

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ד, 2014

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

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.

בשאלון זה 9 עמודים ו-22 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 רכיב לוגי המפעיל דiodת LED.

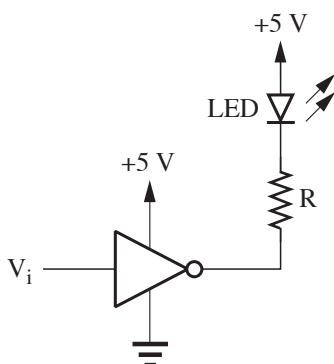
נתוני הרכיב הלוגי:

$$V_{OH} = 4 \text{ V}, V_{OL} = 0.4 \text{ V}$$

$$I_{OH} = 0.4 \text{ mA}, I_{OL} = 16 \text{ mA}$$

נתוני ה-LED:

$$I_{LED_{max}} = 20 \text{ mA}, V_{LED} = 1.2 \text{ V}$$

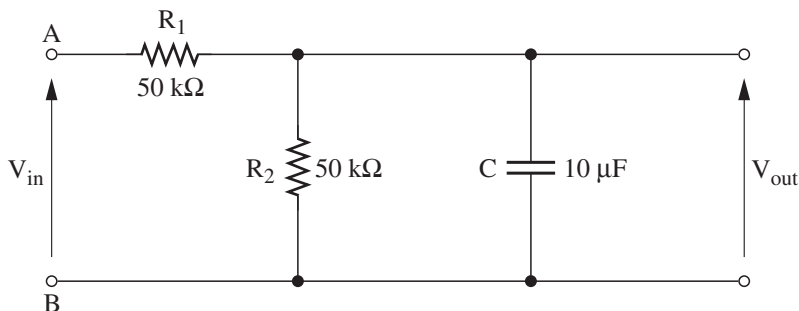


איור לשאלה 1

- מהי הרמה הלוגית שיש לספק במבוא V_i כדי להדליק את ה-LED? נמק את תשובתך.
- חשב את ערך הנגד R הנדרש כדי להדליק את ה-LED, כאשר הזרם דרכה הוא 4 mA.
- מהו הערך המזערי (המינימלי) של הנגד R, שעבורו הדiodה והרכיב הלוגי לא יינזקו?
- ענה על סעיף ג' עבור רכיב לוגי אחר שנתוניו זהים לאלו של הרכיב הלוגי הנתון, מלבד הזרם I_{OL} שערכו 40 mA.

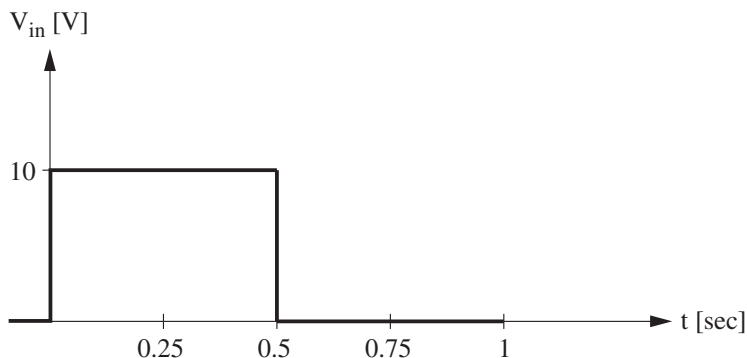
שאלה 2

באיור א' לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 2

- א. חשב את קבוע זמן הטעינה של הקבל C.
- ב. באיור ב' לשאלה מתואר המתח V_{in} המסופק למעגל. המתח על הקבל C בזמן $t = 0$ הוא 0 V.



איור ב' לשאלה 2

העתק את איור ב' למחברתך, וסרטט מתחתי, בהתאמה, את צורת מתח המוצא V_{out} כפונקציה של הזמן.

