

- א. נספח לשאלה 9
ב. נספח לשאלה 10
ג. נוסחאון באלקטרוניקה
תקבילית 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 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 בלבד מן הפרק השלישי. לכל שאלה – 20 נקודות.
סך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון ומילונית.
2. כל חומר הכתוב (בכתב-יד או בהדפסה) על שלושה דפי A4, הכתובים משני הצדדים.
- ד. הוראות מיוחדות:
- ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 - התחילו כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 - כתבו את כל התשובות אך ורק בעט.
 - הקפידו לנסח את התשובות כהלכה ולסרטט את התרשימים בבהירות.
 - כתבו את התשובות בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
 - בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם ופתרו בעזרתו את השאלה. כתבו בתשובה את הנתון שהוספתם.
 - בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מִרְב 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.
 - בנספח ה' לשאלון מובא מילון מונחים בשפות עברית, אנגלית, רוסית וערבית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.
 - צרפו את שלושת דפי ה-A4 (חומר העזר שהשתמשם בו) למחברת הבחינה.

הוראות למשגיחים: יש לוודא כי הנבחנים צירפו את דפי ה-A4 למחברת הבחינה.

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 10 עמודים ו-21 עמודי נספחים.

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

השאלות

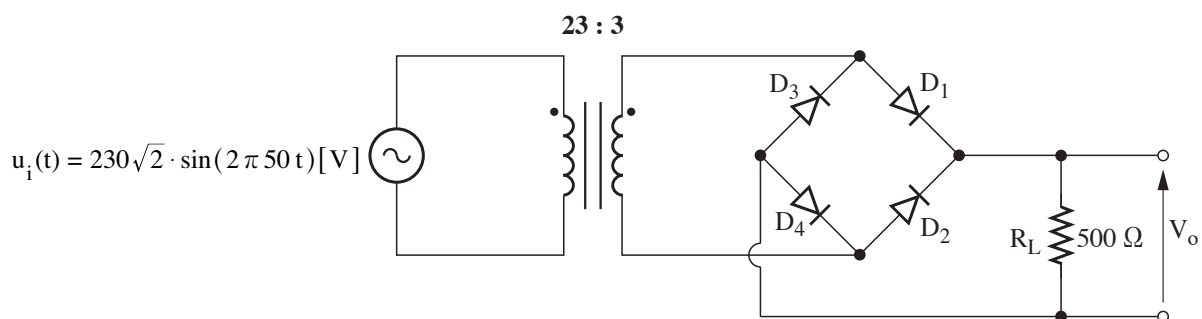
ענו על חמש מבין השאלות 1–10. עליכם לענות על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

פרק ראשון: אלקטרוניקה תקבילית

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מעגל חשמלי הכולל גשר דיודות אידיאליות ושנאי אידיאלי בעל יחס השנאה של 23:3.



איור לשאלה 1

(8 נק') א.

1. סרטטו שני מחזורים של מתח המבוא $u_i(t)$. ציינו את זמן המחזור ואת הערך המרבי והערך המזערי של המתח.

2. סרטטו בהתאמה לסרטוט הקודם שני מחזורים של מתח המוצא $v_o(t)$. ציינו את זמן המחזור ואת הערך המרבי והערך המזערי של המתח.

(4 נק') ב. חשבו את המתח הממוצע של העומס R_L .

(4 נק') ג.

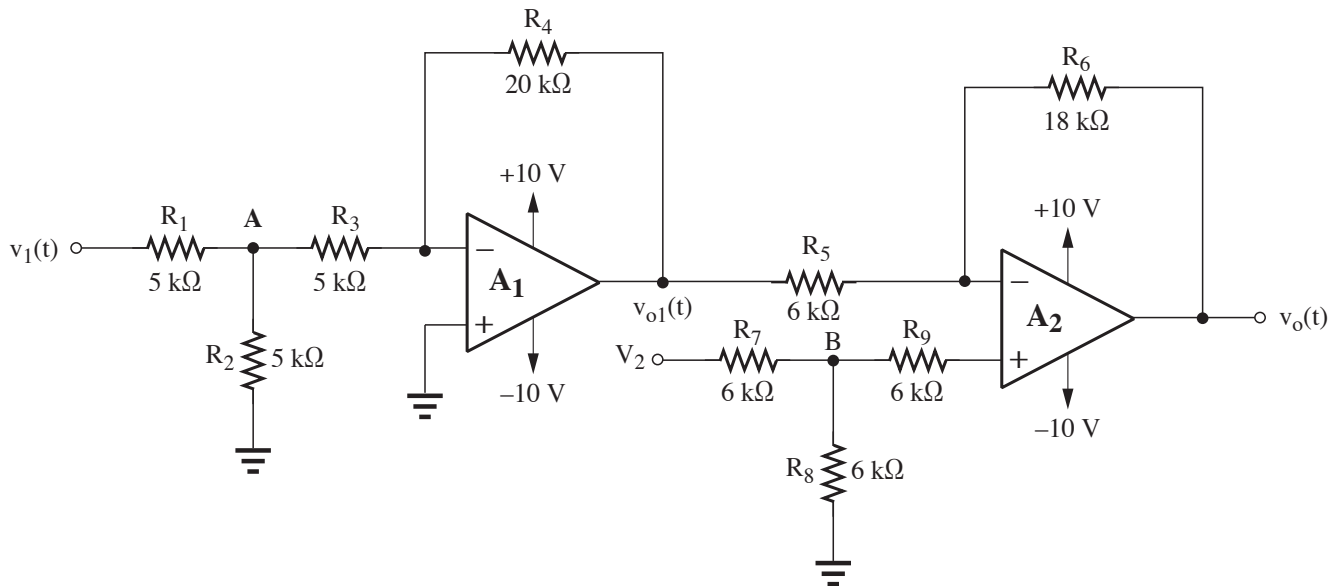
1. חשבו את המתח היעיל על העומס R_L . (2 נק')

