

14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
שיטות מייען אופרנד מקור				שיטות מייען אופרנד יעד				השדה A,R,E						
opcode	ש	ש	ש	ש	ש	ש	ש	ש	ש	ש	ש	A	R	E
	י	י	י	י	י	י	י	י	י	י	י			
	ט	ט	ט	ט	ט	ט	ט	ט	ט	ט	ט			
	ה	ה	ה	ה	ה	ה	ה	ה	ה	ה	ה			
	3	2	1	0	3	2	1	0						

שיטות מייען חוקיות עבור אופרנד יעד	שיטות מייען חוקיות עבור אופרנד מקור	שם פעולה
1,2,3	0,1,2,3	mov
0,1,2,3	0,1,2,3	cmp
1,2,3	0,1,2,3	add
1,2,3	0,1,2,3	sub
1,2,3	1	lea
1,2,3	אין אופרנד מקור	clr
1,2,3	אין אופרנד מקור	not
1,2,3	אין אופרנד מקור	inc
1,2,3	אין אופרנד מקור	dec
1,2	אין אופרנד מקור	jmp
1,2	אין אופרנד מקור	bne
1,2,3	אין אופרנד מקור	red
0,1,2,3	אין אופרנד מקור	prn
1,2	אין אופרנד מקור	jsr
אין אופרנד יעד	אין אופרנד מקור	rts
אין אופרנד יעד	אין אופרנד מקור	stop

שם הפעולה (בסיס עשרוני)	קוד הפעולה (בסיס עשרוני)
0	mov
1	cmp
2	add
3	sub
4	lea
5	clr
6	not
7	inc
8	dec
9	jmp
10	bne
11	red
12	prn
13	jsr
14	rts
15	stop

סיבית 2 (הסיבית A) מציינת שקידוד המילה הוא מוחלט (Absolute), ואינו מצריך שינוי בשלביו הקישור והטיענה.

סיבית 1 (הסיבית R) מציינת שהקידוד הוא של כתובת פינימית הניתנת להזזה (Relocatable), ומצריך שינוי בשלביו הקישור והטיענה.

סיבית 0 (הסיבית E) מציינת שהקידוד הוא של כתובת חיצונית (External), ומצריך שינוי בשלביו הקישור והטיענה.

סמל	ערך (בסיס עשרוני)
MAIN	100
LOOP	103
END	124
STR	125
LIST	130
K	133

Decimal Address	Source Code	Explanation	Binary Machine Code
0100	MAIN: add r3, LIST	First word of instruction Source register 3 Address of label LIST	001010000010100
0101			000000011000100
0102			000010000010010
0103	LOOP: prn #48		11000000000100
0104		Immediate value 48	0000000110000100
0105	lea STR, r6		0100001010100
0106		Address of label STR	000000111101010
0107		Target register 6	0000000000110100
0108	inc r6		01110000000100100
0109		Target register 6	0000000000110100
0110	mov *r6,K		0000010000010100
0111		Source register 6	000000110000100
0112		Address of label K	0000100000101010
0113	sub r1, r4		00111000000100100
0114		Source register 1 and target register 4	00000000001100100
0115	cmp r3, #-6		000110000001100
0116		Source register 3	000000011000100
0117		Immediate value -6	111111111010100
0118	bne END		1010000000010100
0119		Address of label END	000001111001010
0120	dec K		0111000000010100
0121		Address of label K	000010000001010
0122	jmp LOOP		1001000000010100
0123		Address of label LOOP	0000011000111010
0124	END: stop		1111000000000100
0125	STR: .string "abcd"	Ascii code 'a'	000000001100001
0126		Ascii code 'b'	0000000001100010
0127		Ascii code 'c'	00000000001100011
0128		Ascii code 'd'	0000000000100100
0129		Ascii code '\0' (end of string)	0000000000000000
0130	LIST: .data 6, -9	Integer 6	0000000000000110
0131		Integer -9	1111111111101111
0132	.data -100	Integer -100	111111110011100
0133	K: .data 31	Integer 31	0000000000011111

