

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 לשאלה 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 לבקרת זווית של אנטנת לוויין הנמצאת בתנועה תמידית.

כיוון האנטנה נקבע על-פי עוצמת האות הנקלט בה, V_{in} . מסובבים את האנטנה כך שעוצמת האות הנקלט בה תהיה מרבית. מנוע צעד מסובב את האנטנה באופן הזה:

כאשר אות הבקרה הוא $F = 1$ האנטנה מסתובבת עם כיוון השעון.

כאשר אות הבקרה הוא $F = 0$ האנטנה מסתובבת נגד כיוון השעון.

אות המבוא למערכת, V_{in} , הוא גל סינוס בעל עוצמה משתנה בתדר ידוע מראש. מתח ההזנה של כל רכיבי המערכת הוא 5 V.

משווה הגודל (magnitude comparator) הוא מעגל לוגי המשווה בין שני מספרים בינאריים והקובע אם מספר אחד גדול או קטן ממספר אחר או שווה לו. למעגל משווה הגודל יש שלושה מוצאים, שבכל רגע נתון ערכו הלוגי של אחד מהם בלבד יכול להיות 1. אות הבקרה F מחובר תמיד למוצא $B > E$, כמתואר באיור.

א. הסבר בקצרה את פעולת המעגל.

ב. מהו סוג הממיר ADC המתואר באיור? הסבר כיצד הוא פועל.

ג. סרטט, זה מתחת לזה, ארבעה גרפים איכותיים של המתח, V_{in} , ושל המתחים בנקודות X, Y ו-Z כפונקציה של הזמן.

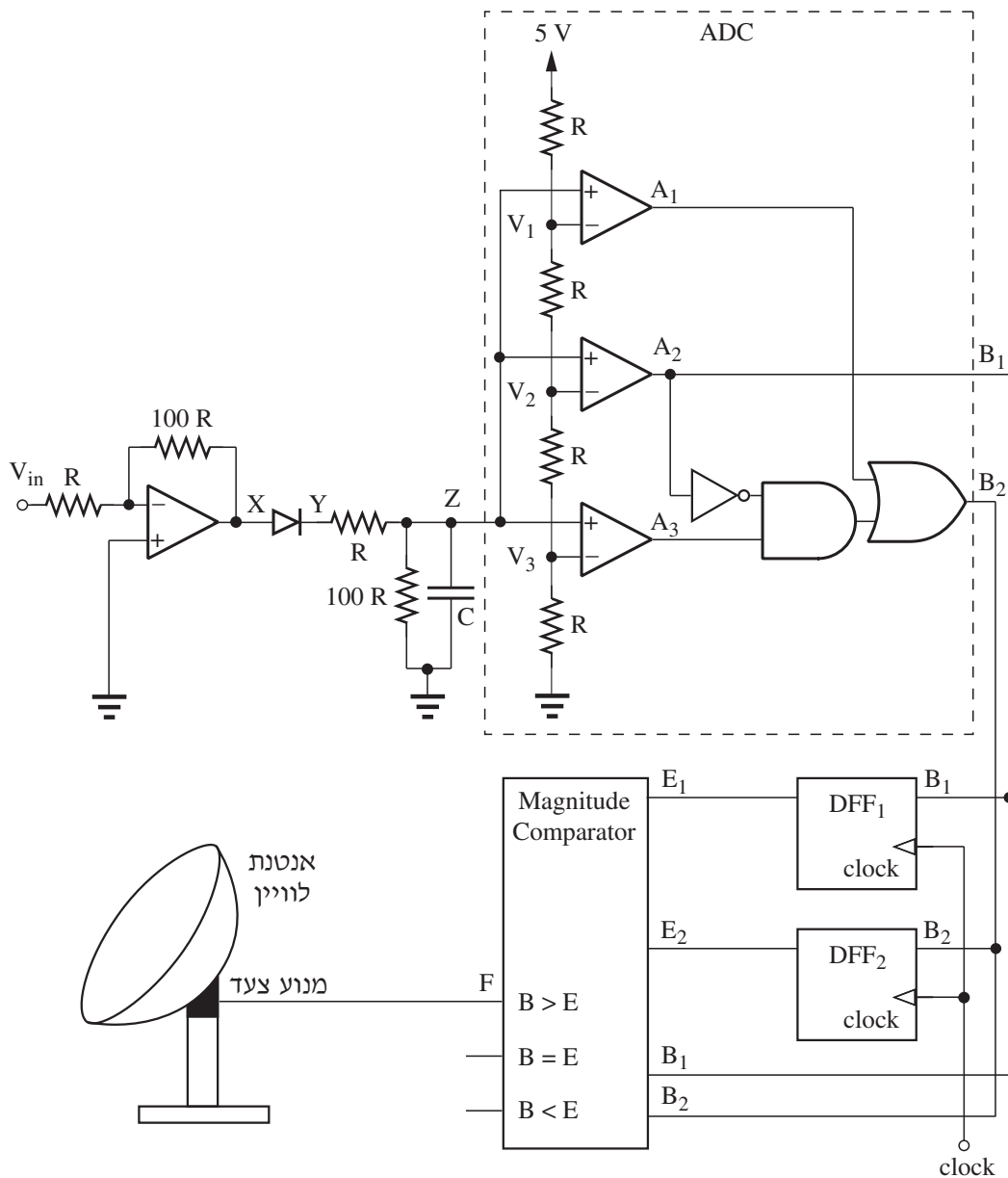
ד. חשב את המתחים V_1 , V_2 ו- V_3 המסומנים באיור.

