פרק 6
הגדרת משתנים ופקודת העתקה

ברק גונן

הקדמה

- נלמד את הפקודות הבסיסיות של אסמבלי בחלקים:
  - הגדרת משתנים ופקודת העתקה (מצגת 6)
  - פקודות אריתמטיות, לוגיות, הזזה (מצגת 7)
  - פקודות השוואה, קפיצה ולולאות (מצגת 8)
- לאחר מכן נוכל לכתוב תוכניות שכוללות אלגוריתמים
  - מציאת האיבר הגדול ברשימה
  - מיון איברים ברשימה
  - חישוב ערכי איברים בסדרה
  - וכו'

הגדרת משתנים

- למה צריך להגדיר משתנים?
- הריצו את הפקודה הבאה:

```
mov al, [ds:1h]
```

  - עקבו אחרי הזיכרון ב-DATASEG
    - תזכורת: CTRL+G ואז לרשום ds:0
  - עקבו אחרי al
- הבעיה: אם התוכנית מלאה הצבות זיכרון כאלה, יהיה קשה לדבג אותה

פניה לזיכרון

- האסמבלר מאפשר לנו לתת למיקומים בזיכרון שמות משמעותיים
  - משתנים - Variables
- לדוגמה אם הכתובת ds:1 תיקרא age, ניתן יהיה לכתוב את הקוד שלנו

```
mov  al,[age]
```

- סוגריים מרובעים- הערך שנמצא במיקום בזיכרון
  - במקרה זה age=ds:1h
  - [age] שווה לערך שנמצא בזיכרון במיקום ds:1h

הגדרת משתנים

- נעשית בתוך סגמנט ה- DATA
- Ds מצביע על סגמנט ה-DATA (בתנאי שדאגנו לזה...)

```
DATASEG
age             db    ?
day             db    ?
month           db    ?
```

שם המשתנה גודל ערך התחלתי

הגדרת משתנים בגדלים שונים

- משתנה בגודל בית- DB- Define Byte
- משתנה בגודל מילה- DW- Define Word
- משתנה בגודל מילה כפולה - DD- Define Double

```
DATASEG:
ByteVar         db    ?       ; allocate byte
WordVar         dw    ?       ; allocate word
DoubleWordVar   dd    ?       ; allocate double word
```

תרגול

```
CODESEG
start:
        mov   ax, @data
        mov   ds, ax
        mov   [var], 5
quit:
        mov   ax, 4c00h
        int   21h
END start
```

- הגדירו משתנה בשם var, בגודל byte
- הקוד הבא מעתיק לתוך var את הערך 5.

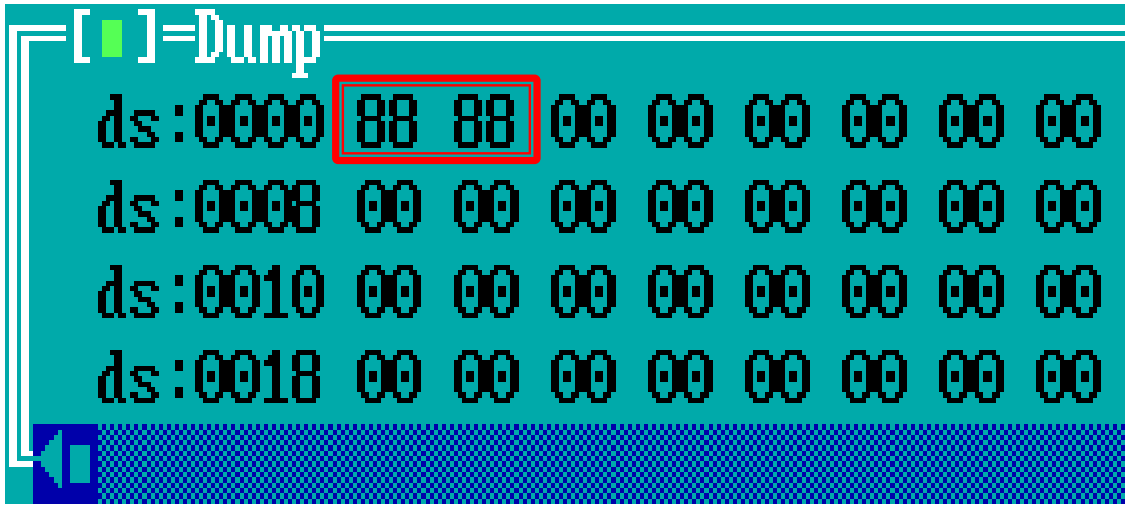
  העתיקו והריצו.
  - בידקו ש-var מקבל 5.
  - הכניסו את השורה המודגשת להערה והריצו שוב. מה קרה?

