

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"א, 2011

סמל השאלון: 711911

נספחים: א. נוסחאון במערכות תקשורת א'

לכיתה י"ג

ב. נוסחאון במיקרובקר 8051

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 בהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 9 עמודים ו-26 עמודי נספחים.

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

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

להלן נתוניו של המגבר A_1 :

- הספק אות המבוא: $50 \mu W$
- הספק אות המוצא: $50 mW$
- הספק הרעש הפנימי (הרעש שמייצר המגבר עצמו): $1.5 mW$
- יחס האות לרעש במבוא המגבר: $20 dB$

א. חשב את הגבר ההספק של המגבר (ביחידות dB).

ב. חשב את הספק הרעש במבוא המגבר.

ג. חשב את יחס האות לרעש במוצא המגבר.

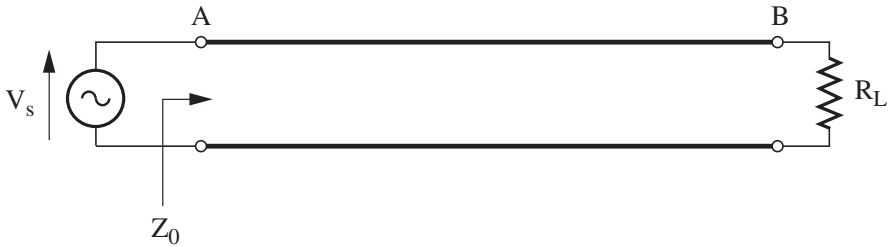
ד. חשב את ספרת הרעש של המגבר.

ה. מחברים למגבר A_1 בקסקדה מגבר A_2 , שנתוניו הם: $G_2 = 25 dB$; $NF_2 = 25 dB$.

חשב את ספרת הרעש הכוללת של מערכת ההגברה המורכבת משני המגברים הללו.

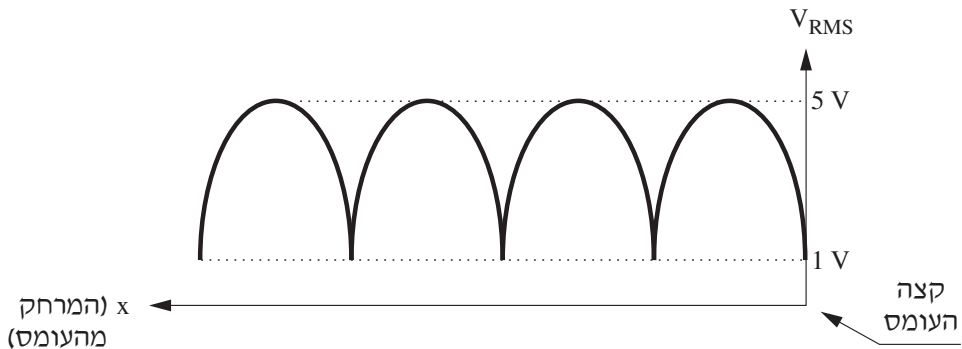
שאלה 2

באיור א' לשאלה 2 מתואר קו תמסורת AB, שעכבתו האופיינית היא 100Ω . קו התמסורת מוזן ממקור מתח V_s , שתדרו 250 MHz , ומועמס על ידי צרכן שהתנגדותו R_L .



איור א' לשאלה 2

התפלגות המתח לאורך קו התמסורת AB, נתונה באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 2

- א. מצא את ערכו של יחס הגלים העומדים בקו התמסורת.
- ב. חשב את ההתנגדות של נגד העומס R_L .
- ג. חשב את מקדם ההחזרה של קו התמסורת.
- ד. כדי לתאם בין קו התמסורת לעומס R_L , מוסיפים למעגל החשמלי שנאי רבע-גל $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$.
 1. חשב את העכבה האופיינית של השנאי ואת אורכו.
 2. העתק למחברתך את המעגל החשמלי שבאיור, והוסף לו את שנאי התיאום.

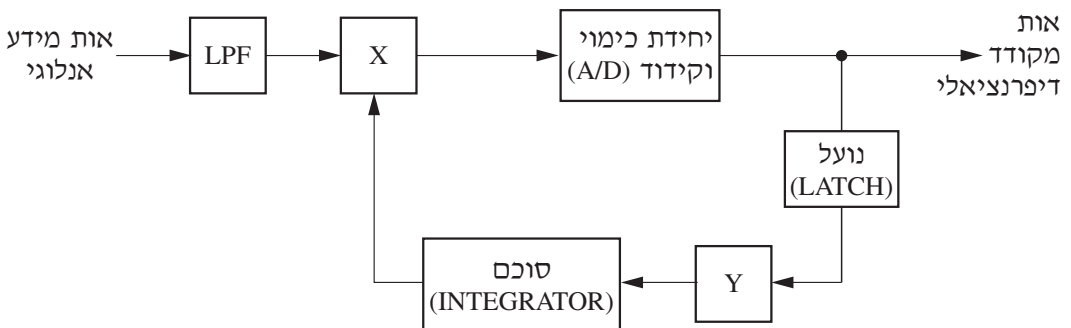
שאלה 3

- א. 1. סרטט תרשים מלבנים עקרוני של משדר FM .
2. הסבר את תפקידה של כל יחידה במשדר.
- ב. משדר FM משדר אות, הנתון על-ידי הביטוי: $X_{FM}(t) = 10 \cdot \cos [2 \pi \cdot 10^8 \cdot t + 5 \cdot \sin (\omega_m \cdot t)]$.
התדר המרבי של האות המשודר הוא: $f_{c, \max} = 100.06 \text{ MHz}$.
התדר של המתנד מבוקר-המתח (VCO) במשדר משתנה ב- $\pm 3 \text{ kHz}$.
חשב את:

1. התדר המרכזי של המתנד מבוקר-המתח.
2. רוחב-הפס של האות המשודר.

שאלה 4

- א. באיור לשאלה 4 נתון תרשים מלבנים עקרוני של **המשדר** במערכת תקשורת ספרתית, הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד דיפרנציאלי (DPCM) .

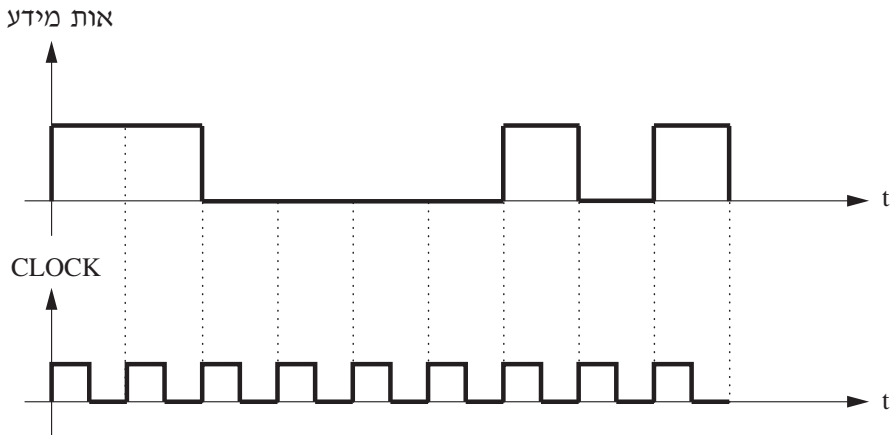


איור א' לשאלה 4

1. רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות X ו-Y .
2. מהם היתרונות של שיטת האפנון DPCM על-פני שיטת האפנון PCM ?

ב. 1. באיור ב' לשאלה נתונים אות המידע הספרתי 110000101 ודפקי-שעון.

העתק את האיור למחברתך, וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את אות המידע כשהוא מקודד בקידוד מנצ'סטר (MANCHESTER).



איור ב' לשאלה 4

2. מהו היתרון של קידוד מנצ'סטר ומהו החיסרון שלו?

פרק שני: מיקרו-בקרים ושפה עילית

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

שאלה 5

כתוב תת-שגרה בשפת-הסף של המיקרו-בקר 8051 או תכנית בשפת C שלו שתבצע את הפעולות שלהלן:

1. תחפש את המספר הגדול ביותר בבלוק נתונים, הכולל מספרים לא מסומנים (חיוביים) בלבד. הבלוק מתחיל בכתובת 40 H וזיכרון הפנימי של המיקרו-בקר וגודלו 10 בתים.

2. תעביר את המספר הגדול ביותר בבלוק הנתונים להדקי המוצא של המיפתח P1 במיקרו-בקר, ותציג אותו כמספר בינארי.

שאלה 6

נתונה תכנית בשפת C של המיקרו־בקר 8051 (תדר הגביש של המיקרו־בקר הוא 12 MHz):

```
1.  #include <8051.h>
2.  unsigned char c;
3.  sbit P1_7 = 0x97;
4.  void t0() interrupt 1
5.  {
6.      c++;
7.      if (c==15)
8.      {
9.          c=0;
10.         P1_7=~P1_7;
11.     }
12. }
13. void main()
14. {
15.     c=0;
16.     ET0=1;
17.     EA=1;
18.     TMOD=0x01;
19.     TH0=0;
20.     TL0=0;
21.     TR0=1;
22.     while (1);
23. }
```

א. הסבר את הפקודות שבשורות: 3, 4, 10, 22.

ב. הסבר את המשמעות של קטע תת־השגרה שבשורות 16÷21 בתכנית. היעזר בנוסחאון של המיקרו־בקר לצורך ניתוח מילות הבקרה.

המשך בעמוד 7

- ג. 1. חשב את זמן המחזור של האות המופק בהדק P1_7.
2. סרטט את צורת האות המופק בהדק P1_7 כפונקציה של הזמן. בסרטוטך, ציין את הרמות הלוגיות של האות ואת זמן-המחזור שלו.

שאלה 7

נתונה תת-שגרה הכתובה בשפת-הסף של המיקרו-בקר 8051 :

```
1. SUB :    MOV R1, #50H
2.          MOV R6, #0
3.          MOV R7, #10
4. AGAIN :  MOV A, @R1
5.          MOV B, #2
6.          DIV AB
7.          MOV A, B
8.          CJNE A, #0, NEXT
9.          INC R6
10. NEXT :  INC R1
11.         DJNZ R7, AGAIN
12.         RET
```

א. הסבר את הפקודות שבשורות: 2, 4, 6, 8, 11.

