GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2022 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: 17 שאלות בשאלון. השאלון מחולק לשני חלקים. חלק א' - שאלות סגורות. יש לענות על שמונה שאלות בלבד, מתוך השאלות 1-11. ערך כל שאלה חמש נקודות, סה"כ 40 נקודות. חלק ב' - שאלות פתוחות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, מתוך השאלות 12-17. 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 בכפולים 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.

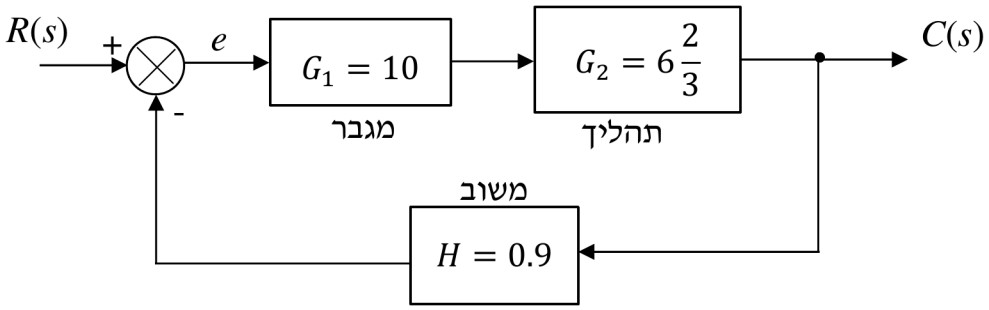
השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

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

המוצא הוא $C(s)=8$ והמבוא הוא $R(s)=7.32$, מה תהיה שגיאת מערכת הבקרה e במצב זה?



א. $e=0.56$

ב. $e=1.10$

ג. $e=0.12$

ד. $e=0.73$

(5 נקודות)

2. מהי התמרת לפלס ההפוכה $g(t)$ של הפונקציה $G(s)=\frac{s+5}{s^2+10\cdot s+50}$?

א. $g(t)=e^{-10t}\cdot\cos 10t$

ב. $g(t)=e^{-5t}\cdot\cos 5t$

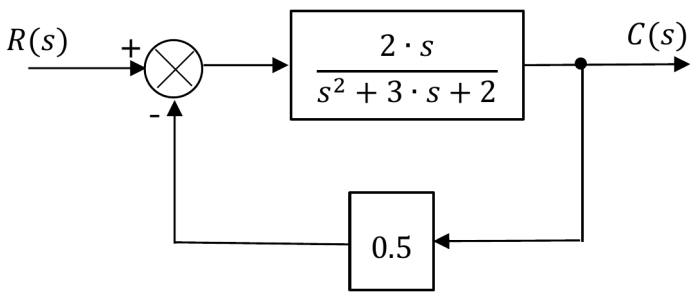
ג. $g(t)=e^{-5t}\cdot\cos 50t$

ד. $g(t)=e^{-50t}\cdot\cos 5t$

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה. למערכת בקרה זו הכניסו אות מדרגת יחידה במבוא.

מהו מוצא המערכת $C(s)$?

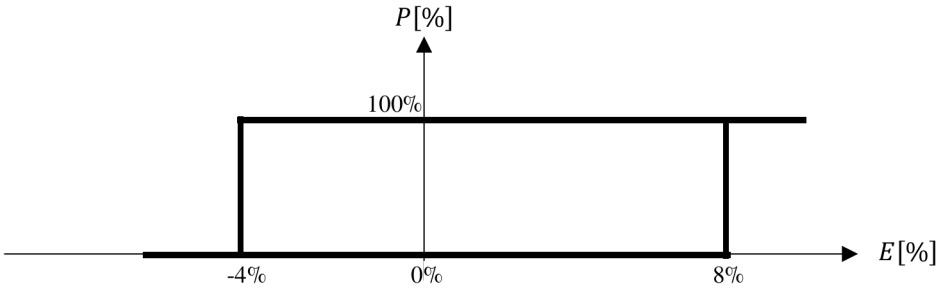


נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

א. $\frac{4 \cdot s}{s^2+4 \cdot s+6}$
ב. $\frac{2 \cdot s}{s^2+4 \cdot s+4}$
ג. $\frac{3}{s^2+6 \cdot s+2}$
ד. $\frac{2}{s^2+4 \cdot s+2}$