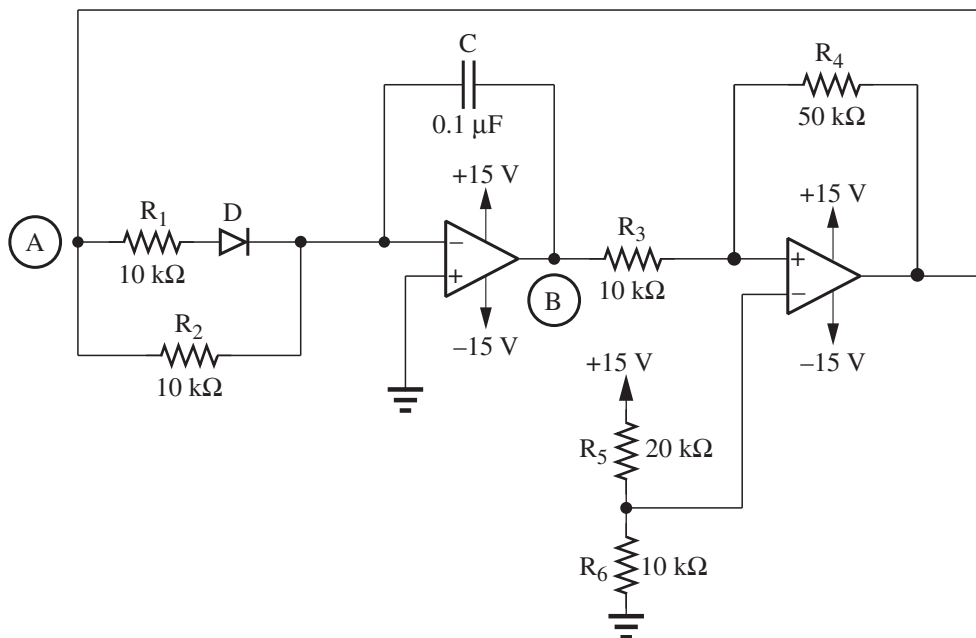
- ג. חשב את ערכו של V_{out} כאשר:

1. $t = 0.25 \text{ sec}$ 2. $t = 0.75 \text{ sec}$

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי. מגברי השרת והדיודה – אידיאליים.

מתחי ההזנה למגברי השרת הם $\pm 15 \text{ V}$.

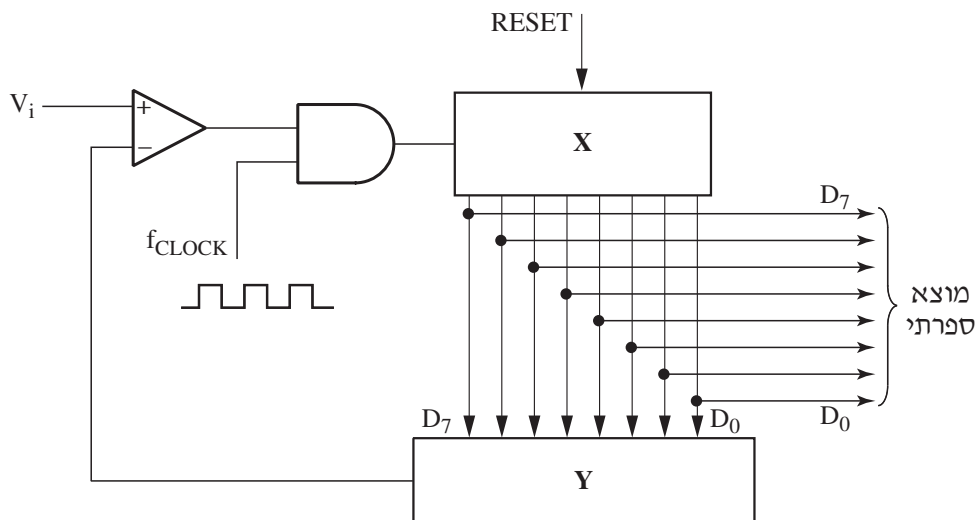


איור לשאלה 3

- א. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את צורת המתח בנקודות A ו-B, כפונקציה של הזמן.
- ב. חשב את ערכי המתחים הקיצוניים בנקודות A ו-B, וציין אותם בסרטוטך.
- ג. מה תפקידה של הדיודה D במעגל? נמק את תשובתך.
- ד. חשב את התדר ואת מחזור הפעולה (Duty Cycle) של המתח בנקודה A.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תרשים מלבנים של ממיר אות אנלוגי לאות ספרתי (A / D).



איור לשאלה 4

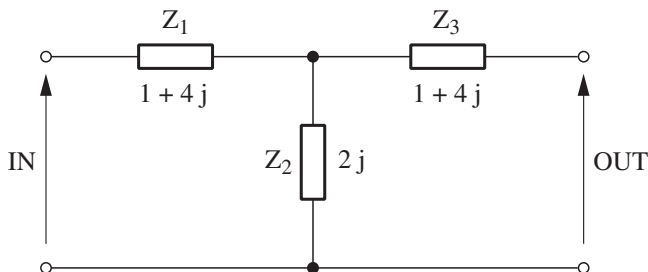
- א. 1. איזה רכיב מייצגת כל אחת מן היחידות X ו-Y?
2. רשום את תפקידה של כל אחת מן היחידות X ו-Y.
- ב. מהו הפרש הזמן המזערי (המינימלי) בין שני דפקי RESET עוקבים, אם התדר של האות f_{CLOCK} הוא 5 MHz? נמק את תשובתך.
- ג. עבור מתח-מבוא $V_{\text{in}} = 2.55 \text{ V}$ – מתקבלת במוצא היחידה X המילה הבינארית $D_7 D_6 D_5 D_4 D_3 D_2 D_1 D_0 = 01111111$. חשב את כושר ההבחנה של הממיר הזה.
- ד. מהו הערך המרבי (המקסימלי) של המתח V_{in} הניתן להמרה על-ידי הממיר הזה? נמק את תשובתך.

