

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשפ"ג, 2023

סמל השאלון: 711001

- נספחים: א. נספח לשאלה 3
ב. נספח לשאלה 9
ג. נספח לשאלה 10
ד. נוסחאון באלקטרוניקה
תקבילית א' לכיתה י"ג
ה. נוסחאון במבוא להנדסת
חשמל לכיתה י"ג
ו. מילון מונחים

תורת האלקטרוניקה והחשמל ט'

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים (כיתה י"ג)

הוראות לנבחנים

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם עשר שאלות.
יש להשיב על חמש שאלות בלבד: שאלה אחת לפחות מכל אחד משני הפרקים הראשונים, ושאלה אחת מן הפרק השלישי. לכל שאלה – 20 נקודות.
סך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון ומילוני.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. התחילו כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 3. כתבו את כל התשובות אך ורק בעט.
 4. הקפידו לנסח את התשובות כהלכה ולסרטט את התרשימים בבהירות.
 5. כתבו את התשובות בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
 6. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם ופתרו בעזרתו את השאלה. כתבו בתשובה את הנתון שהוספתם.
 7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהן, בסדר שבו הם כתובים:
 - * כתיבת הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * כתיבת התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.
 8. בנספח ו' לשאלון מובא מילון מונחים בשפות עברית, אנגלית, רוסית וערבית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים ו-23 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם עשר שאלות. עליכם לענות חמש שאלות: על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי (לכל שאלה – 20 נקודות)

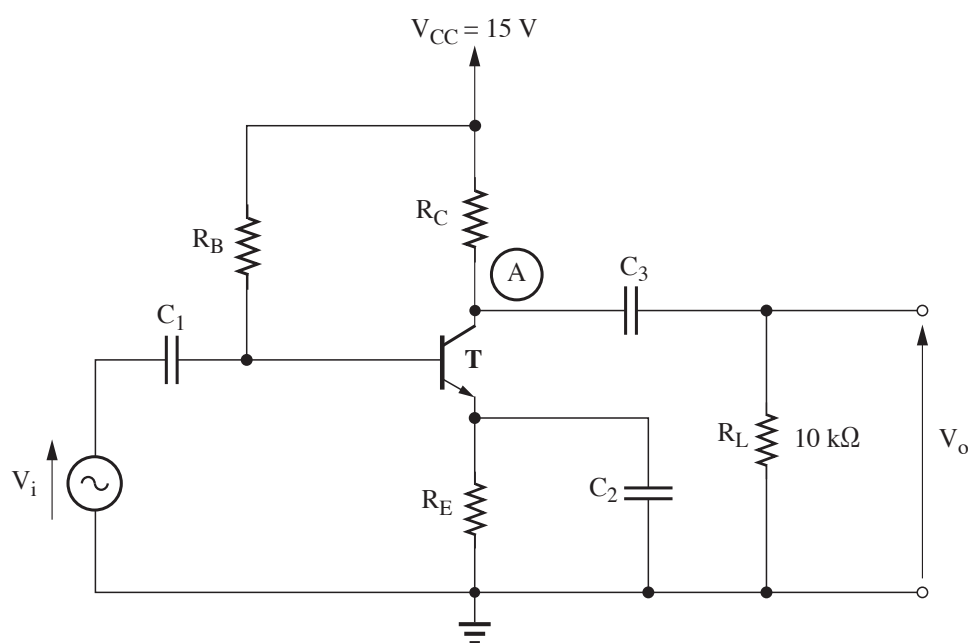
פרק ראשון: אלקטרוניקה תקבילית א'

ענו על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1-4 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית. היגבי הקבלים במעגל זניחים.

$$h_{fe} = \beta = 100 ; h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega ; V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$



איור לשאלה 1

בנוסף נתונה נקודת העבודה של הטרנזיסטור:

$$I_c = 4 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 8 \text{ V}$$

$$A_v = -120$$

והגבר המעגל:

4 נק' א. סרטטו מעגל תמורה לאות חילופין (AC) של המעגל.

4 נק' ב. חשבו את ערכו של הנגד R_C .

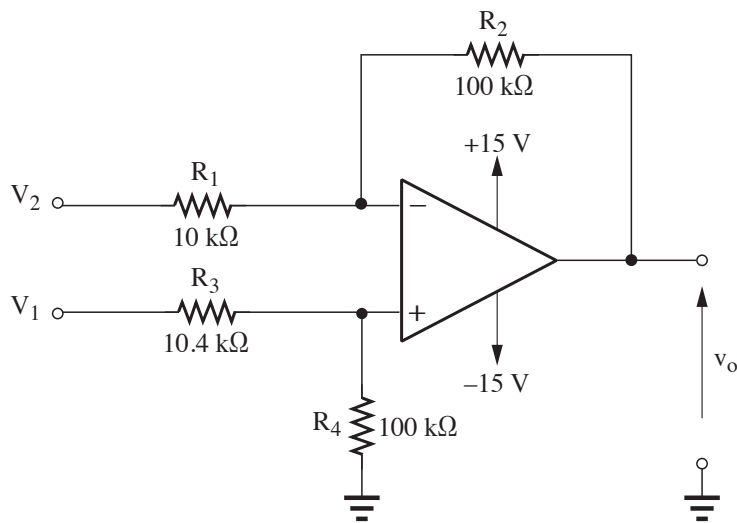
4 נק' ג. חשבו את ערכו של הזרם I_E ואת ערכו של הנגד R_E .

4 נק' ד. חשבו את ערכו של הזרם I_B ואת ערכו של הנגד R_B .

4 נק' ה. מנתקים את הקבל C_2 . האם הגבר המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה? נמקו את התשובה ללא חישוב.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מגבר הפרש הממומש באמצעות מגבר שרת אידיאלי.