ערכים signed ו-unsigned

```
DATASEG:
Var1  db    ?
Var2  db    ?

CODESEG
mov   al, -120
mov   [Var1], al
mov   al, 136
mov   [Var2], al
```

- באסמבלי אין משתנים signed ו-unsigned
- סוג המשתנה נקבע לפי הפרשנות שאנחנו מעניקים לערך שלו.
- לדוגמה:



הסבירו- מדוע התוצאה נכונה?

ערכים signed ו-unsigned

- האם העובדה שלשני ערכים שונים יש את אותו הייצוג בזיכרון, אינה גורמת לשגיאות חישוב?
- הוסיפו לערכים בדוגמה האחרונה את הערך 120+ ובידקו את התוצאות.

$$\begin{array}{r} 136 \\ +\ 120 \\ \hline ??? \end{array} \qquad \begin{array}{r} -120 \\ +\ 120 \\ \hline ??? \end{array}$$

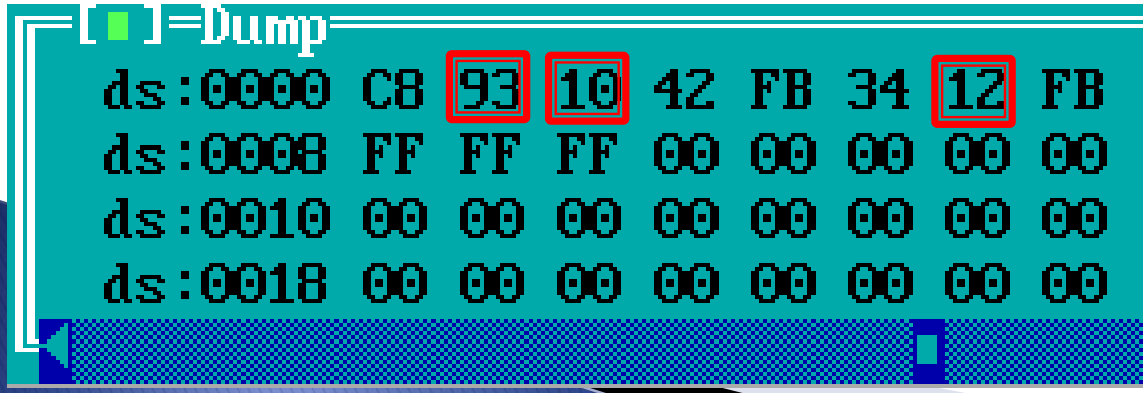
קביעת ערך ראשוני למשתנים

```
DATASEG:
ByteVarName1          db    200
ByteVarName2          db    10010011b
ByteVarName3          db    10h
ByteVarName4          db    'B'
ByteVarName5          db    -5
WordVarName           dw    1234h
DoubleWordVarName     dd    -5
```

העתיקו את המשתנים ל-DATASEG ובידקו את תמונת הזיכרון.
מהם הערכים בכתובות ds:1? ds:2 ? ds:6?

קביעת ערך ראשוני למשתנים

```
DATASEG:
ByteVarName1          db      200             ; store the value 200 (C8h)
ByteVarName2          db      10010011b       ; store the bits 10010011
                                              ; (93h)
ByteVarName3          db      10h             ; store the value 16 (10h)
ByteVarName4          db      'B'             ; store the ASCII code of
                                              ; the letter B (42h)
ByteVarName5          db      -5              ; store the value -5 (0FBh)
WordVarName           dw      1234h           ; 34h in low address, 12h in
                                              ; high address
DoubleWordVarName     dd      -5              ; store -5 as 32 bit format
                                              ; (0FFFFFFFBh)
```

