

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ז, 2017

סמל השאלון: 711921

נספחים: א. נוסחאון בתורת הבקרה לכיתה י"ג

ב. נוסחאון במיקרו-בקר 8051

לכיתה י"ג

ג. מילון מונחים

מערכות מחשוב ובקרה ט'

למתמחים במערכות מחשוב ובקרה 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 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.
- לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 9 עמודים ו-25 עמודי נספחים.

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

◀ המשך מעבר לדף

בהצלחה!

השאלות

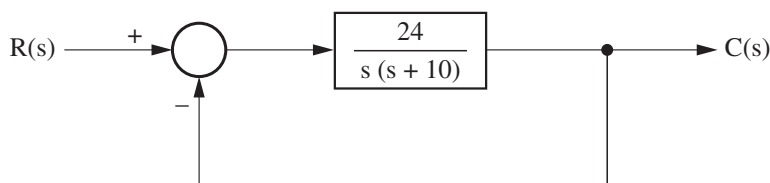
ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: תורת הבקרה ומערכות מחשוב ובקרה

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה עם משוב יחידה.

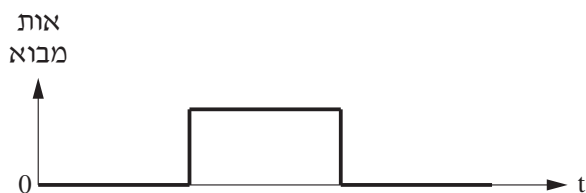


איור לשאלה 1

- א. מצא את פונקציית ההתמסורת, $\frac{C}{R}(s)$, של מערכת הבקרה הזו.
- ב. רשום ביטוי לתגובת המערכת, $C(s)$, כאשר מספקים לה את אות-המבוא $R(t) = 2$.
- ג. רשום ביטוי לתגובת המערכת במישור הזמן, $C(t)$, עבור אות-המבוא שבסעיף ב'.

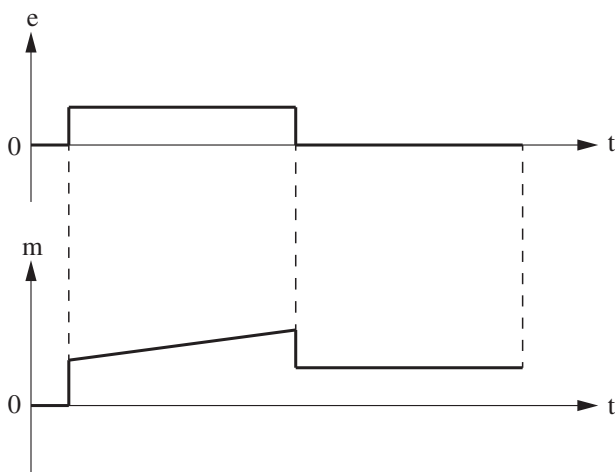
שאלה 2

א. באיור א' לשאלה 2 נתון אות־מבוא המסופק לשני בקרים: בקר P ובקר I. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את אות־המבוא ואת האות המתקבל במוצאו של כל אחד מן הבקרים.



איור א' לשאלה 2

ב. 1. באיור ב' לשאלה נתון אות־מבוא e המסופק לבקר, ומתחתיו, בהתאמה, האות m המתקבל במוצא־הבקר.



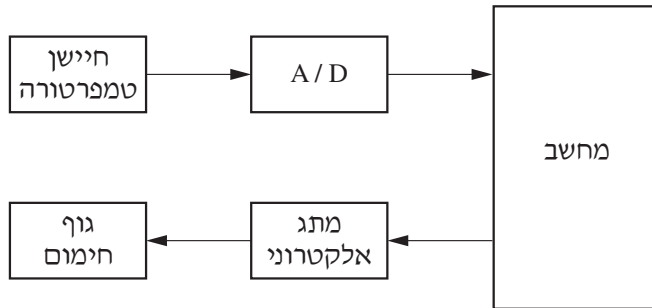
איור ב' לשאלה 2

קבע את סוג הבקר על־פי האותות המופיעים באיור. נמק את קביעתך.

2. סרטט מעגל חשמלי למימוש הבקר הזה באמצעות מגברי־שרת, נגדים וקבלים.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים מלבנים של מערכת ממוחשבת לבקרה דו־מצבית.



