

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ט, 2019

סמל השאלון: 711911

נספחים: א. נספח לשאלה 5

ב. נוסחאון במערכות תקשורת א'

לכיתה י"ג

ג. נוסחאון במדידות ומכשור

לכיתה י"ג

ד. מילון מונחים

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. 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 בבהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
- 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, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 9 עמודים ו-16 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

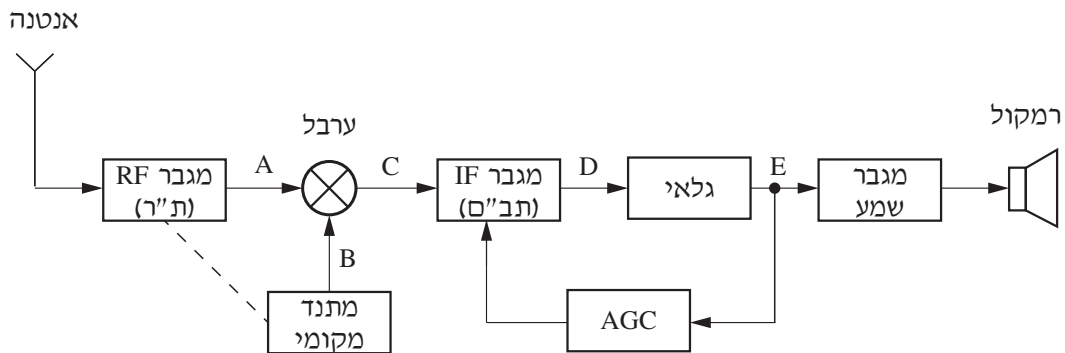
ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

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 מקלט AM. המקלט מכוון לקליטת תחנה בתדר של 920 kHz. תדר הביניים של המקלט הוא 455 kHz. נתון: $f_{LO} > f_{RF}$. אות המידע שנקלט הוא בתדר של 3 kHz, ומקדם האפנון שלו הוא 0.8. עוצמת הגל הנושא בנקודה A היא 2 V.

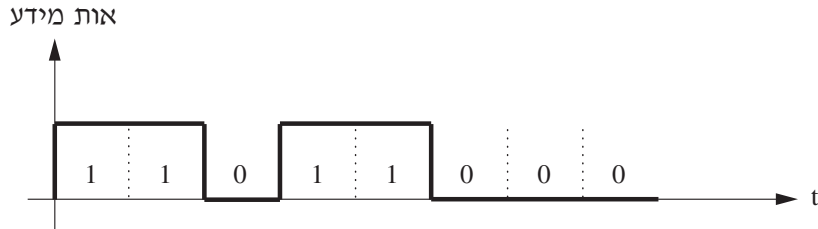


איור לשאלה 1

- א. (5 נק') מה מציין הקו המרוסק שבאיור?
- ב. (5 נק') באיור מופיעה יחידת ה-AGC. מהו תפקידה של היחידה הזו?
- ג. (5 נק') רשום את הביטוי המתאר את האות המתקבל בנקודה A, כפונקצייה של הזמן.
- ד. (5 נק') חשב את התדרים במוצא הערבל.
- ה. (5 נק') סרטט את ספקטרום התדרים בכל אחת מן הנקודות $A \div E$ המצוינות בסרטוט.

שאלה 2

א. (10 נק') באיור א' לשאלה 2 נתון אות המידע הספרתי 11011000.



איור א' לשאלה 2

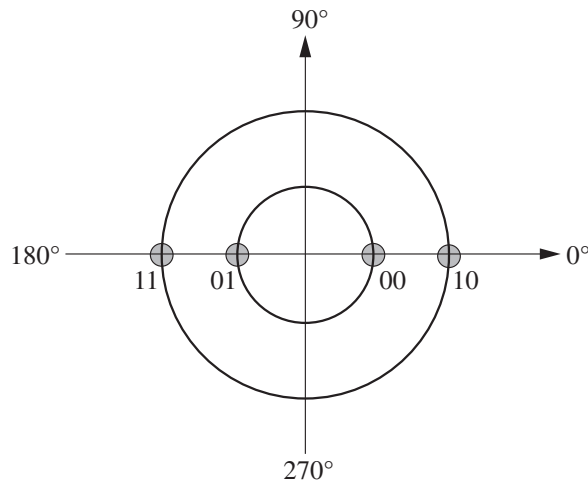
העתק את האיור למחברתך, וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את צורת אות המידע לאחר שעבר מפתוח (keying) בשיטת:

1. ASK

2. PSK

ב. (5 נק') סרטט תרשים מלבנים עקרוני של מערכת ליצירת אות במפתוח PSK.