ה. נתון כי המתח בנקודה Z היה 3.05 V כאשר בשעון (clock) הופיע הדופק ה-n.

1. מהו הערך הלוגי (1 או 0) בנקודות A_1 , A_2 ו- A_3 ?

2. מהו הערך הלוגי (1 או 0) בנקודות B_1 ו- B_2 ?

3. נתון כי בזמן הדופק ה- $(n-1)$ של השעון (clock) התקבלו הנתונים האלה:
 $B_2 = 0, B_1 = 0$. מהו כיוון הסיבוב של המנוע בזמן הדופק ה- n של השעון (clock)? נמק
 את תשובתך.



איור לשאלה 1

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

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

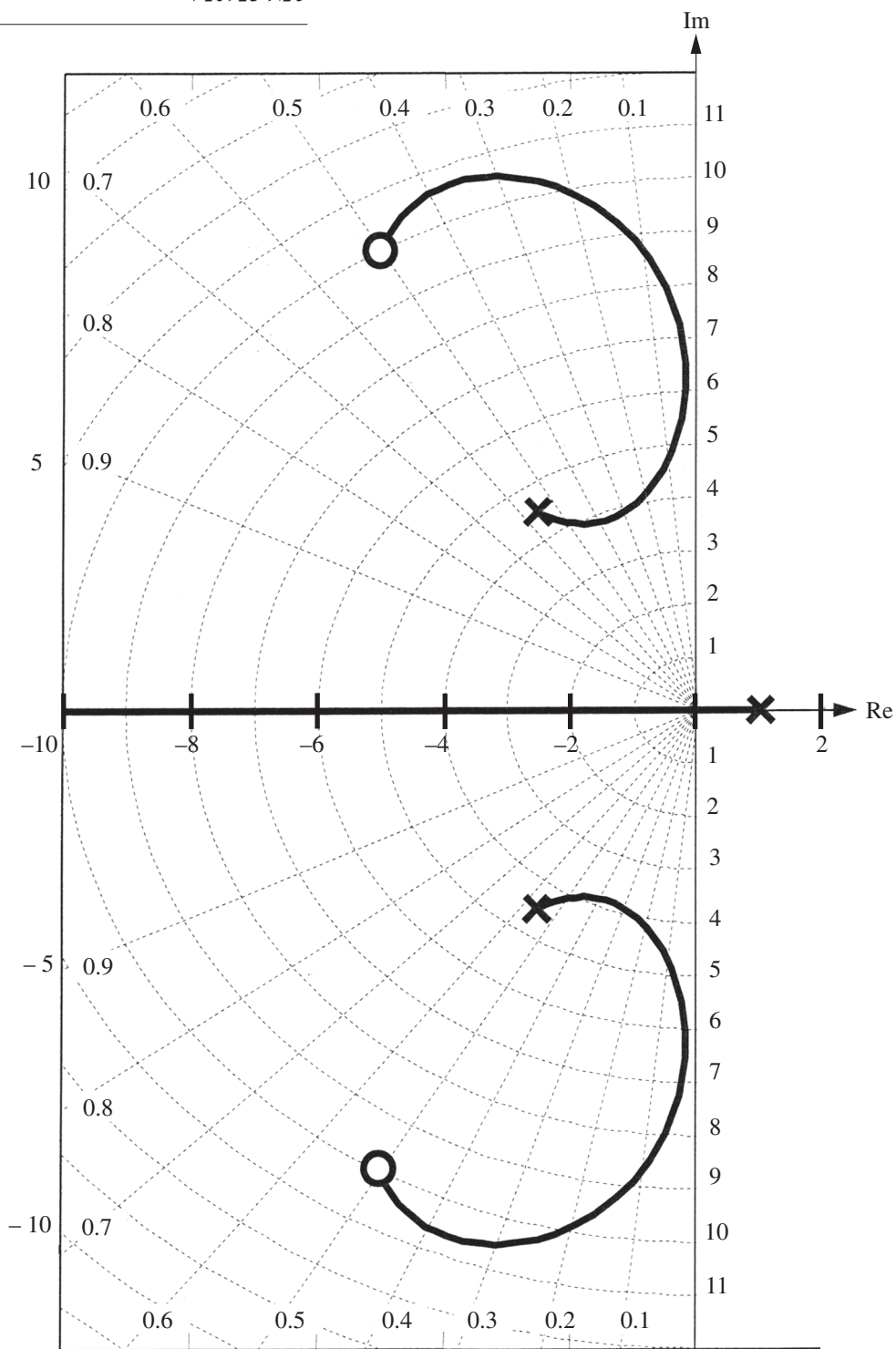
שאלה 2

באיור לשאלה זו מתוארת בקווים עבים דיאגרמת מג"ש (Root-Locus) של מערכת כלשהי.

הקווים העגולים המרוסקים שבאיור מתארים קווים שווי-תדר טבעי, ω_n , במרווחים של $1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