(5 נקודות)

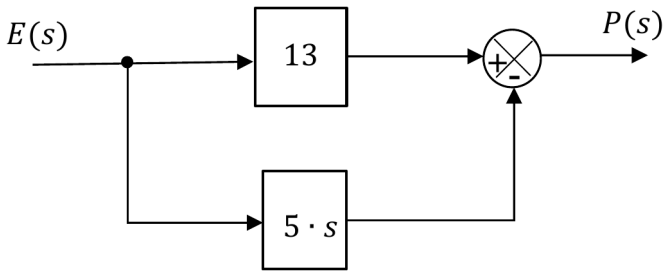
4. **באיור לשאלה 4 מוצג אופיין בקר דו-מצבי (ON - OFF) המתאר את אות מוצא הבקר בתלות בשגיאה היחסית, $P[\%] = f(E[\%])$. הבקר מבקר לחץ אוויר בצמיגי מכוניות, מהלחץ המירבי $P_{max}[PSI]$ ללחץ המזערי $P_{min}[PSI]$. תחום הלחצים הדרוש הוא: $\Delta P = 30 \div 40\ PSI$ וערך הלחץ הרצוי: $P_{sp} = 35\ PSI$.**
על פי הנתונים, מהם הלחצים, המזערי $P_{min}[PSI]$ והמרבי $P_{max}[PSI]$ בהתאמה?



א. $(31.7 \div 37.2)\ PSI$
ב. $(34.2 \div 35.4)\ PSI$
ג. $(29.8 \div 31.4)\ PSI$
ד. $(33.9 \div 36.2)\ PSI$

(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 לשאלה, מהו סוג הבקר?



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

א. בקר P .

ב. בקר PI .

ג. בקר PD .

ד. בקר PID .

(5 נקודות)

6. באיור לשאלה 6 מוצג מעגל למדידת טמפרטורה באמצעות חיישן טמפרטורה Temperature Sensor.

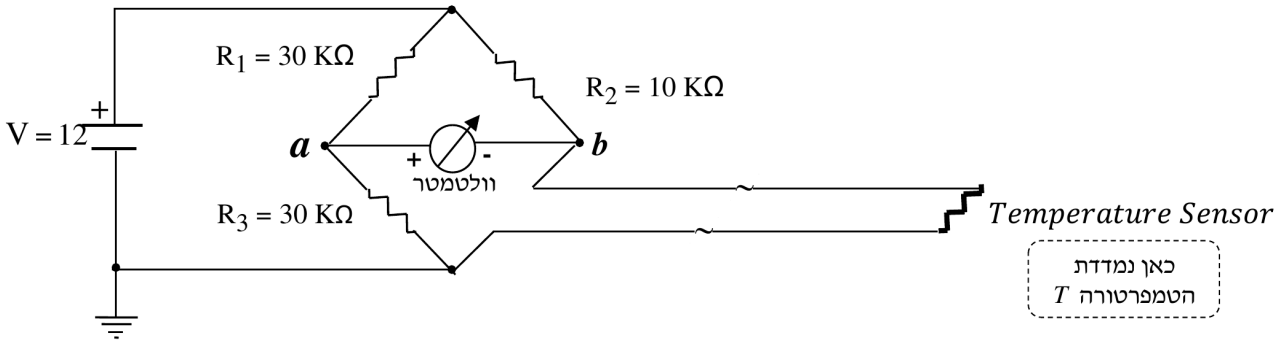
המעגל מודד טמפרטורה של אובייקט הנמצא **במרחק רב**. התנגדות חוטי המדידה בשני הכיוונים, היא $R_l = 227\,\Omega$.

