

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).

20	נקודות	פרק ראשון: מערכות מכטרוניות
80	נקודות	פרק שני: בקרת תהליכים ומכשור לבקרה ולאקטרוניקה תעשייתית
100	נקודות	סך-הכול

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.
6. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 12 עמודים ושני עמודים של נספח.

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

השאלות

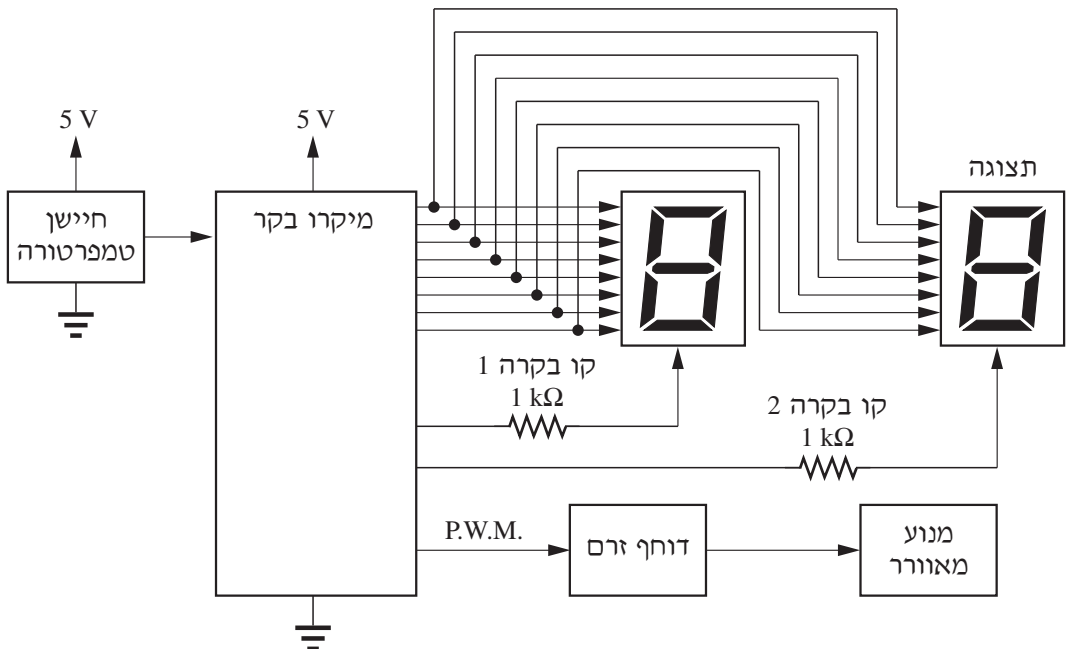
בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. עליך לענות על שאלה 1 שבפרק הראשון, ועל ארבע מבין השאלות 2-8 שבפרק השני (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: מערכות מכטרוניות (20 נקודות)

ענה על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

באיור לשאלה זו נתון תרשים של מערכת להפעלה אוטומטית של מאוורר בהתאם לטמפרטורה השוררת בחדר. הטמפרטורה בחדר מוצגת על גבי שתי תצוגות של 7 מקטעים (7-Segments) מסוג קתודה משותפת (Common Cathode).



איור לשאלה 1

נתונים:

