GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2024 מועד ב'
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 שמונה שאלות בלבד, מתוך השאלות 1-12. ערך כל שאלה חמש נקודות, סה"כ 40 נקודות. חלק ב' - שאלות פתוחות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, מתוך השאלות 13-19. ערך כל שאלה 15 נקודות, סה"כ 60 נקודות. סה"כ: 100 נקודות.

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

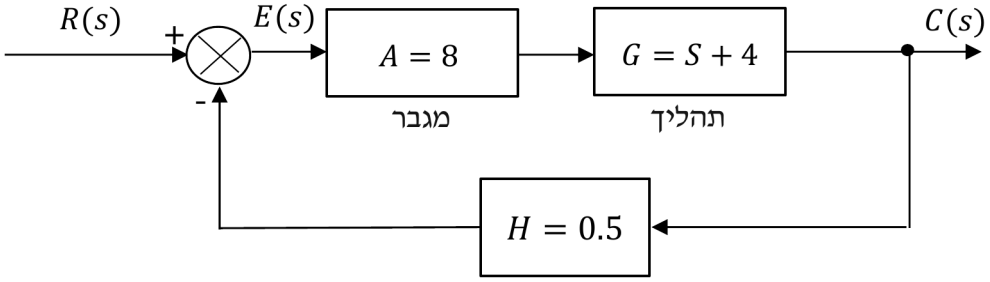
ד. הוראות מיוחדות: פתרונות לתרגילי חישוב יש להציג בסדר הזה: הסבר מילולי של פעולת החישוב, כתיבת הנוסחה המתאימה, הצבה (כל הערכים ביחידות המתאימות), כתיבת התוצאה עד שלוש ספרות משמעותיות אחרי הנקודה העשרונית, בציון יחידות המידה המתאימות ושימוש בכופלים הנדסיים או חזקות של 10. הוראות כלליות: 1. יש לקרוא בעיון 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.



מקטינים את המגבר ל- $A = 4$, כתוצאה מכך:

א. אות המוצא $C(s)$ יגדל ואות השגיאה $E(s)$ יגדל.

ב. אות המוצא $C(s)$ יקטן ואות השגיאה $E(s)$ יגדל.

ג. אות המוצא $C(s)$ יקטן ואות השגיאה $E(s)$ יקטן.

ד. אות המוצא $C(s)$ יגדל ואות השגיאה $E(s)$ יגדל.

(5 נקודות)

2. נתונה פונקציית תמסורת $F(s)$ של מערכת בקרה.

$$F(s) = \frac{3 \cdot s^3 + 4 \cdot s^2 + 1.4 \cdot s + 13}{s \cdot (2 \cdot s^3 + s^2 + 7 \cdot s + 2)}$$

ערכה הסופי במצב מתמיד של פונקציה זו הוא:

א. $\lim_{t \to \infty} f(t) = 13$.

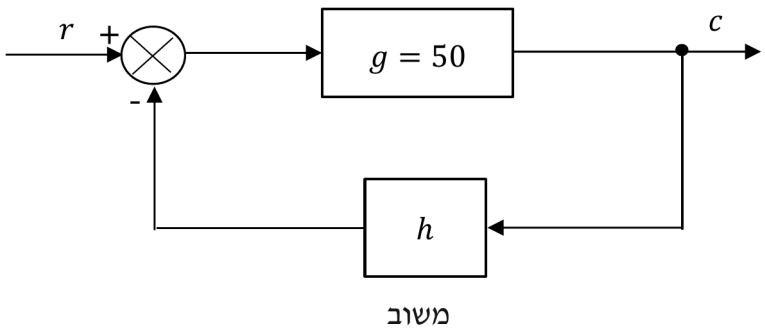
ב. $\lim_{t \to \infty} f(t) = 7.2$.

ג. $\lim_{t \to \infty} f(t) = 6.5$.

ד. $\lim_{t \to \infty} f(t) = 2.0$.

