GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2023 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 8 שאלות בלבד, מתוך השאלות 1-11. ערך כל שאלה 5 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 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.

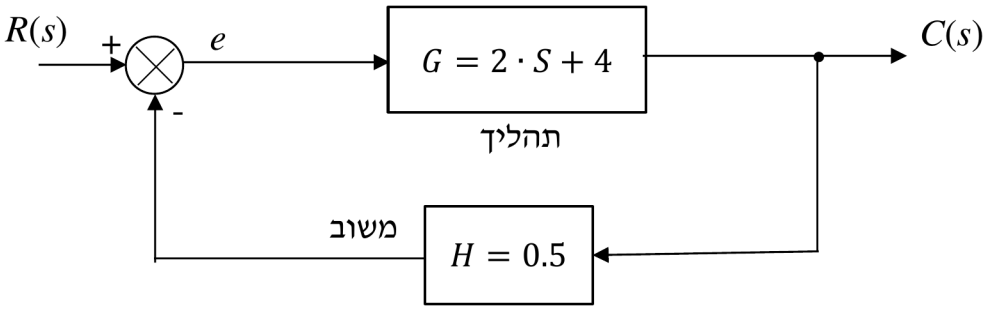
השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. **באיור לשאלה 1 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה. למערכת בקרה זו נתנו בכניסה את האות:** $R(s) = \frac{2}{s}$.

האות במוצא $C(s)$ **יהיה:**



א. $C(s) = \frac{S+2}{S^2+3 \cdot S}$.

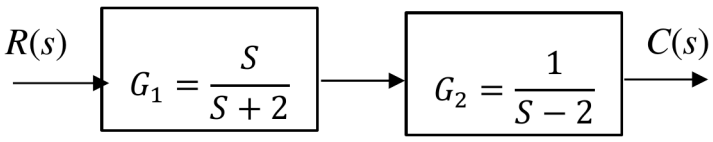
ב. $C(s) = 2 \cdot \frac{S+3}{S^2+4 \cdot S}$.

ג. $C(s) = 6 \cdot \frac{S+1}{S^2+3 \cdot S}$.

ד. $C(s) = 4 \cdot \frac{S+2}{S^2+3 \cdot S}$.

(5 נקודות)

2. **באיור לשאלה 2 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה. התמרת לפלס ההפוכה של** $G_1 \cdot G_2$ **היא:**



א. $g(t) = \sin 2t$.

ב. $g(t) = \cos 2t$.

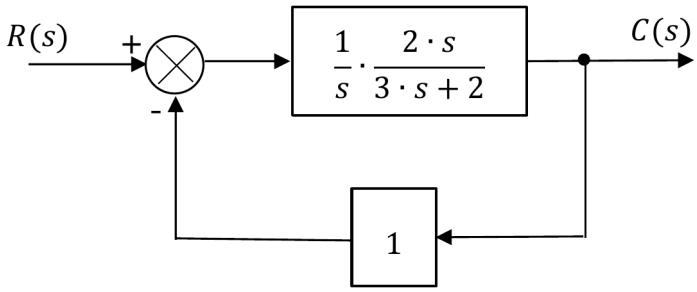
ג. $g(t) = e^{-t} \cdot \sin 4t$.

ד. $g(t) = e^{-t} \cdot \cos 4t$.

(5 נקודות)

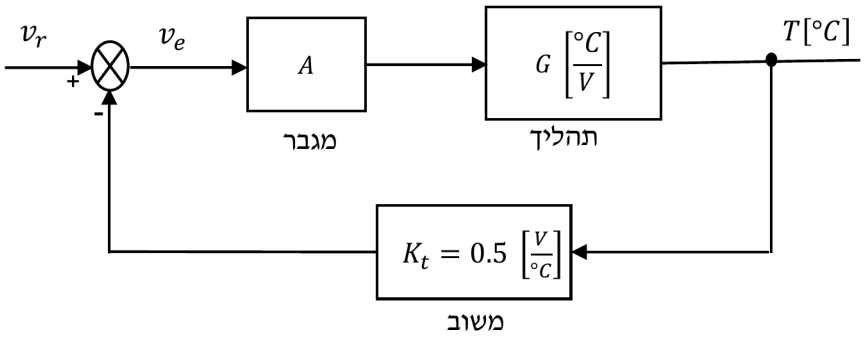
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

