

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ו, 2016

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 הכל – 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 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.

- לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך. בשאלון זה 10 עמודים ו-24 עמודי נספחים.

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

## השאלות

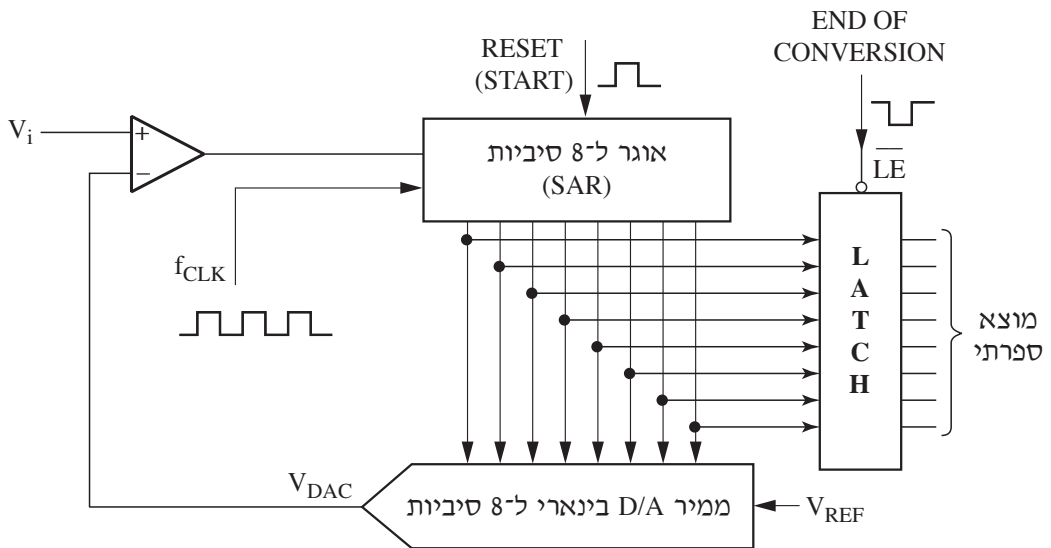
ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

### 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 ממיר A/D בעל שמונה סיביות, הפועל בשיטת הקירוב המדורג (successive approximation).

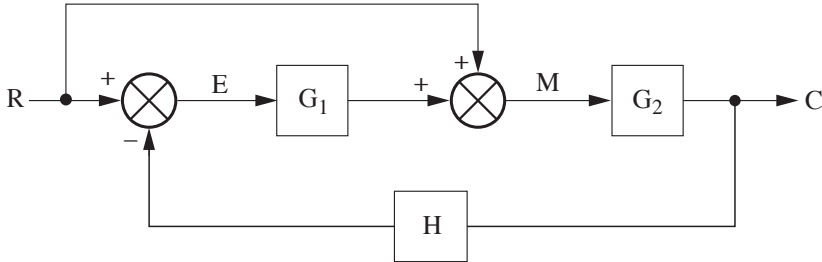


איור לשאלה 1

- א. הסבר את עקרון השיטה שבה מתבצעת המרת האות על-ידי ממיר ה-A/D. בהסברך, התייחס לכל אחת מיחידות הממיר שבאיור.
- ב. נתון כי מתח המבוא המרבי בממיר הוא 10 V.
  1. חשב את כושר ההבחנה (הרזולוציה) של הממיר.
  2. חשב את הערך הספרתי המתקבל במוצא הממיר, כאשר מתח המבוא הוא 4 V.
- ג. נתון כי תדר אות השעון בממיר הזה הוא 1 MHz. חשב את זמן ההמרה של האות.
- ד. כיצד ניתן לשפר את כושר ההבחנה (הרזולוציה) של הממיר הזה פי 4?

## שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.

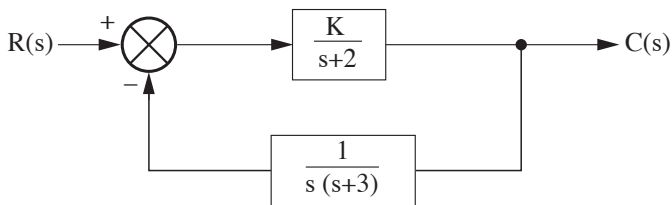


איור לשאלה 2

- א. כתוב ביטוי לפונקציית התמסורת של המערכת באמצעות  $G_1$  ו- $G_2$  ו- $H$ .
- ב. נתון:  $R = 4$ ,  $G_2 = 2$  ו- $H = \frac{1}{2}$ .
- ג. חשב את ערכו של  $C$ , והראה כי במקרה הזה הוא אינו תלוי בערכו של ההגבר  $G_1$ .
- ד. חשב את ערכיהם של  $E$  ו- $M$  כאשר נתון:  $R = 4$ ,  $G_1 = 3$ ,  $G_2 = 10$  ו- $H = \frac{1}{2}$ .

## שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.

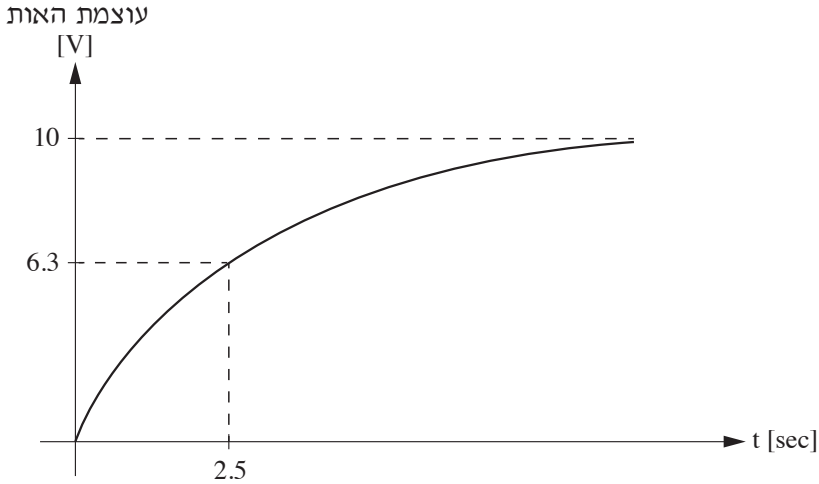


איור לשאלה 3

- א. מצא את פונקציית התמסורת,  $\frac{C}{R}(s)$ , של מערכת הבקרה הזו.
- ב. מהו תחום הערכים של  $K$  שעבורו מערכת הבקרה הזו תהיה יציבה?
- ג. נתון:  $K = 10$ . חשב את השגיאה במצב המתמיד של המערכת עבור אות-מבוא של יחידת מהירות.

#### שאלה 4

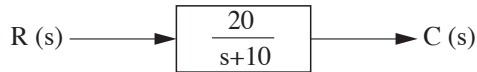
- א. למערכת בקרה מסדר ראשון סופק אות מדרגה של 5 V .  
במוצא המערכת התקבל האות המתואר באיור א' לשאלה 4.



#### איור א' לשאלה 4

רשום ביטוי להגבר המערכת בחוג פתוח,  $G(s)$ .

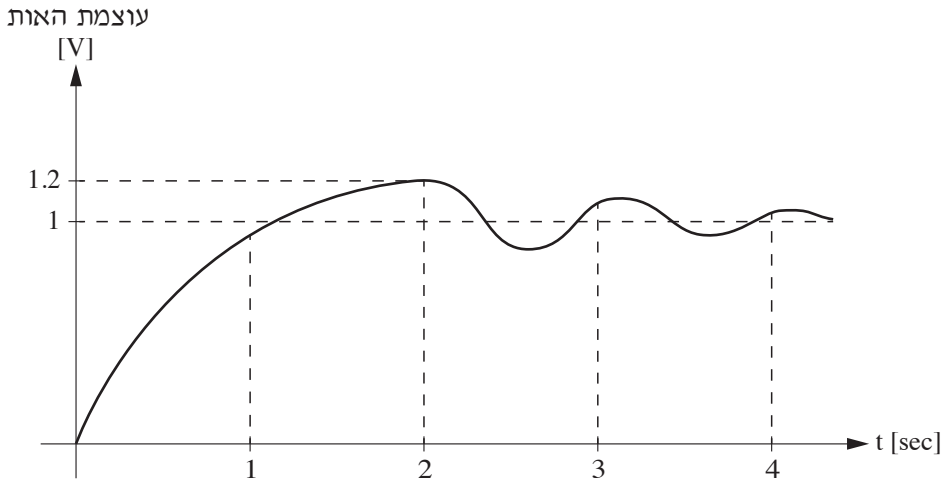
- ב. באיור ב' לשאלה נתונה מערכת בקרה בחוג פתוח.



