

מערכות מכטרוניות ה'

(להנדסאי מכונות)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים ובהם שמונה שאלות. עליך להשיב על שאלה 1 שבפרק הראשון ועל ארבע מבין השאלות 2-8 שבפרק השני (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: מערכות מכטרוניות 20 נקודות

פרק שני: בקרת תהליכים ומכשור לבקרה ולאלקטרוניקה תעשייתית 80 נקודות

סך-הכול 100 נקודות

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון, כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס על נייר.

ד. הוראות מיוחדות:

1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את השאלון וודא שההנחיות בדף השער מובנות לך היטב.

2. ענה על השאלות על-פי הסדר הנראה לך.

3. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות הנוספות.

4. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. רשום בתשובתך את הנתון שהוספת.

5. בתשובה על שאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

בשאלון זה 12 עמודים

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

השאלות

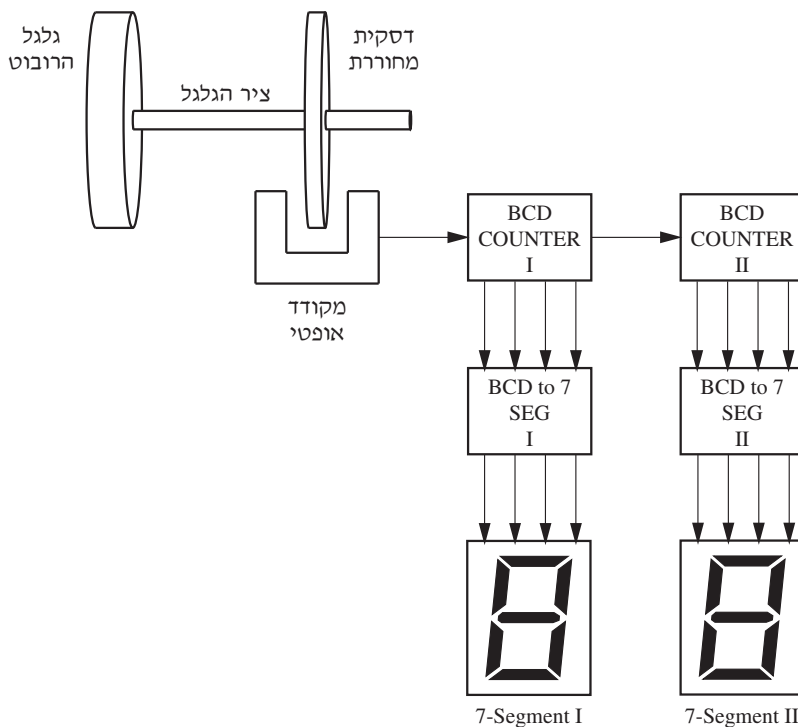
בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. עליך לענות על שאלה 1 שבפרק הראשון, ועל ארבע מבין השאלות 2–8 שבפרק השני (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: מערכות מכטרוניות (20 נקודות)

ענה על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

באיור לשאלה זו נתון תרשים של מערכת למדידת מרחק שעובר רובוט. מערכת המדידה מחוברת באמצעות ציר גלגל הרובוט שרדיוסו 2.55 cm. דסקית מחוררת בעלת 16 חורים בהיקפה מסתובבת על ציר גלגל הרובוט בתוך מקודד אופטי, כמתואר באיור. המתח המתקבל במוצא המקודד הוא סדרת פולסים. המרחק הנמדד מוצג על-גבי שתי תצוגות שבעה מקטעים (7-segment).



