

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ז, 2017

סמל השאלון: 711001

נספחים: א. נספח לשאלה 9

ב. נספח לשאלה 10

ג. נוסחאון באלקטרוניקה

ד. ספרתית א' לכיתה י"ג

ה. 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 הערכה: 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:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
- רשום את כל תשובותיך אך ורק בעט.
- הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- 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.
- לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, אנגלית, רוסית וערבית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 10 עמודים ו-23 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות

הן לנבחנות והן לנבחנים.

◀ המשך מעבר לדף

בהצלחה!

השאלות

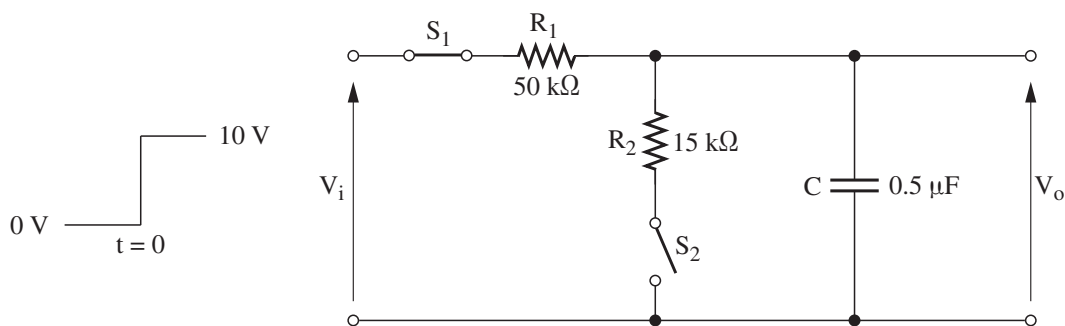
ענה על חמש מבין השאלות 1-10. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

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. הקבל C אינו טעון. המפסק S_1 סגור והמפסק S_2 פתוח. ברגע $t = 0$ מספקים למבוא-המעגל אות-מדרגה של 10 V .



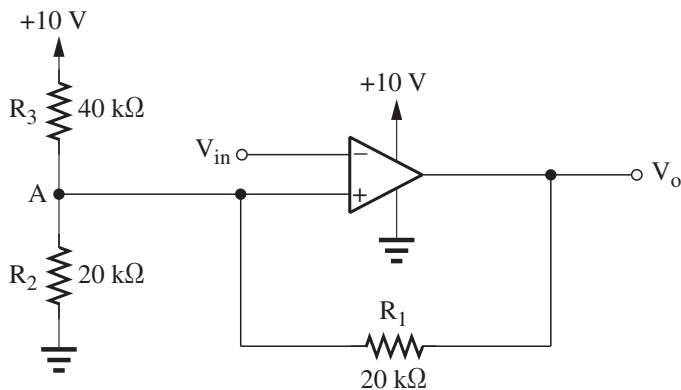
איור לשאלה 1

כאשר ערכו של מתח-המוצא מגיע ל- 5 V פותחים את המפסק S_1 וסוגרים את המפסק S_2 .

- חשב את ערכו של קבוע-זמן הטעינה (τ) של המעגל שבאיור.
- חשב את הזמן שבו פותחים את המפסק S_1 וסוגרים את המפסק S_2 .
- חשב את ערכו של מתח-המוצא 2 msec לאחר פתיחת המפסק S_1 וסגירת המפסק S_2 .
- סרטט את מתח-המוצא V_o כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוט ערכי מתח וערכי זמן.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 2

א. חשב את המתח בנקודה A במעגל, כאשר:

