

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:

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. בכתובת פתרונות חישוביים, קבלת מִרְב 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 לנבחנות ולנבחנים כאחד.

השאלות

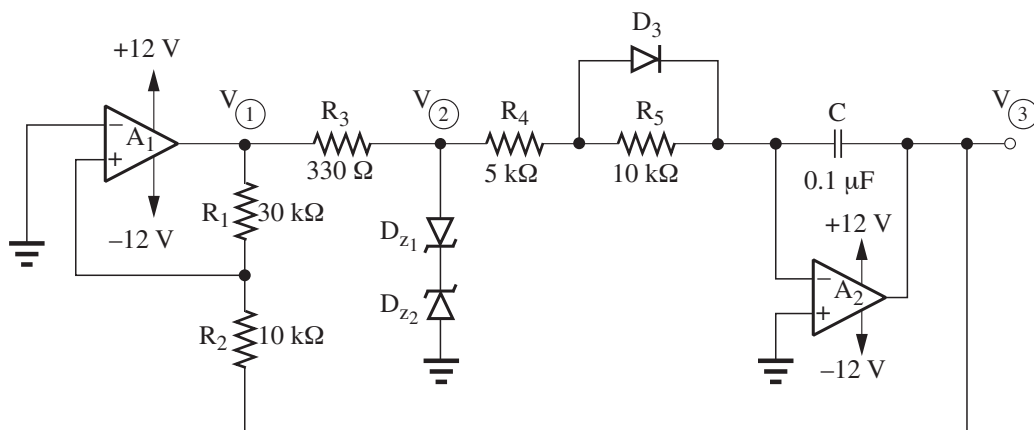
ענה על חמש מבין השאלות 1-10. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

פרק ראשון: אלקטרוניקה ספרתית א'

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון המעגל החשמלי של רב-רסט חופשי. הדיודה D_3 – אידיאלית. נתון כי: $V_{z1} = V_{z2} = 5.3 \text{ V}$, וכי מתח הפריצה הקדמי של כל אחת מדיודות הזנר הוא 0.7 V .



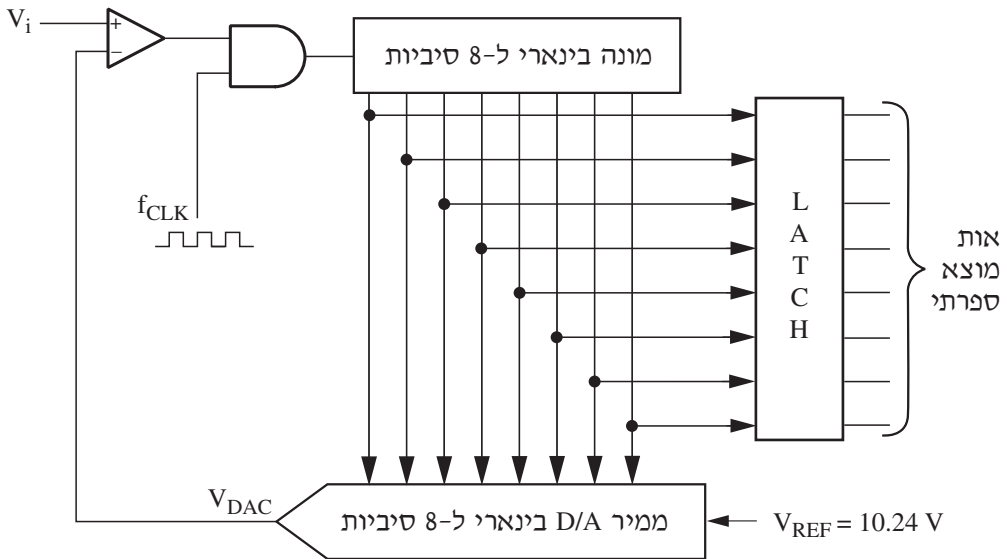
איור לשאלה 1

א. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, שלושה מחזורים של המתחים $V(1)$, $V(2)$ ו- $V(3)$, כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך את הערך המרבי ואת הערך המזערי של כל אחד מן המתחים.

- ב. חשב את תדר התנודות של הרב־רטט.
- ג. חשב את מחזור הפעולה (Duty Cycle) של המתח V_2 .
- ד. מהו תפקידו של הנגד R_3 במעגל הזה?