3. **באיור לשאלה 3 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה. למערכת בקרה זו הכניסו אות הלם:**
$r(t) = \delta(t)$.
מוצא המערכת $C(s)$ **הוא:**



א. $C(s) = \frac{2 \cdot s}{s^2 + 4 \cdot s}$.
ב. $C(s) = \frac{s}{3 \cdot s^2 + 4 \cdot s}$.
ג. $C(s) = \frac{s}{3 \cdot s^2 + s}$.
ד. $C(s) = \frac{2 \cdot s}{3 \cdot s^2 + 4 \cdot s}$.
(5 נקודות)

4. **באיור לשאלה 4 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרת טמפרטורה. נתון:** $v_r = 17\,[V]$.
אם טמפרטורת המוצא היא $T = 30\,^\circ C$ **, מהי שגיאת המערכת?**



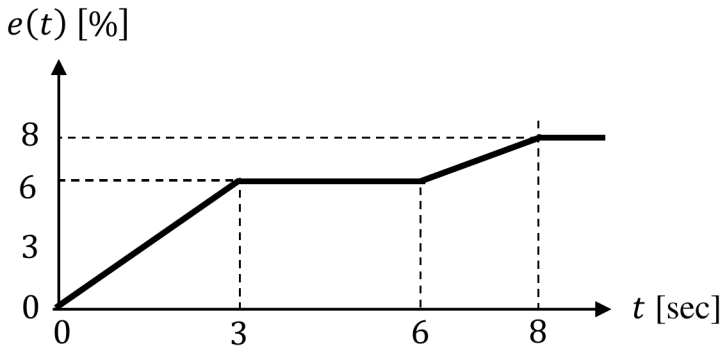
א. $V_e = 1.8\,V$.
ב. $V_e = 3.2\,V$.
ג. $V_e = 2.0\,V$.
ד. $V_e = 2.8\,V$.
(5 נקודות)

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

5. באיור לשאלה 5 מוצג אות שגיאה במבוא בקר מסוג D בעל הנתונים הבאים:

תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס: $P_0 = 18\%$, קבוע הבקר: $K_D = 2\,sec$.

מהי תפוקת הבקר בזמן $t = (3^-)\,sec$? (זמן קצר לפני שלוש שניות).



א. $p(3^-) = 22\,\%$.

ב. $p(3^-) = 19\,\%$.

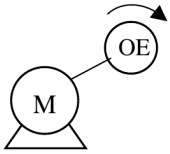
ג. $p(3^-) = 24\,\%$.

ד. $p(3^-) = 20\,\%$.

(5 נקודות)

6. באיור לשאלה 6 מוצג מנוע חשמלי שמחובר עליו מקודד אופטי הפרשי Optical Encoder. למקודד האופטי יש 120 חריצים.

כושר ההפרדה של המקודד האופטי הוא:



א. $R_{es} = 5^\circ$.

ב. $R_{es} = 3^\circ$.

ג. $R_{es} = 2^\circ$.

ד. $R_{es} = 6^\circ$.

(5 נקודות)

7. C_v הוא מושג המגדיר את גודלו של שסתום בהתאם לפרמטרים שלו.

ההגדרה הנכונה של C_v היא:

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

א. מספר הליטרים של מים לדקה (LPM) שניתן להזרים דרך השסתום בפתיחה מלאה בתנאי לחץ וטמפרטורה תקניים ותחת מפל לחץ של $1\,PSA$ על פני השסתום.

ב. מספר גלוני המים לדקה (GPM) שניתן להזרים דרך השסתום בפתיחה מלאה בתנאי לחץ וטמפרטורה תקניים ותחת מפל לחץ של $2\,PSA$ על פני השסתום.

ג. מספר גלוני המים לדקה (GPM) שניתן להזרים דרך השסתום ב-50% פתיחה בתנאי לחץ וטמפרטורה תקניים ותחת מפל לחץ של $1\,PSA$ על פני השסתום.

