

### הרצאה 3

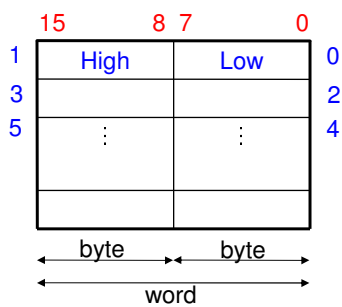
## מבנה הפקודה, מחזור הפקודה ושיטות המיעון ב-PDP-11

Edited by Tamer Salman 2008

1

### מבנה הזכרון

- גודל תא זכרון 8 סיביות = 8 bits = .byte
- מילה = 2 bytes = 16 bits = .word
- כתובת מילה היא כתובת הבית הראשון במילה – תמיד זוגית.
- אורך כתובת הוא כאורך מילה.
- פקודות שוכנות במספר שלם של מילים.
- ה-PC יכול לעולם כתובת זוגית.
- גודל הזכרון  $64KB = 2^{16}$  bits



Edited by Tamer Salman 2008

2

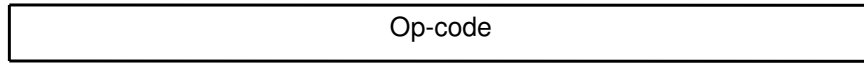
## סוגי אופרנדים

- תאים בזכרון או אוגרים (רגיסטרים Registers) מלים או בתים.
- ב- PDP-11 ישנם שמונה רגיסטרים לשימוש כללי כל אחד באורך מילה:  
R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7
- R7 משמש כ- Program Counter (PC)
- R6 משמש כ- Stack Pointer (SP)

## סיווג פקודות ע"פ מספר אופרנדים

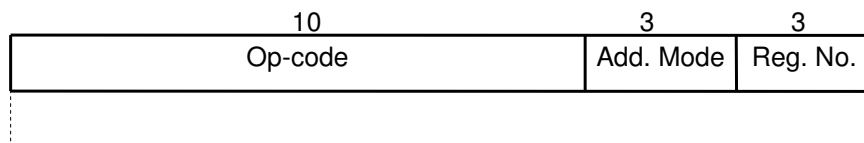
- המחשב מזהה את מספר האופרנדים לפי הפקודה.
- ללא אופרנדים Operate Instructions
  - אורך הפקודה: מילה אחת, כולה OP-code.
  - אופי הפקודה: שליטה על מצב המעבד.
  - HALT, WAIT, RESET
- פקודות בעלות אופרנד אחד
  - אורך הפקודה: מילה אחת או שתיים.
  - אופי הפקודה: פעולה על אופרנד בודד או הסתעפות.
  - CLR, NEG, INC, DEC, TST, JMP, BR, BEQ...
- פקודות בעלות שני אופרנדים
  - אורך הפקודה: מילה אחת או שתיים או שלוש מלים.
  - אופי הפקודה: פעולות על שני אופרנדים.
  - MOV, ADD, SUB, XOR,...
- פקודות שאחד האופרנדים בהן הוא אוגר
  - אורך הפקודה: מילה אחת או שתיים או שלוש מלים.
  - MUL, DIV, ASH, JSR, RTS, SOB...

## מבנה הפקודות ללא אופרנדים

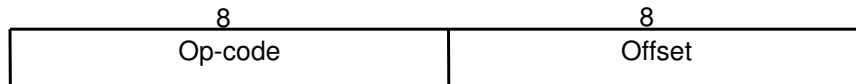


## מבנה הפקודות בעלות אופרנד אחד

CLR, NEG, INC, DEC, TST, JMP,...



BR, BEQ,...

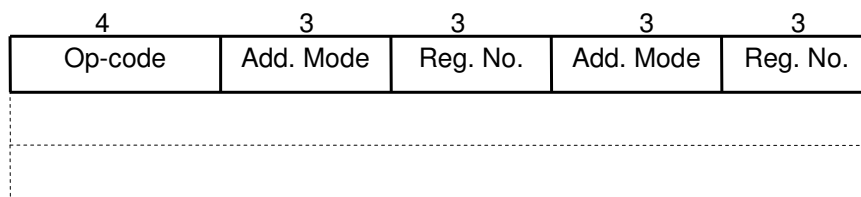


Edited by Tamer Salman 2008

5

## מבנה הפקודות בעלות שני אופרנדים

MOV, ADD, SUB, XOR, ...

