

מערכות מכטרוניות ה'

(להנדסאי מכונות)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שמונה שאלות. עליך להשיב על שאלה אחת מן הפרק הראשון, על שאלה אחת מן הפרק השני, על שאלה אחת מן הפרק השלישי ועל שתי שאלות נוספות על-פי בחירתך. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון וכל 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 9 עמודים ו-3 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

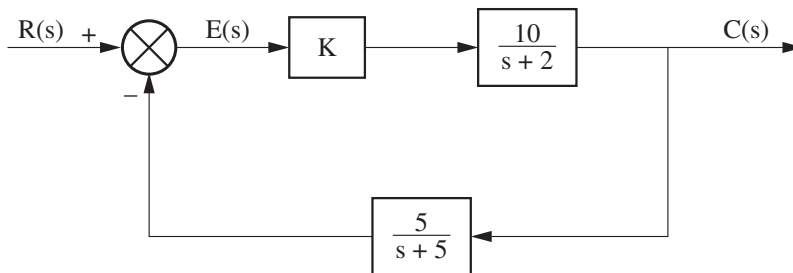
השאלות

ענה על שאלה אחת מן הפרק הראשון, על שאלה אחת מן הפרק השני, על שאלה אחת מן הפרק השלישי ועל שתי שאלות נוספות על-פי בחירתך. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: בקרת תהליכים

שאלה 1

באיור לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.
הבקר הוא בקר יחסי בעל הגבר K ($K > 0$).