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה. כל הערכים המספריים המוצגים בסכמה הם במצב המתמיד של המערכת.



כדי שתמסורת המערכת תהיה $\frac{c}{r} = 10$ ערכו של המשוב h חייב להיות:

א. $h = 1.00$.

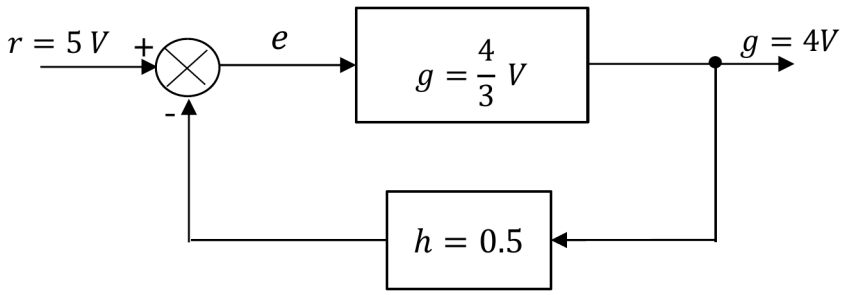
ב. $h = 0.50$.

ג. $h = 0.80$.

ד. $h = 0.08$.

(5 נקודות)

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



מהו אות השגיאה e של המערכת?

א. $3.0\,V$.

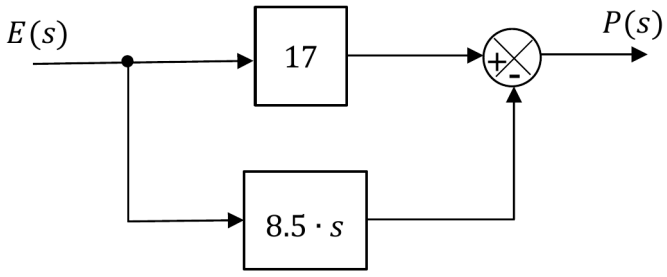
ב. $4.2\,V$.

ג. $2.8\,V$.

ד. $3.6\,V$.

(5 נקודות)

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



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

על פי האיור לעיל, מהו סוג הבקר?

א. בקר PD .

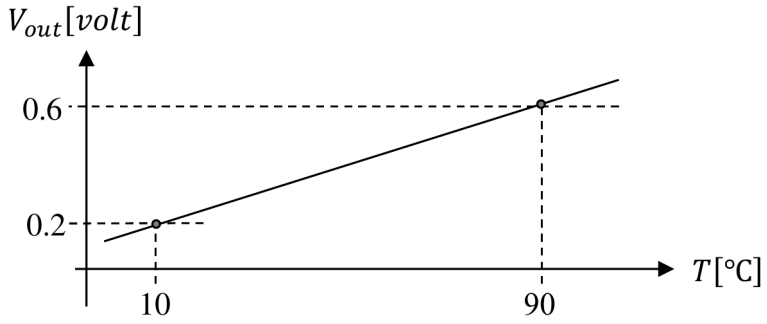
ב. בקר PI .

ג. בקר P .

ד. בקר PID .

(5 נקודות)

6. באיור לשאלה 6 מוצג אופיין המתאר מתח מוצא $[V_{out}]$ של חיישן טמפרטורה Temperature Sensor, בתלות בטמפרטורת הסביבה $T[^\circ C]$.



מדדו את מתח המוצא של החיישן בטמפרטורת סביבה של $T = 50\,^\circ C$ וקיבלו $V_{out} = 0.38\,volt$.

במדידת המתח חלה שגיאה. מהו אחוז השגיאה יחסית לאופיין?