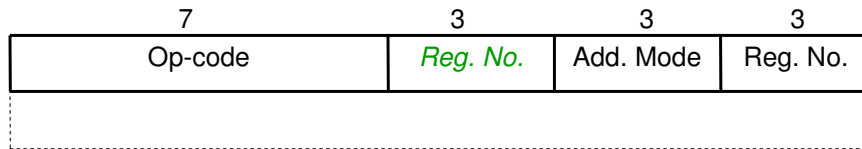


Edited by Tamer Salman 2008

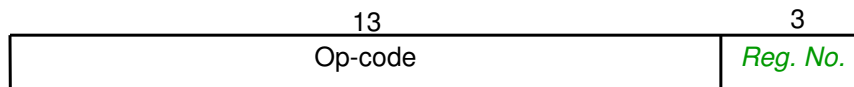
6

Computer Organization and Programming – COP 2008/2009  
 מבנה הפקודות שבהן אחד האופרנדים הוא אוגר

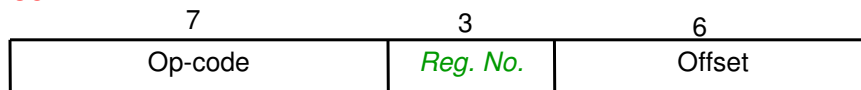
MUL, DIV, ASH, JSR, ...



RTS



SOB



Edited by Tamer Salman 2008

7

Computer Organization and Programming – COP 2008/2009

שיטות מיעון ב-PDP11 (Addressing Modes)

Mode	Name	Syntax	EA Calculation
0	Register	Rn	_____
1	Register Indirect	@Rn or (Rn)	EA = Rn
2	Auto-Increment	(Rn)+	EA = Rn, Rn += 2
3	Auto-Increment Indirect	@(Rn)+	EA = Fetch(Rn), Rn += 2
4	Auto-Decrement	-(Rn)	Rn -= 2, EA = Rn
5	Auto-Decrement Indirect	@-(Rn)	Rn -= 2, EA = Fetch(Rn)
6	Indexed	X(Rn)	X=Fetch(PC), PC += 2, EA = X + Rn
7	Indexed Indirect	@X(Rn)	X = Fetch(PC), PC += 2, EA=Fetch(X+Rn)

Edited by Tamer Salman 2008

8

## הכתובת האפקטיבי

- **EA – Effective Address**  
היא הכתובת ממנה ייקרא / אליה יכתב אופרנד המקור / המטרה.
- רגיסטר לא יכול להיות EA מכיוון שאינו בזכרון ולכן אין לו כתובת.
- חישוב האופרנד לפי הגדרת ה-EA הוא תמיד:  
 $OP = Fetch(EA)$
- בדוגמאות הבאות נשנה רק את שיטת המיעון של האופרנד הראשון.

## מחזור הפקודה

- **קריאה: (Fetch)**  
 $IR \leftarrow Fetch(PC)$   
 $PC \leftarrow PC + 2$
- **פענוח: (Decode)**  
מפענחים את מה שצריכים מהבאים לפי הסדר  
 $EA1, OP1, EA2, OP2$
- **ביצוע: (Execute)**  
תלוי בפקודה, למשל עבור ADD הביצוע הוא  
 $EA2 \leftarrow OP1 + OP2$   
ועבור MOV הביצוע הוא  
 $EA2 \leftarrow OP1$

## Mode 0 – Register Direct

- EA: אין כתובת אפקטיבית.
- משמעות: תוכן הרגיסטר הוא האופרנד.
- דוגמה:

MOV R2, R5	פקודה
010205 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 010205 PC ← PC + 2	קריאה
OP1 ← R2	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

Edited by Tamer Salman 2008

11

## Mode 1 – Register Deferred

- EA: הכתובת אפקטיבית היא תוכן הרגיסטר.
- משמעות: הרגיסטר מצביע לאופרנד.
- דוגמה:

MOV (R2), R5	פקודה
011205 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 011205 PC ← PC + 2	קריאה
EA1 ← R2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