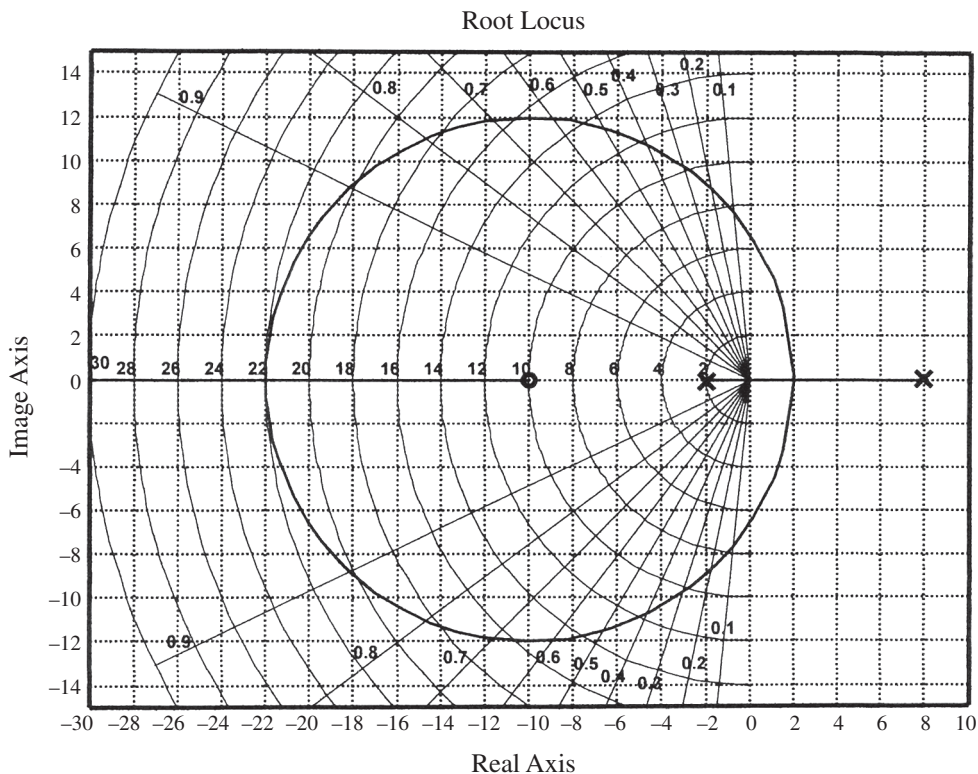
- שתי התצוגות מחוברות לאותם הדקים.
- למיקרו בקר יש ממיר A/D פנימי בעל 10 סיביות.
- חיישן הטמפרטורה מפיק מתח בהתאם לטמפרטורת הסביבה. בטמפרטורה מרבית של 100°C מתקבל במוצא החיישן מתח מרבי של 5 V.
- גורם המחזור (Duty Cycle) של אות P.W.M. נמצא ביחס ישר לטמפרטורה ומחושב על-פי הקשר: $\text{Duty Cycle} = T[^{\circ}\text{C}] \times 0.01$
- להפעלת מנוע המאוורר נדרש אות P.W.M. בעל גורם מחזור של 20% לפחות.
- מנוע המאוורר צורך זרם של 2 A.
- א.** איזה ערך לוגי (1 או 0) נדרש בכל אחד מקווי הבקרה, כדי להפעיל ברגע כלשהו תצוגת 7 מקטעים אחת בלבד? נמק את תשובתך.
- ב.** הסבר מדוע יש צורך בדוחף זרם במערכת זו.
- ג.** חשב את הרזולוציה של ממיר ה-A/D הפנימי של המיקרו-בקר.
- ד.** נתון שהמתח שמפיק חיישן הטמפרטורה הוא 1.95 V.
- 1. חשב את הערך של הטמפרטורה (במעלות צלזיוס) שיופיע על התצוגה במצב זה.
- 2. האם המאוורר יפעל במצב זה? נמק את תשובתך באמצעות חישוב.
- ה.** חשב את המתח המינימלי במוצא החיישן ואת טמפרטורת הסביבה המינימלית הנדרשים להפעלת המאוורר.

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

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

שאלה 2

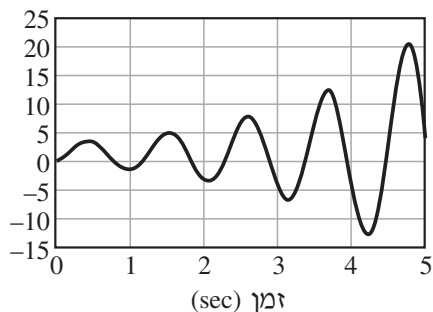
באיור א' לשאלה זו מסורטטת דיאגרמת Root Locus של מערכת כלשהי.



