

## 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 שלהן.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
  - \* רישום הנוסחה המתאימה.
  - \* הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
  - \* חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
  - \* רישום התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
  - \* ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.
- לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 11 עמודים ו-24 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

## השאלות

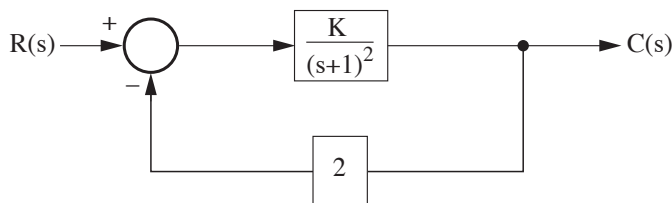
ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

### 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 מערכת בקרה.

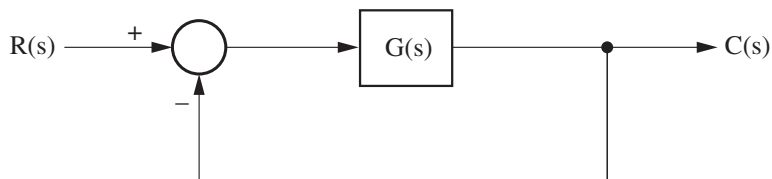


#### איור לשאלה 1

- 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 מדרגת יחידה.

## שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה בעלת משוב יחידה.



### איור לשאלה 2

א. בטא את  $\frac{C}{R}$  כפונקצייה של  $G$ .

תגובת המערכת  $C(t)$  לאות־מבוא הלם היא:  $C(t) = 1 - e^{-2t}$ .

ב. היעזר בהתמרת לפלס ורשום ביטוי המתאר את תגובת המערכת  $C(s)$  עבור אות־מבוא הלם.

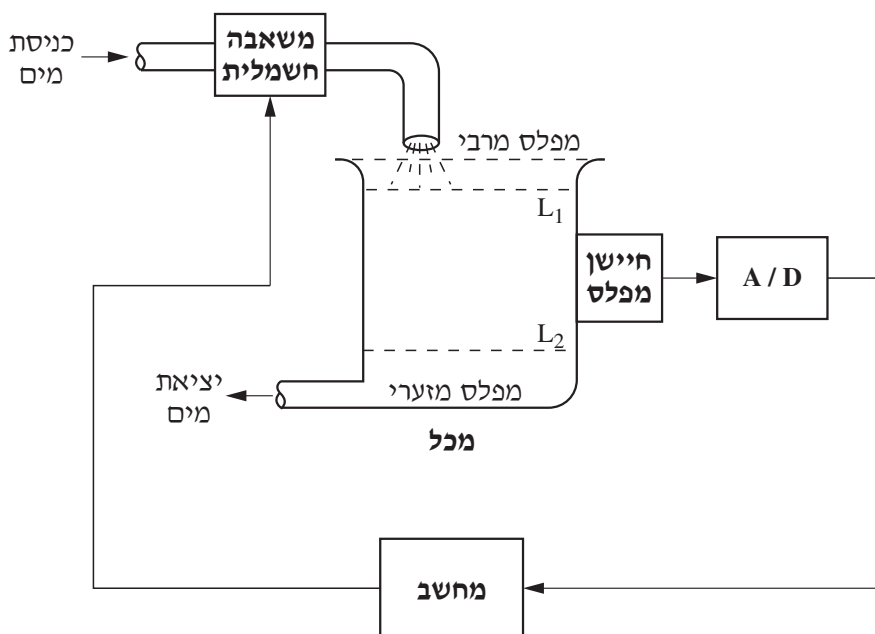
ג. רשום ביטוי המתאר את  $G(s)$ .

מספקים למערכת אות־מבוא של מדרגת יחידה.

ד. רשום ביטוי המתאר את תגובת המערכת  $C(t)$  עבור אות־המבוא הזה.

### שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים מלבנים של מערכת ממוחשבת לבקרת מפלס המים במכל. כאשר מפלס המים יורד לגובה של 20% מהמפלס המרבי (גובה  $L_2$ ), המשאבה מתחילה למלא מים במכל; כאשר מפלס המים מגיע לגובה של 90% מהמפלס המרבי (גובה  $L_1$ ), פעולת המשאבה נפסקת.