התנגדות זו גורמת לשגיאה במדידת הטמפרטורה. תפקידו של הוולטמטר להעביר את המתח V_{ab} למערכת המחשבת את הטמפרטורה הנמדדת.

נתון: התנגדות חיישן הטמפרטורה R_{sens} בתלות בטמפרטורה T היא:

$R_{sens} = 0.2 \cdot T - 1.25\,[k\Omega, ^\circ C]$.

מהי השגיאה $e[\%]$ במתח V_{ab} במדידת טמפרטורה של $t = 50\,^\circ C$?



א. $e[\%] = 23.67\,\%$

ב. $e[\%] = 12.15\,\%$

ג. $e[\%] = 14.25\,\%$

ד. $e[\%] = 19.25\,\%$

(5 נקודות)

7. מזרימים סולר דרך שסתום בקרה, בספיקה של 10 גלונים לדקה ובהפרש לחצים של $21.5\,PSI$.

המשקל הסגולי (specific gravity) של הסולר הנתון: $s.g. = 0.89\,[g/cm^3]$.

לרשותכם שישה שסתומי ויסות שונים בעלי C_V של: 0.10, 0.19, 0.37, 1.57, 1.82, 2.31.

איזה C_V של שסתום בקרה מתאים עבור ספיקת הסולר הנתונה בשאלה?

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

א. $C_v = 1.57$

ב. $C_v = 2.03$

ג. $C_v = 0.19$

ד. $C_v = 0.37$

(5 נקודות)

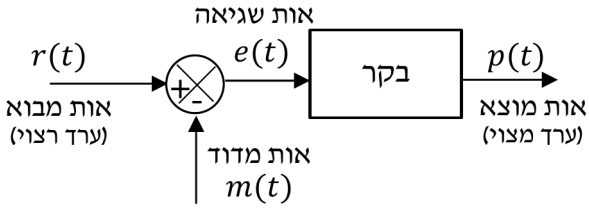
8. באיור לשאלה 8 מוצג תרשים מלבנים של בקר טמפרטורה.

נתון: הערך המרבי: $r_{max} = 55\,^{\circ}C$.

הערך המזערי: $r_{min} = 20\,^{\circ}C$.

הערך המדוד: $r(t) = 37\,^{\circ}C$.

מהי שגיאת הבקר עבור הערך בפועל (האות המדוד) של $m(t) = 35.5\,^{\circ}C$?



א. $e(\%) = 4.29\,\%$

ב. $e(\%) = 8.15\,\%$

ג. $e(\%) = 2.35\,\%$

ד. $e(\%) = 6.28\,\%$

(5 נקודות)

9. כושר האבחנה - 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 שני ערכי מדידה סמוכים שמכשיר המדידה מסוגל להבחין ביניהם.

(5 נקודות)

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

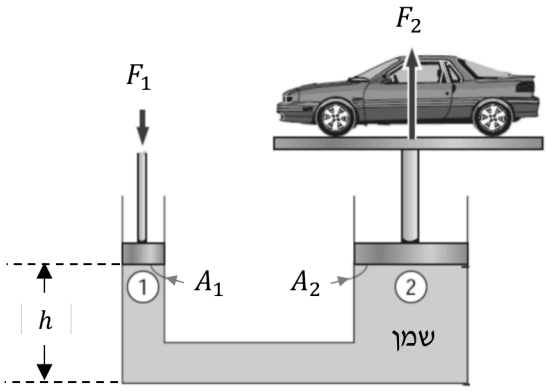
10. באיור לשאלה 10 מוצג מגבה (ג'ק) הידראולי להרמת מכוניות. הפעלת כוח F_1 מאפשרת הרמת מכונית שמשקלה F_2 הרבה יותר גדול מהכוח F_1 . המגבה בנוי משתי בוכנות ① ו- ② בגדלים שונים כפי שאפשר לראות באיור.

אמבטיית שמן אטומה מחברת בין שתי הבוכנות.

נתון: - משקל המכונית $F_2 = 800\,kg$, שתי הבוכנות באותו גובה h .