ד. מספר גלוני המים לדקה (GPM) שניתן להזרים דרך השסתום בפתיחה מלאה בתנאי לחץ וטמפרטורה תקניים ותחת מפל לחץ של $1\,PSA$ על פני השסתום.

(5 נקודות)

8. באיור לשאלה 8 מוצג תרשים מלבנים של בקר מנוע תעשייתי.

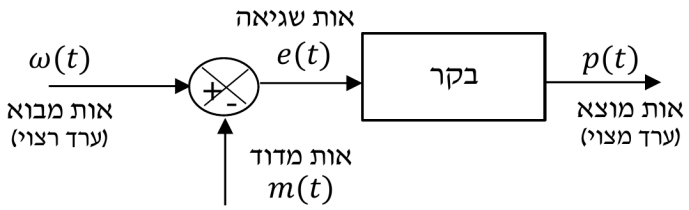
נתון: הערך המרבי: $\omega_{max} = 720\,rpm$.

הערך המזערי: $\omega_{min} = 240\,rpm$.

הערך הרצוי: $\omega_{in}(t) = 530\,rpm$.

שגיאת הבקר: $e(t) = 34.3\,\%$.

מהו הערך של האות המדוד $m(t)$ של הבקר?



א. $m(t) = 421.16\,rpm$.

ב. $m(t) = 293.54\,rpm$.

ג. $m(t) = 365.36\,rpm$.

ד. $m(t) = 512.48\,rpm$.

(5 נקודות)

9. דיוק - Accuracy של מערכת מדידה מוגדר כ:

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

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

ג. תגובת מערכת שאיננה תלויה רק בעירור אלא גם במצב הקודם ("היסטוריי") של המערכת.

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

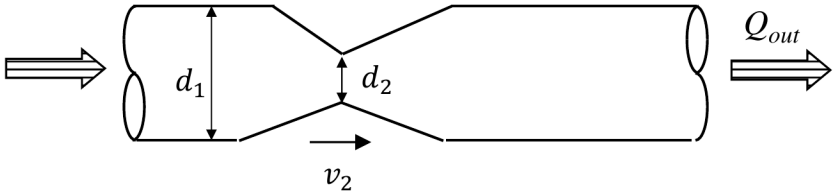
(5 נקודות)

10. באיור לשאלה 10 מוצג צינור עם הצרה שזורמים בו מים.

נתון: - קוטר הצינור בחלק הצר $d_2 = \frac{1}{2} \cdot d_1$.

- מהירות המים בחלק הצר: $v_2 = 0.84 \frac{m}{sec}$.

מהי מהירות המים במוצא הצינור ביחידות $\left[\frac{cm}{sec}\right]$?



א. $v_{out} = 23 \left[\frac{cm}{sec}\right]$.

ב. $v_{out} = 29 \left[\frac{cm}{sec}\right]$.

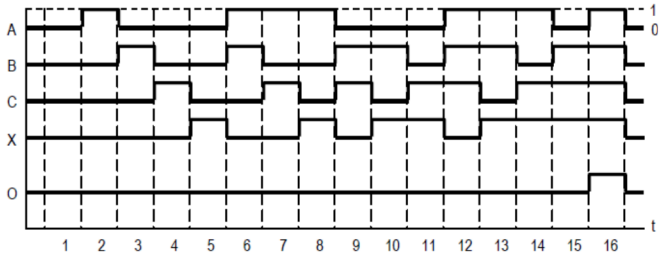
ג. $v_{out} = 21 \left[\frac{cm}{sec}\right]$.

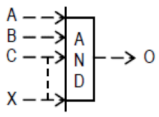
ד. $v_{out} = 12 \left[\frac{cm}{sec}\right]$.

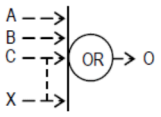
(5 נקודות)

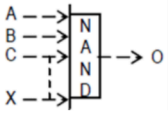
11. באיור לשאלה 11 מוצג אופיין של רכיב לוגי בעל ארבע כניסות A, B, C, X ויציאה אחת O .

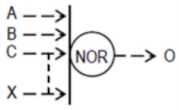
הרכיב הלוגי אשר סימונו לפי האגודה הבינלאומית לאוטומציה - ISA הוא:



א. 