1. $V_o = 0 \text{ V}$

2. $V_o = 10 \text{ V}$

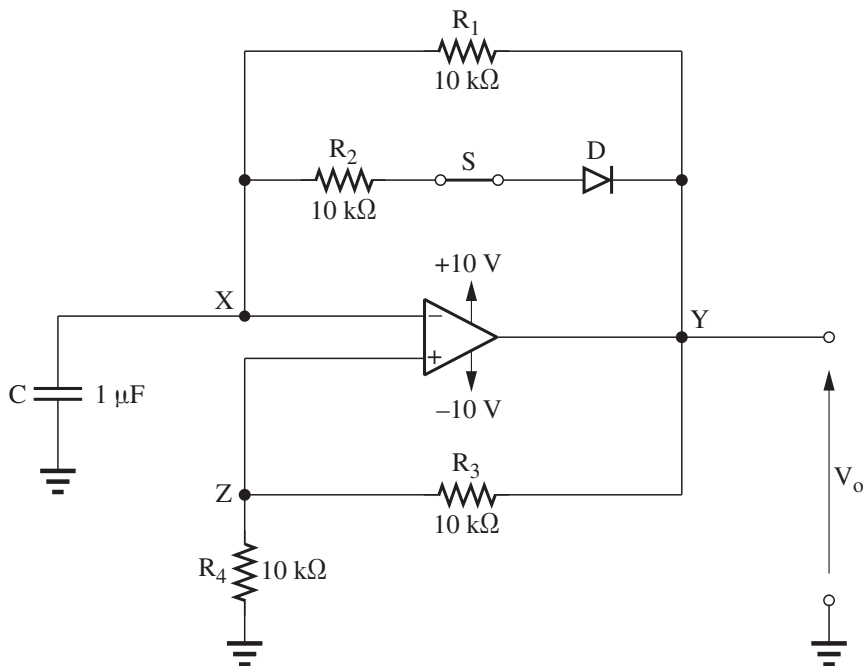
ב. 1. סרטט את אופיין המעבר של המעגל עבור תחום מתח-המבוא $0 \text{ V} \leq V_{in} \leq 10 \text{ V}$.

2. ציין את ייעודו של המעגל החשמלי הזה.

ג. סרטט את מתח-המוצא V_o כפונקציה של הזמן, כאשר מתח-המבוא הוא: $V_{in}(t) = 10 \cdot \sin(\omega t)$.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון המעגל החשמלי של מחולל גל משולש וגל מרובע. מגבר־השרת והדיודה D במעגל – אידיאליים.

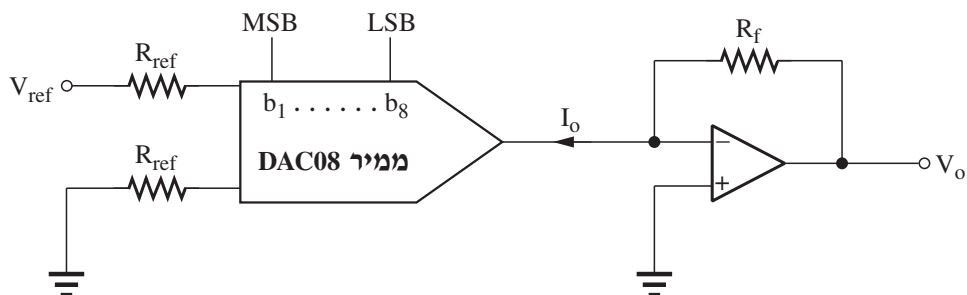


איור לשאלה 3

- א. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את צורות הגל של המתחים בנקודות X, Y ו-Z במעגל, כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך ערכי מתחים וערכי זמנים.
- ב. חשב את תדר התנודות ואת מחזור הפעולה (Duty Cycle) של המחולל.
- ג. פותחים את המפסק S. סרטט את צורת הגל של המתח בנקודה Y.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון המעגל החשמלי של ממיר DAC08.



איור לשאלה 4

- א. רשום ביטוי לזרם I_o , כפונקציה של המתח V_{ref} , הנגד R_{ref} וערכי הסיביות $b_1 \div b_8$.
- ב. רשום ביטוי למתח המוצא V_o , כפונקציה של המתח V_{ref} , הנגדים R_{ref} ו- R_f , וערכי שמונה הסיביות $b_1 \div b_8$.

לסיביות $b_1 \div b_8$ נמסר האות הספרתי 00110001.

