

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשס"ט, 2009

סמל השאלון: 711911

נספחים: א. נספח לשאלה 5

ב. נוסחאון במערכות תקשורת א'

לכיתה י"ג

ג. נוסחאון במדידות ומכשור

לכיתה י"ג

מערכות אלקטרוניות ומחשבים ט'

למתמחים במערכות אלקטרוניות במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

(כיתה י"ג)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות.
יש להשיב על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק.

לכל שאלה – 25 נקודות, סך-הכול – 100 נקודות.

ג. 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 בבהירות.
- 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.

בשאלון זה 8 עמודים ו-15 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

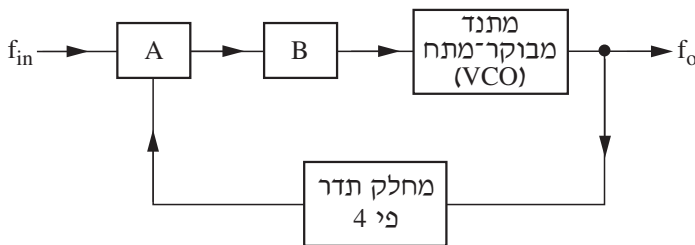
ענה על ארבע מבין השאלות 1–8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: מערכות תקשורת א'

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים-מלבנים של מערכת, הממומשת באמצעות חוג נעול-מופע (PLL).

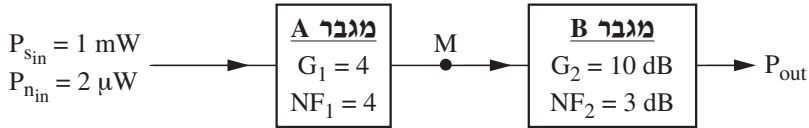


איור לשאלה 1

- א. ציין את שמות היחידות המיוצגות על-ידי המלבנים A ו-B.
- ב. הסבר את תפקידה ואת אופן פעולתה של המערכת המתוארת באיור.
- ג. המתנד מבוקר-המתח (VCO) פועל בתחום התדרים שבין 1 kHz ל-10 kHz. חשב את תדר-המבוא (f_{in}) המזערי ואת תדר-המבוא המרבי, שיאפשרו פעולה תקינה של המערכת הזו.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתוארת מערכת הגברה, המורכבת משני מגברים, A ו-B, המחוברים בקסקדה.



איור לשאלה 2

- אות המבוא כולל את האות הרצוי, שהספקו P_{sin} , ואות-רעש שהספקו P_{nin} .
- חשב את הספק האות (P_s) ואת הספק הרעש (P_n) במוצא המגבר A (בנקודה M).
 - חשב את ספרת הרעש הכוללת של המערכת.
 - חשב את יחס האות לרעש במוצא המערכת.
 - חשב את הספק הרעש במוצא המערכת ואת הספק הרעש הפנימי של המערכת.