ב. 

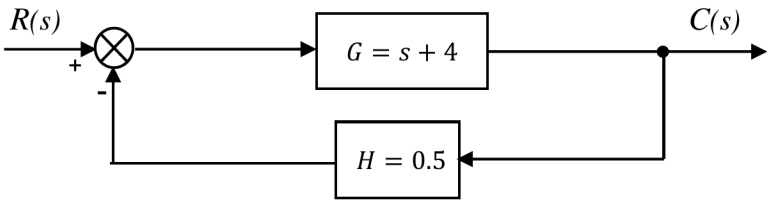
ג. 

ד. 

בחרו את הסמל הנכון מבין הסמלים א-ד שבאיור האפשרויות לשאלה 11.

(5 נקודות)

12. באיור לשאלה 12 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה.



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

(3 נקודות)

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

ב. מהו קבוע הזמן τ של מערכת הבקרה?

(3 נקודות)

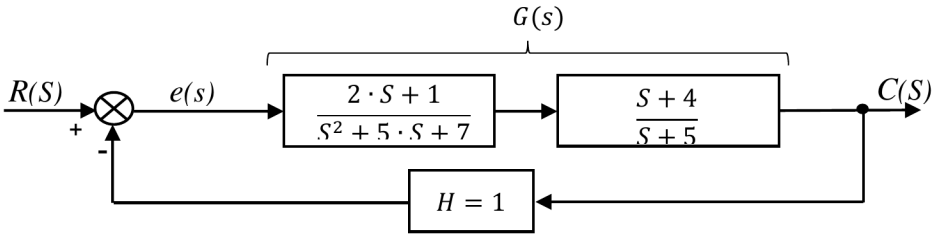
ג. מהו סדר מערכת הבקרה? נמקו תשובתכם.

(2 נקודות)

ד. למערכת הבקרה זו הכניסו אות כניסה $r(t) = 3t \cdot e^{-5t}$. מהו אות המוצא $C(s)$?

(7 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)

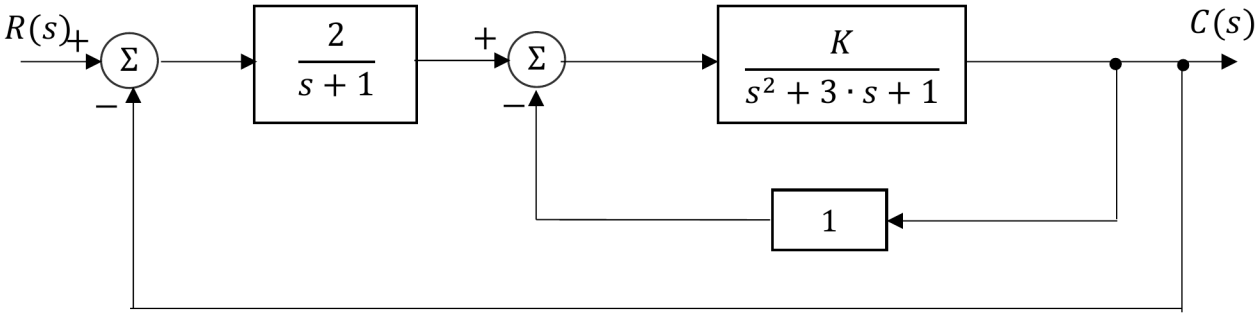
ג. מהם קבועי השגיאה של המערכת: K_p, K_v, K_a ?

(6 נקודות)

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

(4 נקודות)

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)

