

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשפ"א, 2021

סמל השאלון: 711001

נספחים: א. נספח לשאלה 9

ב. נספח לשאלה 10

ג. נוסחאון באלקטרוניקה

ספרתית א' לכיתה י"ג

ד. נוסחאון במבוא להנדסת

חשמל לכיתה י"ג

ה. מילון מונחים

## תורת האלקטרוניקה והחשמל ט'

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים (כיתה י"ג)

### הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה עשר שאלות.  
יש להשיב על חמש שאלות בלבד.  
לכל שאלה – 20 נקודות.  
סך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון ומילונית.
- ד. הוראות מיוחדות:
  1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
  2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
  3. כתוב את כל תשובותיך אך ורק בעט.
  4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בהירות.
  5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
  6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
  7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מִרְב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
    - \* 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. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, אנגלית, רוסית וערבית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 12 עמודים ו-16 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

המשך מעבר לדף

elec4u.co.il  
בהצלחה!

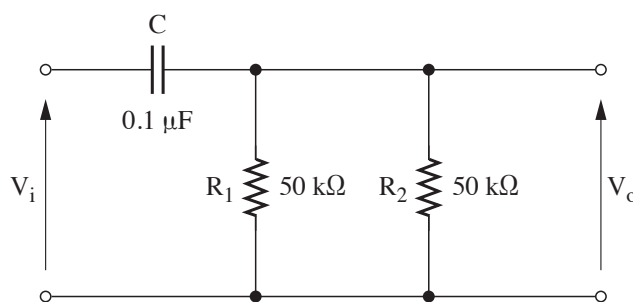
## השאלות

ענה על חמש מבין השאלות 1-10 (לכל שאלה - 20 נקודות).

### אלקטרוניקה ספרתית א'

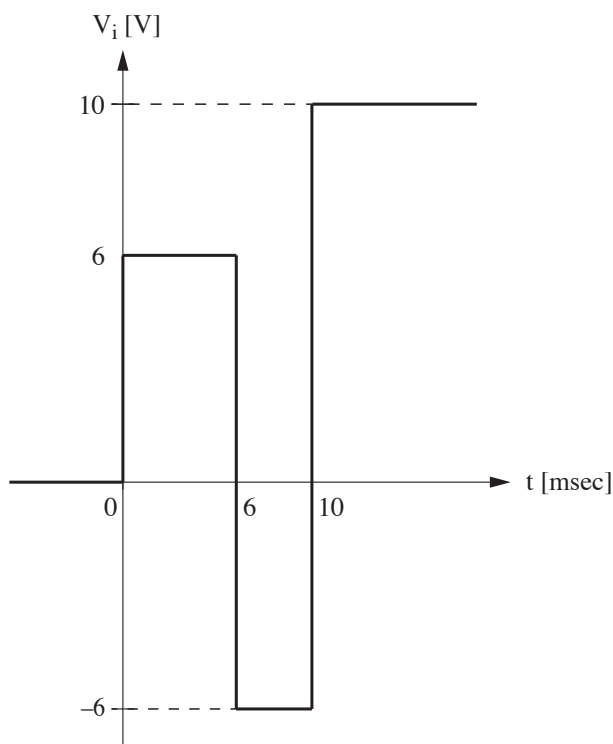
#### שאלה 1

באיור א' לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 1

לרשת מסופק אות מבוא,  $V_i$ , הנתון באיור ב' לשאלה.

