

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ה, 2015

סמל השאלון: 711001

נספחים: א. נספח לשאלה 9

ב. נספח לשאלה 10

ג. נוסחאון באלקטרוניקה

ספרתית א' לכיתה י"ג

ד. נוסחאון במבוא להנדסת חשמל

לכיתה י"ג

ה. מילון מונחים

תורת האלקטרוניקה והחשמל ט'

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

(כיתה י"ג)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
 - ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם עשר שאלות.
יש להשיב על חמש שאלות בלבד: שאלה אחת לפחות מכל אחד משני הפרקים הראשונים, ושאלה אחת מן הפרק השלישי. לכל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.
 - ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.
 - ד. הוראות מיוחדות:
 1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 3. רשום את כל תשובותיך אך ורק בעט.
 4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
 5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.
 6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
 7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.
 8. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, אנגלית, רוסית וערבית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.
- בשאלון זה 9 עמודים ו-24 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

◀ המשך מעבר לדף

השאלות

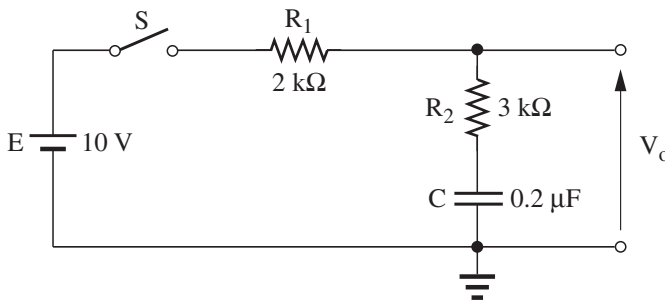
ענה על חמש מבין השאלות 1-10. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

פרק ראשון: אלקטרוניקה ספרתית א'

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי, שבו הקבל C אינו טעון. ברגע $t = 0$ סוגרים את המפסק S.

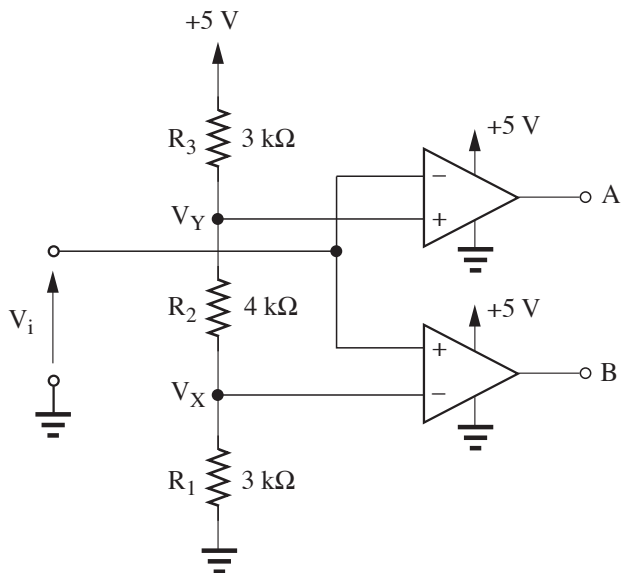


איור לשאלה 1

- חשב את ערכו של קבוע-זמן הטעינה (τ) של המעגל.
- חשב את ערכו של מתח המוצא V_0 ברגע $t = 0$.
- חשב את ערכו של המתח על הקבל C ואת ערכו של מתח המוצא כאשר $t \rightarrow \infty$.
- כעבור כמה זמן מהרגע $t = 0$ יהיה ערכו של המתח על הקבל 5 V ?

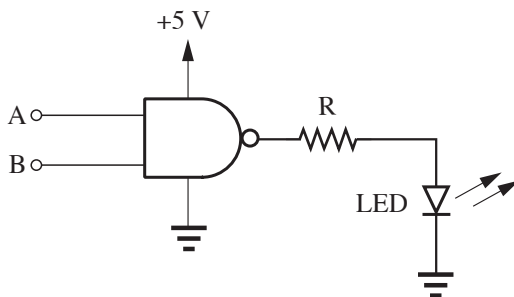
שאלה 2

באיור א' לשאלה 2 מתואר מעגל הבנוי ממגברי שרת אידיאליים.



איור א' לשאלה 2

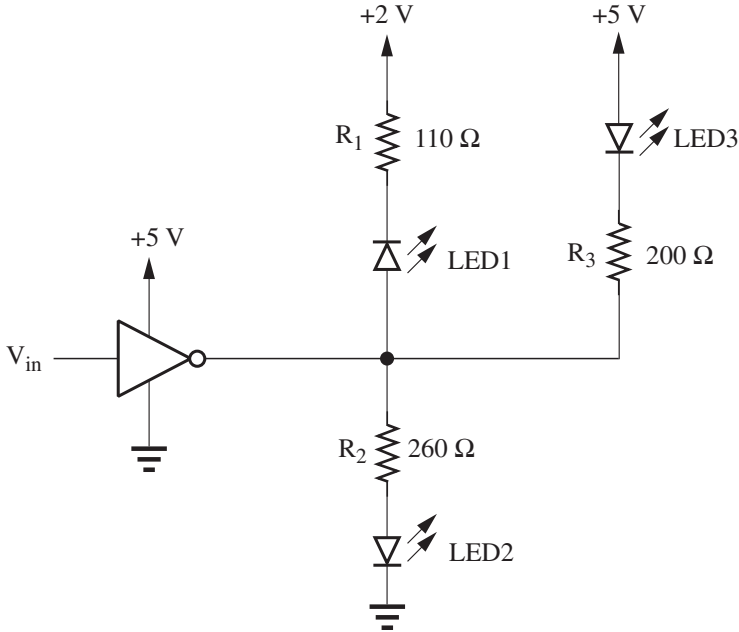
- א. חשב את המתחים V_X ו- V_Y .
- ב. מה יהיו מתחי המוצא V_A ו- V_B כאשר מתח המבוא V_i משתנה בתחום $0 \leq V_i \leq 5V$?
- ג. מוצאי המשוויים A ו-B חוברים למעגל הכולל שער NAND ודיודת LED, כמתואר באיור ב' לשאלה. באילו תחומי ערכים של המתח V_i תידלק דיודת ה-LED? נמק את תשובתך.



