פרק 7
פקודות אריתמטיות, לוגיות והזזה

ברק גונן

תוכן הפרק

- פקודות אריתמטיות
  - ADD, INC
  - SUB, DEC
  - MUL
  - DIV
- פקודות לוגיות
  - AND
  - OR
  - XOR
  - NOT
- פקודות הזזה
  - SHL
  - SHR

פקודת ADD

- מחברת את אופרנד המקור עם אופרנד היעד
- התוצאה נשמרת באופרנד היעד

תוצאה	דוגמה	הפקודה
ax = ax + bx	add ax, bx	**add register, register**
ax = ax + var1	add ax, var1	**add register, memory**
ax = ax + 2	add ax, 2	**add register, constant**
var1 = var1 + ax	add var1, ax	**add memory, register**
var1 = var1 + 2	add var1, 2	**add memory, constant**

תרגילים- ADD

- צרו מערך בן 4 בתים. בתחילת התוכנית הזינו לתוכו ארבעה ערכים- הזינו ערכים קטנים (פחות מ-50). חשבו את סכום האיברים במערך לתוך רגיסטר כלשהו.
  - כעת שימרו במערך ערכים שכולם גדולים מ-100. האם התוכנית עובדת? מה צריך לשנות בה?
- הגדירו משתנים: var1, var2 בגודל בית ומשתנה sum. שימרו את סכום var1, var2 בתוך sum.

פקודת SUB

- קיצור של Subtract
- מחסרת את אופרנד המקור מאופרנד היעד

תוצאה	דוגמה	הפקודה
ax = ax - bx	sub ax, bx	**sub register, register**
ax = ax - var1	sub ax, var1	**sub register, memory**
ax = ax - 2	sub ax, 2	**sub register, constant**
var1 = var1 - ax	sub var1, ax	**sub memory, register**
var1 = var1 - 2	sub var1, 2	**sub memory, constant**

תרגיל- SUB

- צרו שלושה מערכים בני 4 בתים. אתחלו את שני המערכים הראשונים עם ערכים כלשהם. הכניסו לתוך המערך השלישי את החיסור של שני המערכים הראשונים (לדוגמה המערך הראשון 9,8,7,6 המערך השני 6,7,8,9. חיסור המערכים הוא 3-,1-,1,3)

פקודות INC, DEC

- בעקבות הנפוצות של פעולות הוספת / חיסור 1, הוגדרו פקודות מיוחדות
  - INC- קיצור של Increase
  - DEC- קיצור של Decrease

תוצאה	דוגמה	הפקודה
ax = ax + 1	inc ax	**inc register**
var1 = var1 + 1	inc var1	**inc memory**
ax = ax - 1	dec ax	**dec register**
var1 = var1 - 1	dec var1	**dec memory**

פקודת MUL

- MUL- קיצור של Multiply
- כאשר מבצעים כפל בין שני אופרנדים, שמירת התוצאה עשויה לדרוש כמות ביטים גדולה יותר
  - כפל של אופרנדים בגודל 8 ביט -> 16 ביטים
  - כפל של אופרנדים בגודל 16 ביט-> 32 ביטים

תוצאה	דוגמה	הפקודה
ax = al * bl	mul bl	**mul register (8 bit)**
dx:ax = ax * bx	mul bx	**mul register (16 bit)**
ax = al * ByteVar	mul ByteVar	**mul memory (8 bit)**
dx:ax = ax * WordVar	mul WordVar	**mul memory (16 bit)**

כפל אופרנדים בגודל 8 ביט

- האסמבלר ישמור את התוצאה ב-ax
- דוגמה:
  - al=0ABh
  - bl=10h
  - ax=al*bl=0AB0h
    - ah=0Ah
    - al=0B0h

כפל אופרנדים בגודל 16 ביט

- האסמבלר ישמור את התוצאה ב-dx:ax
- דוגמה:
  - ax=0AB0h
  - bx=1010h
  - dx:ax=ax*bx=0ABAB00h
    - dx=0ABh
    - ax=0AB00h

בעיית חשיבה

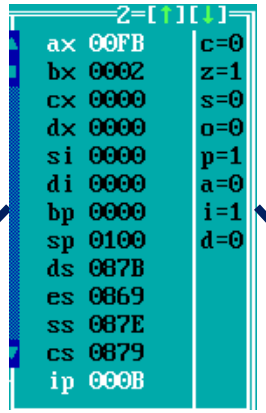
- כמה זה 11111011b כפול 00000010b?
- בשיטת המשלים ל-2:
  - 11111011 שווה 251 או 5-
  - 00000010 שווה 2
  - 00000010 אינו שווה 254-
    - מחוץ לתחום המוגדר ע"י 8 ביט signed
- אז מה התוצאה?