איור לשאלה 3

מערכת הבקרה כוללת:

- **חיישן טמפרטורה ליניארי** – מפיק במוצאו מתח של 0 V כאשר הטמפרטורה היא 0°C , ומתח של 5 V כאשר הטמפרטורה היא 100°C .
- **A/D בעל שמונה סיביות** – מפיק את הערך הבינארי 11111111 כאשר מתח־המבוא שלו הוא 5.1 V, ואת הערך הבינארי 00000000 כאשר מתח־המבוא שלו הוא 0 V.
- **גוף חימום ומתג אלקטרוני להפעלתו.**
- **מחשב** – המבקר את הטמפרטורה בתהליך, כך שהיא תנוע בין 40°C ל־ 50°C .

א. מהו כושר ההבחנה (הרזולוציה) של ממיר ה־A/D ?

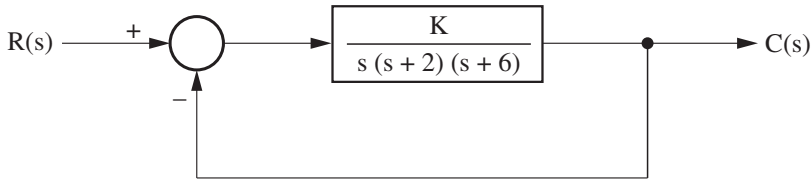
ב. מהו הערך הבינארי במוצא ממיר ה־A/D, כאשר הטמפרטורה היא 40°C וכאשר היא 50°C ?

ג. סרטט גרף המתאר את המתח במוצא חיישן־הטמפרטורה כפונקציה של הזמן. ציין את מצב גוף החימום (ON / OFF) בכל אחד מחלקי הגרף שסרטטת.

ד. סרטט תרשים־זרימה המתאר את פעולת המערכת.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה עם משוב יחידה.



איור לשאלה 4

- א. מצא את פונקציית התמסורת, $\frac{C}{R}$, של מערכת הבקרה הזו.
- ב. מהו תחום הערכים של K שעבורו מערכת הבקרה הזו תהיה יציבה?
- ג. מספקים למערכת את אות-המבוא $R(t) = 5t$. חשב את השגיאה במצב המתמיד כאשר $K = 60$.

פרק שני: מערכות בקרה מבוססות מיקרו-בקר

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

שאלה 5

פלינדרום הוא מספר, מילה, משפט או כל רצף סמלים אחר **שניתן לקרוא משני הכיוונים**, מימין לשמאל או משמאל לימין, **ולקבל תוצאה זהה**. למשל:

מספר פלינדרומי – 10000001, 01100110, 10100101

מילה פלינדרומית – שמש, תות, מילים

משפט פלינדרומי – רבע הלילה עבר

כתוב תת-שגרה בשפת C של המיקרו-בקר 8051, שתבצע את הפעולות שלהלן:

1. תבדוק אם תוכנו של התא שכתובתו 40H בזיכרון הפנימי של המיקרו-בקר 8051 הוא פלינדרום.

2. אם תוכנו של התא שכתובתו 40H הוא פלינדרום – היא תשאיר את תוכן התא ללא שינוי.
אם לא – היא תאפס את תוכן התא.

שאלה 6

להלן שתי תכניות בשפת C של המיקרו־בקר 8051, המפיקות גל ריבועי בהדק $P_{2,0}$ שלו.
תדר הגביש של המיקרו־בקר הוא 12 MHz.

תכנית 2

```
1. #include <8051.h>
2. unsigned int d;
3. sbit P2_0 = 0xA0;
4. void main (void)
5. {
6.     while (1)
7.     {
8.         P2_0=0;
9.         for(d=0;d<400;d++);
10.        P2_0=1;
11.        for(d=0;d<400;d++);
12.    }
13. }
```

תכנית 1

```
1. #include <8051.h>
2. sbit P2_0 = 0xA0;
3. void main (void)
4. {
5.     TMOD=0x01;
6.     TH0=0xF0;
7.     TL0=0x00;
8.     TR0=1;
9.     P2_0=0;
10.    while (1)
11.    {
12.        TF0=0;
13.        P2_0=!P2_0;
14.        TH0=0xF0;
15.        TL0=0x00;
16.        while (TF0==0);
17.    }
18. }
```

א. הסבר את ההוראות שבשורות 2, 10, 13 ו־16 בתכנית 1.