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים מלבנים של ממיר A/D ל-8 סיביות, הפועל בשיטת העקיבה (Tracking). V_i הוא מתח המבוא האנלוגי של הממיר. תדר השעון הוא $f_{CLK} = 1 \text{ MHz}$.

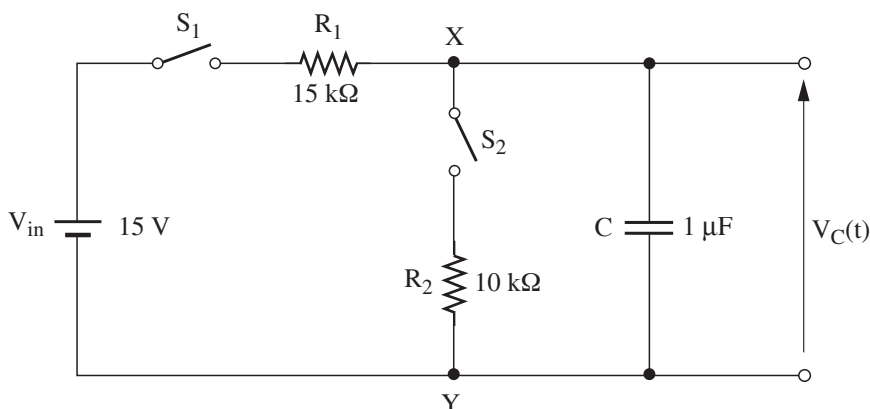


איור לשאלה 2

- א. חשב את זמן ההמרה המרבי של ממיר ה- A/D . בתשובתך, הזנח את זמני ההשהיה של כל הרכיבים.
- ב. חשב את כושר ההבחנה של ממיר ה- A/D .
- ג. חשב את התחום של מתח־המבוא, כאשר במוצא ממיר ה- A/D מתקבל האות הספרתי 00110100.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון המעגל החשמלי של מסנן מעביר נמוכים (LPF).



איור לשאלה 3

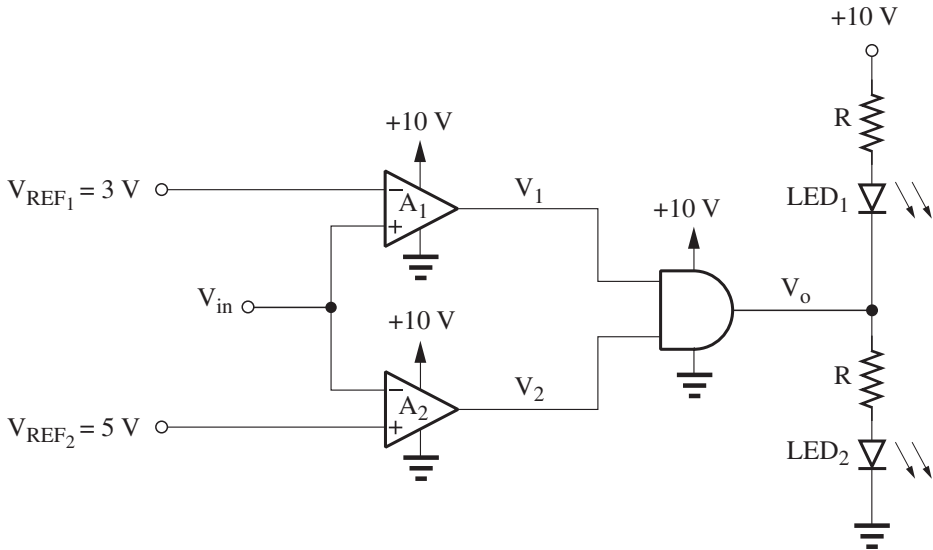
ברגע $t = 0$ סוגרים את המפסק S_1 . המתח ההתחלתי על הקבל ברגע $t = 0$ הוא $V_C(0) = 0$ V.
ברגע $t = 10$ msec סוגרים את המפסק S_2 .

- א. חשב את המתח על הקבל, כאשר $t = 10$ msec וכאשר $t = 25$ msec.
- ב. סרטט את המתח על הקבל כפונקציה של הזמן, $V_C(t)$, עבור $0 \leq t \leq 25$ msec.
- ג. 1. חשב את המתח על הקבל כאשר $t = 12$ msec.
2. חשב את הזרם העובר דרך הנגד R_2 כאשר $t = 12$ msec וציין את כיוונו (מ- X ל- Y או מ- Y ל- X).

