

- נספחים:  
א. נספח לשאלה 9  
ב. נספח לשאלה 10  
ג. נוסחאון בתורת החשמל  
לכיתה י"ג  
ד. נוסחאון באלקטרוניקה א'  
לכיתה י"ג  
ה. נוסחאון במערכות ספרתיות  
לכיתה י"ג  
ו. מילון מונחים

## חשמל ואלקטרוניקה ט'

מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה (כיתה י"ג)

## הוראות לנבחנים

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה עשר שאלות. עליכם לענות על חמש שאלות בלבד.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, מילונית, וכן כל חומר הכתוב (בכתב יד או בהדפסה) על שלושה דפי A4, 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 וסרטטו את התרשימים בבהירות.
  - כתבו את התשובות בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
  - בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתם רשאים להוסיף אותם, בתנאי שתנמקו מדוע הוספתם אותם.
  - בכתיבת הפתרונות החשובים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, 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 החשובי בהסבר קצר.
  - בנספח ו' לשאלון מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.
  - צרפו את שלושת דפי ה-A4 (חומר העזר שהשתמשתם בו) 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 9 עמודים ו-27 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

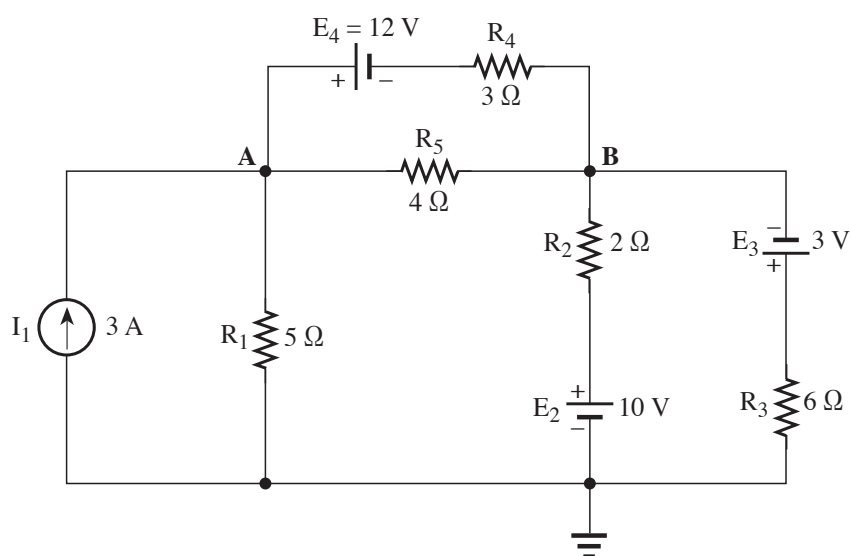
## השאלות

בשאלון זה עשר שאלות. עליכם לענות על חמש שאלות מן השאלות 1–10 (לכל שאלה – 20 נקודות).

### תורת החשמל

#### שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מעגל זרם ישר.

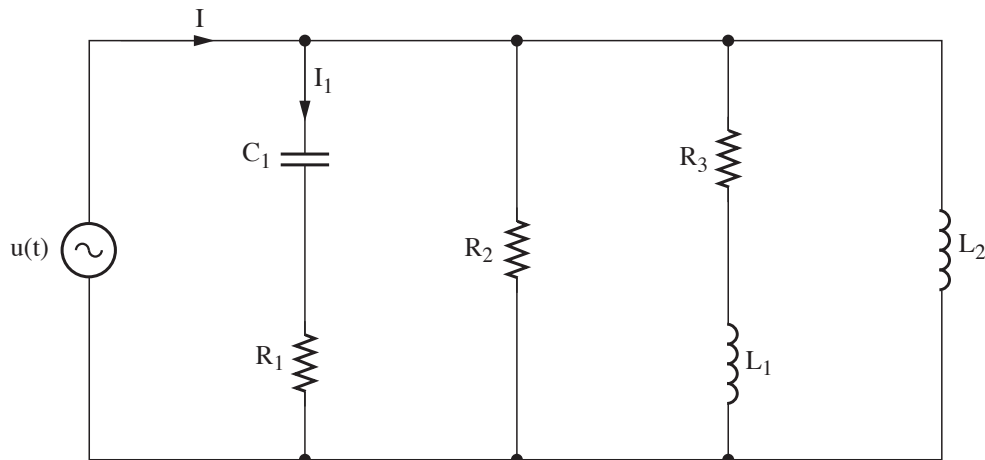


איור לשאלה 1

- א. (8 נק') כתבו מערכת משוואות לחישוב המתח בכל אחת מהנקודות A ו-B ביחס לאדמה ( $V_A$  ו- $V_B$ ), בהתבסס על שיטת מתחי הצמתים.
- ב. (6 נק') חשבו את המתחים  $V_A$  ו- $V_B$ .
- ג. (6 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד  $R_4$  וציינו את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).

## שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין.



איור לשאלה 2

נתונים:

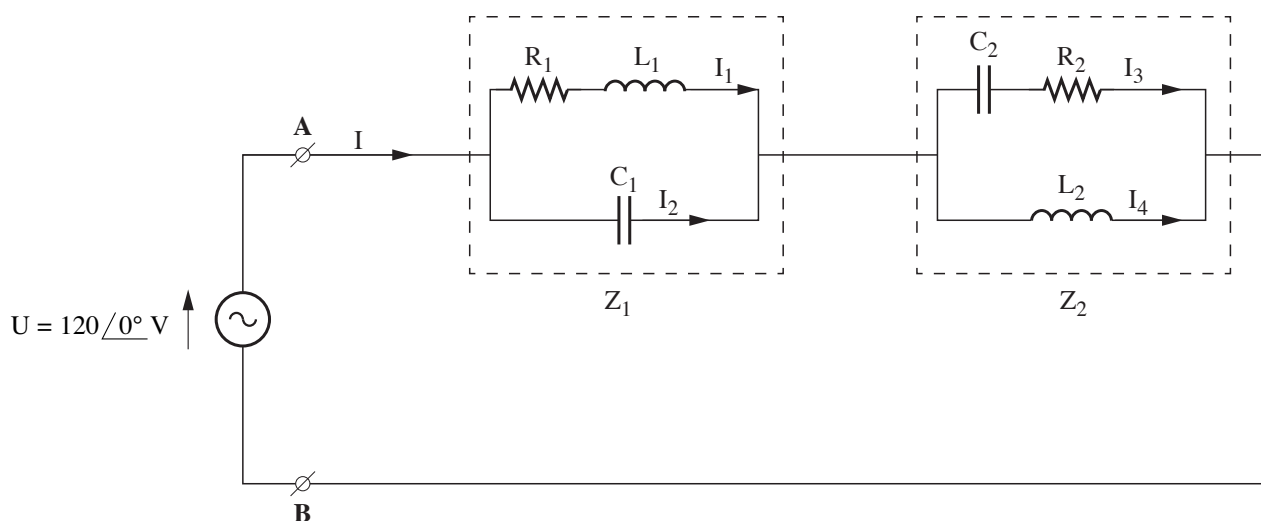
$$u(t) = 100 \sin(1000t + 50^\circ) [V]$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 20 \, \Omega & L_1 &= 5 \, \text{mH} \\ R_2 &= 30 \, \Omega & L_2 &= 10 \, \text{mH} \\ R_3 &= 10 \, \Omega & C_1 &= 100 \, \text{nF} \end{aligned}$$

- א. 1. חשבו את המתירות  $(Y = \frac{1}{Z})$  של כל ענף. כתבו את התשובה בהצגה מרוכבת. (8 נק')
2. חשבו את המתירות השקולה של המעגל. כתבו את התשובה בהצגה מרוכבת.
- ב. חשבו את הזרם הזורם בכל ענף ואת הזרם השקול של המעגל. כתבו את התשובות בהצגה מרוכבת. (6 נק')
- ג. משנים את התדר הזוויתי של מקור המתח ל-  $500 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ . האם הזרם  $I_1$  יקטן, יגדל או לא ישתנה? נמקו את התשובה ללא חישוב. (6 נק')

### שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר מעגל חשמלי הפועל בזרם חילופין. התדר של מקור המתח  $U$  הוא  $f = 60 \text{ Hz}$ .