ערך	שיטות המיפוי	תוקן המיליה הנוספת	אופן הפעלה	דוגמאות
0	מיפוי סידי	טילט-מידע נספה של ההוראה מכוילה את האופרנד עצמו, שהוא מספר שלם בסיסיס עשרוני. בORTHOB של 12 סיביות, השוכן בסיביות 3-14 של המיליה.	האופרנד מתחילה בתו # ולאחריו ובצמוד אליו מופיע מספר שלם בסיסיס עשרוני.	mov #1,r2 בדוגמאות זו והופרנד הראשון של הפוקודה (אופרנד הפטוקור) נתנו בשיטת מיעון מיידי. ההוראה כתובת את ערך 1 אל אופרנד 2 ג
1	מיפוי ישיר	טילט-מידע נספה של ההוראה מכוילה כתובות בזיכרון. המיליה בכתובת זו בזיכרון היא האופרנד. הכתובת מיזוגת כמספר ללא סימן בORTHOB של 12 סיביות, בסיביות 3-14 של מיליה המידיע. הסיביות 0-2 של מיליה המידיע הן השדה E,A,R,E,B מיעון מיידי, ערך הסיביות A הוא 1, ושתי הסיביות לאחרות מאופסות.	האופרנד הוא תווית שכביר הונדרה, או שותגדר בהמשך הקובץ. הגדירה מישות על ידי כתימת תווית בתחילת הנקית 'data', או 'string', או בתחלת הוראה של התוכנית, או באמצעות אופרנד של הנקית 'extern'.	השורה הבאה מגדרה את התווית א: .data x ..data.x : ההוראה:x מוקטינה ב-1 את תוכן המיליה שבכתובת x בזיכרון (ה"מיושנה" x).

ערך	שיטות המיפוי	תוקן המיליה הנוספת	אופן הכתיבה	דוגמאות
2	מייעון אוגר עקיף	שיטות מיעון זו משמשת לגישה לזיכרון באמצעות מצביע שמכסה באוגר. תוכן האוגר הוא כתובות בזיכרון, והmilieה בכתובת זו בזיכרון היא האופרנד. הכתובת מיצגת באוגר כמספר ללא סימן בORTHOB של 15 סיביות. אם האופרנד הוא אופרנד יעד, מילת-מידע נספה של הפוקודת תכיל בסיביות 5-3 את מספרו של האוגר המשמש כמצבי. ואילו אם האוגר יקודד בסיביות 6-8 של האוגר, מילת-המידיע הנוספת. הסיביות 0-2 של מיליה המידיע הן השדה A,R,E,B מיעון אוגר עקיף, ערך הסיבית A הוא 1, ושתי הסיביות לאחרות מאופסות. שני האופרנדים בדוגמאות זו, ההוראהسود מעתקה את תוכן המיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 1ג, כלומר המיליה שכותבתה נמצאת באוגר 1ג. דוגמה נוספת: mov *r1,*r2 בדוגמה זו, ההוראה סופה מיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 1ג אל המיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 2ג. שני האופרנדים בדוגמאות זו הם בשיטת מיעון אוגר עקיף, ולכן יקודדו במילת-מידע <b>מוספה אחת מסווגת</b>	האופרנד מתחילה בתו * ולאחריו ובצמוד אליו מופיע שם של אוגר.	inc *r1 בדוגמאות זו, ההוראה סופה מגדילה ב-1 את תוכן המיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 1ג, כלומר המיליה שכותבתה נמצאת באוגר 1g.  דוגמה נוספת: mov *r1,*r2 בדוגמה זו, ההוראה סופה מעתיקה את תוכן המיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 1ג אל המיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 2g.
3	מייעון אוגר ישיר	האופרנד הוא שם של אוגר. משמש <b>האופרנד יעד מילת-מידע נספה של הפוקודת תכיל בסיביות 3-5 את מספרו של האוגר</b> . ואילו אם האוגר משמש <b>באוגר מקור מספ. 8 של מיליה-המידיע</b> . הסיביות 0-2 של מיליה המידיע הן השדה A,R,E,B מיעון אוגר ישיר, ערך הסיבית A הוא 1, ושתי הסיביות לאחרות מאופסות. אם בפקודה יש שני אופרנדים, וכל אחד מהם בשיטת מיעון אוגר עקיף או בשיטת מיעון אוגר ישיר (ראו בהמשך), שני האוגרים יחלקו מילת-מידע אחת משותפת, כאשר סיביות 3-5 יכילו את מספ. אוגר <b>היעד</b> , וסיביות 6-8 את מספ. אוגר <b>המקור</b> . השדה A,R,E,B יהיה כמפורט לעיל.	האופרנד הוא שם של אוגר.	clr r1 בדוגמה זו, ההוראה צל מפסת את תוכן האוגר 1g.  דוגמה נוספת: mov r1,*r2 בדוגמה זו, ההוראה סופה מעתיקה את תוכן האוגר 1g אל המיליה בזיכרון עליה מצבי האוגר 2g. אופרנד המקור 1g נתנו בשיטת מיעון אוגר ישיר, ואופרנד היעד 2g בשיטת מיעון אוגר עקיף, ולכן יקודדו במילת-מידע <b>מוספה אחת מסווגת</b> .