ג. (5 נק') באיור ב' לשאלה נתונה מפת המצבים של מפתוח QAM-4.



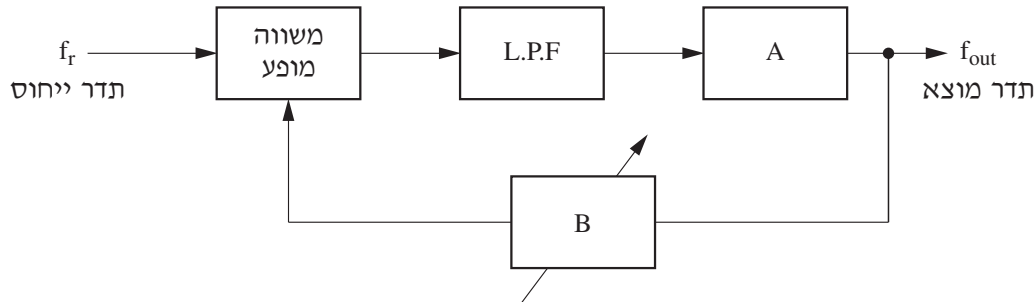
איור ב' לשאלה 2

סרטט את צורת אות המידע הספרתי הנתון בסעיף א' לאחר שעבר מפתוח בשיטת QAM-4.

ד. (5 נק') הסבר מהו קידוד לקו של אות ספרתי, ומדוע הוא נחוץ.

שאלה 3

א. (8 נק') באיור לשאלה 3 נתון תרשים מלבנים של מרכיב תדרים ספרתי.



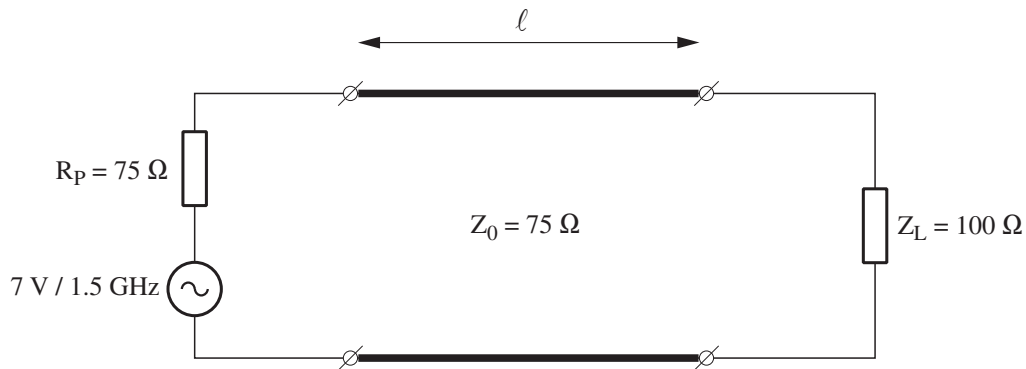
איור לשאלה 3

1. ציין את שמות היחידות A ו-B שבתרשים המלבנים.
 2. הסבר את התפקיד של כל אחת מהיחידות A ו-B במרכיב התדרים.
- ב. (12 נק') מרכיב התדרים הנתון בסעיף א' נדרש לייצר את תחום התדרים $3 \text{ MHz} \div 15 \text{ MHz}$ במרווחים קבועים של 50 kHz .
חשב את:

1. תדר הייחוס של המרכיב (f_r).
 2. תחום השינוי של גורם החלוקה של המרכיב (N).
 3. כמות התדרים שהמרכיב מייצר.
- ג. (5 נק') נתון חוג נעול-מופע (PLL) שתחום העקיבה שלו הוא $B_l = \pm 300 \text{ kHz}$ ותחום התפיסה שלו הוא $B_c = \pm 200 \text{ kHz}$.
לאחר שהחוג היה נעול במרכז תחום העקיבה, שינו בהדרגה את תדר אות המבוא ב- 250 kHz .
האם עבודתו של ה-PLL תישאר תקינה? נמק את תשובתך.

שאלה 4

1. (10 נק') א. הסבר את ההבדל בין צורת ההתפשטות של גלי קרקע לצורת ההתפשטות של גלי רקיע. לווה את הסברך בתרשים מתאים.
2. ציין שימוש אחד בכל אחת מצורות ההתפשטות הללו.
3. (15 נק') ב. נתון קו תמסורת בעל עכבה אופיינית של 75Ω שאורכו $\ell = 20 \text{ cm}$. במוצא הקו מחובר עומס של 100Ω . במבוא הקו מחובר מקור מתח סינוסואידלי בעל ערך יעיל של 7 V ותדר 1.5 GHz ובעל התנגדות פנימית של 75Ω , כמתואר באיור לשאלה 4.