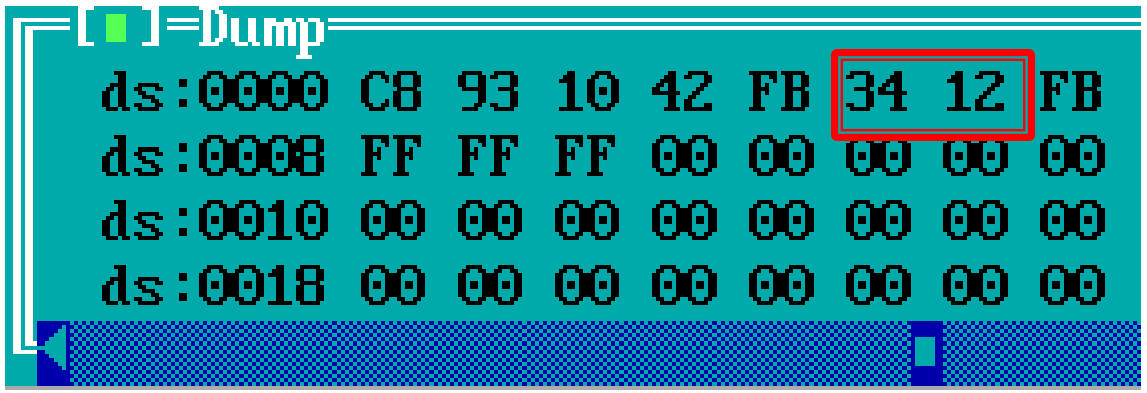


Little Endian, Big Endian

- כאשר הגדרנו את המשתנה:

```
WordVarName     dw   1234h
```

ראינו שהוא נשמר בזיכרון בצורה "הפוכה". מדוע? ומה הקשר לביצים?

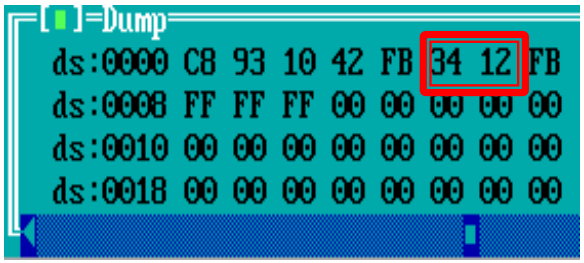


Little Endian, Big Endian

- שמירת מידע בזיכרון יכולה להיות באחת משתי שיטות:
  - Big Endian- הבית ה-High Order נשמר בכתובת הנמוכה יותר בזיכרון
  - Little Endian- הבית ה-High Order נשמר בכתובת הגבוהה יותר בזיכרון
- הכלל תקף לגבי כל משתנה או רגיסטר שגודלו יותר מבית אחד
- מעבד ה-8086 פועל בשיטת Little Endian

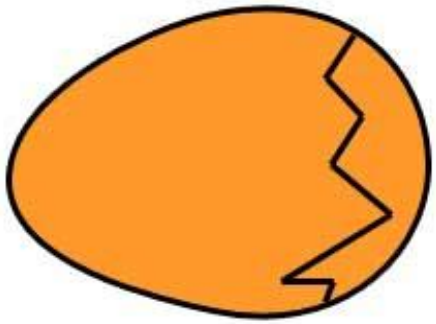
8 ביטים תחתונים | 8 ביטים עליונים

1234 h

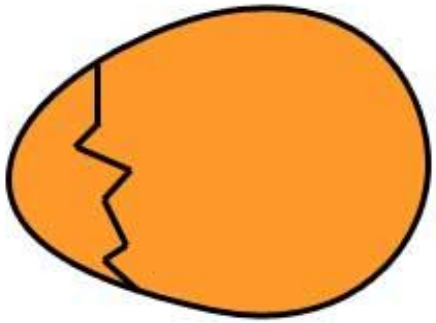


Little Endian, Big Endian

- המקור לביטוי הוא מהספר "מסעות גוליבר"



BIG ENDIAN - The way people always broke their eggs in the Lilliput land



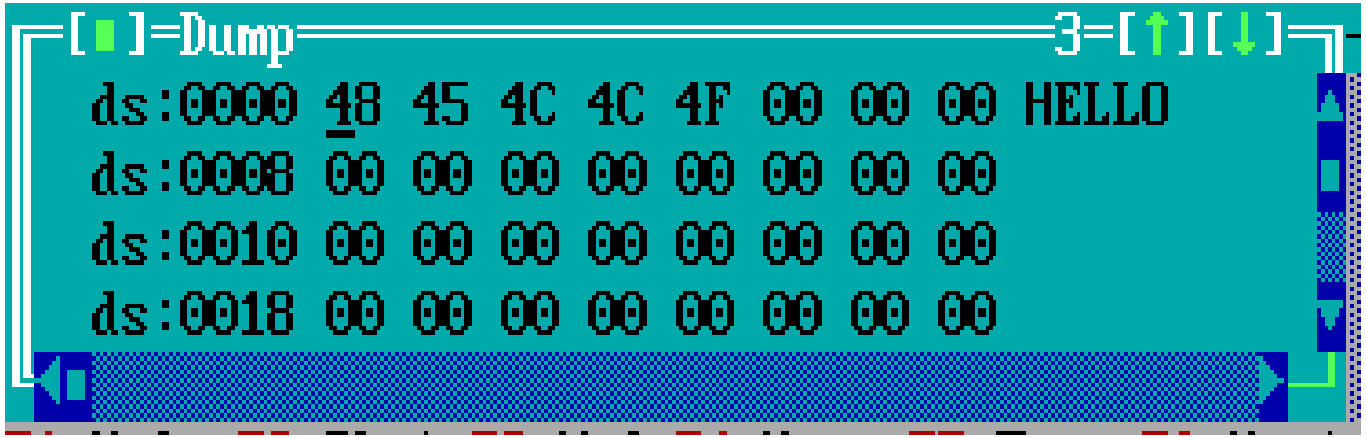
LITTLE ENDIAN - The way the king then ordered the people to break their eggs