2. חשבו את ההספק הממוצע המתפתח בנגד העומס R_L . (2 נק')

(4 נק') ד. להורדת גליות מתח המוצא, מוסיפים קבל במקביל לנגד R_L . חשבו את ערכו של הקבל, כדי לקבל גליות מתח מוצא של $\Delta V_o = 0.5 \text{ V}$.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל חשמלי הכולל מגברי שרת אידיאליים שבהם מתחי הרוויה שווים למתחי ההזנה.



איור לשאלה 2

א. (7 נק')

1. כתבו ביטוי המתאר את מתח המוצא של המגבר הראשון v_{o1} כפונקצייה של מתח המבוא v_1 . (4 נק')

2. כתבו ביטוי המתאר את מתח המוצא $v_o(t)$ כפונקצייה של מתחי המבוא $v_1(t)$ ו- V_2 . (3 נק')

ב. (6 נק') חשבו את מתח המבוא v_1 המרבי לקבלת מתח במוצא המגבר הראשון v_{o1} ללא עיוותים.

ג. (7 נק') נתון: $v_1(t) = 1.5 \cdot \sin(\omega t) [V]$, $V_2 = 3 V$

1. (4 נק') חשבו את הערך המרבי ואת הערך המזערי של מתח המוצא v_o .

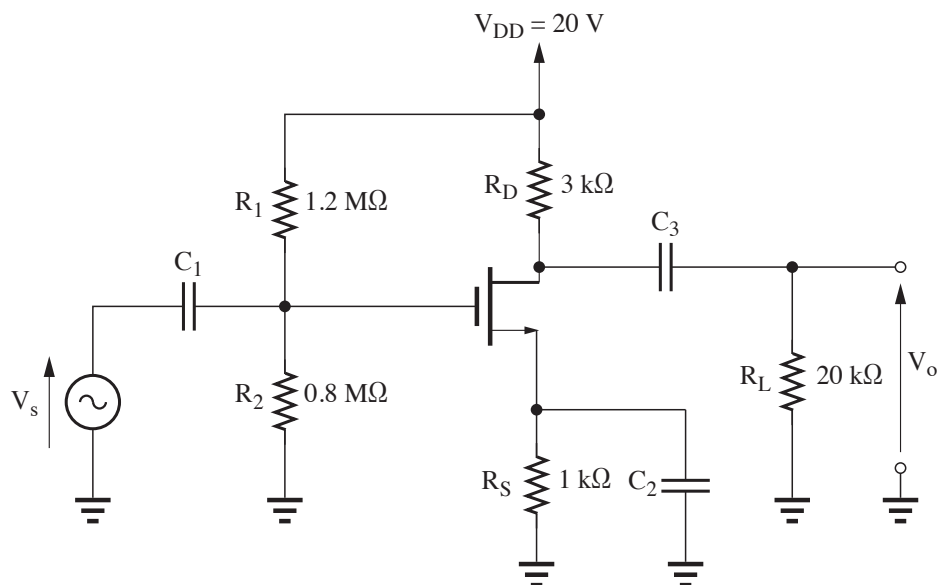
2. (3 נק') סרטטו זה מתחת לזה בהתאמה את המתחים $v_1(t)$, $v_{o1}(t)$, $v_o(t)$. ציינו בסרטוט את הערכים המרביים והערכים המזעריים של כל מתח.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר מעגל חשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית מבוססת MOSFET מסוג העשרה (Enhancement). היגבי הקבלים במעגל זניחים.

להלן נתוני ה-MOSFET:

$V_T = 3 \text{ V}$ (מתח צביטה); $k = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ (קבוע המוליכות); r_d שואף לאין סוף