א. $E = 4.5\,\%$

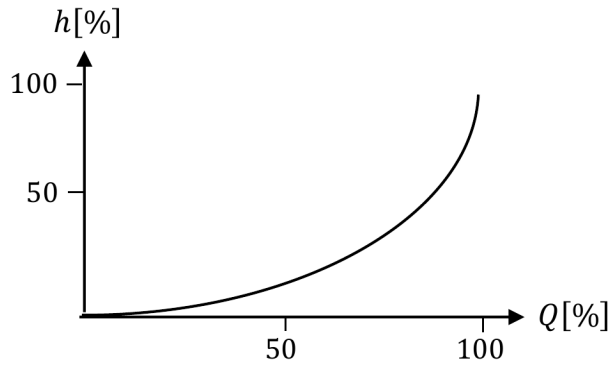
ב. $E = 5.0\,\%$

ג. $E = 4.0\,\%$

ד. $E = 5.5\,\%$

(5 נקודות)

7. באיור לשאלה 7 מוצג אופיין שסתום ויסות ספיקת מים לפתיחה מסויימת.



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

האיור מתאר אופיין של:

א. שסתום ויסות לפתיחה לינארית

ב. שסתום ויסות לפתיחה שוות אחוזים

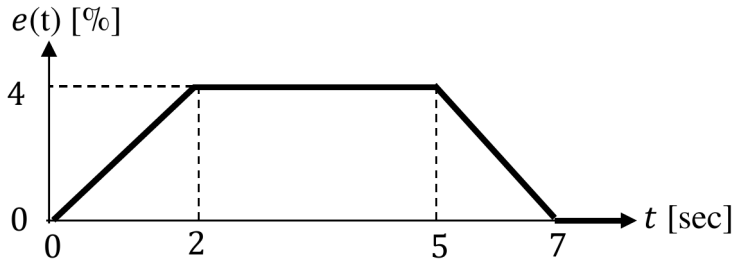
ג. שסתום ויסות לפתיחה מהירה

ד. תשובות א' עד ג' אינן נכונות

(5 נקודות)

8. באיור לשאלה 8 נתון אופיין שגיאה עבור בקר אינטגרלי - Integral Controler.

נתון: $P_0 = 25\,\%$, $k_I = 2\,[sec^{-1}]$.



מהו ערכה הרגעי של תגובת הבקר $P(t)\,[\%]$ בזמן $t = 1\,sec$?

א. $P(1) = 31\,\%$

ב. $P(1) = 24\,\%$

ג. $P(1) = 34\,\%$

ד. $P(1) = 27\,\%$

(5 נקודות)

9. במהלך סדרת מדידות שנעשו על מתמר ספיקה לינארי נתקבלו התוצאות המוצגות בטבלה להלן.

המתמר כוון לרגישות של $50\,mv/lpm$.

ספיקה אמיתית [ליטר/דקה]	מתח היציאה $[mv]$ - מגמת עליה	מתח היציאה $[mv]$ - מגמת ירידה	מתח היציאה $[mv]$ - מגמת עליה	מתח היציאה $[mv]$ - מגמת ירידה
0.0	2.5	3.0	3.0	2.5
2.0	100.3	101.3	102.1	101.3
4.0	201.4	202.2	201.3	202.2
6.0	303.2	304.1	305.7	303.6
8.0	402.6	405.0	405.5	404.3
10.0	504.1	507.2	506.3	505.7
12.0	606.3	607.3	607.2	607.1

שגיאת ההסטרזיס - Hysteresis המרבית, בערך מוחלט התקבלה:

א. במדידת 4.0 ליטר/לדקה בסדרת המדידות הראשונה (עליה וירידה).

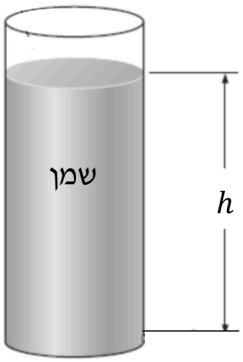
ב. במדידת 6.0 ליטר/לדקה בסדרת המדידות השנייה (עליה וירידה).

ג. במדידת 10.0 ליטר/לדקה בסדרת המדידות הראשונה (עליה וירידה).