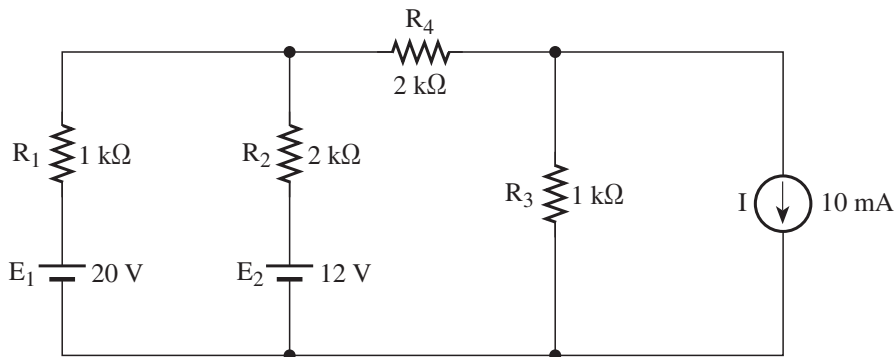
- ג. נתון: $V_{ref} = 10\text{ V}$ ו- $R_f = R_{ref} = 5\text{ k}\Omega$. חשב את הזרם I_o ואת מתח המוצא V_o .
- ד. נתון: $V_{ref} = 5\text{ V}$.
 1. חשב את ערך הנגד R_{ref} , המאפשר לקבל את אותו ערך של הזרם I_o שקיבלת בסעיף ג'.
 2. חשב את ערך הנגד R_f , המאפשר לקבל במוצא המעגל מתח כפול מזה שקיבלת בסעיף ג' עבור ערך הנגד R_{ref} שחישבת בסעיף ד' 1.

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.

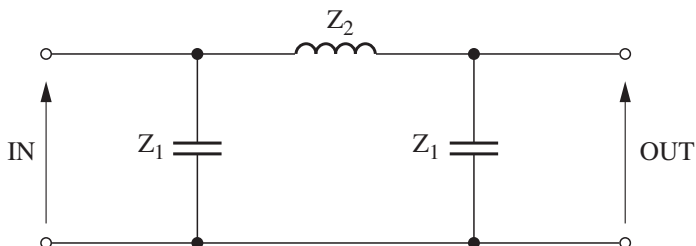


איור לשאלה 5

- א. המר את מקור-הזרם I במקור-מתח מתאים, ורשום מערכת משוואות לפתרון המעגל בשיטת זרמי החוגים.
- ב. חשב את הזרם העובר בכל אחד מן הנגדים במעגל שבאיור (לפני ההמרה שביצעת בסעיף א').
- ג. חשב את ההספק על הנגד R_3 .

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתונה רשת-זוגיים סימטרית.



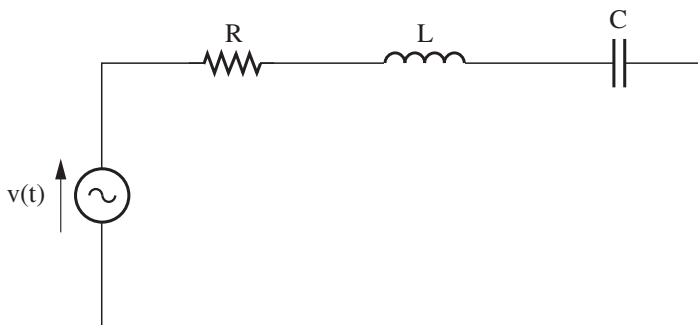
איור לשאלה 6

נתוני הרשת הם: $L = 20 \text{ mH}$; $C = 1 \mu\text{F}$; $f = 1 \text{ kHz}$.

- א. חשב את העכבות Z_1 ו- Z_2 .
- ב. חשב את המקדמים A, B, C, D של רשת-הזוגיים הזו.
- ג. חשב את עכבת-המבוא, כאשר:
 1. המוצא נמצא בנתק.
 2. המוצא נמצא בקצר.
- ד. חשב את העכבה האופיינית של הרשת הזו.

שאלה 7

- המעגל החשמלי שבאיור לשאלה 7 נמצא **במצב תהודה**, וגורם הטיב שלו הוא $Q_0 = 50$.
הזרם במעגל במצב הזה הוא $I = 10 \text{ mA}$.
מתח המקור הוא: $v(t) = 2 \cdot \sin(10^6 t) \text{ [V]}$.