איור לשאלה 4

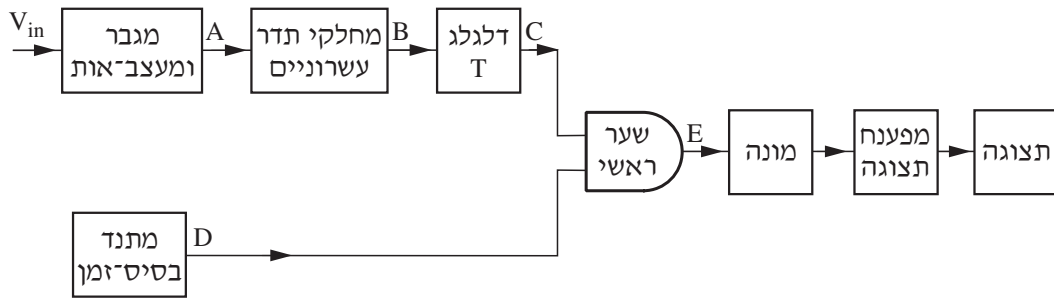
1. סרטט את צורת גל המתח לאורך הקו.
2. חשב את מקדם ההחזרה ואת יחס הגלים העומדים בקו.
3. I. תכנן שנאי רבע אורך-גל הדרוש למערכת הזו לצורך תיאום עכבות; חשב את עכבת השנאי ואת אורכו.
- II. סרטט את המערכת הכוללת את השנאי רבע אורך-גל.

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 מד זמן-מחזור. היחס בין התדרים בנקודות A ו-B $\left(\frac{f_A}{f_B}\right)$ הוא 10^4 , והאות בנקודה D הוא גל ריבועי שתדרו 1 MHz.



איור לשאלה 5

א. (15 נק') בנספח לשאלה 5 נתון תיאור של צורות הגל בנקודות A, B ו-D. סרטט, על-גבי הנספח בהתאמה, את צורת הגל בנקודה C ואת צורת הגל בנקודה E.
הערה: הדבק את מדבקת הנבחן במקום המיועד לכך בנספח, והדק אותו למחברת הבחינה.

ב. (10 נק') בתצוגת מד זמן-המחזור התקבלה התוצאה 25 nsec.

1. חשב את התדר של אות המבוא V_{in} .
2. חשב את מספר הדפקים שהמונה ספר.

שאלה 6

להלן קטע מדפי הנתונים של רבי-מודד ספרתיים של חברת FLUKE .

Function	Range	Resolution	Accuracy		
			Model 175	Model 177	Model 179
AC volts	600.0 mV	0.1 mV	1.0 %	1.0 %	1.0 %
	600.0 mV	0.001 V	(45 Hz to 500 Hz)	(45 Hz to 500 Hz)	(45 Hz to 500 Hz)
	60.00 V	0.01 V	2.0 %	2.0 %	2.0 %
	600.0 V	0.1 V	(500 Hz to 1 kHz)	(500 Hz to 1 kHz)	(500 Hz to 1 kHz)
	1000 V	1 V			
DC mV	600.0 mV	0.1 mV	0.15 %	0.09 %	0.09 %
DC volts	6.000 V	0.001 V	0.15 %	0.09 %	0.09 %
	60.00 V	0.01 V			
	600.0 V	0.1 V			
	1000 V	1 V	0.15 %	0.1 %	0.1 %

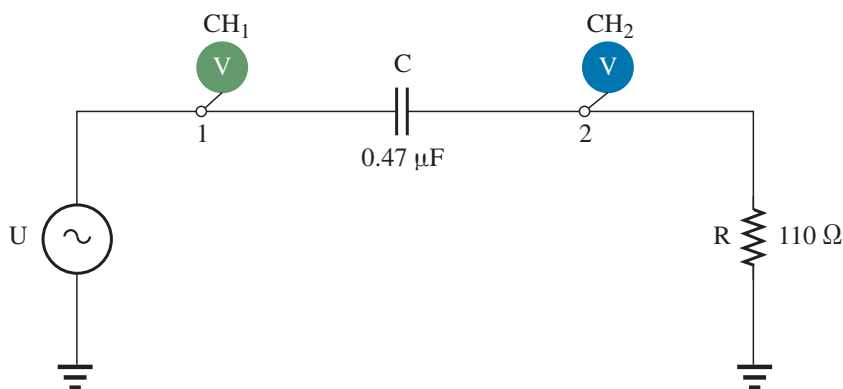
להלן הערכים שהתקבלו בשבע מדידות מתח DC שבוצעו באותה נקודת בדיקה במעגל אלקטרוני, באמצעות רבי-מודד מדגם 177 :