- שטחי הבוכנות: $A_1 = 0.015\,m^2$, $A_2 = 0.2\,m^2$.
- המרת יחידות כוח: $10\,N = 1\,kgf$.

מהו הכוח F_1 הדרוש להרים את המכונית?



א. $1{,}200\,[N]$

ב. $600\,[N]$

ג. $900\,[N]$

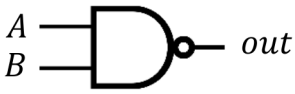
ד. $1{,}450\,[N]$

(5 נקודות)

11. באיור לשאלה 11 מוצג סימון מעגל לוגי המשמש כפונקציה בתרשים זרימה של תהליך מסוים.

הסימון הוא על פי האגודה הבינלאומית לאוטומציה - ISA .

סימון המעגל הלוגי מתאר פונקציה של:



א. שער "או" OR

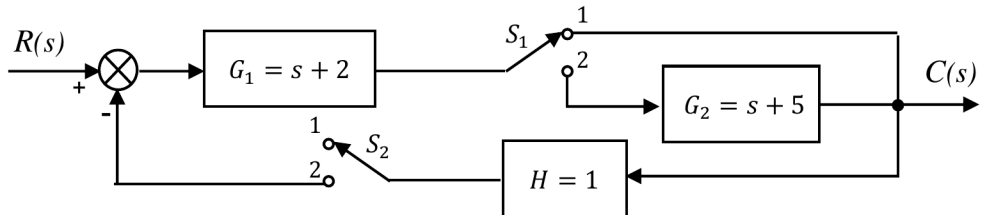
ב. שער "וגם" AND

ג. שער "לא-או" NOR

ד. שער "לא-וגם" $NAND$

(5 נקודות)

12. **באיור לשאלה 12 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה הכוללת שני מתגים - S_1 ו- S_2 .**



א. מהי פונקציית התמסורת $G_1(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ כאשר המתג S_1 במצב 2 והמתג S_2 במצב 1?

(3 נקודות)

ב. מהי פונקציית התמסורת $G_2(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ כאשר המתג S_1 במצב 2 והמתג S_2 במצב 2?

(4 נקודות)

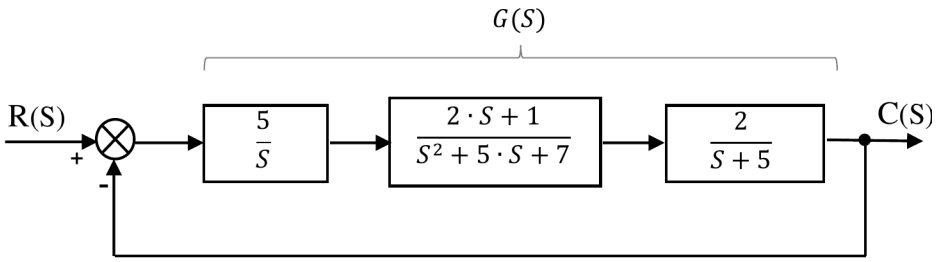
ג. מהו סדר מערכת הבקרה כאשר המתג S_1 במצב 2 והמתג S_2 במצב 2? נמקו תשובתכם.

(2 נקודות)

ד. מהו מקדם הריסון ξ של מערכת הבקרה כאשר המתג S_1 במצב 2 והמתג S_2 במצב 2?

(6 נקודות)

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



א. מהי פונקציית התמסורת $G(s) \cdot H(s)$ בחוג הפתוח?

(3 נקודות)

ב. מהו סוג המערכת? נמקו את תשובתכם.

(2 נקודות)

ג. מהם קבועי השגיאה של המערכת: K_p, K_v, K_a ?