ד. במדידת 8.0 ליטר/לדקה בסדרת המדידות השנייה (עליה וירידה).

(5 נקודות)

10. באיור לשאלה 10 מוצג מיכל שמן הפתוח לאטמוספירה. גובה השמן במיכל $h = 1.5\,m$.
הקוטר הפנימי של המיכל $D = 60\,cm$. המשקל הסגולי של השמן $\rho = 0.75\ \left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.



מה משקל השמן במיכל W_{oil} ?

א. $W_{oil} = 1.006\,Ton$.

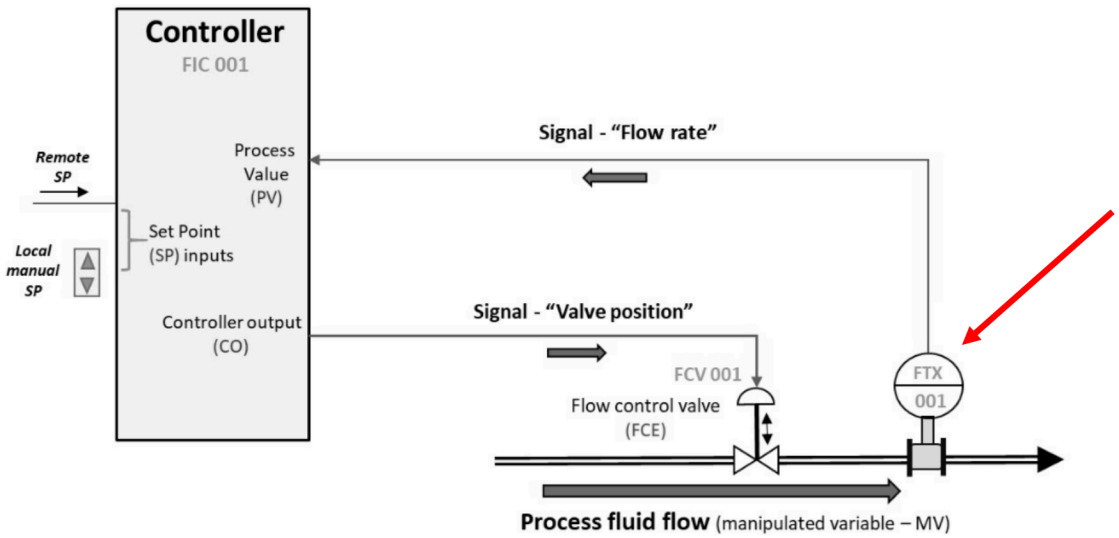
ב. $W_{oil} = 0.318\,Ton$.

ג. $W_{oil} = 0.549\,Ton$.

ד. $W_{oil} = 0.407\,Ton$.

(5 נקודות)

11. באיור לשאלה 11 מוצג תרשים תהליך לבקרת מוצר מסוים, התרשים על פי האגודה הבין-לאומית לאוטומציה - ISA.



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

מהו הרכיב המסומן בחץ אדום?

א. מתמר לחות.

ב. חיישן טמפרטורה.

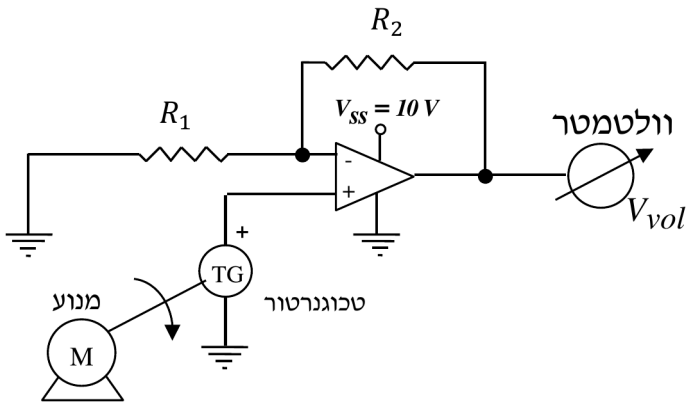
ג. משדר זרימה.