שאלה 4

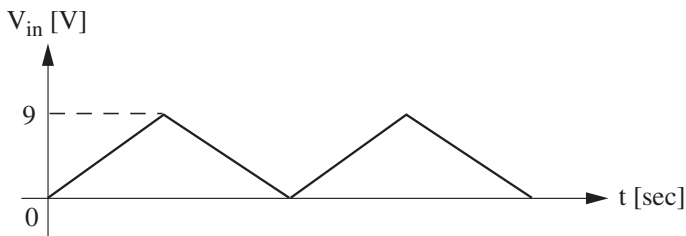
באיור א' לשאלה 4 נתון המעגל החשמלי של משווה חלון. המשווה מפעיל נורית LED_1 אדומה או נורית LED_2 ירוקה, בהתאם לערכו של מתח המבוא V_{in} .

כל הרכיבים במעגל – אידיאליים. נתון: $V_{LED} = 1.4$ V, $I_{LED} = 10$ mA.



איור א' לשאלה 4

- א. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את אופייני המעבר $V_1 = f(V_{in})$, $V_2 = f(V_{in})$ ו- $V_0 = f(V_{in})$.
- ב. רשום את תחומי המתח של V_{in} שבהם דולקת כל אחת מנורות ה-LED.
- ג. חשב את ההתנגדות של הנגד R.
- ד. באיור ב' לשאלה נתון אות המבוא המסופק למעגל.



איור ב' לשאלה 4

העתק למחברתך את איור ב', וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את המתח V_0 כפונקציה של הזמן.

פרק שני: מבוא להנדסת חשמל

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

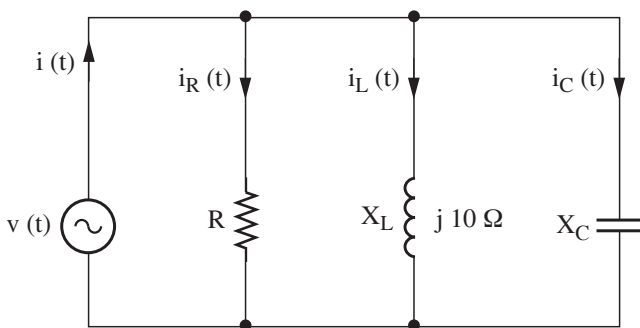
שאלה 5

להלן נתוני מסנן π מעביר גבוהים (HPF) מסוג K קבוע:

- ההתנגדות האופיינית היא 40Ω
- תדר הפוגה (הקיטעון) הזוויתי הוא $2000 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$
- א. סרטט את מעגל המסנן.
- ב. חשב את הערכים של רכיבי המעגל.
- ג. חשב את התדר שבו ניחות המסנן הוא 15 dB .
- ד. חשב את זווית-המופע (β) ואת ניחות המסנן (α , ביחידות neper וביחידות dB) כאשר התדר הזוויתי הוא $5000 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 6

מתח המקור נתון בביטוי: $v(t) = 50 \cdot \sin(2000t + 30) \text{ [V]}$

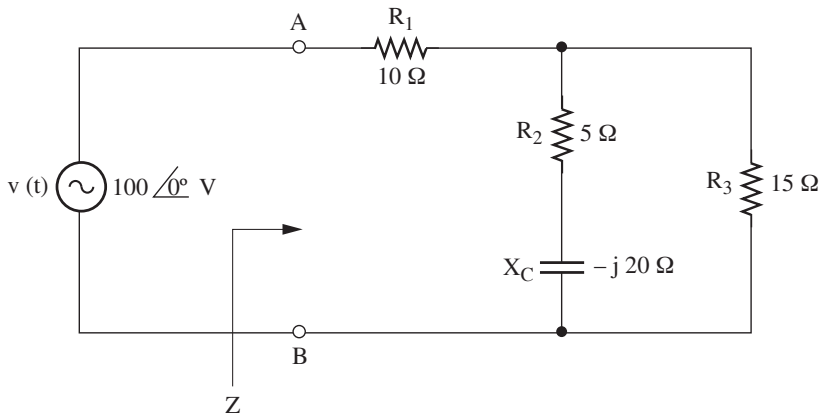
הזרם $i(t)$ נתון בביטוי: $i(t) = 10 \cdot \sin(2000t + 30) \text{ [A]}$

הזרם $i_C(t)$ נתון בביטוי: $i_C(t) = 5 \cdot \sin(2000t + 120) \text{ [A]}$

- א. רשום ביטוי המתאר את הזרם $i_L(t)$, כפונקציה של הזמן.
- ב. נמק, על-סמך נתוני השאלה, מדוע המעגל נמצא במצב תהודה.
- ג. חשב את התנגדות הנגד R , את השראות הסליל L ואת קיבול הקבל C .
- ד. חשב את גורם הטיב (Q_0) ואת רוחב-הפס (BW) של המעגל.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי.