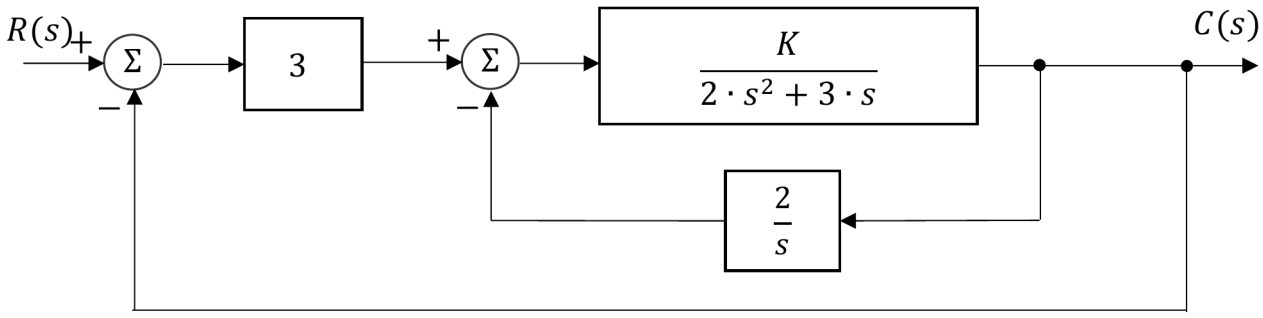
(6 נקודות)

ד. מהי שגיאת המערכת e_{ss} במצב מתמיד, עבור כניסת מדרגת יחידה- $r(t) = u(t)$?

(4 נקודות)

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

14. באיור לשאלה 14 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)

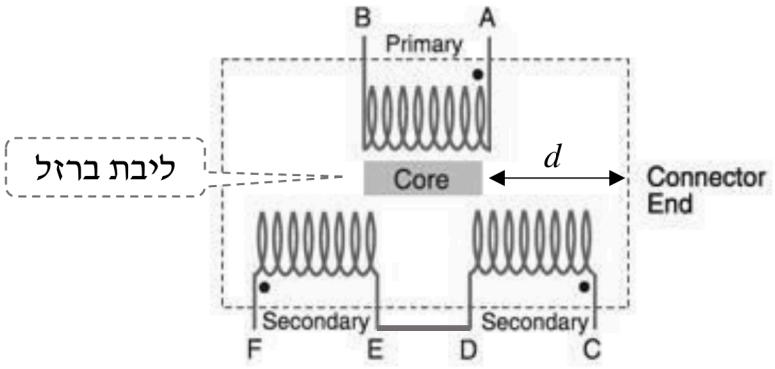
ב. מהי המשוואה האופיינית של מערכת הבקרה הנתונה?

(3 נקודות)

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

(7 נקודות)

15. באיור לשאלה 15 מוצג מבנה של מתמר מסוג LVDT. מתח המוצא בין הנקודות C ו- F והוא לינארי יחסית למיקום הנמדד d של חפץ.



א. ב- LVDT שבאיור בוצעו שתי מדידות, להלן התוצאות:

1. כאשר מרחק החפץ היה $d_1 = 1.7\,mm$, נמדד מתח V_{FC1} בערך של- $2.5\,mV$.
2. כאשר מרחק החפץ היה $d_2 = 8.7\,mm$, נמדד מתח V_{FC2} בערך של- $12.5\,mV$.

מהי הנוסחה המקשרת בין מיקום החפץ d לבין מתח המוצא V_{FC} ? $d = f(V_{FC})$.

(6 נקודות)

ב. מהו המרחק d בעבור מתח מוצא $V_{FC} = 10\,mV$ של ה- LVDT?

(4 נקודות)

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

ג. סרטטו את אופיין ה- LVDT אשר נתוניו בסעיף ב' רשום מעלה.

תחומי האופיין המבוקשים:

תחום המרחק בסרטוט: $10.5\,mm \geq d \geq 0\,mm$.