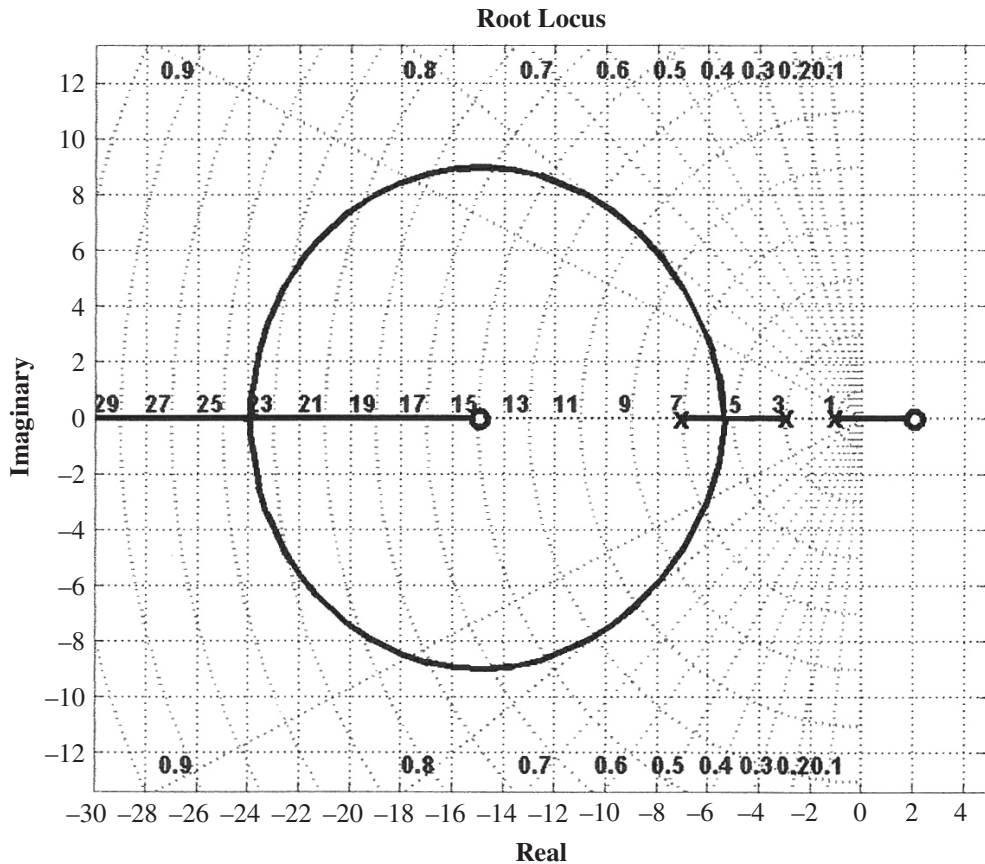


איור לשאלה 1

- א. רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור, $\frac{C(s)}{R(s)}$.
 - ב. חשב את תחום ההגברים של הבקר שבעבורו המערכת בחוג סגור תהיה יציבה.
 - ג. חשב את הגבר הבקר, K , אשר יבטיח שהשגיאה במצב מתמיד, e_{ss} , לכניסת מדרגה לא תעלה מעל 10%.
 - ד. הנח שערכו של הבקר היחסי הוא $K=2$.
1. קבע אם תגובת החוג הסגור לכניסת מדרגה היא תונדת. אם כן – מהו תדר התנודה? נמק את תשובתך.
 2. חשב את השגיאה במצב מתמיד, e_{ss} , לכניסת מדרגה בגודל 2.

שאלה 2

באיור לשאלה זו מסורטטת דיאגרמת Root Locus של מערכת כלשהי.

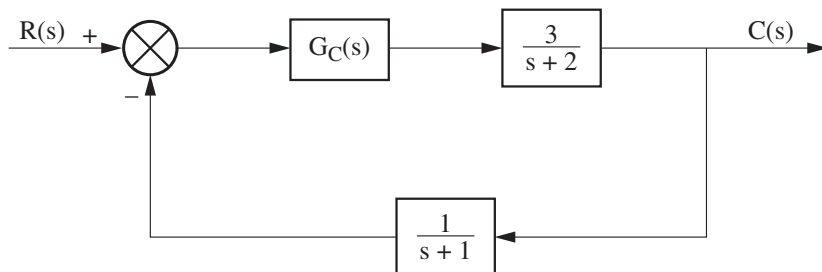


איור לשאלה 2

- א. האם ייתכן שלמערכת בחוג סגור יהיה קוטב ב- $(-8 + j6)$? נמק את תשובתך.
- ב. האם ייתכן שלמערכת בחוג סגור יהיה תדר מרוסן שערכו $\omega_d = 10 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$? נמק את תשובתך.
- ג. האם ייתכן שתגובת המערכת בחוג סגור לכניסת מדרגה לא תהיה תונדת? נמק את תשובתך.
- ד. האם המערכת בחוג סגור תהיה יציבה עבור כל הגבר חיובי? נמק את תשובתך.

שאלה 3

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



איור לשאלה 3

הבקר במערכת הוא בקר מסוג PI שפונקציית התמסורת שלו היא: $G_C(s) = \frac{K_p \cdot s + K_I}{s}$ כאשר, $K_p > 0$, $K_I > 0$.

- א. רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור, $G_{cl}(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$.
- ב. נתון שההגבר היחסי הוא $K_p = 10$. חשב את תחום הערכים של K_I שבעבורו המערכת תהיה יציבה.

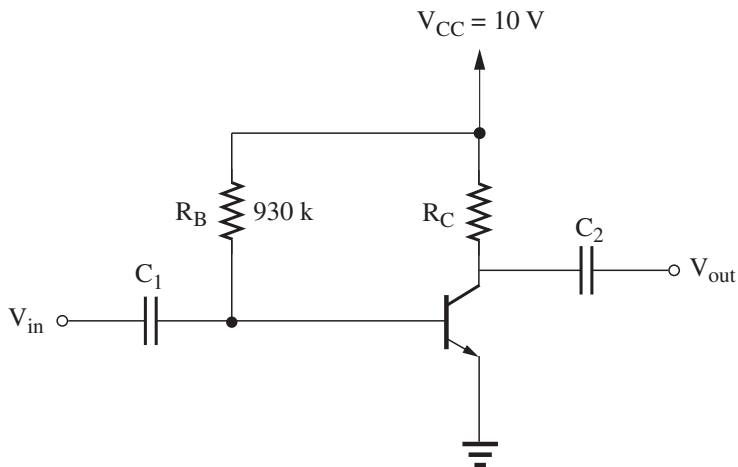
פרק שני: אלקטרוניקה תעשייתית

שאלה 4

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

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}, \beta = h_{fe} = 100, h_{ie} = 4 \text{ k}\Omega$$

הנח שהיגבי הקבלים זניחים.