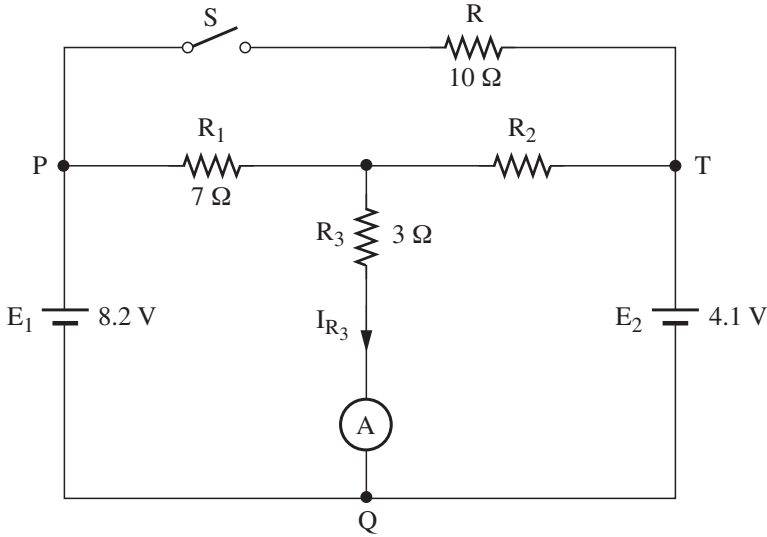


איור לשאלה 7

- א. חשב את עכבת-המעגל Z , שמקורה-המתח $v(t)$ "רואה" בין הנקודות A ו-B. הצג את Z כמספר מרוכב שצורתו:
 1. $Z = X + jY$ (הצגה קרטזית)
 2. $Z = |Z| \angle \alpha$ (הצגה פולארית)
- ב. חשב את המתח על הנגד R_1 ואת המתח על הנגד R_3 .
- ג. חשב את ההספק הפעיל של מקורה-המתח $v(t)$.

שאלה 8

- א. באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי. מדידה (A) – אידיאלי. כאשר המפסק S פתוח – מראה מדידה $I_{R_3} = 1.1 \text{ A}$.



איור לשאלה 8

1. חשב את הזרם העובר דרך מקורהמתח E_1 , וציין את כיוונו (מ-P ל-Q, או מ-Q ל-P).
2. חשב את הזרם העובר דרך מקורהמתח E_2 , וציין את כיוונו (מ-T ל-Q, או מ-Q ל-T).
3. חשב את התנגדות הנגד R_2 .

ב. סוגרים את המפסק S.

1. חשב את הזרם העובר דרך מקורהמתח E_1 , וציין את כיוונו.
2. חשב את הזרם העובר דרך מקורהמתח E_2 , וציין את כיוונו.
3. הראה שהתוצאה שמראה מדידה (A) לא משתנה עקב סגירת המפסק.

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 בכפתורי הבקרה של משקף-תנודות.

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

- א. מהו תפקידו של כפתור הבקרה volts / div ?
- ב. מהו תחום המתחים הניתן להצגה מדויקת על המסך של משקף-תנודות כללי בעל איכות טובה?
- ג. מהי תנופת האות המרבית שניתן להציג על מסך המשקף כאשר הבקר volts / div מורה על 0.5 ?
- ד. תרגם לעברית את הכותרות של שני החלקים של איור 2.

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובאים דפי-מפרט בשפה האנגלית של סדרת רכיבי הקול ISD1400 .

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

- א. רשום את מאפייני סדרת הרכיבים ISD1400 שלהלן:
 1. לחצן ההשמעה (playback)
 2. משך ההקלטה
 3. כניסה למצב המתנה (standby)
 4. מספר מחזורי ההקלטה הטיפוסי
- ב. רשום יתרון אחד של הזיכרון הפנימי הבלתי-נדיף (EEPROM) של סדרת הרכיבים הללו.
- ג. תרגם לעברית את הפסקה האחרונה בדפי-המפרט (שכותרתה (Record (REC)).

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.

אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

elec4u.co.il

The Controls of an Oscilloscope

This section briefly describes the basic vertical controls found on analog and digital oscilloscopes. Remember that some controls differ between analog and digital oscilloscopes; your oscilloscope probably has controls not discussed here.

Use the vertical controls to position and scale the waveform vertically. Your oscilloscope also has controls for setting the input coupling and other signal conditioning, described in this section. Figure 1 shows a typical front panel and on-screen menus for the vertical controls.

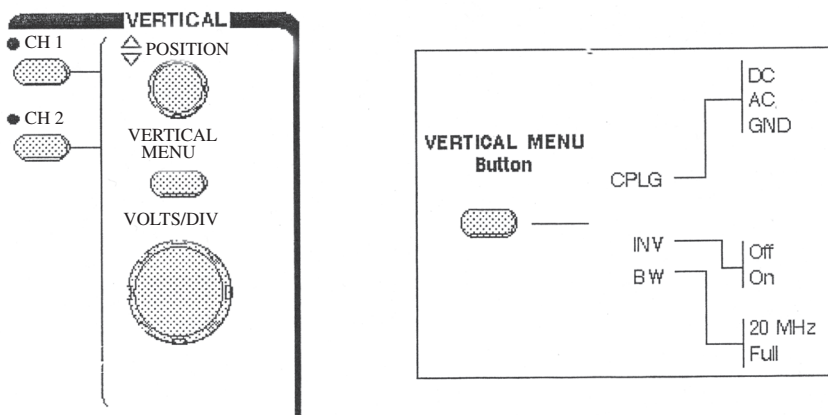


Figure 1: Vertical Controls

Position and Volts per Division

The vertical position control lets you move the waveform up or down to exactly where you want it on the screen.

The volts per division (usually written volts/div) setting varies the size of the waveform on the screen. A good general purpose oscilloscope can accurately display signal levels from about 4 millivolts to 40 volts.

The volts/div setting is a scale factor. For example, if the volts/div setting is 5 volts then each of the eight vertical divisions represents 5 volts and the entire screen can show 40 volts from bottom to top (assuming a graticule with eight major divisions). If the setting is 0.5 volts/div, the screen can display 4 volts from bottom to top, and so on. The maximum voltage you can display on the screen is the volts/div setting times the number of vertical divisions. (Recall that the probe you use, 1X or 10X, also influences the scale factor. You must divide the volts/div scale by the attenuation factor of the probe if the oscilloscope does not do it for you.)

Often the volts/div scale has either a variable gain or a fine gain control for scaling a displayed signal to a certain number of divisions. Use this control to take rise time measurements.

Input Coupling

Coupling means the method used to connect an electrical signal from one circuit to another. In this case, the input coupling is the connection from your test circuit to the oscilloscope. The coupling can be set to DC, AC, or ground. DC coupling shows all of an input signal. AC coupling blocks the DC component of a signal so that you see the waveform centered at zero volts. Figure 2 illustrates this difference. The AC coupling setting is handy when the entire signal (alternating plus constant components) is too large for the volts/div setting.

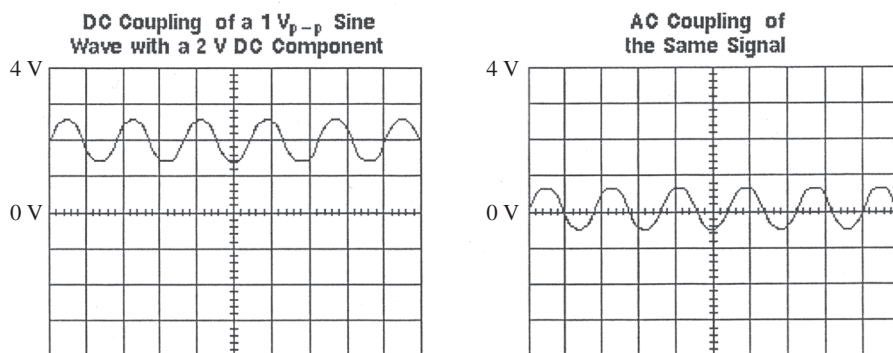


Figure 2: AC and DC Input Coupling

The ground setting disconnects the input signal from the vertical system, which lets you see where zero volts is on the screen. With grounded input coupling and auto trigger mode, you see a horizontal line on the screen that represents zero volts.

Switching from DC to ground and back again is a handy way of measuring signal voltage levels with respect to ground.