פרק שני: מבוא להנדסת חשמל

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

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתונה רשת זוגיים.

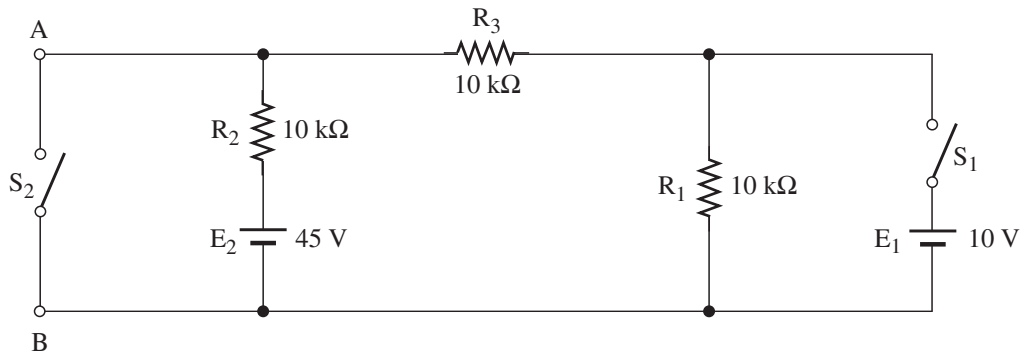


איור לשאלה 5

- חשב את המקדמים A, B, C, D של רשת הזוגיים הנתונה באיור.
- חשב את העכבה האופיינית של הרשת הזו.
- מחברים בשרשרת (בקסקדה) שתי רשתות כמו זו המתוארת באיור. חשב את מקדמי הזוגיים (A, B, C, D) של הרשת הכוללת.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.

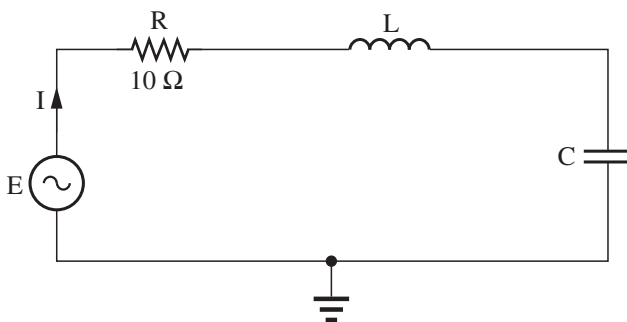


איור לשאלה 6

- א. חשב את המתח על הנגד R_1 , כאשר שני המפסקים S_1 ו- S_2 פתוחים.
- ב. סוגרים את שני המפסקים.
 1. חשב את הזרם העובר דרך מקור המתח E_1 .
 2. חשב את הזרם העובר דרך המפסק S_2 , וציין את כיוונו (מ- A ל- B או מ- B ל- A).
- ג. פותחים את המפסק S_2 (המפסק S_1 נשאר סגור).
 1. חשב את הזרם העובר דרך מקור המתח E_1 .
 2. האם במצב הזה מקור המתח E_1 הוא ספק אנרגיה או צרכן אנרגיה? נמק את תשובתך.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל RLC טורי הנמצא במצב תהודה. תדר התהודה הוא 4 kHz, ורוחב הפס של המעגל הוא 400 Hz.