איור לשאלה 4

- א. חשב את הזרמים I_B ו- I_C של הטרנזיסטור.
- ב. חשב את התנגדות הנגד R_C הנדרשת לקבלת $V_{CE} = 6 \text{ V}$.
- ג. סרטט את מעגל התמורה לאות חילופין של המגבר הטרנזיסטורי.
- ד. חשב את הגבר המתח של המעגל, $\frac{V_{out}}{V_{in}}$.

שאלה 5

להלן מפרט של מערכת המתריעה מפני השארת תינוק ברכב. המערכת כוללת **ארבעה** חיישנים והיא מותקנת במושב הבטיחות של התינוק.

פירוט החיישנים:

- חיישן תנועה X, המפיק את הערך "1" כאשר הוא מזהה תנועה של התינוק בכיסא הבטיחות, ואת הערך "0" כאשר הוא אינו מזהה את תנועתו.
- חיישן משקל Y, המפיק את הערך "1" כאשר הוא מזהה את כוח המשקל של התינוק על הכיסא, ואת הערך "0" כאשר הוא אינו מזהה אותו.
- חיישן מגע Z, המפיק את הערך "1" כאשר הוא מזהה שחגורת הבטיחות של התינוק נעולה, ואת הערך "0" כאשר הוא אינו מזהה נעילה של חגורת הבטיחות.
- חיישן תנועה W, המפיק את הערך "1" כאשר הוא מזהה תנועה של הרכב, ואת הערך "0" כאשר הוא אינו מזהה את תנועתו.

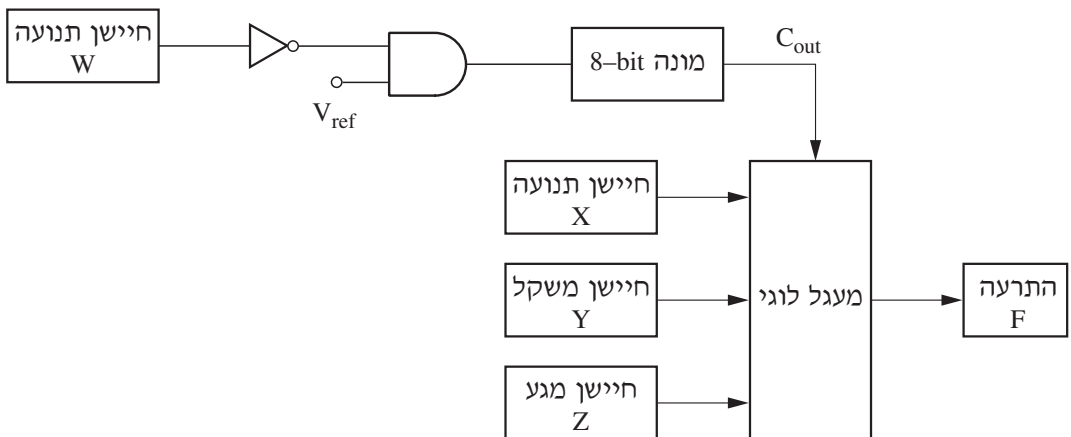
פעולת המונה:

המונה סופר דופקי שעון. כאשר מחזור ספירה שלם מסתיים, המוצא $C_{out} = 1$

אופן פעולת המערכת:

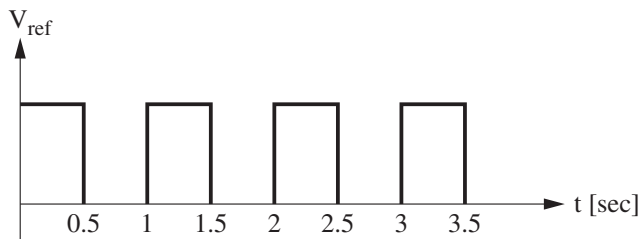
כאשר המערכת מזהה שהרכב עומד במשך פרק זמן מסוים, מוצא המונה $C_{out} = 1$, ולפחות שניים מבין שלושת החיישנים X, Y ו-Z מפיקים את הערך "1" – המערכת שולחת התרעה, F, באמצעות מסרון, לטלפון נייד שמספרו שמור במערכת.

באיור א' לשאלה זו נתון תיאור סכמתי של המערכת.



איור א' לשאלה 5

השתנות גל המתח V_{ref} כתלות בזמן מתוארת באיור ב'.



איור ב' לשאלה 5

- א. כמה זמן יחלוף מרגע עצירת הרכב ($W=0$) ועד לרגע שבו $C_{out} = 1$?
- ב. רשום במחברתך טבלת-אמת של המעגל הלוגי עבור המשתנים X, Y, Z, C_{out} והמוצא F , ומלא אותה.
- ג. הסתמך על טבלת-האמת שרשמת בתשובתך לסעיף ב', והיעזר במפת קרנו כדי לרשום את הביטוי הלוגי המצומצם ביותר עבור F .
- ד. מְמַש את המעגל הלוגי הדרוש לשליחת התרעה F באמצעות שערי NAND בלבד, וסרטט אותו.

שאלה 6

להלן כמה נתונים נומינליים של מנוע D.C. הפועל בעירור נפרד:

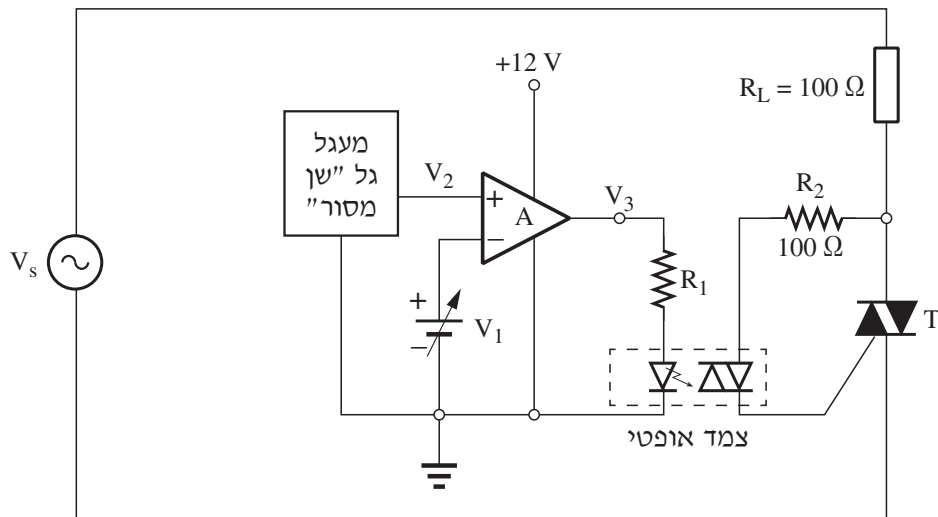
- מתח ההזנה: 250 V
- הזרם הנצרך: 12 A
- מהירות הסיבוב: 1,000 RPM
- התנגדות העוגן: 1.2Ω
- נצילות המנוע: 90%

- א. חשב על-פי הנתונים הנומינליים את המומנט שמתקבל על ציר המנוע.
- ב. מהירות הסיבוב של המנוע הופחתה ל-600 RPM באמצעות שינוי מתח ההזנה. הזרם הנצרך על-ידי המנוע נותר בעינו - 12 A. חשב את הגדלים האלה:
 1. המתח על-פני המנוע
 2. ההספק הנצרך ממקור ההזנה
 3. נצילות המנוע