איור ב' לשאלה 2

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי, הכולל שלוש דיודות LED זהות המחוברות למוצאו של רכיב לוגי.



איור לשאלה 3

הרכיב הלוגי הוא שער מהפך ממשפחת CMOS, שנתוניו הם:

$$V_{OH} = 5 \text{ V} \quad , \quad V_{OL} = 0 \text{ V} \quad , \quad I_{OH} = -32 \text{ mA} \quad , \quad I_{OL} = 32 \text{ mA}$$

נתוני דיודות ה-LED הם:

$$V_{LED} = 1.9 \text{ V} \quad , \quad I_{LED_{max}} = 25 \text{ mA}$$

א. אילו דיודות LED יידלקו כאשר:

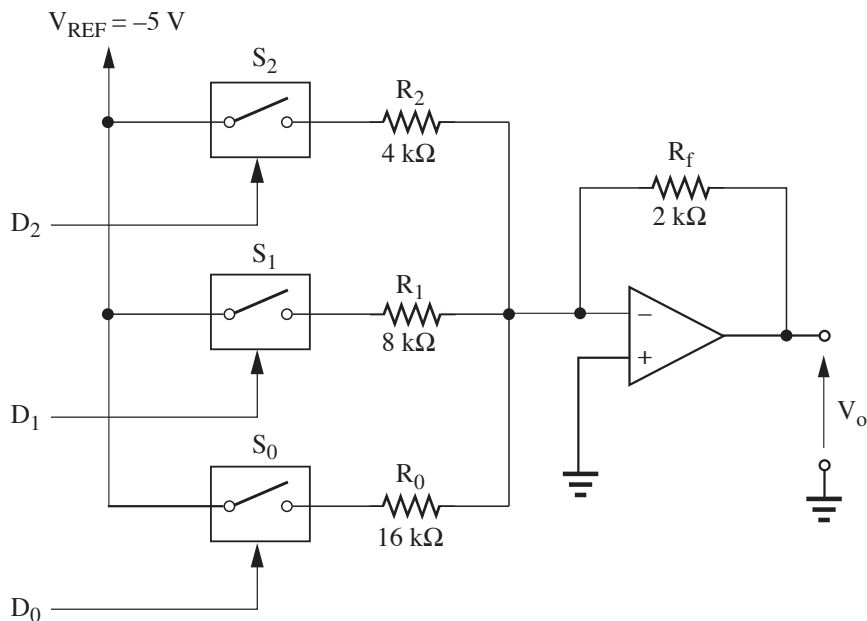
$$1. \quad V_{in} = 0 \text{ V ('0')} \quad .2 \quad V_{in} = 5 \text{ V ('1')}$$

ב. חשב את הזרם העובר דרך כל אחת מדיודות ה-LED כאשר היא דולקת.

ג. משנים את ערכו של הנגד R_2 בלבד. מהו הערך המזערי (המינימלי) של הנגד R_2 , שעבורו הרכיב הלוגי לא יינזק?

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל המשמש כממיר D/A ל-3 סיביות.



איור לשאלה 4

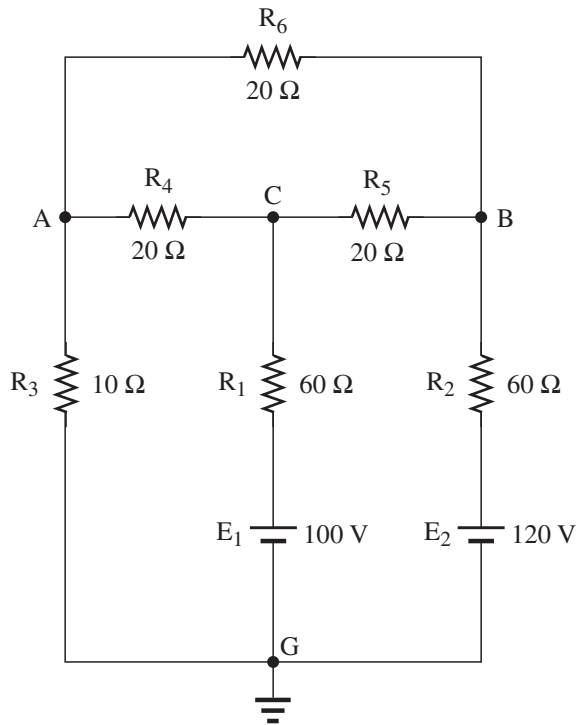
- א. הסבר את פעולת הממיר. ציין מהי סיבית ה-MSB, והסבר את קביעתך.
- ב. חשב את כושר ההבחנה (הרזולוציה) של הממיר.
- ג. חשב את הערך המרבי של מתח המוצא של הממיר.
- ד. נתון כי מתח המוצא הוא $V_o = 3.125 \text{ V}$. מצא את צירוף סיביות המבוא המתאים לו.