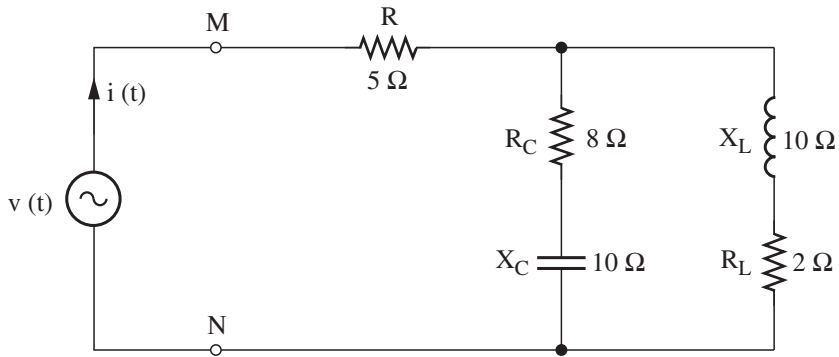


איור לשאלה 7

- א. חשב את גורם הטיב של המעגל.
- ב. חשב את השראות הסליל L ואת קיבול הקבל C .
- ג. חשב את הזרם I כאשר מתח המקור הוא $E = 5 \angle 0^\circ \text{ V}$.
- ד.
 1. חשב את תדרי מחצית ההספק של המעגל הזה.
 2. חשב את ההספק הפעיל המתקבל בתדרים הללו.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי, שבו: $v(t) = 200\sqrt{2} \cdot \sin(100t)$ V.



איור לשאלה 8

א. חשב את העכבה Z שהמקור $v(t)$ "רואה" בין הנקודות M ו-N.

הצג את Z כמספר מרוכב, שצורתו:

1. קרטזית - $Z = R + jX$

2. פולארית - $Z = |Z| \angle \alpha$

ב. האם המעגל הזה נמצא במצב תהודה? אם כן - נמק את תשובתך. אם לא - קבע את אופיו של המעגל (השראותי או קיבולי).

ג. רשום את הביטוי של זרם-המקור כפונקציה של הזמן, $i(t)$.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

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

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית, העוסק בהשפעת הגובה (יחסית לפני הים) על איכות הפעולה של ספקי כוח (ממירי ac ל-de).

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

- א. עד איזה גובה טיפוסי מתוכננים לפעול רוב ספקי הכוח?
- ב. מהי השפעת הגובה (יחסית לפני הים) על איכות הבידוד של האוויר?
- ג. כיצד מושפע התכנון של כרטיסים אלקטרוניים מהגובה שבו נדרש המעגל החשמלי לפעול באופן תקין?
- ד. איזו השפעה עיקרית נוספת יש לגובה על פעולת ספקי הכוח, וכיצד ניתן לבטל אותה?

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובאים דפי-מפרט בשפה האנגלית של משפחת מחוללי אותות מתוכנתים.

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

- א. רשום שלושה ייעודים של הרכיב הזה.
- ב. ציין את מספרי ההדקים ברכיב שאליהם ניתן לחבר גביש חיצוני.
- ג. מהו התפקיד של זיכרון ה-EEPROM ברכיב הזה?
- ד. 1. האם ההדקים $S_0 \div S_2$ ברכיב מיועדים לאספקת מתח או לבקרה?
2. ציין שני תפקידים של ההדקים הללו ברכיב.

בהצלחה!

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

Based on article from power-topics.blogspot.co.il

9.10.2012

How does altitude affect ac-dc Power Supplies

Most ac-dc power supplies that meet the safety standards per UL/EN 60950-1 for Information Technology Equipment (ITE) applications are designed to operate at typical office and factory altitudes, which can vary from slightly above sea level to as high as 2,000-meters (6,562-feet). Many power supply manufacturers provide units that are designed and rated for operation at higher altitudes, up to 3,000-meters (9,843-feet) so their supplies can be used in major cities located at higher elevations (e.g., Denver, Santa Fe, Mexico City, Bogota). Many broadcasting/communications stations/towers are located at altitudes up to 3,000-meters or higher in order to maximize their range.

Altitude affects the design of power supplies since 'air' is used as an electric insulating medium (aka, dielectric) in the construction of power supplies, as well as most electronic devices. The density and dielectric strength (insulating property) of air is very good at sea level, but at higher altitudes, the thinner air loses some of its dielectric strength, which needs to be compensated for. Switchmode power supplies operate off of high voltages (inputs of 90 to 265Vac) and internally generate even higher voltages (400Vdc or more), which need to be insulated and contained to prevent high voltage arcing or breakdown within the supply, and to protect the end-equipment and operating personnel.

Most electronic circuits are built on Printed Circuit Boards (PCB). Since 'air' gets thinner (reduced barometric pressure) at higher altitudes and becomes less of an insulator, the PCB and component layouts have to be designed with sufficient safety spacing distances to prevent high voltage arcs or breakdowns between conductors and/or electronic components.

The other major effect of high altitudes on power supplies is that the less dense air does not conduct heat as well. To compensate for higher altitudes, power supplies need to be derated, or employ larger heat sinks, or have increased forced air flow, or a combination of these to insure proper cooling. In addition, the power supply must be designed with the proper conductor and component clearances as discussed above.