איור לשאלה 1

- א.** 1. ציין את שמות הרכיבים של מקודד אופטי.
2. הסבר כיצד ניתן למדוד מרחק בעזרת המערכת המתוארת.
- ב.** רשום את הנוסחה לחישוב המרחק שעבר הרובוט מתחילת הנסיעה כפונקציה של כמות הפולסים, N , המתקבלים במוצא המקודד.
- ג.** הסתמך על הנוסחה שרשמת בסעיף ב' וענה על הסעיפים שלהלן:
 1. קבע את כושר האבחנה של המדידה.
 2. ידוע שהרובוט עבר מרחק של 92 cm. רשום את המילה הבינרית במוצא של מונה I ושל מונה II ואת הספרה המופיעה על גבי תצוגה I ועל גבי תצוגה II.
- ד.** מתקנים את מערכת המדידה המתוארת בשאלה על כל אחד מן הגלגלים הקדמיים של הרובוט ומתקבלות קריאות זהות משני הגלגלים (הנח שגלגלי הרובוט אידאליים ואינם מחליקים). האם ניתן להסיק מכך בוודאות שהרובוט לא ביצע פניות במהלך נסיעתו? נמק את תשובתך.

פרק שני: בקרת תהליכים ומכשור לבקרה ולאלקטרוניקה תעשייתית
(80 נקודות)

ענה על ארבע מבין השאלות 2-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).

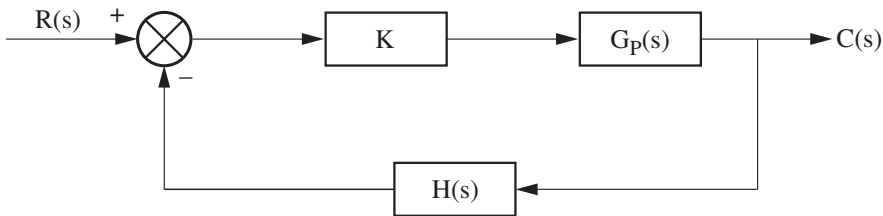
שאלה 2

להלן פונקציית התמסורת של תהליך $G_p(s)$:

$$G_p(s) = \frac{s+10}{s^2-3s-10}$$

א. כמה קטבים של התהליך נמצאים בחלקו הימני של המישור?

באיור לשאלה זו נתונה דיאגרמת מלבנים המתארת סגירת משוב לתהליך.



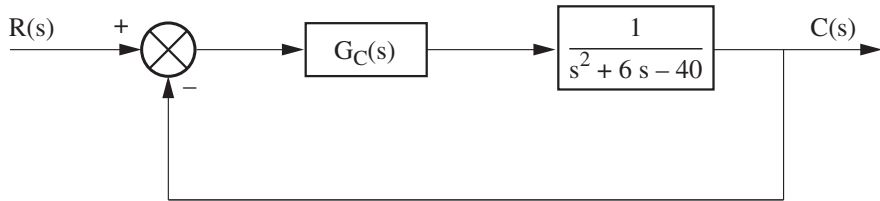
איור לשאלה 2

נתון ש- $H(s) = \frac{1}{s+20}$

- ב.** רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור המתואר באיור.
- ג.** מהו תחום הערכים של K שבעבורו המערכת תהיה יציבה בחוג הסגור?
- ד.** מהו תחום הערכים של K שבעבורו יש למערכת בחוג הסגור רק קוטב אחד בחלקו הימני של המישור?
- ה.** מהו תחום הערכים של K שבעבורו יש למערכת בחוג הסגור **שני** קטבים בחלקו הימני של המישור?

שאלה 3

באיור לשאלה זו נתונה דיאגרמת מלבנים של מערכת בקרה:



איור לשאלה 3

הבקר במערכת הוא בקר פרופורציונלי בעל הגבר $G_C(s) = K_C$.