פרק שני: מבוא להנדסת חשמל

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

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 5

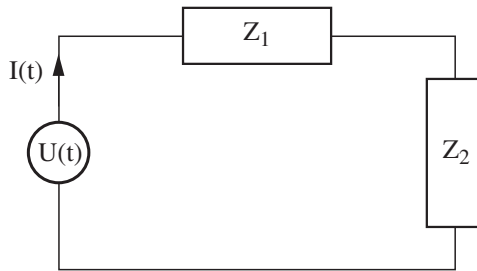
- א. רשום מערכת משוואות לפתרון המעגל בשיטת מתחי הצמתים.
- ב. חשב את מתחי הצמתים V_A , V_B ו- V_C ביחס לאדמה (G).
- ג. חשב את הזרם העובר בכל אחד מן הנגדים R_1 , R_2 ו- R_3 .

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי, שבו:

$$U(t) = 220\sqrt{2} \cdot \sin(314t - 30^\circ) \text{ V} \quad ; \quad I(t) = 4.4\sqrt{2} \cdot \sin(314t + 30^\circ) \text{ A}$$

$$Z_1 = (20 + j30) \ \Omega \quad ; \quad Z_2 = (R_2 - jX_2) \ \Omega$$



איור לשאלה 6

- א. מהי זווית המופע בין מתח המקור $U(t)$ לזרם המקור $I(t)$?
- ב. מהו אופי המעגל (השראותי או קיבולי)? נמק את תשובתך.
- ג. חשב את ההספק הפעיל המסופק לצרכנים במעגל על-ידי מקור המתח $U(t)$.
- ד. חשב את ערכה של ההתנגדות R_2 .
- ה. חשב את ערכו של ההיגב X_2 .

שאלה 7

נתונה חוליית מסנן רשת π מעבירת-גבוהים (HPF) מסוג K קבוע. ההתנגדות האופיינית של החוליה היא $500 \ \Omega$ ותדר הפוגה (הקיטעון) שלה - 6 kHz .

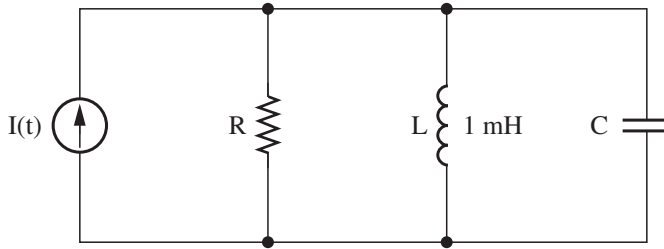
- א. 1. סרטט את המעגל החשמלי של חוליית המסנן.
2. חשב את ערכי הרכיבים במעגל, ורשום אותם בסרטוטך.
- ב. חשב את העכבה האופיינית של החוליה בתדר של 10 kHz .
- ג. חשב את ניחות החוליה (ב-dB) בתדר של 3 kHz .
- ד. חשב את המספר המזערי (המינימלי) של חוליות כאלה שצריך לחבר בקסקדה, כדי לקבל מסנן HPF בעל ניחות של 80 dB בתדר של 3 kHz .

שאלה 8

המעגל החשמלי שבאיור לשאלה 8 נמצא **במצב תהודה**, וגורם הטיב שלו הוא 10.

מקור הזרם אידיאלי. זרם המקור הוא: $I(t) = 5\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$ A.

המתח היעיל על הנגד R הוא: $V_{R_{\text{eff}}} = 220$ V.



איור לשאלה 8

חשב את:

- א. ההתנגדות של הנגד R.
- ב. ההיגב של הסליל L.
- ג. התדר של זרם המקור $I(t)$.
- ד. הקיבול של הקבל C.
- ה. שני תדרי מחצית ההספק של המעגל.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

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

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובאים דפי־מפרט בשפה האנגלית של יחידת חישה (Sensor Unit).

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

- א. מהו תפקידה של היחידה הזו?
- ב. מהם שלושת המרכיבים של היחידה?
- ג. ציין שלושה יישומים של היחידה.
- ד. מהו תחום הערכים המומלץ של מתח ההפעלה של היחידה?
- ה. מהם הערכים הקיצוניים של מתח המוצא של היחידה?

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית, העוסק בסיבים אופטיים.

עליך לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על־פי הכתוב במאמר.

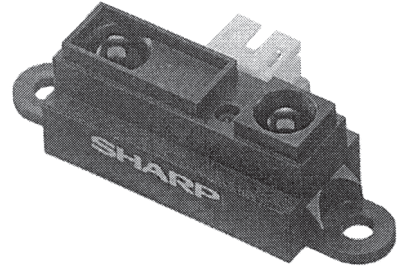
- א. ציין את התפקיד של כל אחד מהמרכיבים של סיב אופטי:
 1. הליבה (Core)
 2. המעטפת (Cladding)
 3. הציפוי החיצוני (Buffer Coating)
- ב. מהם שני הסוגים של סיבים אופטיים? ציין הבדל אחד ביניהם.
- ג. ציין את שני הגורמים המשפיעים על ניחות האות בסיב אופטי.
- ד. מהו תפקידו של המקלט האופטי במערכת ממסר המבוססת על סיב אופטי?

בהצלחה!

SHARP

GP2Y0A21YK0F

Distance Measuring Sensor Unit – Analog output type



• Description

GP2Y0A21YK0F is a distance measuring sensor unit, composed of an integrated combination of PSD (position sensitive detector), IRED (infra-red emitting diode) and signal processing circuit.

The variety of the reflectivity of the object, the environmental temperature and the operating duration are not influenced easily to the distance detection because of adopting the triangulation method.