### איור לשאלה 3

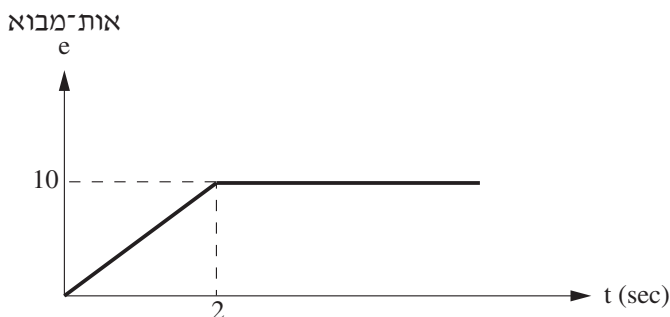
מערכת הבקרה כוללת:

- **חיישן מפלס ליניארי** – מפק במוצאו מתח של 0 V כאשר המפלס מזערי, ומתח של 5.1 V כאשר המפלס מרבי.
- **ממיר A / D בעל שמונה סיביות** – מפק את הערך הבינארי 11111111 כאשר המתח במבוא שלו הוא 5.1 V, ואת הערך הבינארי 00000000 כאשר המתח במבוא שלו הוא 0 V.
- **משאבה חשמלית בעלת שני מצבים**: פתוח וסגור.
- **מחשב** – מבקר את מפלס המים בתהליך, כך שהוא ינוע בין 20% ל-90% של המפלס המרבי.

- א. מהו כושר ההבחנה (הרזולוציה) של ממיר ה- $A/D$  ?
- ב. מהו הערך הבינארי במוצא ממיר ה- $A/D$  , כאשר מפלס המים הוא בגובה  $L_1$  וכאשר הוא בגובה  $L_2$  ?
- ג. סרטט גרף המתאר את המתח במוצא חיישן המפלס כפונקצייה של הזמן, מהרגע שמפלס המים במכל הגיע ל-20% מהמפלס המרבי. ציין את מצב המשאבה (ON / OFF) בכל אחד מחלקי הגרף שסרטטת, בהנחה שמים אינם יוצאים מהמכל בזמן התהליך.
- ד. סרטט תרשים זרימה המתאר את פעולת המערכת.

#### שאלה 4

- א. באיור לשאלה 4 נתון אות-מבוא המסופק לשלושה בקרים: בקר P , בקר D , ובקר PD .



#### איור לשאלה 4

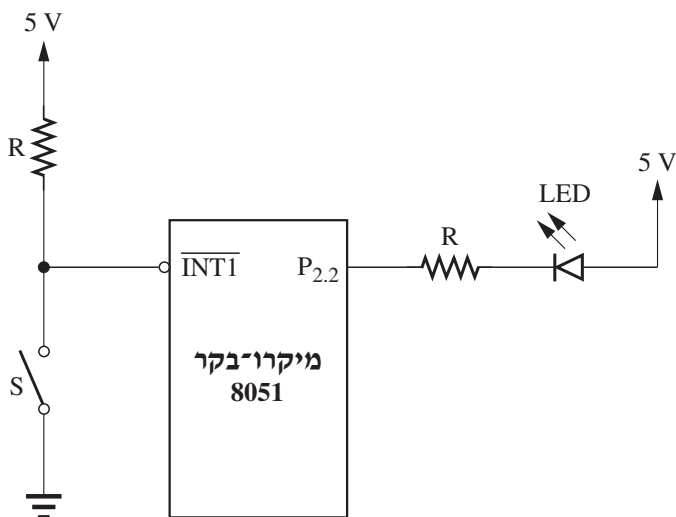
- העתק את אות-המבוא למחברתך, וסרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את האות המתקבל במוצאו של כל אחד מן הבקרים.
- ב. המשוואה של בקר PD במישור לפלס היא:  $\frac{m}{e}(s) = 10 \cdot (1 + 3s)$  .  
חשב ערכים משמעותיים של אות-המוצא m עבור אות-המבוא e הנתון באיור, וציין אותם בסרטוט המתאים בתשובתך לסעיף א'.
- ג. סרטט מעגל חשמלי עקרוני למימוש של בקר PD באמצעות מגברי-שרת, נגדים וקבלים (מבלי לציין את ערכי הרכיבים החשמליים במעגל).

### פרק שני: מערכות בקרה מבוססות מיקרו־בקר

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

#### שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתונים נורית LED המחוברת להדק  $P_{2.2}$  של המיקרו־בקר 8051 ומפסק המחובר להדק הפסיקה  $\overline{INT1}$  שלו.