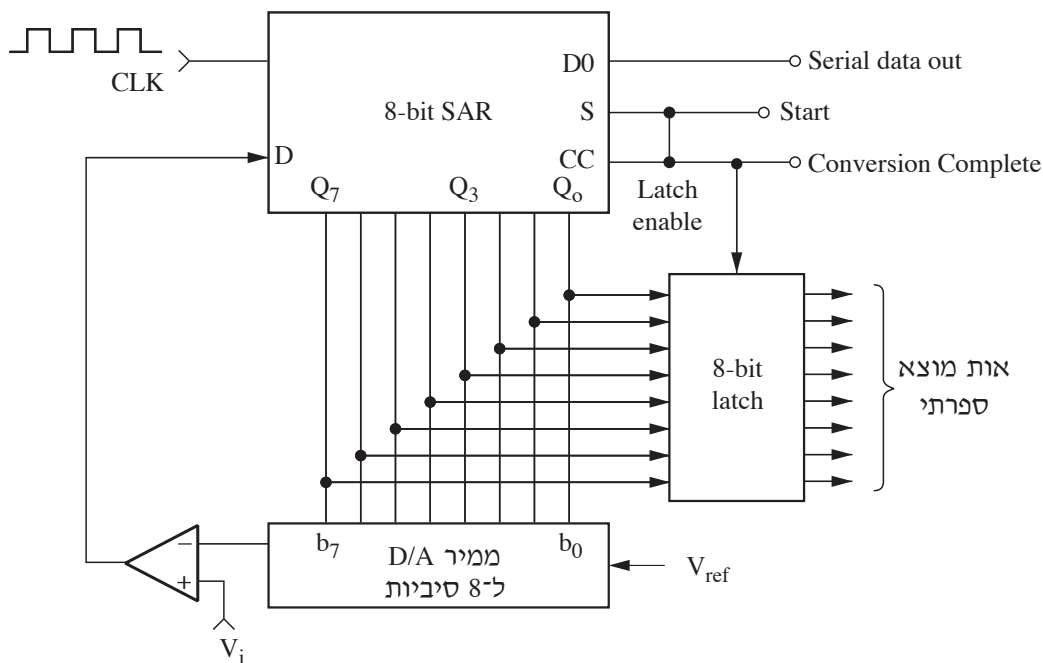


איור ב' לשאלה 1

- א. (6 נק') חשב את הערכים של מתח המוצא בזמנים  $t = 6 \text{ msec}$  ו-  $t = 10 \text{ msec}$  לפני קפיצת המתח ולאחר קפיצת המתח.
- ב. (6 נק') העתק למחברתך את צורת אות המבוא,  $V_i$ , וסרטט מתחיתה, בהתאמה, את צורת אות המוצא,  $V_o$ , כפונקצייה של הזמן.
- ג. (4 נק') הוסף ערכי מתח וערכי זמן לסרטוט שסרטטת בתשובתך לסעיף ב'.
- ד. (4 נק') חשב את הזמן או הזמנים שבהם מתח המוצא יהיה 8 V.

## שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים מלבנים של ממיר SAR A/D ל-8 סיביות.  $V_i$  הוא מתח המבוא האנלוגי של הממיר. תדר השעון הוא  $f_{CLK} = 100 \text{ kHz}$ .

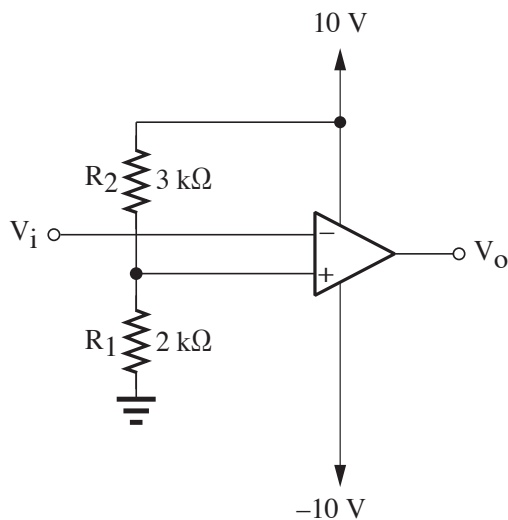


איור לשאלה 2

- א. (5 נק') נתון שעבור הצירוף 00100000 במבוא ממיר ה-D/A, התקבל במוצא הממיר מתח  $(V_{DAC})$  של  $625 \text{ mV}$ . חשב את הרזולוציה של הממיר.
- ב. (5 נק') חשב את המתח  $V_{REF}$ .
- ג. (5 נק') מהו ערכו המרבי של מתח המבוא,  $V_i$ , הניתן להמרה על-ידי הממיר?
- ד. (5 נק') חשב את זמן ההמרה של האות על-ידי הממיר. בתשובתך הזנח את זמני ההשהיה של כל הרכיבים.

### שאלה 3

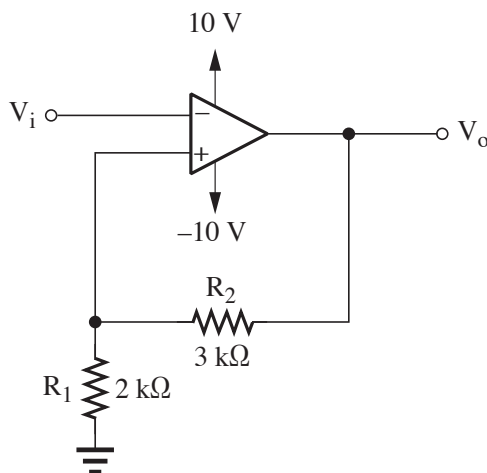
באיור א' לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי.  
מגבר השרת שבמעגל אידיאלי, ומתחי הרוויה שווים למתחי ההזנה.