הקווים הישרים המרוסקים היוצאים מן הראשית מתארים קווים שווי-יחס ריסון, ζ , במרווחים של 0.1. הסתמך על דיאגרמת המג"ש שבאיור וענה על השאלות שלהלן:

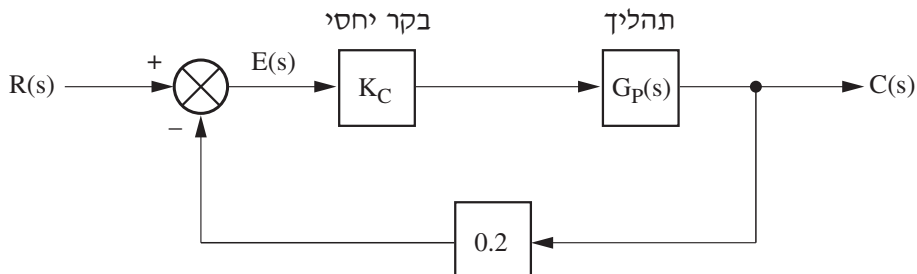
- א. האם המערכת יציבה בחוג סגור עבור כל הגבר? נמק את תשובתך.
- ב. האם יש למערכת תחום הגברים שבעבורו כל הקטבים של החוג הסגור הם קטבים ממשיים בלבד? נמק את תשובתך.
- ג. האם ייתכן שלמערכת בחוג הסגור יהיה תדר עצמי של $\omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$? נמק את תשובתך.
- ד. האם ייתכן שיהיה למערכת בחוג הסגור תדר עצמי מרוסן של $\omega_d = 11 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$? נמק את תשובתך.
- ה. האם ייתכן שיהיה למערכת בחוג הסגור יחס ריסון גדול מ-0.6 ($\zeta > 0.6$)? נמק את תשובתך.
- ו. האם ייתכן שיהיה למערכת זמן "הירגעות" שיארך פחות מ-0.5 sec? נמק את תשובתך.