ד. תשובות א' עד ג' אינן נכונות

(5 נקודות)

12. באיור לשאלה 12 מוצג מעגל חשמלי למדידת מהירות סיבוב מנוע. המעגל כולל מגבר שרת - Operation Amplifier.

נתון: $R_2 = 20\,k\Omega$, $R_1 = 10\,k\Omega$. במהירות מנוע מסוימת הטכוגנרטור מפיק $V_{tg} = 2.2\,V$.



מהו מתח הוולטמטר V_{vol} עבור המצב המתואר?

א. $V_{vol} = 6.6\,V$.

ב. $V_{vol} = 4.5\,V$.

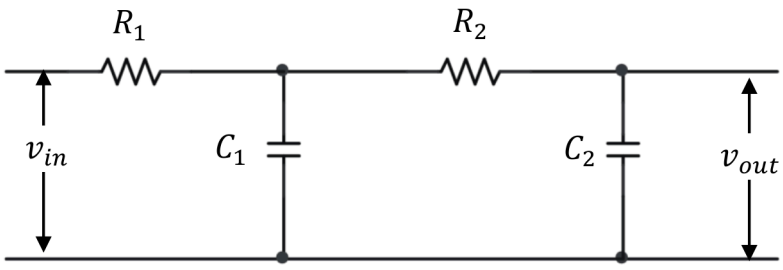
ג. $V_{vol} = 5.6\,V$.

ד. $V_{vol} = 4.8\,V$.

(5 נקודות)

13. באיור לשאלה 13 מוצג מעגל חשמלי. המעגל משמש כמערכת בקרה.

נתון: $C_1 = C_2 = 1\,mF$, $R_1 = R_2 = 2\,k\Omega$.



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

א. מהי פונקציית התמסורת $G(s)$ של המעגל החשמלי במישור לפלס? $G(s)=\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$.

(3 נקודות)

ב. מהו סדר המערכת? נמקו את תשובתכם. לא יינתן ניקוד ללא נימוק.

(2 נקודות)

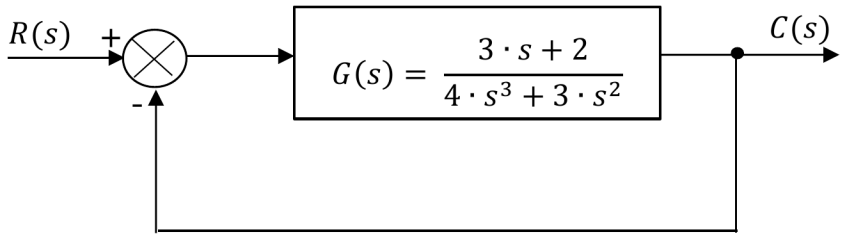
ג. מהי התדירות הטבעית ω_n של המערכת? ומהו מקדם הריסון ξ של המערכת?

(6 נקודות)

ד. במבוא מערכת הבקרה הכניסו את האות $V_{in}(s)=\frac{4}{2\cdot s+3}$. מהו אות המוצא $V_{out}(s)$?

(4 נקודות)