#### איור ב' לשאלה 4

סרטט את צורת האות המתקבל במוצא המערכת, כאשר האות במבוא המערכת הוא מדרגה בגובה 2 יחידות.

ג. למערכת בקרה מסדר שני סופק אות מדרגת יחידה. במוצא המערכת התקבל האות המתואר באיור ג' לשאלה.



איור ג' לשאלה 4

רשום ביטוי להגבר המערכת הזו בחוג פתוח,  $G(s)$ .

## פרק שני: מערכות בקרה מבוססות מיקרו־בקר

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

### שאלה 5

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

```
1.   START:   MOV     DPTR, #1000H
2.           MOV     R7, #0AH
3.           MOVX    A, @DPTR
4.           MOV     40H, A
5.           MOV     41H, #01H
6.   AGAIN:   INC     DPTR
7.           MOVX    A, @DPTR
8.           CJNE   A, 40H, NOTE
9.           INC     41H
10.  NOTE:    DJNZ   R7, AGAIN
11.           RET
```

א. הסבר את ההוראות שבשורות 4, 5, 8 ו־9.

ב. בטבלה שלהלן נתונים תכני התאים שכתובותיהם  $1000H \div 100AH$  בזיכרון החיצוני של המיקרו־בקר, לפני ביצוע התת־שגרה.

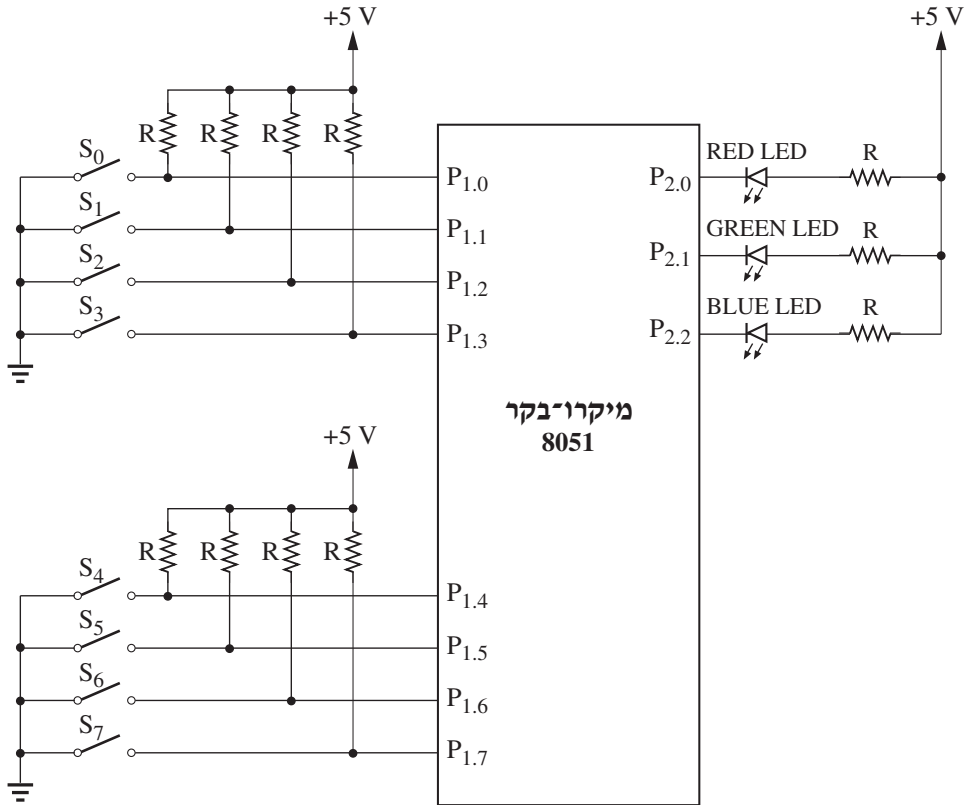
כתובת התא	1000H	1001H	1002H	1003H	1004H	1005H	1006H	1007H	1008H	1009H	100AH
תוכן התא	A4H	A3H	A3H	A6H	A3H	A5H	FFH	A4H	A3H	FFH	A3H

מה יהיו תכני התאים, שכתובותיהם בזיכרון הפנימי של המיקרו־בקר הן 40H ו־41H, לאחר ביצוע התת־שגרה? נמק את תשובתך במילים או הצג טבלת־מעקב אחר כל האוגרים הלוקחים חלק בתת־השגרה.