איור לשאלה 2

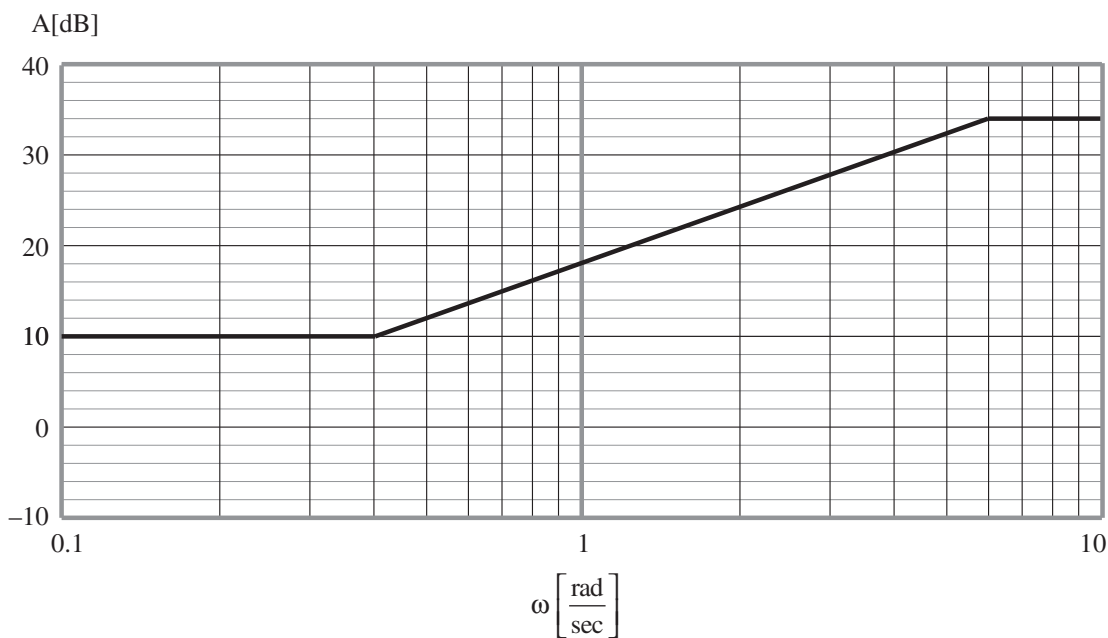
שאלה 3

באיור א' לשאלה זו נתונה דיאגרמת מלבנים של מערכת בקרה.



איור א' לשאלה 3

באיור ב' לשאלה זו מתואר עקום ההגבר (האסימפטוטי) של התהליך $G_P(s)$ בלבד.