בכל מילה בקוד המכונה של הוראה (לא של נתונים), האסטובלר מכניס מידע עבור תהליך הקישור והטיענה. זה השדה A,R,E. המידע ישמש לתיקונים בקוד בכל פעם שייתבען לזיכרון לצורך הרצה. האסטובלר בונה מלכתחילה קוד שמיועד לטיענה החל מכתובות ההתחלפת. התיקונים יאפשרו לטען את הקוד בכל פעם במקום אחר, בלי צורך לחזור על תהליכי האסטובלרי.

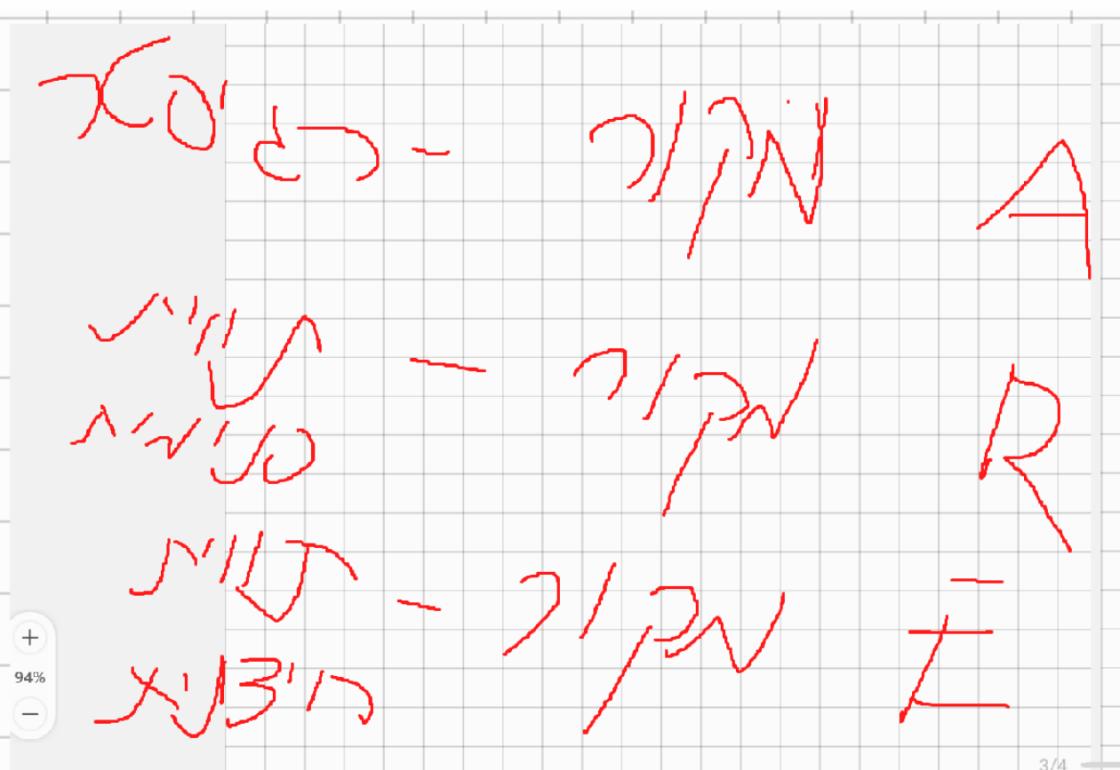
שלוש הסיבות בשדה E,A,R יכilio ערכאים ביינאריים כפי שהוסבר בתיאור שיטות המיעון. המשמעות של כל ערך מפורטת להלן.