איור לשאלה 7

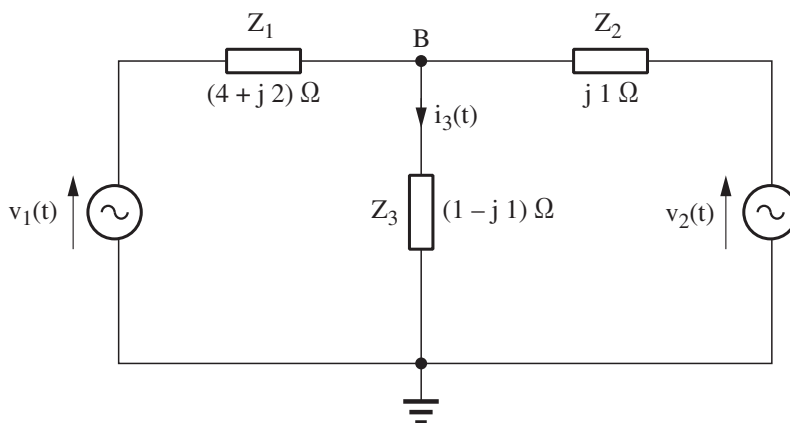
- א. חשב את התנגדות הנגד R , את השראות הסליל L ואת קיבול הקבל C .
ב. חשב את רוחב־הפס של המעגל.
ג. חשב את מפל־המתח על כל אחד מן הרכיבים במעגל, כאשר הוא **אינו במצב תהודה** ו־ $\omega = 5 \cdot 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי, שבו:

$$i_3(t) = 5.656 \cdot \sin\left(314t + \frac{\pi}{4}\right) [\text{A}] \quad ; \quad v_1(t) = 28.28 \cdot \sin(314t) [\text{V}]$$

תדר התנודות של מקור־המתח v_2 זהה לתדר התנודות של מקור־המתח v_1 .



איור לשאלה 8

- א. רשום ביטוי למתח בצומת B כפונקציה של הזמן, $v_B(t)$.
- ב. חשב את הזרם היעיל העובר בעכבה Z_1 .
- ג. חשב את הזרם היעיל העובר בעכבה Z_2 .
- ד. חשב את המתח היעיל של מקור־המתח v_2 , ורשום ביטוי למקור־המתח הזה כפונקציה של הזמן, $v_2(t)$.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

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

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובא דף-מפרט בשפה האנגלית של רכיב אלקטרוני .
עליך לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב בדף-המפרט.

- א. מהו תפקידו של הרכיב?
- ב. בכמה צירים יכול הרכיב לבצע מדידות, ומהם תחומי-המדידה שלו?
- ג. מהו סוג התקשורת הספרתית שבה ניתן לתקשר עם הרכיב? ציין את שמות ההדקים ברכיב המוקצים לתקשורת זו.
- ד. מהו תחום מתחי-האספקה של הרכיב ומהו תחום צריכת הזרם שלו?

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית, העוסק בחיישן MTCS .
עליך לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב במאמר.

- א. מהו ייעודו של החיישן הזה?
- ב. מהו החידוש המופיע לראשונה במבנה החיישן הזה?
- ג. לאיזה טווח רמות-תאורה של האור הנראה מיועד החיישן הזה?
- ד. ציין שלושה מאפיינים של החיישן.

בהצלחה!

NXP Semiconductors
Data sheet: Technical data
Document Number: MMA8451Q
Rev. 10.1, 05/2016

MMA8451Q, 3-axis, 14-bit/8-bit digital accelerometer

The MMA8451Q is a smart, low-power, three-axis, capacitive, micromachined accelerometer with 14 bits of resolution. This accelerometer is packed with embedded functions with flexible user programmable options, configurable to two interrupt pins. Embedded interrupt functions allow for overall power savings relieving the host processor from continuously polling data. There is access to both low-pass filtered data as well as high-pass filtered data, which minimizes the data analysis required for jolt detection and faster transitions. The device can be configured to generate inertial wakeup interrupt signals from any combination of the configurable embedded functions allowing the MMA8451Q to monitor events and remain in a low-power mode during periods of inactivity.