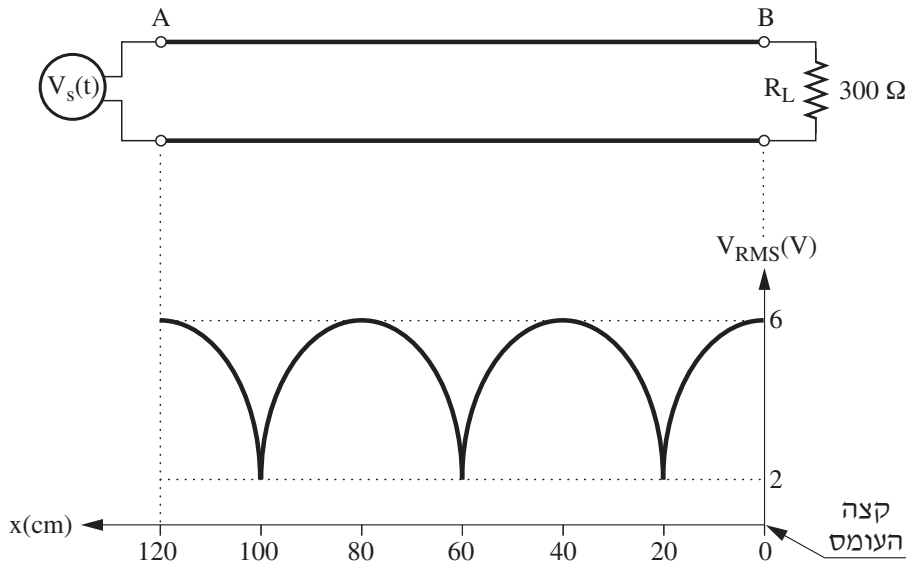
שאלה 3

- מקלט AM סופר-הטרודיין מיועד לקליטת תחנות רדיו, המשדרות בתחום התדרים מ-800 kHz עד 2,200 kHz. מגבר תדר-הביניים של המקלט מכוון לתדר של 600 kHz. אות המידע הוא אות-שמע שתדרו המרבי הוא 4 kHz.
- מהו רוחב הפס הנדרש למגבר תדר-הביניים? נמק את תשובתך.
 - חשב את גורם הטיב של מגבר תדר-הביניים.
 - תחנת רדיו משדרת בתדר של 2,190 kHz. חשב את תדר-הבבואה הנמצא בתחום השידור הנתון.
 - הצע שיפור במבנה המקלט הנתון, שימנע את קליטת תדר-הבבואה. לווה את הצעתך בתרשים-מלבנים של המקלט המשופר.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר קו תמסורת AB שאורכו 120 ס"מ. קו התמסורת מוזן ממקור מתח $V_s(t)$ המתואם לקו, ומועמס על ידי צרכן שהתנגדותו $R_L = 300 \Omega$.

התפלגות המתח לאורך קו התמסורת AB, מן העומס R_L עד למקור המתח $V_s(t)$, נתונה באיור.



איור לשאלה 4

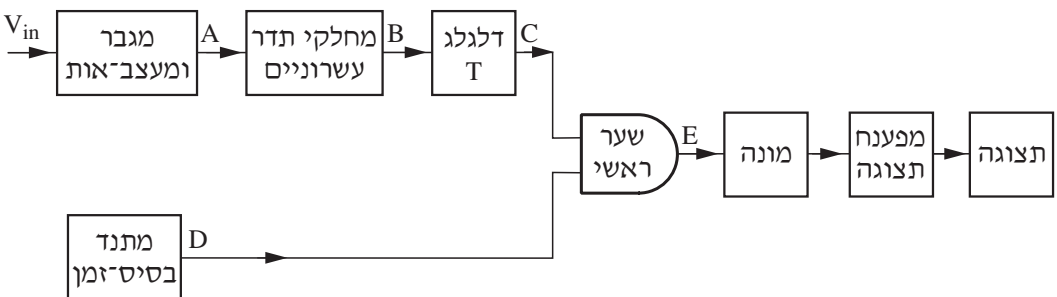
- א. מצא את ערכו של יחס הגלים העומדים בקו התמסורת.
- ב. חשב את העכבה האופיינית של הקו ואת מקדם ההחזרה שלו.
- ג. חשב את התדר של מקור המתח $V_s(t)$.
- ד. הצע אמצעי למניעת החזרות מהעומס הנתון לקו התמסורת, וציין את תכונותיו של אמצעי זה.

פרק שני: מדידות ומכשור

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון תרשים-מלבנים של מכשיר מדידה. היחס בין התדרים בנקודות A ו-B באיור לשאלה 5 הוא 10^3 , והאות בנקודה D הוא גל ריבועי שתדרו 100 kHz.



איור לשאלה 5

א. בנספח לשאלה 5 נתון תיאור איכותי של צורות-הגל בנקודות A, B, D, ו-E. סרטט, על-גבי הנספח בהתאמה, את צורת-הגל בנקודה C.

הערה: הדבק את מדבקת הנבחן במקום המיועד לכך בנספח, והדק אותו למחברת הבחינה.

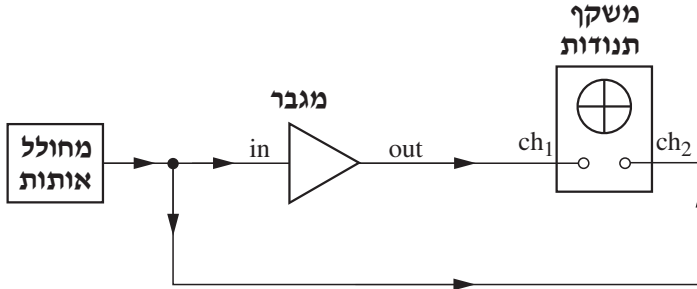
ב. בתצוגת מכשיר המדידה התקבלה התוצאה $0.25 \mu\text{sec}$.