א. רשום את פונקציית התמסורת המתארת את הקשר בין הערך המצוי $C(s)$ ובין הערך הרצוי

$$R(s), \text{ כלומר } \frac{C(s)}{R(s)}.$$

ב. חשב את תחום הערכים של הגבר הבקר שיבטיח את התקיימותה של כל אחת מן הדרישות

שלהלן **בנפרד**:

1. יציבות של החוג הסגור

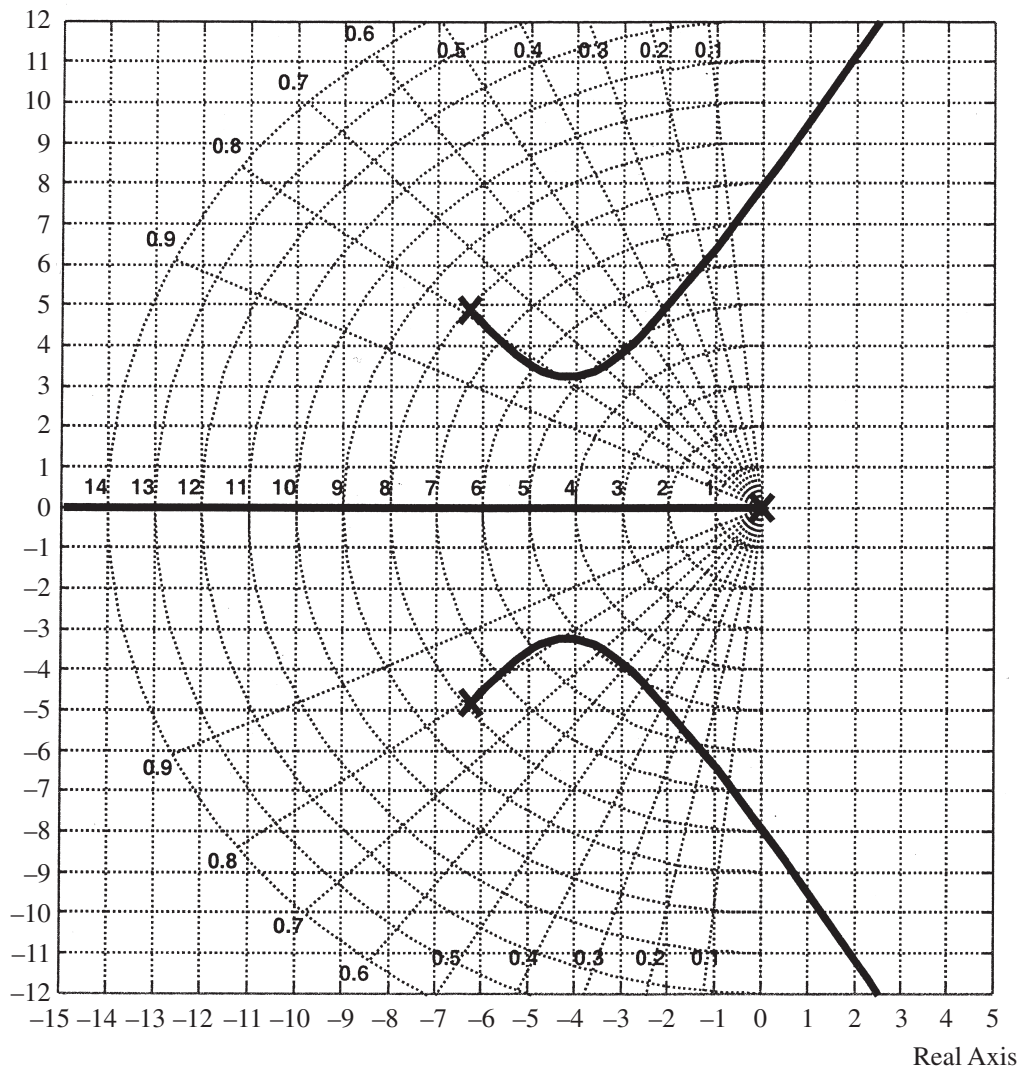
2. זמן הירגעות – $t_s < 2 \text{ sec}$ (לפי קריטריון $\pm 2\%$)