איור א' לשאלה 2

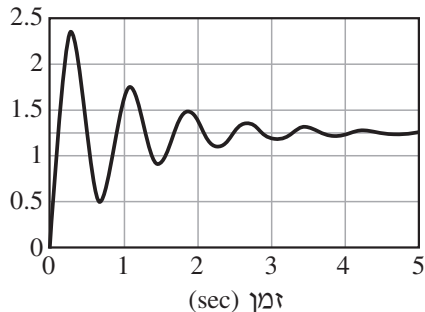
באיורים ב', ג' ו- ד' לשאלה נתונות תגובות של המערכת בחוג סגור לכניסת מדרגה בגודל יחידה עבור הגברים שונים: $k = 2$, $k = 5$, $k = 8$.

אמפליטודה



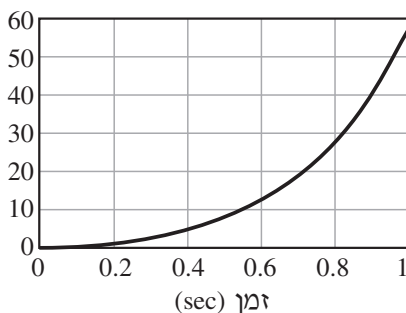
איור ג' לשאלה 2

אמפליטודה



איור ב' לשאלה 2

אמפליטודה



איור ד' לשאלה 2

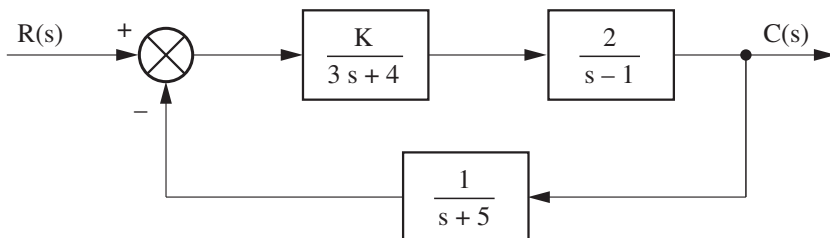
א. קבע איזה הגבר מתאים לכל אחת מהתגובות המתוארות באיורים ב', ג' ו- ד'. נמק את קביעותיך.

ב. האם ייתכן שלמערכת בחוג סגור יהיה קוטב ב-5°? נמק את תשובתך.

ג. האם ייתכן שלמערכת בחוג סגור יהיה תדר מרוסן שערכו $\omega_d = 14 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$?

שאלה 3

באיור לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה בחוג סגור.

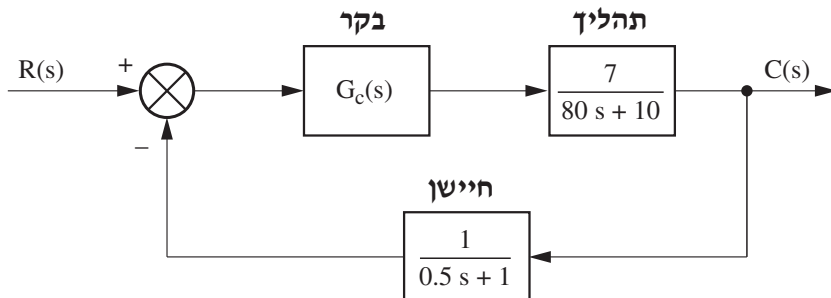


איור לשאלה 3

- א. רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור, $G_{cl}(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$.
- ב. חשב את תחום הערכים של ההגבר K שבעבורו המערכת בחוג סגור תהיה יציבה.
- ג. חשב את תחום הערכים של ההגבר K שבעבורו למערכת בחוג סגור יהיה קוטב אחד לא יציב.
- ד. חשב את תחום הערכים של ההגבר K שבעבורו למערכת בחוג סגור יהיו שני קטבים לא יציבים.
- ה. האם יש הגבר שבעבורו כל שלושת הקטבים של החוג הסגור לא יהיו יציבים? נמק את תשובתך.

שאלה 4

באיור לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.