פרק שלישי: מכשור לבקרה

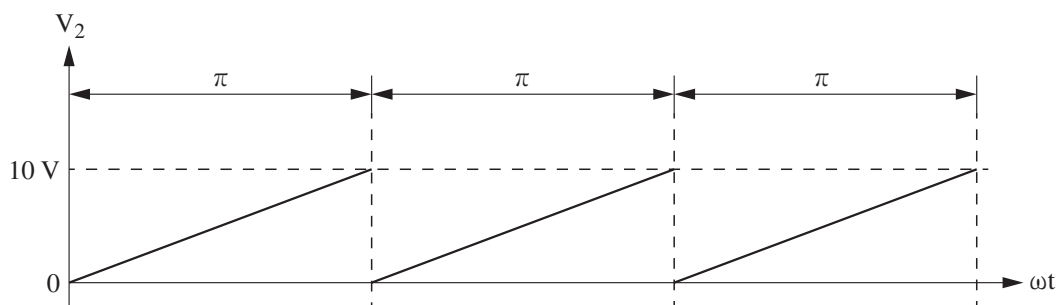
שאלה 7

באיור א' לשאלה זו מתוארת מערכת לבקרת הספק במעגל זרם חילופין באמצעות טריאק T.



איור א' לשאלה 7

באיור ב' לשאלה מתוארת השתנות המתח, V_2 , שמפיק המעגל של גל "שן מסור" כתלות בזמן.



איור ב' לשאלה 7

בקרת זווית ההצתה של הטריוק T מבוצעת באמצעות שינוי המתח הישר, V_1 .

א. מהי צורת החיבור של מגבר השרת שבמעגל?

ב. מהו תפקידו של הצמד האופטי במעגל?

ג. נתונים:

- הערך היעיל של מתח ההזנה הוא $V_s = 230 \text{ V}$

- המתח הישר הוא $V_1 = 4 \text{ V}$

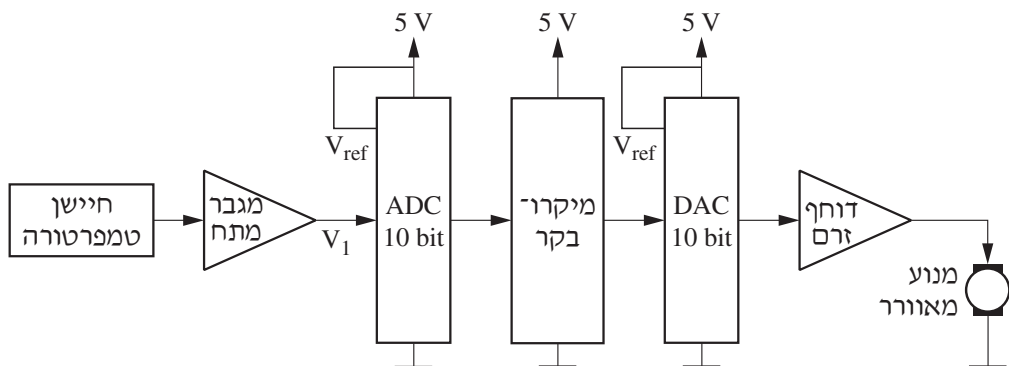
1. העתק למחברתך את איור ב' לשאלה וסרטט מתחתיו את גל המתח V_3 ואת גל המתח V_{RL} (המתח על-פני העומס R_L).

2. מהי זווית ההצתה של הטריאק?

3. חשב את המתח היעיל על-פני העומס.

שאלה 8

באיור לשאלה זו נתון תרשים של מערכת ממוחשבת לבקרת טמפרטורה ולהפעלת מאוורר.