מספר המדידה	1	2	3	4	5	6	7
הערך הנמדד	4.501	4.495	4.501	4.495	4.475	4.495	4.475

- א. (5 נק') היעזר בקטע מדפי הנתונים של רבי-המודד, ורשום את תחום המדידה המיטבי של המכשיר לביצוע המדידות האלו, את דיוק המכשיר שבאמצעותו בוצעו המדידות (באחוזים), ואת כושר ההבחנה שלו.
- ב. (5 נק') חשב את הערך הקרוב ביותר לערך האמיתי (הממוצע החשבוני המשוקלל) של המתח הנמדד.
- ג. (5 נק') חשב את השגיאה השיטתית של המכשיר בסדרת המדידות הזו.
- ד. (5 נק') חשב את השגיאה האקראית (סטיית התקן) של סדרת המדידות הזו.
- ה. (5 נק') חשב את השגיאה היחסית הכוללת (באחוזים), הנובעת הן מן השגיאה השיטתית והן מן השגיאה האקראית.

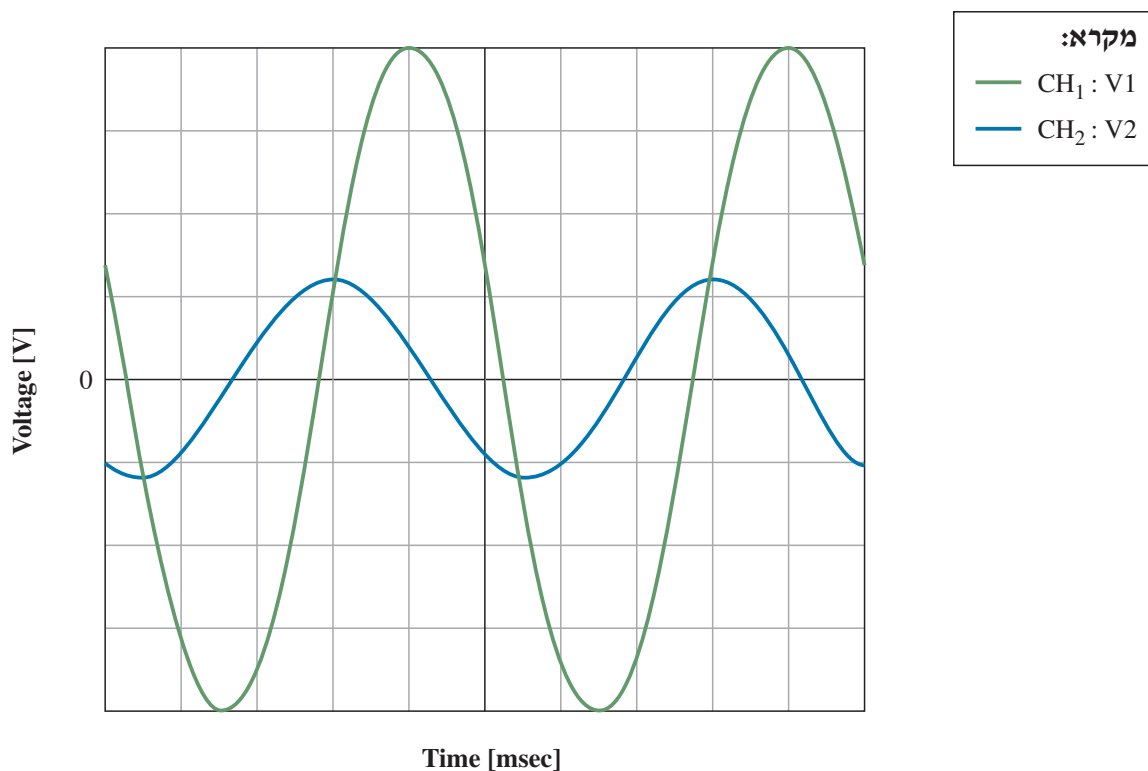
שאלה 7

באיור א' לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי. לנקודות 1 ו-2 במעגל החשמלי חיברו משקף תנודות.



איור א' לשאלה 7

באיור ב' לשאלה זו מוצגים האותות שהתקבלו על מסך משקף התנודות.