1. מהו התדר של אות המבוא V_{in} ?

2. חשב את מספר הדפקים שהמונה ספר.

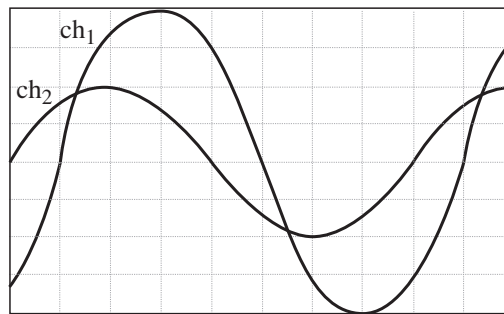
שאלה 6

באיור א' לשאלה 6 מתואר מערך-מדידה עקרוני לבדיקת מגבר.



איור א' לשאלה 6

באיור ב' לשאלה 6 מתוארות צורות-הגלים המתקבלות על מסך משקף התנודות.



איור ב' לשאלה 6

להלן מצבו של כל אחד מבקרי המשקף:

- בורר אות-מבוא ch_1 – 2 V/div
- בורר אות-מבוא ch_2 – 50 mV/div
- בורר בסיס-הזמן (TIME BASE) – 50 μ sec/div
- בורר התנעה (בערוץ ch_2) – NORMAL
- בורר צימוד מבוא – AC

א. מהו תדר המחולל?

ב. מהו הגבר המגבר?

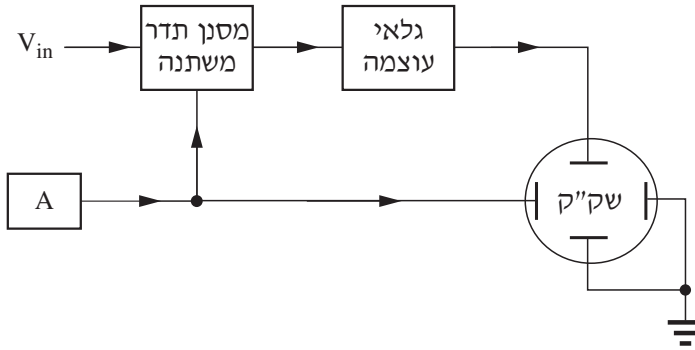
ג. מהו הפרש המופע בין אות-המבוא לאות-המוצא?

ד. מהי רמת-ההתנעה (TRIGGER LEVEL) ומהו מצבו של בורר השיפוע (SLOPE)?

המשך בעמוד 7

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון תרשים עקרוני של נתח-תדרים.



איור לשאלה 7

- א. רשום את שמה של היחידה A, והסבר את תפקידה.
- ב. רשום שני מאפיינים מרכזיים של נתח-תדרים, והסבר כל אחד מהם.
- ג. במבוא נתח-התדרים התקבל האות: $V_1 = 10 \cdot \sin(2\pi \cdot 10^3 \cdot t)$, שאליו מתלווה ההרמוניה: $V_2 = 1 \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot t)$. סרטט גרף, המציג את הספקטרום (עוצמת האות כפונקציה של התדר), המתקבל על מסך השק"ק.
- ד. בתצוגת נתח-התדרים התקבל אות המורכב משני רכיבי תדר. עוצמת אחד הרכיבים היא שלוש משבצות-מסך, ועוצמת הרכיב השני היא משבצת-מסך אחת. הערך האנכי של כל משבצת הוא 10 dB/div. מצא את יחס המתחים בין שני רכיבי התדר.

שאלה 8

מדדו שתיים-עשרה פעמים את ההספק על-פני נגד (P_R) במעגל אלקטרוני בעזרת שני מדי-הספק שונים. להלן תכונותיו של כל אחד ממכשירי-המדדה, ותוצאות המדידה שהתקבלו בכל מכשיר:

תכונות מכשיר A : הדיוק – 0.2 W ; כושר ההבחנה – 0.05 W

3.7	4.7	3.6	3.9	4.1	4.5	4.2	4.0	3.6	3.8	3.9	4.0	: [W]	תוצאות המדידה
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	----------------------

תכונות מכשיר B : הדיוק – 0.15 W ; כושר ההבחנה – 0.1 W

4.2	4.0	4.5	4.9	4.3	4.2	3.6	4.3	3.8	4.1	4.5	4.0	: [W]	תוצאות המדידה
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	----------------------