Edited by Tamer Salman 2008

12

## Mode 2 – Auto-Increment Direct

- EA: הכתובת אפקטיבית היא תוכן הרגיסטר, ומיד לאחר שערובה ערך הרגיסטר מוגדל.
- משמעות: הרגיסטר מצביע לאופרנד בתוך מערך.
- דוגמה:

MOV (R2)+, R5	פקודה
012205 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 012205 PC ← PC + 2	קריאה
EA1 ← R2 R2 ← R2 + 2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

13

Edited by Tamer Salman 2008

## Mode 3 – Auto-Increment Deferred

- EA: הכתובת אפקטיבית היא התוכן של הכתובת הנתונה בתוכן הרגיסטר, ומיד לאחר שערובה ערך הרגיסטר מוגדל.
- משמעות: הרגיסטר מצביע לתוך מערך מצביעים.
- דוגמה:

MOV @(R2)+, R5	פקודה
013205 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 013205 PC ← PC + 2	קריאה
EA1 ← Fetch(R2) R2 ← R2 + 2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

14

Edited by Tamer Salman 2008

## Mode 4 – Auto-Decrement Direct

- EA: הכתובת אפקטיבית היא תוכן הרגיסטר, אך מיד לפני שערוכה ערך הרגיסטר מוקטן.
- משמעות: הרגיסטר מצביע לאופרנד בתוך מערך ועוברים מהסוף להתחלה.
- דוגמה:

MOV -(R2), R5	פקודה
014205 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 014205 PC ← PC + 2	קריאה
R2 ← R2 - 2 EA1 ← R2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

15

Edited by Tamer Salman 2008

## Mode 5 – Auto-Decrement Deferred

- EA: הכתובת אפקטיבית היא התוכן של הכתובת הנתונה בתוכן הרגיסטר, ומיד לאחר שערוכה ערך הרגיסטר מוגדל.
- משמעות: הרגיסטר מצביע לתוך מערך מצביעים ועוברים מהסוף להתחלה.
- דוגמה:

MOV @-(R2), R5	פקודה
015205 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 015205 PC ← PC + 2	קריאה
R2 ← R2 - 2 EA1 ← Fetch(R2) OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

16

Edited by Tamer Salman 2008



## שיטות מיעון - הערות

- בשיטות 3 ו-5 ההגדלה / ההקטנה תמיד בשתיים.
- כאשר הרגיסטר הוא  $SP = R6$  או  $PC = R7$  ההגדלה / ההקטנה תמיד בשתיים.
- בשיטות 2 ו-4 אם הפקודה פועלת על מלים ההגדלה / ההקטנה היא ב-2 ואם הפקודה פועלת על בתים ההגדלה / ההקטנה היא ב-1, אלא אם הרגיסטר הוא  $SP = R6$  או  $PC = R7$ .

## שיטות מיעון - חידות

- מה מבצעת סדרת הפקודות הבאה?  
SUB (R1)+, (R1)  
ADD (R1), -(R1)  
SUB (R1)+, (R1)  
NEG(R1)
- מה מבצעת הפקודה הבאה?  
MOV @(R0)+, @-(R0)
- מה מבצעת הפקודה הבאה?  
MOV @-(R0), @(R0)+

## Mode 6 - Indexed

- EA: הכתובת אפקטיבית היא הסכום של תוכן הרגיסטר והעתקה (offset).
- משמעות: הרגיסטר מצביע למערך וניגשים לתוך איבר, או שהרגיסטר מציין אינדקס במערך והעתקה היא כתובת המערך.

MOV 4(R2), R5	פקודה
016205 <sub>8</sub> 000004 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 016205 PC ← PC + 2	קריאה
offset ← Fetch(PC) PC ← PC + 2 EA1 ← offset + R2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

• דוגמה:

19

Edited by Tamer Salman 2008

## Mode 7 – Indexed Deferred

- EA: הכתובת אפקטיבית היא התוכן של הכתובת הנוצרת ע"י סכום של תוכן הרגיסטר והעתקה (offset).
- משמעות: הרגיסטר מצביע למערך של מצביעים וניגשים לתוך איבר, או שהרגיסטר מציין אינדקס במערך והעתקה היא כתובת המערך.