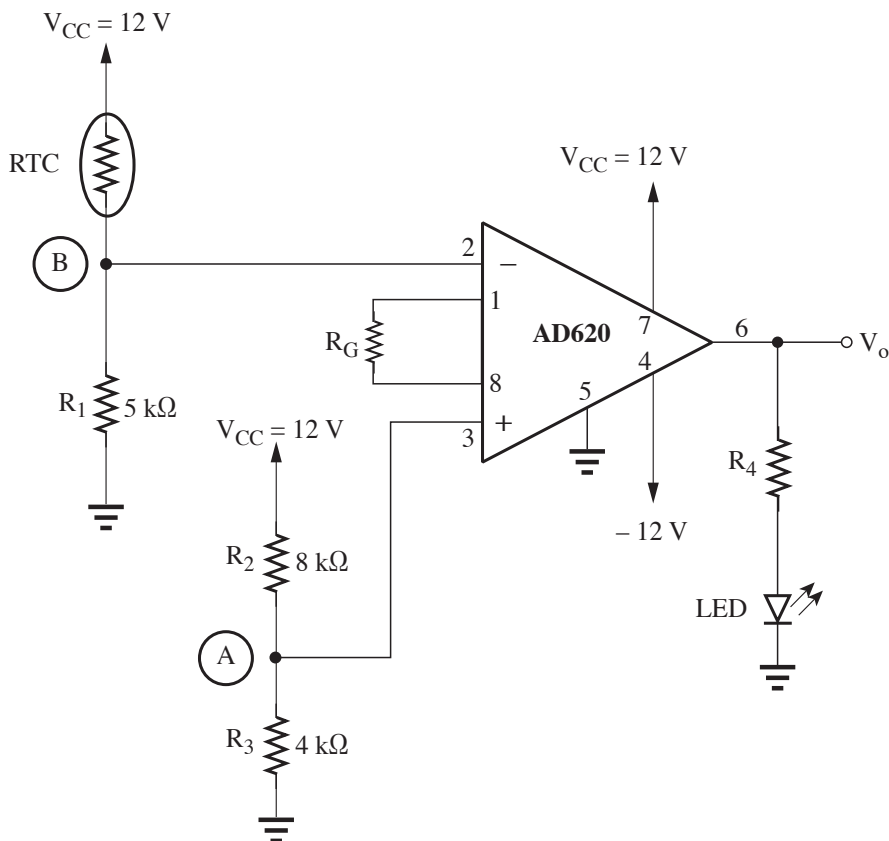


איור לשאלה 2

- א. (5 נק')** חשבו את מתח המוצא, V_0 , כאשר:
1. $V_1 = 0.2 \text{ V} ; V_2 = 0.2 \text{ V}$
 2. $V_1 = 0.2 \text{ V} ; V_2 = -0.2 \text{ V}$
- ב. (5 נק')** חשבו את הגבר המתח ההפרשי, A_d , ואת הגבר המתח המשותף, A_c .
- ג. (5 נק')** חשבו את יחס דחיית האות המשותף $CMRR$ ביחידת dB.
- ד. (5 נק')** השתמשו בתוצאות שקיבלתם בתשובה לסעיף ב' וחשבו את מתח המוצא עבור $V_1 = 0.3 \text{ V}$, $V_2 = 0.2 \text{ V}$.

שאלה 3

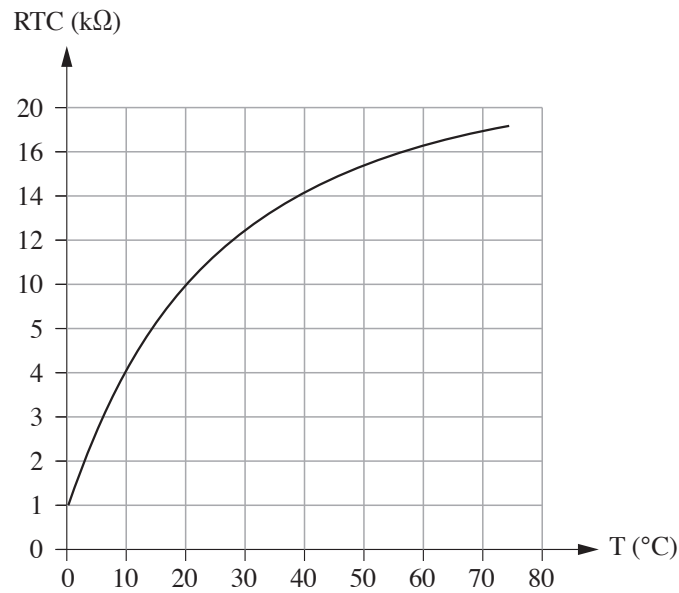
באיור א' לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי הכולל מגבר AD620, מספר נגדים ונגד תלוי טמפרטורה (RTC).



איור א' לשאלה 3

בנוסף נתון כי מתח ה-LED הוא $V_{LED} = 2.5\text{ V}$ והתנגדות הנגד היא $R_G = 24.7\text{ k}\Omega$.

באיור ב' לשאלה מתואר אופיין של הנגד RTC.

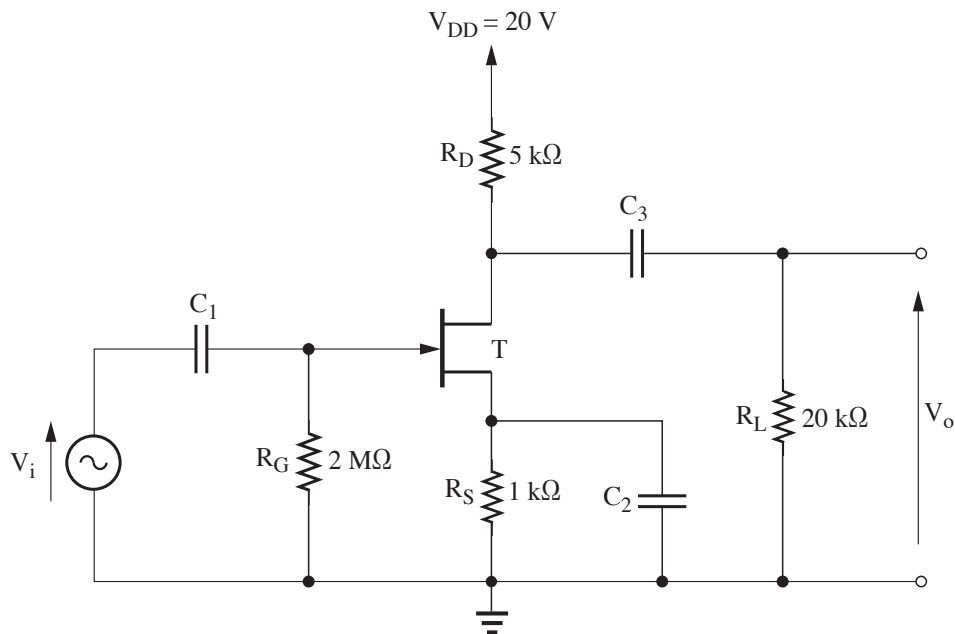


איור ב' לשאלה 3

- א. (5 נק') חשבו את המתח בנקודה A.
- ב. (5 נק') בנספח א' לשאלה מובאים חלק מדפי המפרט של הרכיב AD620. על-פי דפי המפרט, מה יהיה הגבר המגבר (G)?
- ג. (5 נק') נגד ה-RTC נמצא בטמפרטורת סביבה של 10°C . האם ה-LED דולק בטמפרטורה זו? נמקו את התשובה באמצעות חישוב.
- ד. (5 נק') החל מאיזו טמפרטורת סביבה ידלק ה-LED? נמקו את התשובה באמצעות חישוב.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון המעגל החשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית. היגבי הקבלים במעגל - זניחים.
 נתוני הטרנזיסטור תוצא-השדה (JFET) הם: $V_p = -5 \text{ V}$; $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$; $r_d = 20 \text{ k}\Omega$



איור לשאלה 4

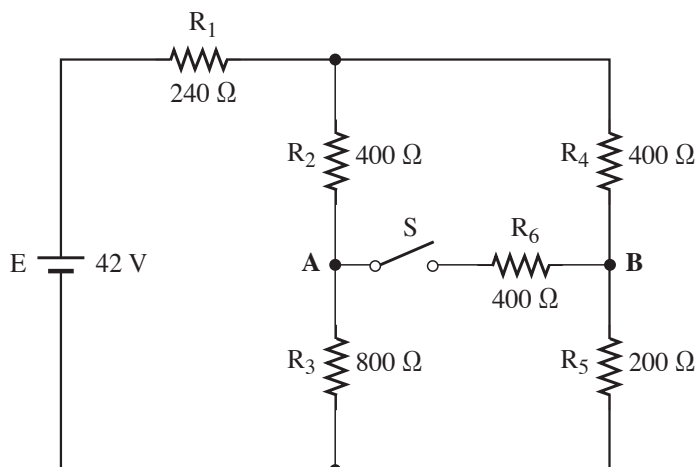
- א. (6 נק') חשבו את נקודת העבודה (I_D , V_{DS}) של הטרנזיסטור.
- ב. (5 נק') סרטטו את מעגל התמורה לאות חילופין (AC) של המעגל.
- ג. (5 נק') חשבו את הגבר המעגל $A_V = \frac{V_o}{V_i}$. כתבו את ערכו גם ביחידות dB.
- ד. (4 נק') לאיזה ערך יש להחליף את נגד R_L כדי לקבל הגבר מתח $A_V = -5$?