א. חשב עבור כל אחד משני המכשירים את הגדלים הבאים:

1. הערך המקורב של תוצאות המדידה

2. תחום הערכים של תוצאות המדידה

3. סטיית-התקן של תוצאות המדידה

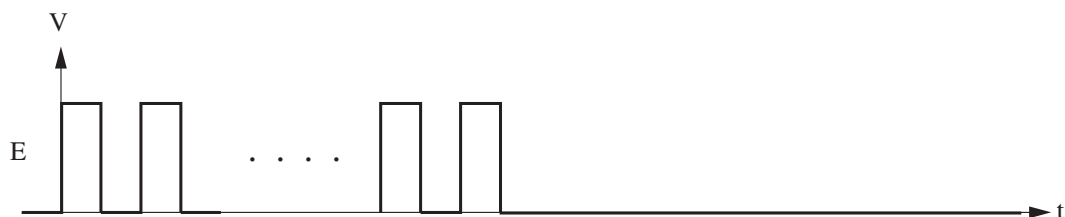
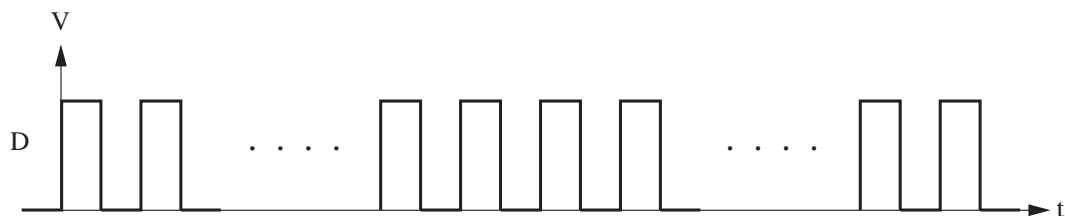
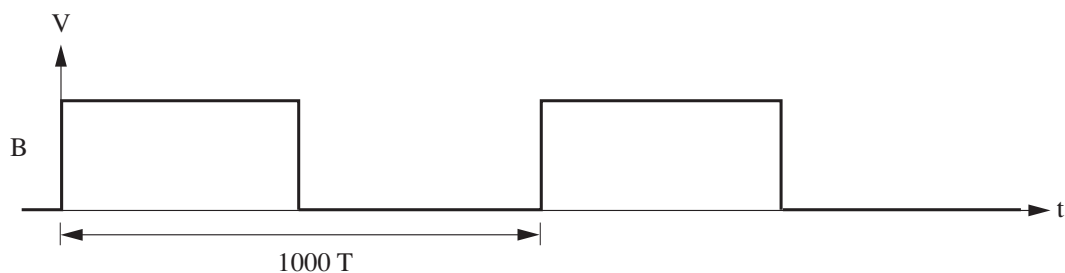
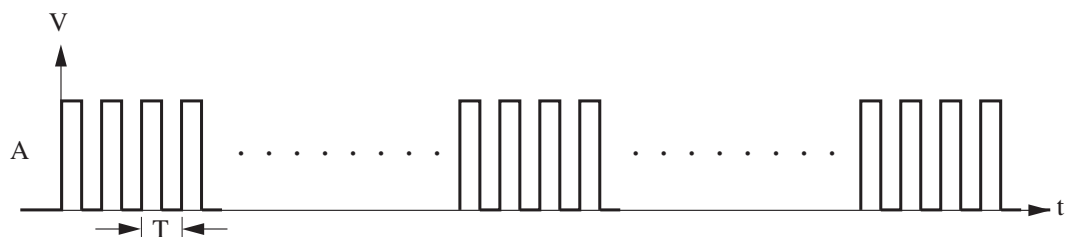
4. שגיאת המכשיר

5. שגיאת המדידה הכוללת

ב. השווה בין ביצועיהם של שני המכשירים, וציין איזה מהם עדיף. נמק את תשובתך.

בהצלחה!