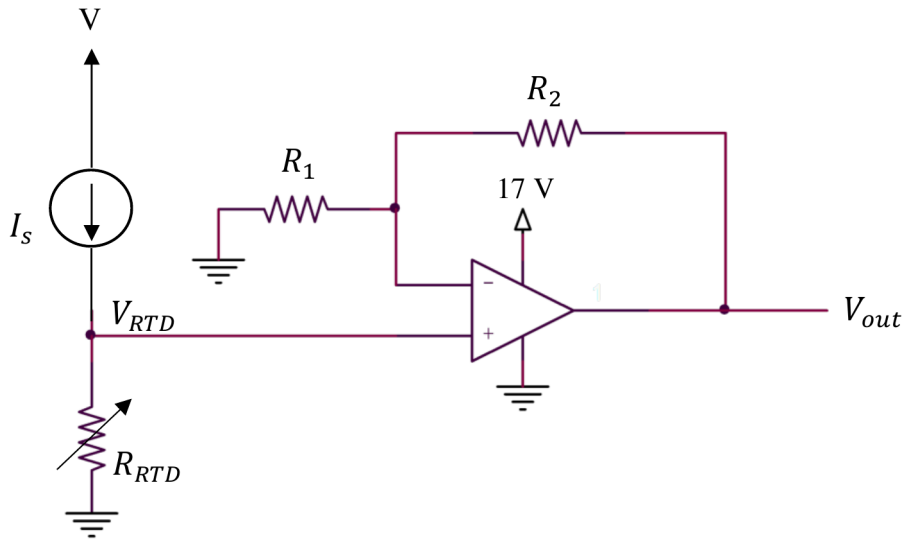
תחום מתח המוצא בסרטוט: $18\,mV \geq V_{FC} \geq 0\,mV$.

(5 נקודות)

16. באיור לשאלה 16 נתון מעגל למדידת טמפרטורה באמצעות מגבר שרת - Operation Amplifier, מקור זרם I_s , חיישן RTD (RTD – Resistance Temperature Detector) ושני נגדים R_1 , R_2 .

חיישן ה- RTD מתנהג בצורה לינארית, מגבר השרת אידאלי.

נתון: $I_s = 20\,\mathrm{mA}$, $R_1 = 2\,\mathrm{K\Omega}$ ו- $R_2 = 1\,\mathrm{K\Omega}$.



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

(4 נקודות)

ב. להלן נתונים שנמדדו במעגל הנתון:

בטמפרטורה של $T = 58\,^\circ C$, V_{RTD} בערך של $3.4\,V$.

בטמפרטורה של $T = 38\,^\circ C$, V_{RTD} בערך של $5.0\,V$.

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

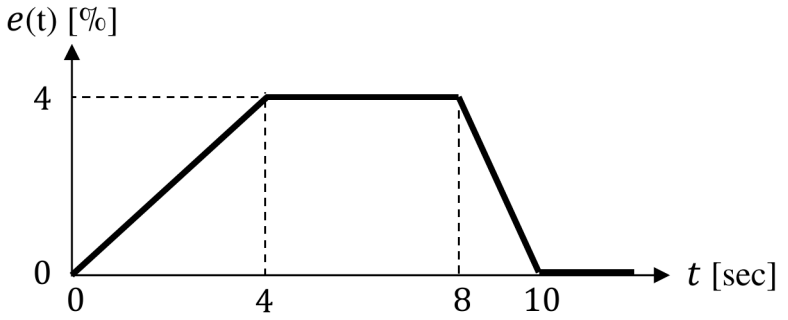
(6 נקודות)

ג. על סמך הנוסחה שמצאת בסעיף ב' לעיל, מהו מתח המוצא V_{out} כאשר הטמפרטורה הנמדדת היא $T = 47\,^\circ C$?

(5 נקודות)

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

17. **באיור לשאלה 17 מתואר אות שגיאה במבוא בקר מסוג I בעל הנתונים הבאים: תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס -** $P_0 = 15\%$ **, קבוע הבקר -** $K_I = 2\left[sec^{-1}\right]$.



א. **מהי תגובת הבקר לאות המתואר באיור בזמנים:** $t = 0, 4, 8, 10\ sec$?

(8 נקודות)

ב. **סרטטו את תגובת הבקר לאות המתואר באיור.**

(7 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