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



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

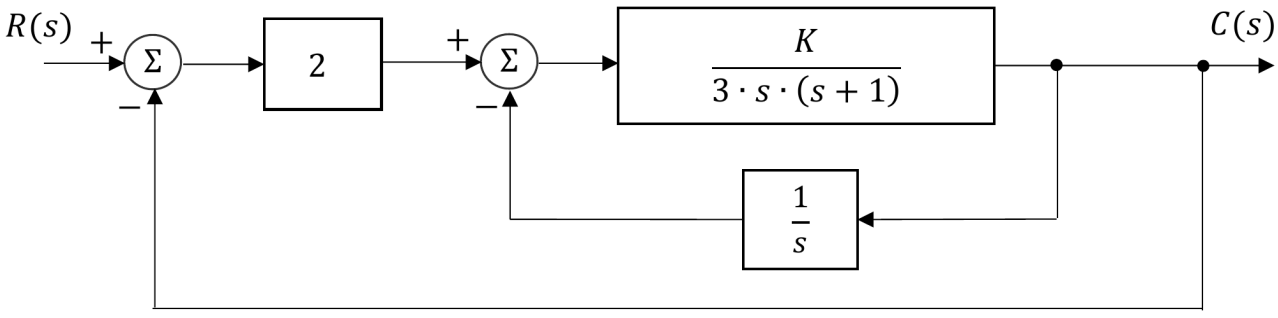
מהן שגיאת המצב e_{ssp} , שגיאת המהירות e_{ssv} ושגיאות התאוצה e_{ssa} ?

(9 נקודות)

ב. במבוא מערכת הבקרה הכניסו את האות: $R(s)=\frac{3}{2\cdot s}+\frac{4}{3\cdot s^2}$. מהי השגיאה e_{ss} במצב המתמיד עבור האות שניתן?

(6 נקודות)

15. באיור לשאלה 15 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה בעלת משוב כפול.



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)

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

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

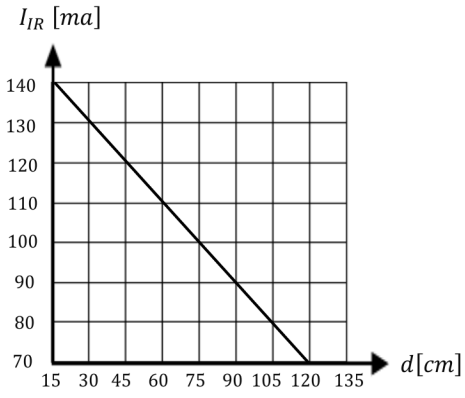
(7 נקודות)

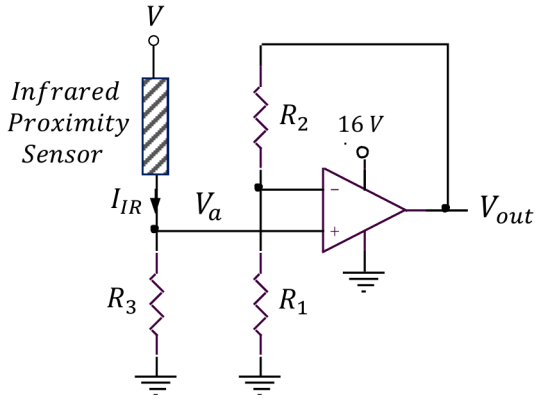
16. באיור א' לשאלה 16 מוצג מעגל למדידת מרחק באמצעות חיישן קִרבה אינפרה-אדום Infrared proximity sensor.

המעגל כולל את חיישן הקִרבה, שלושה נגדים ומגבר שרת. בפתרונכם התייחסו למגבר השרת כאידאלי.

באיור ב' לשאלה 16 מתואר האופיין של החיישן.

נתון: $R_1 = 50\,k\Omega$, $R_2 = 50\,k\Omega$, $R_3 = 40\,\Omega$.





א. הסבירו מהו חיישן קִירבה אינפרה-אדום? כיצד הוא פועל?

(3 נקודות)

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

(4 נקודות)

ג. מהו המתח V_a כאשר המרחק הנמדד הוא $63\,cm$?