ג. מה צריכים להיות תכני התאים שכתובותיהם  $1000H \div 100AH$  בזיכרון החיצוני של המיקרו־בקר, כדי שתוכן התאים 40H ו־41H בזיכרון הפנימי של המיקרו־בקר יהיה 0BH לאחר ביצוע התת־שגרה? נמק את תשובתך.

## שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מיקרו־בקר 8051. ההדקים  $P_{1.0} \div P_{1.3}$  שלו חוברו, בהתאמה, למפסקים  $S_0 \div S_3$ , וההדקים  $P_{1.4} \div P_{1.7}$  שלו חוברו, בהתאמה, למפסקים  $S_4 \div S_7$ . כמו־כן חוברו נורית LED אדומה להדק  $P_{2.0}$ , נורית LED ירוקה להדק  $P_{2.1}$ , ונורית LED כחולה להדק  $P_{2.2}$ .



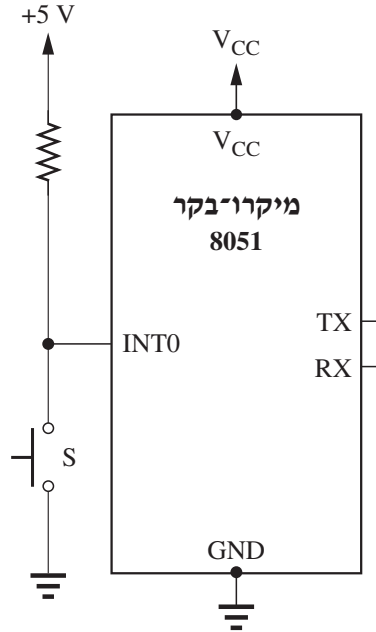
## איור לשאלה 6

כתוב תכנית בשפת C של המיקרו־בקר 8051, שתבצע את הפעולות שלהלן:

1. תקלוט את מצב המפסקים  $S_0 \div S_7$ .
2. אם כל המפסקים פתוחים – היא תדליק את נורית ה־LED הכחולה בלבד.
3. אם לפחות אחד מהמפסקים סגור – התכנית תבדוק אם מצב המפסקים  $S_0 \div S_3$  זהה למצב המפסקים  $S_4 \div S_7$ , בהתאמה. אם הוא זהה – התכנית תדליק את נורית ה־LED הירוקה בלבד. אם הוא אינו זהה – התכנית תדליק את נורית ה־LED האדומה בלבד.

## שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון לחצן S המחובר להדק המבוא INT0 במיקרו-בקר 8051. מצבו הרגיל של הלחצן הוא פתוח (N.O.).



איור לשאלה 7

להלן תכנית בשפת C של המיקרו-בקר 8051, העושה שימוש ב-UART ובפסיקות חומרה חיצוניות:

```
1. #include <8051.H>
2. unsigned char CH,I;
3. void int0() interrupt0
4. {
5.     I++;
6.     if(I%3==0)
7.         CH = 'B';
8.     else
9.         CH = 'C';
10. }
11. void main(void)
```



```

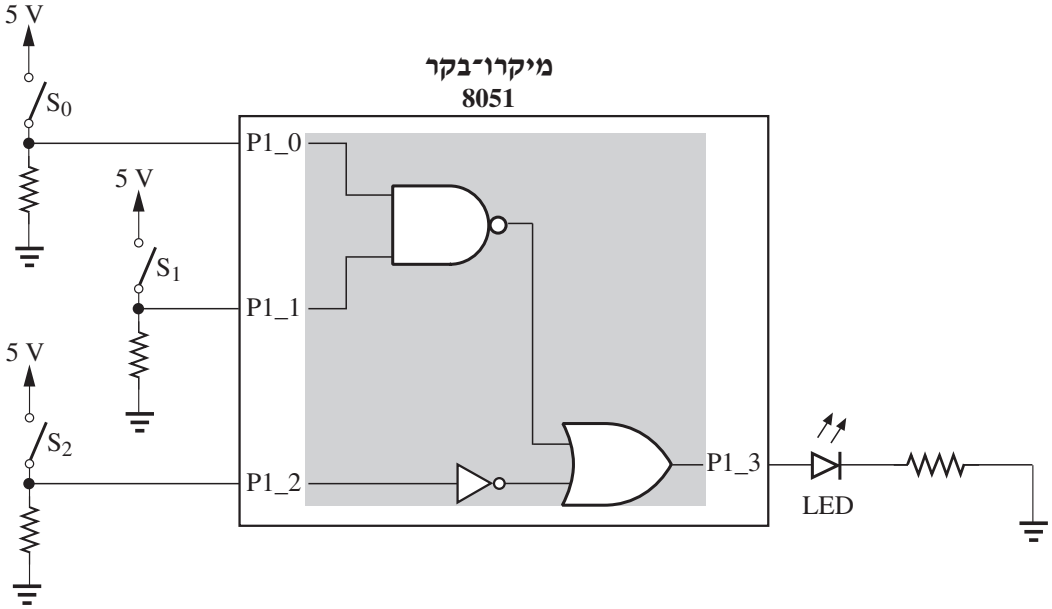
12. {
13.     CH='A' ;
14.     I=0;
15.     TMOD=0x20;
16.     SCON=0x40;
17.     TH1=0xFD;
18.     TL1=0xFD;
19.     TR1=1;
20.     TI=0;
21.     IE=0x81;
22.     IT0=1;
23.     while(1)
24.     {
25.         SBUF=CH;
26.         while(!TI);
27.         TI=0;
28.     }
29. }
    
```

