

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשפ"ב, 2022

סמל השאלון: 711911

נספחים: א. מילון מונחים

ב. נוסחאון בשפת C לכיתה י"ג

ג. נוסחאון במערכות תקשורת א' לכיתה י"ג

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 שמונה שאלות.
יש להשיב על ארבע שאלות בלבד.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, וכן כל חומר הכתוב (בכתב יד או בהדפסה) על שלושה דפי A4 הכתובים משני הצדדים.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. התחילו כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 3. כתבו את כל התשובות אך ורק בעט.
 4. הקפידו לנסח את התשובות כהלכה ולסרטט את התרשימים בבהירות.
 5. כתבו את התשובות בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
 6. אם לדעתכם חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתם רשאים להוסיף אותם, בתנאי שתנמקו מדוע הוספתם אותם.
 7. בכתבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם כתובים:
 - * כתיבת הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * כתיבת התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.
 8. בנספח א' לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.
 9. צרף את שלושת דפי ה-A4 למחברת הבחינה.

בשאלון זה 10 עמודים ו-19 עמודי נספחים.

בהצלחה!

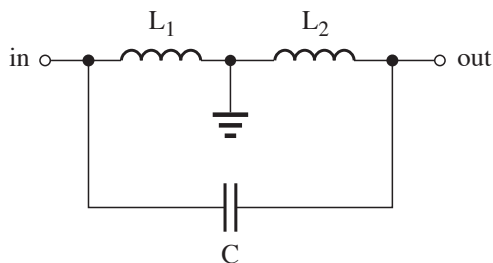
השאלות

ענו על ארבע מבין השאלות 1-8 (לכל שאלה – 25 נקודות).

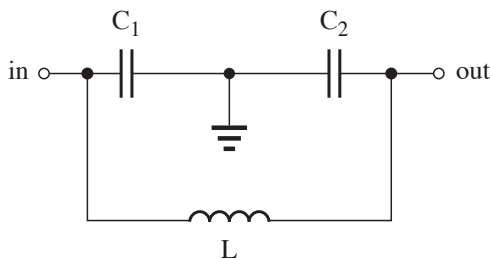
מערכות תקשורת א'

שאלה 1

א. באיורים א' ו-ב' לשאלה 1 נתונים מעגלים חשמליים של מתנד קולפיץ ושל מתנד הרטלי. (6 נק')



איור ב' לשאלה 1



איור א' לשאלה 1

1. ציינו איזה סוג מתנד מוצג באיור א', וציינו יתרון אחד וחסרון אחד של מתנד זה. (3 נק')

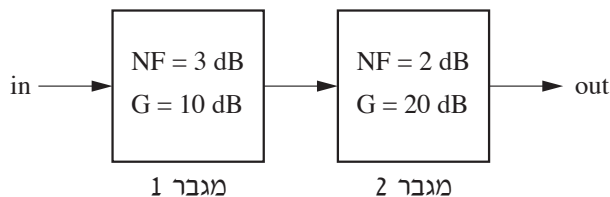
2. ציינו איזה סוג מתנד מוצג באיור ב', וציינו יתרון אחד וחסרון אחד של מתנד זה. (3 נק')

ב. (6 נק')

1. הסבירו את שני התנאים להיווצרות של תנודות במתנד. (3 נק')

2. חשבו את מקדם המשוב אם נתון שהגבר המתנד הוא: $A = 2 / \frac{1}{3} \pi$. (3 נק')

ג. באיור ג' לשאלה 1 נתונה מערכת הכוללת שני מגברים המחוברים זה לזה. (6 נק')



איור ג' לשאלה 1

האם צורת החיבור של המגברים תבטיח ספרת רעש אופטימלית (מיטבית)? אם כן, חשבו אותה. אם לא, הציעו דרך לקבל ספרת רעש אופטימלית, וחשבו אותה.

ד. עבור המעגל המופיע באיור ג' התקבלו המדידות האלה: (7 נק')

הספק הרעש במבוא המערכת הוא -120 dBm וטמפרטורת הסביבה היא 27°C. חשבו את רוחב הפס של המערכת.