### איור לשאלה 3

נתוני המעגל הם:

$$R_1 = 20 \, \Omega$$

$$R_2 = 40 \, \Omega$$

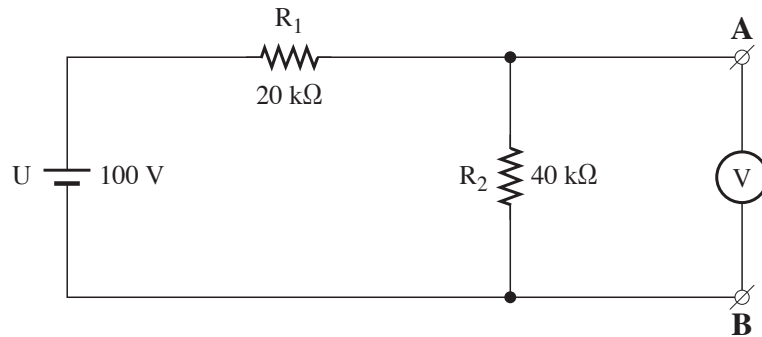
$$|X_{L_1}| = |X_{C_1}| = 10 \, \Omega$$

$$|X_{L_2}| = |X_{C_2}| = 30 \, \Omega$$

- א. (5 נק') חשבו את הקיבול של הקבל  $C_1$  ואת ההשראות של הסליל  $L_2$ .
- ב. (5 נק') חשבו את העכבה השקולה של המעגל בין הנקודות A ו-B.
- ג. (5 נק') חשבו את הזרם הכולל במעגל,  $I$ , וקבעו את אופי המעגל (קיבולי או השראי). הציגו את התשובה בצורה מרוכבת.
- ד. (5 נק') חשבו את הזרמים  $I_1$  ו- $I_2$ . הציגו את התשובה בצורה מרוכבת.

#### שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מעגל חשמלי. במעגל זה, מודדים את המתח על הנגד  $R_2$  באמצעות מד-מתח המחובר בין הנקודות A ו-B.



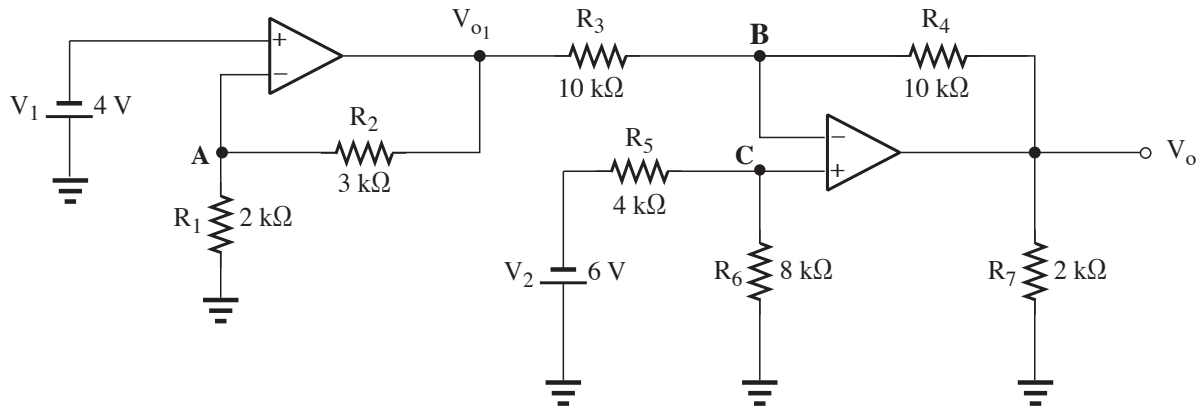
איור לשאלה 4

- א. (6 נק') מד המתח מנותק. חשבו את המתח על הנגד  $R_2$ .
- ב. (6 נק') נתון כי התנגדותו הפנימית של מד-המתח היא  $40 \text{ k}\Omega$ . חשבו את המתח הנמדד על הנגד  $R_2$ .
- ג. (6 נק') נתון כי התנגדותו הפנימית של מד-המתח היא  $1 \text{ M}\Omega$ . חשבו את המתח הנמדד על הנגד  $R_2$ .
- ד. (2 נק') הסבירו מהי שגיאה מוחלטת ומהי שגיאה יחסית.

## אלקטרוניקה א' ומערכות ספרתיות

### שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי.

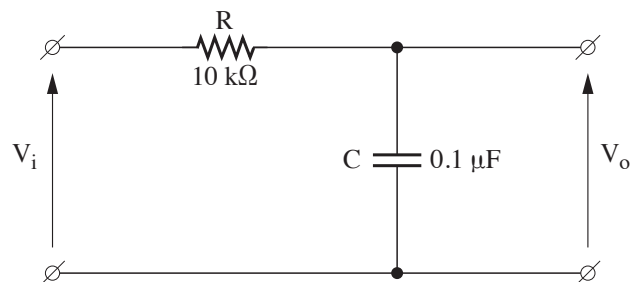


### איור לשאלה 5

- א. (7 נק') חשבו את המתחים  $V_A$  ו- $V_B$ .
- ב. (7 נק') חשבו את המתחים  $V_{o1}$  ו- $V_o$ .
- ג. (6 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגדים  $R_3$ ,  $R_5$  ו- $R_7$ .

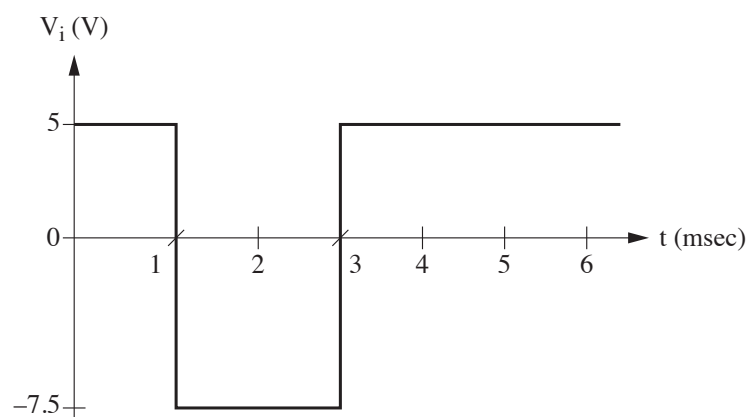
## שאלה 6

באיור א' לשאלה 6 מתוארת רשת חשמלית.  
בזמן  $t = 0$  המתח על הקבל הוא  $V_C(0) = 5 \text{ V}$ .



איור א' לשאלה 6

למבוא הרשת מספקים את האות המתואר באיור ב' לשאלה.



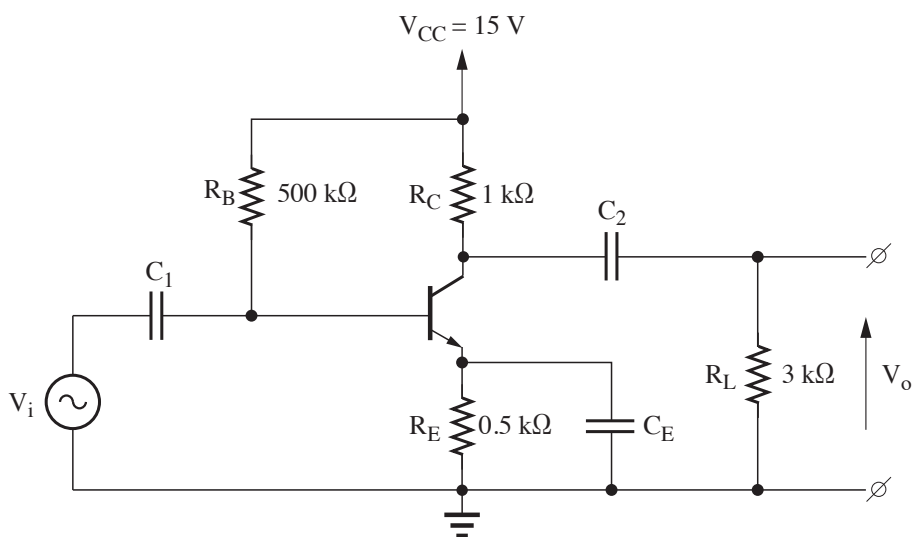
איור ב' לשאלה 6

- א. (6 נק') זהו את סוג הרשת וחשבו את קבוע הזמן.
- ב. (6 נק') העתיקו למחברת את מתח המבוא,  $V_i$ , וסרטטו מתחתיו בהתאמה את אות המוצא,  $V_o$ , כפונקצייה של הזמן.
- ג. (8 נק') חשבו את מתח המוצא בזמנים:
1.  $t = 3 \text{ msec}$
  2.  $t = 4 \text{ msec}$

## שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר מעגל המשמש כמגבר מתח.

נתונים:  $\beta = h_{fe} = 100$  ,  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  ,  $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$  ,  $V_{CC} = 15 \text{ V}$



איור לשאלה 7

- א. (7 נק') חשבו את נקודת העבודה של הטרנזיסטור:  $I_C$  ו-  $V_{CE}$ .
- ב. (7 נק') סרטטו מעגל תמורה לאות חילופין. הציגו על גבי הסרטוט את הנתונים של המעגל.
- ג. (6 נק') חשבו את הגבר המתח  $A_V = \frac{V_o}{V_i}$ .