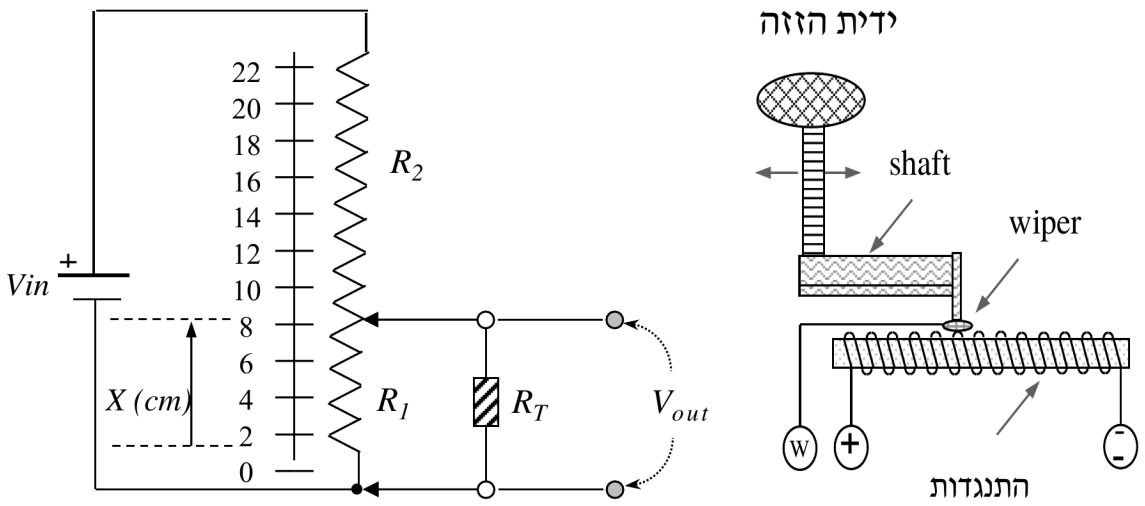
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

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

(7 נקודות)

15. באיור א' לשאלה 15 מתוארת מערכת מכנית למדידת מיקום. המערכת ממירה תזוזה לינארית למתח באמצעות פוטנציומטר קווי ולינארי. זחלן הפוטנציומטר (wiper) מחובר למוט (shaft) והמתח במוצאו V_{out} הוא יחסי לתזוזת הזחלן. באיור ב' לשאלה 15 מתואר המעגל החשמלי של המערכת, כאשר R_T - התנגדות המתמר. R_1 , R_2 הן ההתנגדויות של קטעי הפוטנציומטר משני צדי הזחלן וסכומן הוא התנגדות הפוטנציומטר. המרחק X מקבל ערכים דיסקרטיים מ-0 עד 22 סנטימטרים.

נתון: $V_{in} = 24\,\text{Volts}$; $R_1 + R_2 = 36\,k\Omega$; R_1 התנגדות הפוטנציומטר עד לנקודת הזחלן.



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

(2 נקודות)

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

(2 נקודות)

ג. הניחו כי התנגדות המתמר גדולה מאוד $R_T \to \infty$ והזחלן נמצא במרחק $X = 14\,cm$. חשבו את מתח המוצא V_{out} במצב זה.

(3 נקודות)

ד. חזרו וענו על סעיף ג' כאשר: $R_T = 140\,k\Omega$.

(3 נקודות)

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

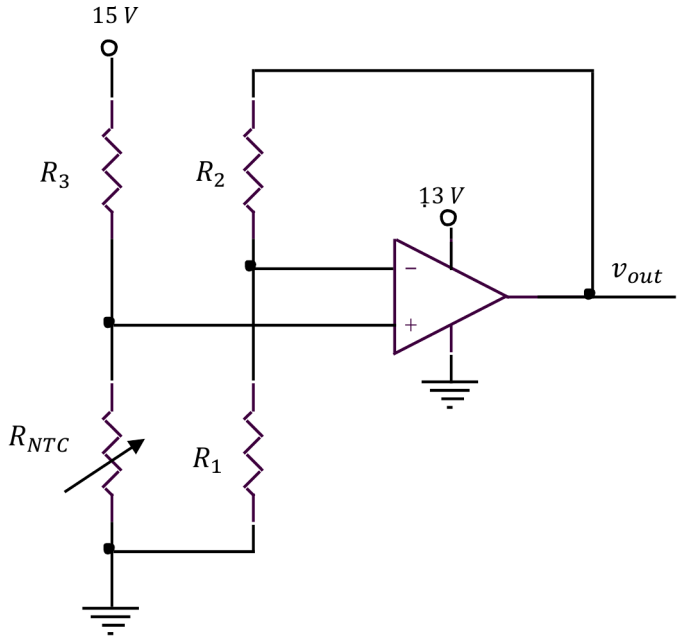
ה. חשבו את השגיאה באחוזים שנגרמת מההתחשבות בהתנגדות החיישן $R_T = 140\,k\Omega$ של המתמר. בתשובתכם הסתמכו על התוצאות שקיבלתם בסעיפים ג' ו- ד' לעיל.