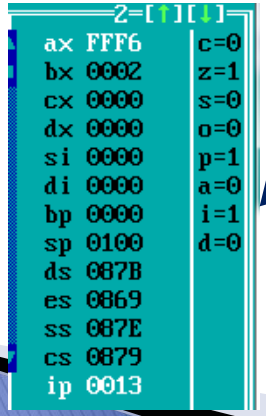
signed, unsigned כפל

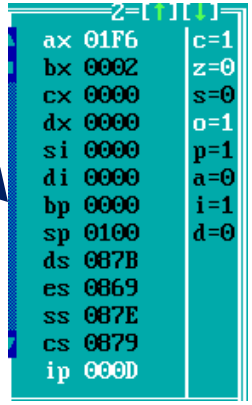
- אנו חייבים להודיע לאסמבלר האם להתייחס לערכים כ- signed או unsigned
  - פקודת MUL- unsigned
  - פקודת IMUL- signed

```
mov     bl, 00000010b
mov     al, 11111011b
imul    bl  ; -10
```

```
mov     bl, 00000010b
mov     al, 11111011b
mul     bl  ; 502
```







תרגיל - כפל

- הגדירו שני מערכים, בכל מערך 4 ערכים מסוג בית, signed. שימו בהם ערכים התחלתיים. בצעו כפל של המערכים והכניסו את התוצאה לתוך sum.
  - לטובת הפשטות, הניחו שהתוצאה נכנסת ב-word
  - הדרכה: אם שמות המערכים הם a ו- b, אז

sum = a[0]*b[0]+a[1]*b[1]+…

פקודת DIV

- קיצור של Divide
- כאשר מבצעים חילוק באופרנדים, יש צורך לשמור הן את המנה והן את השארית
  - אופרנדים של 8 ביט: המנה ב-al, השארית ב-ah
  - אופרנדים של 16 ביט: המנה ב-ax, השארית ב-dx

תוצאה	דוגמה	הפקודה
al = ax div bl ah = ax mod bl	div bl	**div register (8 bit)**
ax = dx:ax div bx dx = dx:ax mod bx	div bx	**div register (16 bit)**
al = ax div ByteVar ah = ax mod ByteVar	div ByteVar	**div memory (8 bit)**
ax = dx:ax div WordVar dx = dx:ax mod WordVar	div WordVar	**div memory (16 bit)**

פקודת DIV -שאלה למחשבה

- נניח ax=10h, bx=2h.
- מה תהיה תוצאת הפקודה הבאה?

```
div   bx
```

- התשובה תלויה בערך של dx!
  - לפני חלוקה של 16 ביט יש לוודא שב-dx אין ערך אקראי
  - לפני חלוקה של 8 ביט יש לוודא שב-ah אין ערך אקראי

תרגיל

```
IDEAL
MODEL  small
STACK  100h
DATASEG
CODESEG
start:
        mov     ax, @data
        mov     ds, ax
        mov     al, 7
        mov     bl, 2
        mov     ah, 0
        div     bl
        mov     ax, 7
        mov     dx, 0
        mov     bx, 2
        div     bx
quit:
        mov     ax, 4c00h
        int     21h
END start
```

- מה יהיו ערכי הרגיסטרים בזמן ריצת התוכנית, לאחר הרצת הפקודות המודגשות?

חילוק signed / unsigned

- פקודת div משמשת לחילוק מספרים unsigned
- פקודת idiv משמשת לחילוק מספרים signed

פקודת NEG

- קיצור של Negative
- מציאת המשלים ל-2 של האופרנד

תוצאה	דוגמה		הפקודה	
al = 0 - al	neg	al	**neg**	**register (8 bit)**
ax = 0 - ax	neg	ax	**neg**	**register (16 bit)**
ByteVar = 0 - ByteVar	neg	ByteVar	**neg**	**memory (8 bit)**
WordVar = 0 - WordVar	neg	WordVar	**neg**	**memory (16 bit)**