פרק שני: תורת החשמל

ענו על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי הפועל בזרם ישר.



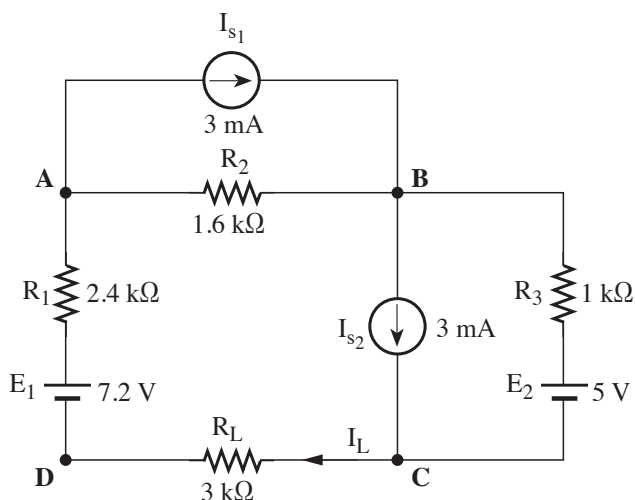
איור לשאלה 5

המפסק S פתוח.

- א. (5 נק') חשבו את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ב. (5 נק') חשבו את המתח בין הנקודות A ו-B (U_{AB}).
- ג. (5 נק') חשבו את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- ד. (5 נק') חשבו את המתח בין הנקודות A ו-B (U_{AB}).

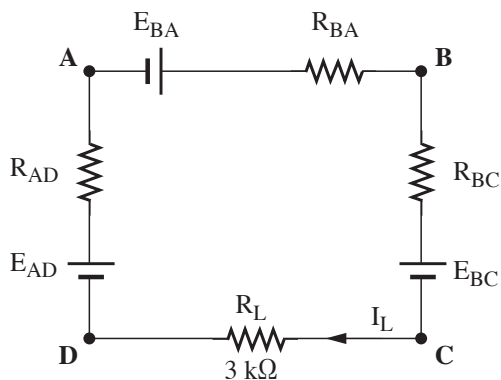
שאלה 6

באיור א' לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 6

באיור ב' לשאלה נתון מעגל שקול, הכולל חוג אחד בלבד לאחר ביצוע המרת מקורות זרם למקורות מתח ולהיפך.

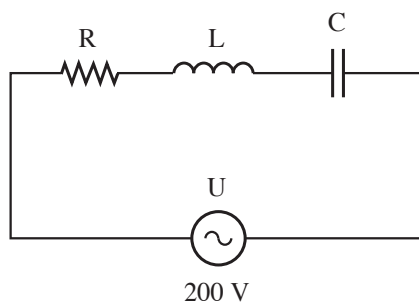


איור ב' לשאלה 6

- א. (10 נק') חשבו את ערכי מקורות המתח והנגדים המצוינים באיור ב'.
- ב. (3 נק') חשבו את הזרם I_L המצוין באיור.
- ג. (3 נק') חשבו את המתח בין הנקודות A ו-B (U_{AB}).
- ד. (4 נק') חשבו את ההספק המתפתח בנגד R_3 .

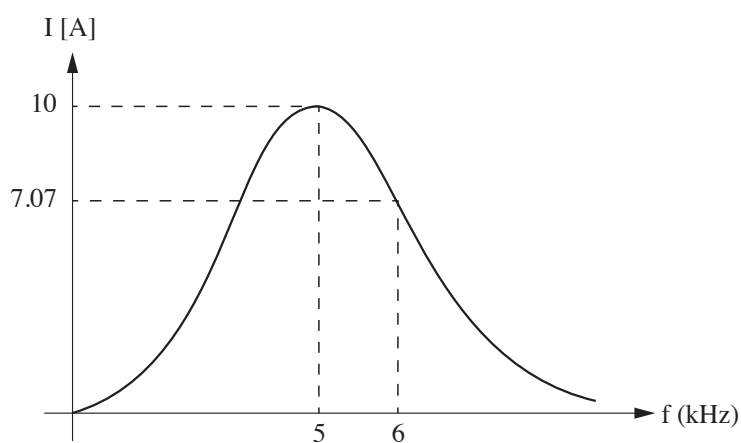
שאלה 7

באיור א' לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 7

באיור ב' לשאלה מתואר אופיין המתאר את עוצמת הזרם במעגל בתלות בתדר.

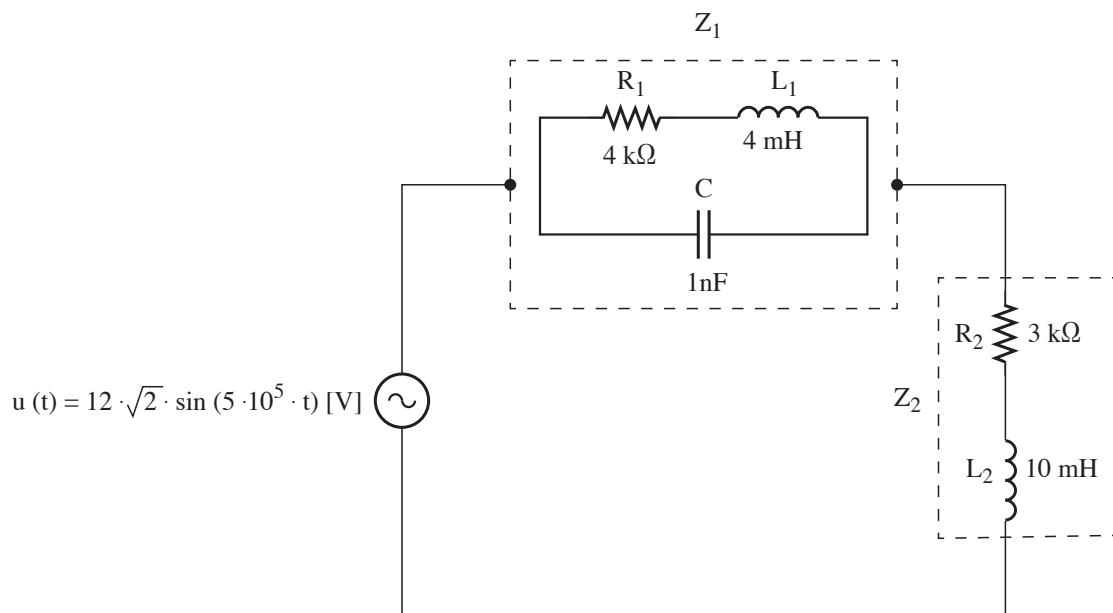


איור ב' לשאלה 7

- א. (5 נק') חשבו את ההתנגדות הנגד, R .
- ב. (5 נק') חשבו את השראות הסליל, L .
- ג. (5 נק') חשבו את קיבול הקבל, C .
- ד. (5 נק') חשבו את ההספק הממשי בתדרי מחצית ההספק.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.