שאלה 2

א. (5 נק') נתון האות המאופנן הזה:

$$X(t) = 3 \cdot \cos(2\pi \cdot 605 \cdot 10^3 t) + 3 \cdot \cos(2\pi \cdot 615 \cdot 10^3 t)$$

קבעו מהו סוג האפנון של האות הנתון, וסרטטו את ספקטרום התדרים עבור אות זה.

ב. (8 נק') סרטטו תרשים מלבנים של מקלט סופר-הטרודיין, והסבירו את התפקיד של כל אחד מהמרכיבים בו.

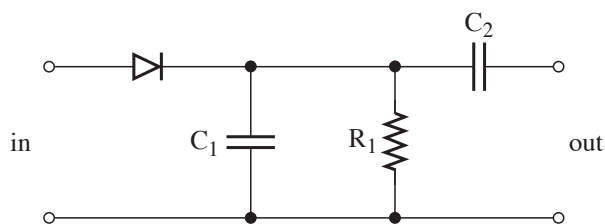
ג. (7 נק') במבוא של מקלט סופר-הטרודיין נקלטו התדרים האלה:

$$F_{RF1} = 1,000 \text{ kHz} \quad , \quad F_{RF2} = 600 \text{ kHz}$$

ידוע כי תדר הביניים של המקלט הוא 455 kHz ושתחום התדרים הנקלט הוא 1,600 ÷ 540 kHz.

חשבו את תדר הבבואה עבור כל אחד מהתדרים F_{RF1} ו- F_{RF2} , וקבעו איזה מהם יכול להוות הפרעה עבור המקלט.

ד. (5 נק') באיור לשאלה 2 מתואר מעגל.



איור לשאלה 2

ציינו מהו המעגל המתואר באיור, והסבירו למה הוא משמש.

שאלה 3

נתון ביטוי המתאר אות מאופנן, המשודר באפנון FM כפונקצייה של הזמן:

$$X_{FM}(t) = 30 \cdot \cos(2\pi \cdot 90 \cdot 10^6 t + 4 \cdot \sin(2\pi \cdot 8 \cdot 10^3 t))$$

- 9 נק' א. חשבו את רוחב הפס, את התדר המרבי ואת התדר המזערי של האות הנתון.
- 5 נק' ב. כתבו ביטוי המתאר את התדר הרגעי של האות הנתון כפונקצייה של הזמן $F_{FM}(t)$.
- 6 נק' ג. סרטטו תרשים מלבנים של משדר FM הכולל מתנד מבוקר מתח (V.C.O.).
- 5 נק' ד. הסבירו למה משמש מִגְבֵּל (Limiter). ציינו באיזה מכשיר הוא מותקן, ובין אילו רכיבים במכשיר הוא ממוקם.

שאלה 4

- 5 נק' א. הסבירו את משפט הדגימה של נייקוויסט.
- 5 נק' ב. אות מידע אנלוגי, בתדר של 10 kHz, נדגם על-פי משפט נייקוויסט. חשבו מהו זמן המחזור של האות הדגום.
- 5 נק' ג. סרטטו תרשים מלבנים של מעגל דגימה ושמירה (Sample and Hold), והסבירו את אופן פעולתו.
- 5 נק' ד. ציינו את **שלושת** השלבים הדרושים להמרת אות אנלוגי לאות דיגיטלי, והסבירו כל אחד מהם.
- 5 נק' ה. הסבירו מהי שגיאת כימוי, וכיצד אפשר לצמצם אותה.

שפה עילית (שפת C)

שאלה 5

נתונה תוכנית הכתובה בשפת C.

```

1.  #include <stdio.h>
2.  void bitup(int *num, int bit);
3.  void bits_up (int *num, int frombit, int tobit);
4.  void main(){
5.      int num=1;
6.      bits_up(&num, 1 ,2);
7.      printf("%d\n" , num);
8.      num=1;
9.      bits_up(&num, 1, 3);
10.     printf("%d\n", num);
11. }
12. void bitup(int *num, int bit) {
13.     (*num) |= (1<< bit);
14. }
15. void bits_up(int *num, int frombit, int tobit) {
16.     int i;
17.     for (i=frombit; i<=tobit; i++)
18.         bitup(num, i);
19. }

```

9 נק') א. הסבירו את ההוראות שבשורות 3, 9, 18.