ב. מה מבצעת תת-השגרה הזו?

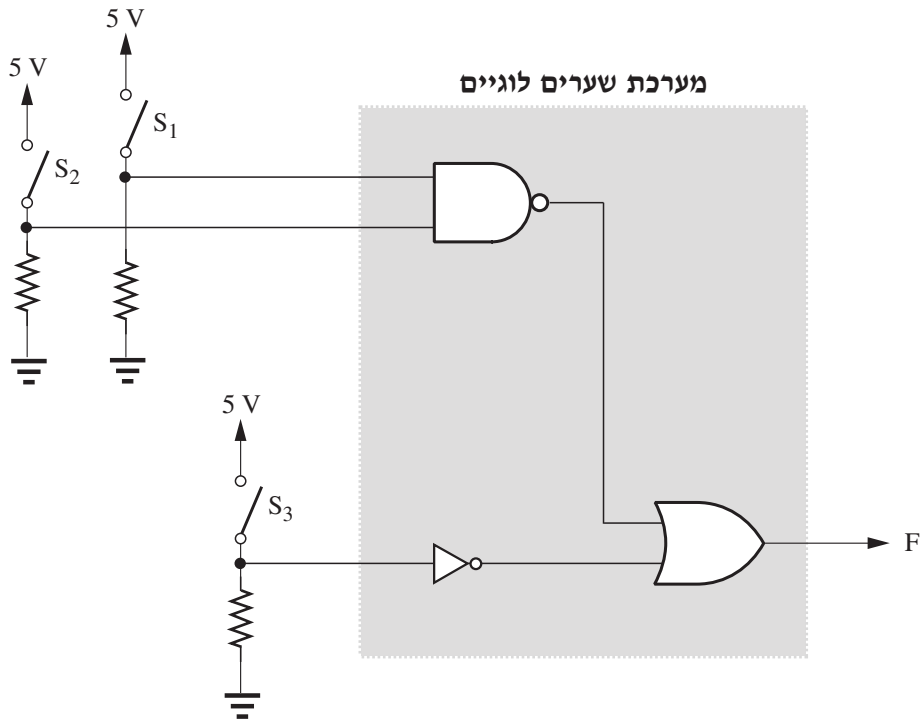
ג. בטבלה שלהלן נתונים התכנים של תאי-הזיכרון שכתובותיהם $50\text{ H} \div 59\text{ H}$ בזיכרון הפנימי של המיקרו-בקר, לפני ביצוע תת-השגרה.

50 H	51 H	52 H	53 H	54 H	55 H	56 H	57 H	58 H	59 H
11 H	44 H	33 H	22 H	12 H	55 H	77 H	67 H	88 H	14 H

מה יהיה התוכן של האוגר R6 לאחר ביצוע תת-השגרה זו?

שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 נתונה מערכת שערים לוגיים, המופעלת באמצעות שלושה מתגים, $S_1 \div S_3$.

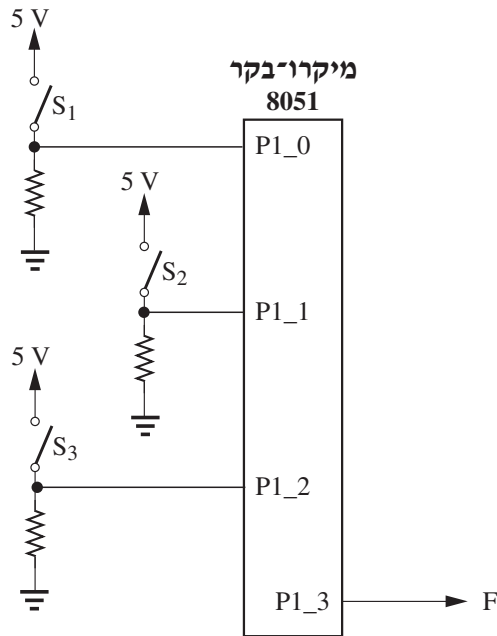


איור א' לשאלה 8

כתוב תכנית בשפת־הסף של המיקרו־בקר 8051, למימוש בתוכנה של מערכת השערים הלוגיים במעגל המתואר באיור א'.

על התכנית:

1. לקלוט את הרמות הלוגיות של המתגים דרך שלושת ההדקים $P1_0 \div P1_2$, כמתואר באיור ב' לשאלה.
2. להפיק את הרמה הלוגית במוצא ההדק $P1_3$, בהתאם לפונקציה המתקבלת ממערכת השערים הלוגיים.