Features

- 1.95 V to 3.6 V supply voltage
- 1.6 V to 3.6 V interface voltage
- $\pm 2\text{ g}/\pm 4\text{ g}/\pm 8\text{ g}$ dynamically selectable full scale
- Output data rates (ODR) from 1.56 Hz to 800 Hz
- 14-bit and 8-bit digital output
- I²C digital output interface (operates to 2.25 MHz with 4.7 k Ω pullup)
- Two programmable interrupt pins for seven interrupt sources
- Three embedded channels of motion detection
 - Freefall or motion detection: one channel
 - Pulse detection: one channel
 - Jolt detection: one channel
- Orientation (portrait/landscape) detection with programmable hysteresis
- Automatic ODR change for auto-wake and return to sleep
- 32-sample FIFO
- High-pass filter data available per sample and through the FIFO
- Self-test
- Current consumption: 6 μA to 165 μA

Typical Applications

- E-compass applications
- Static orientation detection (portrait/landscape, up/down, left/right, back/front position identification)
- Notebook, e-reader, and laptop tumble and freefall detection
- Real-time orientation detection (virtual reality and gaming 3D user position feedback)
- Real-time activity analysis (pedometer step counting, freefall drop detection for HDD, dead-reckoning GPS backup)
- Motion detection for portable product power saving (auto-sleep and auto-wake for cell phone, PDA, GPS, gaming)
- Shock and vibration monitoring (mechatronic compensation, shipping and warranty usage logging)
- User interface (menu scrolling by orientation change, tap detection for button replacement)

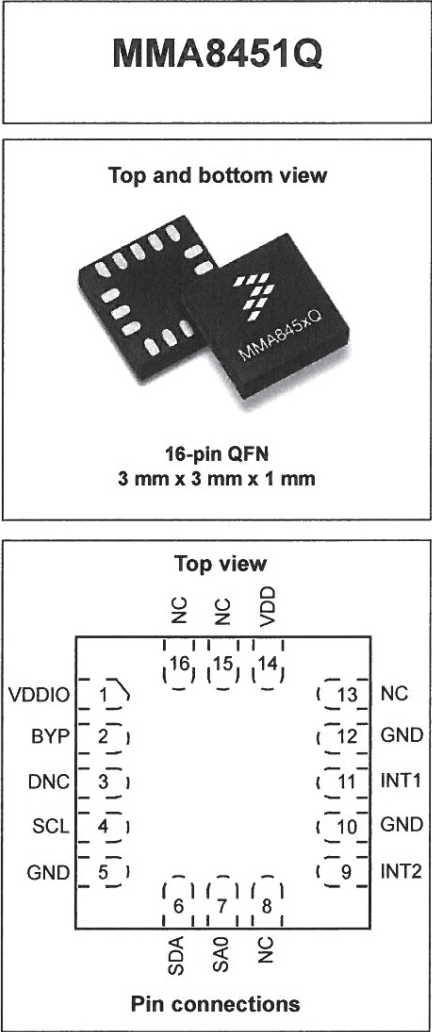


Table 1. Pin description

Pin #	Pin name	Description
1	VDDIO	Internal power supply (1.62 V to 3.6 V)
2	BYP	Bypass capacitor (0.1 μF)
3	DNC	Do not connect to anything, leave pin isolated and floating.
4	SCL	I ² C serial clock, open drain
5	GND	Connect to ground
6	SDA	I ² C serial data
7	SA0	I ² C least significant bit of the device I ² C address, I ² C 7-bit address = 0x1C (SA0 = 0), 0x1D (SA0 = 1).
8	NC	Internally not connected
9	INT2	Inertial interrupt 2, output pin
10	GND	Connect to ground
11	INT1	Inertial interrupt 1, output pin
12	GND	Connect to ground
13	NC	Internally not connected
14	VDD	Power supply (1.95 V to 3.6 V)
15	NC	Internally not connected
16	NC	Internally not connected (can be GND or VDD)

MTCS – XYZ True Color Sensor with I²C Interface

Introduction

The MAZeT company has developed a modernistic sensor solution for controlling LEDS.

The MTCS (MAZeT True Color Sensor) is a low power, high sensitivity sensor IC with I²C interface for relative and absolute color measurement and control. It is designed especially for emitting applications like LED lighting systems, directly integrated within projectors, video walls, TVs and displays.