איור לשאלה 8

- א. (9 נק') חשבו את העכבות Z_1 , Z_2 ואת העכבה הכללית של המעגל, Z_T .
- ב. (6 נק') חשבו את פאזורי המתחים \bar{U}_{Z_1} , \bar{U}_{Z_2} .
- ג. (5 נק') חשבו את ההספק הפעיל, P , של המעגל.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

ענו על שאלה אחת מבין השאלות 9–10 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 9

בנספח ב' לשאלה 9 מובאים דפי מפרט בשפה האנגלית של הרכיב ICL8038. עליכם לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב בדפי המפרט.

- א. (5 נק') מהו הרכיב ICL8038?
- ב. (5 נק') מהו התחום האפשרי של תדרי הפעולה של הרכיב?
- ג. (5 נק') מהי היציבות הטיפוסית של הרכיב ICL8038BCJD?
- ד. (5 נק') במה נדרש להשתמש כאשר נדרש מחזור פעולה (Duty Cycle) גדול מ-50 אחוז?

שאלה 10

בנספח ג' לשאלה 10 מובא מאמר בנושא סיבים אופטיים. עליכם לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב במאמר.

- א. (5 נק') כמה סיבים אופטיים יכולים להיות בתוך כבל של סיבים אופטיים?
- ב. (5 נק') מהו קצב העברת האותות המרבי בכבל סיבים אופטיים כיום?
- ג. (5 נק') באיזה סוג סיב יש להשתמש להעברת מידע למרחקים גדולים?
- ד. (5 נק') מהו היתרון בשימוש בסיבים אופטיים ששקועים בים?

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.



Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier

AD620

FEATURES

Easy to use

- Gain set with one external resistor
(Gain range 1 to 10,000)
 - Wide power supply range ($\pm 2.3 \text{ V}$ to $\pm 18 \text{ V}$)
 - Higher performance than 3 op amp IA designs
 - Available in 8-lead DIP and SOIC packaging
 - Low power, 1.3 mA max supply current
- ##### Excellent dc performance (B grade)
- 50 μV max, input offset voltage
 - 0.6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ max, input offset drift
 - 1.0 nA max, input bias current
 - 100 dB min common-mode rejection ratio ($G = 10$)

Low noise

- 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @ 1 kHz, input voltage noise
- 0.28 μV p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)

Excellent ac specifications

- 120 kHz bandwidth ($G = 100$)
- 15 μs settling time to 0.01%

APPLICATIONS

- Weigh scales
- ECG and medical instrumentation
- Transducer interface
- Data acquisition systems
- Industrial process controls
- Battery-powered and portable equipment

Table 1. Next Generation Upgrades for AD620

Part	Comment
AD8221	Better specs at lower price
AD8222	Dual channel or differential out
AD8226	Low power, wide input range
AD8220	JFET input
AD8228	Best gain accuracy
AD8295	+2 precision op amps or differential out
AD8429	Ultra low noise

Rev. H

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

CONNECTION DIAGRAM

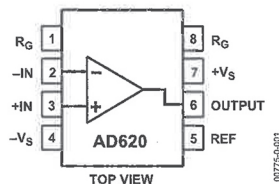


Figure 1. 8-Lead PDIP (N), CERDIP (Q), and SOIC (R) Packages

PRODUCT DESCRIPTION

The AD620 is a low cost, high accuracy instrumentation amplifier that requires only one external resistor to set gains of 1 to 10,000. Furthermore, the AD620 features 8-lead SOIC and DIP packaging that is smaller than discrete designs and offers lower power (only 1.3 mA max supply current), making it a good fit for battery-powered, portable (or remote) applications.

The AD620, with its high accuracy of 40 ppm maximum nonlinearity, low offset voltage of 50 μV max, and offset drift of 0.6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ max, is ideal for use in precision data acquisition systems, such as weigh scales and transducer interfaces. Furthermore, the low noise, low input bias current, and low power of the AD620 make it well suited for medical applications, such as ECG and noninvasive blood pressure monitors.

The low input bias current of 1.0 nA max is made possible with the use of Superbeta processing in the input stage. The AD620 works well as a preamplifier due to its low input voltage noise of 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz, 0.28 μV p-p in the 0.1 Hz to 10 Hz band, and 0.1 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ input current noise. Also, the AD620 is well suited for multiplexed applications with its settling time of 15 μs to 0.01%, and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

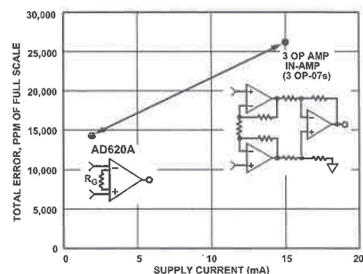


Figure 2. Three Op Amp IA Designs vs. AD620

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.326.8703 © 2003–2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

AD620

THEORY OF OPERATION

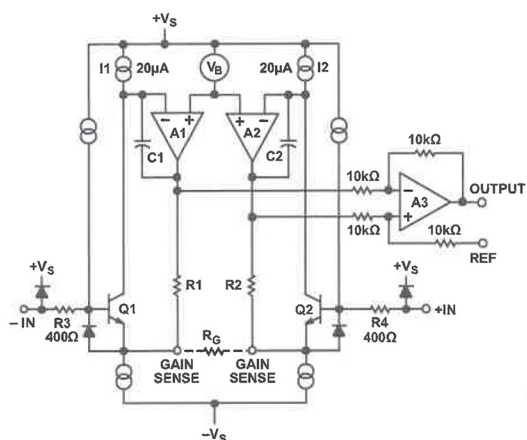


Figure 36. Simplified Schematic of AD620

The AD620 is a monolithic instrumentation amplifier based on a modification of the classic three op amp approach. Absolute value trimming allows the user to program gain *accurately* (to 0.15% at $G = 100$) with only one resistor. Monolithic construction and laser wafer trimming allow the tight matching and tracking of circuit components, thus ensuring the high level of performance inherent in this circuit.

The input transistors Q1 and Q2 provide a single differential-pair bipolar input for high precision (Figure 36), yet offer $10\times$ lower input bias current thanks to Super6eta processing. Feedback through the Q1-A1-R1 loop and the Q2-A2-R2 loop maintains constant collector current of the input devices Q1 and Q2, thereby impressing the input voltage across the external gain setting resistor R_G . This creates a differential gain from the inputs to the A1/A2 outputs given by $G = (R1 + R2)/R_G + 1$. The unity-gain subtractor, A3, removes any common-mode signal, yielding a single-ended output referred to the REF pin potential.

The value of R_G also determines the transconductance of the preamp stage. As R_G is reduced for larger gains, the transconductance increases asymptotically to that of the input transistors. This has three important advantages: (a) Open-loop gain is boosted for increasing programmed gain, thus reducing gain related errors. (b) The gain-bandwidth product (determined by C1 and C2 and the preamp transconductance) increases with programmed gain, thus optimizing frequency response. (c) The input voltage noise is reduced to a value of $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, determined mainly by the collector current and base resistance of the input devices.

The internal gain resistors, R1 and R2, are trimmed to an absolute value of $24.7 \text{ k}\Omega$, allowing the gain to be programmed accurately with a single external resistor.

The gain equation is then

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

$$R_G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

Make vs. Buy: a Typical Bridge Application Error Budget

The AD620 offers improved performance over "homebrew" three op amp IA designs, along with smaller size, fewer components, and $10\times$ lower supply current. In the typical application, shown in Figure 37, a gain of 100 is required to amplify a bridge output of 20 mV full-scale over the industrial temperature range of -40°C to $+85^\circ\text{C}$. Table 4 shows how to calculate the effect various error sources have on circuit accuracy.