איור ב' לשאלה 8

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 מאופקן AM

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

תנופת הגל הנושא – A_c [V]

מקדם אפנון AM – m_a

תדר הגל המאפן – f_m [Hz]

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

מהירות זוויתית (תדר
זוויתי) של הגל המאפן – 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 המאפן – 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]

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

ההספק של פס הצד התחתון - P_{LSB} [W]

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

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 [Ω]	$\Gamma = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L}$	<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 $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$

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

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

עכבה אופיינית של הקו - Z_0 $[\Omega]$

עכבת העומס - Z_L $[\Omega]$

עכבה אופיינית של הקו - Z_S $[\Omega]$

המהווה שנאי רבע-גל

אנטנות

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 - P_t $[W]$

אנטנה איזוטרופית

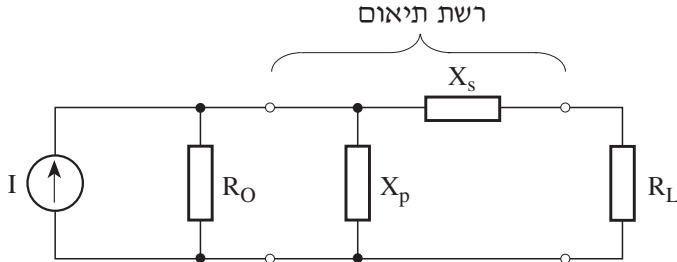
הגבר ההספק של האנטנה - A_p

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

$$A_p = \eta \cdot D$$

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]

$$X_s = Q \cdot R_L$$

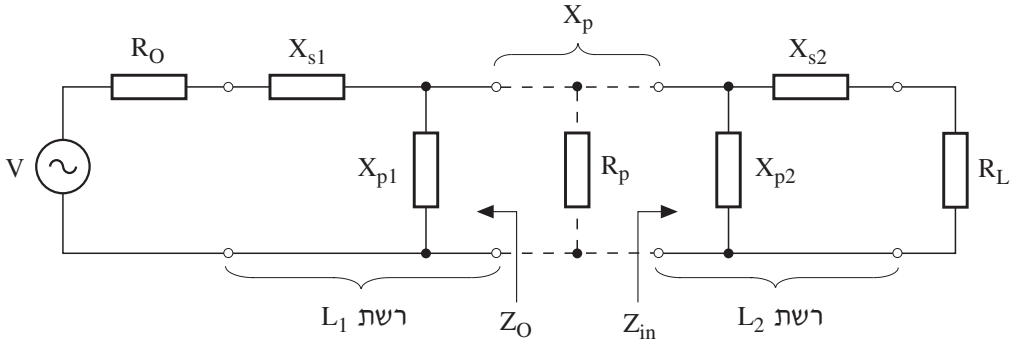
גורם הטיב - Q

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!

נוסחאון במיקרו-בקר 8051

לכיתה י"ג

(15 עמודים)