This device outputs the voltage corresponding to the detection distance. So this sensor can also be used as a proximity sensor.

• Applications

1. Touch-less switch (Sanitary equipment, Control of illumination, etc.)
2. Robot cleaner
3. Sensor for energy saving (Automatic teller machine, Copier, Vending machine)
4. Amusement equipment (Robot, Arcade game machine)

• Features

1. Distance measuring range : 10 to 80 cm
2. Consumption current : Typ. 30 mA
3. Recommended supply voltage : 4.5 to 5.5 V

SHARP**GP2Y0A21YK0F**

• **Absolute Maximum Ratings** ($T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{ V}$)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V_o	-0.3 to $V_{CC}+0.3$	V
Operating temperature	T_{opr}	-10 to +60	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-40 to +70	$^\circ\text{C}$

• **Electro-optical Characteristics** ($T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{ V}$)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Average supply current	I_{CC}	$L = 80\text{ cm}$ (Note 1)	-	30	40	mA
Distance measuring	ΔL	(Note 1)	10	-	80	cm
Output voltage	V_o	$L = 80\text{ cm}$ (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage differential	ΔV_o	Output voltage difference between $L = 10\text{ cm}$ and $L = 80\text{ cm}$ (Note 1)	1.65	1.9	2.15	V

* L : Distance to reflective object

Note 1 : Using reflective object : White paper

Using Fiber Optics in Communication Systems

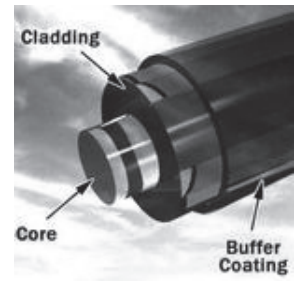
Over the last 20 years or so, fiber optic lines have taken over and transformed the long distance telephone industry. Optical fibers are also a huge part of making the Internet available around the world. When fiber replaces copper for long distance calls and Internet traffic, it dramatically lowers costs.



Fiber optics (optical fibers) are long, thin strands of very pure glass about the diameter of a human hair. They are arranged in bundles called optical cables and used to transmit light signals over long distances.

If you look closely at a single optical fiber, you will see that it has the following parts:

- **Core** – Thin glass center of the fiber where the light travels.
- **Cladding** – Outer optical material surrounding the core that reflects the light back into the core.
- **Buffer coating** – Plastic coating that protects the fiber from damage and moisture.



Hundreds or thousands of these optical fibers are arranged in bundles in optical cables. The cable's outer covering, called a jacket, protects the bundles.

Optical fibers come in two types: Single-mode fibers, and Multi-mode fibers. Single-mode fibers have small cores (about 3.5×10^{-4} inches or 9 microns in diameter) and transmit infra-red laser light (wavelength = 1,300 to 1,550 nanometers). Multi-mode fibers have larger cores (about 2.5×10^{-3} inches or 62.5 microns in diameter) and transmit infra-red light (wavelength = 850 to 1,300 nm) from light-emitting diodes (LEDs).

The light in a fiber-optic cable travels through the core (hallway) by constantly bouncing from the cladding (mirror-lined walls), a principle called total internal reflection. Because the cladding does not absorb any light from the core, the light wave can travel great distances. However, some of the light signal degrades within the fiber.

The extent that the signal degrades depends on the purity of the glass and the wavelength of the transmitted light (for example , 850 nm = 60 to 75 percent/km ; 1,300 nm = 50 to 60 percent/km ; 1,550 nm is smaller than 50 percent/km). Some premium optical fibers show much less signal degradation - less than 10 percent/km at 1,550 nm.

Fiber-optic relay systems consist of the following:

- **Transmitter** – Produces and encodes the light signals. The transmitter is physically close to the optical fiber and may even have a lens to focus the light into the fiber. Lasers have more power than LEDs, but vary more with changes in temperature and are more expensive. The most common wavelengths of light signals are 850 nm, 1,300 nm, and 1,550 nm (infra-red, non-visible portions of the spectrum).
- **Optical fiber** - Conducts the light signals over a distance.
- **Optical regenerator** - May be necessary to boost the light signal (for long distances). As mentioned above , some signal loss occurs when the light is transmitted through the fiber, especially over long distances such as with undersea cables. Therefore, one or more optical regenerators are joined along the cable to boost the degraded light signals. Basically, the regenerator is a laser amplifier for the incoming signal.
- **Optical receiver** - Receives and decodes the light signals. It takes the incoming digital light signals, decodes them and sends the electrical signal to the other user's computer, TV or telephone. The receiver uses a photocell or photodiode to detect the light.

מקור המאמר:

Freudenrich Craig, Ph.D., "How Fiber Optics Work", 6 March 2001, HowStuffWorks.com

אין להעביר נוסחאון זה
מנבחן אחד למשנהו!