איור ב' לשאלה 7

מצב הבוררים במשקף התנודות הוא:

- בורר המבוא בשני הערוצים: במצב צימוד AC
- בורר רגישות הזמן בשני הערוצים: $0.2 \frac{\text{msec}}{\text{div}}$
- בורר רגישות המתח בשני הערוצים: $2 \frac{\text{V}}{\text{div}}$
- מקור הדירבו (Trigger Source): במצב של ערוץ 1 (CH₁)
- בורר השיפוע (Slope): במצב -
- בורר ההתנעה: במצב NORMAL

היעזר בתמונת האותות על מסך משקף התנודות הנתונה באיור ב', וענה על הסעיפים א' - ד':

- 8 (נק') א. ציין מהו המתח משיא לשיא (ptp) של כל אחד מהאותות על המסך.
- 6 (נק') ב. חשב את התדר של שני האותות.
- 7 (נק') ג. מצא את הפרש המופע בין שני האותות.
- 4 (נק') ד. מעבירים את בורר מקור הדירבו (Trigger Source) ממצב CH₁ למצב X-Y. סרטט את צורת האות המתקבלת על מסך משקף התנודות במצב הזה, כאשר האות בערוץ CH₁ מוצג בציר ה-X.

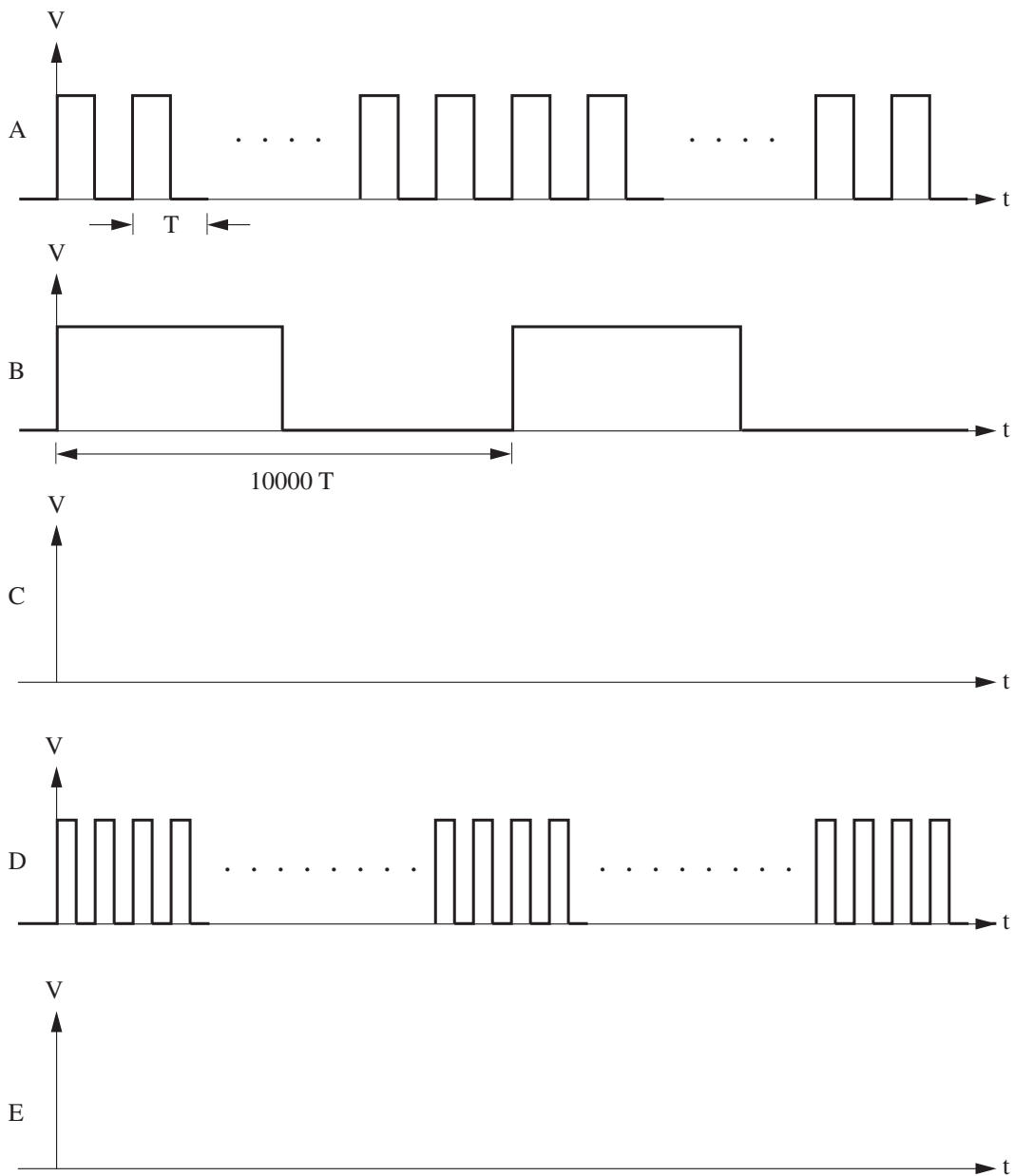
שאלה 8

- 5 (נק') א. סרטט תרשים מלבנים בסיסי של נתח ספקטרום.
- 10 (נק') ב. בנתח ספקטרום מבוצעת סריקה בתחום התדרים מ- $f_0 = 150 \text{ kHz}$ עד $f_f = 750 \text{ kHz}$ במשך זמן של $T = 5 \text{ msec}$. קבוע הכיול K של הנתח מוגדר כיחס בין רוחב תחום התדרים הנסרק ובין זמן הסריקה:

$$K = \frac{\text{רוחב תחום התדרים הנסרק}}{\text{זמן הסריקה}} \left[\frac{\text{Hz}}{\text{msec}} \right]$$

1. חשב את קבוע הכיול של הנתח הזה.
2. כעבור כמה זמן מתחילת הסריקה נגיע לתדר של 300 kHz?
- 10 (נק') ג. נתונים שני אותות מתח סינוסואידליים, המסופקים למבוא נתח הספקטרום שבסעיף ב':
- $$V_1(t) = 0.8 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot 10^5 t) \quad ; \quad V_2(t) = 0.2 \cdot \sin(2\pi \cdot 6 \cdot 10^5 t)$$
- סרטט את שני האותות במישור התדר, כפי שהם יופיעו על גבי מסך נתח הספקטרום.

בהצלחה!



אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

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 (AM)

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

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

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

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

תנופת הגל הנושא – A_c [V]

מקדם אפנון AM – m_a

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

תדר הגל המאפנן – f_m [Hz]

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

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

תדר הגל הנושא – f_c [Hz]