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום למחברות נבחן

נוסחאון בשפת ASM-51

ARITHMETIC OPERATIONS				DATA TRANSFER (cont.)			
Mnemonic	Description	Byte	Cyc	Mnemonic	Description	Byte	Cyc
ADD A,Rn	Add register to Accumulator	1	1	MOVC A,@A+DPTR	Move Code byte relative to DPTR to A	1	2
ADD A,direct	Add direct byte to Accumulator	2	1	MOVC A,@A+PC	Move Code byte relative to PC to A	1	2
ADD A,@Ri	Add indirect RAM to Accumulator	1	1	MOVX A,@Ri	Move External RAM (8-bit addr) to A	1	2
ADD A,#data	Add immediate data to Accumulator	2	1	MOVX A,DPTR	Move External RAM (16-bit addr) to A	1	2
ADDC A,Rn	Add register to Accumulator with Carry	1	1	MOVX @Ri,A	Move A to External RAM (8-bit addr)	1	2
ADDC A,direct	Add direct byte to A with Carry flag	2	1	MOVX DPTR,A	Move A to External RAM (16-bit addr)	1	2
ADDC A,@Ri	Add indirect RAM to A with Carry flag	1	1	PUSH direct	Push direct byte onto stack	2	2
ADDC A,#data	Add immediate data to A with Carry flag	2	1	POP direct	Pop direct byte from stack	2	2
SUBB A,Rn	Subtract register from A with Borrow	1	1	XCH A,Rn	Exchange register with Accumulator	1	1
SUBB A,direct	Subtract direct byte from A with Borrow	2	1	XCH A,direct	Exchange direct byte with Accumulator	2	1
SUBB A,@Ri	Subtract indirect RAM from A w/Borrow	1	1	XCH A,@Ri	Exchange indirect RAM with A	1	1
SUBB A,#data	Subtract immed. data from A w/Borrow	2	1	XCHD A,@Ri	Exchange low-order Digit ind. RAM w/A	1	1
INC A	Increment Accumulator	1	1	BOOLEAN VARIABLE MANIPULATION			
INC Rn	Increment register	1	1	Mnemonic	Description	Byte	Cyc
INC direct	Increment direct byte	2	1	CLR C	Clear Carry flag	1	1
INC @Ri	Increment indirect RAM	1	1	CLR bit	Clear direct bit	2	1
DEC A	Decrement Accumulator	1	1	SETB C	Set Carry flag	1	1
DEC Rn	Decrement register	1	1	SETB bit	Set direct Bit	2	1
DEC direct	Decrement direct byte	2	1	CPL C	Complement Carry flag	1	1
DEC @Ri	Decrement indirect RAM	1	1	CPL bit	Complement direct bit	2	1
INC DPTR	Increment Data Pointer	1	2	ANL C,bit	AND direct bit to Carry flag	2	2
MUL AB	Multiply A & B	1	4	ANL C/bit	AND complement of direct bit to Carry	2	2
DIV AB	Divide A by B	1	4	ORL C,bit	OR direct bit to Carry flag	2	2
DA A	Decimal Adjust Accumulator	1	1	ORL C/bit	OR complement of direct bit to Carry	2	2
LOGICAL OPERATION				MOV C,bit	Move direct bit to Carry flag	2	1
Mnemonic	Destination	Byte	Cyc	MOV bit,C	Move Carry flag to direct bit	2	2
ANL A,Rn	AND register to Accumulator	1	1	PROGRAM AND MACHINE CONTROL			
ANL A,direct	AND direct byte to Accumulator	2	1	Mnemonic	Description	Byte	Cyc
ANL A,@Ri	AND indirect RAM to Accumulator	1	1	ACALL addr11	Absolute Subroutine Call	2	2
ANL A,#data	AND immediate data to Accumulator	2	1	LCALL addr16	Long Subroutine Call	3	2
ANL direct,A	AND Accumulator to direct byte	2	1	RET	Return from subroutine	1	2
ANL direct,#data	AND immediate data to direct byte	3	2	RETI	Return from interrupt	1	2
ORL A,Rn	OR register to Accumulator	1	1	AJMP addr11	Absolute Jump	2	2
ORL A,direct	OR direct byte to Accumulator	2	1	LJMP addr16	Long Jump	3	2
ORL A,@Ri	OR indirect RAM to Accumulator	1	1	SJMP rel	Short Jump (relative addr)	2	2
ORL A,#data	OR immediate data to Accumulator	2	1	JMP @A+DPTR	Jump indirect relative to the DPTR	1	2
ORL direct,A	OR Accumulator to direct byte	2	1	JZ rel	Jump if Accumulator is Zero	2	2
ORL direct,#data	OR immediate data to direct byte	3	2	JNZ rel	Jump if Accumulator is Not Zero	2	2
XRL A,Rn	Exclusive-OR register to Accumulator	1	1	JC rel	Jump if Carry flag is set	2	2
XRL A,direct	Exclusive-OR direct byte to Accumulator	2	1	JNC rel	Jump if No Carry flag	2	2
XRL A,@Ri	Exclusive-OR indirect RAM to A	1	1	JB bit,rel	Jump if direct Bit set	3	2
XRL A,#data	Exclusive-OR immediate data to A	2	1	JNB bit,rel	Jump if direct Bit Not set	3	2
XRL direct,A	Exclusive-OR Accumulator to direct byte	2	1	JBC bit,rel	Jump if direct Bit is set & Clear bit	3	2
XRL direct,#data	Exclusive-OR immediate data to direct	3	2	CJNE A,direct,rel	Compare direct to A & Jump if Not Equal	3	2
CLR A	Clear Accumulator	1	1	CJNE A,#data,rel	Comp. immed. to A & Jump if Not Equal	3	2
CPL A	Complement Accumulator	1	1	CJNE Rn,#data,rel	Comp. immed. to reg & Jump if Not Equal	3	2
RL A	Rotate Accumulator Left	1	1	CJNE @Ri,#data,rel	Comp. immed. to ind. & Jump if Not Equal	3	2
RLC A	Rotate A Left through the Carry flag	1	1	DJNZ Rn,rel	Decrement register & Jump if Not Zero	2	2
RR A	Rotate Accumulator Right	1	1	DJNZ direct,rel	Decrement direct & Jump if Not Zero	3	2
RRC A	Rotate A Right through Carry flag	1	1	NOP	No operation	1	1
SWAP A	Swap nibbles within the Accumulator	1	1	Notes on data addressing modes:			
DATA TRANSFER				Rn	-Working register R0-R7		
Mnemonic	Description	Byte	Cyc	direct	-128 internal RAM locations, any I/O port, control or status register		
MOV A,Rn	Move register to Accumulator	1	1	@Ri	-Indirect internal RAM location addressed by register R0 or R1		
MOV A,direct	Move direct byte to Accumulator	2	1	#data	-8-bit constant included in instruction		
MOV A,@Ri	Move indirect RAM to Accumulator	1	1	#data16	-16-bit constant included as bytes 2 & 3 of instruction		
MOV A,#data	Move immediate data to Accumulator	2	1	bit	-128 software flags, any I/O pin, control or status bit		
MOV Rn,A	Move Accumulator to register	1	1	Notes on program addressing modes:			
MOV Rn,direct	Move direct byte to register	2	2	addr16	-Destination address for LCALL & LJMP may be anywhere within the 64-Kilobyte program memory address space.		
MOV Rn,#data	Move immediate data to register	2	1	addr11	-Destination address for ACALL & AJMP will be within the same 2-Kilobyte page of program memory as the first byte of the following instruction.		
MOV direct,A	Move Accumulator to direct byte	2	1	rel	-SJMP and conditional jumps include an 8-bit offset byte. Range is +127/-128 bytes relative to first byte of the following instruction.		
MOV direct,Rn	Move register to direct byte	2	2				
MOV direct,direct	Move direct byte to direct	3	2				
MOV direct,@Ri	Move indirect RAM to direct byte	2	2				
MOV direct,#data	Move immediate data to direct byte	3	2				
MOV @Ri,A	Move Accumulator to indirect RAM	1	1				
MOV @Ri,direct	Move direct byte to indirect RAM	2	2				
MOV @Ri,#data	Move immediate data to indirect RAM	2	1				
MOVDPTR,#data16	Load Data Pointer with a 16-bit constant	3	2				