מקום למציאת נבחן

נוסחאון באלקטרוניקה ספרתית א' לכיתה י"ג

(4 עמודים)

משוואת הדפקים היסודית

מתח מוצא	-	$V(t)$ [V]	$V(t) = V_\infty - (V_\infty - V_{0+}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$)	-	V_∞ [V]	
מתח התחלתי	-	V_{0+} [V]	$I(t) = I_\infty - (I_\infty - I_{0+}) e^{-\frac{t}{\tau}}$
זמן	-	t [sec]	
קבוע הזמן	-	τ [sec]	$\tau = R_{eq} \cdot C ; \quad \tau = \frac{L}{R_{eq}}$
זרם מוצא	-	$I(t)$ [A]	
זרם סופי (עבור $t \rightarrow \infty$)	-	I_∞ [A]	$t = \tau \cdot \ln \frac{V_\infty - V_{0+}}{V_\infty - V(t)} = \tau \cdot \ln \frac{I_\infty - I_{0+}}{I_\infty - I(t)}$
זרם התחלתי	-	I_{0+} [A]	
התנגדות שקולה ש"רואה" הרכיב ההיגבי, מחושבת לפי תבנית	-	R_{eq} [Ω]	

טעינה לינארית

מתח הקבל	-	V_C	[V]
זרם הקבל	-	I_C	[A]
קיבול	-	C	[F]
זמן	-	t	[sec]
זרם הסליל	-	I_L	[A]
מתח הסליל	-	V_L	[V]
השראות	-	L	[H]

טעינת קבל בזרם קבוע:

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

$$\Delta V_C = \frac{I_C}{C} \cdot \Delta t$$

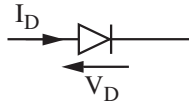
טעינת סליל במתח קבוע:

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

$$\Delta I_L = \frac{V_L}{L} \cdot \Delta t$$

דיודת צומת

סימול:



א. דיודה אידיאלית

ממתח קדמי - $V_D = 0$ (קָצָר)

ממתח אחורני - $I_D = 0$ (נִתְקָה)

ב. קירוב באמצעות V_γ

ממתח קדמי - $V_D = V_\gamma$

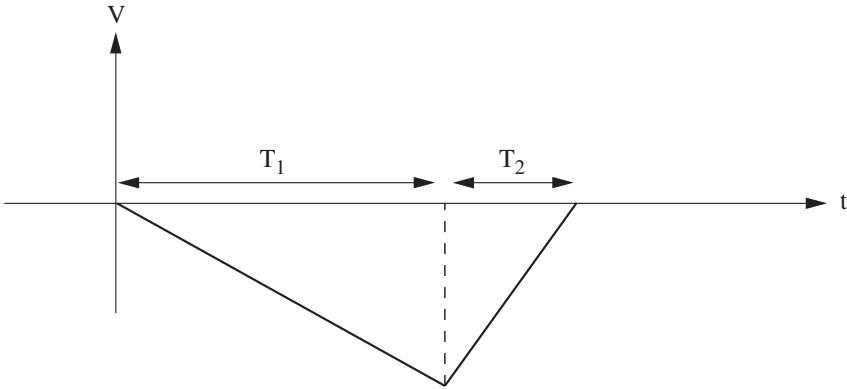
ממתח אחורני - $I_D = 0$ ($V_D < V_\gamma$)

ג. קירוב באמצעות V_γ ו- R_f

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

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

DUAL SLOPE – ממיר A/D מסוג שיפוע כפול



מתח אנלוגי במבוא – V_A [V]

מתח ייחוס – V_{REF} [V]

מודולו המונה – M

תוצאת ההמרה כערך עשרוני – N

זמן מניית המונה בפעם הראשונה – T_1 [sec]

זמן מניית המונה בפעם השנייה – T_2 [sec]

תדר השעון – f_{CLK} [Hz]

זמן המרה כולל – T_{CON} [sec]

$$N = \frac{V_A}{V_{REF}} \cdot M$$

$$T_1 = \frac{M}{f_{CLK}}$$

$$T_2 = \frac{V_A}{V_{REF}} \cdot T_1$$

$$T_{CON} = T_1 + T_2$$

SUCCESSIVE APPROXIMATION – ממיר A/D מסוג קירוב רציף

מספר הסיביות של המונה – n

$$T_{CON} = \frac{n}{f_{CLK}}$$

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

n - מספר הסיביות

V_{REF} [V] - מתח ייחוס

R [Ω] - ערך הנגד R ברשת הסולם

R_f [Ω] - נגד המשוב

D - הערך העשרוני של המילה הבינארית

שבכניסה לממיר

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

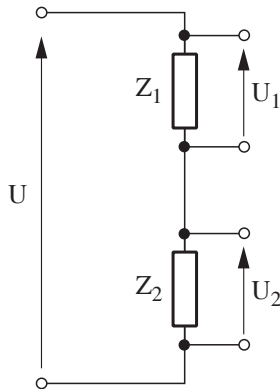
בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנכתוב תשובות

נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(15 עמודים)

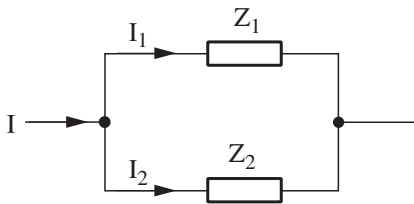


מחלק מתח

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

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

מחלק זרם



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

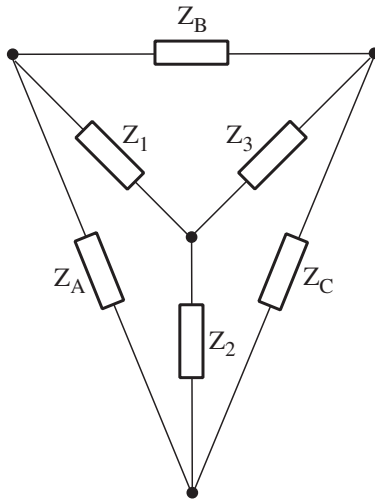
$$I_2 = \frac{I \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

ההמרה של כוכב במשולש

ההמרה של משולש בכוכב

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

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



זרם חילופין סינוסואידלי

ערך רגעי של הזרם - $i(t)$ [A]