איור א' לשאלה 3

6 נק') א. סרטט את אופיין המעבר,  $V_o = f(V_i)$ , וציין עליו את ערכי המתח הרלוונטיים.

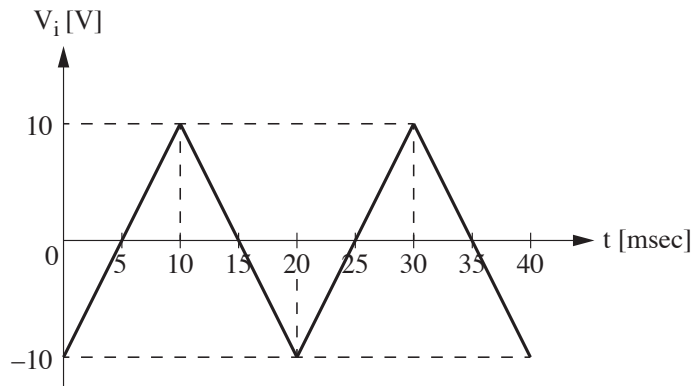
באיור ב' לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי נוסף.



איור ב' לשאלה 3

6 נק') ב. חשב את מתחי הסף של המעגל. סרטט את אופיין המעבר,  $V_o = f(V_i)$ , וציין עליו את ערכי המתח הרלוונטיים.

ג. (8 נק') לכל אחד מן המעגלים שבאיורים א' ו-ב' מספקים אות מבוא,  $V_i$ , הנתון באיור ג' לשאלה.

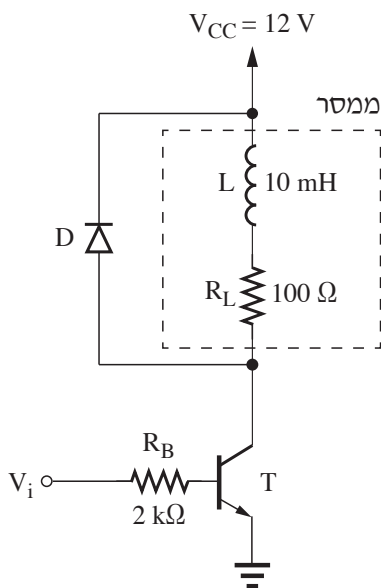


איור ג' לשאלה 3

העתק למחברתך את צורת אות המבוא,  $V_i$ , וסרטט מתחתיה, בהתאמה, את הצורה של אות המוצא,  $V_o$ , המתקבל בכל אחד מהמעגלים כפונקצייה של הזמן.

### שאלה 4

באיור א' לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי המשמש למיתוג ממסר. הדיודה שבמעגל – אידיאלית.

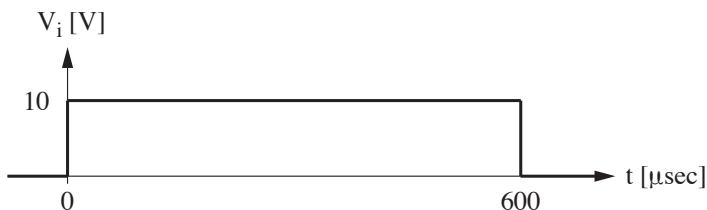


איור א' לשאלה 4

נתוני הטרנזיסטור T הם:  $\beta = 100$  ;  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  ;  $V_{CE_{SAT}} = 0.2 \text{ V}$

נתוני הממסר הם: זרם התפיסה – 40 mA ; זרם ההתרה – 20 mA

למעגל מספקים את אות המבוא המתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 4

א. (5 נק') חשב את ערכו המזערי של מתח המבוא הישר,  $V_i$ , המבטיח שהטרנזיסטור T יימצא במצב רוויה.

ב. (5 נק') העתק למחברתך את צורת אות המבוא,  $V_i$ , וסרטט מתחתיה, בהתאמה, את צורת המתח  $V_{CE}$  ואת צורת הזרם  $I_L$  כפונקציה של הזמן.