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



אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לכתוב תשובות

נוסחאון במערכות תקשורת א' לכיתה י"ג

(11 עמודים)

נוסחאות עזר בטריגונומטריה

$$\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{\sin (\alpha + \beta) + \sin (\alpha - \beta)}{2}$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{\cos (\alpha + \beta) + \cos (\alpha - \beta)}{2}$$

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)}{2}$$

אפנון תנופה

$$X_{AM}(t) = A_c [1 + m_a \cos \omega_m t] \cos \omega_c t$$

$$X_{AM}(t) = A_c \cos \omega_c t + \frac{m_a A_c}{2} \cos (\omega_c + \omega_m) t + \frac{m_a A_c}{2} \cos (\omega_c - \omega_m) t$$

ערך רגעי של מתח - $X_{AM}(t)$ [V]

בגל מאופנן AM

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

תנופת הגל הנושא - A_c [V]

מקדם אפנון AM - m_a

תדר הגל המאפנן - f_m [Hz]

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל המאפנן - ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

תדר הגל הנושא - f_c [Hz]

$$m_a = \frac{A_m}{A_c}$$

מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל הנושא - ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

תנופת הגל המאפנן - A_m [V]

התנופה של פס הצד העליון - $V_{USB(max)}$ [V]

$$V_{USB(max)} = \frac{A_m}{2}$$

התנופה של פס הצד התחתון - $V_{LSB(max)}$ [V]

$$V_{LSB(max)} = \frac{A_m}{2}$$

$$f_{USB} = f_c + f_m$$

התדר של פס הצד העליון - f_{USB} [Hz]

$$f_{LSB} = f_c - f_m$$

התדר של פס הצד התחתון - f_{LSB} [Hz]

רוחב פס של גל מאופנן AM - BW [Hz]

$$BW = 2f_m$$

הספק הגל הנושא - P_c [W]

$$P_c = \frac{A_c^2}{2R}$$

התנגדות העומס - R [Ω]

הספק של גל מאופנן AM - P_{AM} [W]

$$P_{AM} = P_c + P_{USB} + P_{LSB}$$

ההספק של פס הצד העליון - P_{USB} [W]

ההספק של פס הצד התחתון - P_{LSB} [W]

$$P_{USB} = P_{LSB} = P_c \cdot \frac{m_a^2}{4}$$

$$P_{AM} = P_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2} \right)$$

נצילות שידור ב־AM - η

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{m_a^2}}$$

אפנון תדר (FM)

$$X_{FM}(t) = A_c \cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t)$$

ערך רגעי של מתח
בגל מאופנן FM – $X_{FM}(t)$ [V]

תדר הגל הנושא – f_c [Hz]

תדר הגל המאפנן – f_m [Hz]

מהירות זוויתית (תדר
זוויתי) של הגל הנושא – ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

מהירות זוויתית (תדר
זוויתי) של הגל המאפנן – ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

מקדם האפנון FM – $m_f = \beta$

סטיית התדר המרבית – $\Delta F_c(\text{max})$ [Hz]

$$\beta = m_f = \frac{\Delta F_c(\text{max})}{f_m}$$

$$B_{FM} = 2(\beta + 1) f_m$$

רוחב פס של גל מאופנן FM – B_{FM} [Hz]

הספק של גל מאופנן FM – P_{FM} [W]

התנגדות העומס – R [Ω]

$$P_{FM} = P_c = \frac{A_c^2}{2R}$$

אפנון מופע (PM)

$$X_{PM}(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + K_p \cdot A_m \cos \omega_m t)$$

ערך רגעי של מתח
בגל מאופנן PM – $X_{PM}(t)$ [V]

קבוע אפנון מופע – K_p $\left[\frac{\text{rad}}{\text{V}} \right]$

סטייה מרבית של המופע – γ [rad]

רוחב פס של גל מאופנן PM – BW [Hz]

$$\gamma = K_p \cdot A_m$$

$$BW = 2(\gamma + 1) \cdot f_m$$

מתנדים

מתנד קלאפ (Clapp)

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- C_1, C_2, C_3 [F] הקיבולים של קבלי מעגל התהודה
- L [H] השראות הסליל במעגל התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}}}$$

מתנד קולפיץ

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- C_1, C_2 [F] הקיבולים של קבלי מעגל התהודה
- L [H] השראות הסליל במעגל התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}}$$

מתנד הרטלי

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- L_1, L_2 [H] ההשראויות של סלילי מעגל התהודה
- C [F] קיבול הקבל במעגל התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{C \cdot (L_1 + L_2)}}$$