ב. מעוניינים להקטין פי 2 את זמן־המחזור של האות המופק בהדק $P_{2,0}$. רשום את הנדרש כדי לבצע זאת בתכנית 2.

ג. יש צורך להפיק אות, מדויק ככל שניתן, שתדרו יהיה 1 kHz ומחזור הפעולה שלו יהיה 50%.

1. קבע באיזו משתי התכניות נכון יותר להשתמש כדי להפיק תדר מדויק. נמק את תשובתך.

2. שנה את קוד התכנית שבחרת כדי להפיק אות בתדר הזה.

שאלה 7

להלן תת־שגרה הכתובה בשפת־הסף של המיקרו־בקר 8051 :

```

1.  START : MOV A , 40H
2.          MOV B, #100
3.          DIV AB
4.          MOV 52H , A
5.          MOV A, #10
6.          MOV R5,A
7.          MOV A,B
8.          MOV B,R5
9.          DIV AB
10.         MOV 51H , A
11.         MOV A,B
12.         MOV 50H , A
13.         RET

```

א. הסבר את ההוראות שבשורות 3, 5, 7 ו־10 .

ב. להלן טבלת־מעקב אחר תוכני האוגרים A ו־B ותוכני תאי־הזיכרון שכתובותיהם 52H, 51H, 50H לאחר ביצוע כל אחת מן ההוראות $1 \div 12$ בתת־השגרה.

נתון שתוכן התא שכתובתו 40H לפני ביצוע התת־שגרה הוא $(129)_{10}$.

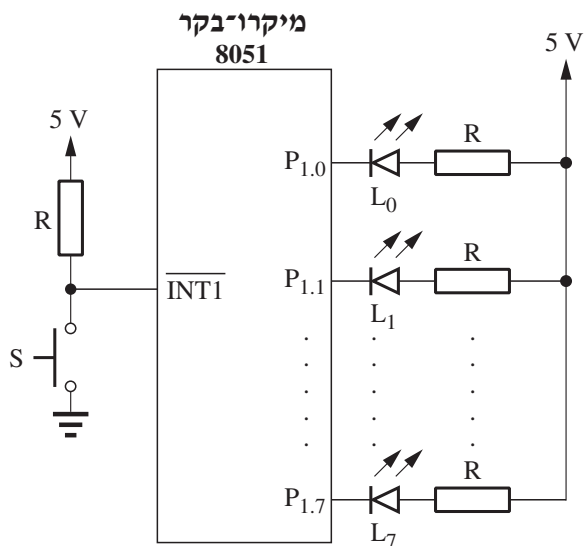
השורה בתת־השגרה	תוכן התא שכתובתו 50H	תוכן התא שכתובתו 51H	תוכן התא שכתובתו 52H	תוכן האוגר B	תוכן האוגר A
1					
2					
.					
.					
.					
12					

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם בה את תכני האוגרים ותאי־הזיכרון לאחר ביצוע כל אחת מן ההוראות $1 \div 12$.

ג. הסבר מה מבצעת התת־שגרה.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מיקרו־בקר 8051, שלהדק הפסיקה $\overline{INT1}$ שלו חובר לחצן S. נוריות ה־LED, $L_0 \div L_7$, חוברו בהתאמה להדקים $P_{1.0} \div P_{1.7}$ של המיקרו־בקר.



איור לשאלה 8

להלן המבנה הכללי של תכנית בשפת C של המיקרו־בקר 8051, הכוללת פונקציה ראשית ופונקציית־פסיקה:

```
#include <8051.h>
void main (void)
{
    .
    .
    .
}
void int1() interrupt 2
{
    .
    .
    .
}
```

- א. כתוב פונקציה ראשית main , שתאפשר פסיקה במבוא INTI בירידת השעון של המיקרו־בקר 8051, תדליק את הנורית L_0 בלבד, ותמתין לפסיקות נוספות.
- ב. כתוב פונקציית־פסיקה, שתדליק בכל פעם שהלחצן S נסגר נורית LED נוספת לאלו שכבר דולקות, החל מ־ L_1 ועד L_7 . הפסיקה תיחסם כאשר כל נוריות ה־LED, $L_0 \div L_7$, דולקות.