It is the first to include a true-color filter function, integrated signal amplification based on light-to-digital conversion, and an on-chip temperature sensor.

The combination of True Color XYZ photodiodes with a filter function is based on the standard CIE 1931 / DIN 5033 (human eye perception). The integrated programmable Light-to-Digital converter with 10-24 bit ADC (output 16 bit via shifter) resolution provides an accurate XYZ spectral response to measure and control colors, color temperatures or color brightness. True Color in interference filter technology is the leading and most accurate technology of three-range sensors, more accurate than RGB sensors without spectral changings over lifetime.

The MTCS is designed to measure any light in the visible range in environments from sun light to dark rooms, dimmed LEDs, or dark colored monitors. A programmable range with the option of synchronization allows the user to optimize the sensitivity and match the requirements for specific applications, timings and interrupts.

The MTCS is long-term stable over the entire product lifetime and resistant to external influences such as temperature drifts and light energy.

The MTCS operates within temperature range of – 40°C to 125°C . These conditions and the guaranteed filter stability without spectral drifts over lifetime are necessary to use a sensor IC very close to LEDs in lighting applications.

The highlights of the MTCS at a glance

- Direct conversion of light to digital signals (light-to-digital, based on CIE 1931)
- Flexible ADC: High amplification and resolution of up to 24 bits
- Large dynamic range 1:10,000,000 (lowest to highest light intensity)
- Integration time can be variably programmed and reference currents can be set
- Temperature compensation on amplification channels with high linearity and synchronicity
- Measurement process (such as PWM) can be synchronized externally
- Signal evaluation via I^2C

Applications

- LED lighting control management for solid-state lighting applications (SSL)
- LED spotlights
- Cabin lighting
- Daylight management / Human and Color Centric Lighting (HCL and CCL)
- Ambient light color detection / correction
- LED display control
- LED display aging compensation and dynamic display color balancing
- Portable light color measurement
- Digital light projection (DLP)
- Printer
- Smart phone
- Palmtop computer (PDA)
- Tablet PCs
- LCD-TVs
- Digital picture
- Frames
- Digital cameras color enhancement

אין להעביר נוסחאון זה
מנבחן אחד למשנהו!

מקום לכתוב 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

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

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

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

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

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:

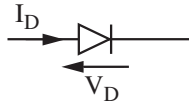
$$I_L = \frac{V_L}{L} \cdot t + I_L(0)$$

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

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 - $V_D = V_\gamma$

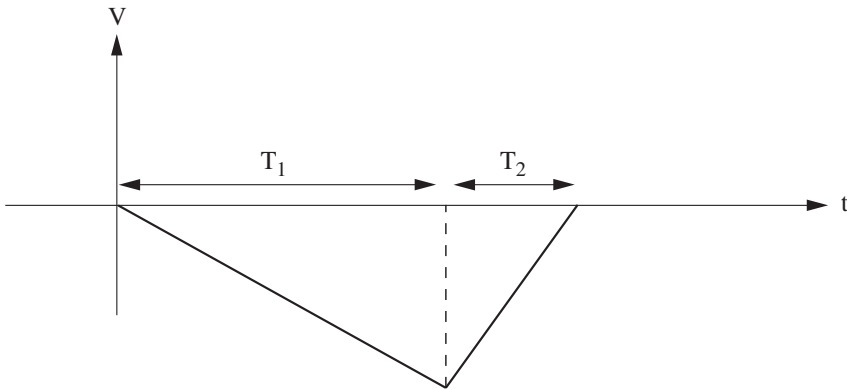
ממתח אחורני - $I_D = 0$ ($V_D < V_\gamma$)

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

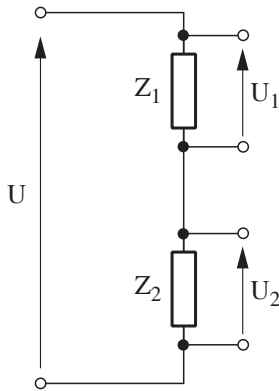
$$V_o = - \frac{V_{REF} \cdot R_f}{2^n \cdot R} \cdot D$$

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום למציאת נבחן

נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(15 עמודים)