## שאלה 8

נתונה הפונקצייה:  $f(A, B, C) = \bar{A} \bar{B} C + \bar{A} \bar{C} + \bar{A} B \bar{C}$

- א. (7 נק') חשבו את הערך של הפונקצייה  $f$  כאשר נתון:  $A = '0'$  ,  $B = '0'$  ,  $C = '1'$ .
- ב. (7 נק') פשטו את הפונקצייה  $f$  הנתונה ובטאו אותה במינימום ליטרלים.
- ג. (6 נק') ממשו את הפונקצייה  $f$  המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

## אנגלית טכנית

### שאלה 9

בנספח א' לשאלה 9 מובא קטע ממאמר בשפה האנגלית. השורות בקטע ממוספרות.

כתבו את התשובות לסעיפים א'–ד' בעברית, רק על־פי הכתוב בקטע. ציינו את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססתם בתשובה לכל סעיף.

(5 נק') א. כיצד מתקבלת אנרגייה סולרית?

(5 נק') ב. ציינו שני יתרונות כלכליים שקשורים באנרגייה סולרית.

(5 נק') ג. כיצד האנרגייה הסולרית יכולה לעזור לסביבה?

(5 נק') ד. ציינו שני חסרונות של האנרגייה הסולרית.

### שאלה 10

בנספח ב' לשאלה 10 מובא קטע ממאמר בשפה האנגלית. השורות בקטע ממוספרות.

כתבו את התשובות לסעיפים א'–ד' בעברית, רק על־פי הכתוב בקטע. ציינו את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססתם בתשובה לכל סעיף.

(5 נק') א. תארו כיצד פועל הבית החכם.

(5 נק') ב. ציינו שלושה התקנים שיש בבית חכם.

(5 נק') ג. כיצד פועל המנעול החכם?

(5 נק') ד. ציינו שלושה דברים הנשלטים באמצעות המפסקים החכמים, וציינו שלושה יתרונות בשימוש בהם.

### בהצלחה!

## Solar Energy - Pros and Cons

The article is taken from: <https://www.pcmag.com/pics>

- 1 When considering home energy options, it is important to understand how solar energy works. When sunlight hits a solar panel, a photovoltaic cell turns that light into direct current (DC) electricity. An inverter then converts it to alternating current (AC), which is what most devices in your home use.

### Advantages of Solar Energy

- 5 The more we can capture the benefits of solar energy, the less we will rely on fossil fuels. Adding a solar energy system to your home allows you to tap into these solar energy advantages:
1. Solar energy is a renewable energy source and reduces carbon emissions.
  2. Solar energy can reduce your home's electricity bill.
  3. Solar power can get you money back through Solar Renewable Energy Credits.
  - 10 4. Homes with solar panels installed may improve home value - increase a home's resale value.
  5. Solar panels have low maintenance costs - average lifespan of 25 years.
  6. Solar energy can generate electricity in any climate.

### Disadvantages of Solar Energy

1. The high initial costs of installing panels - The initial cost to buy and install the equipment is not cheap.
  - 15 2. Solar energy storage is expensive. Batteries are one of the more expensive components of your system.
  3. Solar doesn't work for every roof type.
- If your roof doesn't face the sun, you won't be able to capture enough solar energy.
4. Solar panels are dependent on sunlight.

- It's obvious that solar panels need sunlight to generate electricity. They won't produce electricity at night when you need it for light, and they can be inefficient during storms and gloomy days.
- 20

## Smart Home

The article is taken from  
<https://www.pcmag.com/picks/the-best-smart-home-devices>

- 1 These days, there is a smart version of almost every home device you can think of. In general, these products connect to the internet, so you can control them from your phone through a companion app. Most also work with various forms of voice control. What follows is a rundown of the best smart devices we've tested for every area of the house.
- Some of the most useful connected home gadgets reside in the front yard, starting with **outdoor security cameras**.
- 5 Our top pick overall for monitoring your home from your phone is the **TP-Link Tapo C120**. This high-resolution, weather-resistant security camera not only captures motion-triggered video, but also sends free intelligent alerts that differentiate between people, pets, vehicles, and other motion events.
- For those times you want to check whether it's a delivery person or an unwanted solicitor knocking on your door,
- 10 a **video doorbell** will let you see who's there without getting up from the couch. Beyond this convenience, video doorbells can serve as the first line of defense against property theft, home invasion, and porch pirates. They not only let you see and speak with the person outside, but they record footage of visitors that approach your door while you're away or unable to answer.
- Another piece of technology you might want on your front door is a **smart lock**. Arguably the most important part of
- 15 a truly connected home, these devices offer both security and convenience, letting you come and go as you please, and monitor who is entering and leaving your home while you are away. Our current favorite is a dependable and versatile smart lock that lets you lock and unlock your door with your voice and fingerprint, as well as via keypad, mobile app, or traditional key.
- For the highest level of protection, consider a professionally monitored **smart home security system**. One of our
- 20 top picks, **ADT Command**, is a hefty investment, but it offers virtually everything you need for maximum protection. Compared with **Vivint**, another Editors' Choice winner, ADT is a bit more expensive but offers superior customer service.
- SwitchBee is an innovative advanced and comprehensive **smart home system** that is quick and easy to install. Its
- 25 Smart Home Solution offers a solution for lights, shutters, A/C's, VRF systems, irrigation, presence sensors, smoke detectors and more. Control of the smart home is done through a simple and user friendly App. It enables automation through timers, sensors, as well as unique customizable scenarios. Use our decorative touch smart switches that replace the old outdated switches improving the appearance of your home. This system can be installed quickly, without the need to rewire your house using basic tools.

אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

## נוסחאון בתורת החשמל לכיתה י"ג

(8 עמודים)

(הגדלים בנוסחאון נתונים ביחידות SI)

### 1. זרם ישר

התנגדות ומוליכות

|                    |   |   |                                                            |
|--------------------|---|---|------------------------------------------------------------|
| התנגדות            | - | R | [Ω]                                                        |
| התנגדות סגולית     | - | ρ | $\left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$ |
| אורך המוליך        | - | ℓ | [m]                                                        |
| שטח החתך של המוליך | - | A | [mm <sup>2</sup> ]                                         |
| מוליכות            | - | G | [S]                                                        |

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

זרם חשמלי

|             |   |   |                        |
|-------------|---|---|------------------------|
| זרם         | - | I | [A]                    |
| מטען        | - | Q | [C]                    |
| זמן         | - | t | [sec]                  |
| צפיפות הזרם | - | J | [A / mm <sup>2</sup> ] |
| שטח החתך    | - | A | [mm <sup>2</sup> ]     |

אנרגייה בזרם ישר

|         |   |   |                |
|---------|---|---|----------------|
| אנרגייה | - | W | [W · sec או J] |
| זמן     | - | t | [sec]          |
| הספק    | - | P | [W]            |

כא"מ של מקור מתח

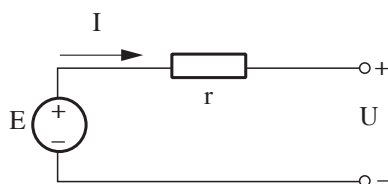
|                |   |   |     |
|----------------|---|---|-----|
| כא"מ           | - | E | [V] |
| מתח ההדקים     | - | U | [V] |
| התנגדות פנימית | - | r | [Ω] |
| זרם            | - | I | [A] |

## מקור זרם

$$I_s = I + G \cdot U$$

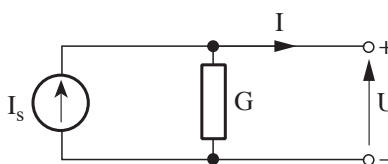
$I_s$  [A] - זרם המקור

$G$  [S] - מוליכות פנימית של מקור זרם



## 2. פתרון מעגלים באמצעות משפטי רשת

### המרה מנורטון לתבנית ומתבנית לנורטון



העברת הספק מקסימלי לעומס אומי

$$P_{Lmax} = \frac{E_{th}^2}{4 \cdot R_{th}} \quad \text{עבור מעגל תבנין}$$

$$P_{Lmax} = \frac{I_N^2 \cdot R_N}{4} \quad \text{עבור מעגל נורטון}$$

נוסחת מילמן לרשת בעלת שני צמתים בלבד

- $V_{ab}$  [V] – המתח בין הצמתים a ו-b
- $R$  [ $\Omega$ ] – התנגדויות ענפים מקביליים
- $I_s$  [A] – מקורות זרם בענפים
- $V_s$  [V] – מקורות מתח בענפים