Little Endian- תרגיל

- מוגדרים בזיכרון הנתונים DATASEG ארבעה משתנים:
  - משתנה בגודל בית, שערכו ההתחלתי 1
  - משתנה בגודל מילה, שערכו ההתחלתי 1
  - משתנה בגודל בית, שערכו ההתחלתי 2-
  - משתנה בגודל מילה, שערכו ההתחלתי 2-
- כיצד ייראה הזיכרון? כיתבו במחברת / מחשב את ההשערה שלכם
- כיתבו תוכנית מתאימה ובידקו האם צדקתם ☺

הגדרת מחרוזת - String

```
ByteVarName    db    'HELLO'
```



הגדרת מערך - Array

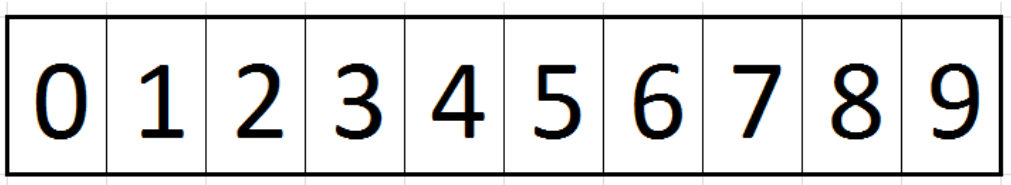
- מערך: אוסף של איברים בגודל זהה
  - מחרוזת: מקרה פרטי של מערך (האיברים הם תווים)
- הגדרת מערך בזיכרון:

ArrayName SizeOfElement N dup (?)

שם המערך — גודל כל איבר — כמות האיברים — ערך התחלתי

איברים במערך

- לכל איבר במערך יש אינדקס
  - האיבר הראשון במערך הוא באינדקס 0
  - האיבר השני במערך הוא באינדקס 1 וכו'



הגדרת מערך - Array

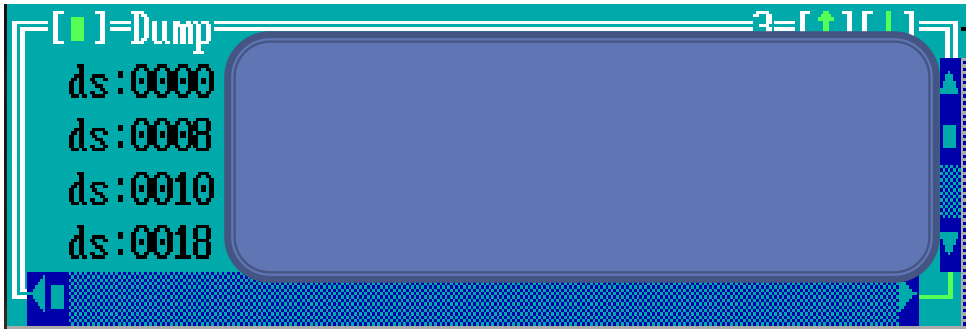
- למערך יש כתובת התחלה
- כתובת תחילת המערך היא הכתובת של האיבר הראשון
- כתובת האיבר באינדקס N:

ElementAddress = ArrayBaseAddress + N * ElementSize

- נתון מערך של מילים words. המערך מתחיל בכתובת ds:000Eh. מה הכתובת של האיבר באינדקס 2?

אתחול מערכים

```
ArrayOfTenFives          db    10 dup (5)
```



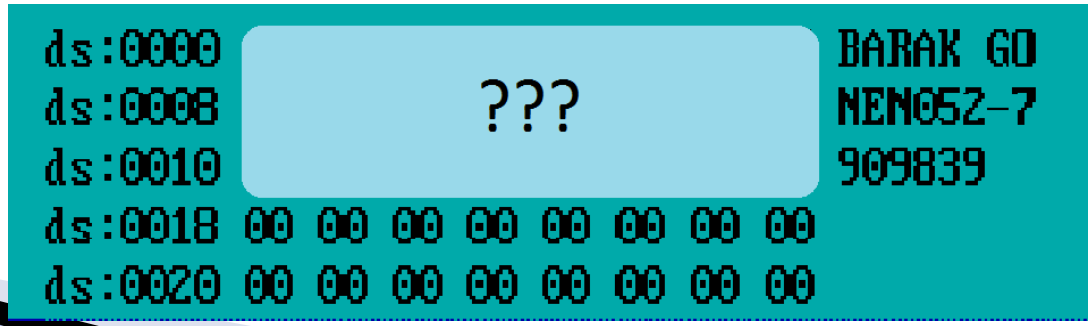

```
ArrayOf1234              db    8 dup (1,2,3,4)
```