MOV @6(R2), R5	פקודה
017205 <sub>8</sub> 000006 <sub>8</sub>	קידוד
IR ← Fetch(PC) = 017205 PC ← PC + 2	קריאה
offset ← Fetch(PC) PC ← PC + 2 EA1 ← Fetch(offset + R2) OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

• דוגמה:

20

Edited by Tamer Salman 2008

## PC Addressing Modes

- ישנן עוד ארבע שיטות מיעון שהן נגזרות של שיטות קודמות עם רגיסטר PC (R7).
- לשיטות אלה יש syntax שונה ותפקיד מיוחד.

## Mode 2,7 - Immediate

- משמעות: קבוע.

MOV #100, R5	פקודה
012705 <sub>8</sub> 000100 <sub>8</sub>	קידוד
MOV (R7)+, R5 .word 100	-שקולה ל
IR ← Fetch(PC) =012705 PC ← PC + 2	קריאה
EA1 ← R7 R7 ← R7 + 2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח
R5 ← OP1	ביצוע

## Mode 3,7 - Absolute

• משמעות: תוכן שכתובתו קבועה.

MOV @#1000, R5	פקודה	דוגמה:
013705 <sub>8</sub> 001000 <sub>8</sub>	קידוד	
MOV @(R7)+, R5 .word 1000	-שקולה ל	
IR ← Fetch(PC) =013705 PC ← PC + 2	קריאה	
EA1 ← Fetch(R7) R7 ← R7 + 2 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח	
R5 ← OP1	ביצוע	

23

Edited by Tamer Salman 2008

## Mode 6,7 - Relative

• משמעות: תוכן שכתובתו קבועה, אך הפניה אליו מתבצעת באופן יחסי.

X1000: MOV 2000, R5	פקודה	דוגמה:
016705 <sub>8</sub> 000774 <sub>8</sub>	קידוד	
MOV 774(R7), R5	-שקולה ל	
IR ← Fetch(PC) =016705 PC ← PC + 2	קריאה	
offset ← Fetch(PC) PC ← PC + 2 EA1 ← offset + R7 OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח	
R5 ← OP1	ביצוע	

24

Edited by Tamer Salman 2008

## דוגמה Relative

L: MOV A, B

L:	016767
L+2:	A - L - 4
L+4:	B - L - 6
	⋮
A:	
	⋮
B:	
	⋮

Edited by Tamer Salman 2008

25

## Mode 7,7 – Relative Deferred

- משמעות: תוכן שכתובתו רשומה בכתובת קבועה, אך הפניה אליו מתבצעת באופן יחסי.

X1000: MOV @2000, R5	פקודה	דוגמה:
017705 <sub>8</sub> 000774 <sub>8</sub>	קידוד	
MOV @774(R7), R5	-שקולה ל	
IR ← Fetch(PC) =017705 PC ← PC + 2	קריאה	
offset ← Fetch(PC) PC ← PC + 2 EA1 ← Fetch(offset + R7) OP1 ← Fetch(EA1)	פענוח	
R5 ← OP1	ביצוע	

Edited by Tamer Salman 2008

26

## בתים מול מלים

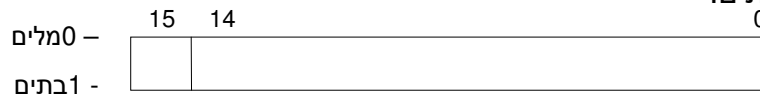
MOV A, B

• A ו-B כתובות מלים

MOVB A, B

• A ו-B כתובות בתים

• הסיבית המשמעותית ביותר בפקודה קובעת אם הפקודה למלים או לבתים:



• יוצא מן הכלל: ADD A, B 06...8

SUB A, B 16...8

לעולם על מלים.

## הנחיות directives

דוגמא	משמעות
.word 7 .word 5, 4, 3	מקצה מילה או מספר מלים בזכרון ומאתחלת אותם בערך או הערכים הנתונים.
.byte 'a' .byte 'a', 'b', 143	מקצה בית או מספר בתים בזכרון ומאתחלת אותם בערך או הערכים הנתונים.
.blkw 10	מקצה מספר מלים בזכרון בגודל הנתון ומאתחלת אותם באפסים.
.ascii <Hello World>	מקצה מחרוזת בתים בזכרון עם קודי האסקי הנתונים. ללא NULL בסוף.
.even	אם ההנחיה בכתובת זוגית לא קורה כלום, אחרת מדלגים לכתובת הזוגית הבאה.