מקלטים

- f_{IF} [Hz] תדר הביניים
- f_{LO} [Hz] תדר המתנד המקומי
- f_{RF} [Hz] תדר התחנה הנקלטת
- f_{IM} [Hz] תדר הבבואה

$$f_{IF} = f_{LO} - f_{RF} \quad : \underline{f_{LO} < f_{RF}} \text{ עבור}$$

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

$$f_{LO} = f_{RF} - f_{IF} \quad : \underline{f_{LO} < f_{RF}} \text{ עבור}$$

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

מגברי תדר ביניים (IF) ומגברי ת"ר (RF)

- BW [Hz] רוחב הפס
- f_0 [Hz] תדר התהודה
- Q מקדם הטיב
- L [H] השראות
- C [F] קיבול
- R [Ω] התנגדות שקולה
- במקביל למעגל התהודה
- ω_0 $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ מהירות זוויתית (תדר זוויתי)

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

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

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

גלאי מעטפת

- $R \cdot C$ [sec] קבוע הזמן
- ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל הנושא
- ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל המאפנן
- m_a מקדם אפנון

$$\frac{2\pi}{\omega_c} < R \cdot C < \frac{\pi}{\omega_m} \cdot \frac{1}{\ln \frac{1+m_a}{1-m_a}}$$

מרכיב תדירים

$$f_r = \frac{f_{out}}{N}$$

- תדר הייחוס – f_r [Hz]
- גורם חלוקה – N
- התדר במוצא – f_{out} [Hz]
- מרכיב התדירים

רעש

$$V_n = \sqrt{4 \cdot K \cdot T \cdot BW \cdot R}$$

- מתח הרעש האפקטיבי (מתח תרמי) – V_n [V]

$$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{J}{^\circ K} \right]$$

- קבוע בולצמן – K
- טמפרטורה – T [$^\circ K$]

- התנגדות – R [Ω]

- רוחב הפס – BW [Hz]

$$P_{nr} = K \cdot T \cdot BW$$

- הספק הרעש (הספק תרמי) – P_{nr} [W]

הנמסר על-ידי נגד R

לרשת מתואמת

- יחס אות לרעש – $S.N.R$ [dB]

$$S.N.R = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$

- הספק האות – P_s [W]

- הספק הרעש – P_n [W]

- ספרת הרעש של מגבר – NF

- הספק האות במבוא – P_{si} [W]

- הספק הרעש במבוא – P_{ni} [W]

- הספק האות במוצא – P_{so} [W]

- הספק הרעש במוצא – P_{no} [W]

- הגבר ההספק של – G

$$\left(\frac{P_{so}}{P_{si}} \right) \text{ המגבר}$$

$$NF = \frac{\frac{P_{si}}{P_{ni}}}{\frac{P_{so}}{P_{no}}} = \frac{1}{G} \cdot \frac{P_{no}}{P_{ni}}$$

הספק הרעש שיוצר המגבר - P_n [W]
כאשר יש תיאום במבוא

$$P_n = (NF - 1) G \cdot K \cdot T \cdot BW$$

$$NF_T = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{NF_N - 1}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{N-1}}$$

ספרת הרעש הכוללת - NF_T
של N מגברים
המחוברים בקסקדה

תקשורת ספרתית

משפט נייקוויסט

קצב העברת האות הספרתי - D [baud]

$$D \leq 2 \cdot W$$

הקצב להעברת נתונים
בקו תקשורת - R [bps]

$$R = D \cdot \log_2 M$$

רוחב הפס של הקו - W [Hz]

מספר הערכים השונים
של האות הספרתי - M

$$M = 2^N$$

מספר הסיביות המוצפנות - N

הקצב המרבי להעברת
נתונים בקו תקשורת - C [bps]

משפט שאנון

יחס ההספקים של
אות לרעש - $\frac{P_s}{P_n}$

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_n} \right)$$

קווי תמסורת

אורך הגל	-	λ	[m]	$\lambda = \frac{c}{f}$
תדר הגל	-	f	[Hz]	
מהירות האור	-	$c = 3 \cdot 10^8$	$\left[\frac{m}{sec} \right]$	
עכבה אופיינית של קו חסר הפסדים	-	Z_0	[Ω]	$Z_0 = \sqrt{\frac{L^*}{C^*}}$
השראות הקו ליחידת אורך	-	L^*	$\left[\frac{H}{m} \right]$	
קיבול הקו ליחידת אורך	-	C^*	$\left[\frac{F}{m} \right]$	
מהירות ההתקדמות של גלי הזרם והמתח בקו	-	v	$\left[\frac{m}{sec} \right]$	$v = \sqrt{\frac{1}{L^* \cdot C^*}}$