איור לשאלה 5

כתוב תוכנית הכוללת פונקציית main ותוכנית פסיקה, שהמבנה שלה יהיה:

```
#include <8051.h>

void main (void)
{
}

void int1 interrupt 2
{
}
```

### הדרישות מן התוכנית:

1. בפונקציית main נדרש לבצע את הפעולות האלה:
    - איפשור פסיקה במבוא  $\overline{INT1}$  בירידת השעון
    - כיבוי נורית ה-LED
  2. תוכנית הפסיקה תגרום לנורית ה-LED להידלק למשך שנייה אחת בכל אחת מ-10 הפסיקות הראשונות. לאחר 10 פסיקות תיחסם תוכנית הפסיקה.
- הערה:** לרשותך פונקציית השהיה המקבלת ערך במילי-שניות – delay (int msec) .

## שאלה 6

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

```

1.      START:      MOV    DPTR, #1000H
2.                      MOV    R7, #8H
3.      NEXT:       MOV    R0, #40H
4.                      MOVX   A, @DPTR
5.                      ANL    A, #03H
6.                      ADD    A, R0
7.                      MOV    R0, A
8.                      INC    @R0
9.                      INC    DPTR
10.                     DJNZ   R7, NEXT
11.                     RET
    
```

א. הסבר את ההוראות שבשורות 4, 5, 8 ו־10.

ב. בטבלה שלהלן נתונים תוכני התאים שכתובותיהם  $1000H \div 1007H$  בזיכרון החיצוני של המיקרו־בקר, לפני ביצוע התת־שגרה.

| 1007H | 1006H | 1005H | 1004H | 1003H | 1002H | 1001H | 1000H | כתובת התא<br>בזיכרון החיצוני |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
| A0H   | 0AH   | 30H   | 20H   | 10H   | 03H   | 02H   | 01H   | תוכן התא                     |

תוכני התאים  $40H \div 43H$  שבזיכרון הפנימי, לפני ביצוע התת־שגרה, הם 0.

מה יהיו תוכני התאים, שכתובותיהם בזיכרון הפנימי של המיקרו־בקר הן  $40H \div 43H$ , לאחר ביצוע התת־שגרה? נמק את תשובתך במילים או הצג טבלת־מעקב אחר כל האוגרים בתת־השגרה.

ג. משנים את קוד התוכנית, כך שהוראה 5 :  
 5. ANL A, #03H  
 5. ANL A, #0FH  
 מוחלפת בהוראה:

כיצד ישפיע השינוי הזה על תוכני התאים  $40H \div 43H$  ?



## שאלה 7

להלן תוכנית המודדת את רוחבו של דופק חיובי המתקבל בהדק  $P_{2,0}$  של המיקרו-בקר 8051, ומאחסנת את הערך הנמדד במשתנה PulseWidth. תדר הגביש במיקרו-בקר הוא 12 MHz.

```
#include<8051.h>
```

```
① sbit P2_0 = P2 ^ 0;

unsigned int PulseWidth;

void main(void)
{
    ② TMOD = 0x01;
      while(1)
      {
          TH0 = 0;
          TL0 = 0;

          ③ while (P2_0 == 0);
            TR0 = 1;
            while(P2_0 == 1);
            TR0 = 0;

          ④ PulseWidth = (TH0 << 8) + TL0;
      }
}
```

א. הסבר את ההוראות המסומנות בספרות ①, ②, ③, ו-④.

ב. חשב את ערך המשתנה PulseWidth, כאשר רוחב הדופק החיובי הוא:

1. 100  $\mu$ sec

2. 12 msec

3. 100 msec

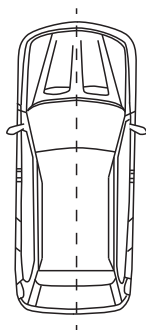
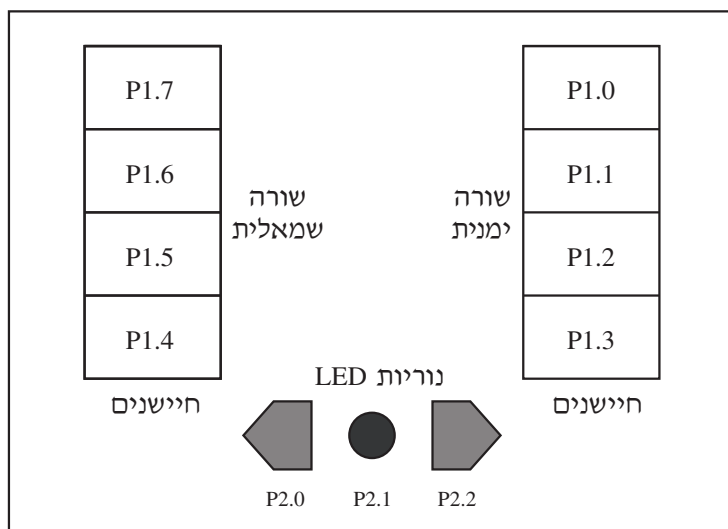
הערה: בחישוביך הזנח את זמני הפקודות בתוכנית.

ג. מהו רוחב הדופק המרבי שניתן למדוד באמצעות התוכנית הזו? נמק את תשובתך.

## שאלה 8

במגרש חניה יש שתי שורות של חניות, שבכל אחת מהן ארבעה מקומות, כמתואר באיור לשאלה 8. מעל כל מקום חניה מותקן חיישן, המספק '1' כאשר מקום החניה תפוס ו-'0' כאשר הוא פנוי.

### מגרש חניה



### איור לשאלה 8

ארבעת החיישנים בשורה הימנית מחוברים להדקים  $P_{1.0} \div P_{1.3}$  של מיקרו־בקר 8051, וארבעת החיישנים בשורה השמאלית מחוברים להדקים  $P_{1.4} \div P_{1.7}$  שלו.

בכניסה למגרש החניה ישנן שלוש נוריות LED, המחוברות להדקים  $P_{2.0} \div P_{2.2}$  של המיקרו־בקר. הן משמשות כנוריות חיווי לרכב המבקש לחנות במגרש, ונדלקות כאשר המיקרו־בקר מספק להן '1':

- נורית ה־LED הירוקה השמאלית מחוברת להדק  $P_{2.0}$ , ונדלקת כאשר יש מקום חניה פנוי בשורה השמאלית.
- נורית ה־LED הירוקה הימנית מחוברת להדק  $P_{2.2}$ , ונדלקת כאשר יש מקום חניה פנוי בשורה הימנית.
- נורית ה־LED האדומה מחוברת להדק  $P_{2.1}$ , ונדלקת כאשר אין מקום חניה פנוי במגרש.

כתוב תוכנית בשפת C של המיקרו־בקר 8051 למימוש מערכת החניה הזו.

## 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:

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

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

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

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:

המשך בעמוד 2

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

|     |                                                             |                                                                                                                                  |                                          |
|-----|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 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

$\ell$  – סוג המערכת

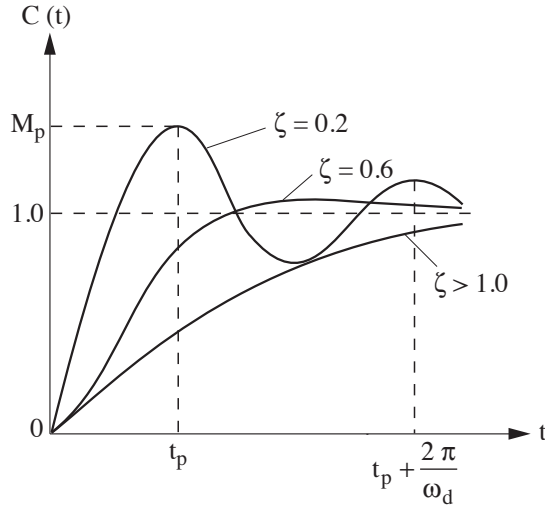
$B_1(s)$ ,  $B_2(s)$  – פולינומים

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

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

| אות תאוצה<br>$r(t) = r_3 \cdot t^2$ |                                 | אות מהירות<br>$r(t) = r_2 \cdot t$ |                                 | אות מדרגה<br>$r(t) = r_1$ |                                 | מבוא<br>סוג<br>המערכת |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| שגיאת<br>המצב<br>המתמיד             | $k_a$                           | שגיאת<br>המצב<br>המתמיד            | $k_v$                           | שגיאת<br>המצב<br>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