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

תנופת הגל המאפנן – A_m [V]

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

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

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

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

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

f_{USB} [Hz] - התדר של פס הצד העליון

f_{LSB} [Hz] - התדר של פס הצד התחתון

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

BW [Hz] - רוחב פס של גל מאופנן AM

$$BW = 2f_m$$

P_c [W] - הספק הגל הנושא

R [Ω] - התנגדות העומס

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

P_{AM} [W] - הספק של גל מאופנן AM

P_{USB} [W] - ההספק של פס הצד העליון

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

P_{LSB} [W] - ההספק של פס הצד התחתון

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

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

η - נצילות שידור ב-AM

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

אפנון תדר (FM)

ערך רגעי של מתח בגל מאופקן FM	-	$X_{FM}(t) \text{ [V]}$	$X_{FM}(t) = A_c \cos[\omega_c t + \beta \sin(\omega_m t)]$
תדר הגל הנושא	-	$f_c \text{ [Hz]}$	
תדר הגל המאפן	-	$f_m \text{ [Hz]}$	
מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל הנושא	-	$\omega_c \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$	
מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל המאפן	-	$\omega_m \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$	
מקדם האפנון FM	-	$m_f = \beta$	$\beta = m_f = \frac{\Delta f_c (\text{max})}{f_m}$
סטיית התדר המרבית	-	$\Delta f_c (\text{max}) \text{ [Hz]}$	
רוחב פס של גל מאופקן FM	-	$B_{FM} \text{ [Hz]}$	$B_{FM} = 2(\beta + 1) \cdot f_m$
הספק של גל מאופקן FM	-	$P_{FM} \text{ [W]}$	$P_{FM} = P_c = \frac{A_c^2}{2R}$
התנגדות העומס	-	$R \text{ [\Omega]}$	

אפנון מופע (PM)

ערך רגעי של מתח בגל מאופקן PM	-	$X_{PM}(t) \text{ [V]}$	$X_{PM}(t) = A_c \cdot \cos[\omega_c t + K_p \cdot A_m \cos(\omega_m t)]$
קבוע אפנון מופע	-	$K_p \left[\frac{\text{rad}}{\text{V}} \right]$	$\gamma = K_p \cdot A_m$
סטייה מרבית של המופע	-	$\gamma \text{ [rad]}$	
רוחב פס של גל מאופקן PM	-	$BW \text{ [Hz]}$	$BW = 2(\gamma + 1) \cdot f_m$