מקדם החזרה	-	Γ	$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$	<u>עבור $Z_L > Z_0$</u>
עכבת העומס	-	Z_L	$\Gamma = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L}$	<u>עבור $Z_0 > Z_L$</u>
יחס גלים עומדים	-	S.W.R	$S.W.R = \frac{1 + \Gamma }{1 - \Gamma }$	
			$S.W.R = \frac{Z_L}{Z_0}$	<u>עבור $Z_L > Z_0$</u>
			$S.W.R = \frac{Z_0}{Z_L}$	<u>עבור $Z_0 > Z_L$</u>

שנאי רבע גל $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$

$$Z_S = \frac{Z_0^2}{Z_L}$$

$$Z_S = \sqrt{Z_0 \cdot Z_L}$$

עכבה אופיינית של הקו - Z_0 $[\Omega]$

עכבת העומס - Z_L $[\Omega]$

עכבה אופיינית של הקו - Z_S $[\Omega]$

המהווה שנאי רבע-גל

אנטנות

$$P^* = \frac{P}{4\pi R^2}$$

צפיפות הספק במרחק R ממקור איזוטרופי - $P^* \left[\frac{W}{m^2} \right]$

הספק מקור השידור - P $[W]$

נצילות האנטנה - η

התנגדות הקרינה - R_r $[\Omega]$

התנגדות ההפסדים - R_d $[\Omega]$

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_d}$$

כיווניות האנטנה - D

ההספק המוקרן בכיוון מועדף - P $[W]$

ההספק המוקרן על-ידי - P_t $[W]$

אנטנה איזוטרופית

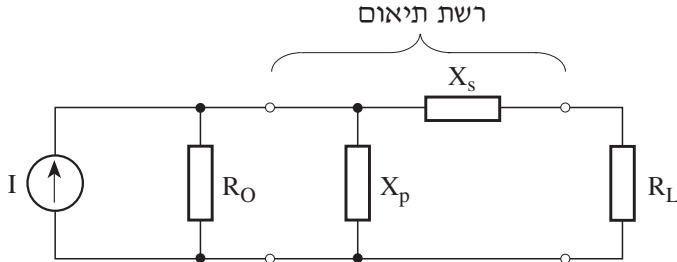
הגבר ההספק של האנטנה - A_p

$$D = \frac{P}{P_t}$$

$$A_p = \eta \cdot D$$

רשתות תיאום

רשת תיאום מסוג L



עכבה טורית - Z_s [Ω]

$$Z_p = Z_s$$

עכבה מקבילית - Z_p [Ω]

התנגדות מוצא של דרגה
קודמת (מקור) - R_O [Ω]

$$\frac{R_O}{R_L} = Q^2 + 1$$

התנגדות העומס (מייצגת

את ההתנגדות האופיינית
של קו התמסורת)

- R_L [Ω]

$$X_s = Q \cdot R_L$$

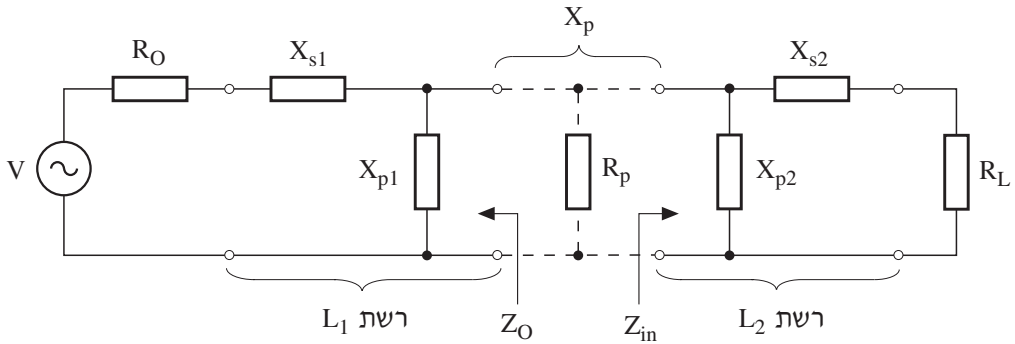
גורם הטיב - Q

היגב טורי - X_s [Ω]