האות 'A' (קייזור של absolute) באה לציין שתוכן המילה אינו תלוי במקום בו זיכרנו בו ייימען בפועל קוד המכונה של התכנית בעת ביצועה (למשל מילה המכילה אופrnd מיידי).

האות 'R' (קייזור של relocatable) באה לציין שתוכן המילה תלוי במקום בו זיכרנו בו ייימען בפועל קוד המכונה של התכנית בעת ביצועה (למשל מילה המכילה כתובת של תווית המוגדרת בקובץ המקור).

האות 'E' (קייזור של external) באה לציין שתוכן המילה תלוי בערכו של סמל חיצוני (external) (למשל מילה המכילה כתובת של תווית חיצונית, כמו תווית שאינה מוגדרת בקובץ המקור).

כאשר האסטובלר מקבל כקלט תוכנית בשפת אסטובלרי, עליו לטפל תחיליה בפרישת המאקרואים, ורק לאחר מכן לעבור על התוכנית אליה נפרשו המאקרואים. כמו, פרישת המאקרואים תעשה בשלב "קדם אסטובלר", לפני שלב האסטובלר (המתוור בהמשך). אם התכנית אינה מכילה מאקרו, תוכנית הפרישה תהיה זהה לתכנית המקורי.



סוג המשפט	הסבר כללי
משפט ריק	זהוי שורה המכילה א' וرك תווים לבנים (whitespace), ככלומר רק את התווים ' ' ו- 't' (רווחים וטאים). ייתכן ובשורה אין אף تو (למעט הטענו), ככלומר השורה ריקה.
משפט הערתה	זהוי שורה בה הטענו הראשוני ' ;' (נקודה פסיק). על האסטמבלר להתעלם לחולותין משורה זו.
משפט הנחיה	זהו משפט המנחה את האסטמבלר מה עליו לעשות כשהוא פועל על תכנית המקור. יש מספר סוגים של משפטי הנחיה. משפט הנחיה עשוי לגרום להקצאת זיכרון ואתחול משתנים של התכנית, אך הוא אינו מייצר קידוד של הוראות מכונה המיועדות לביצוע בעת ריצת התכנית.
משפט הוראה	זהו משפט המציין קידוד של הוראות מכונה לביצוע בעת ריצת התכנית. המשפט מורכב ממשם של הוראה שעל המעבד לבצע, ותיאור האופרנדים של ההוראה.