In summary, whenever an application requires that a power supply must operate at altitudes above 2,000 meters (6,562 feet), always check with the manufacturer to determine if this is acceptable, or if an alternate model that is designed for higher altitudes is required.



www.ti.com

CDCE913
CDCEL913

Programmable 1-PLL VCXO Clock Synthesizer With 1.8-V, 2.5-V, and 3.3-V Outputs

DESCRIPTION

The CDCE913 and CDCEL913 are modular PLL-based low-cost, high-performance, programmable clock synthesizers, multipliers, and dividers. They generate up to 3 output clocks from a single input frequency. Each output can be programmed in-system for any clock frequency up to 230 MHz, using the integrated configurable PLL.

The CDCx913 has separate output supply pins, V_{DDOUT} , which is 1.8 V for CDCEL913 and 2.5 V to 3.3 V for CDCE913.

The input accepts an external crystal or LVCMOS clock signal. If an external crystal is used, an on-chip load capacitor is adequate for most applications. The value of the load capacitor is programmable from 0 to 20 pF. Additionally, an on-chip VCXO is selectable which allows synchronization of the output frequency to an external control signal, that is, PWM signal.

The deep M/N divider ratio allows the generation of zero-ppm audio/video, networking (WLAN, BlueTooth, Ethernet, GPS) or interface (USB, IEEE1394, Memory Stick) clocks from e.g., a 27 MHz reference input frequency.

The PLL supports SSC (spread-spectrum clocking). SSC can be center-spread or down-spread clocking which is a common technique to reduce electro-magnetic interference (EMI).

Based on the PLL frequency and the divider settings, the internal loop filter components are automatically adjusted to achieve high stability and optimized jitter transfer characteristic.

The device supports non-volatile EEPROM programming for ease customization of the device to the application. It is preset to a factory default configuration (see the DEFAULT DEVICE CONFIGURATION section). It can be re-programmed to a different application configuration before PCB assembly, or re-programmed by in-system programming. All device settings are programmable through SDA/SCL bus, a 2-wire serial interface.

Three programmable control inputs, S0, S1 and S2, can be used to select different frequencies, or change SSC setting for lowering EMI, or other control features like, outputs disable to low, outputs 3-state, power down, PLL bypass etc).

The CDCx913 operates in a 1.8 V environment. It operates in a temperature range of -40°C to 85°C .

Xin/CLK	1	14	Xout
S0	2	13	S1/SDA
V_{DD}	3	12	S2/SCL
V_{ctr}	4	11	Y1
GND	5	10	GND
V_{DDOUT}	6	9	Y2
V_{DDOUT}	7	8	Y3

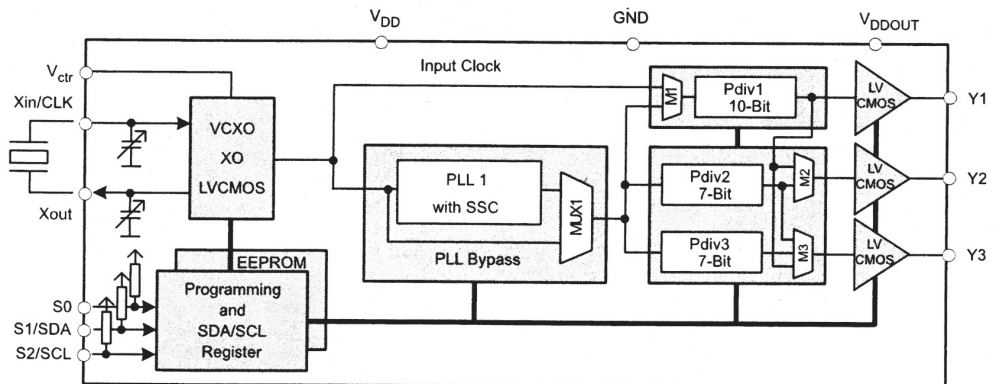
נספח לשאלה 10 לשאלון תורת האלקטרוניקה והחשמל ט'