תרגילים- הגדרת מערכים

- הגדירו ב־ DATASEGמערכים בגדלים שונים: 3 ,5 ו־7 בתים
- הגדירו מערך של 10 בתים שמאותחלים לערך '5'. הגדירו מערך של 10 מילים שמאותחלות לערך '5'. השוו את תמונת הזיכרון בשני המקרים!
- הגדירו מערך ששומר 20 פעמים את הרצף 4,5,6, כל משתנה בגודל בית.
- הגדירו מערך בגודל word, ובו 10 איברים, שמאותחלים לערך 5.
  - מהו הערך בבית השלישי של המערך?

שיעורי בית

- צרו תוכנית, שמגדירה בתוך DATASEG מערך של בתים, שגודלו מספיק על מנת לשמור את השם שלכם. הגדרת המערך לא תכלול ערכים.
- מיד לאחר הגדרת המערך, הגדירו מחרוזת של בתים. הגדרת המחרוזת תכלול את מספר הטלפון שלכם.
- בתוך CODESEG כיתבו קוד שמעתיק לתוך המערך את השם שלכם, אות אחרי אות
  - הדרכה לפעולת הכתיבה למערך תמצאו בספר הלימוד בעמודים 106-107



כעת, נלמד איך להעתיק...

פקודת העתקה mov

- mov- קיצור של move
- הפקודה מקבלת שני אופרנדים (operands)- מקור ויעד

```
mov     destination, source
```

- יוצרת העתק של source בתוך destination
- איננה משנה את source

mov- דוגמאות

```
mov     ax, 22              ; decimal
mov     ax, 16h             ; hexdecimal
mov     ax, 00010110b       ; binary
```

- אפשר להעתיק לרגיסטר ערך בבסיסי ספירה שונים
  - מספר דצימלי כשנוח לנו (לדוגמה כמות פעמים לחזרה על לולאה)
  - מספר הקסדצימלי כשמעבירים כתובת בזיכרון
  - מספר בינארי כשמבצעים פעולות על ביטים

mov- דוגמאות ב'

- mov מקבל כאופרנד את כל הרגיסטרים הכלליים

```
mov     bx, 199
mov     cx, 2321
mov     dx, 10
```

- mov אינו מקבל באותו אופן רגיסטרים אחרים

```
mov     cs, 100h
mov     ip, 10h
```

```
Illegal use of segment register
```

```
Undefined symbol: IP
```

mov- דוגמאות ג'

- העתקה מרגיסטר לרגיסטר

```
mov     ax, cx
mov     ax, dx
mov     ax, ax          ; legal, still does not change anything

mov     ds, ax          ; the correct method of changing
                        ; segment registers
```

דרכים חוקיות להעתקה

- דרכי רישום חוקיות:

```
mov   register, register
mov   register, constant
mov   register, memory
mov   memory, register
mov   memory, constant
```

- דרך רישום לא חוקית:
  (חישבו- מדוע?)

```
mov   memory, memory
```

העתקה מרגיסטר לרגיסטר

```
mov     register, register

mov     ax, bx          ; 16 bit registers
mov     cl, dh          ; 8 bit registers
mov     si, bp          ; The mov instruction works
                        ; with ALL general purpose
                        ; registers


mov     ax, bl          ; what will happen?
```

```
Assembling file:   base.asm
**Error** base.asm(10) Operand types do not match
```

תרגילים- העתקה מרגיסטר לרגיסטר

- העתיקו את ax לתוך bx.
- העתיקו את bx לתוך ax.
- העתיקו את ah לתוך ch.
- העתיקו את al לתוך dl.

העתקה של קבוע לרגיסטר

```
mov     register, constant

mov     cl, 10h
mov     ah, 10          ; Note the difference from last command!
                        ; 10 decimal, not 10h (=16)
mov     ax, 555
```

- האם הפקודה הבאה חוקית?

```
mov   ah, 300
```

העתקה של קבוע לרגיסטר- תרגילים

- העתיקו לתוך al את הערך 100 (דצימלי), בשלוש שיטות ספירה: בייצוג העשרוני שלו, בייצוג הקסדצימלי ובייצוג הבינארי.
  - הערה: ייצוג בינארי מסתיים באות b, לדוגמה 00001111b.
  - הריצו את התוכנית ב- TDובידקו ש-al מקבל את הערכים הרצויים.