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

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

מתנד קולפיץ

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

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

מתנד הרטלי

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

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

מקלטים

עבור $f_{LO} > f_{RF}$:	$f_{IF} = f_{LO} - f_{RF}$	– f_{IF} [Hz]	תדר הביניים
	$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$	– f_{LO} [Hz]	תדר המתנד המקומי
עבור $f_{LO} < f_{RF}$:	$f_{LO} = f_{RF} - f_{IF}$	– f_{RF} [Hz]	תדר התחנה הנקלטת
	$f_{IM} = f_{RF} - 2 \cdot f_{IF}$	– f_{IM} [Hz]	תדר הבבואה

מגברי תדר ביניים (IF) ומגברי ת"ר (RF)

$BW = \frac{f_0}{Q}$	– BW [Hz]	רוחב הפס
	– f_0 [Hz]	תדר התהודה
	– Q	מקדם הטיב
	– L [H]	השראות
$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	– C [F]	קיבול
	– R [Ω]	התנגדות שקולה במקביל למעגל התהודה
$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$	– ω_0 [$\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$]	מהירות זוויתית (תדר זוויתי)

גלאי מעטפת

$\frac{2\pi}{\omega_c} < R \cdot C < \frac{\pi}{\omega_m} \cdot \frac{1}{\ln \frac{1+m_a}{1-m_a}}$	– $R \cdot C$ [sec]	קבוע הזמן
	– ω_c [$\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$]	מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל הנושא
	– ω_m [$\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$]	מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל המאפן
	– m_a	מקדם אפנון

מרכיב תדרים

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

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

רעש

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

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

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

טמפרטורה	-	T [°K]
----------	---	--------

התנגדות	-	R [Ω]
---------	---	-------

רוחב הפס	-	BW [Hz]
----------	---	---------

הספק הרעש (הספק	-	P_{nr} [W]
-----------------	---	--------------

תרמי) הנמסר על-ידי

נגד R לרשת מתואמת

יחס אות לרעש	-	S.N.R [dB]
--------------	---	------------

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

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

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

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

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

הספק הרעש שיוצר

המגבר כאשר יש

תיאום במבוא

- P_n [W]

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

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

ספרת הרעש הכוללת

של N מגברים

המחוברים בקסקדה

- NF_T

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

משפט שאנון

הקצב המרבי להעברת

נתונים בקו תקשורת

- C [bps]

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

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L^*}{C^*}}$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{L^* \cdot C^*}}$$

עבור $Z_L > Z_0$:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

עבור $Z_0 > Z_L$:

$$\Gamma = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L}$$

עבור $Z_L > Z_0$:

$$S.W.R = \frac{Z_L}{Z_0}$$

עבור $Z_0 > Z_L$:

$$S.W.R = \frac{Z_0}{Z_L}$$

אורך הגל	-	λ	[m]
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]
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	$\left[\frac{m}{sec} \right]$

מקדם החזרה - Γ

עכבת העומס - Z_L [Ω]

יחס גלים עומדים - S.W.R

$$S.W.R = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

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

עכבה אופיינית של הקו	-	Z_0	$[\Omega]$
עכבת העומס	-	Z_L	$[\Omega]$
עכבה אופיינית של הקו המהווה שנאי רבע-גל	-	Z_S	$[\Omega]$

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

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

אנטנות

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

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

נצילות האנטנה	-	η	
התנגדות הקרינה	-	R_r	$[\Omega]$
התנגדות ההפסדים	-	R_d	$[\Omega]$

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

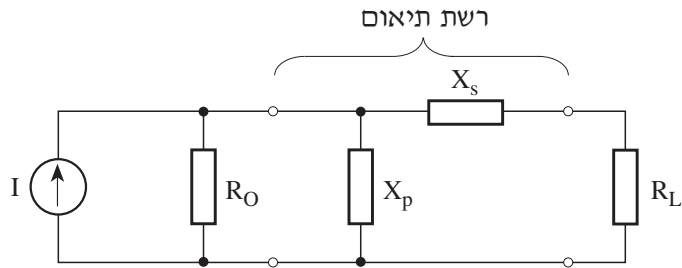
כיווניות האנטנה	-	D	
ההספק המוקרן בכיוון מועדף	-	P	$[W]$
ההספק המוקרן על-ידי אנטנה איזוטרופית	-	P_t	$[W]$
הגבר ההספק של האנטנה	-	A_p	