INSTRUCTIONS THAT AFFECT FLAG SETTINGS'

INSTRUCTION	FLAG	INSTRUCTION	FLAG
	C 0V AC		C 0V AC
ADD	X X X	CLR C	0
ADDC	X X X	CPL C	X
SUBB	X X X	ANL C,bit	X
MUL	0 X	ANL C/bit	X
DIV	0 X	ORL C,bit	X
DA	X	ORL C/bit	X
RRC	X	MOV C,bit	X
RLC	X	CJNE	X
SETB C	1		

Special Function Registers

P3-Alternate Special Functions of Port 3

(MSB)

(LSB)

RD	WR	T1	T0	INT1	INT0	TXD	RXD
----	----	----	----	------	------	-----	-----

Symbol	Position	Name and Significance	Symbol	Position	Name and Significance
RD	P3.7	Read data control output. Active low pulse generated by hardware when external data memory is read.	INT1	P3.3	Interrupt 1 input pin. Low-level or falling-edge triggered.
			INT0	P3.2	Interrupt 0 input pin. Low-level or falling-edge triggered.
WR	P3.6	Write data control output. Active low pulse generated by hardware when external data memory is written.	TXD	P3.1	Transmit Data pin for serial port in UART mode. Clock output in shift register mode.
T1	P3.5	Timer/counter 1 external input or test pin.	RXD	P3.0	Receive Data pin for serial port in UART mode. Data I/O pin in shift register mode.
T0	P3.4	Timer/counter 0 external input or test pin.			

TMOD-Timer/Counter Mode Register

(MSB)				(LSB)			
GATE	C / $\bar{T}$	M1	M0	GATE	C / $\bar{T}$	M1	M0
TIMER1				TIMER0			
				M1	M0	Operating Mode	
				0	0	MCS-48 Timer "TLx" serves as five bit prescaler.	
				0	1	16-bit timer/counter. "THx" and "TLx" are cascaded; there is no prescaler.	
				1	0	8-bit auto-reload timer/counter. "THx" holds a value which is to be reloaded into "TLx" each time it overflows.	
GATE	Gating control. When set, Timer/counter "x" is enabled only while "INTx" pin is high and "TRx" control bit is set. When cleared, timer/counter is enabled whenever "TRx" control bit is set.			1	1	(Timer 0) TL0 is an eight-bit timer/counter controlled by the standard Timer 0 control bits. TH0 is an eight-bit timer only controlled by Timer 1 control bits.	
C / $\bar{T}$	Timer or Counter Selector. Cleared for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from "Tx" input pin).			1	1	(Timer 1) Timer/counter 1 stopped.	

TCON-Timer/Counter Control/Status Register

(MSB)

(LSB)

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Symbol	Position	Name and Significance	Symbol	Position	Name and Significance
TF1	TCON.7	Timer 1 overflow Flag. Set by hardware on timer/ counter overflow. Cleared when interrupt processed.	IE1	TCON.3	Interrupt 1 Edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected. Cleared when interrupt processed.
TR1	TCON.6	Timer 1 Run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter on/off.	IT1	TCON.2	Interrupt 1 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupts.
TF0	TCON.5	Timer 0 overflow Flag. Set by hardware on timer/ counter overflow. Cleared when interrupt processed.	IE0	TCON.1	Interrupt 0 Edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected. Cleared when interrupt processed.
TR0	TCON.4	Timer 0 Run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter on/off.	IT0	TCON.0	Interrupt 0 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupts.

SCON-Serial Port Control/Status Register

(MSB)

(LSB)

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

Symbol	Position	Name and Significance	Symbol	Position	Name and Significance
SM0	SCON.7	Serial port Mode control bit 0. Set/cleared by software (see note).	RB8	SCON.2	Receive Bit 8. Set/cleared by hardware to indicate state of ninth data bit received.
SM1	SCON.6	Serial port Mode control bit 1. Set/cleared by software (see note).	TI	SCON.1	Transmit Interrupt flag. Set by hardware when byte transmitted. Cleared by software after servicing.
SM2	SCON.5	Serial port Mode control bit 2. Set by software to disable reception of frames for which bit 8 is zero.	RI	SCON.0	Receive Interrupt flag. Set by hardware when byte received. Cleared by software after servicing.
REN	SCON.4	Receiver Enable control bit. Set/cleared by software to enable/disable serial data reception.			
TB8	SCON.3	Transmit Bit 8. Set/cleared by hardware to determine state of ninth data bit transmitted in 9-bit UART mode.			