פקודות לוגיות

- שימושיות כשרוצים לשנות ביטים בודדים
- מתי רוצים לעבוד עם ביטים בודדים?
  - "דחיסה" של מידע
  - הצפנה

00000000 00000001 00000000 00000000 00000001 00000001 00000001 00000000

מידע דחוס: 01110010

מידע מוצפן- כל ביט שני הפוך: 00100111

פקודות לוגיות

- סט הפקודות:
  - AND
  - OR
  - XOR
  - NOT
- להלן צורות הכתיבה החוקיות.

```
and / or/ xor    register, register
and / or/ xor    memory, register
and / or/ xor    register, memory
and / or/ xor    register, constant
and / or/ xor    memory, constant

not              register
not              memory
```

פקודת AND

- מקבלת כקלט שני אופרנדים
- מבצעת את הפעולה על כל ביט בנפרד לפי טבלת האמת

AND	1	0
1	1	0
0	0	0

```
0000 0111 and
1001 0110
-----------
0000 0110
```

פקודת AND- חידות

- איך אפשר לבדוק באמצעות פקודת AND:
  - אם מספר (8 ביט) הוא זוגי?
  - אם מספר (8 ביט) מתחלק ב-4?
  - אם מספר signed (8 ביט) הוא שלילי?
- מסכה (MASK) אוסף של ביטים שמאפשר לנו לבודד ולפעול על ביטים מסויימים
  - מסכה לבדיקה אם מספר הוא זוגי 0000 0001
    - פעולת AND של מספר זוגי עם המסכה תיתן תמיד 0
    - פעולת AND של מספר אי זוגי עם המסכה תיתן תמיד 1

פקודת OR

- מקבלת שני אופרנדים ופועלת על כל ביט לפי טבלת האמת

OR	1	0
1	1	1
0	1	0

- שימושית כשרוצים "להדליק" ביט

```
0100 0111 or
0001 0000
----------
0101 0111
```

פקודת XOR

- מקבלת שני אופרנדים ופועלת על כל ביט לפי טבלת האמת

XOR	1	0
1	0	1
0	1	0

- שקולה לחיבור מודולו 2
- XOR של רצף ביטים עם רצף ביטים זהה תמיד שווה אפס
  - תכונה שימושית להצפנה
  - xor ax, ax ; mov ax, 0

פקודת XOR- ביצוע הצפנה

- ברשותנו מסר שאנו רוצים להצפין
- נגדיר מפתח הצפנה
- המסר המוצפן הוא XOR בין המסר לבין מפתח ההצפנה
- פענוח המסר בעזרת XOR נוסף עם מפתח ההצפנה
  - ללא המפתח אי אפשר לפענח את המסר

מסר: 1001 0011

מפתח: 0101 0100

```
1001 0011 xor
0101 0100
----------
```
מסר מוצפן: 1100 0111

```
1100 0111 xor
0101 0100
----------
```
מסר מפוענח: 1001 0011

תרגיל XOR

- הגדירו מערך בשם msg שהוא אוסף של תווי ASCII. לדוגמה 'I LIKE ASSEMBLY$'.
  - תו ה-$ משמש להדפסת המחרוזת
- הגדירו מפתח הצפנה בן 8 ביטים, לבחירתכם.
- הצפינו את המסר בעזרת מפתח ההצפנה
- פענחו את המסר בעזרת מפתח ההצפנה.
- בידקו ב-DATASEG את המסר לאחר ההצפנה ולאחר הפענוח.
- למעוניינים להדפיס את המסר ואת המסר המוצפן, ניתן להשתמש בקוד הבא.

```
; print msg
mov     dx, offset msg
mov     ah, 9h
int     21h
mov     ah, 2
; new line
mov     dl, 10
int     21h
mov     dl, 13
int     21h
```

```
C:\TASM\BIN\CH6>xor1
?V:?=3V7%%3;4:/
I LIKE ASSEMBLY
C:\TASM\BIN\CH6>
```