6 נק') ב. הפונקצייה bitup ממומשת בשורה מספר 12.

3 נק') 1. הסבירו מה הפונקצייה מקבלת ומה הפונקצייה מחזירה.

3 נק') 2. הסבירו מה הפונקצייה מבצעת.

5 נק') ג. מהו תפקידה של התוכנית?

5 נק') ד. מה יוצג על צג המחשב בסיום הרצת התוכנית?

שאלה 6

נתונה תוכנית הכתובה בשפת C.

```
1. #include <stdio.h>
2. void main()
3. {
4.     int i,num;
5.     int arr[10] = {0};
6.     for(int i=0 ; i<10 ; i++)
7.     {
8.         do
9.         {
10.             printf("Enter number:");
11.             scanf("%d",&num);
12.         }while(num<0 || num>9);
13.         arr[num]++;
14.     }
15.     printf("Here is the new array:");
16.     for(i=0 ; i<10 ; i++)
17.     {
18.         printf ("%d ",arr[i]);
19.     }
20. }
```

(5 נק') א. נתון הקלט הזה (קראו משמאל לימין):

9, 9, 9, 15, 10, 8, 8, 0, 0, 1, 1, 2

מה יודפס על צג המחשב בסיום הרצת התוכנית?

(5 נק') ב. מוחקים את שורות 8, 9, 12. מריצים את התוכנית שכוללת את הקלט מסעיף א', ומתקבלת הודעת שגיאה. נמקו מדוע מתקבלת הודעה זו.

(8 נק') ג. הציגו קלט חלופי לקלט הנתון בסעיף א', כך שלא תתקבל הודעת שגיאה.

(7 נק') ד. מחליפים את הלולאה שבשורות 16 עד 19 בלולאה הזאת:

```
for (i=0;i<10;i++)  
    while(arr[i] !=0)  
    {  
        printf("%d, ", i);  
        arr[i]--;  
    }  
}
```

מריצים את התוכנית מחדש כשהיא כוללת את הלולאה החדשה ואת הקלט הנתון בסעיף א'.

מה יוצג על צג המחשב בסיום הרצת התוכנית?

שאלה 7

נתונה תוכנית הכתובה בשפת C.

```
1. #include <stdio.h>
2. struct Time
3. {
4.     int Hour;
5.     int Minute;
6. };
7. Time doSomething(Time t, int x)
8. {
9.     int m;
10.    m = t.Hour * 60+ t.Minute + x;
11.    t.Hour = m / 60;
12.    t.Minute = m % 60;
13.    return t;
14. }
15. void main ()
16. {
17.    int h, m;
18.    Time t;
19.    printf("enter Time in format Hour:Minute ");
20.    scanf ("%d:%d", &t.Hour, &t.Minute);
21.    printf ("Time: %d:%d\n", t.Hour, t.Minute);
22.    t = doSomething(t, 90);
23.    printf("Time: %d:%d\n" , t.Hour, t. Minute);
24. }
```

א. (8 נק') הסבירו את ההוראות שבשורות 7, 11, 12 ו-19 .

ב. (8 נק') מה יהיה פלט התוכנית אם המשתמש יקליד תוך כדי הרצת התוכנית את המחרוזת 12:51 ? נמקו את התשובה.

ג. (9 נק') משנים את ההוראה שבשורה 10 :

```
m = t.Hour * 60+ t.Minute + x;
```

להוראה:

```
m = t.Hour * 60+ t.Minute - x;
```

מה יהיה פלט התוכנית אם נקליד שוב את המחרוזת 12:51 תוך כדי הרצת התוכנית? נמקו את התשובה.