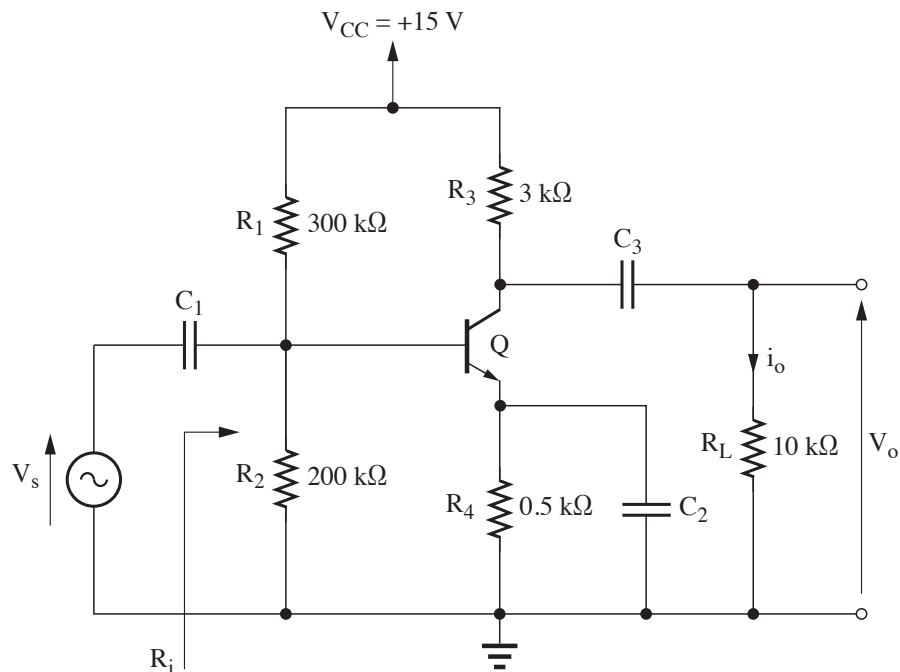
איור לשאלה 3

- א. (8 נק') חשבו את נקודת העבודה של הטרנזיסטור (V_{DS}, I_D).
- ב. (4 נק') סרטטו מעגל תמורה לאות חילופין של מעגל זה.
- ג. (8 נק') חשבו את הגבר המתח של המעגל $A_v = \frac{V_o}{V_s}$, וכתבו את ערכו גם ביחידות dB.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מעגל חשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית מבוססת טרנזיסטור דו-נושאי (Bipolar). היגבי הקבלים במעגל זניחים.

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



איור לשאלה 4

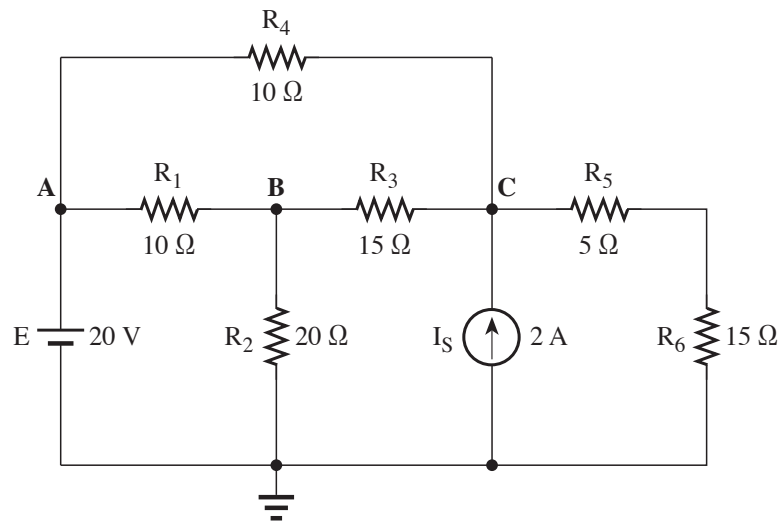
- א. (6 נק') חשבו את נקודת העבודה של הטרנזיסטור (V_{CE}, I_C).
- ב. (4 נק') סרטטו מעגל תמורה לאות חילופין של מעגל זה.
- ג. (5 נק') חשבו את הגבר המתח של המעגל $A_v = \frac{V_o}{V_s}$.
- ד. (5 נק') חשבו את התנגדות הכניסה של המעגל R_i , ואת הגבר הזרם של המעגל $A_i = \frac{i_o}{i_{in}}$.

פרק שני: תורת החשמל

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

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם ישר.

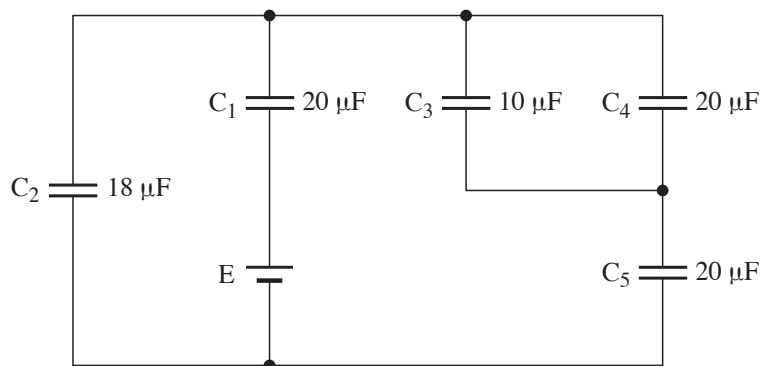


איור לשאלה 5

- א. (8 נק') חשבו את המתח בנקודות A, B, ו-C.
- ב. (4 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_1 , וציינו את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).
- ג. (4 נק') חשבו את המתח על נגד R_6 .
- ד. (4 נק') חשבו את ההספק המתפתח בנגד R_4 .