ICL8038

Precision Waveform Generator/ Voltage Controlled Oscillator

November 1996

Features

- Low Frequency Drift with Temperature . . . 250ppm/°C
- Low Distortion 1% (Sine Wave Output)
- High Linearity 0.1% (Triangle Wave Output)
- Wide Frequency Range 0.001Hz to 300kHz
- Variable Duty Cycle 2% to 98%
- High Level Outputs TTL to 28V
- Simultaneous Sine, Square, and Triangle Wave Outputs
- Easy to Use - Just a Handful of External Components Required

Description

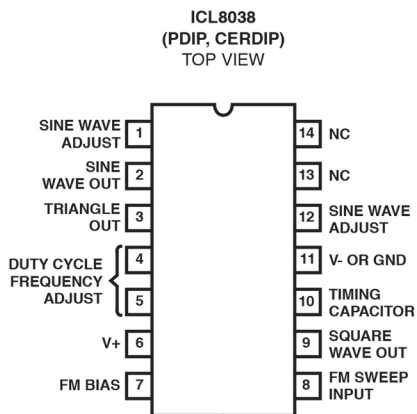
The ICL8038 waveform generator is a monolithic integrated circuit capable of producing high accuracy sine, square, triangular, sawtooth and pulse waveforms with a minimum of external components. The frequency (or repetition rate) can be selected externally from 0.001Hz to more than 300kHz using either resistors or capacitors, and frequency modulation and sweeping can be accomplished with an external voltage. The ICL8038 is fabricated with advanced monolithic technology, using Schottky barrier diodes and thin film resistors, and the output is stable over a wide range of temperature and supply variations. These devices may be interfaced with phase locked loop circuitry to reduce temperature drift to less than 250ppm/°C.

Ordering Information

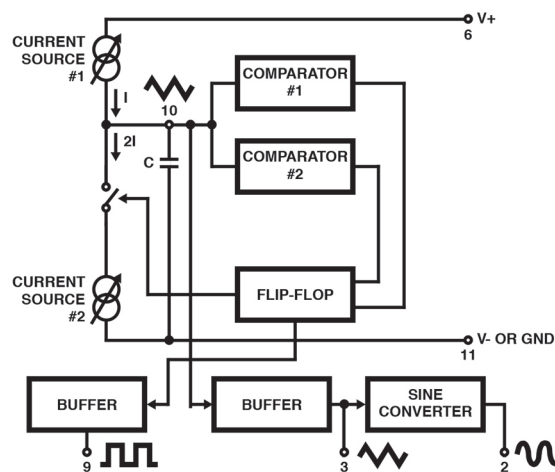
PART NUMBER	STABILITY	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ICL8038CCPD	250ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld PDIP	E14.3
ICL8038CCJD	250ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld CERDIP	F14.3
ICL8038BCJD	180ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld CERDIP	F14.3
ICL8038ACJD	120ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld CERDIP	F14.3
ICL8038BMJD (Note)	350ppm/°C (Max)	-55 to 125	14 Ld CERDIP	F14.3
ICL8038AMJD (Note)	250ppm/°C (Max)	-55 to 125	14 Ld CERDIP	F14.3

NOTE: Add /883B to part number if 883 processing is required.

Pinout



Functional Diagram



ICL8038

The levels of the current sources can, however, be selected over a wide range with two external resistors. Therefore, with the two currents set at values different from 1 and 2, an asymmetrical sawtooth appears at Terminal 3 and pulses with a duty cycle from less than 1% to greater than 99% are available at Terminal 9.

The sine wave is created by feeding the triangle wave into a nonlinear network (sine converter). This network provides a decreasing shunt impedance as the potential of the triangle moves toward the two extremes.

Waveform Timing

The *symmetry* of all waveforms can be adjusted with the external timing resistors. Two possible ways to accomplish this are shown in Figure 3. Best results are obtained by keeping the timing resistors R_A and R_B separate (A). R_A controls the rising portion of the triangle and sine wave and the 1 state of the square wave.

The magnitude of the triangle waveform is set at $\frac{1}{3} V_{SUPPLY}$; therefore the rising portion of the triangle is,

$$t_1 = \frac{C \times V}{I} = \frac{C \times 1/3 \times V_{SUPPLY} \times R_A}{0.22 \times V_{SUPPLY}} = \frac{R_A \times C}{0.66}$$

The falling portion of the triangle and sine wave and the 0 state of the square wave is:

$$t_2 = \frac{C \times V}{I} = \frac{C \times 1/3 \times V_{SUPPLY}}{2(0.22) \frac{V_{SUPPLY}}{R_B} - 0.22 \frac{V_{SUPPLY}}{R_A}} = \frac{R_A R_B C}{0.66(2R_A - R_B)}$$

Thus a 50% duty cycle is achieved when $R_A = R_B$.

If the duty cycle is to be varied over a small range about 50% only, the connection shown in Figure 3B is slightly more convenient. A 1kΩ potentiometer may not allow the duty cycle to be adjusted through 50% on all devices. If a 50% duty cycle is required, a 2kΩ or 5kΩ potentiometer should be used.

With two separate timing resistors, the frequency is given by:

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{R_A C \left(1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B} \right)}$$

or, if $R_A = R_B = R$

$$f = \frac{0.33}{RC} \text{ (for Figure 3A)}$$

Neither time nor frequency are dependent on supply voltage, even though none of the voltages are regulated inside the integrated circuit. This is due to the fact that both currents and thresholds are direct, linear functions of the supply voltage and thus their effects cancel.

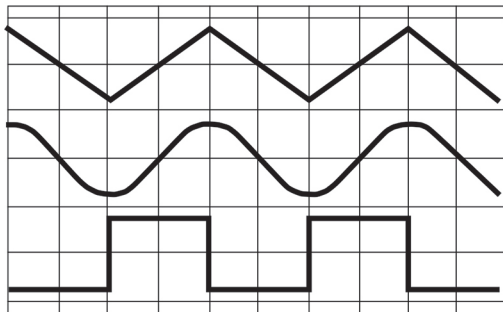


FIGURE 2A. SQUARE WAVE DUTY CYCLE - 50%

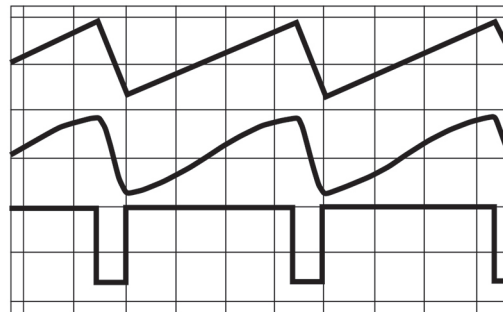


FIGURE 2B. SQUARE WAVE DUTY CYCLE - 80%

FIGURE 2. PHASE RELATIONSHIP OF WAVEFORMS

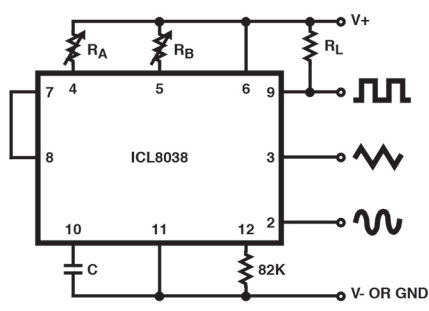


FIGURE 3A.