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

ערך מרבי של הזרם
(תנופת הזרם) - I_{\max} [A]

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

זווית מופע - α [rad]

זמן - t [sec]

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

ערך רגעי של המתח - $u(t)$ [V]

ערך מרבי של המתח
(תנופת המתח) - U_{\max} [V]

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

ערך יעיל של הזרם - I_{eff} [A]

ערך יעיל של המתח - U_{eff} [V]

זמן המחזור - T [sec]

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

תדירות זוויתית - ω [rad / sec]

תדירות - f [Hz]

$$\omega = 2\pi f$$

היגב השראותי - X_L [Ω]

היגב קיבולי - X_C [Ω]

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

$$X_L = \omega L$$

השראות הדדית - M [H]

$$M = k \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

מקדם הצימוד ($0 \leq k \leq 1$) - k

השראות עצמית של סליל 1 - L_1 [H]

השראות עצמית של סליל 2 - L_2 [H]

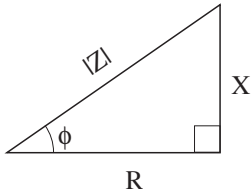
היגב ההשראות ההדדית - X_M [Ω]

$$X_M = \omega M = k \sqrt{|X_{L1}| \cdot |X_{L2}|}$$

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

$$Z = R \pm jX$$

משולש העכבות



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

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

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

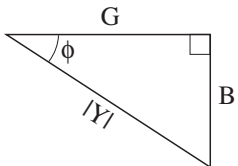
$$\text{tg } \phi = \frac{X}{R}$$

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

$$Y = G \pm jB$$

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

משולש המתירויות



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

$$\sin \phi = \frac{B}{|Y|}$$

$$\cos \phi = \frac{G}{|Y|}$$

$$\text{tg } \phi = \frac{B}{G}$$

הספקים בזרם חילופין

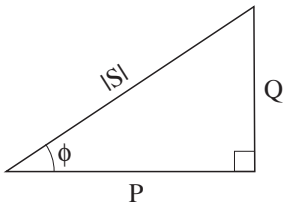
- הספק פעיל - P [W]
- הערך המוחלט של הזרם בנגד - $|I_R|$ [A]
- הערך המוחלט של המתח על הנגד - $|U_R|$ [V]
- הספק היגבי - Q [VAr]
- הערך המוחלט של זרם ההיגב - $|I_X|$ [A]
- הערך המוחלט של מתח ההיגב - $|U_X|$ [V]
- הספק מדומה - S [VA]
- הערך המוחלט של זרם העכבה - $|I_Z|$ [A]
- הערך המוחלט של מתח העכבה -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

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

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

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

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



משולש ההספקים

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

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

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

מעגל תהודה

טורי/מקבילי

- תדירות התהודה - f_0 [Hz]
- השראות - L [H]
- קיבול - C [F]
- גורם הטיב של המעגל בתהודה - Q_0
- רוחב הפס - BW [Hz]

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

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

גורם הטיב במעגל טורי

- תדירות זוויתית בתהודה - ω_0 [rad / sec]
- התנגדות - R [Ω]

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

גורם הטיב במעגל מקבילי

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

מקדמים של רשת זוגיים

ABCD מקדמי

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

$$V_1 = A \cdot V_2 + B \cdot I_2$$

$$I_1 = C \cdot V_2 + D \cdot I_2$$

Z מקדמי

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

$$V_1 = Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2$$

$$V_2 = Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2$$

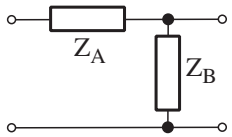
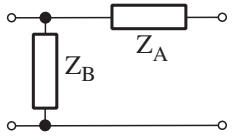
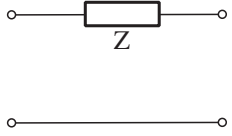
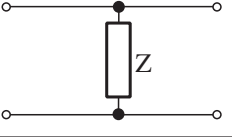
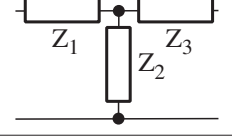
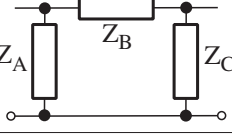
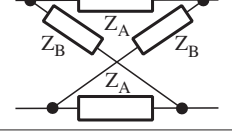
Y מקדמי

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

$$I_1 = Y_{11} \cdot V_1 + Y_{12} \cdot V_2$$

$$I_2 = Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2$$

מקדמי ABCD של רשת זוגיים

	A	B	C	D
	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B}$	Z_A	$\frac{1}{Z_B}$	1
	1	Z_A	$\frac{1}{Z_B}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B}$
	1	Z	0	1
	1	0	$\frac{1}{Z}$	1
	$1 + \frac{Z_1}{Z_2}$	$\frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2} + Z_1 + Z_3$	$\frac{1}{Z_2}$	$1 + \frac{Z_3}{Z_2}$
	$1 + \frac{Z_B}{Z_C}$	Z_B	$\frac{Z_A + Z_B + Z_C}{Z_A \cdot Z_C}$	$1 + \frac{Z_B}{Z_A}$
	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B - Z_A}$	$\frac{2 Z_A + Z_B}{Z_B - Z_A}$	$\frac{2}{Z_B - Z_A}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B - Z_A}$

הערה: זרם המבוא I_1 נכנס לרשת, וזרם המוצא I_2 יוצא מהרשת.