סמל 711001 , אביב תשע"ד

Terminal Functions for CDCE913, CDCEL913

TERMINAL		I/O	DESCRIPTION
NAME	PIN TSSOP14		
Y1–Y3	11, 9, 8	O	LVC MOS outputs
Xin/CLK	1	I	Crystal oscillator input or LVC MOS clock Input (selectable via SDA/SCL bus)
Xout	14	O	Crystal oscillator output (leave open or pullup when not used)
V _{Ctrl}	4	I	VCXO control voltage (leave open or pullup when not used)
V _{DD}	3	Power	1.8-V power supply for the device
V _{DDOUT}	6, 7	Power	CDCEL913: 1.8-V supply for all outputs
			CDCE913: 3.3-V or 2.5-V supply for all outputs
GND	5, 10	Ground	Ground
S0	2	I	User-programmable control input S0; LVC MOS inputs; internal pullup 500k
SDA/S1	13	I/O or I	SDA: bidirectional serial data input/output (default configuration), LVC MOS internal pullup; or S1: user-programmable control input; LVC MOS inputs; internal pullup 500k
SCL/S2	12	I	SCL: serial clock input LVC MOS (default configuration), internal pullup 500k or S2: user-programmable control input; LVC MOS inputs; internal pullup 500k

Functional Block Diagram



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]

מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$) - V_∞ [V]

מתח התחלתי - V_{0+} [V]

זמן - t [sec]

קבוע הזמן - τ [sec]

זרם מוצא - $I(t)$ [A]

זרם סופי (עבור $t \rightarrow \infty$) - I_∞ [A]

זרם התחלתי - I_{0+} [A]

התנגדות שקולה ש"רואה" הרכיב - R_{eq} [Ω]

ההיגבי, מחושבת לפי תבנית

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

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

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

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

טעינה לינארית

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:

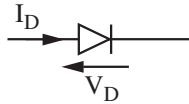
$$I_L = \frac{V_L}{L} \cdot t + I_L(0)$$

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

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]

דיודת צומת

סימול:



א. דיודה אידיאלית

ממתח קדמי - $V_D = 0$ (קָצֵר)

ממתח אחורני - $I_D = 0$ (נִתְק)

ב. קירוב באמצעות V_γ

ממתח קדמי - $V_D = V_\gamma$

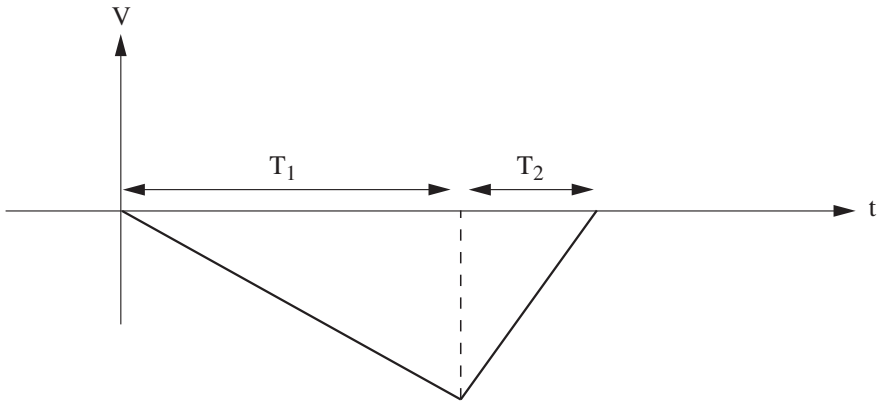
ממתח אחורני - $I_D = 0$ ($V_D < V_\gamma$)

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

ממיר A/D מסוג שיפוע כפול – DUAL SLOPE



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]

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

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

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

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

ממיר A/D מסוג קירוב רציף – SUCCESSIVE APPROXIMATION

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

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

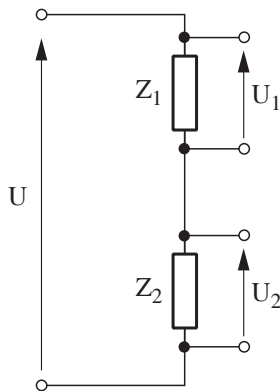
בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנכתוב תשובות

נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(15 עמודים)

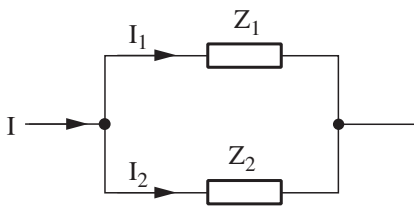


מחלק מתח

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

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

מחלק זרם



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

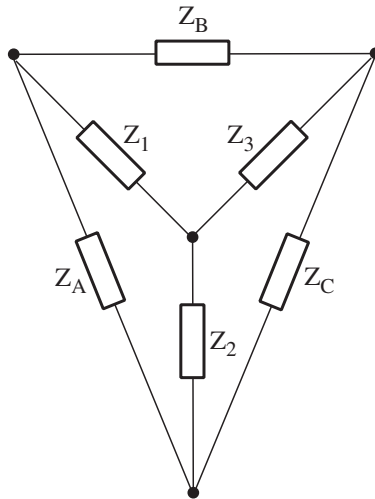
$$I_2 = \frac{I \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