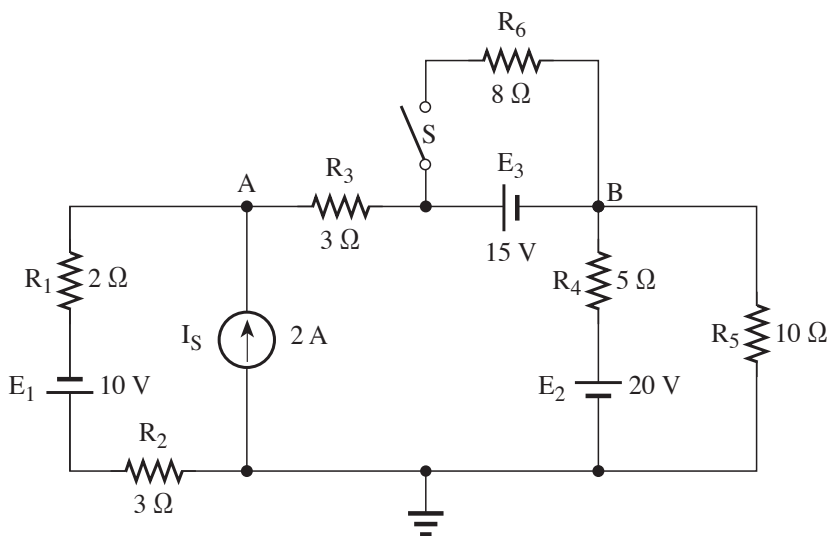
ג. (5 נק') חשב כעבור כמה זמן, מתחילת הדופק, ייתפס הממסר.

ד. (5 נק') חשב כעבור כמה זמן, מסיום הדופק, ישתחרר הממסר.

מבוא להנדסת חשמל

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 5

המפסק S פתוח.

- א. (8 נק') כתוב מערכת משוואות לחישוב המתחים בנקודות A ו-B ( $U_B$  ו- $U_A$ ) בשיטת מתחי הצמתים.
  - ב. (5 נק') חשב את המתחים  $U_A$  ו- $U_B$ .
  - ג. (4 נק') חשב את הזרם הזורם בנגד  $R_3$ , וציין את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).
- סוגרים את המפסק S.
- ד. (3 נק') הסבר, ללא חישוב, האם עקב סגירת המפסק ישתנו ערכי המתחים  $U_A$  ו- $U_B$  וערכו של הזרם  $I_{R_3}$ .



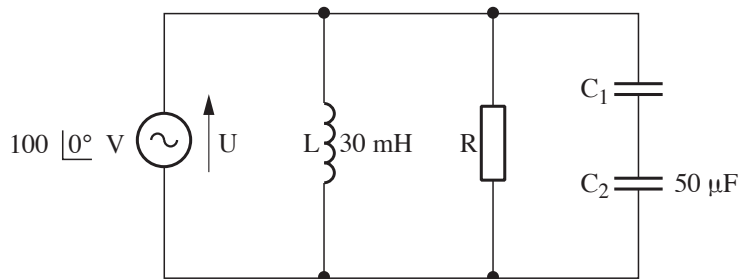
### שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל RLC הנמצא בתהודה מקבילית.

נתונים:

$$f_0 = 212.2 \text{ Hz}$$

$$BW = 50 \text{ Hz}$$

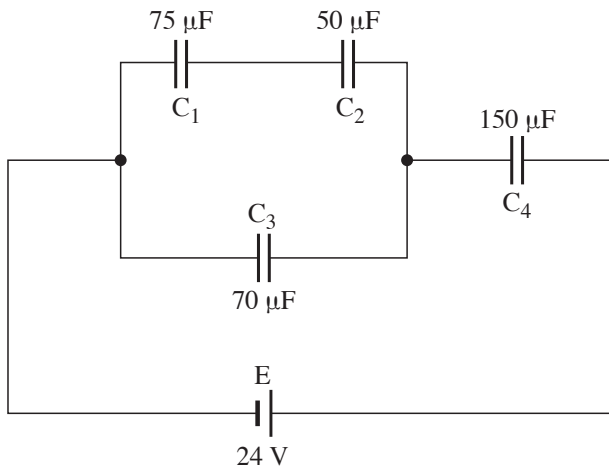


איור לשאלה 6

- א. (4 נק') חשב את גורם הטיב של המעגל.
- ב. (4 נק') חשב את ההתנגדות של הנגד R.
- ג. (6 נק') חשב את הקיבול של הקבל  $C_1$ .
- ד. (6 נק') חשב את הזרם הזורם בכל אחד מענפי המעגל כאשר המעגל נמצא במצב תהודה.

### שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי.



### איור לשאלה 7

- א. (5 נק') חשב את הקיבול השקול,  $C_T$ .
- ב. (5 נק') חשב את המטען על הקבל  $C_3$ .
- ג. (5 נק') חשב את המתח על הקבל  $C_1$ .
- ד. (5 נק') חשב את האנרגייה האגורה בקבל  $C_4$ .