3. תגובת-יתר – $0.S. < 30\%$

שאלה 4

באיור לשאלה זו מתוארת בקווים עבים דיאגרמת מג"ש (Root-Locus) של מערכת כלשהי בחוג סגור. הקווים העגולים המרוסקים שבאיור מתארים קווים שוויתדר טבעי, ω_n , במרווחים של $1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. הקווים הישרים היוצאים מן הראשית מתארים קווים שוויתדר ריסון, ζ , במרווחים של 0.1. הסתמך על דיאגרמת המג"ש שבאיור וענה על השאלות שלהלן:

Imaginary Axis

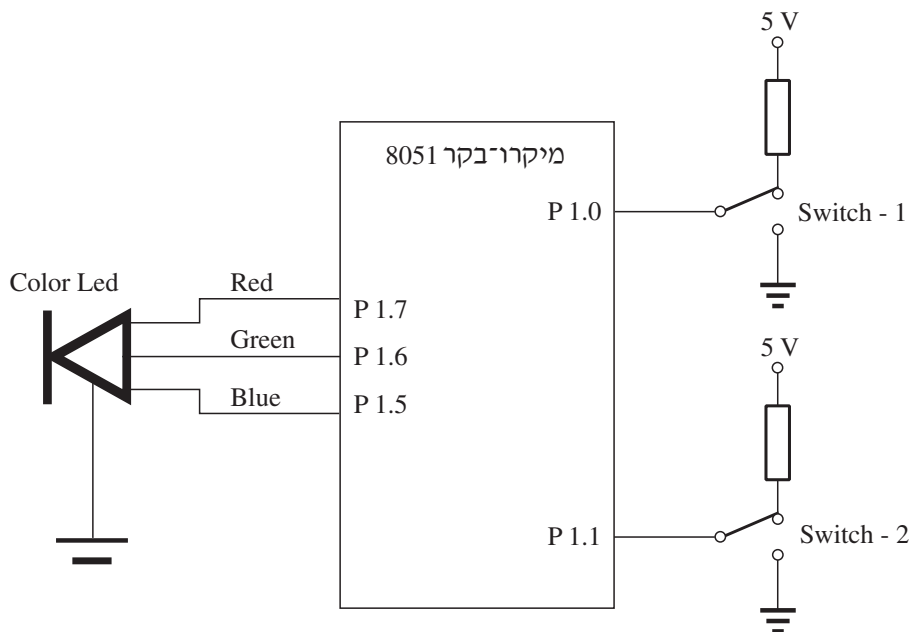


איור לשאלה 4

- א.** האם המערכת בחוג הסגור תהיה יציבה עבור כל הגבר? נמק את תשובתך.
- ב.** האם ייתכן שלמערכת בחוג הסגור יהיה תדר טבעי, ω_n , גדול מ- $10 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$? נמק את תשובתך.
- ג.** האם ייתכן ש"זמן ההירגעות" של המערכת בחוג הסגור יהיה נמוך מ- 0.4 sec ? נמק את תשובתך.
- ד.** האם ייתכן שלמערכת בחוג הסגור יהיה תדר טבעי מרוסן $\omega_d = 4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$?
- ה.** האם ייתכן שלמערכת בחוג הסגור תהיה תגובה **ללא** תנודות כתוצאה מכניסת מדרגה?

שאלה 5

באיור לשאלה מתוארת מערכת בקרה.



איור לשאלה 5

רכיבי המערכת:

- מיקרו-בקר 8051 .
- מפסק 1 המחובר ל-P 1.0 (מצב ON – "0" לוגי, מצב OFF – "1" לוגי).
- מפסק 2 מחובר ל-P 1.1 (מצב ON – "0" לוגי, מצב OFF – "1" לוגי).
- נורת LED צבעונית שיכולה להאיר בשמונה צבעים על-פי הפירוט שבטבלה להלן.