איור לשאלה 4

הבקר במערכת הוא בקר יחסי שההגבר שלו הוא: $G_c(s) = K_p = 10$

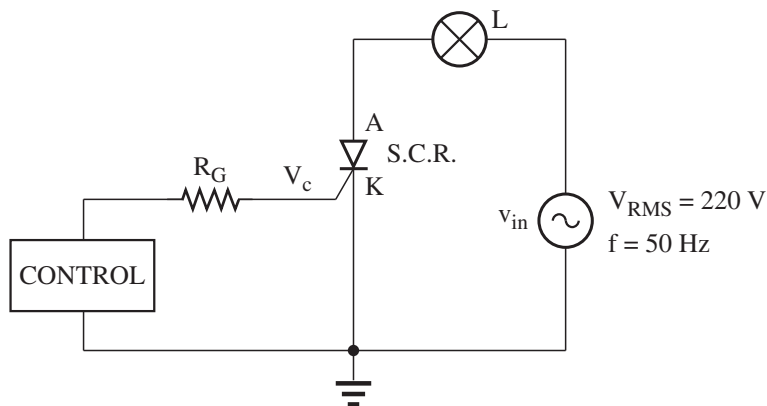
א. רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור, $G_{cl}(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$.

ב. חשב את השגיאה במצב מתמיד של החוג הסגור עבור כניסת מדרגה $r(t) = 5$.

ג. חשב את הגבר הבקר K_p אשר יבטיח שהשגיאה לכניסת מדרגה תהיה קטנה מ-3%.

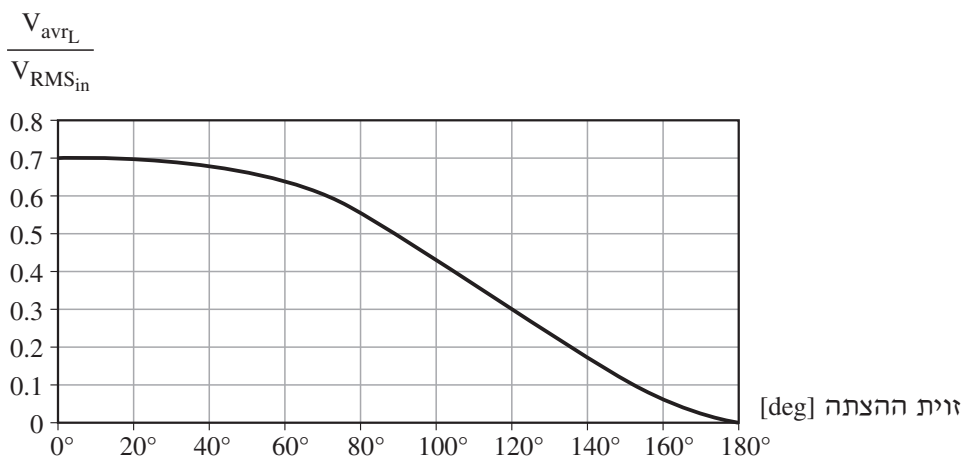
שאלה 5

באיור א' לשאלה זו מתואר מעגל חשמלי הכולל רכיב S.C.R. . המעגל מאפשר שינוי רציף בעוצמת ההארה של הנורה L .



איור א' לשאלה 5

באיור ב' לשאלה זו נתון גרף המתאר את הקשר בין יחס המתחים לזווית ההצתה.



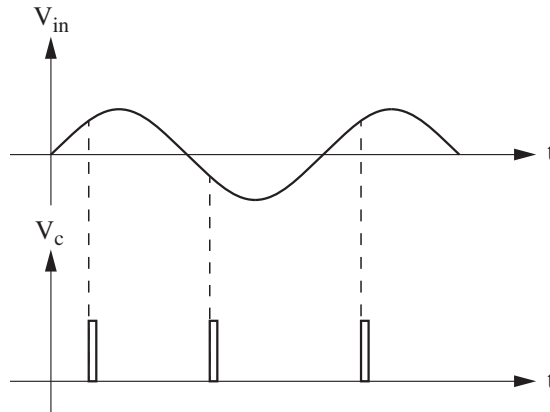
איור ב' לשאלה 5

V_{RMSin} הוא המתח האפקטיבי של המקור.

V_{avrL} הוא המתח הממוצע על פני הנורה.

באיור ג' לשאלת זו מתוארים גלי המתח v_{in} ו- v_c המסומנים באיור א'.

זווית ההצתה של הרכיב S.C.R : $\alpha = 45^\circ$



איור ג' לשאלה 5

א. העתק למחברתך את הגרפים שבאיור ג' לשאלה וסרטט מתחתם גרף נוסף של המתח על הנורה v_L , כפונקציה של הזמן.