(5 נקודות)

16. באיור לשאלה 16 מתואר מעגל אלקטרוני למדידת טמפרטורה. המעגל מורכב ממגבר שרת, שלושה נגדים ותרמיסטור מסוג NTC. אופיין התרמיסטור $R_{NTC} = f(T)$ הינו לינארי. תחום הטמפרטורות שניתן למדוד במעגל זה הוא: $-40\,^\circ C < T < 90\,^\circ C$.

נתוני המעגל:

$R_3 = 60\,k\Omega,\ R_2 = 3\,k\Omega,\ R_1 = 6\,k\Omega$ בפתרונכם התייחסו למגבר השרת כאידאלי.



א. הסבירו מהו תרמיסטור מסוג NTC? רשמו באנגלית את המשמעות של האותיות NTC.
סרטטו אופיין עקרוני של תרמיסטור מסוג NTC, $R_{NTC} = f(T)$.

(3 נקודות)

ב. להלן התנגדויות התרמיסטור בעבור טמפרטורות שונות:

1. בטמפרטורה של $T = 253\,^\circ K$, R_{NTC} נמדד כ- $90\,k\Omega$.
2. בטמפרטורה של $T = 176\,^\circ F$, R_{NTC} נמדד כ- $30\,k\Omega$.

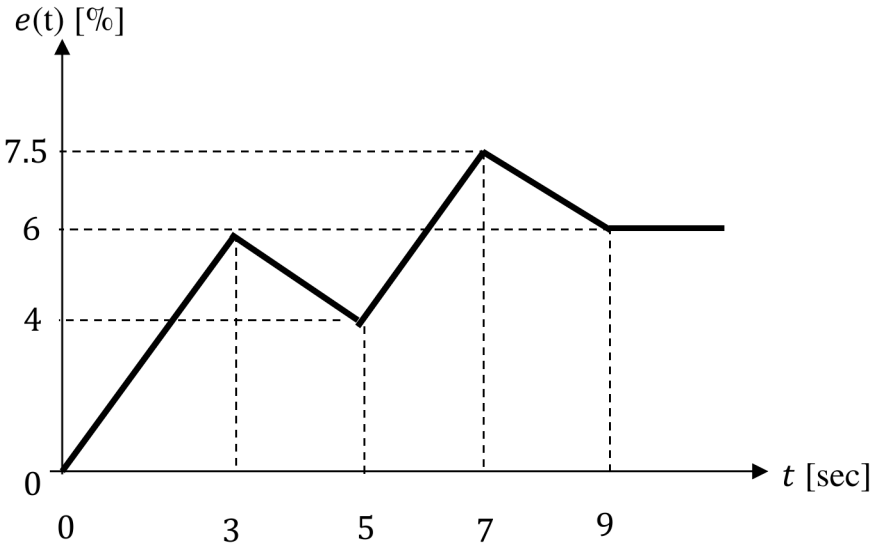
מהי הנוסחה המקשרת בין התנגדות התרמיסטור לבין הטמפרטורה, $R_{ntc}[k\Omega] = f(T[^\circ C])$?

(5 נקודות)

ג. על סמך הנוסחה שחישבתם בסעיף ב' לעיל, מהו מתח המוצא V_{out} , כאשר הטמפרטורה הנמדדת היא $T = 30\,^\circ C$?

(7 נקודות)

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



17.

א. הסבירו מהו בקר מסוג P. רשמו את משוואת בקר זה.

(3 נקודות)

ב. באיור לשאלה 17 מתוארת שגיאת בקר מסוג P בעלת הנתונים הבאים: תפוקת הבקר כאשר השגיאה אפס - $m_0 = 13\%$, קבוע הבקר $K_P = 4$.

חשבו את תפוקת הבקר בזמנים: 0,3,5,7,9 שניות.

(7 נקודות)

ג. סרטטו את תפוקת הבקר.

(5 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