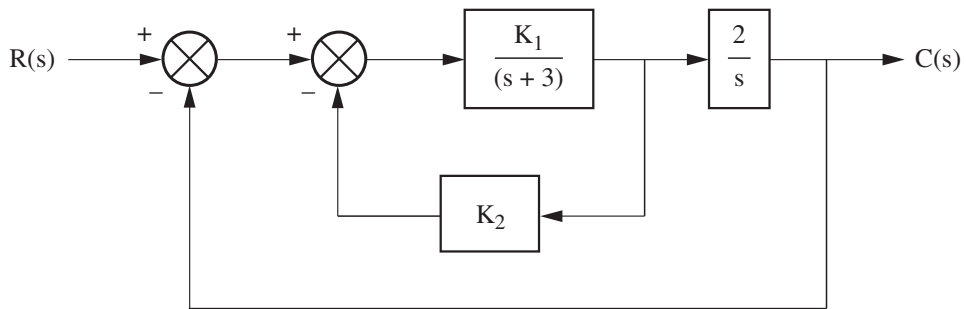


איור ב' לשאלה 3

- א. רשום את פונקציית התמסורת של התהליך $G_P(s)$, על-פי עקומת ההגבר שלו.
- ב. אות הכניסה במבוא למערכת הוא אות מדרגה. האם ייתכנו תנודות באות המוצא של המערכת עבור הגבר K_C כלשהו? נמק את תשובתך.
- ג. אות המדרגה במבוא למערכת הוא בגודל שתי יחידות. מהו ההגבר K_C הדרוש כדי שבמוצא המערכת יתקבל אות במצב מתמיד בגודל של חמש יחידות?

שאלה 4

באיור לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של מערכת בחוג סגור.

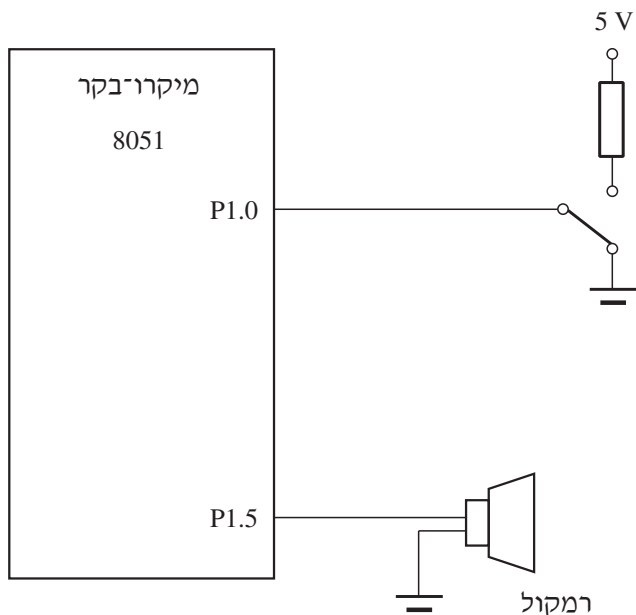


איור לשאלה 4

- א. רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור.
- ב. המערכת נדרשת לעמוד בשתי הדרישות שלהלן:
 - תדר טבעי שערכו $\omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$
 - תגובת היתר כתוצאה מכניסת מדרגה תהיה גדולה מ-30% O.S.
 חשב את הערכים הדרושים עבור K_1 ו- K_2 כדי שיתקיימו שתי הדרישות.
- ג. ללא קשר לתוצאה שהתקבלה בסעיף ב' הנח כי $K_1 = 60$ ו- $K_2 = 0.2$.
- חשב את שגיאת העקיבה עבור כניסת מדרגה $r(t) = 20$.
 - חשב את שגיאת העקיבה עבור כניסת ריצה $r(t) = 3t$.

שאלה 5

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת בקרה.



איור לשאלה 5

רכיבי המערכת:

- מיקרו־בקר 8051
 - מפסק להפעלת המערכת המחובר ל-P 1.0 : מצב ON של המפסק - "1" לוגי, מצב OFF של המפסק - "0" לוגי.
 - רמקול
- להלן נתון קטע של תכנית בשפת ASM51 המפעילה את מערכת הבקרה. התכנית גורמת למערכת לבצע את הפעולות האלה:
1. המערכת ממתינה להעברת המפסק למצב ON ובעת ההמתנה הרמקול אינו פועל.
 2. עם העברת המפסק למצב ON נשמע צליל ברמקול.
- בקטע התכנית שלהלן חסרים ארבעה ביטויים המסומנים ב-(1) עד (4).

```

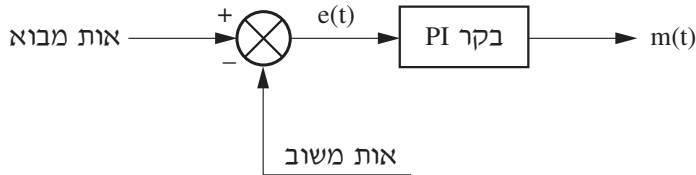
START:      _____ (1) _____ P1.0, START
MOV         TMO, _____ (2) _____
HERE:       MOV TLO, #0F2H
MOV         THO, #0FFH
CPL         P1.5
LCALL       DELAY
SJMP        HERE
DELAY:
SETB        TRO
AGAIN:      JNB _____ (3) _____, AGAIN
CLR         TRO
CLR         TFO
_____ (4) _____
    
```