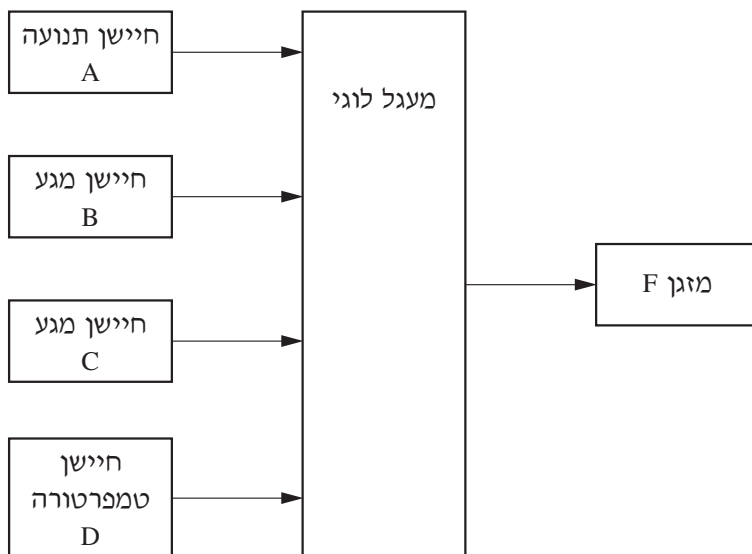
ב. 1. חשב את המתח הממוצע על הנורה.

2. נתון כי התנגדות הנורה היא 100Ω .

חשב את ההספק שמפיקה הנורה.

שאלה 6

באיור לשאלה זו נתון סרטוט סכמתי של מעגל לוגי המתאר מערכת מיזוג "חכמה" למשרד, המופעלת באופן ידני.



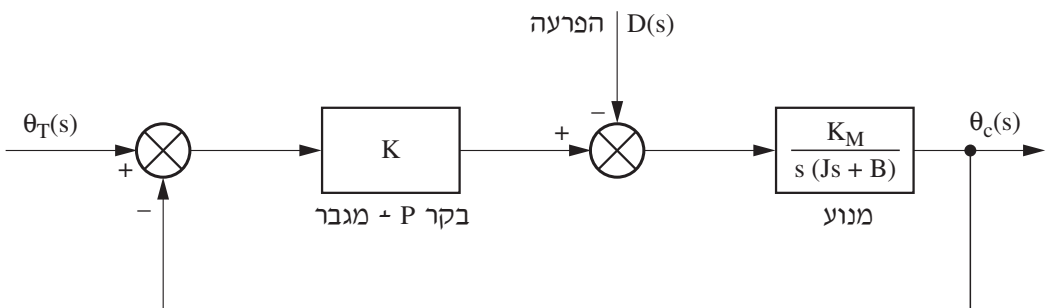
איור לשאלה 6

- המערכת תכבה את המזגן F בהתאם לנתוני החיישנים המותקנים במשרד: חיישן תנועה A, חיישני מגע B ו-C המותקנים בהתאמה בחלון ובדלת וחיישן טמפרטורה D.
- חיישן התנועה A מפיק ערך לוגי "1" כאשר הוא מזהה תנועה, וערך לוגי "0" כאשר הוא אינו מזהה תנועה.
- חיישן המגע B מפיק ערך לוגי "1" כאשר החלון סגור (יש מגע), וערך לוגי "0" כאשר החלון פתוח (אין מגע).
- חיישן המגע C מפיק ערך לוגי "1" כאשר הדלת סגורה (יש מגע), וערך לוגי "0" כאשר הדלת פתוחה (אין מגע).
- חיישן הטמפרטורה D מפיק ערך לוגי "1" כאשר הטמפרטורה מגיעה לערך הרצוי, וערך לוגי "0" כאשר הטמפרטורה מתחת לערך הרצוי.
- המזגן F כבה באופן אוטומטי ($F = 1$) כאשר המערכת מגיעה לערך הרצוי של הטמפרטורה או כאשר המערכת לא מזהה תנועה בחדר או כאשר החלון והדלת פתוחים.