Bandwidth Limit

Most oscilloscopes have a circuit that limits the bandwidth of the oscilloscope. By limiting the bandwidth, you reduce the noise that sometimes appears on the displayed waveform, providing you with a more defined signal display.

Channel Invert

Most oscilloscopes have an invert function that allows you to display a signal "upside-down." That is, with low voltage at the top of the screen and high voltage at the bottom.

ISD1400 Series

Single-Chip Voice Record/Playback Devices 16- and 20-Second Durations

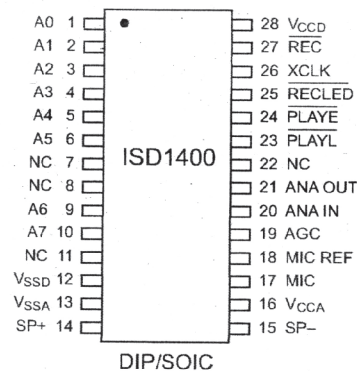
FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice Record/Playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Push-button interface
 - Playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 16 and 20 seconds
- Automatic power-down mode
 - Enters standby mode immediately following a Record or Playback cycle
 - Standby current 0.5 μ A (typical)
- Zero-power message storage
 - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)
- 100,000 record cycles (typical)
- On-chip clock source
- No algorithm development required
- Single +5 volt power supply
- Available in die form, DIP, and SOIC packaging
- Industrial temperature (-40°C to +85°C) versions available

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD1400 Chip-Corder® Series provides high-quality, single-chip record/playback solutions to short-duration messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, and speaker amplifier. A minimum record/playback subsystem can be configured with a microphone, a speaker, several passives, two push-buttons, and a power source.

ISD1400 SERIES PINOUTS



NOTE: NC means Must Not Connect.

DETAILED DESCRIPTION

Speech/Sound Quality

The ISD1400 Series includes devices offered at 6.4 and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

Duration

To meet end system requirements, the ISD1400 Series offers single-chip solutions at 16 and 20 seconds.

EEPROM Storage

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

Basic Operation

The ISD1400 ChipCorder Series devices are controlled by a single Record signal, $\overline{\text{REC}}$, and either of two push-button control playback signals, $\overline{\text{PLAYE}}$ (edge-activated playback), and $\overline{\text{PLAYL}}$ (level-activated playback). The ISD1400 parts are configured for simplicity of design in a single-message application. Using the address lines will allow multiple message applications.

Automatic Power-Down Mode

At the end of a Playback or Record cycle, the ISD1400 Series devices automatically return to a low-power standby mode, consuming typically 0.5 μA . During a Playback cycle, the device powers down automatically at the end of the message. During a Record cycle, the device powers down immediately after $\overline{\text{REC}}$ is released HIGH.

Addressing (optional)

In addition to providing simple message playback, the ISD1400 Series provides a full addressing capability.

Voltage Inputs (V_{CCA} , V_{CCD})

Analog and digital circuits internal to the ISD1400 Series use separate power buses to minimize noise on the chip. These power buses are brought out to separate pins on the package and should be tied together as close to the supply as possible. It is important that the power supply be decoupled as close as possible to the package.

Ground Inputs (V_{SSA} , V_{SSD})

Similar to V_{CCA} and V_{CCD} , the analog and digital circuits internal to the ISD1400 Series use separate ground buses to minimize noise. These pins should be tied together as close as possible to the device.

Record ($\overline{\text{REC}}$)

The $\overline{\text{REC}}$ input is an active-LOW Record signal. The device records whenever $\overline{\text{REC}}$ is LOW. This signal must remain LOW for the duration of the Recording.

אין להעביר נוסחאון זה
מנבחן אחד למשנהו!

מקום למציאת נבחן

נוסחאון באלקטרוניקה ספרתית א' לכיתה י"ג (3 עמודים)

משוואת הדפקים היסודית

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

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

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

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

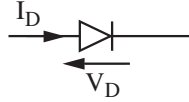
טעינת סליל במתח קבוע:

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

- 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 - $V_D = 0$ (קֶצֶר)

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 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