רשום במחברת הבחינה את מספרי הביטויים החסרים (1) עד (4), וכתוב ליד כל מספר את הביטוי החסר שהוא מייצג.

שאלה 6

באיור א' לשאלה זו נתון תרשים של מערכת בקרה כלשהי הפועלת בחוג סגור. לבקרת המערכת משתמשים בבקר תהליך מסוג PI (יחסי-אינטגרלי). משוואת התפוקה של הבקר נתונה בביטוי:

$$m(t) = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \right] + m_0$$

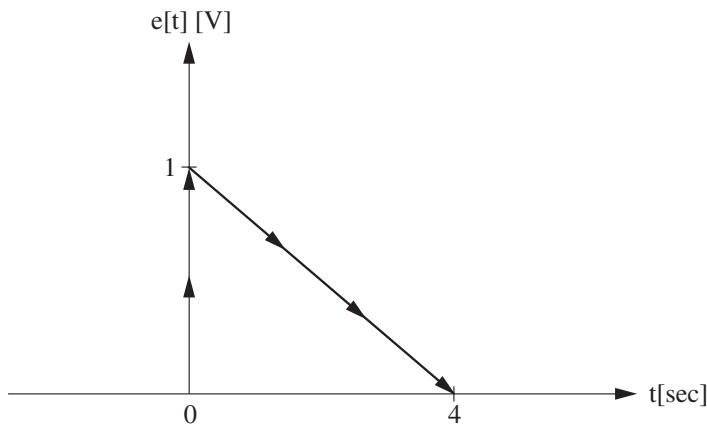


איור א' לשאלה 6

א. מהם הפרמטרים K_c ו- T_i המופיעים במשוואת התפוקה של הבקר וכיצד כל אחד מהם משפיע על המערכת?

ב. המערכת המתוארת פועלת במצב מתמיד שבו השגיאה שווה לאפס ותפוקת הבקר היא $m = m_0 = 4V$.

בזמן $t = 0$ הגדילו את אות המבוא למערכת וכתוצאה מכך התקבלה שגיאה בתהליך הבקרה. באיור ב' לשאלה מתוארת השגיאה שהתקבלה בתהליך הבקרה $e(t)$, כפונקציה של הזמן.



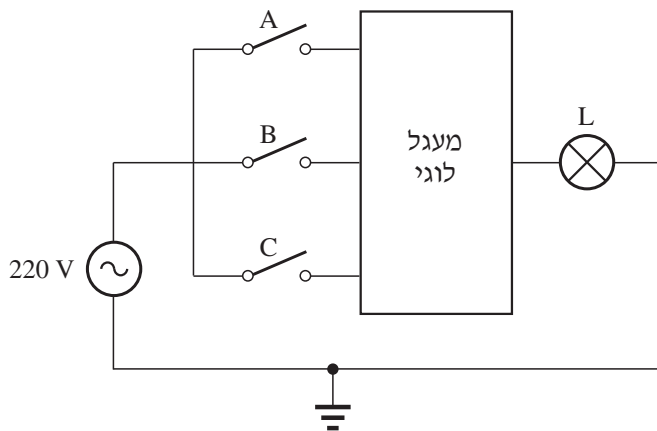
איור ב' לשאלה 6

רשום ביטוי מתמטי לשגיאה שהתקבלה, $e(t)$, עבור פרק הזמן $0 \leq t \leq 4 \text{ sec}$.