**3.** מגנטיות ואלקטרומגנטיות

כוח מגנטו-מניע

- $F_m$  [AT] – כוח מגנטו-מניע
- $N$  – מספר כריכות

$$F_m = N \cdot I = H \cdot \ell$$

חוק אמפר

- $H$  [AT/m] – עוצמת השדה המגנטי במעגל מגנטי

$$\sum NI = \sum H\ell$$

- $\ell$  [m] – אורך המסלול המגנטי

- $H$  [A / m] – עוצמת השדה המגנטי במרחק r ממוליך

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

- $r$  [m] – מרחק מהמוליך

- $B$   $\left[ \frac{Wb}{m^2} \right]$  – שדה מגנטי (השראה מגנטית) של מוליך נושא זרם I במרחק r מהמוליך

$$B = \mu H$$

|                                                        |   |         |                                 |                                            |
|--------------------------------------------------------|---|---------|---------------------------------|--------------------------------------------|
| חדירות (חלחלות)                                        | - | $\mu$   | $\left[ \frac{H}{m} \right]$    | $\mu = \mu_o \cdot \mu_r$                  |
| חדירות (חלחלות) יחסית                                  | - | $\mu_r$ |                                 | $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$               |
| חדירות (חלחלות) האוויר                                 | - | $\mu_o$ | $\left[ \frac{H}{m} \right]$    |                                            |
| אורך המסלול המגנטי                                     | - | $\ell$  | [m]                             | $R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{A}$ |
| שטף מגנטי                                              | - | $\phi$  | [Wb או V · sec]                 | $B = \frac{\Phi}{A}$                       |
| מיאון מגנטי (התנגדות מגנטית)                           | - | $R_m$   | $\left[ \frac{AT}{Wb} \right]$  |                                            |
| שדה מגנטי (השראה מגנטית) במרכז סליל אורך שאורכו $\ell$ | - | $B$     | $\left[ \frac{Wb}{m^2} \right]$ | $\Phi = \frac{NI}{R_m}$                    |
| שטח חתך                                                | - | $A$     | [m <sup>2</sup> ]               |                                            |

כוח המופעל על מוליך נושא זרם/מטען נע

|                                                            |   |          |           |                                              |
|------------------------------------------------------------|---|----------|-----------|----------------------------------------------|
| מהירות קווית                                               | - | $v$      | [m / sec] |                                              |
| מטען                                                       | - | $q$      | [C]       | $F = B \cdot q \cdot v \cdot \sin \alpha$    |
| זרם העובר במוליך                                           | - | $I$      | [A]       | $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$ |
| אורך המוליך                                                | - | $\ell$   | [m]       |                                              |
| הזווית בין כיוון תנועת המטען/<br>כיוון הזרם לבין קווי השדה | - | $\alpha$ | [° , rad] |                                              |

כוח הפועל בין שני מוליכים נושאי זרם

|                    |   |     |     |                                                   |
|--------------------|---|-----|-----|---------------------------------------------------|
| המרחק בין המוליכים | - | $d$ | [m] | $F = \frac{\mu \ell}{2\pi d} \cdot I_1 \cdot I_2$ |
| כוח                | - | $F$ | [N] |                                                   |

|                       |   |    |                |
|-----------------------|---|----|----------------|
| כא"מ מושרה            | - | E  | [V]            |
| מספר כריכות הסליל     | - | N  |                |
| השראות עצמית של הסליל | - | L  | [H]            |
| השראות הדדית          | - | M* | [H]            |
| מקדם הצימוד           | - | k  |                |
| האנרגייה האגורה בסליל | - | W  | [W · sec או J] |

|                                               |   |          |                   |                                                              |
|-----------------------------------------------|---|----------|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| מומנט הפועל על הכריכה                         | - | M        | [N · m]           | $M = B \cdot A \cdot I \cdot \sin \theta$                    |
| שטח פני הכריכה                                | - | A        | [m <sup>2</sup> ] |                                                              |
| הזווית בין הניצב למישור הכריכה לבין קווי השדה | - | $\theta$ | [° , rad]         | $M = \Phi \cdot I \cdot \sin \theta$                         |
| מהירות זוויתית                                | - | $\omega$ | [rad / sec]       |                                                              |
| מהירות קווית                                  | - | v        | [m / sec]         | $E_{\max} = B \cdot A \cdot \omega$                          |
| רדיוס הכריכה                                  | - | R        | [m]               |                                                              |
| מהירות סיבוב                                  | - | n        | [rpm]             | $\omega = \frac{v}{R}$                                       |
|                                               |   |          |                   | $\omega = \frac{\theta}{t} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$ |

#### 4. זרם חילופין סינוסואידלי

|                               |   |                         |
|-------------------------------|---|-------------------------|
| ערך רגעי של הזרם              | - | $i(t)$ [A]              |
| ערך מרבי של הזרם - תנופת הזרם | - | $I_{\max}$ [A]          |
| זווית מופע                    | - | $\alpha$ [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]    |
| זמן המחזור                    | - | $T$ [sec]               |
| תדירות זוויתית                | - | $\omega$ [rad / sec]    |
| תדירות                        | - | $f$ [Hz , cycles / sec] |
| היגב השראותי                  | - | $X_L$ [ $\Omega$ ]      |
| היגב קיבולי                   | - | $X_C$ [ $\Omega$ ]      |

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

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

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

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

$$\omega = 2\pi f \quad T = \frac{1}{f}$$

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

#### 5. הספקים

|                        |   |                               |
|------------------------|---|-------------------------------|
| הספק פעיל              | - | $P$ [W]                       |
| הספק מדומה             | - | $S$ [VA]                      |
| הספק היגבי             | - | $Q$ [VAr]                     |
| זווית מופע             | - | $\varphi$ [ $^\circ$ , rad]   |
| קיבול                  | - | $C$ [F]                       |
| זווית מופע אחרי השיפור | - | $\varphi_2$ [ $^\circ$ , rad] |
| זווית מופע לפני השיפור | - | $\varphi_1$ [ $^\circ$ , rad] |

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q}{P} \quad P = S \cos \varphi$$

$$S = P \pm jQ \quad Q = S \sin \varphi$$

#### שיפור מקדם ההספק

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_2)$$

6. רשתות תלת-מופעיות

כוכב סימטרי

- $I_L$  [A] - זרם קווי
- $I_{ph}$  [A] - זרם מופעי
- $U_L$  [V] - מתח שלוב (קווי)
- $U_{ph}$  [V] - מתח מופעי

$$I_L = I_{ph}$$

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_{ph}$$

משולש סימטרי

$$U_L = U_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$$

הספק תלת-מופעי

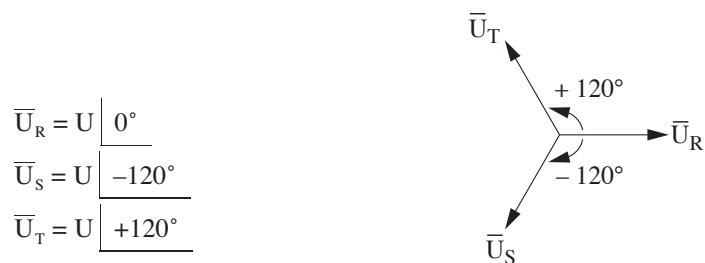
- $S$  [VA] - הספק מדומה תלת-מופעי
- $P$  [W] - הספק פעיל תלת-מופעי
- $Q$  [VAr] - הספק היגבי תלת-מופעי

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi$$

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

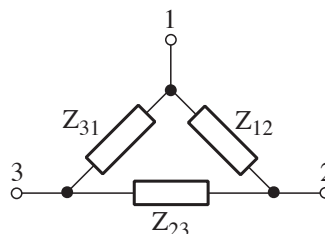
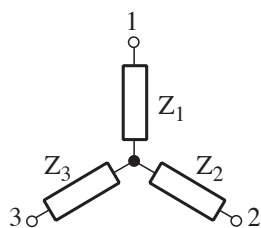


7. המרה כוכב-משולש

$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

$$Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad Z_{23} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_1}$$

$$Z_3 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad Z_{31} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_2}$$



8. תופעות מעבר

|                                         |   |               |       |
|-----------------------------------------|---|---------------|-------|
| מתח המוצא על הקבל                       | - | $v_C(t)$      | [V]   |
| מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$ ) | - | $V_{C\infty}$ | [V]   |
| מתח התחלתי על הקבל                      | - | $V_{C0}$      | [V]   |
| זמן                                     | - | $t$           | [sec] |
| קבוע הזמן                               | - | $\tau$        | [sec] |

$$v_C(t) = V_{C\infty} - (V_{C\infty} - V_{C0})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = RC$$

|                                         |   |               |     |
|-----------------------------------------|---|---------------|-----|
| זרם מוצא בסליל                          | - | $i_L(t)$      | [A] |
| זרם סופי (עבור $t \rightarrow \infty$ ) | - | $I_{L\infty}$ | [A] |
| זרם התחלתי בסליל                        | - | $I_{L0}$      | [A] |

$$i_L(t) = I_{L\infty} - (I_{L\infty} - I_{L0})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