שאלה 8

נתונה תוכנית הכתובה בשפת C.

```
1.  #include <stdio.h>
2.  void doSomething (int *p1, int *p2)
3.  {
4.      int t;
5.      t=*p1;
6.      *p1=*p2;
7.      *p2=t;
8.  }
9.
10. void main ()
11. {
12.     int arr[] = {10,20,30,40,50,60,70,80,90,100};
13.     for (int i=0; i<10; i=i+2)
14.     {
15.         doSomething (&arr[i] , &arr[i+1]);
16.     }
17.     for (int i = 0; i < 10; i++)
18.     {
19.         printf("%d ", arr[i]);
20.     }
21. }
```

א. (8 נק') הסבירו כל אחת מן ההוראות שבשורות 2, 5, 6 ו-15.

ב. (6 נק') התייחסו לפונקציית doSomething:

3 נק') 1. מה הפונקציית מקבלת ומה הפונקציית מחזירה?

3 נק') 2. מה הפונקציית מבצעת?

ג. (6 נק') כתבו במחברת את פלט התוכנית, והסבירו מה מבצעת התוכנית כולה.

ד. (5 נק') לרשותכם כותרת של פונקציית בשם reverseView, המקבלת מצביע למשתנה מטיפוס int, וכן את גודל המערך:

```
void reverseView (int *p, int n);
```

ממשו את קוד הפונקציית כך שתציג על צג המחשב את המערך arr בסדר הפוך.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.

אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

נספח א': מילון מונחים
לשאלון 711911, אביב תשפ"ב

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
transfer characteristic	Переходная характеристика	المنحنى الانتقالي المميز	אופיינ מעבר
signal	Сигнал	إشارة	אות
modulation	Модулятор	تضمين / مُضمَّن	אפנון
crystal	Кристалл	بلّور / كريستال	גביש
interrupt pin	Ножка прерывания	طرفيّة المقاطعة	הדק פסיקה
external memory	Внешняя память	الذاكرة الخارجيّة	זיכרון חיצוני
internal memory	Внутренняя память	الذاكرة الداخليّة	זיכרון פנימי
microcontroller	Микроконтроллер	مُتحكّم دقيق	מיקרו־בקר
switch	Выключатель	مفتاح	מפסק
receiver	Приемник	مُستقبل	מקלט
transmitter	Передатчик	جهاز الإرسال	משדר
oscillator	Осциллятор	مُذبذب	מתנד
sampling frequency	частота дискретизации	تردد الاعتيان	תדר דגימה
half power frequency	Частоты полумощности	تردد نصف القدرة	תדר מחצית ההספק
subroutine	Подпрограмма	روتين فرعي	תת־שגרה

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון בשפת C לכיתה י"ג

(11 עמודים)

Data Types (טיפוסי נתונים)

Name	Description	תיאור	Size*	Range*
char	Character or small integer	תו בודד	1 byte	-128 to 127
unsigned char	Unsigned small integer	תו בודד ללא סימן	1 byte	0 to 255
short	Short Integer	מספר שלם קטן	2 bytes	-32768 to 32767
unsigned short	Unsigned short integer	מספר שלם קטן ללא סימן	2 bytes	0 to 65535
int	Integer	מספר שלם	4 bytes	-2147483648 to 2147483647
unsigned int	Unsigned integer	מספר שלם ללא סימן	4 bytes	0 to 4294967295
float	Floating point number	מספר ממשי	4 bytes	+/- 3.4e +/- 38 (~7 digits)
double	Double floating point number	מספר ממשי ארוך	8 bytes	+/- 1.7e +/- 308 (~15 digits)
long	Long Integer	מספר שלם גדול	8 bytes	-9223372036854775807 to +9223372036854775807

*הערכים של עמודות אלו תלויים במבנה המחשב שבו נעשה הידור התוכנית.