- א. הסבר את ההוראות שבשורות 1, 3, 6 ו-26.
- ב. הסבר את המשמעות של השורות 22 ÷ 15 בקוד התכנית. היעזר בדף הנוסחאות של המיקרו-בקר לצורך ניתוח מילות הבקרה.
- ג. העתק למחברתך את הטבלה שלהלן, השלם בה את הנתונים שישודרו במוצא ה-UART בכל אחד מן המצבים, ונמק את תשובותיך. התעלם מבעיית הריטוטים העשויים להתרחש בעת לחיצה על הלחצן S.

נימוק	הנתונים שישודרו במוצא ה-UART	
		לפני הלחיצה הראשונה
		לאחר הלחיצה הראשונה
		לאחר 2 לחיצות
		לאחר 3 לחיצות
		לאחר 4 לחיצות
		לאחר 5 לחיצות
		לאחר 6 לחיצות
		לאחר 7 לחיצות

## שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מיקרו־בקר 8051. מעוניינים לממש בתוכנה את המעגל הלוגי המתואר בתוכו.



### איור לשאלה 8

- א.** כתוב תכנית בשפת־הסף של המיקרו־בקר 8051 שתממש את המעגל הלוגי המתואר באיור. על התכנית:
1. לקלוט את הרמה הלוגית של המפסקים  $S_0 \div S_2$  דרך שלושת ההדקים  $P1_0 \div P1_2$ , בהתאמה.
  2. לחשב את הרמה הלוגית במוצא המעגל הלוגי, ולהציג אותה על־ידי נורית ה־LED במוצא ההדק  $P1_3$ .
- ב.** תדר הגביש של המיקרו־בקר הוא 12 MHz. חשב את הזמן שיעבור מרגע שינוי מצב המפסקים במבוא הבקר ועד לרגע שינוי מצב ה־LED, בהתאם לקוד התכנית שכתבת בסעיף א'.

### בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

מקום לנספח בקרת נבחן

## 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:

כאשר  $F(0)$  הוא ערך האינטגרל בזמן  $t = 0$ :  $\int_{-\infty}^0 f(\tau) d\tau$

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

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

כאשר  $r = 1$  (אין שורשים כפולים):  $k = 0, 1, 2 \dots r - 1$

$s_q$  - 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:

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

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

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

את פונקציית התמסורת בחוג פתוח אפשר לרשום באופן כללי כך:

כאשר:  $K$  – הגבר

$\ell$  – סוג המערכת

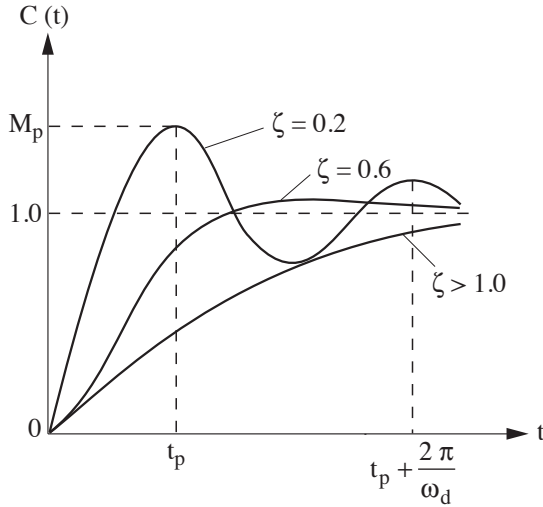
$B_1(s)$ ,  $B_2(s)$  – פולינומים

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

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

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

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

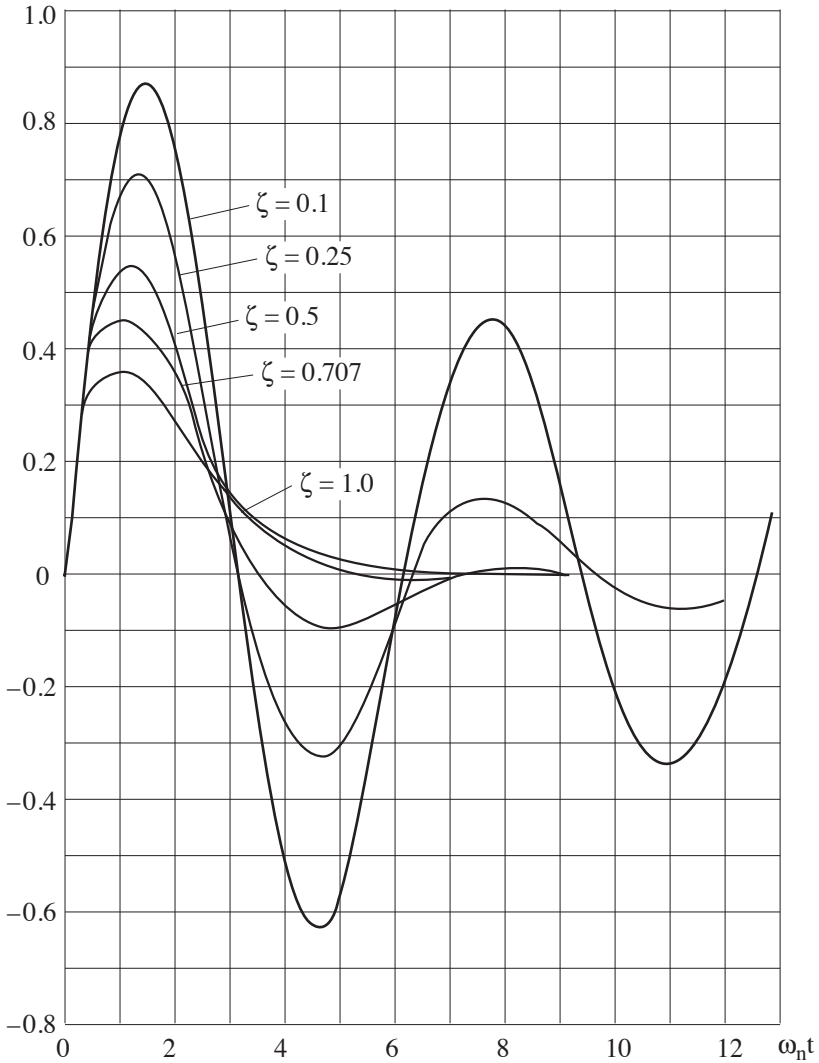


$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad ; \quad M_p = 1 + e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad ; \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

כאשר:

- $M_p$  הערך המרבי של תגובת היתר
- $t_p$  [sec] זמן תגובת היתר המרבית
- $\omega_d$  [rad / sec] התדירות הזוויתית של התנודה המרוסנת

**תגובת מערכת מסדר שני, בעלת הגבר סטטי של 1, לאות-מבוא הים 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:

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

$m_{PI}$  - מוצא הבקר PI

**בהצלחה!**

# נוסחאון במיקרו-בקר 8051 לכיתה י"ג

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים  
מועד הבחינה: אביב תשע"ו, 2016  
נספח לשאלונים: 711921, 711911