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר מעגל חשמלי. נתון כי המטען האגור בקבל C_4 שווה ל $64 \mu C$.

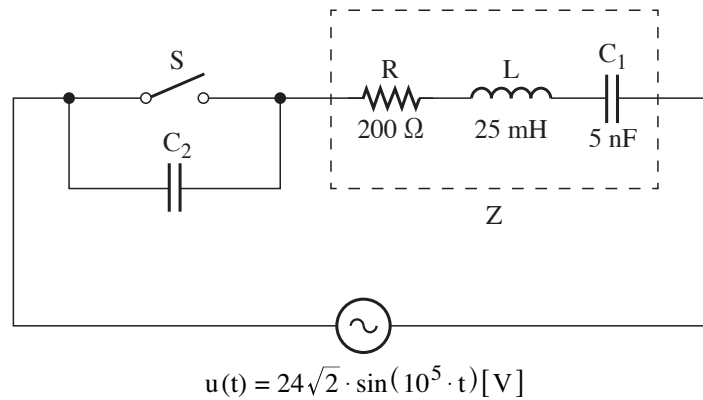


איור לשאלה 6

- א. (5 נק') חשבו את המטען האגור בקבל C_3 .
- ב. (5 נק') חשבו את המתח על קבל C_2 .
- ג. (5 נק') חשבו את הקיבול השקול, C_T .
- ד. (5 נק') חשבו את ערכו של מתח המקור E.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.



איור לשאלה 7

סוגרים את המפסק S.

(5 נק') א. חשבו את עכבת המעגל Z.

(5 נק') ב. חשבו וסרטטו את פאזורי המתחים $\bar{U}$, $\bar{U}_C$, $\bar{U}_L$, $\bar{U}_R$.

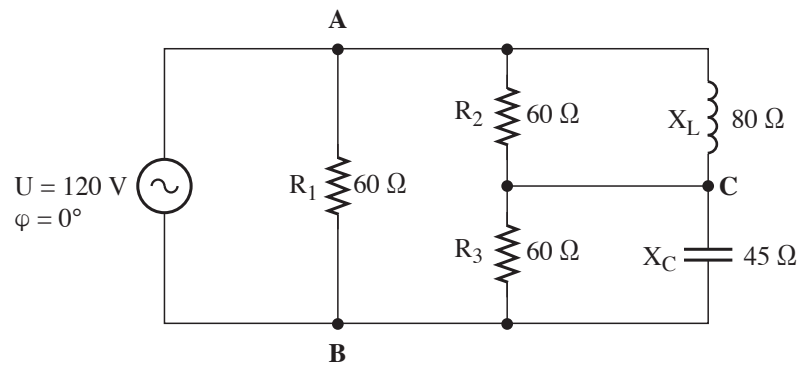
פותחים את המפסק S.

(5 נק') ג. חשבו את ערכו של הקבל C_2 הדרוש כדי שהמעגל ייכנס למצב תהודה.

(5 נק') ד. חשבו את גורם הטיב ואת רוחב הסרט של המעגל.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.



איור לשאלה 8

- א. (6 נק') חשבו את עכבת המעגל, Z_T . הציגו את התשובה כמספר מרוכב.
- ב. (8 נק') חשבו את פאזורי הזרמים $\bar{I}_{R_1}$, $\bar{I}_{R_2}$, $\bar{I}_{R_3}$.
- ג. (6 נק') חשבו את ההספק הממשי, P , את ההספק ההיגבי, Q , ואת ההספק המדומה, S , של המעגל.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

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

שאלה 9

בנספח א' לשאלה 9 מובא מאמר בשפה האנגלית.

ענו על הסעיפים הבאים בעברית, רק על פי הכתוב במאמר.

- (5 נק') א. מי מייצר את מסך התצוגה של אייפון 15 והיכן הוא מיוצר? ציינו את שם החברה ואת ארץ הייצור.
- (5 נק') ב. ציינו ארבעה שיפורים בחומרים אלקטרוניים הקשורים להתפתחויות במדעי החומרים.
- (5 נק') ג. כיצד מסייעת בינה מלאכותית המשולבת בתהליכי רכש לניהול חכם של שרשרת אספקה?
- (5 נק') ד. מהו אחד השימושים הפוטנציאליים המרגשים ביותר של בינה מלאכותית בתעשיית האלקטרוניקה?

שאלה 10

בנספח ב' לשאלה 10 מובאים דפי מפרט של רכיב אלקטרוני, בשפה האנגלית.

ענו על הסעיפים הבאים בעברית, רק על פי הכתוב בדפי המפרט.

- (5 נק') א. מהו תפקידו של הרכיב LM2596?
- (5 נק') ב. מה היתרון בשימוש בתדר מיתוג של 150 kHz?
- (5 נק') ג. מהו מתח האספקה המרבי לרכיב?
- (5 נק') ד. מהו תפקידה של רגל 4 ברכיב LM2596?

בהצלחה!