העתקה של רגיסטר לזיכרון

```
mov     memory, register

mov     [1], ax         ; Direct addressing
mov     [Var], ax       ; Another form of direct addressing,
                        ; using a variable
mov     [bx], ax        ; Indirect addressing
mov     [bx+1], ax      ; Indexed addressing
```

<u>הסבר על Indirect Addressing:</u>

הפקודה:

```
mov     [1], ax
```

שקולה לפקודות:

```
mov     bx, 1
mov     [bx], ax
```

תרגיל- העתקה של קבוע לזיכרון

- מה עושה התוכנית הבאה?
  - העתיקו, הריצו ועיקבו אחרי DATASEG

```
IDEAL
MODEL small
Stack 100h
DATASEG
        Var     db 0
CODESEG
start:
        mov     ax,@data
        mov     ds, ax
        mov     al, 10h
        mov     bx, 2
        mov     [Var], al
        mov     [1], al
        mov     [bx], al
        mov     [bx+1], al
quit:
        mov     ax, 4C00h
        int     21h
End     start
```

העתקה של תא בזיכרון אל רגיסטר

```
mov     register, memory

mov     ax, [1]         ; Direct addressing
mov     ax, [Var]       ; Another form of direct addressing,
                        ; using a variable
mov     ax, [bx]        ; Indirect addressing
mov     ax, [bx+1]      ; Indexed addressing
```

תרגיל: העתקה מהזיכרון לרגיסטר

```
mov     [Var], al
mov     [1], al
mov     [bx], al
mov     [bx+1], al
; -----1-----
mov     al, 0
mov     al, [var]
;-----2-----
mov     al, 0
mov     al, [1]
;-----3-----
mov     al, 0
mov     al, [bx]
;-----4-----
mov     al, 0
mov     al, [bx+1]
```

- כהמשך לתרגיל הקודם, הוסיפו את שורות הקוד הבאות, הריצו ובידקו מהו הערך ש-al מקבל בסיום כל קטע 1,2,3,4

העתקה של קבוע לזיכרון

```
mov     memory, constant

mov     [1], 5
mov     [bx], 5
```

למעשה צורת הכתיבה הנכונה היא

```
mov     [byte ptr 1], 5
mov     [byte ptr bx], 5
```

או:

```
mov     [word ptr 1], 5
mov     [word ptr bx], 5
```

הסבר- בהמשך.

רגיסטרים חוקיים לגישה לזיכרון

- BX
- SI
- DI
- BP (למחסנית)
- SP (למחסנית)

- AX
- CX
- DX
- רגיסטרים ייעודיים
- רגיסטרי סגמנט

mov [bx], ax

mov [cx], ax

```
Assembling file:   base.asm
**Error** base.asm(11) Illegal indexing mode
```

כללים לגישה לכתובת בזיכרון

- נשתמש ב-bx לשמירת הכתובת

```
mov     ax, [bx]
mov     [bx], ax
```

- אם נרצה היסט קבוע, ניתן להוסיף קבוע ל-bx

```
mov     ax, [bx+2]
mov     [bx+2], ax
```

- אם נרצה היסט משתנה, נוסיף ל-bx את si או di
  - אך לא את שניהם יחד- לא חוקי

```
mov     ax, [bx+si]
mov     ax, [bx+di]
mov     [bx+si], ax
mov     [bx+di], ax
```

סיכום- טעויות של מתחילים

- גדלי המקור והיעד אינם זהים
- העתקת קבוע לתוך רגיסטר סגמנט
- העתקה מזיכרון לזיכרון
- גישה לזיכרון בעזרת רגיסטר לא מתאים
- העתקת מידע בגודל נתון לפרשנות
- נסיון להעתיק מידע לתוך קבוע

```
mov     al, bx
mov     ds, 1234h
mov     [var1], [var2]
mov     [ax], cx
mov     [bx], 5
mov     5, ax
```

חוקי או לא חוקי?

12 שאלות על syntax (חוקי כתיבה)

חוקי או לא חוקי?

1 mov ax, 0Bh

חוקי או לא חוקי?

2 mov 0Bh, ax

חוקי או לא חוקי?

3 mov [ax], 10h

חוקי או לא חוקי?

4 mov ax, [bx]

חוקי או לא חוקי?

5 mov [bx], [bx]

חוקי או לא חוקי?

6 mov cx, si

חוקי או לא חוקי?

7 mov cx, [si]

חוקי או לא חוקי?