פקודת NOT

- פקודת NOT הופכת את כל הביטים באופרנד

NOT	
1	0
0	1

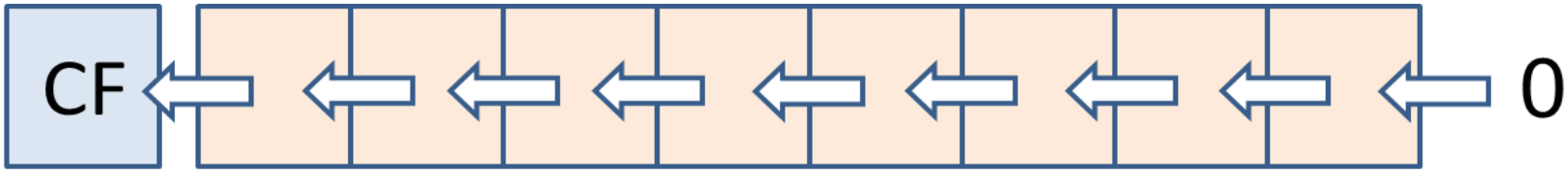
פקודות הזזה

- מקבלות אופרנד ו"מזיזות" את הביטים שלו
  - SHR– Shift Right
  - SHL– Shift Left
- שימושים (נפרט בהמשך):
  - כפל וחילוק
  - תיקון שגיאות והצפנה
  - דחיסה ופריסה של מידע
  - כתיבה לזיכרון הוידאו
- להלן צורות כתיבה חוקיות.

```
shl / shr        register, const
shl / shr        register, cl
shl / shr        memory, const
shl / shr        memory, cl
```

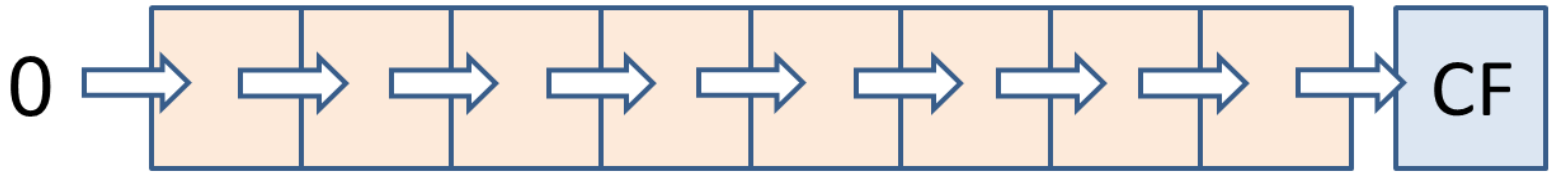
SHL

- מזיזה מקום אחד שמאלה את כל הביטים
- דוחפת 0 לביט הימני
- מעתיקה לדגל הנשא את הביט הימני
- מבצעת את השלבים הנ"ל כמספר הפעמים שהוגדר בפקודה



SHR

- מזיזה מקום אחד ימינה את כל הביטים
- דוחפת 0 לביט השמאלי
- מעתיקה לדגל הנשא את הביט הימני
- מבצעת את השלבים הנ"ל כמספר הפעמים שהוגדר בפקודה



שימוש בפקודות הזזה לכפל וחילוק

- ביצוע בקלות של פעולות כפל וחילוק בחזקות של 2
  - דוגמה: חלוקה ב-2 של המשתנה counter (unsigned בגודל 8 ביטים)

```
mov     al, [counter]
xor     ah,ah
mov     [divider], 2
idiv    [divider]
mov     [counter], al
```

פקודת idiv

```
shr     [counter], 1
```

פקודת shr

תרגילים- פקודות הזזה

- הכניסו ל-al את הערך 3. בעזרת פקודות הזזה, כיפלו את al ב-4.
- הכניסו ל-al את הערך 120 (דצימלי). בעזרת פקודות הזזה, חלקו את al ב-8.
- הכניסו ל-al את הערך 10 (דצימלי). בעזרת פקודות הזזה וחיבור, כיפלו את al ב-20.
  - הדרכה: התייחסו ל-20 בתור סכום של 16 ו-4. השתמשו ברגיסטרים נוספים כדי לשמור חישובי ביניים.

שימוש בפקודות הזזה בתיקון שגיאות ובהצפנה

- נושאים ללימוד עצמי:
  - הצפנת LFSR
    - http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_feedback_shift_register
  - קוד קונבולוציה לתיקון שגיאות
    - http://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_code

סיכום

- בפרק זה למדנו מגוון פקודות:
  - פקודות אריתמטיות
  - פקודות לוגיות
  - פקודות הזזה
- סקרנו שימושים שונים של הפקודות
- עדיין חסרה לנו יכולת לכתוב אלגוריתמים ותנאים
  - בפרק הבא