How AI is Accelerating Advancements in Electronics Manufacturing

Credit: Benedict O'Neill, Wevolver, How AI is Accelerating Advancements in Electronics Manufacturing, 21 March, 2024.

1 The electronics industry has some incredibly complex manufacturing practices and supply chains. Electronic technology evolves at a rapid pace, and products often contain dozens of components sourced from all over the world. Take the Apple iPhone 15, for example. The pocket-size device has a frame made by Chinese company Foxconn, a display made by Korean tech giant Samsung, and communications chips from U.S. companies Qualcomm and Broadcom. That's a lot of technology and a lot of logistics.

But a complex supply chain is just the tip of the iceberg. Electronics manufacturers are faced with many diverse challenges such as expanding into new markets, ensuring quality products while dealing with increasing part complexity, reacting to supply chain volatility and resiliency, and dealing with rising concerns over the carbon footprint of electronics throughout their life cycle. Safety issues and smaller forms add further challenges.

10 Current trends in electronics address some of these issues but exacerbate others. Developments in material science are resulting in advanced electronics materials that are lighter and more energy-efficient, helping reduce the carbon footprint of electronic products while heightening their performance. 2024 may even see a rise in the use of biodegradable electronics. Elsewhere, electronics 3D printing continues to show promise in terms of agile manufacturing that eases pressure on global supply chains by localising production, as well as specific applications like 3D printed flexible PCBs (Printed Circuit Boards).

Yet these new developments bring added technological complexity and create new challenges.

So where does integration of artificial intelligence (AI) come into play? AI is expected to be a major electronics industry trend in 2024 — in terms of production, supply chains, and features of products themselves. As the technology continues to evolve at a rapid pace, engineers and product designers have the opportunity to harness AI for faster and more effective ideation, rapid prototyping, and shorter time-to-market, while suppliers and OEMs (Original Equipment Manufacturers) can deploy AI for tasks like predictive maintenance and defect detection. AI can also be deployed in procurement processes for smart supply chain management, using big data to make better forecasting and buying decisions. Finally, consumers are beginning to demand improved AI features in products. For example, the next iPhone is expected to provide a revamp of the AI capabilities of its "Siri" digital assistant.

- 25 One of the most exciting potential uses of artificial intelligence in the electronics industry is the acceleration of product design and development. Engineers and product designers can use AI tools to expedite idea generation and iteration, visualize and develop those ideas, automatically generate Design for Manufacturability (DfM) feedback, initiate and oversee rapid prototyping, and ultimately reduce the time-to-market for cutting-edge products.
- AI can be implemented at the earliest stages of product development. For example, during market research, companies
- 30 can use AI tools like Appen and Speak to turn data into consumer insights, helping them identify market opportunities. Some of the biggest limitations on this kind of AI use is limited or noisy data, but the electronics industry — particularly consumer electronics — can potentially provide vast datasets due to the large number of end-users.

3.0 A, Step-Down Switching Regulator

LM2596

The LM2596 regulator is monolithic integrated circuit ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regulator (buck converter). It is capable of driving a 3.0 A load with excellent line and load regulation. This device is available in adjustable output version and it is internally compensated to minimize the number of external components to simplify the power supply design.

Since LM2596 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal linear regulators, especially with higher input voltages.

The LM2596 operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and D²PAK surface mount package.

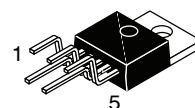
The other features include a guaranteed $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 15\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 80 μA (typical) standby current. Self protection features include switch cycle-by-cycle current limit for the output switch, as well as thermal shutdown for complete protection under fault conditions.

Features

- Adjustable Output Voltage Range 1.23 V – 37 V
- Guaranteed 3.0 A Output Load Current
- Wide Input Voltage Range up to 40 V
- 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, typ 80 μA
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Internal Loop Compensation
- Moisture Sensitivity Level (MSL) Equals 1
- These Devices are Pb-Free

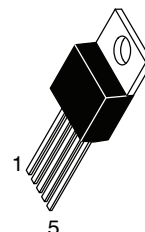
Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter (Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers



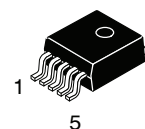
TO-220
TV SUFFIX
CASE 314B

Heatsink surface connected to Pin 3



TO-220
T SUFFIX
CASE 314D

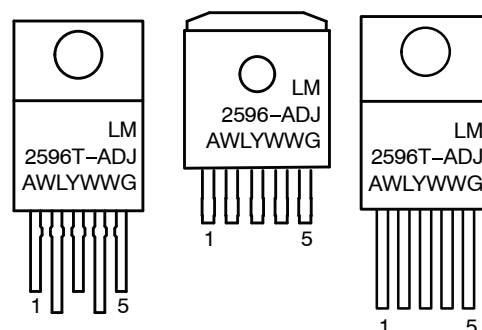
- Pin
1. V_{in}
 2. Output
 3. Ground
 4. Feedback
 5. $\overline{\text{ON/OFF}}$



D²PAK
D2T SUFFIX
CASE 936A

Heatsink surface (shown as terminal 6 in case outline drawing) is connected to Pin 3

MARKING DIAGRAMS



- A = Assembly Location
WL = Wafer Lot
Y = Year
WW = Work Week
G = Pb-Free Package

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 23 of this data sheet.