Note — the state of (SM0, SM1) selects:

- (0,0) — Shift register I/O expansion.
- (0,1) — 8 bit UART, variable data rate.
- (1,0) — 9 bit UART, fixed data rate.
- (1,1) — 9 bit UART, variable data rate.

IE-Interrupt Enable Register

(MSB)

(LSB)

EA	—	—	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
----	---	---	----	-----	-----	-----	-----

Symbol	Position	Name and Significance	Symbol	Position	Name and Significance
EA	IE.7	Enable All control bit. Cleared by software to disable all interrupts, independent of the state of IE.4-IE.0.	EX1	IE.2	Enable External interrupt 1 control bit. Set/cleared by software to enable/disable interrupts from INT1.
—	IE.6	(reserved)	ET0	IE.1	Enable Timer 0 control bit. Set/cleared by software to enable/disable interrupts from timer/counter 0.
—	IE.5	(reserved)	EX0	IE.0	Enable External interrupt 0 control bit. Set/cleared by software to enable/disable interrupts from INT0.
ES	IE.4	Enable Serial port control bit. Set/cleared by software to enable/disable interrupts from TI or RI flags.			
ET1	IE.3	Enable Timer 1 control bit. Set/cleared by software to enable/disable interrupts from timer/counter 1.			

IP-Interrupt Priority Control Register

(MSB)	—	—	—	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	(LSB)
Symbol	Position	Name and Significance				Symbol	Position	Name and Significance	
—	IP.7	(reserved)				PX1	IP.2	External interrupt 1	
—	IP.6	(reserved)						Priority control bit. Set/cleared by software to specify high/low priority interrupts for INT1.	
—	IP.5	(reserved)							
PS	IP.4	Serial port Priority control bit. Set/cleared by software to specify high/low priority interrupts for Serial port.				PT0	IP.1	Timer 0 Priority control bit. Set/cleared by software to specify high/low priority interrupts for timer/counter 0.	
PT1	IP.3	Timer 1 Priority control bit. Set/cleared by software to specify high/low priority interrupts for timer/counter 1.				PX0	IP.0	External interrupt 0 Priority control bit. Set/cleared by software to specify high/low priority interrupts for INT0.	

Register	Address	Function	Interrupt Source	Service Routine Starting Address
P0	80H*	Port 0	(Reset)	0000H
SP	81H	Stack Pointer	External 0	0003H
DPL	82H	Data Pointer (Low)	Timer/Counter 0	000BH
DPH	83H	Data Pointer (High)	External 1	0013H
TCON	88H*	Timer register	Timer/Counter 1	001BH
TMOD	89H	Timer Mode register	Serial Port	0023H
TL0	8AH	Timer 0 Low byte		
TL1	8BH	Timer 1 Low byte		
TH0	8CH	Timer 0 High byte		
TH1	8DH	Timer 1 High byte		
P1	90H*	Port 1		
SCON	98H*	Serial Port Control register		
SBUF	99H	Serial Port data Buffer		
P2	0A0H*	Port 2		
IE	0A8H*	Interrupt Enable register		
P3	0B0H*	Port 3		
IP	0B8H*	Interrupt Priority register		
PSW	0D0H*	Program Status Word		
ACC	0E0H*	Accumulator (direct address)		
B	0F0H*	B register		

*=bit addressable register

נוסחאון בשפת C של המיקרו־בקר 8051

נוסחאון זה מתאים למהדר Keil uVision3. חלקים ממנו מתאימים גם למהדרים אחרים.

Data Types (טיפוסי נתונים)

Name	Description	תאור	Size	Range
bit	One Bit	ביט בודד	1 bit	0 to 1
char	Character or small integer	תו בודד או בית	1 byte	-128 to 127
unsigned char	Unsigned small integer	בית אחד ללא סימן	1 byte	0 to 255
int	Integer	מספר שלם	2 bytes	-32768 to 32767
unsigned int	Unsigned integer	מספר שלם ללא סימן	2 bytes	0 to 65535
long	Long integer	מספר שלם ארוך	4 bytes	-2147483648 to 2147483647
unsigned long	Unsigned long integer	מספר שלם ארוך ללא סימן	4 bytes	0 to 4294967295
float	Floating point number	מספר ממשי	4 bytes	+/- 1.175494E-38 to +/- 3.402823E+38
sbit	Special Bit	ביט מיוחד	1 bit	0 to 1
sfr	8 bits special Function Registers	בית מיוחד	1 byte	0 to 255
sfr16	16 bits special Function Registers	בית כפול מיוחד	2 bytes	0 to 65535

דוגמאות:

```
unsigned char a;  
int b, c;  
sfr P1=0x90;  
sbit P1_7 = 0x97;
```

Memory Areas (אזורי הזיכרון)

Name	Description	Example
data	places the variable in directly addressable RAM in the micro core	unsigned int data dnum;
xdata	places the variable in external RAM	unsigned char xdata xnum_at_0x8000; *
idata	places the variable in indirectly addressable memory within the micro core	int idata inum;
code	places the variable in program memory	unsigned char code cnum=0xAA;

* _at_ – places the variable in absolute address.