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקור נוסף לקחת נא

נוסחאון בתורת הבקרה לכיתה י"ג

התמחות מחשוב ובקרה

(8 עמודים)

התמרת לפלס

הגדרה:

$$\mathcal{L}[f(t)] = \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt = F(s)$$

$$\mathcal{L}[D^n f(t)] = s^n F(s) - s^{n-1}f(0) - s^{n-2}Df(0) - \dots - D^{n-1}f(0)$$

המרת נגזרת של פונקציה:

$$\mathcal{L}\left[\int_0^t f(\tau)d\tau\right] = \frac{1}{s}F(s) + \frac{1}{s}F(0)$$

המרת אינטגרל של פונקציה:

$$\int_{-\infty}^0 f(\tau)d\tau : t=0$$

כאשר $F(0)$ הוא ערך האינטגרל בזמן $t=0$

$$\lim_{s \rightarrow 0} sF(s) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$$

משפט הערך הסופי:

$$\lim_{s \rightarrow \infty} sF(s) = \lim_{t \rightarrow 0} f(t)$$

משפט הערך ההתחלתי:

$$A_{q(r-k)} = \left\{ \frac{1}{k!} \frac{d^k}{ds^k} \left[(s-s_q)^r \frac{P(s)}{Q(s)} \right] \right\}_{s_q}$$

פירוק לשברים חלקיים עם קטבים ממשיים:

r - מספר השורשים הכפולים

$$k = 0, 1, 2 \dots r-1$$

כאשר $r=1$ (אין שורשים כפולים):

s_q - השורש

$$A_q = (s-s_q) \frac{P(s)}{Q(s)}$$

דוגמה לפירוק לשברים חלקיים

$$F(s) = \frac{20}{(s^2+2s+4)(s+2)} = \frac{As+B}{s^2+2s+4} + \frac{C}{s+2}$$

עם קוטב מרוכב:

המשך בעמוד 2

טבלת התמורות לפלס		
	$F(s)$	$f(t) \quad t \geq 0$
1.	1	הלם של יחידה בזמן $t_0 = 0$ $u_0(t)$
2.	$\frac{1}{s}$	מדרגת יחידה המתחילה בזמן $t_0 = 0$ 1 or $u_{-1}(t)$
3.	$\frac{1}{s^2}$	שיפוע של יחידה $tu_{-1}(t)$
4.	$\frac{1}{s^n}$	שלם חיובי n $\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}$
5.	$\frac{1}{s} e^{-as}$	מדרגת יחידה המתחילה בזמן $t_0 = a$ $u_{-1}(t-a)$
6.	$\frac{1}{s} (1 - e^{-as})$	דופק ריבועי $u_{-1}(t) - u_{-1}(t-a)$
7.	$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}
8.	$\frac{1}{(s+a)^n}$	שלם חיובי n $\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$
9.	$\frac{1}{s(s+a)}$	$\frac{1}{a} (1 - e^{-at})$
10.	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$	$\frac{1}{ab} \left[1 - \frac{b}{b-a} e^{-at} + \frac{a}{b-a} e^{-bt} \right]$ $a \neq b$
11.	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\sin(\omega t)$
12.	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$\cos(\omega t)$
13.	$\frac{s+\alpha}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}{\omega} \sin(\omega t + \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha}$

14.	$\frac{s \sin \theta + \omega \cos \theta}{s^2 + \omega^2}$	$\sin(\omega t + \theta)$	
15.	$\frac{1}{s(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{1}{\omega^2} [1 - \cos(\omega t)]$	
16.	$\frac{s + \alpha}{s(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{\alpha}{\omega^2} - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}{\omega^2} \cos(\omega t + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha}$
17.	$\frac{1}{(s + a)(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{e^{-at}}{a^2 + \omega^2} + \frac{1}{\omega \sqrt{a^2 + \omega^2}} \sin(\omega t + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{a}$
18.	$\frac{1}{(s + a)^2 + b^2}$	$\frac{1}{b} e^{-at} \sin(bt)$	
19.	$\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{1}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t)$	
20.	$\frac{s + a}{(s + a)^2 + b^2}$	$e^{-at} \cos(bt)$	
21.	$\frac{s + \alpha}{(s + a)^2 + b^2}$	$\frac{\sqrt{(\alpha - a)^2 + b^2}}{b} e^{-at} \sin(bt + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{b}{\alpha - a}$
22.	$\frac{1}{s[(s + a)^2 + b^2]}$	$\frac{1}{a^2 + b^2} + \frac{1}{b \sqrt{a^2 + b^2}} e^{-at} \sin(bt - \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{b}{-a}$
23.	$\frac{1}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$\frac{1}{\omega_n^2} - \frac{1}{\omega_n^2 \sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t + \phi)$	$\phi = \cos^{-1} \zeta$