### שאלה 8

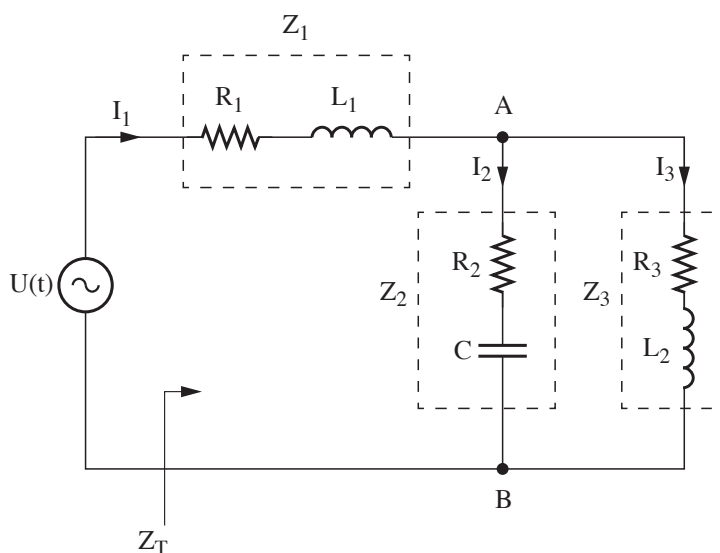
באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.

המתח בין הנקודות A ו-B מתואר על-ידי הביטוי:  $u_{AB}(t) = 24\sqrt{2} \cdot \sin(10^5 \cdot t)$  [V]

$$R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$L_1 = L_2 = 40 \text{ mH}$$

$$C = 2.5 \text{ nF}$$



איור לשאלה 8

א. (8 נק')

1. (6 נק') חשב את העכבות  $Z_1, Z_2, Z_3$ .

2. (2 נק') חשב את עכבת המעגל  $Z_T$ . הצג את תשובתך כמספר מרוכב.

ב. (6 נק') חשב את זרמי המעגל  $I_1, I_2, I_3$ . הצג את תשובתך כמספרים מרוכבים.

ג. (6 נק')

1. (4 נק') חשב את מתח המקור.

2. (2 נק') הצג את מתח המקור כפונקצייה של הזמן,  $U(t)$ .

## אנגלית טכנית

### שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובאים דפי מפרט בשפה האנגלית של מחולל האותות 33210A .

עליך לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב בדפי המפרט.

4 נק' )א. איזה מחברי תקשורת קיימים במכשיר?

4 נק' )ב. אילו אפנונים קיימים במכשיר?

4 נק' )ג. כמה צורות גלים אפשר לשמור בזיכרון המכשיר מגרסה 002 ?

4 נק' )ד. ציין כמה לחצנים משמשים להפעלת הפונקציות המרכזיות במכשיר.

4 נק' )ה. אילו צורות גלים מייצר מחולל זה?

### שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובאים דפי מפרט בשפה האנגלית של הרכיב AD620 .

עליך לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב בדף-המפרט.

5 נק' )א. מהו מתח ההיסט המרבי של הרכיב?

5 נק' )ב. מהם היתרונות של הרכיב בגרסה AD8221 בהשוואה לרכיב בגרסה AD620 ?

5 נק' )ג. כמה נגדים חיצוניים נדרשים לצורך קביעת הגבר המגבר?

5 נק' )ד. לאילו יישומים רפואיים מתאים הרכיב?

**בהצלחה!**

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.

אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

**elec4u.co.il**

# 33210A

## 10 MHz Function/Arbitrary

### Waveform Generator

Courtesy of KEYSIGHT.

Copyright Keysight Technologic 2020 Reproduced with Permission  
Uncompromising Performance at an Affordable Price

The Keysight Technologies, Inc. 33210A function/arbitrary waveform generator is the latest addition to the 332XX family. Waveforms are generated using direct digital synthesis (DDS) technology which creates stable, accurate low distortion sine waves as well as square waves with fast rise and fall times up to 10 MHz and linear ramp waves up to 100 kHz. For user defined waveforms, Option 002 provides 14-bit, 50 MSa/s 8K point arbitrary waveform generation.

#### Pulse generation

The 33210A can generate variable-edge-time pulses up to 5 MHz. With variable period, pulse width, and amplitude the 33210A is ideally suited to a wide variety of applications requiring a flexible pulse signal.