- ג. נתון כי הפרמטר $T_i = 4 \text{ sec}$. תפוקת הבקר לאחר תיקון השגיאה, $e(t)$, עבור זמן $t > 4 \text{ sec}$ היא $m = 6 \text{ V}$. מצא את K_c .
- ד. סרטט גרף איכותי של תפוקת הבקר $m(t)$ כפונקציה של הזמן.
- הזרקה:** תאר את גרף התפוקה של הבקר כסכום גרפי של תפוקת הבקר P ותפוקת הבקר I .

שאלה 7

באיור לשאלה זו נתון תרשים סכמטי של מערכת תאורה בחדר.

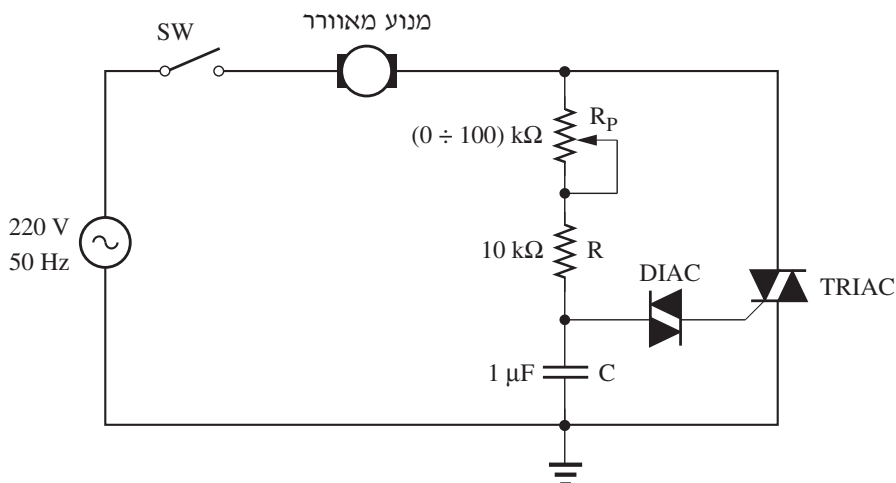


איור לשאלה 7

- ניתן לכבות או להדליק את הנורה L באמצעות שלושה מפסקים: האחד ממוקם בכניסה לחדר (מפסק A), השני – ליד המיטה (מפסק B) והשלישי – ליד שולחן הכתיבה (מפסק C).
- כל פתיחה או סגירה של אחד המפסקים משנה את מצב הנורה L (דולקת או כבויה).
- במצב המתואר באיור, הנורה L כבויה.
- א. רשום טבלת-אמת למעגל הלוגי עבור משתני המבוא A , B ו- C ומשתנה המוצא L .
- ב. רשום ביטוי לוגי מתאים, על-פי טבלת האמת שרשמת בסעיף א', וצמצם אותו באמצעות חוקי האלגברה הבוליאנית.
- ג. סרטט תרשים של המעגל הלוגי הדרוש להדלקה ולכיבוי של הנורה L .

שאלה 8

באיור לשאלה זו מתואר מעגל חשמלי המאפשר שינוי רציף של מהירות הסיבוב של מנוע מאוורר.



איור לשאלה 8

- א. הסבר את פעולת המעגל וציין את התפקיד של כל אחד מרכיביו.
- ב. נתון שקבוע הזמן של טעינת הקבל הוא $\tau = 25 \text{ ms}$. חשב את התנגדות הפוטנציומטר, R_p .
- ג. נתון שזווית ההצתה של רכיב ה-TRIAC היא 135° .
1. סרטט גרף של גל מתח המבוא למעגל (גל סינוס) כפונקציה של הזמן, ומתחתיו סרטט גרף של גל המתח על המנוע וגרף של גל המתח על רכיב ה-TRIAC כפונקציה של הזמן.
2. חשב את משך הזמן שבו מגיע מתח למנוע במהלך חצי מחזור פעולה.
- ד. האם מהירות הסיבוב של המאוורר תגדל, תקטן או לא תשתנה אם התנגדות הפוטנציומטר R_p תגדל?

בהצלחה!