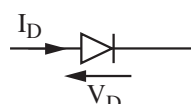
אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

## נוסחאון באלקטרוניקה א' לכיתה י"ג

(9 עמודים)

### דיודת צומת

סימול:



#### א. דיודה אידיאלית

ממתח קדמי -  $V_D = 0$  (קצר)

ממתח אחורני -  $I_D = 0$  (נתק)

#### ב. קירוב באמצעות $V_\gamma$

ממתח קדמי -  $V_D = V_\gamma$

ממתח אחורני -  $I_D = 0$ ,  $(V_D < V_\gamma)$

#### ג. קירוב באמצעות $V_\gamma$ ו- $R_f$

ממתח קדמי -  $V_D = I_D \cdot R_f + V_\gamma$ ,  $(V_D > V_\gamma)$

ממתח אחורני -  $I_D = 0$ ,  $(V_D < V_\gamma)$

### חישובי הגבר

|                                                 |   |                    |                                                                                                             |
|-------------------------------------------------|---|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| הגבר מתח                                        | - | $A_V$              | $A_V = \frac{V_o}{V_i}$                                                                                     |
| מתח מוצא                                        | - | $V_o$ [V]          |                                                                                                             |
| מתח מבוא                                        | - | $V_i$ [V]          |                                                                                                             |
| הגבר מתח בדציבלים                               | - | $A_V$ [dB]         | $A_V = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$                                                                             |
| הגבר זרם                                        | - | $A_I$              | $A_I = \frac{I_o}{I_i}$                                                                                     |
| זרם מוצא                                        | - | $I_o$ [A]          |                                                                                                             |
| זרם מבוא                                        | - | $I_i$ [A]          |                                                                                                             |
| הגבר זרם בדציבלים                               | - | $A_I$ [dB]         | $A_I = 20 \log \frac{I_o}{I_i}$                                                                             |
| הגבר הספק                                       | - | $A_P$              | $A_P = \frac{P_o}{P_i} = A_V \cdot A_I = A_I^2 \cdot \frac{R_L}{R_i} = A_V^2 \cdot \frac{R_i}{R_L}$         |
| הספק מוצא                                       | - | $P_o$ [W]          |                                                                                                             |
| הספק מבוא                                       | - | $P_i$ [W]          |                                                                                                             |
| נגד עומס                                        | - | $R_L$ [ $\Omega$ ] |                                                                                                             |
| התנגדות מבוא                                    | - | $R_i$ [ $\Omega$ ] |                                                                                                             |
| הגבר הספק                                       | - | $A_P$ [dB]         | $A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$                                                                             |
| הגבר כולל של N דרגות המחוברות<br>בשרשרת (קסקדה) | - | $A_{VT}$           | $A_{VT}[\text{dB}] = A_{V1}[\text{dB}] + A_{V2}[\text{dB}] + A_{V3}[\text{dB}] + \dots + A_{VN}[\text{dB}]$ |
| הגבר כולל של N דרגות, בדציבלים                  | - | $A_{VT}$ [dB]      |                                                                                                             |

**מאזן הספקים**

|                   |   |            |     |
|-------------------|---|------------|-----|
| הספק מבוא         | - | $P_I$      | [W] |
| הספק נצרך מהספקים | - | $P_{CC}$   | [W] |
| הספק העומס        | - | $P_L$      | [W] |
| הספק מבוזבז       | - | $P_{diss}$ | [W] |

$$P_I + P_{CC} = P_L + P_{diss}$$

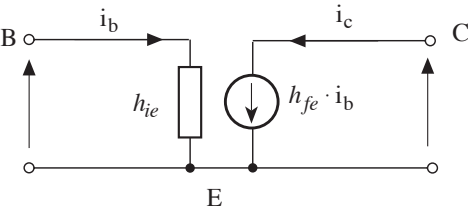
**טרנזיסטור דו־נושאי (בתחום הפעיל)**

|          |   |       |     |
|----------|---|-------|-----|
| זרם קולט | - | $I_C$ | [A] |
| זרם פולט | - | $I_E$ | [A] |
| זרם בסיס | - | $I_B$ | [A] |

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

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

**תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו־נושאי**



**נוסחאות עבור טרנזיסטור בחיבור פולט משותף (CE)**

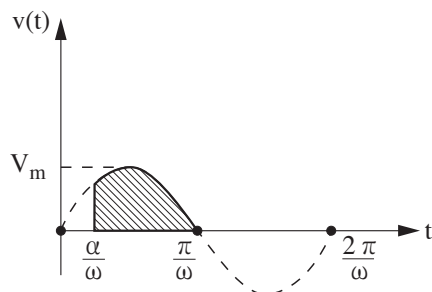
|       | ללא נגד $R_E$                      | עם נגד $R_E$                    |
|-------|------------------------------------|---------------------------------|
| $A_I$ | $-h_{fe}$                          | $-h_{fe}$                       |
| $R_i$ | $h_{ie}$                           | $h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E$     |
| $A_V$ | $-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{h_{ie}}$ | $-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{R_i}$ |
| $R_o$ | $\infty$                           | $\infty$                        |
| $R_L$ | $R_L$                              | $R_L$                           |

**מגברי הפרש**

|                           |   |       |     |                                                            |
|---------------------------|---|-------|-----|------------------------------------------------------------|
| מתח מבוא                  | - | $V_1$ | [V] | $V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$                      |
| 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          | - | $A_c$ |     | $A_c = A_1 + A_2$                                          |
| יחס דחיית האות המשותף     | - | CMRR  |     | $CMRR = \left  \frac{A_d}{A_c} \right $                    |
|                           |   |       |     | $V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$                      |
| הפרש מתחי המבוא           | - | $V_d$ | [V] | $V_d = V_1 - V_2$                                          |
| ממוצע הסכום של מתחי המבוא | - | $V_c$ | [V] | $V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$                                |
|                           |   |       |     | $A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big _{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$ |
|                           |   |       |     | $A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big _{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_i}$  |

### מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הולכה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי



|                             |   |                 |                                                |
|-----------------------------|---|-----------------|------------------------------------------------|
| זווית הצתה                  | - | $\alpha$        | [rad]                                          |
| מתח הגל בתלות בזמן          | - | $v(t)$          | [V]                                            |
| הערך הממוצע של המתח         | - | $V_{AV}$        | [V]                                            |
| הערך היעיל של המתח על העומס | - | $V_{RMS} = V_L$ | [V]                                            |
| הערך המרבי של המתח          | - | $V_m$           | [V]                                            |
| מהירות זוויתית (תדר זוויתי) | - | $\omega$        | $\left[ \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ |
| זמן                         | - | $t$             | [sec]                                          |
| התנגדות העומס               | - | $R$             | $[\Omega]$                                     |
| הספק על העומס               | - | $P$             | [W]                                            |
| הערך הממוצע של הזרם         | - | $I_{AV}$        | [A]                                            |
| הערך היעיל של הזרם          | - | $I_{RMS}$       | [A]                                            |
| הערך היעיל של מתח המבוא     | - | $V_{in}$        | [V]                                            |

$$0 \leq \alpha \leq \pi$$

$$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_{AV} = \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos \alpha]$$

$$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[ \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]}$$

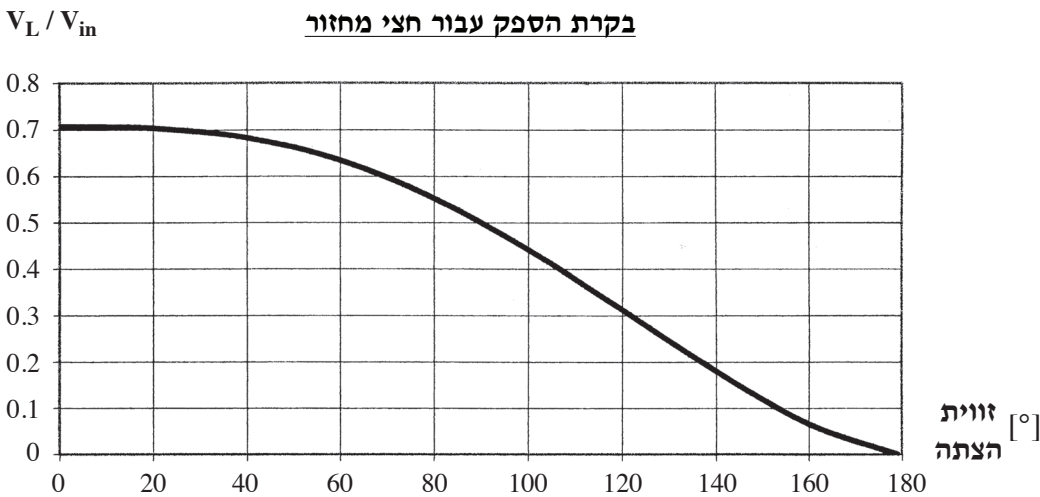
$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