- א. רשום במחברתך טבלת אמת של המעגל הלוגי עבור המשתנים A, B, C ו- D ועבור המוצא F .
- ב. הסתמך על הטבלה שרשמת בתשובתך לסעיף א': סרטט מפת קרנו, ורשום את הביטוי הלוגי המצומצם ביותר עבור המוצא F .
- ג. ממש את המעגל הלוגי הדרוש לכיבוי המזגן F באמצעות שערים לוגיים על-פי בחירתך. סרטט את המעגל.

שאלה 7

באיור לשאלה זו מתוארת דיאגרמת מלבנים של מערכת לבקרת זווית, עם אות הפרעה.



איור לשאלה 7

- K – ההגבר הכולל של הבקר P והמגבר
- K_M – קבוע המנוע
- J – מומנט ההתמד של המערכת
- B – קבוע החיכוך הוויסקוזי של המערכת

- א. 1. רשום את פונקציית התמסורת בין אות המוצא לאות המבוא, $\frac{\theta_c(s)}{\theta_T(s)}$.
2. רשום את פונקציית התמסורת בין אות המוצא לאות ההפרעה, $\frac{\theta_c(s)}{D(s)}$.
3. רשום ביטוי המקשר בין אות המוצא $\theta_c(s)$ ובין שתי הכניסות $\theta_T(s)$ ו- $D(s)$.

- ב. המערכת פועלת ללא הפרעה, ובמבוא המערכת נכנס אות מדרגה בגודל θ . מה יהיה אות המוצא של המערכת במצב המתמיד, $\theta_c(\infty)$? האם קיימת שגיאה במצב המתמיד?

- ג. מבקשים לבדוק את השפעת ההפרעה על אות המוצא, θ_c . לשם כך מחברים בכניסת ההפרעה אות מדרגה בגודל d .

האם אות המוצא במצב המתמיד, $\theta_c(\infty)$, כאשר יש הפרעה, יהיה שונה מזה שיתקבל כאשר אין הפרעה? אם כן – מהם מאפייני המערכת המשפיעים על אות המוצא?

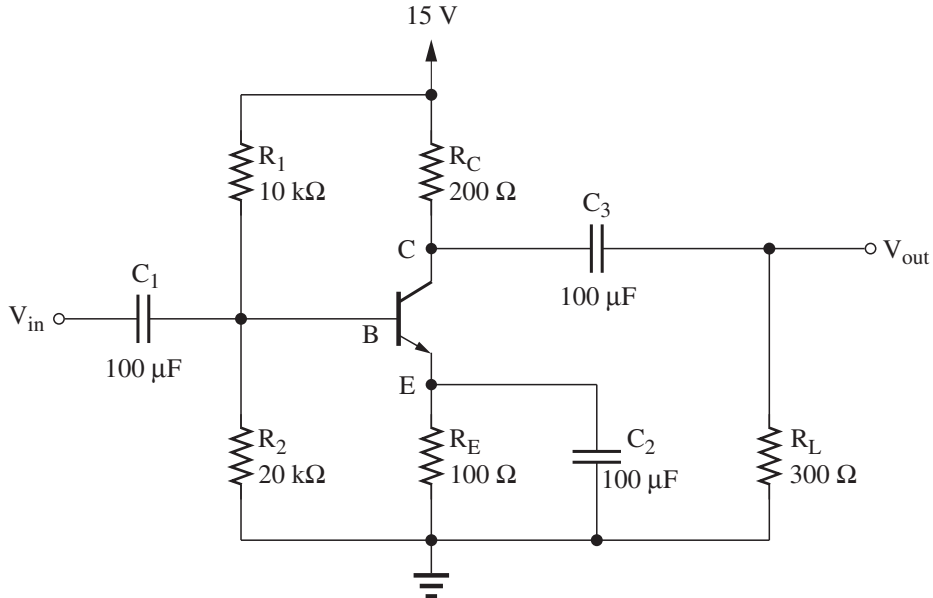
שאלה 8

באיור לשאלה זו נתון מעגל המשמש כמגבר טרנזיסטורי.
נתוני הטרנזיסטור שבמעגל:

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}, \beta = h_{fe} = 50, h_{ie} = 100 \Omega$$

הנח שבמצב רוויה $V_{CE} = 0 \text{ V}$.