מקדמי Z ו-Y של רשת זוגיים

	Z			Y		
	Z ₁₁	Z ₁₂ = Z ₂₁	Z ₂₂	Y ₁₁	Y ₁₂ = Y ₂₁	Y ₂₂
	Z _A + Z _B	Z _B	Z _B	$\frac{1}{Z_A}$	$-\frac{1}{Z_A}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_A \cdot Z_B}$
	Z _B	Z _B	Z _A + Z _B	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_A \cdot Z_B}$	$-\frac{1}{Z_A}$	$\frac{1}{Z_A}$
	∞	∞	∞	$\frac{1}{Z}$	$-\frac{1}{Z}$	$\frac{1}{Z}$
	Z	Z	Z	∞	∞	∞
	Z ₁ + Z ₂	Z ₂	Z ₂ + Z ₃	$\frac{Z_2 + Z_3}{Z_1 Z_3 + Z_2(Z_1 + Z_3)}$	$-\frac{Z_2}{Z_1 Z_3 + Z_2(Z_1 + Z_3)}$	$\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 Z_3 + Z_2(Z_1 + Z_3)}$
	$\frac{Z_A(Z_B + Z_C)}{Z_A + Z_B + Z_C}$	$\frac{Z_A \cdot Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$	$\frac{Z_C(Z_A + Z_B)}{Z_A + Z_B + Z_C}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_A \cdot Z_B}$	$-\frac{1}{Z_B}$	$\frac{Z_B + Z_C}{Z_B \cdot Z_C}$
	$\frac{Z_B + Z_A}{2}$	$\frac{Z_B - Z_A}{2}$	$\frac{Z_A + Z_B}{2}$	$\frac{Z_A + Z_B}{2 Z_A \cdot Z_B}$	$\frac{Z_A - Z_B}{2 Z_A \cdot Z_B}$	$\frac{Z_A + Z_B}{2 Z_A \cdot Z_B}$

הערה: זרם המבוא I₁ וזרם המוצא I₂ נכנסים לרשת.

טבלה השוואתית של מקדמי זוגיים

	[Z]		[Y]		A B C D	
[Z]	Z_{11}	Z_{12}	$\frac{Y_{22}}{ Y }$	$\frac{-Y_{12}}{ Y }$	$\frac{A}{C}$	$\frac{AD-BC}{C}$
	Z_{21}	Z_{22}	$\frac{-Y_{21}}{ Y }$	$\frac{Y_{11}}{ Y }$	$\frac{1}{C}$	$\frac{D}{C}$
[Y]	$\frac{Z_{22}}{ Z }$	$\frac{-Z_{12}}{ Z }$	Y_{11}	Y_{12}	$\frac{D}{B}$	$\frac{-(AD-BC)}{B}$
	$\frac{-Z_{21}}{ Z }$	$\frac{Z_{11}}{ Z }$	Y_{21}	Y_{22}	$\frac{-1}{B}$	$\frac{A}{B}$
A	$\frac{Z_{11}}{Z_{21}}$	$\frac{ Z }{Z_{21}}$	$\frac{-Y_{22}}{Y_{21}}$	$\frac{-1}{Y_{21}}$	A	B
B						
C	$\frac{1}{Z_{21}}$	$\frac{Z_{22}}{Z_{21}}$	$\frac{- Y }{Y_{21}}$	$\frac{-Y_{11}}{Y_{21}}$	C	D
D						

הערות

- א.** עבור מקדמי ABCD – זרם המוצא I_2 יוצא מהרשת.
עבור מקדמי Y ו- Z^{-1} – זרם המוצא I_2 נכנס לרשת.
- ב.** $|Y|$, $|Z|$ הם דטרמיננטים של המטריצות [Z] ו-[Y], בהתאמה.

רשתות זוגיים

$$Z_O = \sqrt{Z_{SC} Z_{OC}}$$

- Z_O [Ω] - עכבה אופיינית
- Z_{SC} [Ω] - עכבת המבוא כאשר המוצא בקצר
- Z_{OC} [Ω] - עכבת המבוא כאשר המוצא בנתק
- B - מקדם זוגיים
- C - מקדם זוגיים

(עבור רשת סימטרית בלבד)

$$Z_O = \sqrt{\frac{B}{C}}$$

- מהצד האחד {
 - Z_{O1} [Ω] - עכבת ה**ב**בואה
 - Z_{SC1} [Ω] - עכבת המבוא כאשר המוצא בקצר
 - Z_{OC1} [Ω] - עכבת המבוא כאשר המוצא בנתק
- מהצד האחר {
 - Z_{O2} [Ω] - עכבת ה**ב**בואה
 - Z_{SC2} [Ω] - עכבת המבוא כאשר המוצא בקצר
 - Z_{OC2} [Ω] - עכבת המבוא כאשר המוצא בנתק

$$Z_{O1} = \sqrt{Z_{SC1} Z_{OC1}}$$

$$Z_{O2} = \sqrt{Z_{SC2} Z_{OC2}}$$

- γ - קבוע ההתפשטות
- α [neper] - קבוע הניחות
- β [rad] - קבוע המופע, זווית המופע בין הזרמים I_1 ו- I_2
- N - ניחות