---

## Key features

- 10 MHz Sine and Square waveforms
- Pulse, Ramp, Triangle, Noise, and DC waveforms
- Optional 14-bit, 50 MSa/s, 8K point Arbitrary Waveform Generator
- AM, FM, and PWM modulation types
- Linear and logarithmic sweeps and burst operation
- 10 mV<sub>pp</sub> to 10 V<sub>pp</sub> amplitude range
- Graph mode for visual verification of signal settings
- Connect via USB, GPIB and LAN
- Fully compliant to LXI Class C specification

## Custom waveform generation (Option 002)

The optional 8K point arbitrary waveform generator (Option 002) can be used in the 33210A to generate complex custom waveforms. With 14-bit resolution, and a sampling rate of 50 MSa/s, the 33210A gives you the flexibility to create the waveforms you need. It also lets you store up to four waveforms in nonvolatile memory. The Keysight IntuiLink arbitrary waveform software allows you to easily create, edit, and download complex waveforms using the waveform editor. Or you can capture a waveform using IntuiLink for Oscilloscopes and send it to the 33210A for output. To find out more about IntuiLink, visit [www.keysight.com/find/intuilink](http://www.keysight.com/find/intuilink)

## Easy-to-use functionality

Front-panel operation of the 33210A is straight-forward and user friendly. You can access all major functions with a single key or two. The knob or numeric keypad can be used to adjust frequency, amplitude, offset, and other parameters. You can even enter voltage values directly in V<sub>pp</sub>, V<sub>rms</sub>, dBm, or as high and low levels. Timing parameters can be entered in Hertz (Hz) or seconds.

Internal AM, FM, and PWM modulation make it easy to modulate waveforms without the need for a separate modulation source. Linear and logarithmic sweeps are also built in, with sweep rates selectable from 1 ms to 500 s. Burst mode operation allows for a user-selected number of cycles per trigger. GPIB, LAN, and USB interfaces are all standard, plus you get full programmability using SCPI commands.

## External frequency reference (Option 001)

The 33210A external frequency reference lets you synchronize to an external 10 MHz clock, to another 33210A, or to a Keysight 33220A or Keysight 33250A. Phase adjustments can be made from the front panel or via a computer interface, allowing precise phase calibration and adjustment.



## 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  $\mu\text{V}$  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  $\mu\text{V}$  p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)

#### Excellent ac specifications

120 kHz bandwidth ( $G = 100$ )

15  $\mu\text{s}$  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

### CONNECTION DIAGRAM

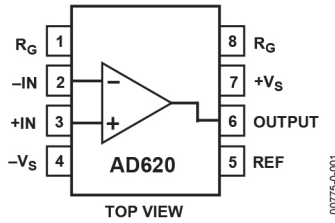


Figure 1. 8-Lead PDIP (N), CERDIP (Q), and SOIC (R) Packages

### 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  $\mu\text{V}$  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 Super $\beta$  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  $\mu\text{V}$  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  $\mu\text{s}$  to 0.01%, and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

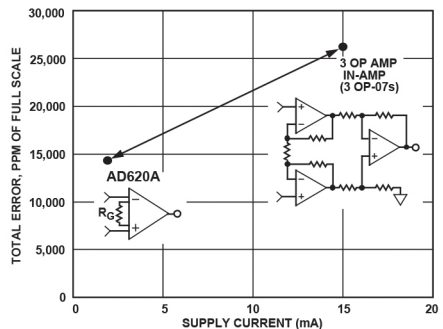


Figure 2. Three Op Amp IA Designs vs. AD620



אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

## נוסחאון באלקטרוניקה ספרתית א' לכיתה י"ג

(4 עמודים)

### משוואת הדפקים היסודית

מתח מוצא	-	$u(t)$ [V]
מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$ )	-	$V_\infty$ [V]
מתח התחלתי	-	$V_{0+}$ [V]
זמן	-	$t$ [sec]
קבוע הזמן	-	$\tau$ [sec]
זרם מוצא	-	$I(t)$ [A]
זרם סופי (עבור $t \rightarrow \infty$ )	-	$I_\infty$ [A]
זרם התחלתי	-	$I_{0+}$ [A]
התנגדות שקולה ש"רואה" הרכיב ההיגבי, מחושבת לפי משפט תבנין	-	$R_{eq}$ [ $\Omega$ ]

$$u(t) = V_\infty - (V_\infty - V_{0+}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

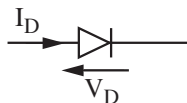
$$i(t) = I_\infty - (I_\infty - I_{0+}) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = R_{eq} \cdot C ; \tau = \frac{L}{R_{eq}}$$

$$t = \tau \cdot \ln \frac{V_\infty - V_{0+}}{V_\infty - u(t)} = \tau \cdot \ln \frac{I_\infty - I_{0+}}{I_\infty - i(t)}$$

### דיודת צומת

סימול:



### דיודה אידיאלית

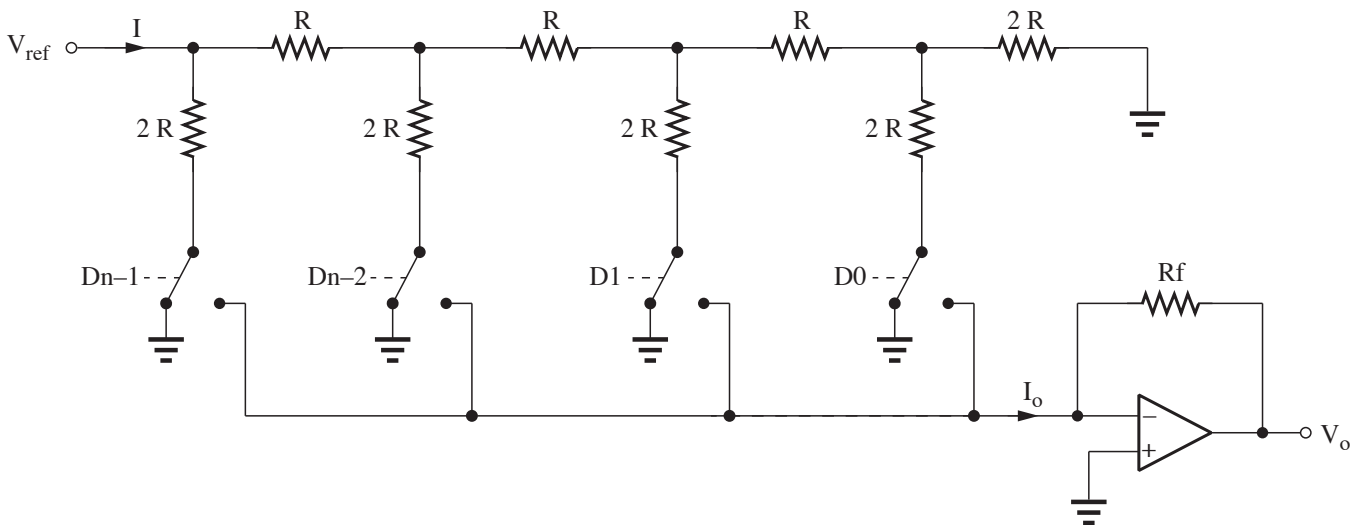
ממתח קדמי -  $V_D = 0V$  (קָצָר)

ממתח אחורני -  $I_D = 0A$  (נִתְק)

ממיר D/A המבוסס על סולם נגדים R/2R ומגבר שרת

- מספר הסיביות - n
- מתח ייחוס -  $V_{REF}$  [V]
- ערך הנגד R ברשת הסולם -  $R$  [ $\Omega$ ]
- ערך נגד המשוב -  $R_f$  [ $\Omega$ ]
- הערך העשרוני של המילה הבינארית שבכניסה לממיר - D

$$V_o = - \frac{V_{REF} \cdot R_f}{2^n \cdot R} \cdot D$$



**ממיר A/D הפועל בשיטת ADC Counting Converter**

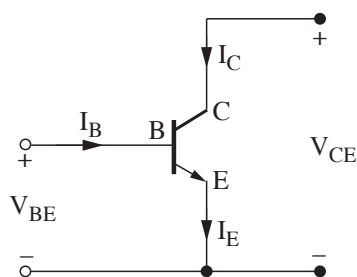
- זמן המרה -  $T_{CON}$
  - מספר הסיביות של הממיר -  $n$
  - תדר השעון -  $f_{CLK}$
- $$T_{CON} = \frac{2^n}{f_{CLK}}$$

**SUCCESSIVE APPROXIMATION – ממיר A/D מסוג קירוב רציף**

- זמן המרה -  $T_{CON}$
  - מספר הסיביות של הממיר -  $n$
  - תדר השעון -  $f_{CLK}$
- $$T_{CON} = \frac{n+1}{f_{CLK}}$$

**טרנזיסטור דו קוטבי BJT (Bipolar Junction Transistor)**

**תחום הרוויה**



- מתח רוויה בין קולט לפולט -  $V_{CE_{SAT}} [V]$
- זרם בסיס -  $I_B [A]$
- זרם קולט -  $I_C [A]$
- הגבר זרם -  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$$V_{CE} = V_{CE_{SAT}}$$

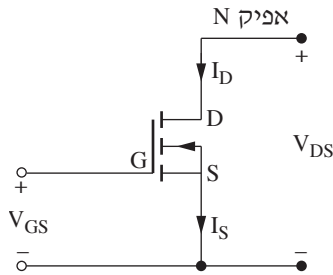
$$\beta \cdot I_B > I_C$$

**סף רוויה של התחום הפעיל**

$$V_{CE} = V_{CE_{SAT}}$$

$$\beta \cdot I_B = I_C$$

**טרנזיסטור MOSFET N Channel מסוג הרחבה (Enhancement)**



$K$  - מקדם  $\left(\frac{A}{V^2}\right)$

$$K = \frac{I_{DSS}}{V_T^2}$$

$V_T$  - מתח צביטה (V)