מחלק מתח

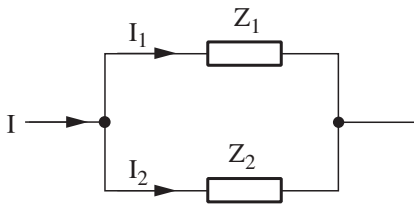
$$U_1 = \frac{U \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

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

מחלק זרם

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

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

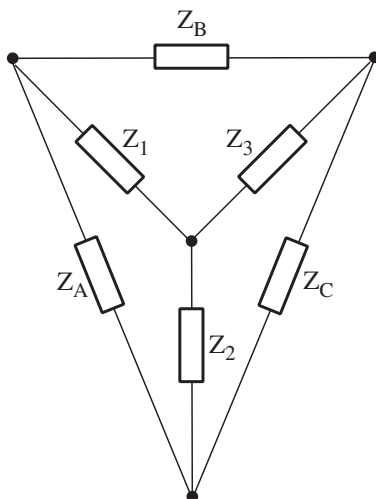


ההמרה של כוכב במשולש

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

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

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

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

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

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

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

$$\omega = 2\pi f$$

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

$$X_L = \omega L$$

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

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

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]

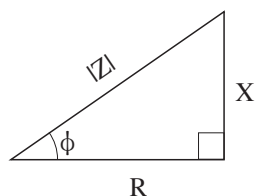
התנגדות המעגל - R [Ω]

היגב המעגל - X [Ω]

עכבת המעגל - Z [Ω]

$$Z = R \pm jX$$

משולש העכבות



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

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

מוליכות המעגל - G [S]

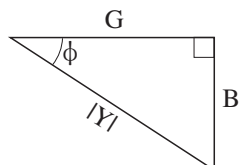
מניחות המעגל - B [S]

מתירות המעגל - Y [S]

$$Y = G \pm jB$$

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

משולש המתירויות



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

$$\sin \phi = \frac{B}{|Y|} ; \cos \phi = \frac{G}{|Y|} ; \operatorname{tg} \phi = \frac{B}{G}$$

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	[VA]
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]

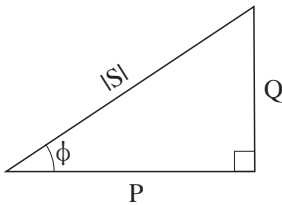
$$P = |I_R| \cdot |U_R| = |I_R|^2 \cdot R = \frac{|U_R|^2}{R}$$

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

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

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

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

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

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

Z מקדמי

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

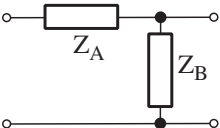
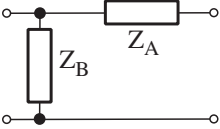
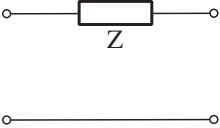
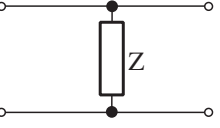
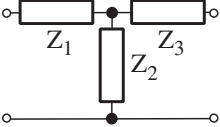
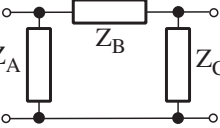
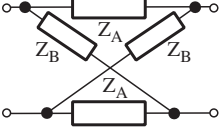
$$\begin{aligned} V_1 &= Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2 \\ V_2 &= Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2 \end{aligned}$$

Y מקדמי

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

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

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 [Y] ו-[Z] , בהתאמה.

רשתות זוגיים

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

עכבה אופיינית $- Z_O \quad [\Omega]$

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

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

מקדם זוגיים $- B$

מקדם זוגיים $- C$

(עבור רשת סימטרית בלבד)