ההמרה של כוכב במשולש

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

ההמרה של משולש בכוכב

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



זרם חילופין סינוסואידלי

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

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

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

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

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

$$\omega = 2\pi f$$

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

$$X_L = \omega L$$

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

$$X_M = \omega M = k \sqrt{|X_{L_1}| \cdot |X_{L_2}|}$$

ערך רגעי של הזרם - $i(t)$ [A]

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

זווית מופע - α [rad]

זמן - t [sec]

ערך רגעי של המתח - $u(t)$ [V]

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

ערך יעיל של הזרם - I_{eff} [A]

ערך יעיל של המתח - U_{eff} [V]

זמן המחזור - T [sec]

תדירות זוויתית - ω [rad / sec]

תדירות - f [Hz]

היגב השראותי - X_L [Ω]

היגב קיבולי - X_C [Ω]

השראות הדדית - M [H]

מקדם הצימוד ($0 \leq k \leq 1$) - k

השראות עצמית של סליל 1 - L_1 [H]

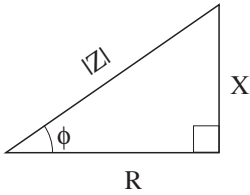
השראות עצמית של סליל 2 - L_2 [H]

היגב ההשראות ההדדית - X_M [Ω]

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

$$Z = R \pm jX$$

משולש העכבות



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

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

;

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

;

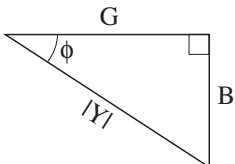
$$\tan \phi = \frac{X}{R}$$

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

$$Y = G \pm jB$$

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

משולש המתירויות



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

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

;

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

;

$$\tan \phi = \frac{B}{G}$$

הספקים בזרם חילופין

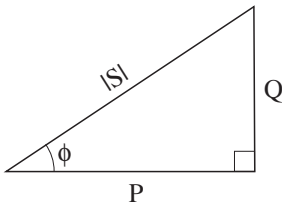
- P [W] – הספק פעיל
 $|I_R|$ [A] – הערך המוחלט של הזרם בנגד
 $|U_R|$ [V] – הערך המוחלט של המתח על הנגד
 Q [VAr] – הספק היגבי
 $|I_X|$ [A] – הערך המוחלט של זרם ההיגב
 $|U_X|$ [V] – הערך המוחלט של מתח ההיגב
 S [VA] – הספק מדומה
 $|I_Z|$ [A] – הערך המוחלט של זרם העכבה
 $|U_Z|$ [V] – הערך המוחלט של מתח העכבה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

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

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

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

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



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

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

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

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

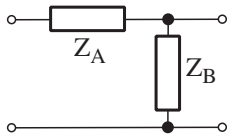
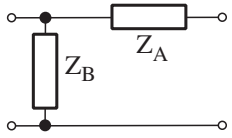
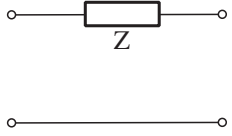
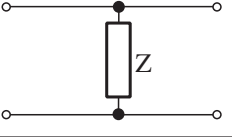
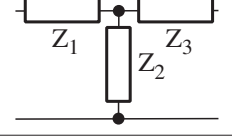
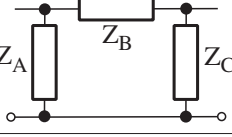
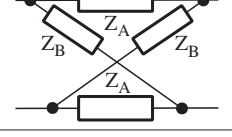
Y מקדמי

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

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

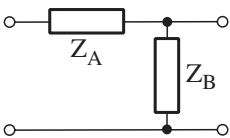
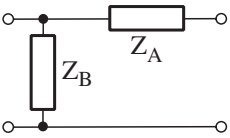
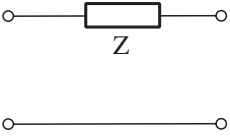
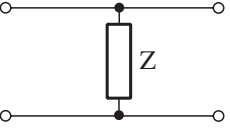
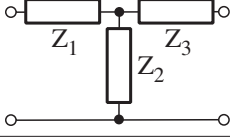
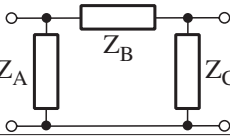
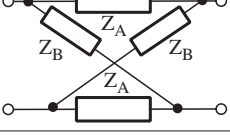
$$I_2 = Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2$$

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 I_1 וזרם המוצא I_2 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 – זרם המוצא I_2 נכנס לרשת.
- ב. $|Y|$, $|Z|$ הם דטרמיננטים של המטריצות [Z] ו-[Y], בהתאמה.