תחום רוויה

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

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

תחום ההתנגדות

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

$$I_D = 2K \cdot \left[ (V_{GS} - V_T) \cdot V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

חישוב מקורב עבור מתח VDS נמוך:

$$I_D \cong 2K \cdot (V_{GS} - V_T) \cdot V_{DS}$$

אזור קיטעון

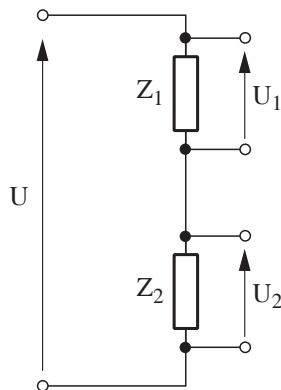
$$I_D = 0, V_{GS} \leq V_T$$

**בהצלחה!**

אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

## נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(7 עמודים)



כלל מחלק המתח

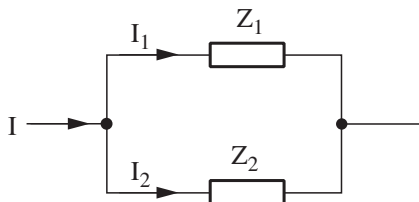
$$U_1 = U \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

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

כלל מחלק הזרם

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

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

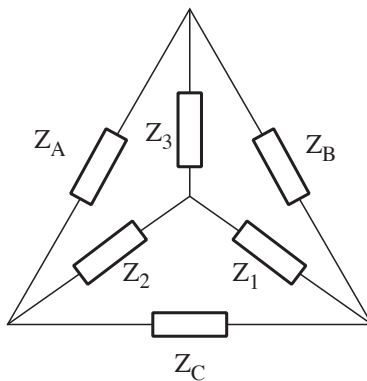


**המרת עכבות מחיבור כוכב למשולש**

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

**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

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

קבוע דיאלקטרי של החומר	-	$\epsilon$	[F / m]
קבוע דיאלקטרי של הריק	-	$\epsilon_0$	[F / m]
קבוע דיאלקטרי יחסי	-	$\epsilon_r$	
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 <sup>2</sup> ]
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	-	$\varphi$ [rad]
זמן	-	$t$ [sec]
ערך רגעי של המתח	-	$u(t)$ [V]
ערך מרבי של המתח (תנופת המתח)	-	$U_{\max}$ [V]
ערך יעיל של הזרם	-	$I_{\text{eff}}$ [A]
ערך יעיל של המתח	-	$U_{\text{eff}}$ [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	-	$\omega$ [rad / sec]
תדירות	-	$f$ [Hz]

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

היגב השראותי	-	$X_L$ [ $\Omega$ ]
היגב קיבולי	-	$X_C$ [ $\Omega$ ]

$$\omega = 2\pi f$$

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

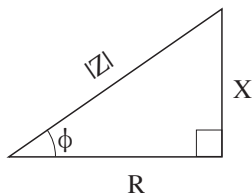
$$X_L = \omega L$$



**משולש העכבות**

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

$$Z = R \pm jX$$



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

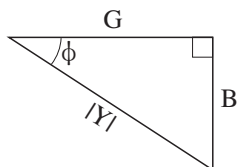
$$\sin \phi = \frac{X}{|Z|} ; \cos \phi = \frac{R}{|Z|} ; \text{tg } \phi = \frac{X}{R}$$

**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

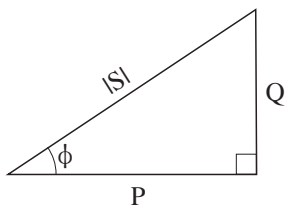
- הספק פעיל - P [W]
- הערך המוחלט של הזרם בנגד -  $|I_R|$  [A]
- הערך המוחלט של המתח על הנגד -  $|U_R|$  [V]
- הספק היגבי - Q [VAr]
- הערך המוחלט של זרם ההיגב -  $|I_X|$  [A]
- הערך המוחלט של מתח ההיגב -  $|U_X|$  [V]
- הספק מדומה - S [VA]
- הערך המוחלט של זרם העכבה -  $|I_Z|$  [A]
- הערך המוחלט של מתח 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 -  $\omega_0$  [rad / sec]

התנגדות -  $R$  [ $\Omega$ ]

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

### גורם הטיב במעגל מקבילי

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

# נספח: מילון מונחים

לשאלון 711001, אביב תשפ"א

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
inductive	Индуктивное	تَحْرِیضِيّ / مُحَاثِّي	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