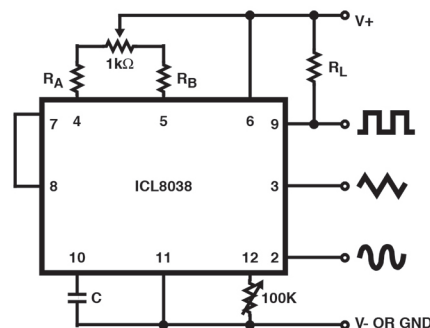


FIGURE 3B.

FIGURE 3. POSSIBLE CONNECTIONS FOR THE EXTERNAL TIMING RESISTORS

fiber optics (optical fiber)

What is fiber optics?

Fiber optics, or optical fiber, refers to the technology that transmits information as light pulses along a glass or plastic fiber.

A fiber optic cable can contain a varying number of these glass fibers -- from a few up to a couple hundred. Another glass layer, called cladding, surrounds the glass fiber core. The buffer tube layer protects the cladding, and a jacket layer acts as the final protective layer for the individual strand.

Fiber optic cables are commonly used because of their advantages over copper cables. Some of those benefits include higher bandwidth and transmit speeds.

Fiber optics is used for long-distance and high-performance data networking. It is also commonly used in telecommunication services, such as internet, television and telephones. For example, Verizon and Google use fiber optics in their Verizon FIOS and Google Fiber services, respectively, providing Gigabit internet speeds to users.

How fiber optics works

Fiber optics transmit data in the form of light particles -- or photons -- that pulse through a fiber optic cable. The glass fiber core and the cladding each have a different refractive index that bends incoming light at a certain angle.

When light signals are sent through the fiber optic cable, they reflect off the core and cladding in a series of zig-zag bounces, following a process called total internal reflection. The light signals do not travel at the **speed of light** because of the denser glass layers, instead traveling about 30% slower than the speed of light.

To renew, or boost, the signal throughout its journey, fiber optics transmission sometimes requires repeaters at distant intervals. These repeaters regenerate the optical signal by converting it to an electrical signal, processing that electrical signal and retransmitting the optical signal.

Fiber optic cables are now able to support up to 10 Gbps signals. Typically, as the bandwidth capacity of a fiber optic cable increases, the more expensive it becomes.

Types of fiber optic cables

Multimode fiber and single-mode fiber are the two primary types of fiber optic cable.

Single-mode fiber

Single-mode fiber is used for longer distances due to the smaller diameter of the glass fiber core. This smaller diameter lessens the possibility for **attenuation**, which is a reduction in signal strength. The smaller opening isolates the light into a single beam, offering a more direct route and enabling the signal to travel a longer distance.

Single-mode fiber also has a considerably higher **bandwidth** than multimode fiber. The light source used for single-mode fiber is typically a laser. Single-mode fiber is usually more expensive as it requires precise calculations to produce the laser light in a smaller opening.

Multimode fiber

Multimode fiber is used for shorter distances because the larger core opening enables light signals to bounce and reflect more along the way. The larger diameter permits multiple light pulses to be sent through the cable at one time, which results in more data transmission. This also means there is more possibility for signal loss, reduction or interference, however. Multimode fiber optics typically uses an LED to create the light pulse.

Dense wavelength-division multiplexing (DWDM) is used to increase the bandwidth of existing fiber networks.

Fiber optics vs. copper cables

Copper wire cables were the traditional choice for telecommunication, networking and cable connections for years. Over time, however, fiber optics became a common alternative. Most telephone company long-distance lines are now made of fiber optic cables.

Optical fiber carries more information than conventional copper wire, due to its higher bandwidth and faster speeds. Because glass does not conduct electricity, fiber optics is not subject to **electromagnetic interference**, and signal losses are minimized.

Advantages and disadvantages of fiber optics

Fiber optic cables are used mainly for their advantages over copper cables. Advantages include the following:

- They support higher bandwidth capacities.
- Light can travel further without needing as much of a signal boost.
- They are less susceptible to interference, such as electromagnetic interference.
- They can be submerged in water.
- Fiber optic cables are stronger, thinner and lighter than copper wire cables.
- They do not need to be maintained or replaced as frequently.

However, it is important to note that fiber optics do have disadvantages users should know about. These disadvantages include the following:

- Copper wire is often cheaper than fiber optics.
- Glass fiber requires more protection within an outer cable than copper.
- Installing new cabling is labor-intensive.
- Fiber optic cables are often more fragile. For example, the fibers can be broken or a signal can be lost if the cable is bent or curved around a radius of a few centimeters.

Fiber optics uses

Computer networking and broadcasting

Computer networking is a common fiber optics use case due to optical fiber's ability to transmit data and provide high bandwidth. Similarly, fiber optics is frequently used in broadcasting and electronics to provide better connections and performance.

Internet and cable television

Internet and cable television are two of the more commonly found usages of fiber optics. Fiber optics can be installed to support long-distance connections between computer networks in different locations.

Undersea environments

Fiber optics are used in more at-risk environments, like undersea cables, as they can be submerged in water and don't need to be frequently replaced.

Military and space

Military and space industries also make use of optical fiber as a means of communication and signal transfer, in addition to its ability to provide temperature sensing. Fiber optic cables can be beneficial due to their lighter weight and smaller size.

Medical

Fiber optics is frequently used in a variety of medical instruments to provide precise illumination. It also increasingly enables biomedical sensors that aid in minimally invasive medical procedures. Because optical fiber is not subject to electromagnetic interference, it is ideal for various tests like MRI scans. Other medical applications for fiber optics include X-ray imaging, endoscopy, light therapy and surgical microscopy.

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון באלקטרוניקה תקבילית א'

לכיתה י"ג

(8 עמודים)

דיודת צומת

משוואת זרם-מתח של דיודה מעשית:

$$I_D = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_D}{\eta \cdot V_T}} - 1 \right)$$

$$V_D = \eta V_T \ln \left(\frac{I_D}{I_S} + 1 \right)$$

זרם הדיודה	-	I_D	[A]
זרם זליגה אחורי	-	I_S	[A]
מתח הדיודה	-	V_D	[V]
מתח התלוי בטמפרטורה	-	V_T	[V]
מתח בטמפרטורה של 25°C	-	$V_T = 26$	mV
מטען אלקטרון	-	q	[C]
קבוע בולצמן	-	K_B	$\left[\frac{J}{^\circ K} \right]$
טמפרטורה במעלות קלווין	-	T	[°K]

$$\eta = \begin{cases} 1 & \text{גרמניום} \\ 2 & \text{סיליקון} \end{cases}$$

$$V_T = \frac{K_B \cdot T}{q}$$

$$V_T = \frac{T}{11600}$$

$$T^{\circ K} = T^{\circ C} + 273$$

**טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום פעיל)
 (בהזנחת זרם הזליגה ICBO)**

I_C [A] – זרם קולט
 I_E [A] – זרם פולט
 I_B [A] – זרם בסיס
 β – הגבר הזרם

$$I_C = \beta I_B$$

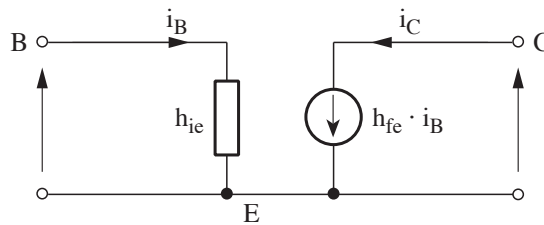
$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_E = I_B (\beta + 1)$$