דוגמאות:

```
char a;
```

```
float number;
```

```
int b, c;
```

```
unsigned short NewNumber;
```

המשך בעמוד 2

Preprocessor directives (הנחיות לקדם – מהדר)

Description	Syntax	Example
macro definitions	#define identifier replacement	#define ArrSize 100

identifier – מזהה ; replacement – תחליף

Operators (אופרטורים)

Description	תיאור	Operator
Assignment	השמה	=

Initialization of variables (אתחול משתנים)

```
int d = 0;
```

```
d=75; // decimal number
```

```
d=0x4b; // hexadecimal number
```

Arithmetic operators (אופרטורים חשבוניים)

Description	תיאור	Operator
Addition	חיבור	+
subtraction	חיסור	-
multiplication	כפל	*
division	חילוק	/
modulo	שארית	%

Relational and equality operators (אופרטורים להשוואה ויחסים)

Description	תיאור	Operator
Equal to	שווה	==
Not equal to	שונה	!=
Greater than	גדול מ-	>
Less than	קטן מ-	<
Greater than or equal to	גדול שווה מ-	>=
Less than or equal to	קטן שווה מ-	<=

Logical operators (אופרטורים לוגיים בין ביטויים)

Description	תיאור	Operator
NOT	היפוך	!
AND	וגם	&&
OR	או	

Bitwise Operators (אופרטורים על סיביות)

Description	תיאור	ASM equivalent	Operator
AND	וגם	AND	&
Inclusive OR	או כולל	OR	
Exclusive OR	או מוציא	XOR	^
Bit inversion	היפוך	NOT	~
Shift Left	הזזה שמאלה	SHL	<<
Shift Right	הזזה ימינה	SHR	>>

Basic Input/Output (קלט/פלט בסיסי)

Description	Syntax	Example
Standard Output	int putchar (int character);	int a='G' ; putchar(a) ;
Standard Input	int getchar (void);	int c; c=getchar() ;

Formatted Input/Output (פלט לפי תבנית)

Description	Syntax	Example
Formatted output	printf(format[,arg1,arg2,...]);	int num=10; printf("num=%d\n",num) ;
Formatted Input	scanf(format [,arg1,arg2,...]);	int num; scanf("%d",&num) ;

Specifier	Operator	פלט	Example
%c	Character	תו בודד	a
%d	Signed decimal integer	עשרוני שלם	133
%e	Scientific notation	עשרוני כולל נקודה וחזקה של 10	3.012e+4
%f	Decimal floating point	עשרוני כולל נקודה עשרונית	123.45
%s	String of characters	מחרוזת תווים	Hello
%x	Unsigned hexadecimal integer	הקסדצימלי ללא סימן	3fe

Conditional Structures (מבני בקרה – משפטי תנאי)

Description	Syntax	Example
if	<pre>if (condition) { statements ; }</pre>	<pre>if (d == 100) { printf("d is 100"); }</pre>
if .. else	<pre>if (condition) statement1; else statement2 ;</pre>	<pre>if (d == 100) printf("d is 100"); else printf("d is not 100");</pre>
if .. else if .. else	<pre>if (condition) statement1 ; else if (condition) statement2 ; else statement3 ;</pre>	<pre>if (d > 0) printf("d is positive"); else if (d < 0) printf("d is negative"); else printf("d is 0");</pre>

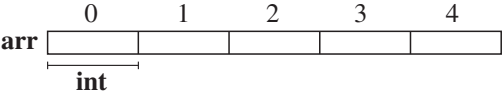
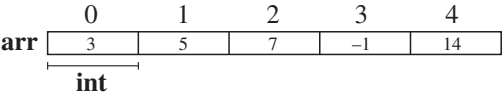
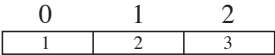
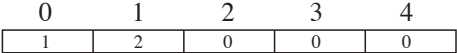
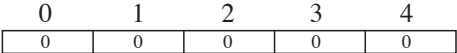
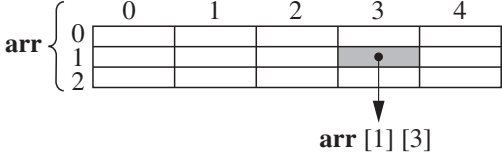
תנאי – condition ; הצהרה – statement