טבלת קבועי השגיאה למערכת עם משוב יחידה

את פונקציית התמסורת בחוג פתוח אפשר לרשום באופן כללי כך:

$$GH(s) = \frac{K \cdot B_1(s)}{s^\ell \cdot B_2(s)}$$

כאשר: K – הגבר

ℓ – סוג המערכת

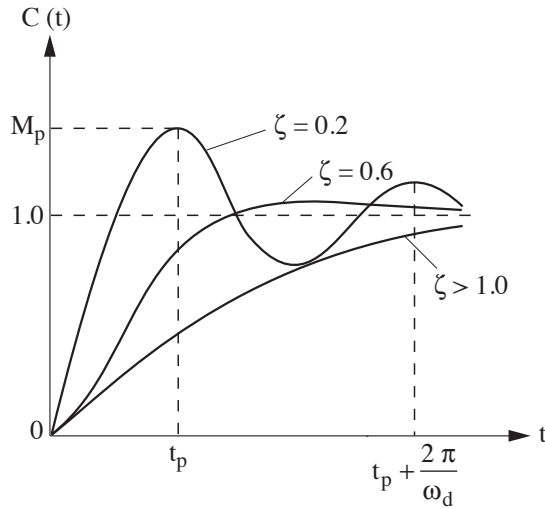
$B_1(s)$, $B_2(s)$ – פולינומים

$$B_1(s) = a_0 \cdot s^m + a_1 \cdot s^{m-1} + \dots + a_{m-1} \cdot s + a_m$$

$$B_2(s) = b_0 \cdot s^n + b_1 \cdot s^{n-1} + \dots + b_{n-1} \cdot s + b_n$$

מבוא		מדרגת יחידה		יחידת מהירות		יחידת תאוצה	
סוג המערכת		$r(t) = r_1$		$r(t) = r_2 \cdot t$		$r(t) = r_3 \cdot t^2$	
		k_p	שגיאת המצב המתמיד	k_v	שגיאת המצב המתמיד	k_a	שגיאת המצב המתמיד
סוג 0		$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{r_1}{1+k_p}$	0	∞	0	∞
סוג 1		∞	0	$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{r_2}{k_v}$	0	∞
סוג 2		∞	0	∞	0	$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{2 \cdot r_3}{k_a}$

תגובת מערכת מסדר שני, בעלת הגבר סטטי של 1, לאות־מבוא של מדרגת יחידה, כפונקציה של מקדם הריסון