8 mov [cx], si

חוקי או לא חוקי?

9 mov [bx+si], cx

חוקי או לא חוקי?

10 mov ax, [bx+dx]

חוקי או לא חוקי?

11 mov [bx+di+2], dx

חוקי או לא חוקי?

12 mov [bx+si+di], ax

שיעורי בית

- הריצו את הפקודות במחשב. צרו טבלה עם העמודות הבאות:
  - הפקודה
  - הודעת השגיאה (אם יש)
  - הפקודה לאחר שינוי- בצעו שינוי כלשהו בפקודה, שיהפוך אותה לבעלת syntax חוקי

```
1.  mov     ax, 0Bh
2.  mov     0Bh, ax
3.  mov     [ax], 10h
4.  mov     ax, [bx]
5.  mov     [bx], [bx]
6.  mov     cx, si
7.  mov     cx, [si]
8.  mov     [cx], si
9.  mov     [bx+si], cx
10. mov     ax, [bx+dx]
11. mov     [bx+di+2], dx
12. mov     [bx+si+di], ax
```

תרגום אופרנד לכתובת בזיכרון

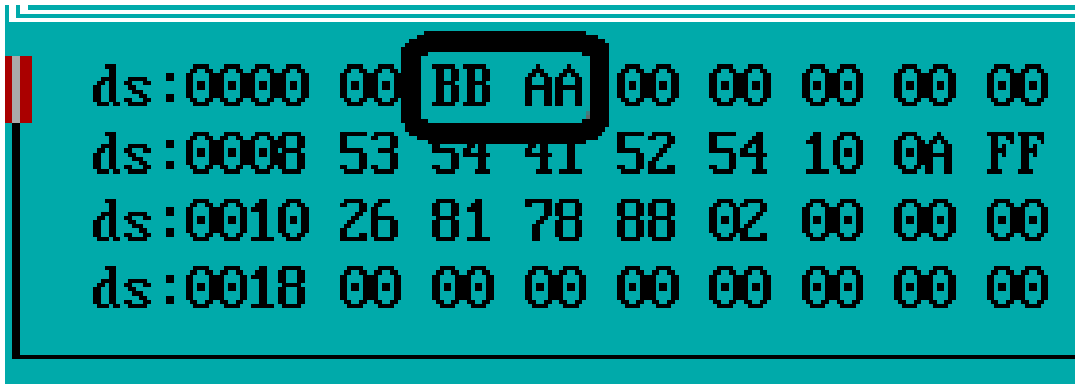
- שאלה: איך האסמבלר ממיר את האופרנדים הבאים (בגודל 16 ביט) לכתובות בזיכרון (בגודל 20 ביט)?

```
mov   [1], ax
mov   [Var], ax
mov   [bx], ax
```

- תשובה:
  - האופרנדים מייצגים אופסט בלבד
  - האסמבלר מניח שאנחנו מתייחסים לסגמנט ds
  - כלומר [1] הוא למעשה [ds:1]

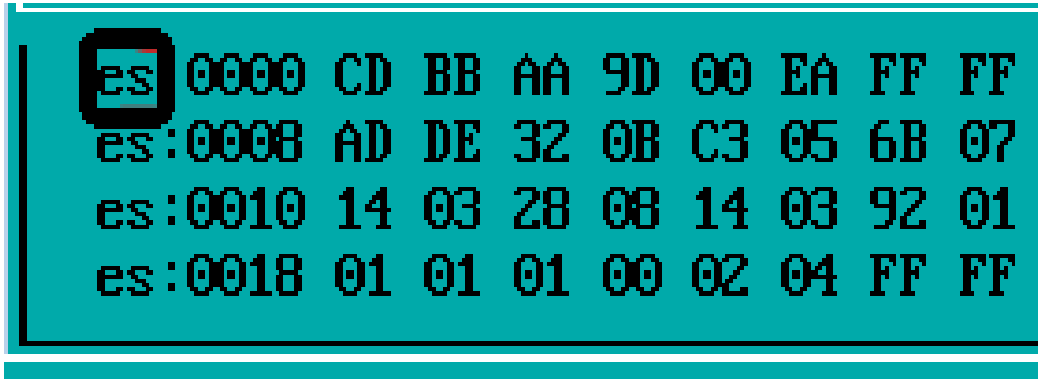
תרגום אופרנד לכתובת בזיכרון- דוגמה

```
mov     ax, 0AABBh
mov     [1], ax
```



תרגום אופרנד לזיכרון- דוגמה ב'

```
mov     [es:1], ax
```



העתקה ממערכים ואל מערכים

```
DATASEG:
Array   db      0AAh, 0BBh, 0CCh, 0DDh, 0EEh, 0FFh
```