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

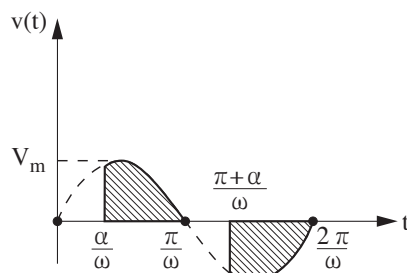
$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

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

בקרת הספק עבור חצי מחזור



ב. בקרת גל שלם בעומס אומי



- זווית הצתה  $\alpha$  [rad] -  
מתח הגל בתלות בזמן  $v(t)$  [V] -  
הערך הממוצע של המתח  $V_{AV}$  [V] -  
הערך היעיל של המתח על העומס  $V_{RMS} = V_L$  [V] -  
הערך המרבי של המתח  $V_m$  [V] -

$$0 \leq \alpha \leq \pi$$

$$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_{AV} = 0$$

$$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[ \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]}$$

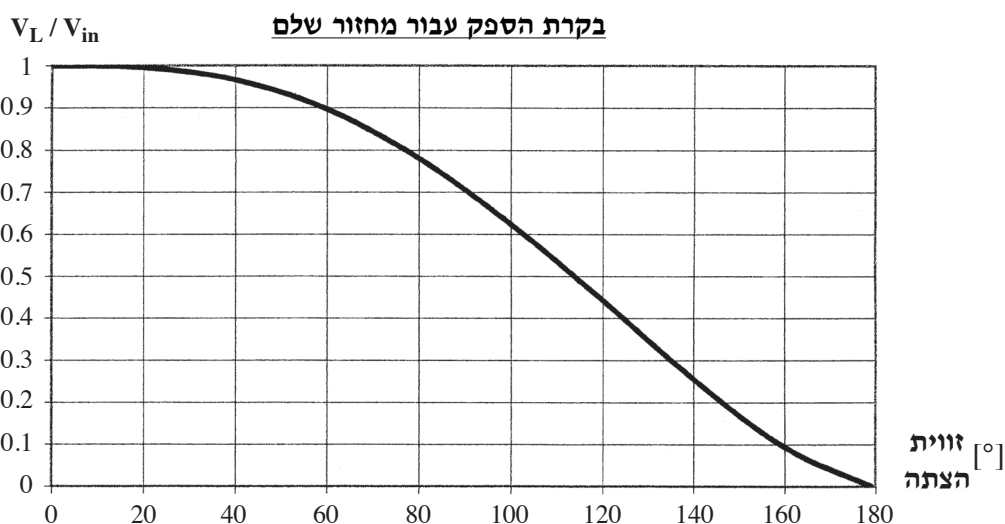
- מהירות זוויתית (תדר זוויתי)  $\omega$   $\left[ \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$  -  
זמן  $t$  [sec] -  
התנגדות העומס  $R$  [ $\Omega$ ] -  
הספק על העומס  $P$  [W] -  
הערך הממוצע של הזרם  $I_{AV}$  [A] -  
הערך היעיל של הזרם  $I_{RMS}$  [A] -  
הערך היעיל של מתח המבוא  $V_{in}$  [V] -

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

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

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

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



## מיישרים

א. יישור חד-מופעי - חצי גל בעומס אומי

|                     |   |           |     |                               |
|---------------------|---|-----------|-----|-------------------------------|
| הערך המרבי של המתח  | - | $V_m$     | [V] | $V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$    |
| הערך הממוצע של המתח | - | $V_{AV}$  | [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] | $I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$ |
|                     |   |           |     | $P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$     |

ב. יישור חד-מופעי - גל שלם בעומס אומי

|                     |   |           |     |                                  |
|---------------------|---|-----------|-----|----------------------------------|
| הערך המרבי של המתח  | - | $V_m$     | [V] | $V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$      |
| הערך הממוצע של המתח | - | $V_{AV}$  | [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 אדווה במיישר חצי גל**

|                   |   |               |      |
|-------------------|---|---------------|------|
| מתח גליות (אדווה) | - | $\Delta V$    | [V]  |
| מתח מרבי במוצא    | - | $V_{o_{max}}$ | [V]  |
| תדר מתח הכניסה    | - | $f$           | [Hz] |

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

**מתח אדווה במיישר גל שלם**

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

**משוואת הדפקים היסודית**

|                                         |   |            |       |
|-----------------------------------------|---|------------|-------|
| מתח המוצא                               | - | $v(t)$     | [V]   |
| מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$ ) | - | $V_\infty$ | [V]   |
| מתח התחלתי                              | - | $V_{0+}$   | [V]   |
| זמן                                     | - | $t$        | [sec] |
| קבוע הזמן                               | - | $\tau$     | [sec] |

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

$$\tau = R \cdot C$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

**טעינה לינארית**

טעינת קבל בזרם קבוע:

|          |   |          |       |
|----------|---|----------|-------|
| מתח הקבל | - | $v_C(t)$ | [V]   |
| זרם הקבל | - | $I_C$    | [A]   |
| קיבול    | - | $C$      | [F]   |
| זמן      | - | $t$      | [sec] |

$$v_C(t) = \frac{I_C}{C} \cdot t + V_C(0)$$
$$\Delta V_C = \frac{I_C}{C} \cdot \Delta t$$

טעינת סליל במתח קבוע:

|           |   |          |     |
|-----------|---|----------|-----|
| זרם הסליל | - | $i_L(t)$ | [A] |
| מתח הסליל | - | $V_L$    | [V] |
| השראות    | - | $L$      | [H] |

$$i_L(t) = \frac{V_L}{L} \cdot t + I_L(0)$$
$$\Delta I_L = \frac{V_L}{L} \cdot \Delta t$$

אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

## נוסחאון במערכות ספרתיות

### לכיתה י"ג

(7 עמודים)

מעבר מבסיס  $b$  לבסיס  $10$  ( $-m$ ) מספר המייצג מספר ספרות אחרי הנקודה)

$$\sum_{i=m}^{n-1} a_i b^i = a_{n-1} \cdot b^{n-1} + a_{n-2} \cdot b^{n-2} + \dots + a_1 \cdot b^1 + a_0 \cdot b^0 + a_{-1} \cdot b^{-1} + \dots + a_m \cdot b^m$$

קוד Gray

כל מספר נבדל מזה שלידו בסיבית אחת בלבד.

מעבר מקוד Gray לבינארי (סיבית ראשונה נשארת):

- בודקים סיבית אחרי סיבית משמאל לימין.
- מונים כמו אחדים יש משמאל לסיבית הנבדקת.
- אם מספר האחדים זוגי – לא משנים את הסיבית.
- אם מספר האחדים אי-זוגי – הופכים את הסיבית.

מעבר מבינארי לקוד Gray (סיבית ראשונה נשארת):

- בודקים סיבית אחרי סיבית משמאל לימין.
- מבצעים XOR בין הסיבית הנבדקת לסיבית משמאל.

אלגברה בוליאית.

| כלל                    | ביטוי                                                                                    |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| משלים                  | $A + \bar{A} = 1$<br>$A \cdot \bar{A} = 0$                                               |
| שלילה כפולה            | $\bar{\bar{A}} = A$                                                                      |
| כפילות - אידמפוטנטיות  | $A + A = A$<br>$A \cdot A = A$                                                           |
| יחידה                  | $A + 1 = 1$<br>$A \cdot 1 = A$                                                           |
| אפס                    | $A + 0 = A$<br>$A \cdot 0 = 0$                                                           |
| חילוף - קומוטטיביות    | $A + B = B + A$<br>$A \cdot B = B \cdot A$                                               |
| פילוג - דיסטריבוטיביות | $A \cdot (B + C) = AB + AC$<br>$A + BC = (A + B) \cdot (A + C)$                          |
| קיבוץ - אסוציאטיביות   | $A + (B + C) = (A + B) + C$<br>$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$               |
| חוק הספיגה             | $A \cdot (A + B) = A$<br>$A + (A \cdot B) = A$                                           |
| צמצום                  | $A + \bar{A} \cdot B = A + B$                                                            |
| דה מורגן               | $\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$<br>$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$ |

ייצוגים קנוניים:

SOP (Sum Of Products) – הצגה קנונית של סכום של מכפלות.