Red	Green	Blue	Color
0	0	0	ללא צבע
0	0	1	כחול
0	1	0	ירוק
0	1	1	טורקיז
1	0	0	אדום
1	0	1	סגול
1	1	0	חום
1	1	1	לבן

להלן ארבעת המצבים האפשריים של המפסקים:

- I. כאשר מפסק 1 ומפסק 2 נמצאים במצב OFF – נורית ה־LED תאיר בצבע אדום.
- II. כאשר מפסק 1 נמצא במצב ON ומפסק 2 במצב OFF – נורית ה־LED תאיר בצבע כחול.
- III. כאשר מפסק 1 נמצא במצב OFF ומפסק 2 נמצא במצב ON – נורית ה־LED תאיר בצבע ירוק.

IV. כאשר מפסק 1 ומפסק 2 נמצאים במצב ON – נורית ה־LED תאיר בצבע לבן.

להלן קטע מתכנית בשפת ASM51 להפעלת מערכת הבקרה. המערכת מדליקה בנוריות ה־LED אור בצבעים שונים, כפי שתואר לעיל.

בקטע חסרים **חמישה** ביטויים המסומנים במספרים בסוגריים עגולים. רשום במחברתך את מספרי הביטויים החסרים, (1)–(5), בסדר עולה, וכתוב על־יד כל מספר את הביטוי החסר שהוא מייצג.

START:

	JB	P1.0, C_2
	_____ (1) _____	P1.1, G
	SETB	P1.7
	_____ (2) _____	
	CLR	P1.5
	SJMP	START
G:	CLR	P1.7
	SETB	P1.6
	CLR	P1.5
	_____ (3) _____	
C_2:	JNB	P1.1, B
	SETB	P1.7
	_____ (4) _____	
	SETB	P1.5
	SJMP	START
B:	_____ (5) _____	
	CLR	P1.6
	SETB	P1.5
	SJMP	START

שאלה 6

במערכת לבקרת מפלס נוזל יש בקר יחסי P . תחום המדידה של המפלס הוא בין 100 cm ל-300 cm. הערך הרצוי של המפלס הוא 200 cm. משוואת התפוקה של הבקר היחסי היא:

$$m = K_c \cdot e + M_o = K_c \cdot e + 45\%$$

כאשר:

m [%] – תפוקת הבקר

e [%] – השגיאה

K_c [%] – הגבר הבקר

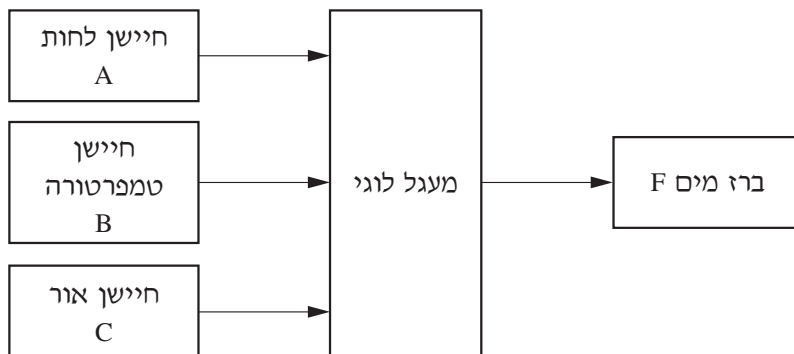
א. מהי המשמעות הפיזיקלית של הפרמטר $M_o = 45\%$?

ב. מהי השגיאה e בעבור שינוי של 1 cm בתחום המדידה?

ג. הגבר הבקר נקבע לערך של $K_c = 4$ ומפלס הנוזל התייצב בגובה של 190 cm. מהי תפוקת הבקר, m , במצב זה?

שאלה 7

באיור לשאלה זו נתון תיאור סכמתי של מערכת השקיה אוטומטית במשתלה.