רשתות זוגיים

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

עכבה אופיינית $- Z_O$ $[\Omega]$

עכבת המבוא כאשר
המוצא בקצר $- Z_{SC}$ $[\Omega]$

עכבת המבוא כאשר
המוצא בנתק $- Z_{OC}$ $[\Omega]$

מקדם זוגיים $- B$

מקדם זוגיים $- C$

(עבור רשת
סימטרית בלבד)

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

מהצד
האחד { עכבת הברואה $- Z_{O1}$ $[\Omega]$
עכבת המבוא כאשר
המוצא בקצר $- Z_{SC1}$ $[\Omega]$
עכבת המבוא כאשר
המוצא בנתק $- Z_{OC1}$ $[\Omega]$

מהצד
האחר { עכבת הברואה $- Z_{O2}$ $[\Omega]$
עכבת המבוא כאשר
המוצא בקצר $- Z_{SC2}$ $[\Omega]$
עכבת המבוא כאשר
המוצא בנתק $- Z_{OC2}$ $[\Omega]$

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

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

קבוע ההתפשטות $- \gamma$

קבוע הניחות $- \alpha$ [neper]

קבוע המופע, זווית המופע
בין הזרמים I_1 ו- I_2 $- \beta$ [rad]

ניחות $- N$

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

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

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

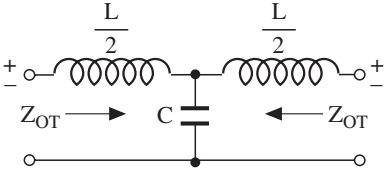
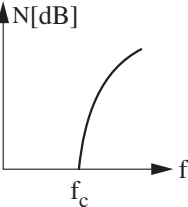
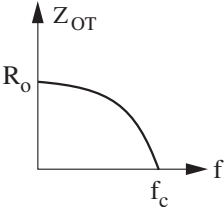
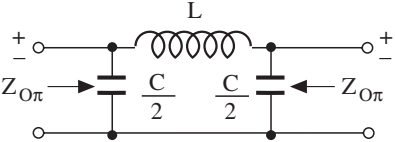
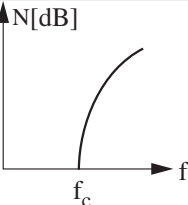
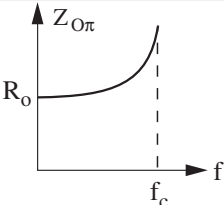
$$1 \text{ neper} = 8.69 \text{ dB}$$

מסננים מסוג K קבוע

התנגדות אופיינית R_o [Ω] -

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

מסנן LPF

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

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 $\omega > \omega_c$:

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

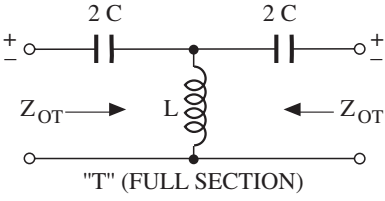
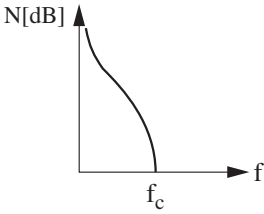
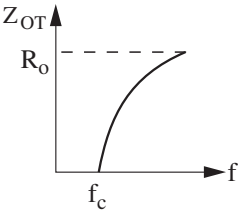
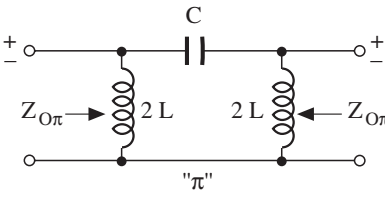
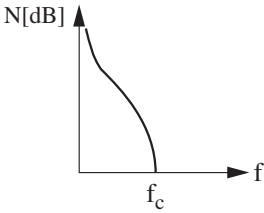
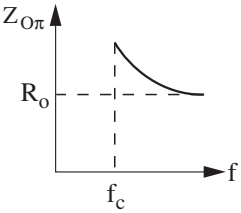
עכבה אופיינית של רשת T - Z_{OT} [Ω]
סימטרית מעבירה נמוכים

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

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

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

HPF מסנן

constant-K HIGH PASS FILTER		
CONFIGURATION	ATTENUATION	IMPEDANCE
 "T" (FULL SECTION)		
 "pi"		
$L = \frac{R_o}{4 \pi f_c} \quad ; \quad C = \frac{1}{4 \pi f_c R_o}$		$R_o = \text{LINE IMPEDANCE}$

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!