Iteration Structures (מבני בקרה - לולאות)

Description	Syntax	Example
while loop	<pre>while (expression) { statements ; }</pre>	<pre>while (n>0) { printf(" %d \n",n); n--; }</pre>
do-while loop	<pre>do { statements ; } while (condition);</pre>	<pre>do { printf("Enter 0 to end: "); scanf("%d",&n); }while (n != 0);</pre>
for loop	<pre>for (initialization; condition; increase) { statements ; }</pre>	<pre>for (i=0; i<10; i++) { printf(" %d \n",i); }</pre>

תנאי – condition ; הצהרה – statement

Arrays (מערכים)

Description	Syntax	Example
הגדרת מערך חד-ממדי 	type name [elements];	int arr[5];
אתחול והצבת ערכים במערך    	type name [elements] = {value1,..valueN};	int arr[5] = {3,5,7,-1,14}; int arr[] = {1,2,3}; int arr[5] = {1,2}; int arr[5] = {0};
הגדרת מערך דו-ממדי 	type name [elements], elements];	int arr[3][5];

elements – פרטים ; value – ערך

String (מחרוזות)

Description	Syntax	Example
string copy (strcpy)	strcpy (char str1[], char str2[])	<pre>#include <stdio.h> #include<string.h> int main() { char s1[]=Hello"; char s2[][20]; strcpy (s2, "User"); printf ("%s %s", s1, s2); }</pre>
string Length (strlen)	int strlen (char str[])	<pre>char s1[]="Hello World!"; printf ("%d", strlen(s1));</pre>
string Comparison (strcmp)	int strcmp (char str[], char str2[])	<pre>if (strcmp (s1,s2) ==0) printf ("they are same"); else printf ("they are no same");</pre>
string Concatenation (strcat)	strcat (char str[], char str2[])	<pre>char s1[20]="Hello"; char s2[] = "world"; strcat (s1,s2); printf ("%s", s1);</pre>

Functions (פונקציות)

Description	Syntax	Example
Functions with no argument	<pre>void name (void) { statements ; }</pre>	<pre>#include <stdio.h> void PrintHello(void) { printf("Hello"); } void main(void) { PrintHello(); }</pre>
Functions with no type	<pre>void name (parameter1, parameter2, ...) { statements ; }</pre>	<pre>#include <stdio.h> void multiplication(int a,int b) { int c; c=a*b; printf("%d*d=%d",a,b,c); } void main(void) { multiplication(2,8); }</pre>
Functions with type and argument	<pre>type name (parameter1, parameter2, ...) { statements ; }</pre>	<pre>#include <stdio.h> int multiplication(int a,int b) { int c; c=a*b; return c; } void main(void) { int r; r = multiplication(2,8); printf("%d",r); }</pre>

parameter – ערך המועבר לפונקציה ; הצהרה – statement

המשך בעמוד 10

Pointers (מצביעים)

Description	תאור	Operator
Reference operator	אופרטור הכתובת (כתובתו של)	&
Dereference operator	אופרטור המצביע (הערך המוצבע על-ידי)	*

דוגמה:

```
int a;
int *p_a;
p_a = &a;
*p_a = 10;
```

Data Structures (מבנים)

Description	Syntax	Example
הגדרת מבנה	<pre>struct structure_name { member_type1 c_name1; member_type2 member_name2; ... };</pre>	<pre>struct point { int x; int y; };</pre>
אתחול במבנה	<pre>structure_name object_name;</pre>	<pre>point MyPoint;</pre>
הצבת ערכים במבנה	<pre>object_name . member_name = value;</pre>	<pre>MyPoint.x=5; MyPoint.y=10;</pre>

member – איבר ; value – ערך ; structure – מבנה

file input/output (קלט/פלט עם קבצים)