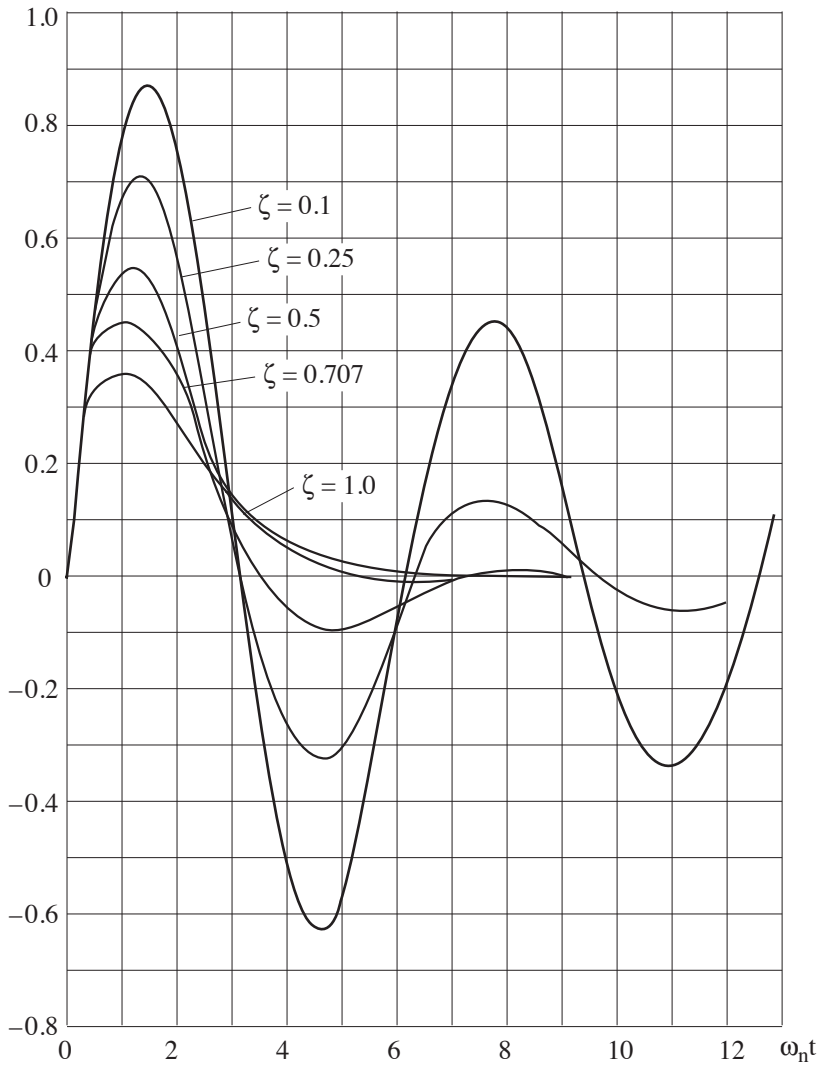


$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad ; \quad M_p = 1 + e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad ; \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

כאשר:

- M_p – הערך המרבי של תגובת היתר
- t_p [sec] – זמן תגובת היתר המרבית
- ω_d [rad / sec] – התדירות הזוויתית של התנודה המרוסנת

תגובת מערכת מסדר שני, בעלת הגבר סטטי של 1, לאות-מבוא הלאם של יחידה, כפונקציה של מקדם הריסון



טבלת ראוט

המשוואה האופיינית $Q(s)$:

$$Q(s) = b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + b_{n-2} s^{n-2} + \dots + b_1 s + b_0 = 0$$

s^n	b_n	b_{n-2}	b_{n-4}	b_{n-6}	$\dots$
s^{n-1}	b_{n-1}	b_{n-3}	b_{n-5}	b_{n-7}	$\dots$
s^{n-2}	c_1	c_2	c_3	$\dots$	
s^{n-3}	d_1	d_2	$\dots$		
s^1	j_1				
s^0	k_1				

$$c_1 = \frac{b_{n-1} b_{n-2} - b_n b_{n-3}}{b_{n-1}}$$

$$c_2 = \frac{b_{n-1} b_{n-4} - b_n b_{n-5}}{b_{n-1}}$$

$$c_3 = \frac{b_{n-1} b_{n-6} - b_n b_{n-7}}{b_{n-1}}$$

$$d_1 = \frac{c_1 b_{n-3} - b_{n-1} c_2}{c_1}$$

$$d_2 = \frac{c_1 b_{n-5} - b_{n-1} c_3}{c_1}$$

$$d_3 = \frac{c_1 b_{n-7} - b_{n-1} c_4}{c_1}$$

בקרים

משוואת בקר יחסי:

$$m_p \% = K \cdot e \% + M \%$$

m_p - מוצא הבקר

e - שגיאה

M - מוצא הבקר עבור $e = 0$

K - הגבר

התחום היחסי (PB):

$$PB \% = \frac{100}{K}$$

משוואת בקר PI:

m_{PI} - מוצא הבקר PI

$$m_{PI} \% = K \left(e \% + R \int e \% dt \right) + M \%$$

בהצלחה!

נוסחאון במיקרו-בקר 8051

לכיתה י"ג

(15 עמודים)

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום למחברות נא

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

0 0

Operating Mode

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.