Preprocessor-directives (הנחיות לקדם-מהדר)

Description	Syntax	Example
macro definitions	#define identifier replacement	#define LED P 1_7

Operators (אופרטורים)

Description	תאור	Operator
Assignment	השמה	=

Initialization of variables (אתחול משתנים)

```
unsigned char d=0;
d=75;           // decimal number
d=0x4B;         // hexadecimal number
```

identifier – מזהה ; replacement – תחליף

Arithmetic Operators (אופרטורים חשבוניים)

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

Relational and equality operators (אופרטורים להשוואה ויחסים)

Description	תאור	Operator
Equal to	שווה	= =
Not equal to	שונה	! =
Greater than	גדול מ־	>
Less than	קטן מ־	<
Greater than or equal to	גדול מ־ / שווה	> =
Less than or equal to	קטן מ־ / שווה	< =

Logical operators (אופרטורים לוגיים בין ביטויים)

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

Bitwise Operators (אופרטורים על סיביות)

Description	תאור	Operator
AND	וגם	&
Inclusive OR	או כולל	
Exclusive OR (XOR)	או מוציא	^
Byte inversion	היפוך בית	~
Bit inversion	היפוך סיבית	!
Shift Left	הזזה שמאלה	<<
Shift Right	הזזה ימינה	>>

Conditional Structures (מבני בקרה – משפטי תנאי)

Description	Syntax	Example
if	<pre> if (condition) { statements ; } </pre>	<pre> if (d == 100) { P1 = 0xFF; } </pre>
if .. else	<pre> if (condition) statement ; else statement ; </pre>	<pre> if (d == 100) P1 = 0xFF; else P1=0; </pre>
if .. else if .. else	<pre> if (condition) statement ; else if (condition) statement ; else statement ; </pre>	<pre> if (d > 0) P1=4; else if (d < 0) P1=2; else P1=1; </pre>

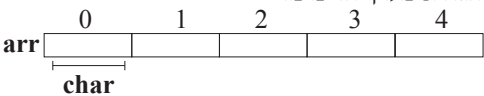
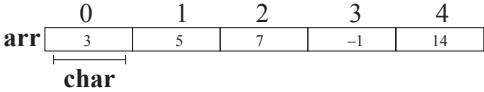
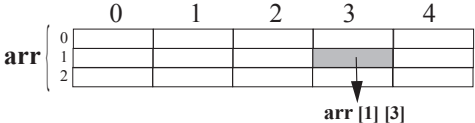
הצהרה – statement ; תנאי – condition

Iteration Structures (מבני בקרה - לולאות)

Description	Syntax	Example
while loop	<pre>while (expression) { statements ; }</pre>	<pre>while (n>0) { P1=n; n- -; }</pre>
do-while loop	<pre>do { statements ; } while (condition);</pre>	<pre>do { n=P1; } while (n != 0);</pre>
for loop	<pre>for (initialization; condition; increase) { statements ; }</pre>	<pre>for (i=0; i<10; i++) { P1=i; }</pre>

קידום - increase ; אתחול - initialization ; הצהרה - statement ; תנאי - condition

Arrays (מערכים)

Description	Syntax	Example
הגדרת מערך חד מימדי 	type name [number of elements];	char arr[5];
אתחול והצבת ערכים במערך 	type name [number of elements] = {value1,..valueN};	char arr[5] = {3,5,7,-1, 14};
הגדרת מערך דו מימדי 	type name [number of elements] [number of elements];	char arr[3][5];

elements – פרטים ; value – ערך

Structure of a program (מבנה כללי של תוכנית)

```
#include <8051.h>           //including headers for the SFR definitions
                             of your microcontroller
```

```
void main()
```

```
{
    while(1)
    {
        //Your code
    }
}
```

Functions (פונקציות)

Description	Syntax	Example
Functions with no type and no argument	<pre>void name (void) { statements; }</pre>	<pre>void OutData(void) { P1=0xAB; } void main() { OutData(); }</pre>
Functions with no type	<pre>void name (parameter1, parameter2, ...) { statements; }</pre>	<pre>void OutData(unsigned char a, unsigned char b) { P0=a; P1=b; } void main() { OutData(0xF,0xF0); }</pre>
Functions with type and argument	<pre>type name (parameter1, parameter2, ...) { statements; }</pre>	<pre>unsigned char InOutData(unsigned char a) { P1=a; return P0; } void main() { unsigned char r; r = InOutData(63); P2=r; }</pre>

argument – טיעון ; type – טיפוס ; statement – הצהרה ; parameter – ערך המועבר לפונקציה

Interrupt Service Routines (שגרות לטיפול בפסיקות)

Interrupt Number	Description	Address
0	External INT 0	0003h
1	Timer 0	000Bh
2	External INT 1	0013h
3	Timer 1	001Bh
4	Serial port	0023h

דוגמה:

```
void int2sub () interrupt 2
{
    // Interrupt code
}
```