(4 נקודות)

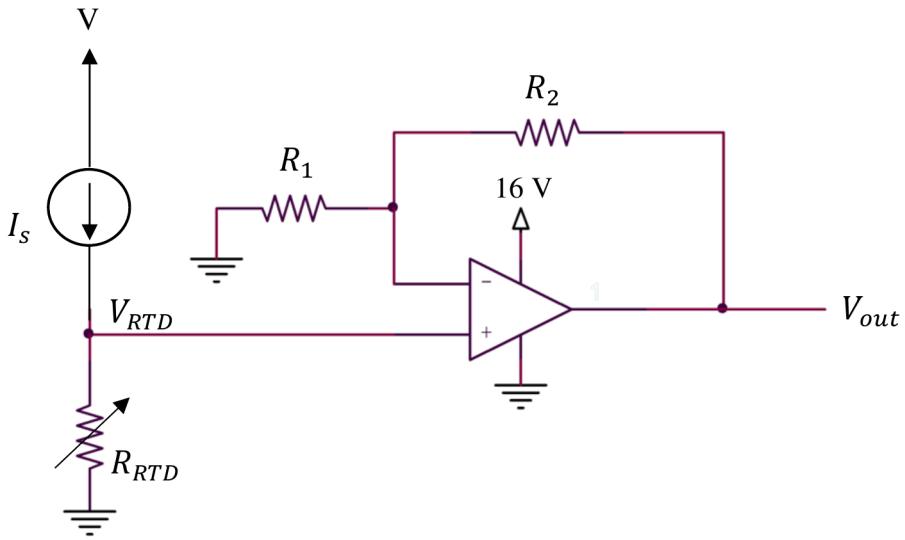
ד. מהו המרחק $d[cm]$ בעבור מוצא $V_{out} = 8.5\,[V]$?

(4 נקודות)

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

17. באיור לשאלה 17 מוצג מעגל למדידת טמפרטורה באמצעות: מגבר שרת - Operation Amplifier, מקור זרם I_s , חיישן RTD - Resistance Temperature Detector ושני נגדים R_1 , R_2 . חיישן ה- RTD מתנהג בצורה לינארית ומגבר השרת אידאלי.

נתון: $I_s = 30\,mA$, $R_1 = 10\,K\Omega$ ו- $R_2 = 5\,K\Omega$.



א. מהו הגבר המתח של מגבר השרת $A_v = \frac{V_{out}}{V_{RTD}}$?

(3 נקודות)

ב. להלן נתונים שנמדדו במעגל הנתון:

בטמפרטורה של $T = 74\,^\circ C$, V_{RTD} נמדד כ- $3.9\,V$.

בטמפרטורה של $T = 34\,^\circ C$, V_{RTD} נמדד כ- $6.3\,V$.

מהי הנוסחה המקשרת בין התנגדות חיישן ה- RTD לבין הטמפרטורה $R_{RTD} = f(T)$?

(4 נקודות)

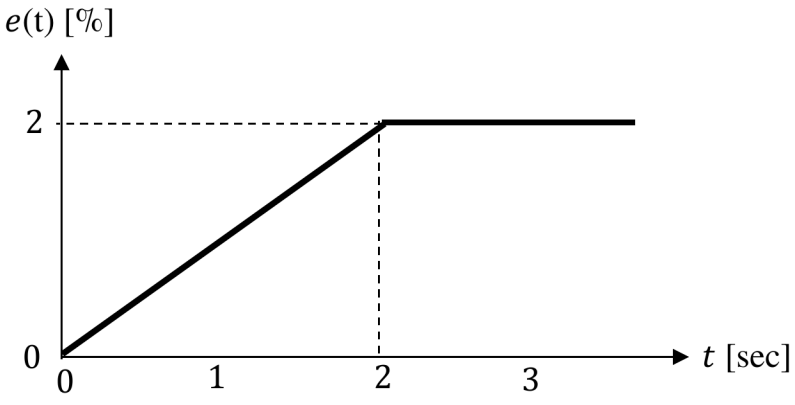
ג. על סמך הנוסחה שמצאתם בסעיף ב' לעיל, מהו מתח המוצא V_{out} כאשר הטמפרטורה הנמדדת היא $T = 49\,^\circ C$?