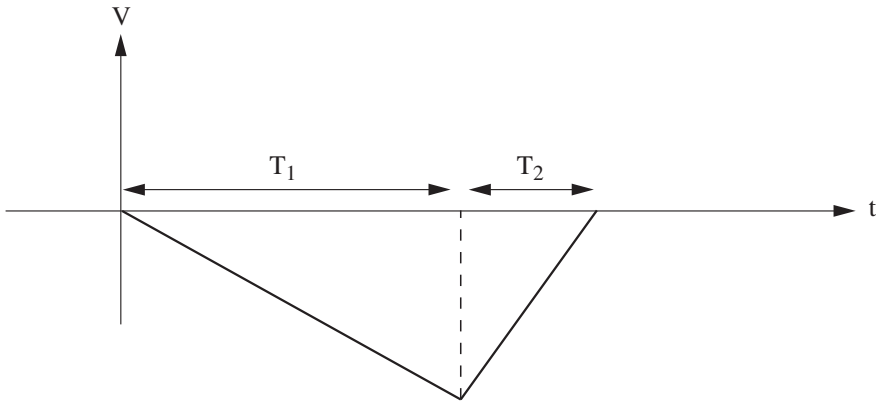
R_f [Ω] - נגד המשוב

D - הערך העשרוני של המילה הבינארית

שבכניסה לממיר

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

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

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

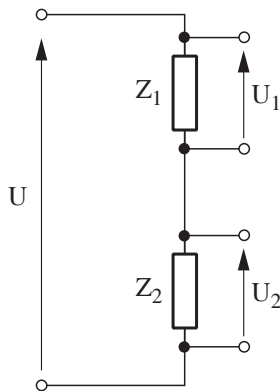
בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנכתוב תשובות

נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(15 עמודים)

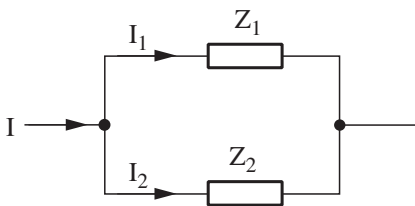


מחלק מתח

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

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

מחלק זרם



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

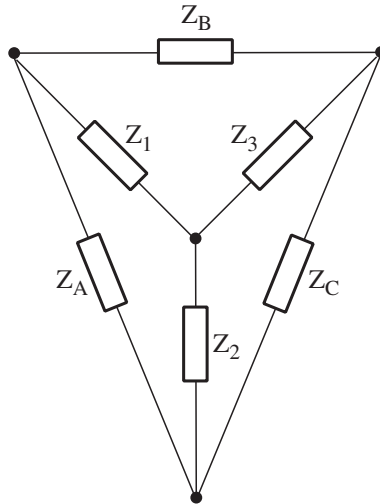
$$I_2 = \frac{I \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

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

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

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

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

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

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

$$\omega = 2\pi f$$

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

$$X_L = j\omega L$$

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

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

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]

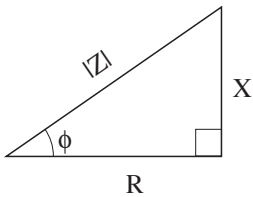
השראות עצמית של סליל 2 - L_2 [H]

היגב ההשראות ההדדית - X_M [Ω]

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

$$Z = R \pm jX$$

משולש העכבות



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

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

;

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

;

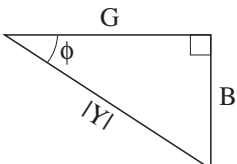
$$\tan \phi = \frac{X}{R}$$

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

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

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

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

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

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]

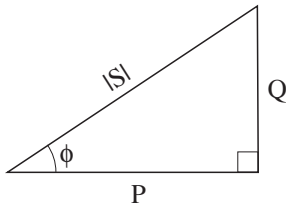
הערך המוחלט של מתח ההיגב - $|U_X|$ [V]

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]



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

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

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

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

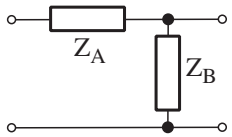
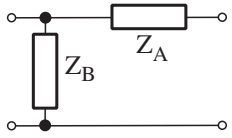
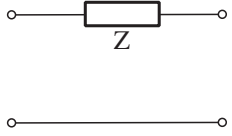
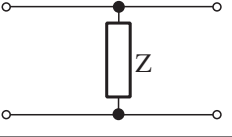
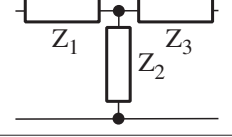
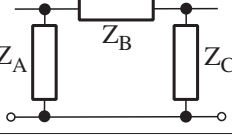
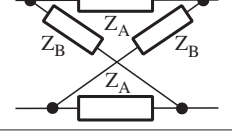
Y מקדמי