איור לשאלה 7

המערכת כוללת שלושה חיישנים ספרתיים:

- חיישן לחות A

- חיישן טמפרטורה B

- חיישן אור C

כל אחד מהחיישנים מפיק את הערך הלוגי "0" כאשר הגודל הנמדד נמוך מן הערך הרצוי שנקבע מראש. כל חיישן מפיק את הערך הלוגי "1" כאשר הגודל הנמדד גבוה מן הערך הרצוי.

המערכת כוללת גם ברז השקיה, F, שנפתח אוטומטית בכל אחד מן המקרים האלה:

I. כאשר כמות האור ורמת הלחות במשתלה נמוכות מן הרצוי ללא תלות בטמפרטורה;

II. כאשר הטמפרטורה במשתלה גבוהה מן הרצוי אך רמת הלחות נמוכה מן הרצוי ללא תלות בכמות האור;

III. כאשר רמת האור והטמפרטורה במשתלה גבוהות מן הרצוי ללא תלות בלחות.

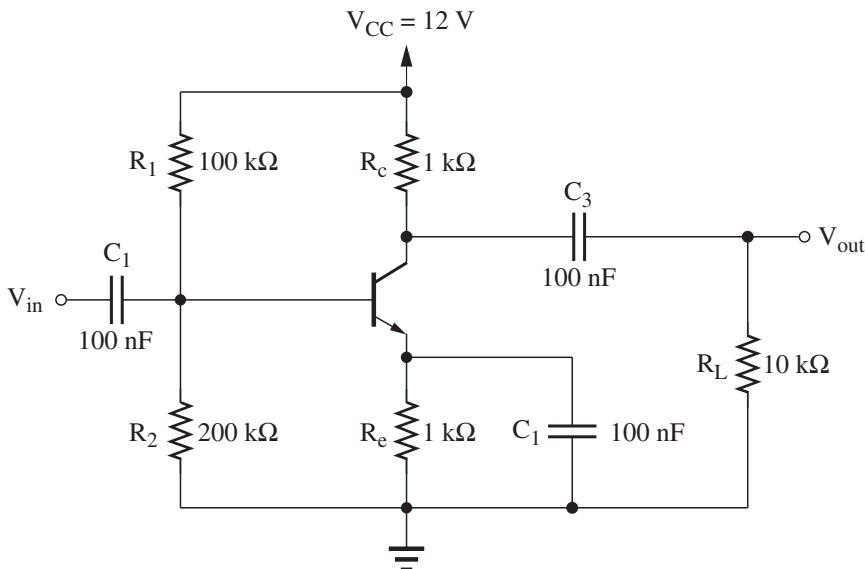
א. סרטט טבלת אמת של המעגל הלוגי עבור המשתנים A, B ו-C והמוצא F.

ב. הסתמך על הטבלה שסרטטת בתשובתך לסעיף א' והיעזר במפת קרנו, ורשום את הביטוי הלוגי המצומצם ביותר עבור המוצא F.

ג. ממש את המעגל הלוגי הדרוש לפתיחת הברז F באמצעות שערי NAND בלבד. סרטט את המעגל.

שאלה 8

באיור לשאלה זו מתואר מעגל חשמלי של מגבר טרנזיסטורי המגביר את האות V_{in} המגיע מחיישן. נתוני הטרנזיסטור הם: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$, $h_{fe} = \beta = 100$, $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$.



איור לשאלה 8

- א. חשב את נקודת העבודה של הטרנזיסטור.
- ב. סרטט את מעגל התמורה של המגבר לאות AC בתדר גבוה בהנחה שהקבלים במעגל מהווים קצר.
- ג. חשב את הגבר המתח של המגבר.
- ד. אות הכניסה למגבר הוא אות המתח $V_{in} = 0.03 \sin(\omega t) [\text{V}]$.
 1. חשב את האמפליטודה של אות מתח המוצא, V_{out} .
 2. סרטט במחברתך, זה מעל זה, את גל המתח במבוא המגבר ואת גל המתח במוצא המגבר.

בהצלחה!