%]$ לאות השגיאה המוצג באיור בזמן $t = 3.5\,sec$?

(10 נקודות)

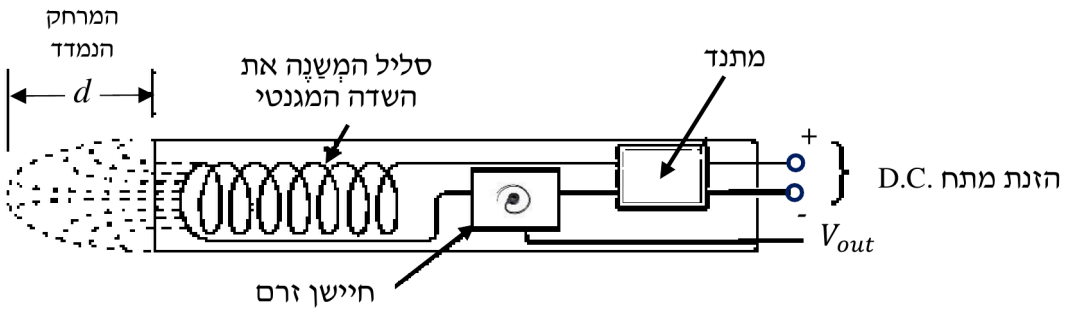
ב. מהי התמרת לפלס של תגובת הבקר?

(5 נקודות)

19. באיור לשאלה 19 מתואר מבנה פנימי של חיישן קירבה השראתי - Inductive Proximity Sensor.
החיישן משמש למדידת מרחקים של חלקי מתכת שונים במהלך ייצורם.

נתון: 1. מתח המוצא של החיישן הוא $V_{out} = 1.0\,V$ בעבור מדידת מרחק של $d = 0.4\,mm$.

2. מתח המוצא של החיישן הוא $V_{out} = 1.7\,V$ בעבור מדידת מרחק של $d = 10.4\,mm$.



א. הסבירו, מהו חיישן קירבה השראתי - Inductive Proximity Sensor? כיצד הוא פועל?

(3 נקודות)

ב. מהי הנוסחה של מתח המוצא בתלות במרחק? $V_{out}[V] = f(d)[mm]$

(4 נקודות)

ג. מהו מתח המוצא V_{out} בעבור חלק מתכתי הנמצא במרחק של $d = 4.2\,mm$ מהחיישן?
רשמו תשובתכם עם 3 ספרות לאחר הנקודה העשרונית.

(4 נקודות)

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

ד. **מדדו מתח מוצא $V_{out} = 1.35\,V$ בעבור חלק מתכתי מסויים. מה מרחקו d מהחיישן?**
(4 נקודות)

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