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

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

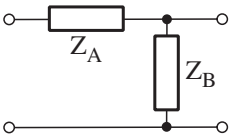
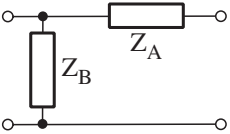
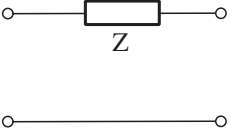
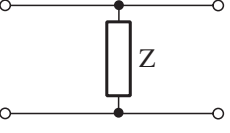
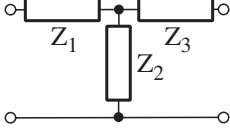
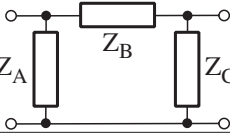
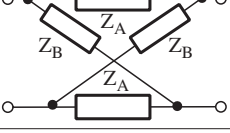
$$I_2 = Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2$$

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 $- N$

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

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

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

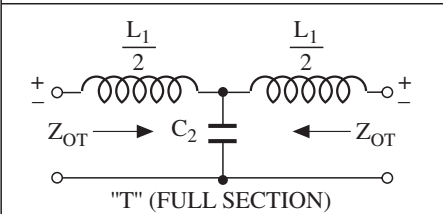
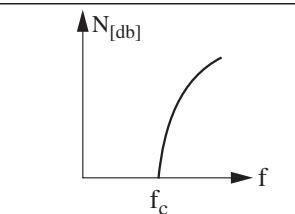
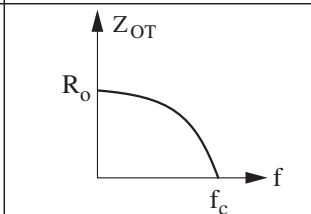
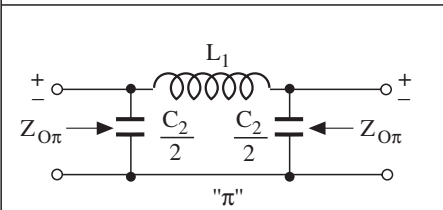
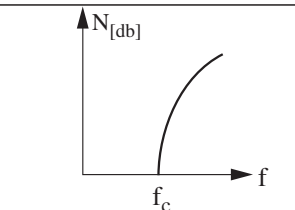
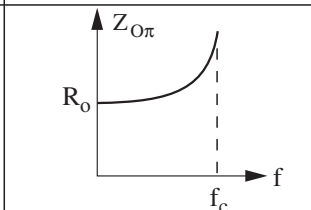
$$1 \text{ neper} = 8.69 \text{ dB}$$

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
		
		
$L_1 = \frac{R_o}{\pi f_c} \quad ; \quad C_2 = \frac{1}{\pi f_c R_o}$		$R_o = \text{LINE IMPEDANCE}$

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 $\omega > \omega_c$:

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

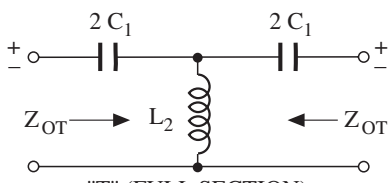
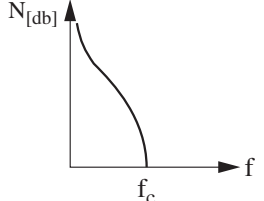
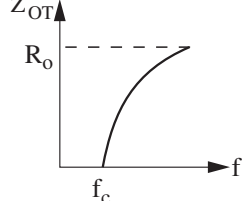
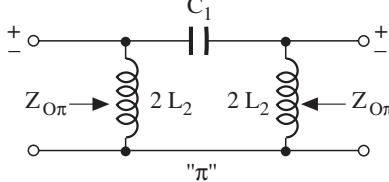
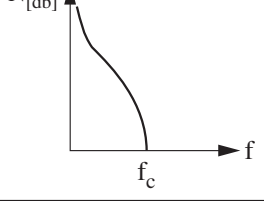
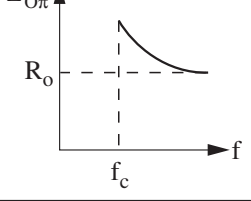
עכבה אופיינית של רשת T - Z_{OT} [Ω]
סימטרית מעבירה נמוכים

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

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

constant-K HIGH PASS FILTER		
CONFIGURATION	ATTENUATION	IMPEDANCE
 "T" (FULL SECTION)		
 "pi"		
$L_2 = \frac{R_0}{4 \pi f_c} \quad ; \quad C_1 = \frac{1}{4 \pi f_c R_0}$		$R_0 = \text{LINE IMPEDANCE}$

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!