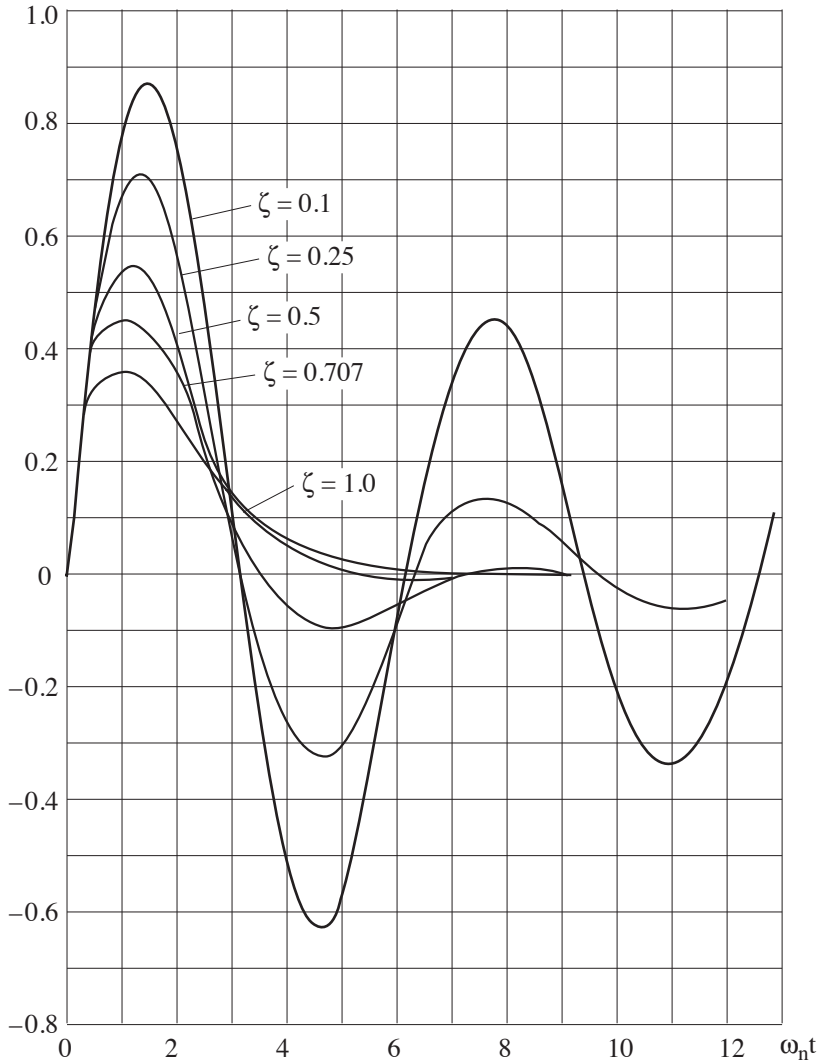
$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad ; \quad M_p = 1 + e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad ; \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

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 הולם 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 P :

$$m_P(t) = K \cdot e(t) + M$$

$m_P$  - 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

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

משוואת בקר PID:

$m_{PID}$  - מוצא הבקר PID

$$m_{PID}(t) = K \left( e(t) + R_I \int e(t) dt + R_D \cdot \frac{de(t)}{dt} \right) + M$$

**בהצלחה!**

# נוסחאון במיקרו-בקר 8051

## לכיתה י"ג

(15 עמודים)

אין להעביר את הנוסחאון  
לנבחן אחר

נקוט בזהירות נכונה

## 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,#data         | 16 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 |               |           |           |
|                                 |                                                                                                                                                                                              |    |    |        |               | <b>M1</b> | <b>M0</b> |
|                                 |                                                                                                                                                                                              |    |    |        |               | 0         | 0         |
|                                 |                                                                                                                                                                                              |    |    |        |               | 0         | 1         |
|                                 |                                                                                                                                                                                              |    |    |        |               | 1         | 0         |
| <b>GATE</b>                     | 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         |
| <b>C / <math>\bar{T}</math></b> | Timer or Counter Selector. Cleared for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from "Tx" input pin).                                            |    |    |        |               | 1         | 1         |

**Operating Mode**

MCS-48 Timer "TLx" serves as five bit prescaler.

16-bit timer/counter. "THx" and "TLx" are cascaded; there is no prescaler.

8-bit auto-reload timer/counter. "THx" holds a value which is to be reloaded into "TLx" each time it overflows.

(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.