(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	<b>BOOLEAN VARIABLE MANIPULATION</b>			
INC Rn	Increment register	1	1	<b>Mnemonic</b>	<b>Description</b>	<b>Byte</b>	<b>Cyc</b>
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
<b>LOGICAL OPERATION</b>				MOV C,bit	Move direct bit to Carry flag	2	1
<b>Mnemonic</b>	<b>Destination</b>	<b>Byte</b>	<b>Cyc</b>	MOV bit,C	Move Carry flag to direct bit	2	2
ANL A,Rn	AND register to Accumulator	1	1	<b>PROGRAM AND MACHINE CONTROL</b>			
ANL A,direct	AND direct byte to Accumulator	2	1	<b>Mnemonic</b>	<b>Description</b>	<b>Byte</b>	<b>Cyc</b>
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	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	<b>Notes on data addressing modes:</b>			
<b>DATA TRANSFER</b>				Rn -Working register R0-R7			
<b>Mnemonic</b>	<b>Description</b>	<b>Byte</b>	<b>Cyc</b>	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	<b>Notes on program addressing modes:</b>			
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,#data	16 Load Data Pointer with a 16-bit constant	3	2				

### INSTRUCTIONS THAT AFFECT FLAG SETTINGS'

INSTRUCTION	FLAG			INSTRUCTION	FLAG		
	C	OV	AC		C	OV	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

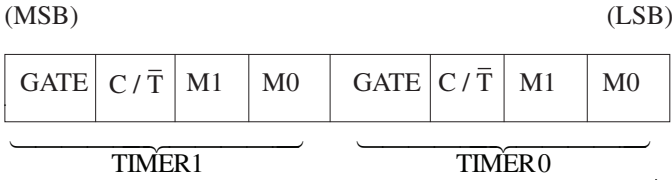
(MSB)

(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



		M1	M0	
		0	0	<b>Operating Mode</b> 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)
<b>Symbol</b>	<b>Position</b>	<b>Name and Significance</b>			<b>Symbol</b>	<b>Position</b>	<b>Name and Significance</b>		
—	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.

### 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	>>

**(מבני בקרה – משפטי תנאי) Conditional Structures**

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 &gt; 0)     P1=4; else if (d &lt; 0)     P1=2; else     P1=1;</pre>

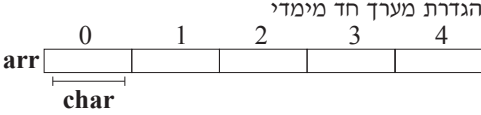
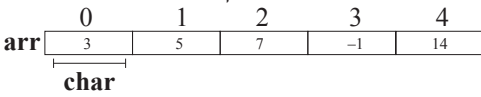
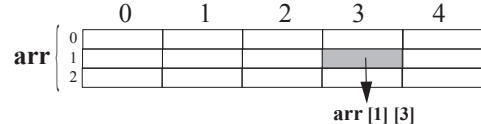
הצהרה – statement ; תנאי – condition

**Iteration Structures (מבני בקרה - לולאות)**

Description	Syntax	Example
while loop	<pre>while (expression) {     statements ; }</pre>	<pre>while (n&gt;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&lt;10; i++) {     P1=i; }</pre>

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

**Arrays (מערכים)**

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

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>

parameter – טיעון ; argument – טיפוס ; type – הצהרה ; statement – 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

לשאלון 711921, אביב תשע"ו

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
crystal	Кристалл	בלור / کریستال	גביש
external memory	Внешняя память	الذاكرة الخارجية	זיכרון חיצוני
internal memory	Внутренняя память	الذاكرة الداخلية	זיכרון פנימי
velocity unit	Единица скорости	وحدة سرعة	יחידת מהירות
resolution	Резолюция	دقة التبيين	כושר הבחנה
push-button	Пусковая кнопка	زر كس	לחצן
step unit	Единичный ступенчатый сигнал	وحدة درجیة	מדרגת יחידה
microcontroller	Аналого-дигитальный контроллер	مُتحكَّم دقيق	מיקרו־בקר
analog to digital converter	Преобразователь A/D	مُغَيِّر A/D	ממיר A/D
logic system	Логическая схема	دائرة منطقیة	מעגל לוגי
control system	Система контроля	نظام تحكَّم	מערכת בקרה
switches	Выключатель	مفاتيح	מפסקים
steady state	Устойчивое состояние	حالة الاستقرار	מצב מתמיד
transmission function	Передаточная функция	دالة الإرسال	פונקציית תמסורת
program code	Кодирование	كود البرنامج	קוד התכנית
logic level	Логический уровень	مستوى منطقي	רמה לוגית
steady state error	Ошибка в устоявшемся режиме	خطأ في حالة الاستقرار	שגיאה במצב המתמיד
block diagram	Блок-схема	مخطط صندوقي / مستطيلات	תרשים מלבנים
subroutine	Подпрограмма	روتين فرعي	תת־שגרה