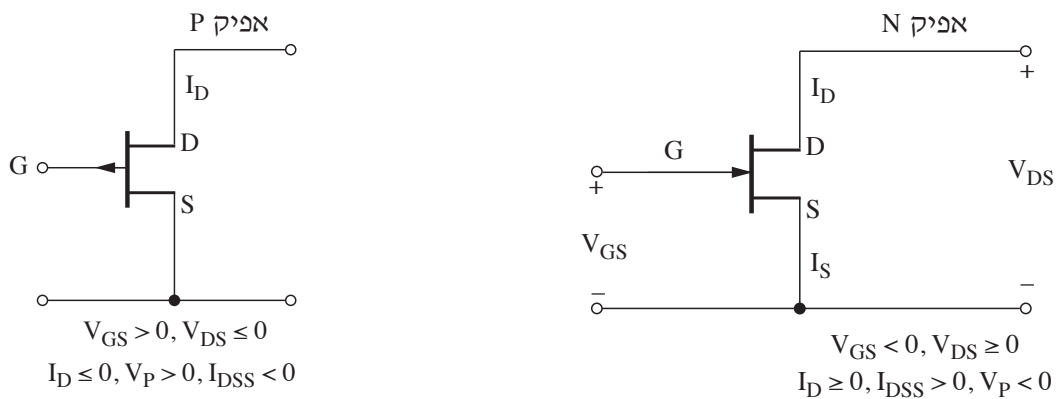
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

תרשים תמורה מקורב לאות קטן (AC) של טרנזיסטור דו-נושאי



טרנזיסטור (Junction Field Effect Transistor) JFET



תחום רוויה מתאים לאפיק P ולאפיק N

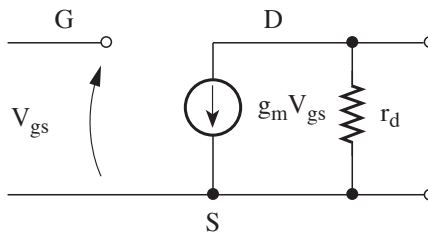
תנאי לרוויה: $|V_{GS}| < |V_p|$, $|V_{DS}| > |V_p| - |V_{GS}|$

- זרם האפיק - I_D [A]
- זרם האפיק עבור $V_{GS} = 0$ - I_{DSS} [A]
- המתח בין השער למקור - V_{GS} [V]
- מתח צביטה - V_p [V]
- מוליכות מעבר - $g_m \left[\frac{1}{\Omega} \right]$
- התנגדות דינמית בין D ל-S ברוויה - $r_d [\Omega]$

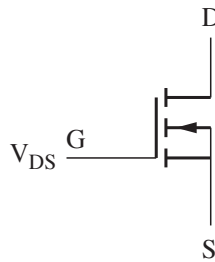
$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)$$

מעגל תמורה של טרנזיסטור JFET



טרנזיסטור MOSFET מסוג הרחבה (Enhancement)



תחום הרוויה

עבור טרנזיסטור מסוג N - CHANNEL :

מתח צביטה - V_T [V]

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

מקדם - $k \left[\frac{mA}{V^2} \right]$

תנאי הרוויה:

I_D [mA]

$$V_{GS} > V_T$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

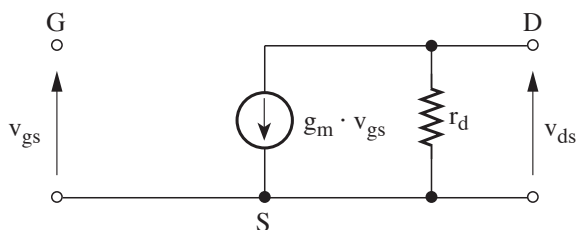
הערה: מעגל התמורה לאות חילופין של טרנזיסטור MOSFET זהה לזה של טרנזיסטור JFET .

מוליכות מעבר - $g_m (1/\Omega)$

מוליכות מעבר - $g_m \left[\frac{1}{\Omega} \right]$

$$g_m = 2k \cdot (V_{GS} - V_T)$$

תרשים תמורה מקורב לאות קטן (AC) של טרנזיסטור MOSFET



מיישרים

א. יישור חד-מופעי – חצי גל בעומס אומי

הערך הממוצע של המתח	–	V_{AV} [V]	$V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$
הערך המרבי של המתח	–	V_m [V]	
הערך היעיל של המתח	–	V_{RMS} [V]	$V_{RMS} = \frac{V_m}{2}$
הערך הממוצע של הזרם	–	I_{AV} [A]	
הערך היעיל של הזרם	–	I_{RMS} [A]	$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$
התנגדות העומס	–	R [Ω]	
הספק על העומס	–	P [W]	$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$
מתח גליות (אדווה)	–	ΔV [V]	$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$
מתח מרבי במוצא	–	V_{omax} [V]	
תדר מתח הכניסה	–	f [Hz]	
התנגדות העומס	–	R [Ω]	$\Delta V \approx \frac{V_{omax}}{R \cdot C \cdot f}$
קיבול קבל הסינון	–	C [F]	

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

הערך הממוצע של המתח – V_{AV} [V]

$$V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$$

הערך המרבי של המתח – V_m [V]

הערך היעיל של המתח – V_{RMS} [V]

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

הערך הממוצע של הזרם – I_{AV} [A]

הערך היעיל של הזרם – I_{RMS} [A]

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

התנגדות העומס – R [Ω]

הספק על העומס – P [W]

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

מתח גליות (אדווה) – ΔV [V]

מתח מרבי במוצא – $V_{o_{max}}$ [V]

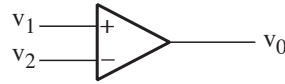
$$\Delta V \approx \frac{V_{o_{max}}}{2 \cdot R \cdot C \cdot f}$$

תדר מתח הכניסה – f [Hz]

התנגדות העומס – R [Ω]

קיבול קבל הסינון – C [F]

מגברי הפרש

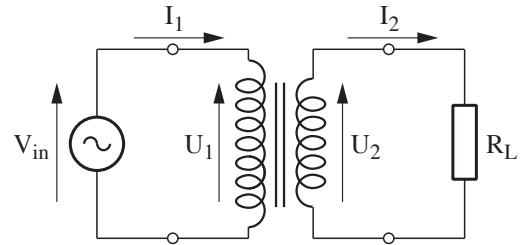


מתח מבוא	-	V_1 [V]	$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$
מתח הפרשי במבוא	-	V_d [V]	$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$
מתח משותף במבוא	-	V_c [V]	$V_d = V_1 - V_2$
			$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$
מתח מבוא	-	V_2 [V]	$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big _{V_2 = 0}$
			$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big _{V_1 = 0}$
הגבר הפרשי	-	A_d	$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$
הגבר האות המשותף	-	A_c	$A_c = A_1 + A_2$
			$A_c = 0$
			עבור מגבר הפרש אידיאלי
יחס דחיית האות המשותף	-	CMRR	$CMRR = \left \frac{A_d}{A_c} \right $
			$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big _{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_1}$
			$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big _{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_1}$