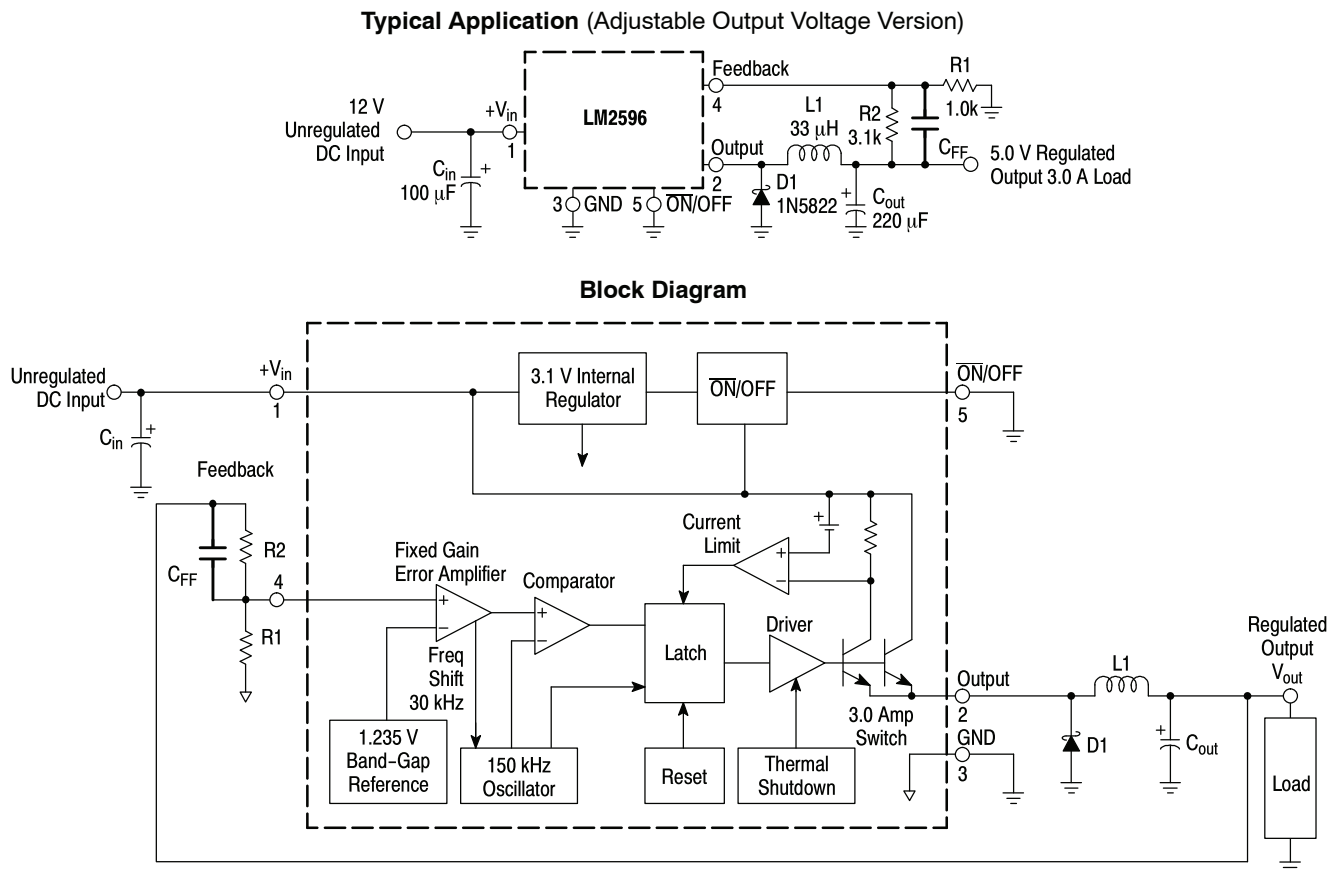


Figure 1. Typical Application and Internal Block Diagram

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Supply Voltage	V_{in}	45	V
ON/OFF Pin Input Voltage	–	$-0.3 \text{ V} \leq V \leq +V_{in}$	V
Output Voltage to Ground (Steady-State)	–	-1.0	V
Power Dissipation			
Case 314B and 314D (TO-220, 5-Lead)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Case 936A (D ² PAK)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	70	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Minimum ESD Rating (Human Body Model: $C = 100 \text{ pF}$, $R = 1.5 \text{ k}\Omega$)	–	2.0	kV
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	–	260	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction Temperature	T_J	150	$^{\circ}\text{C}$

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

PIN FUNCTION DESCRIPTION

Pin	Symbol	Description (Refer to Figure 1)
1	V_{in}	This pin is the positive input supply for the LM2596 step-down switching regulator. In order to minimize voltage transients and to supply the switching currents needed by the regulator, a suitable input bypass capacitor must be present (C_{in} in Figure 1).
2	Output	This is the emitter of the internal switch. The saturation voltage V_{sat} of this output switch is typically 1.5 V. It should be kept in mind that the PCB area connected to this pin should be kept to a minimum in order to minimize coupling to sensitive circuitry.
3	GND	Circuit ground pin. See the information about the printed circuit board layout.
4	Feedback	This pin is the direct input of the error amplifier and the resistor network R2, R1 is connected externally to allow programming of the output voltage.
5	$\overline{ON/OFF}$	It allows the switching regulator circuit to be shut down using logic level signals, thus dropping the total input supply current to approximately 80 μA . The threshold voltage is typically 1.6 V. Applying a voltage above this value (up to $+V_{in}$) shuts the regulator off. If the voltage applied to this pin is lower than 1.6 V or if this pin is left open, the regulator will be in the "on" condition.