$$e^\gamma = e^{\alpha + j\beta} = e^\alpha \angle \beta$$

$$N = e^\alpha = \left| \frac{I_1}{I_2} \right|$$

$$N[\text{dB}] = 20 \log N$$

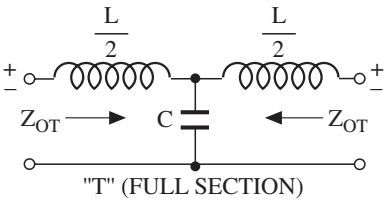
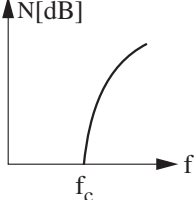
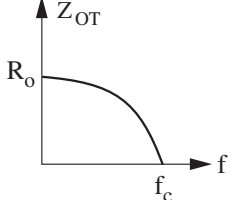
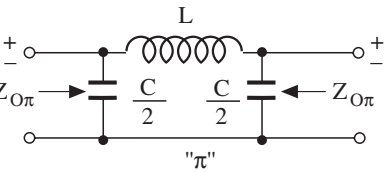
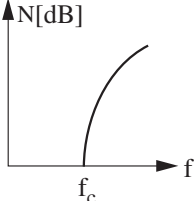
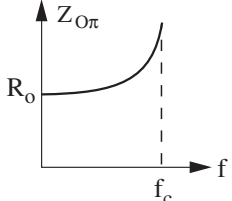
$$1 \text{ neper} = 8.69 \text{ dB}$$

מסננים מסוג K קבוע

התנגדות אופיינית R_o [Ω] -

$$R_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

מסנן LPF מסוג K קבוע

constant-K LOW PASS FILTER		
CONFIGURATION	ATTENUATION	IMPEDANCE
 <p>"T" (FULL SECTION)</p>		
 <p>"π"</p>		
$L = \frac{R_o}{\pi f_c} \quad ; \quad C = \frac{1}{\pi f_c R_o}$		$R_o = \text{LINE IMPEDANCE}$

תדר פוגה - f_c [Hz]

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$$

כאשר $\omega < \omega_c$:

$$\beta = 2 \sin^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)$$

כאשר $\omega > \omega_c$:

$$\alpha = 2 \cosh^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)$$

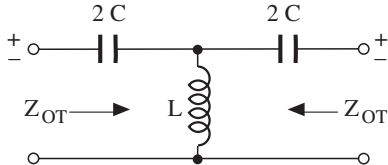
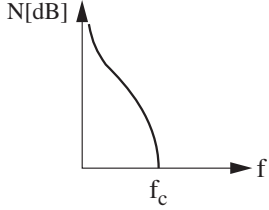
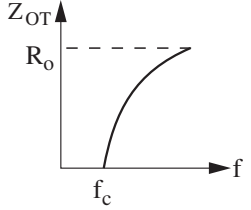
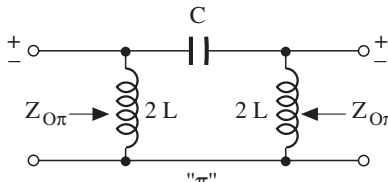
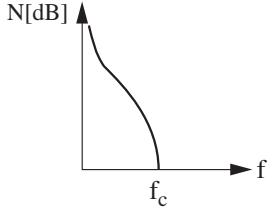
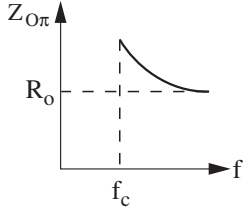
עכבה אופיינית של רשת T - Z_{OT} [Ω]
סימטרית מעבירה נמוכים

$$Z_{OT}(\omega) = R_o \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2}$$

עכבה אופיינית של רשת π - $Z_{O\pi}$ [Ω]
סימטרית מעבירה נמוכים

$$Z_{O\pi}(\omega) = \frac{R_o}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2}}$$

מסנן HPF מסוג K קבוע

constant-K HIGH PASS FILTER		
CONFIGURATION	ATTENUATION	IMPEDANCE
 <p>"T" (FULL SECTION)</p>		
 <p>"π"</p>		
$L = \frac{R_0}{4\pi f_c} \quad ; \quad C = \frac{1}{4\pi f_c R_0}$		<p>$R_0 =$ LINE IMPEDANCE</p>

תדר פוגה - f_c [Hz]

$$f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$$

כאשר $\omega > \omega_c$:

$$\beta = -2 \sin^{-1} \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right)$$

כאשר $\omega < \omega_c$:

$$\alpha = 2 \cosh^{-1} \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right)$$

עכבה אופיינית של רשת T - Z_{OT} [Ω]
סימטרית מעבירה גבוהים

$$Z_{OT}(\omega) = R_o \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right)^2}$$

עכבה אופיינית של רשת π - $Z_{O\pi}$ [Ω]
סימטרית מעבירה גבוהים

$$Z_{O\pi}(\omega) = \frac{R_o}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right)^2}}$$

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים

לשאלון 711001, אביב תשע"ה

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
quality factor	Коэффициент добротности	عامل النوعية	גורם טיב
active power	Активная мощность	القدرة الفعّالة	הספק פעיל
inductive	Индуктивное	تخريضي / محاثي	השראותי
characteristic resistance	Характерное сопротивление	المقاومة المميّزة	התנגדות אופיינית
phase angle	Фазовый угол	زاوية الطور	זווית מופע
filter unit	Звено фильтра	خليّة المصفّاة	חוליית מסנן
effective voltage	Эффективное напряжение	الفولطية الفعّالة	מתח יעיל
characteristic impedance	Характерное реактивное сопротивление	الممانعة المميّزة	עכבה אופיינית
capacitive	Емкостное	ذو سعة (كهربائية)	קיבולי
cascade	Каскад	متسلسل (كاسكادا)	קסקדה
logic component	Логический элемент	عنصر منطقي	רכיב לוגי
node voltage method	Метод узловых потенциалов	طريقة فولطيات العقود	שיטת מתחי הצמתים
half power frequencies	Частота половинной мощности	تردد نصف القدرة	תדרי מחצית ההספק