- העתקת האיבר באינדקס 2 לתוך al:

```
mov             al, [Array+2]
```

- האסמבלר יתרגם את Array+2 מכתובת יחסית לכתובת קבועה

```
#base#10:  mov al, [Array+2]
  cs:0005 A00200          mov    al,[0002]
```

פקודת offset

- דרך נפוצה לטיפול במערכים היא להעתיק ל-bx את כתובת תחילת המערך:

```
mov         bx, offset Array
```

- העתקת האיבר באינדקס 2 לתוך al:

```
mov         al, [bx+2]
```

פקודת LEA

- LEA: Load Effective Address
  - כמו פקודת offset
  - התרגום הוא לאותו קוד מכונה

```
#base#10:  mov bx, offset Array
  cs:0005 BB0000          mov    bx,0000
#base#11:  lea bx, [Array]
  cs:0008 BB0000          mov    bx,0000
```

byte ptr / word ptr ההנחיה

- מה הבעיה בקוד הבא?

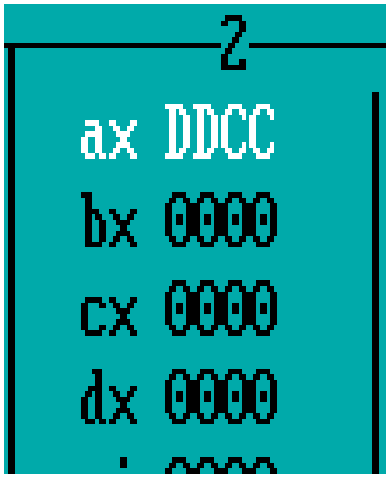
```
DATASEG
Array   db      0AAh, 0BBh, 0CCh, 0DDh, 0EEh
CODESEG
...
mov             ax, [Array+2]
```

```
Assembling file:   base.asm
**Error** base.asm(10) Operand types do not match
```

המשך - byte ptr / word ptr

```
DATASEG
Array   db      0AAh, 0BBh, 0CCh, 0DDh, 0EEh
CODESEG
…
mov             ax, [word ptr Array+2]
```

- צריך להודיע לאסמבלר לבצע העתקה של שני בתים



- תרגול- נסו זאת!

byte ptr / word ptr - המשך

- מה הבעיה בפקודה הבאה?

```
mov    [bx], 5
```

```
*Warning* basebg.asm(28) Argument needs type override
```

- ניתן להשתמש בזיכרון בגדלים שונים כדי לשמור את הערך 5
- באיזה גודל זיכרון להשתמש?
- צריך לתת הנחיה בעלת פרשנות אחת

```
mov    [byte ptr bx], 5
mov    [word ptr bx], 5
```

- תרגול- נסו את שתי השיטות והשוו את התוצאות

אתגר- שינוי קוד תוך כדי ריצה

- ניצור תוכנית שהקוד שלה משתנה תוך כדי ריצה!
- נניח שאנחנו פונים למקום בזיכרון [1], לדוגמה:

```
mov [1], al
```

- איך האסמבלר יודע לתרגם את [1] לכתובת מלאה בגודל 20 ביטים?

- למעשה הפקודה האחרונה זהה לפקודה הבאה:

```
mov [ds:1], al
```

אתגר- שינוי קוד תוך כדי ריצה

- מה יקרה אם נכתוב:

```
mov [cs:1], al
```

- מה יקרה אם נכניס לסגמנט הקוד ערכים שמייצגים opcodes אמיתיים בשפת מכונה?

תרגיל

- נתון קטע קוד:
- גירמו לכך שבסיום ריצת הקוד ax=3 ולא 4.
- גירמו לכך שבסיום ריצת הקוד ax=bx=3.
- מגבלות:
  - אין להוסיף שורות בתוך קטע הקוד, רק לפניו ואחריו.
  - מותר להשתמש רק בפקודות mov. אסורות קפיצות תוויות וכו'.
  - בקידוד אסור לפנות ישירות ל-ax, bx או ah, al, bh, bl.

...בהצלחה!

סיכום הפרק

- למדנו להגדיר בזיכרון ה-DATA משתנים בגדלים שונים
  - למדנו לאתחל אותם
  - למדנו ליצור מחרוזות
  - למדנו להגדיר מערכים
- למדנו כיצד לבצע העתקה מ/אל רגיסטרים ומ/אל הזיכרון
  - התמקדנו בצורות חוקיות ולא חוקיות של גישה לזיכרון
- למדנו כיצד ניגשים לזיכרון שהוא חלק ממערך
- למדנו אודות big endian / little endian