היגב מקבילי - X_p [Ω]

$$X_p = \frac{R_O}{Q}$$

רשת תיאום מסוג T



התנגדות מוצא של דרגה
קודמת (מקור) - R_O $[\Omega]$

התנגדות העומס - R_L $[\Omega]$

היגבים טוריים - X_{s2}, X_{s1} $[\Omega]$

היגבים מקביליים - X_{p2}, X_{p1} $[\Omega]$

עכבת מבוא - Z_{in} $[\Omega]$

עכבת מוצא - Z_O $[\Omega]$

$$Z_{in} = Z_O = R_p$$

$$R_p = R_O \left(Q_1^2 + 1 \right)$$

$$Q_2^2 = \frac{R_p}{R_L} - 1$$

$$X_{s1} = R_O \cdot Q_1$$

$$X_{s2} = R_L \cdot Q_2$$

$$X_{p1} = \frac{R_p}{Q_1}$$

$$X_{p2} = \frac{R_p}{Q_2}$$

$$X_p = \frac{X_{p1} \cdot X_{p2}}{X_{p1} + X_{p2}}$$

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנכתוב תשובות

נוסחאון במדידות ומכשור לכיתה י"ג

(3 עמודים)

שגיאות מדידה

א. שגיאה אקראית

$\bar{X}$ - הערך הקרוב ביותר
לערך האמיתי
(ממוצע חשבוני
משוקלל)

X_i - ערך מדידה i

n - מספר המדידות

f_i - שכיחות מדידה i

k - מספר השכיחויות

σ - סטיית התקן

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

או

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^k f_i} = \frac{f_1 \cdot X_1 + f_2 \cdot X_2 + \dots + f_k \cdot X_k}{f_1 + f_2 + \dots + f_k}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

או

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i \cdot (X_i - \bar{X})^2}{\left(\sum_{i=1}^k f_i\right) - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{f_1 \cdot (X_1 - \bar{X})^2 + f_2 \cdot (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + f_k \cdot (X_k - \bar{X})^2}{\left(\sum_{i=1}^k f_i\right) - 1}}$$

ב. שגיאה שיטתית

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$$

Δ – שגיאה כוללת של
מכשיר המדידה

ג. שגיאת מדידה כוללת

$$\Delta X = \sqrt{\Delta^2 + \sigma^2}$$

Δ_1 – שגיאה הנובעת
מדיוק מכשיר המדידה

Δ_2 – כושר ההבחנה של
מכשיר המדידה

$$\delta\% = 100\% \cdot \frac{\Delta X}{\bar{X}}$$

ΔX – שגיאת המדידה הכוללת

$\delta\%$ – שגיאה כוללת יחסית
(באחוזים)

$\bar{X}$ – הערך הקרוב ביותר
לערך האמיתי
(ממוצע חשבוני משוקלל)

מונה

$$f = \frac{n}{t}$$

f [Hz] – תדירות ממוצעת של
אירועים נמדדים

n – מספר האירועים

t [sec] – משך המדידה

$$S_T = \frac{\Delta f_0 / f_0}{\Delta T}$$

S_T [1 / °C] – גורם היציבות של
מתנד השעון של המונה

f_0 [Hz] – התדר של מתנד השעון

Δf_0 [Hz] – השינוי בתדר של
מתנד השעון

ΔT [°C] – השינוי בטמפרטורה

משקף תנודות

א. זמן העלייה של משקף תנודות

זמן העלייה - t_r [sec]

רוחב פס - BW [Hz]

$$t_r \cong \frac{0.35}{BW}$$

ב. זמן העלייה הכולל של משקף תנודות

זמן העלייה הכולל של
משקף תנודות, בהתחשב
בזמן העלייה של האות

זמן העלייה של האות הנמדד - t_{r1}

$$t_{rs} = \sqrt{t_r^2 + t_{r1}^2}$$

ג. מדידת הפרש מופע באמצעות משקף תנודות

הפרש מופע - $\Delta\phi$ [°]

הפרש זמנים - Δt [sec]

זמן מחזור - T [sec]

$$\Delta\phi = 360 \cdot \frac{\Delta t}{T}$$

ד. בחון מקוזה ומכויל

התנגדות הבחון - R_1 [Ω]

קיבול הבחון - C_1 [F]

התנגדות המבוא של

משקף התנודות

קיבול המבוא של

משקף התנודות

מקדם הניחות של הבחון - k

$$R_1 C_1 = R_2 C_2$$

$$k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

בהצלחה!