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

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

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

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

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

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

קבוע ההתפשטות $- \gamma$

קבוע הניחות $- \alpha \quad [\text{neper}]$

קבוע המופע, זווית המופע $- \beta \quad [\text{rad}]$

בין הזרמים I_1 ו- I_2

ניחות $- N$

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

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

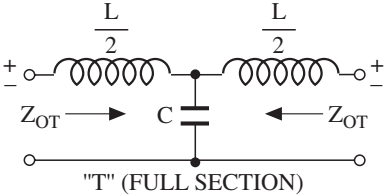
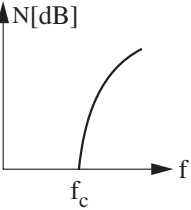
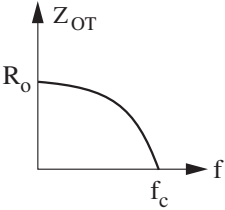
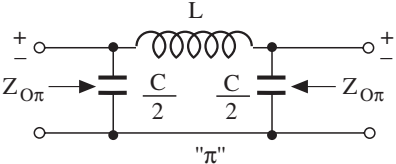
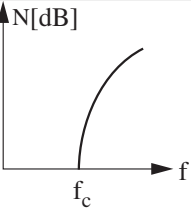
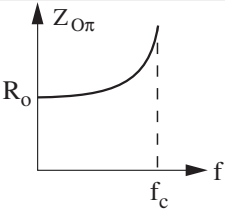
$$1 \text{ neper} = 8.69 \text{ dB}$$

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
 "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 $\omega > \omega_c$:

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

כאשר $\omega < \omega_c$:

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

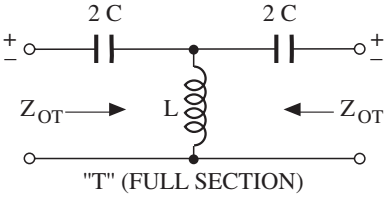
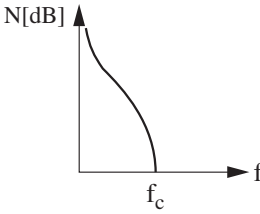
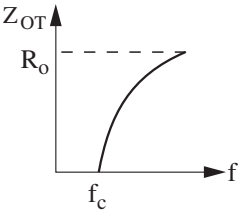
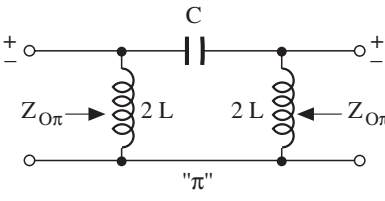
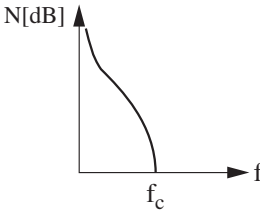
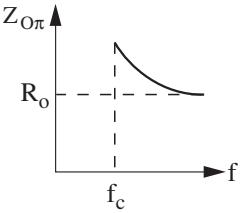
עכבה אופיינית של רשת T - $Z_{OT} [\Omega]$
סימטרית מעבירה נמוכים

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

עכבה אופיינית של רשת π - $Z_{O\pi} [\Omega]$
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
 "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 $\omega < \omega_c$:

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

כאשר $\omega > \omega_c$:

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

עכבה אופיינית של רשת T - $Z_{OT} [\Omega]$
סימטרית מעבירה גבוהים

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

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

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

בהצלחה!

מילון מונחים

לשאלון 711001, אביב תשע"ז

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
transfer characteristic	Переходная характеристика	المنحنى الانتقالي المُميِّز	אופיינ מעבר
quality factor	Коэффициент добротности	عامل النوعية	גורם טיב
inductive	Индуктивное	تَحْرِيزِيّ / مُحَاثِيّ	השראותי
effective current	Эффективный ток	تيّار فعّال	זרם יעיל
operational amplifier	Оперативный усилитель	مُضخّم تشغيلي	מגבר שרת
current source	Источник тока	مصدر تيار	מקור זרם
power source	Источник напряжения	مصدر طاقة	מקור מתח
comparator	компаратор	مُقارِن	משווה
effective voltage	Эффективное напряжение	الفولطية الفعّالة	מתח יעיל
characteristic impedance	Характерное реактивное сопротивление	المُمانعة / المُقاومة المُميِّزة	עכבה אופיינית
waveforms	Формы напряжения	أشكال الموجات	צורות הגל
time constant	постоянная времени	ثابت الوقت	קבוע זמן
capacitive	Емкостное	ذو سعة (كهربائية)	קיבולי
mesh current method	Метод контурных токов	طريقة شبكة التيار	שיטת זרמי החוגים
resonance	резонанс	رنين	תהודה