(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.<br>Set by hardware on timer/<br>counter overflow.<br>Cleared when interrupt<br>processed. | IE1    | TCON.3   | Interrupt 1 Edge flag.<br>Set by hardware when<br>external interrupt edge<br>detected. Cleared when<br>interrupt processed.           |
| TR1    | TCON.6   | Timer 1 Run control bit.<br>Set/cleared by software to<br>turn timer/counter<br>on/off.                          | IT1    | TCON.2   | Interrupt 1 Type control<br>bit. Set/cleared by<br>software to specify<br>falling edge/low level<br>triggered external<br>interrupts. |
| TF0    | TCON.5   | Timer 0 overflow Flag.<br>Set by hardware on timer/<br>counter overflow.<br>Cleared when interrupt<br>processed. | IE0    | TCON.1   | Interrupt 0 Edge flag.<br>Set by hardware when<br>external interrupt edge<br>detected. Cleared when<br>interrupt processed.           |
| TR0    | TCON.4   | Timer 0 Run control bit.<br>Set/cleared by software to<br>turn timer/counter<br>on/off.                          | IT0    | TCON.0   | Interrupt 0 Type control<br>bit. Set/cleared by<br>software to specify<br>falling edge/low level<br>triggered external<br>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                     |
|----------|---------|------------------------------|
| 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<br>ללא סימן       | 1 byte  | 0 to 255                                |
| int           | Integer                            | מספר שלם                  | 2 bytes | -32768 to 32767                         |
| unsigned int  | Unsigned integer                   | מספר שלם<br>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<br>ללא סימן | 4 bytes | 0 to 4294967295                         |
| float         | Floating point number              | מספר ממשי                 | 4 bytes | +/- 1.175494E-38 to<br>+/- 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 &gt; 0)     P1=4; else if (d &lt; 0)     P1=2; else     P1=1;                     </pre> |

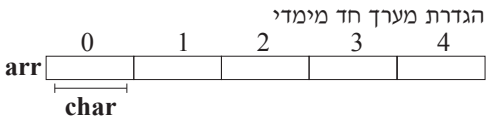
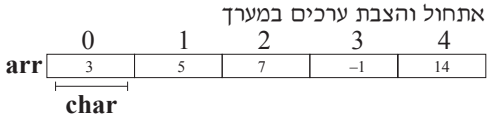
הצהרה – statement ; תנאי – condition

### 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>  |

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

Arrays (מערכים)

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

לשאלון 711921, אביב תשע"ח

| תרגום המונח                 |                              |                              | המונח             |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| אנגלית                      | רוסית                        | ערבית                        |                   |
| input signal                | Входной сигнал               | إشارة دخل                    | אות-מבוא          |
| output signal               | Выходной сигнал              | إشارة خرج                    | אות-מוצא          |
| controller                  | Контроллер                   | مُتحكَّم                     | בקר               |
| crystal                     | Кристалл                     | بلّور / كريستال              | גביש              |
| interrupt pin               | Ножка прерывания             | طرفيّة المُقاطعة             | הדק פסיקה         |
| external memory             | Внешняя память               | الذاكرة الخارجيّة            | זיכרון חיצוני     |
| internal memory             | Внутренняя память            | الذاكرة الداخليّة            | זיכרון פנימי      |
| sensor                      | Датчик                       | مُستشعر                      | חיישן             |
| stable                      | Стабильная                   | توازُن                       | יציבה             |
| resolution                  | Резолюция                    | دَقّة التبيين                | כושר הבחנה        |
| step unit                   | Единичный ступенчатый сигнал | درجة وحدة                    | מדרגת יחידה       |
| microcontroller             | Микроконтроллер              | مُتحكَّم دقيق                | מיקרו־בקר         |
| analog to digital converter | Преобразователь A/D          | مُعير A/D                    | ממיר A/D          |
| control system              | Система контроля             | نظام تحكَّم                  | מערכת בקרה        |
| switch                      | Выключатель                  | مفتاح                        | מפסק              |
| unit feedback               | Единичная обратная связь     | تغذية مرتدّة (راجعة) أحاديّة | משוב יחידה        |
| transmission function       | Передаточная функция         | دالّة الإرسال                | פונקציית תמסורת   |
| steady state error          | Ошибка в устоявшемся режиме  | خطأ في حالة الاستقرار        | שגיאה במצב המתמיד |
| system output               | Выходные данные системы      | إنتاج النظام                 | תגובת המערכת      |
| subroutine                  | Подпрограмма                 | روتין فرعيّ                  | תת־שגרה           |