Description	Syntax	Example
Opening a file	FILE * fopen(const char * File_Name , const char * Mode);	FILE *f; f=fopen("MyFile.txt","w");
Closing a stream	int fclose(FILE * file);	fclose(f);
Reading from a stream using fgetc	int fgetc(FILE *fp);	char c; c=fgetc(f);
Writing to a stream using fputc	int fputc(int c, FILE *fp);	fputc('A',f);
Reading from a stream using fscanf	fscanf(FILE *fp , format [,arg1,arg2,...]);	int num; fscanf(f,"%d",&num);
Writing to a stream using fprintf	fprintf(FILE *fp , format [,arg1,arg2,...]);	int a=10; fprintf(f,"a=%d",a);

hardware address – כתובת חומרה ; ערך – value

Mode*	Description
r	open for reading
w	open for writing, creates file if it doesn't exist
a	open for appending, creates file if it doesn't exist

* The character string "Mode" specifies the type of access requested for the file.

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במערכות תקשורת א' לכיתה י"ג

(7 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]

תנופת הגל המאפנן – A_m [V]

מקדם אפנון AM – m_a

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

תדר הגל המאפנן – f_m [Hz]

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

$$V_{USB} = \frac{A_m}{2}$$

V_{USB} [V] – התנופה של פס הצד העליון

$$V_{LSB} = \frac{A_m}{2}$$

V_{LSB} [V] – התנופה של פס הצד התחתון

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

f_{USB} [Hz] – התדר של פס הצד העליון

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

f_{LSB} [Hz] – התדר של פס הצד התחתון

BW [Hz] – רוחב פס של גל מאופנן AM

$$BW = 2f_m$$

$$X_{DSB}(t) = \frac{A_m \cdot A_c}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t + \frac{A_m \cdot A_c}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t$$

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

$$T_m = \frac{1}{f_m}$$

T_m [sec] – זמן מחזור של הגל המאפנן (מידע)

$$T_c = \frac{1}{f_c}$$

T_c [sec] – זמן מחזור של גל הנושא

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

P_c [W] – הספק הגל הנושא

R [Ω] – התנגדות העומס

P_{AM} [W] – הספק של גל מאופנן AM

P_{USB} [W] – ההספק של פס הצד העליון

P_{LSB} [W] – ההספק של פס הצד התחתון

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

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

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

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

η - נצילות שידור ב־AM

מקלטים

עבור $f_{\text{LO}} > f_{\text{RF}}$:

$$f_{\text{IF}} = f_{\text{LO}} - f_{\text{RF}}$$

תדר הביניים f_{IF} [Hz] -

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

תדר המתנד המקומי f_{LO} [Hz] -

תדר התחנה הנקלטת f_{RF} [Hz] -

תדר הבבואה f_{IM} [Hz] -

מגברי תדר ביניים (IF) ומגברי ת"ר (RF)

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

רוחב הפס BW [Hz] -

תדר התהודה f_0 [Hz] -

מקדם הטיב Q -

השראות L [H] -

קיבול C [F] -

התנגדות שקולה במקביל למעגל התהודה R [Ω] -

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

מהירות זוויתית (תדר זוויתי) ω_0 $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ -

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

גלאי מעטפת

- קבוע הזמן של גלאי מעטפת – $R \cdot C$ [sec]
- תדר גל הנושא – f_c [Hz]
- תדר הגל המאפנן – f_m [Hz]
- מקדם אפנון – m_a

$$\frac{1}{f_c} < R \cdot C < \frac{1}{2f_m} \cdot \frac{1}{\ln \frac{1+m_a}{1-m_a}}$$

אפנון תדר (FM)

- 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 של הגל הנושא – ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
- מהירות זוויתית 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]

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

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

- רוחב פס של גל מאופנן FM – BW [Hz]

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

- הספק של גל מאופנן FM – P_{FM} [W]

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

- התנגדות העומס – R [Ω]

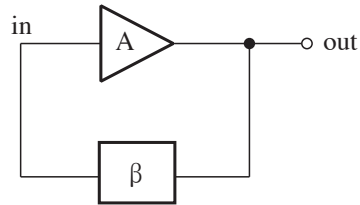
- קבוע אפנון – $K_f \left[\frac{\text{Hz}}{\text{V}} \right]$

$$\Delta f_c (\text{max}) = K_f \cdot A_m$$

- ביטוי לתדר הרגעי של אות FM – $f_{FM}(t)$ [Hz]

$$f_{FM}(t) = f_c + K_f \cdot A_m \cdot \cos(\omega_m t)$$

מתנדים סינסיאילדיים



קריטריון ברקהאוזן לקיום

תנודות:

1. תנאי התנופה: $|\bar{\beta} \cdot \bar{A}| \geq 1$ – הגבר בחוג פתוח
2. תנאי המופע: $\angle(\bar{\beta} \cdot \bar{A}) = 0$ – β [rad] מקדם המשוב

מתנד קולפיץ

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- C_1, C_2 [F] הקיבולים של קבלי רשת המשוב
- L [H] השראות הסליל של רשת המשוב

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

מתנד הרטלי

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

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

רעש

אות ביחידה טהורה	-	x
אות ביחידות dBm	-	X [dBm]
אות ביחידות dB	-	X [dB]
מתח הרעש האפקטיבי בנגד R (מתח תרמי)	-	V_n [V]
קבוע בולצמן	-	$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{J}{^\circ K} \right]$
טמפרטורה ביחידות קלווין	-	T [°K]
טמפרטורה ביחידות צלזיוס	-	T [°C]
התנגדות	-	R [Ω]
רוחב הפס	-	BW [Hz]
הספק הרעש (הספק תרמי)	-	N_i [W]
הנמסר על-ידי נגד R לרשת מתואמת	-	N_i [W]
יחס אות לרעש	-	S.N.R [dB]
הספק האות	-	P_s [W]
הספק הרעש	-	P_n [W]
גורם הרעש	-	F
ספרת הרעש	-	NF [dB]
הספק האות במבוא	-	P_{si} [W]
הספק הרעש הכולל במבוא	-	P_{ni} [W]
הספק האות במוצא	-	P_{so} [W]
הספק הרעש במוצא	-	P_{no} [W]

$$X(\text{dB}) = 10 \log x$$

$$X = 10^{\frac{X(\text{dB})}{10}}$$

מעבר מ-[dBm] ל-[dBw] :

$$X_{(\text{dBm})} = X_{(\text{dBw})} + 30$$

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

$$T[^\circ\text{C}] = T[^\circ\text{K}] - 273$$

$$N_i = K \cdot T \cdot BW$$

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

$$F = \frac{\frac{P_{si}}{P_{ni}}}{\frac{P_{so}}{P_{no}}}$$

$$P_{no} = P_{ni} \cdot G \cdot F$$

$$NF = 10 \log F$$

הגבר ההספק של

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

$$- \text{יחס אות לרעש בכניסה} \quad SNR_{in}$$

$$- \text{יחס אות לרעש ביציאה} \quad SNR_{out}$$

$$- \text{רעש עצמי של דרגת ההגברה} \quad P_{ni} \text{ [W]}$$

$$P_{ni} = (F - 1) G \cdot K \cdot T \cdot BW$$

$$F_T = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_N - 1}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{N-1}}$$

$$- \text{גורם הרעש הכולל של N דרגות המחוברים בקסקדה} \quad F_T$$

מנחת (כבל)

$$- \text{ניחות המנחת (כבל)} \quad L$$

$$- \text{הגבר המנחת} \quad G_L$$

$$- \text{גורם הרעש של המנחת} \quad F_L$$

$$G_L = \frac{1}{L}$$

$$F_L = L$$

תקשורת ספרתית

משפט נייקוויסט

$$- \text{קצב העברת האות הספרתי} \quad D \text{ [baud]}$$

$$D \leq 2 \cdot BW$$

$$- \text{הקצב להעברת נתונים בקו תקשורת} \quad R \text{ [bps]}$$

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

$$- \text{רוחב הפס של הקו} \quad BW \text{ [Hz]}$$

$$- \text{מספר הערכים השונים של האות הספרתי} \quad M$$

$$M = 2^n$$

$$- \text{מספר הסיביות} \quad n$$

בהצלחה!