איור לשאלה 8

א. חשב את כושר ההבחנה (הרזולוציה) של הממיר ADC ושל הממיר DAC.

ב. חשב את מתח המוצא של הממיר DAC כאשר המיקרו-בקר מפיק את המילה הבינארית: 1100110100.

ג. נתון הקשר בין המתח V_1 [Volt] במוצא מגבר המתח ובין הטמפרטורה T [°C] שמודד חיישן הטמפרטורה: $V_1 = 0.1T + 0.2$.
מה תהיה המילה הבינארית במוצא הממיר ADC כאשר חיישן הטמפרטורה מודד טמפרטורה של 20°C ?

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים (3 עמודים)

לשאלון 710923, אביב תשע"ז

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
disturbance 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
tap	вентиль	حنفية (נקطة تفرع)	ברז
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	مربط	הדק
ignition angle	Угол зажигания	زاوية الإشعال	זווית הצתה
closed loop	Замкнутая система	دائرة مغلقة	חוג סגור
sensor	Датчик	مِحسّ	חיישן
viscose friction	Вискозное трение	احتكاك فيسكوز لزوج	חיכוך ויסקוזי
truth table	Таблица истинности	جدول الصدق	טבלת־אמת
stable	Устойчивые	مستقر	יציב
step input	Входная единичная ступенчатая функция	إدخال تدریجي	כניסת מדרגה
transistor amplifier	Транзисторный усилитель	مُضخِّم ترانزستوري	מגבר טרנזיסטורי
counter	счетчик	عداد	מונה
controlled rectifier	управляемый выпрямитель	مُقوم مُراقَب	מיישר מבוקר
microcontroller	Микроконтроллер	ميكرو كونترولر	מיקרו־בקר

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
switching	Переключение	تشغيل المفاتيح	מיתוג
tank	резервуар	خزان	מכל
A/D converter	Преобразователь A/D	مُحوّل A/D	ממיר A/D
stepper motor	шаговый двигатель	مُحرّك خطويّ	מנוע צעד
conveyer	Конвейер	ناقل متحرّك	מסוע
logical circuit	Логическая схема	دائرة منطقيّة	מעגל לוגי
control system	Система управления	نظام التحكم	מערכת בקרה
stable system	Стабильная система	نظام مستقرّ	מערכת יציבה
air conditioning system	Система кондиционирования	نظام التكييف	מערכת מיזוג אוויר
level	уровень	مستوى	מפלס
Karnaugh map	Таблица Карно	خارطة كارنو	מפת קרנו
steady state	Установившийся/ постоянный режим	حالة مُستميّرة	מצב מתמיד
effective voltage	Эффективное значение напряжения	الإجهاد الفعّال	מתח אפקטיבי
average voltage	среднее значение напряжения	متوسّط الضغط	מתח ממוצע
operating point	Рабочая точка	نقطة العمل	נקודת עבודה
bit	Бит	بِت	סיבית
inductive load	Индуктивная нагрузка	حمل حثّي (تَحْرِيطِيّ)	עומס השראותי
resister load	резистивная нагрузка	حمل المقاومة	עומס התנגדותי
luminance power	Сила освещения	شدة الإضاءة	עוצמת הארה
transfer function	Передаточная функция	دالة الانتقال	פונקציית תמסורת
load line	Линия нагрузки	خطّ العمل	קו עבודה

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
קווי בקרה	خطوط المراقبة	Контролирующие линии	control lines
קוטב	قطب	Полюс	pole
קיטעון	قاطع	Режим отсечки	cut-off
קתודה משותפת	كاتود مشترك	Общий катод	common cathode
רוויה	مُشَبَّع	Режим насыщения	saturation
ריסון	كبح	Затухание	damping
שגיאה במצב מתמיד	الخطأ في حالة مُستَمِرَّة	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	عارضة الأجزاء السبعة	Семь сегментный индикатор	seven segments display
תרשים מלבנים	مُخَطَّط المستطيلات	Функциональная схема	block diagram