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

$$A_p = \eta \cdot D$$

רשתות תיאום

רשת תיאום מסוג L



- עכבה טורית - Z_s [Ω]
- עכבה מקבילית - Z_p [Ω]
- התנגדות מוצא של דרגה קודמת (מקור) - R_O [Ω]
- התנגדות העומס (מייצגת את ההתנגדות האופיינית של קו התמסורת) - R_L [Ω]

גורם הטיב - Q

היגב טורי - X_s [Ω]

היגב מקבילי - X_p [Ω]

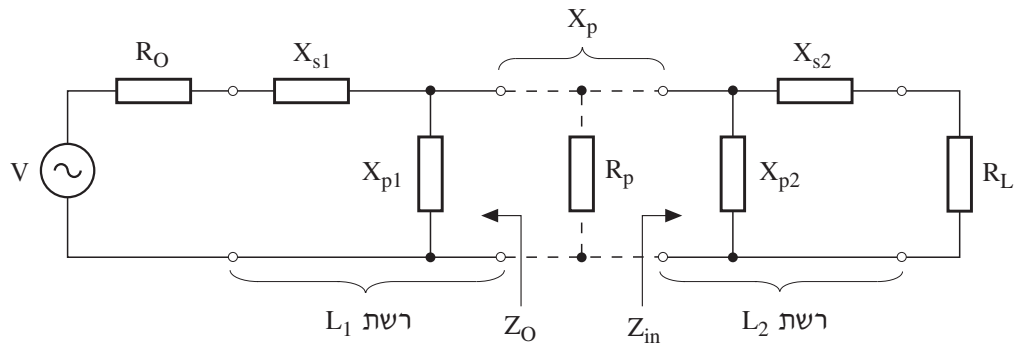
$$Z_p = Z_s$$

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

$$X_s = Q \cdot R_L$$

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

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 $[\Omega]$

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

$$R_p = R_O (Q_1^2 + 1)$$

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

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

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

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

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

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

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

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

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

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

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

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

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

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

ב. שגיאה שיטתית

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

Δ - שגיאה כוללת של
מכשיר המדידה

Δ_1 - שגיאה הנובעת
מדיוק מכשיר המדידה

Δ_2 - כושר ההבחנה של
מכשיר המדידה

ΔX - שגיאת המדידה הכוללת
 $\delta\%$ - שגיאה כוללת יחסית (באחוזים)

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

ג. שגיאת מדידה כוללת

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

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

מונה

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

f [Hz] - תדירות ממוצעת של אירועים נמדדים

n - מספר האירועים

t [sec] - משך המדידה

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

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

משקף תנודות

א. זמן העלייה של משקף תנודות

t_r [sec] - זמן העלייה

BW [Hz] - רוחב־פס

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

ב. זמן העלייה הכולל של משקף תנודות

t_{rs} - זמן העלייה הכולל של משקף תנודות,

בהתחשב בזמן העלייה של האות

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

t_{r1} - זמן העלייה של האות הנמדד

ג. מדידת הפרש מופע באמצעות משקף תנודות

$\Delta\phi$ [°] - הפרש מופע

Δt [sec] - הפרש זמנים

T [sec] - זמן מחזור

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

ד. בחון מקוּזז ומכוּיל

R_1 [Ω] - התנגדות הבחון

C_1 [F] - קיבול הבחון

R_2 [Ω] - התנגדות המבוא של

משקף התנודות

C_2 [F] - קיבול המבוא של

משקף התנודות

k - מקדם הניחות של הבחון

$$R_1 C_1 = R_2 C_2$$

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

נספח: מילון מונחים

לשאלון 711911, אביב תשע"ט

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
signal	Сигнал	إشارة	אות
standing waves ratio	Коэффициент стоячей волны	النسبة التموّجِيّة المُستقرّة	יחס גלים עומדים
receiver	Приемник	مُستقبِل	מקלט
oscilloscope	Осциллоскоп	راسم الذبذبات / عاكس الاهتزازات	משקף תנודות
impedance	импеданс	مُقاوَمة / مُمانعة	עכבה
transmission line	линия передачи	خطّ نقل	קו תמסורת
encoding	Кодирование	تشفير	קידוד
digital multi-meter	Цифровое измерительное устройство	مقياس رقمي متعدد	רב-מודד ספרתי
relative error	Относительная ошибка	خطأ نسبي	שגיאה יחסית
absolute error	Абсолютная ошибка	خطأ مطلق	שגיאה מוחלטת
frequency	частота	ذبذبة / تردد	תדר