הקבלים במעגל מהווים קצר לאות קטן (אות סינוס).



איור לשאלה 8

- א. חשב את נקודת העבודה של הטרנזיסטור (V_{CE} , I_C).
- ב. סרטט את קו העבודה של הטרנזיסטור וסמן עליו את נקודת העבודה שלו. היעזר בשלבים שלהלן:
 1. חשב את זרם הקולקטור I_C כאשר הטרנזיסטור נמצא ברוויה.
 2. חשב את המתח V_{CE} כאשר הטרנזיסטור נמצא בקיטעון.
 3. סמן על הקו את I_C ואת V_{CE} של נקודת העבודה.
- ג. חשב את הגבר המתח של המגבר.
- ד. במבוא המעגל מחובר מתח בעל ערך אפקטיבי של 20 mV . חשב את אמפליטודת המתח במוצא המעגל.

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 710923, אביב תשע"ה

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
interference signal	Помеха	إشارة التشويش	אות הפרעה
input signal	Входной сигнал	إشارة المدخل	אות מבוא
output signal	Выходной сигнал	إشارة المخرج	אות מוצא
proportional controller	Пропорциональный регулятор	تحكم / مُتحكَّم تناسبي	בקר יחסי
duty cycle	Относительная длительность включения	عامل دورة التشغيل	גורם מחזור
driver	Усилитель тока	مُشغِّل (دافع التيار)	דוחף זרם
amplification	Усиление	تضخيم	הגבר
voltage amplification	Усиление напряжения	تضخيم الجهد	הגבר מתח
pin	выход	مَرَبُط	הדק
ignition angle	Угол зажигания	زاوية الإشعال	זווית הצתה
closed circle	Замкнутая система	دائرة مغلقة	חוג סגור
sensor	Датчик	مِجَسَّ	חיישן
viscose friction	Вязкое трение	احتكاك فيسكوز لَزج	חיכוך ויסקוזי
truth table	Таблица истинности	جدول الصدق	טבלת אמת
stable	Устойчивые	مستقر	יציב
step input	Входная единичная ступенчатая функция	إدخال تَدْرِيجِي	כניסת מדרגה
transistor amplifier	Транзисторный усилитель	مُضخِّم ترانزستوري	מגבר טרנזיסטורי
microcontroller	Микроконтроллер	ميكرو كونترولر	מיקרו בקר
A/D converter	Преобразователь A/D	مُحوِّل A/D	ממיר A/D
logical circuit	Логическая схема	دائرة منطقيّة	מעגל לוגי
control system	Система управления	نظام التحكم	מערכת בקרה

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
מערכת מיזוג	نظام التكييف	Система кондиционирования	air conditioning system
מפת קרנו	خارطة كارنو	Таблица Карно	karnaugh map
מצב מתמיד	حالة مُستَمِرّة	Установившийся/ постоянный режим	steady state
מתח אפקטיבי	الإجهاد الفعّال	Эффективное значение напряжения	effective voltage
נקודת עבודה	نقطة العمل	Рабочая точка	operating point
סיבית	بِت	Бит	bit
עוצמת הארה	شدة الإضاءة	Сила освещения	luminance, brightness
פונקציית תמסורת	دالة الانتقال	Передаточная функция	transfer function
קו עבודה	خطّ العمل	Линия нагрузки	dc load line
קווי בקרה	خطوط المراقبة	Контролирующие линии	control lines
קוטב	قطب	Полус	pole
קיטעון	قاطع	Режим отсечки	cut-off
קתודה משותפת	كاتود مشترك	Общий катод	common cathode
רוויה	مُشَبّع	Режим насыщения	saturation
ריסון	كبح	Затухание	damping
שגיאה במצב מתמיד	الخطأ في حالة مُستَمِرّة	Ошибка в установившемся/ постоянном режиме	error in a steady state
שער לוגי	بوابة منطقية	Логический элемент	logic gate
תדר	تردد	Частота	frequency
תהליך	عملية	Процесс	process
תצוגת שבעה מקטעים	عارضه الأجزاء السبعة	Семи сегментный индикатор	seven segments display
תרשים מלבנים	مُخطّط المستطيلات	Функциональная схема	block diagram