POS (Products Of Sums) – הצגה קנונית של מכפלה של סכומים.

דוגמה:

|   | A | B | C | F |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 |

SOP – סכום מכפלות קנוני:

$$F(A, B, C) = \Sigma(0, 1, 3, 4, 7) = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C$$

POS – מכפלת סכומים קנונית:

$$F(A, B, C) = \Pi(2, 5, 6) = (A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + \bar{C})(\bar{A} + \bar{B} + C)$$

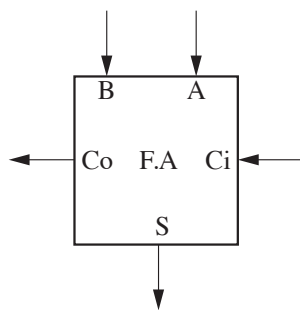
מפות קרנו:

|    |    | AB |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
| CD | 00 | 0  | 4  | 12 | 8  |
|    | 01 | 1  | 5  | 13 | 9  |
|    | 11 | 3  | 7  | 15 | 11 |
|    | 10 | 2  | 6  | 14 | 10 |

|   |   | AB |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|
|   |   | 00 | 01 | 11 | 10 |
| C | 0 | 0  | 2  | 6  | 4  |
|   | 1 | 1  | 3  | 7  | 5  |

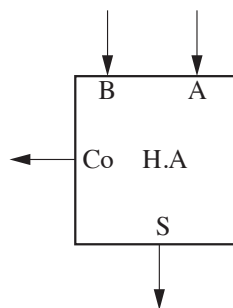
**מסכמים**

מסכם מלא F.A (Full Adder)



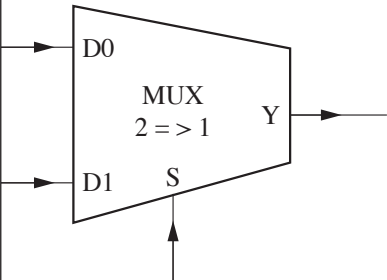
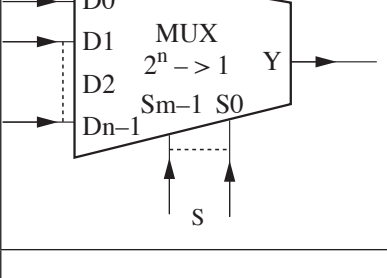
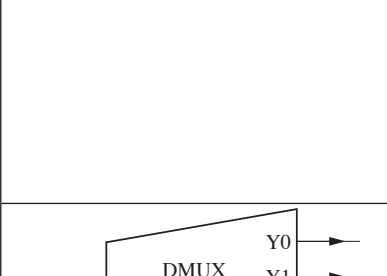
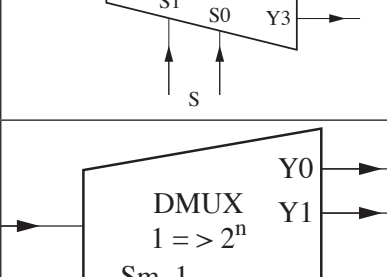
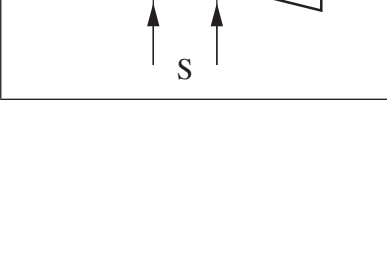
| Ci | A | B | S | Co |
|----|---|---|---|----|
| 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 0  | 0 | 1 | 1 | 0  |
| 0  | 1 | 0 | 1 | 0  |
| 0  | 1 | 1 | 0 | 1  |
| 1  | 0 | 0 | 1 | 0  |
| 1  | 0 | 1 | 0 | 1  |
| 1  | 1 | 0 | 0 | 1  |
| 1  | 1 | 1 | 1 | 1  |

מסכם למחצה H.A (Half Adder)

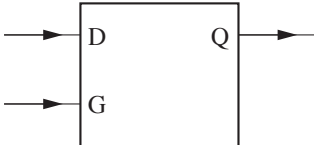
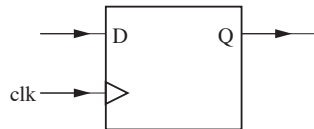
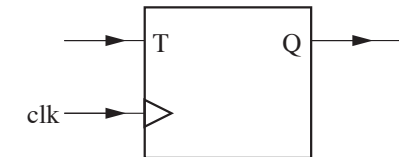
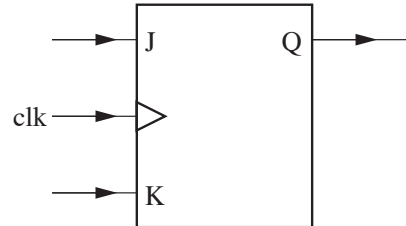
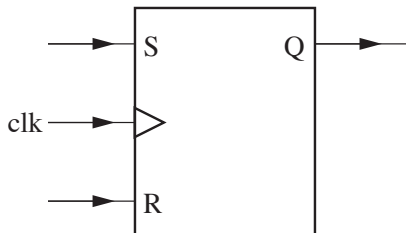


| A | B | S | Co |
|---|---|---|----|
| 0 | 0 | 0 | 0  |
| 0 | 1 | 1 | 0  |
| 1 | 0 | 1 | 0  |
| 1 | 1 | 0 | 1  |

מערכות צירופיות לניתוב וקידוד ופענוח מידע.

| רכיב                        | סמל                                                                                  | פונקציה                                                                                                                                                                                   | טבלת אמת                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|----|----|------------------|------------------|---|---|----|----|---|----|---|---|----|---|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|------------------|---|---|---|---|--|---|
| מרבב<br>MUX<br>2 to 1       |    | $Y = \overline{S} \cdot D0 + S \cdot D1$                                                                                                                                                  | <table><tr><th>S</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>D0</td></tr><tr><td>1</td><td>D1</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | S                | Y   | 0  | D0 | 1                | D1               |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Y                |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | D0                                                                                   |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | D1                                                                                   |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| MUX<br>4 to 1               |    | $Y = \overline{S1} \cdot \overline{S0} \cdot D0 + \overline{S1} \cdot S0 \cdot D1 + S1 \cdot \overline{S0} \cdot D2 + S1 \cdot S0 \cdot D3$                                               | <table><tr><th>S1</th><th>S0</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>D0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>D1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>D2</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>D3</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | S1               | S0  | Y  | 0  | 0                | D0               | 0 | 1 | D1 | 1  | 0 | D2 | 1 | 1 | D3 |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | S1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | S0               | Y   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | D0                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 1                                                                                    | D1                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 0                                                                                    | D2                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 1                                                                                    | D3                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| MUX<br>2 <sup>n</sup> to 1  |   | $Y = \overline{S_{m-1}} \cdots \overline{S1} \cdot \overline{S0} \cdot D0 + \overline{S_{m-1}} \cdots \overline{S1} \cdot S0 \cdot D1 + \dots + S_{m-1} \cdots S1 \cdot S0 \cdot D_{n-1}$ | <table><tr><th>S<sub>m-1</sub></th><th>...</th><th>S1</th><th>S0</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>D0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>D1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>D2</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>D<sub>n-1</sub></td></tr></table> <p>2<sup>n</sup> = m</p>                                                   | S <sub>m-1</sub> | ... | S1 | S0 | Y                | 0                | 0 | 0 | 0  | D0 | 0 | 0  | 0 | 1 | D1 | 0 | 0 | 1 | 0 | D2 | ... | ... | ... | ... | ... | 1   | 1   | 1   | 1 | D <sub>n-1</sub> |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | S <sub>m-1</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ...              | S1  | S0 | Y  |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | D0               |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | D1               |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | 1                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | D2               |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| ...                         | ...                                                                                  | ...                                                                                                                                                                                       | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ...              |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 1                                                                                    | 1                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | D <sub>n-1</sub> |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| מפלג<br>DMUX<br>1 to 2      |  | $Y0 = \overline{S} \cdot D$ $Y1 = S \cdot D$                                                                                                                                              | <table><tr><th>S</th><th>Y0</th><th>1Y</th></tr><tr><td>0</td><td>D</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>D</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | S                | Y0  | 1Y | 0  | D                | 0                | 1 | 0 | D  |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Y0               | 1Y  |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | D                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 0                                                                                    | D                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| DMUX<br>1 to 4              |  | $Y0 = \overline{S1} \cdot \overline{S0} \cdot D$ $Y1 = \overline{S1} \cdot S0 \cdot D$ $Y2 = S1 \cdot \overline{S0} \cdot D$ $Y3 = S1 \cdot S0 \cdot D$                                   | <table><tr><th>S1</th><th>S0</th><th>Y0</th><th>Y1</th><th>Y2</th><th>Y3</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>D</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>D</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>D</td></tr></table>                                                                                                                            | S1               | S0  | Y0 | Y1 | Y2               | Y3               | 0 | 0 | D  | 0  | 0 | 0  | 0 | 1 | 0  | D | 0 | 0 | 1 | 0  | 0   | 0   | D   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0 | D                |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | S1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | S0               | Y0  | Y1 | Y2 | Y3               |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | D                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 1                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 0                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | D                | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 1                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                | D   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| DMUX<br>1 to 2 <sup>n</sup> |  | $Y0 = \overline{S_{m-1}} \cdots \overline{S0} \cdot D$ $Y1 = \overline{S_{m-1}} \cdots S0 \cdot D$ <p>.....</p> $Y_{n-1} = S_{m-1} \cdots S0 \cdot D$                                     | <table><tr><th>S<sub>m-1</sub></th><th>...</th><th>S0</th><th>Y0</th><th>,</th><th>Y<sub>n-1</sub></th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>D</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td></td><td>D</td></tr></table> <p>2<sup>n</sup> = m</p> | S <sub>m-1</sub> | ... | S0 | Y0 | ,                | Y <sub>n-1</sub> | 0 | 0 | 0  | D  |   | 0  | 0 | 0 | 1  | 0 |   | 0 | 0 | 0  | 0   | 0   |     | 0   | ... | ... | ... | ... |   | 0                | 1 | 1 | 1 | 0 |  | D |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | S <sub>m-1</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ...              | S0  | Y0 | ,  | Y <sub>n-1</sub> |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | 1                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 0                           | 0                                                                                    | 0                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| ...                         | ...                                                                                  | ...                                                                                                                                                                                       | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  | 0   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
| 1                           | 1                                                                                    | 1                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  | D   |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |
|                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |     |    |    |                  |                  |   |   |    |    |   |    |   |   |    |   |   |   |   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |                  |   |   |   |   |  |   |