OPERATING RATINGS (Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Operating Junction Temperature Range	T_J	-40 to +125	$^{\circ}C$
Supply Voltage	V_{in}	4.5 to 40	V

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]

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

מקדם –

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

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

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

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

זרם קולט — $I_C [A]$

זרם פולט — $I_E [A]$

זרם בסיס — $I_B [A]$

β — הגבר הזרם

$$I_C = \beta I_B$$

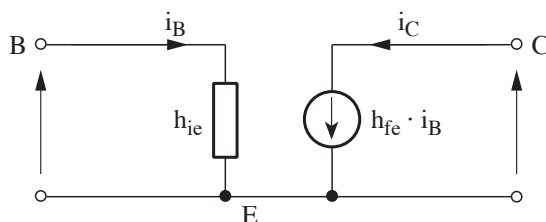
$$I_E = I_C + I_B$$

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

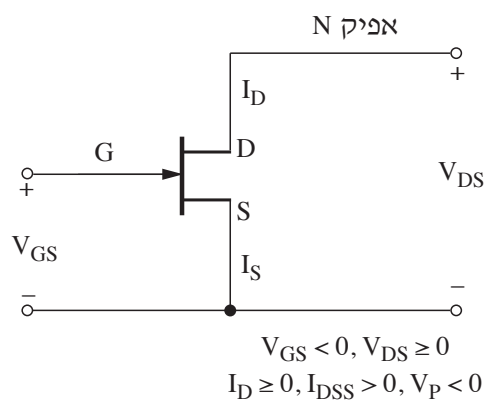
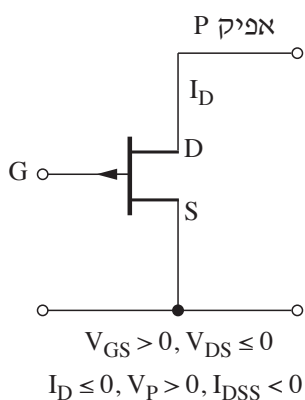
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

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

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



טרנזיסטור JFET (Junction Field Effect Transistor)



תחום רוויה מתאים לאפיק P ולאפיק N

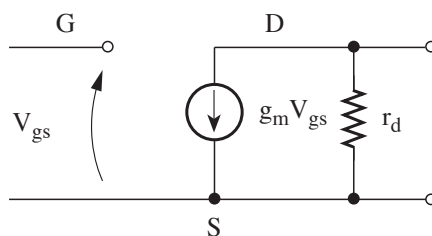
תנאי לרוויה: $|V_{GS}| < |V_P|$, $|V_{DS}| > |V_P| - |V_{GS}|$

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	-	$r_d [\Omega]$	

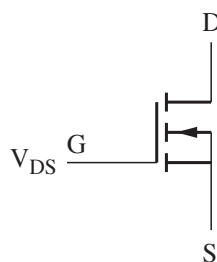
$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

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

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 $k \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \right]$ –

תנאי הרוויה:

I_D [mA]

$$V_{GS} > V_T$$

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

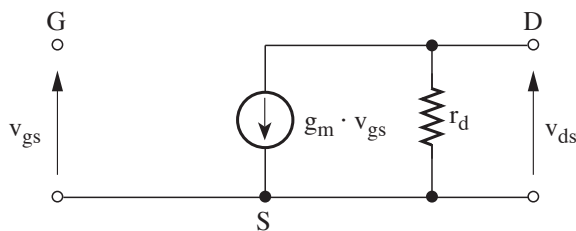
הערה: מעגל התמורה לאות חילופין של טרנזיסטור MOSFET זהה לזה של טרנזיסטור JFET.

מוליכות מעבר $(1/\Omega) g_m$ –

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

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 – $R [\Omega]$

הספק על העומס – $P [W]$

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

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

מתח גליות (אדווה) – $\Delta V [V]$

מתח מרבי במוצא – $V_{o_{max}} [V]$

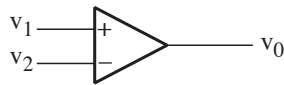
$$\Delta V \approx \frac{V_{o_{max}}}{2 \cdot R \cdot C \cdot f}$$