שנאי חד-מופעי אידיאלי

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

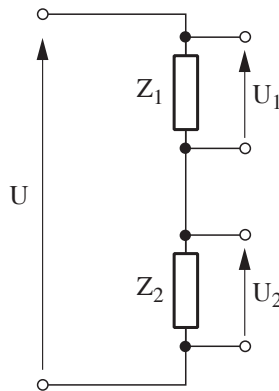
- יחס השנאה - K
- מתח בסליל הראשוני - U_1 [V]
- מתח בסליל השניוני - U_2 [V]
- זרם בסליל הראשוני - I_1 [A]
- זרם בסליל השניוני - I_2 [A]



אין להעביר את הנוסחאון
 לנבחן אחר

נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(7 עמודים)



כלל מחלק המתח

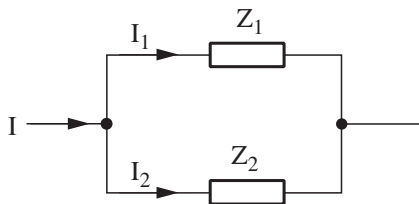
$$U_1 = U \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$U_2 = U \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

כלל מחלק הזרם

$$I_1 = I \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

$$I_2 = I \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

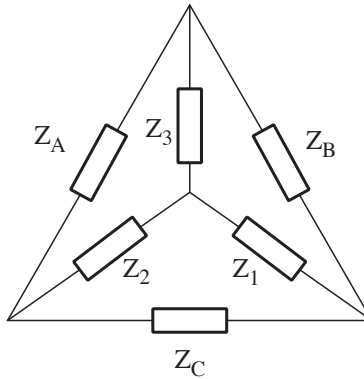


המרת עכבות מחיבור כוכב למשולש

$Y \rightarrow \Delta$
$Z_A = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3}{Z_1}$
$Z_B = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3}{Z_2}$
$Z_C = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3}{Z_3}$

המרת עכבות מחיבור משולש לכוכב

$Y \rightarrow \Delta$
$Z_1 = \frac{Z_B Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$
$Z_2 = \frac{Z_A Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$
$Z_3 = \frac{Z_A Z_B}{Z_A + Z_B + Z_C}$



קבל לוחות

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} = 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot \left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$$

קבוע דיאלקטרי של החומר	-	ϵ	[F / m]
קבוע דיאלקטרי של הריק	-	ϵ_0	[F / m]
קבוע דיאלקטרי יחסי	-	ϵ_r	
קיבול הקבל	-	C	[F]
המתח על הקבל	-	U	[V]
מטען הקבל	-	Q	[C]
המרחק בין לוחות הקבל	-	d	[m]
שטח החתך של לוחות הקבל	-	A	[m ²]
האנרגייה החשמלית האגורה בקבל	-	W	[W · sec או J]

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot C U^2$$

$$W = \frac{Q \cdot U}{2}$$

$$W = \frac{Q^2}{2c}$$

זרם חילופין סינוסואידלי

ערך רגעי של הזרם	-	$i(t)$ [A]
ערך מרבי של הזרם (תנופת הזרם)	-	I_{\max} [A]
זווית מופע	-	φ [rad]
זמן	-	t [sec]
ערך רגעי של המתח	-	$u(t)$ [V]
ערך מרבי של המתח (תנופת המתח)	-	U_{\max} [V]
ערך יעיל של הזרם	-	I_{eff} [A]
ערך יעיל של המתח	-	U_{eff} [V]

$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\max}$$

זמן המחזור	-	T [sec]
תדירות זוויתית	-	ω [rad / sec]
תדירות	-	f [Hz]

$$T = \frac{1}{f}$$

היגב השראותי	-	X_L [Ω]
היגב קיבולי	-	X_C [Ω]

$$\omega = 2\pi f$$

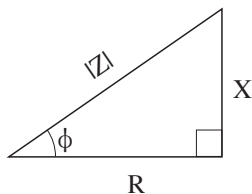
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$X_L = \omega L$$

משולש העכבות

- התנגדות המעגל - R [Ω]
- היגב המעגל - X [Ω]
- עכבת המעגל - Z [Ω]

$$Z = R \pm jX$$



$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

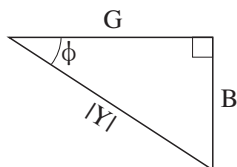
$$\sin \phi = \frac{X}{|Z|} ; \cos \phi = \frac{R}{|Z|} ; \text{tg } \phi = \frac{X}{R}$$

משולש המתירויות

- מוליכות המעגל - G [S]
- מניחות המעגל - B [S]
- מתירות המעגל - Y [S]

$$Y = G \pm jB$$

$$Y = \frac{1}{Z}$$



$$|Y| = \sqrt{G^2 + B^2}$$

$$\sin \phi = \frac{B}{|Y|} ; \cos \phi = \frac{G}{|Y|} ; \text{tg } \phi = \frac{B}{G}$$

הספקים בזרם חילופין

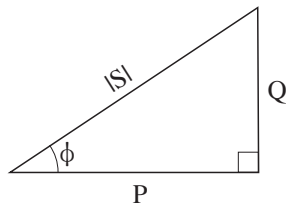
- הספק פעיל - P [W]
- הערך המוחלט של הזרם בנגד - $|I_R|$ [A]
- הערך המוחלט של המתח על הנגד - $|U_R|$ [V]
- הספק היגבי - Q [VAr]
- הערך המוחלט של זרם ההיגב - $|I_X|$ [A]
- הערך המוחלט של מתח ההיגב - $|U_X|$ [V]
- הספק מדומה - S [VA]
- הערך המוחלט של זרם העכבה - $|I_Z|$ [A]
- הערך המוחלט של מתח העכבה - $|U_Z|$ [V]
- הצמוד של זרם העכבה - I_Z^* [A]

$$P = |I_R| \cdot |U_R| = |I_R|^2 \cdot R = \frac{|U_R|^2}{R}$$

$$Q = |I_X| \cdot |U_X| = |I_X|^2 \cdot |X| = \frac{|U_X|^2}{|X|}$$

$$|S| = |I_Z| \cdot |U_Z| = |I_Z|^2 \cdot |Z| = \frac{|U_Z|^2}{|Z|}$$

$$S = P \pm jQ = U_Z \cdot I_Z^*$$



משולש ההספקים

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Q = |S| \cdot \sin \phi$$

$$P = |S| \cdot \cos \phi$$

מעגל תהודה

טורי/מקבילי

תדירות התהודה - f_0 [Hz]

השראות - L [H]

קיבול - C [F]

גורם הטיב של המעגל בתהודה - Q_0

רוחב הפס - BW [Hz]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$BW = \frac{f_0}{Q_0}$$

גורם הטיב במעגל טורי

תדירות זוויתית בתהודה - ω_0 [rad / sec]

התנגדות - R [Ω]

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R}$$

גורם הטיב במעגל מקבילי

$$Q_0 = \frac{R}{\omega_0 L}$$

נספח ו': מילון מונחים
 לשאלון 711001, אביב תשפ"ג

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
inductive	Индуктивное	تحريضي / محاثي	השראותי
characteristic resistance	Характерное сопротивление	المقاومة المميّزة	התנגדות אופיינית
operational amplifier	Оперативный усилитель	مُضخّم تشغيلي	מגבר שרת
filter	Фильтр	مصفاة	מסנן
current source	Источник тока	مصدر تيار	מקור זרם
power source	Источник напряжения	مصدر طاقة	מקור מתח
capacitive	Емкостное	ذو سعة (كهربائية)	קיבולי
node voltage method	Метод узловых потенциалов	طريقة فولطيات العقود	שיטת מתחי הצמתים
resonance	резонанс	رنين	תהודה