**רכיבי זיכרון**

| סוג                                                                                 | סמל                                                                                                     | טבלת אמת                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|
| LATCH מסוג DFF<br>(נועל)                                                            | <div>DFF-LATCH</div>  | <table><tr><th>G</th><th>D</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>X</td><td>שומר מצב</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>                                                                                                                                                                   | G        | D | Q                                                                                 | 0                                                                                 | X                                                                                   | שומר מצב | 1 | 0        | 0 | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   |          |
| G                                                                                   | D                                                                                                       | Q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| 0                                                                                   | X                                                                                                       | שומר מצב                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| 1                                                                                   | 0                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| 1                                                                                   | 1                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| DFF                                                                                 | <div>DFF</div>        | <table><tr><th>clk</th><th>Q</th></tr><tr><td></td><td>D</td></tr></table>                                                                                                                                                                                          | clk      | Q |  | D                                                                                 |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| clk                                                                                 | Q                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|    | D                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| TFF                                                                                 | <div>TFF</div>        | <table><tr><th>clk</th><th>T</th><th>Q</th></tr><tr><td rowspan="2"></td><td>0</td><td>שומר מצב</td></tr><tr><td>1</td><td>הופך מצב</td></tr></table>                                                                                                               | clk      | T | Q                                                                                 |  | 0                                                                                   | שומר מצב | 1 | הופך מצב |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| clk                                                                                 | T                                                                                                       | Q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|    | 0                                                                                                       | שומר מצב                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 1                                                                                                       | הופך מצב                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| JKFF                                                                                | <div>JKFF</div>      | <table><tr><th>clk</th><th>J</th><th>K</th><th>Q</th></tr><tr><td rowspan="4"></td><td>0</td><td>0</td><td>שומר מצב</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>הופך מצב</td></tr></table> | clk      | J | K                                                                                 | Q                                                                                 |  | 0        | 0 | שומר מצב | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | הופך מצב |
| clk                                                                                 | J                                                                                                       | K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Q        |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|  | 0                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | שומר מצב |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 0                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0        |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 1                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1        |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 1                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | הופך מצב |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
| SRFF                                                                                | <div>SRFF</div>     | <table><tr><th>clk</th><th>S</th><th>R</th><th>Q</th></tr><tr><td rowspan="4"></td><td>0</td><td>0</td><td>שומר מצב</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>מצב אסור</td></tr></table> | clk      | S | R                                                                                 | Q                                                                                 |  | 0        | 0 | שומר מצב | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | מצב אסור |
| clk                                                                                 | S                                                                                                       | R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Q        |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|  | 0                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | שומר מצב |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 0                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0        |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 1                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1        |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |
|                                                                                     | 1                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | מצב אסור |   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |          |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |          |

לכל הדלגלגים יכולים להיות מבואות ישירים: SET, CLR **דוגמא בעמוד הבא.**

טבלת עירור

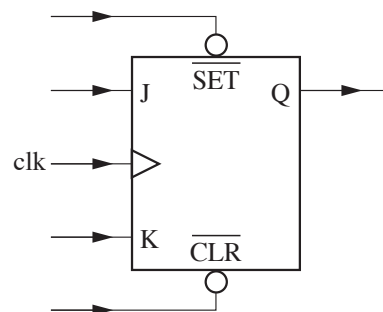
| clk                                                                               | PS                        | NS              | JKFF |   | SRFF |   | TFF | DFF |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|------|---|------|---|-----|-----|
|                                                                                   | $Q_n \rightarrow Q_{n+1}$ |                 | J    | K | S    | R | T   | D   |
|  | 0                         | $\rightarrow$ 0 | 0    | X | 0    | X | 0   | 0   |
|                                                                                   | 0                         | $\rightarrow$ 1 | 1    | X | 1    | 0 | 1   | 1   |
|                                                                                   | 1                         | $\rightarrow$ 0 | X    | 1 | 0    | 1 | 1   | 0   |
|                                                                                   | 1                         | $\rightarrow$ 1 | X    | 0 | X    | 0 | 0   | 1   |

don't care - X

דוגמה לדלגלג עם מבואות ישירים

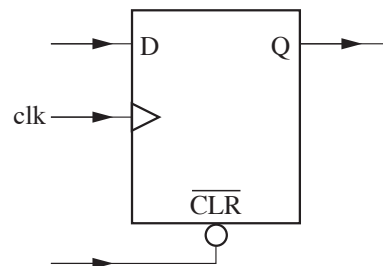
- JKFF עם מבואות ישירים אסינכרוניים (לא תלויים בשעון), עם עדיפות לאיפוס  $\overline{\text{CLR}}$ .

| $\overline{\text{CLR}}$ | $\overline{\text{SET}}$ | clk                                                                                | J | K | Q        |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------|
| 0                       | X                       | X                                                                                  | X | X | 0        |
| 1                       | 0                       | X                                                                                  | X | X | 1        |
| 1                       | 1                       |  | 0 | 0 | שומר מצב |
|                         |                         |                                                                                    | 0 | 1 | 0        |
|                         |                         |                                                                                    | 1 | 0 | 1        |
|                         |                         |                                                                                    | 1 | 1 | הופך מצב |



- DFF עם מבוא איפוס CLR סינכרוני (תלוי בשעון).

| clk                                                                                 | $\overline{\text{CLR}}$ | Q |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---|
|  | 1                       | 0 |
|                                                                                     | 0                       | D |



# נספח ו': מילון מונחים

לשאלון 733001, אביב תשפ"ה

| תרגום המונח           |                                               |                       | המונח                        |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| אנגלית                | רוסית                                         | ערבית                 |                              |
| strike pulses         | Пульс зажигания                               | نبض الاشتعال          | דופקי הצתה                   |
| reactive power        | Общая мощность                                | القدرة الارتكاسية     | הספק היגבי                   |
| imaginary power       | Мнимая мощность                               | القدرة الوهمية        | הספק מדומה                   |
| active power          | Активная мощность                             | القدرة الفعّالة       | הספק ממשי                    |
| alternative current   | Переменный ток                                | التيار المتردد        | זרם חילופין                  |
| operational amplifier | Операционный усилитель                        | مُضَخَّم تشغيلي       | מגבר שרת                     |
| switch                | Выключатель                                   | مفتاح / مُبَدِّل      | מפסק                         |
| saturation state      | Состояние насыщения                           | حالة التشبع (الإشباع) | מצב רוויה                    |
| power factor          | Коэффициент мощности                          | مُعَامِل القدرة       | מקדם הספק                    |
| switch                | переключатель                                 | مُبَدِّل / محوّل      | מתג                          |
| waveform              | Форма волны                                   | الشكل الموجي          | צורות הגלים                  |
| superposition method  | Метод наложения токов<br>(метод суперпозиции) | طريقة التراكب         | שיטת ההרכבה<br>(סופרפוזיציה) |