תדר מתח הכניסה – $f [Hz]$

התנגדות העומס – $R [\Omega]$

קיבול קבל הסינון – $C [F]$

מגברי הפרש



- מתח מבוא - V_1 [V]
- מתח הפרשי במבוא - V_d [V]
- מתח משותף במבוא - V_c [V]

$$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$$

$$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$$

$$V_d = V_1 - V_2$$

$$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$A_1 = \left. \frac{V_o}{V_1} \right|_{V_2 = 0}$$

$$A_2 = \left. \frac{V_o}{V_2} \right|_{V_1 = 0}$$

$$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$$

$$A_c = A_1 + A_2$$

$$A_c = 0$$

- הגבר הפרשי - A_d
- הגבר האות המשותף - A_c

- CMRR - יחס דחיית האות המשותף

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

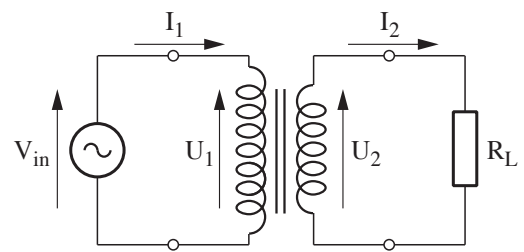
$$A_d = \left. \frac{V_o}{V_d} \right|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_1}$$

$$A_c = \left. \frac{V_o}{V_c} \right|_{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_1}$$

שנאי חד-מופעי אידיאלי

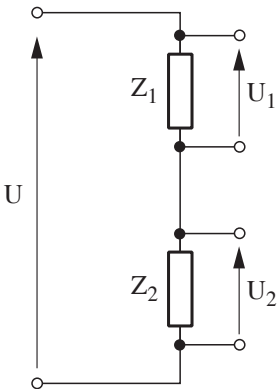
$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

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

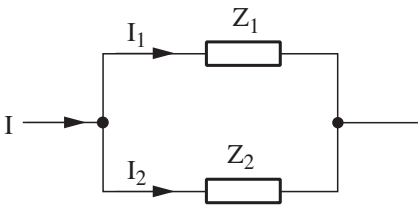
$$U_1 = U \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

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

כלל מחלק הזרם

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

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

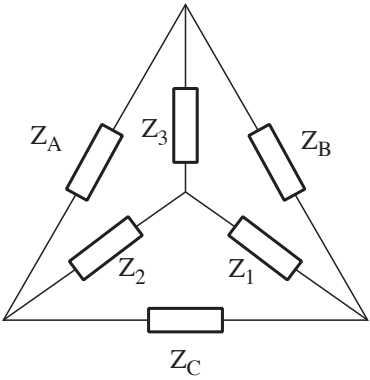


המרת עכבות מחיבור כוכב למשולש

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

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

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

$$\epsilon = \epsilon_o \cdot \epsilon_r$$

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

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

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

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

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

קבוע דיאלקטרי של החומר	-	ϵ	[F / m]
קבוע דיאלקטרי של הריק	-	ϵ_o	[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]

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]
זמן המחזור	-	T	[sec]
תדירות זוויתית	-	ω	[rad / sec]
תדירות	-	f	[Hz]
היגב השראותי	-	X_L	[Ω]
היגב קיבולי	-	X_C	[Ω]

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

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

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

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

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

$$\omega = 2\pi f$$

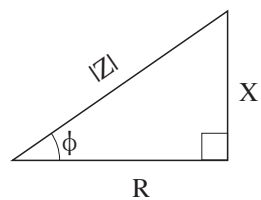
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$X_L = \omega L$$

משולש העכבות

- התנגדות המעגל - R $[\Omega]$
 היגב המעגל - X $[\Omega]$
 עכבת המעגל - Z $[\Omega]$

$$Z = R \pm jX$$



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

$$\sin \phi = \frac{X}{|Z|}$$

$$\cos \phi = \frac{R}{|Z|}$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{X}{R}$$

הספקים בזרם חילופין

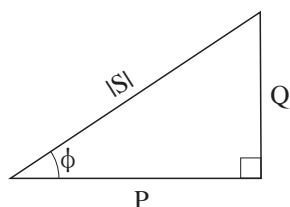
הספק פעיל	-	P	[W]
הערך המוחלט של הזרם בנגד	-	$ I_R $	[A]
הערך המוחלט של המתח על הנגד	-	$ U_R $	[V]
הספק היגבי	-	Q	[VA _r]
הערך המוחלט של זרם ההיגב	-	$ I_X $	[A]
הערך המוחלט של מתח ההיגב	-	$ U_X $	[V]
הספק מדומה	-	S	[VA]
הערך המוחלט של זרם העכבה	-	$ I_Z $	[A]
הערך המוחלט של מתח העכבה	-	$ U_Z $	[V]
הצמוד 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 ה': מילון מונחים
לשאלון 711001, אביב תשפ"ו

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
inductive	Индуктивное	مَحَاثِّي	השראותי
characteristic resistance	Характерное сопротивление	المُقاوَمَةُ المُمَيَّزَة	התנגדות אופיינית
operational amplifier	Оперативный усилитель	مُضَخِّم تشغيلي	מגבר שרת
filter	Фильтр	مصفاة	מסנן
current source	Источник тока	مَصْدَر تيار	מקור זרם
power source	Источник напряжения	مَصْدَر 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