(4 נקודות)

ד. לפתור את סעיף ג' הקודם, כאשר משנים את מקור הזרם ל- $I_s = 70\,mA$.

(4 נקודות)

18.



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

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

נתון:

1. מקדמי הבקר הם: $K_P = 1.5$, $K_I = 2\,[sec^{-1}]$, $K_D = 3\,[sec]$.
2. תפוקת הבקר כאשר השגיאה שווה לאפס: $P_0 = 20\%$.
3. תגובת הבקר:

$$p(t) = P_0 + K_P \cdot e(t) + K_P \cdot K_I \cdot \int_0^t e(t)dt + K_P \cdot K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

מה ערכה של תגובת הבקר $p(t)[\%]$ לאות השגיאה המוצג בזמן $t = 1\,sec$?

(10 נקודות)

ב. מהי התמרת לפלס של תגובת הבקר.

(5 נקודות)

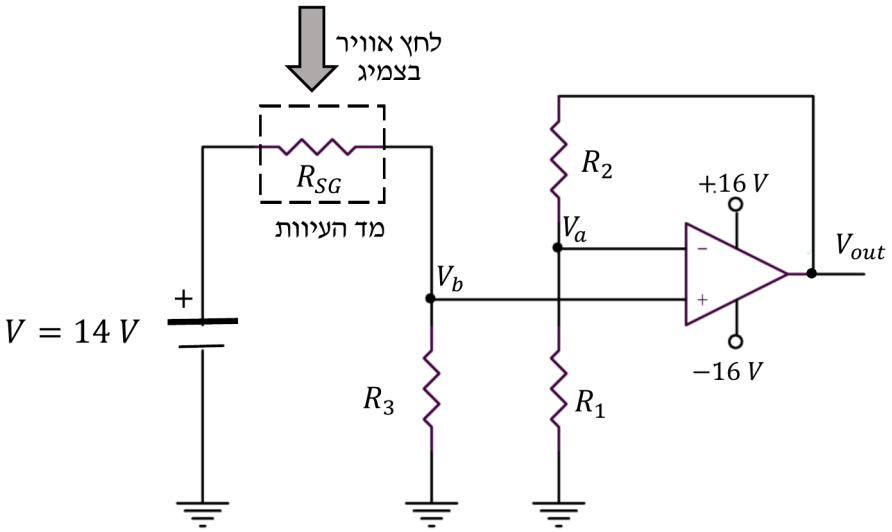
19. במפעל לצמיגי אופניים משתמשים במדחס אוויר לינארי המבוסס על מד עיוות. באיור לשאלה 19 מוצג מעגל למדידת לחצי אוויר בצמיגי האופניים. המעגל כולל מקור מתח ישר V , מד עיוות, מגבר שרת ושלושה נגדים.

בפתרונכם התייחסו למגבר השרת כאידאלי.

נתון: לחץ אוויר מרבי בצמיג $P_{max} = 70\,Psi$ גורם לכך שהתנגדות מד העיוות $R_{SG} = 480\,\Omega$.

לחץ אוויר מזערי בצמיג $P_{min} = 40\,Psi$ גורם לכך שהתנגדות מד העיוות $R_{SG} = 240\,\Omega$.

$R_1 = 320\,\Omega$, $R_2 = 80\,\Omega$, $R_3 = 300\,\Omega$.



א. מהי הנוסחה המקשרת בין התנגדות מד העיוות R_{SG} לבין לחץ האוויר P ? $R_{SG} = f(P)$.

(4 נקודות)

ב. מהו המתח V_b עבור לחץ צמיג מרבי (בכניסה החיובית של מגבר השרת)?

(4 נקודות)

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

ג. **מהו המתח V_{out} עבור לחץ אוויר מזערי בצמיג?**

(4 נקודות)

ד. **מהו המתח V_{out} עבור לחץ אוויר בצמיג של $P = 52\,Psi$?**

(3 נקודות)

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

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