קצב העברת הנתונים ב־UART באופני־פעולה Mode 1 או Mode 3:

$$\text{Baud Rate} = \frac{\text{Clock Frequency}}{12 \cdot 32 \cdot (256 - \text{TH1})}$$

Baud Rate [baud] – קצב העברת הנתונים

Clock Frequency [Hz] – תדר השעון

TH1 – תוכן הבית העליון של Timer 1 (בבסיס 10)

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
P0	80H*	Port 0
SP	81H	Stack Pointer
DPL	82H	Data Pointer (Low)
DPH	83H	Data Pointer (High)
TCON	88H*	Timer register
TMOD	89H	Timer Mode register
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

Interrupt Source	Service Routine Starting Address
(Reset)	0000H
External 0	0003H
Timer/Counter 0	000BH
External 1	0013H
Timer/Counter 1	001BH
Serial Port	0023H

*=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.

Absolute Memory Access Macros (גישה לזיכרון באמצעות פקודות מקרו)

Syntax	Description	Example
XBYTE[addr]	XBYTE macro accesses individual bytes in the xdata memory.	XBYTE[0x8000]=0x34;
DBYTE[addr]	DBYTE macro accesses individual bytes in the data/idata memory.	DBYTE[0x40]=0x34;

Preprocessor-directives (הנחיות לקדם-מהדר)

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

identifier – מזהה ; replacement – תחליף

Operators (אופרטורים)

Description	תאור	Operator
Assignment	השמה	=

Initialization of variables (אתחול משתנים)

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

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>

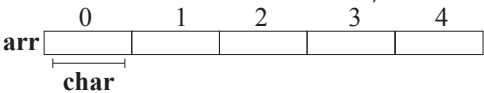
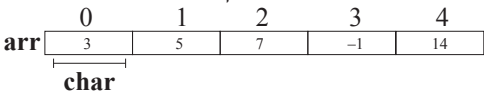
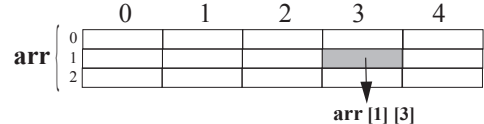
הצהרה – statement ; תנאי – condition

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 ; ערך – value

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
}
```

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 711921, אביב תשע"ז

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
controller	Контроллер	مُتحكَّم	בקר
two situations control	Двух ступенчатый контроль	تحكُّم ثنائي	בקרה דו-מצבית
heater	Нагреватель	جهاز تسخين	גוף חימום
temperaure sensor	Термодатчик	مُستشعر درجة الحرارة	חיישן טמפרטורה
stable	Стабильная	توازُن	יציבה
resolution	Резолюция	دَقَّة التبيين	כושר הבחנה
operational amplifier	Операционный усилитель	مُضخِّم تشغيلي	מגבר שרת
step unit	Единичный ступенчатый сигнал	درجة وحدة	מדרגת יחידה
analog to digital converter	Преобразователь A/D	مُغيِّر A/D	ממיר A/D
resrtaint coefficient	Коэффициент затухания	مُعَامِل الانضباط	מקדם ריסון
unit feedback	Единичная обратная связь	تغذية مرتدة (راجعة) أحادية	משוב יחידה
electronic switch	Электронный переключатель	مفتاح إلكتروني	מתג אלקטרוני
second order	Второй порядок	درجة ثانية	סדר שני
binary value	Двоичная величина	قيمة ثنائية	ערך בינארי
control system	Система контроля	نظام تحكُّم	מערכת בקרה
transmission function	Передаточная функция	دالة الإرسال	פונקציית תמסורת
error constants	Постоянная ошибка	ثوابت الخطأ	קבועי־שגיאה

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
steady state error	Ошибка в устоявшемся режиме	خطأ في حالة الاستقرار	שגיאה במצב המתמיד
system output	Выходные данные системы	إنتاج النظام	תגובת המערכת
angular frequency	Угловая частота	تردد زاوي	תדירות זוויתית
restrained oscillation	Затухающие колебания	التذبذب المنضبط	תנודה מרוסנת
flow chart	Алгоритм	مخطط جريان	תרשים זרימה
block diagram	Блок-схема	مخطط صندوقي / مستطيلات	תרשים מלבניים