Decimal Address	Source Code	Explanation	Binary Machine Code
0100	MAIN: add r3, LIST	First word of instruction Source register 3 Address of label LIST	0010 10000010100
0101			000000011000100
0102			000010001001010
0103	jsr fn1		110100000010100
0104		Address of label fn1 (external)	0000000000000001
0105	LOOP: prn #48		1100000000001100
0106		Immediate value 48	000000110000100
0107	lea STR, r6		010000101000100
0108		Address of label STR	000010000100010
0109		Target register 6	000000000110100
0110	inc r6		011100001000100
0111		Target register 6	000000000110100
0112	mov *r6, L3		000001000010100
0113		Source register 6	000000110000100
0114		Address of label L3 (external)	0000000000000001
0115	sub r1, r4		001110001000100
0116		Source register 1 and target register 4	000000001100100
0117	cmp r3, #-6		000110000001100
0118		Source register 3	000000011000100
0119		Immediate value -6	11111111010100
0120	bne END		101000000010100
0121		Address of label END	000010000011010
0122	add r7, *r6		001010000100100
0123		Source register r0 and target register 6	000000111110100
0124	clr K		010100000010100
0125		Address of label K	000010001100010
0126	sub L3, L3		001100100010100
0127		Address of label L3 (external)	0000000000000001
0128		Address of label L3 (external)	0000000000000001
0129	jmp LOOP		100100000010100
0130		Address of label LOOP	000001101001010
0131	END: stop		111100000000100
0132	STR: .string "abcd"	Ascii code 'a'	000000001100001
0133		Ascii code 'b'	000000001100010
0134		Ascii code 'c'	000000001100011
0135		Ascii code 'd'	000000001100100
0136		Ascii code '\0' (end of string)	0000000000000000
0137	LIST: .data 6, -9	Integer 6	0000000000000110
0138		Integer -9	111111111110111
0139	.data -100	Integer -100	111111110011100
0140	K: .data 31	Integer 31	0000000000011111

## STRUCTURE

המבנה של ה-STRUCTURE מוגדר בקובץ header.h ו-main.c.  
header.h כולל הוראות STRUCTURE ו-UNION ו-DATA.  
STRUCTURE מוגדר באמצעות סימן {} (brace), ו-DATA מוגדר באמצעות סימן ;.  
UNION מוגדר באמצעות סימן {}.

ב-STRUCTURE ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
DATA מוגדר באמצעות סימן ;.

ב-UNION ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
UNION מוגדר באמצעות סימן {}.

ב-STRUCTURE ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
STRUCTURE מוגדר באמצעות סימן {} (brace).

ב-UNION ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
UNION מוגדר באמצעות סימן {}.

ב-STRUCTURE ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
STRUCTURE מוגדר באמצעות סימן {} (brace).

ב-UNION ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
UNION מוגדר באמצעות סימן {}.

ב-STRUCTURE ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
STRUCTURE מוגדר באמצעות סימן {} (brace).

ב-UNION ניתן לרשום אובייקטים מסוגים שונים, כגון INT, CHAR, BOOL ועוד.  
UNION מוגדר באמצעות סימן {}.

מספר: 011111/111111

מספר חוקי מתחילה בסימן אופציוני: ‘או +’, ולאחריו סדרה כלשהי של ספרות בסיס עשרוני. לדוגמה: 76, 5-123+ הם מספרים חוקיים. אין תמיכה בשפט האסטטלי שלו ביצוג בסיס אחר מאשר עשרוני, ואין תמיכה במספרים שאינם שלמים.

### מחוזות:

MERCHANTABILITY OK. ASCII ORDER IS NOT MAINTAINED (FOR EXAMPLE, 'HELLO WORLD' IS STORED AS 'WORLD HELLO').

לדוגמא, אם מופיעים שני אופרנדים בהוראה שאמור להיות בה רק אופרנד אחד, האסembler ייתן הודעת שגיאה בנוסח "יותר מדי אופרנדים".

7718 700N 113°S std out 8k 111612P 01029,75  
(1 -> 5,117PN 7010,7 ) 8 2,1jN

**לתשומת לב:** האסמלר איןנו עוזר את פעולתו אחורי שנמצאה השגיאה הראשונה, אלא ממשיך לעبور על הקלט כדי לגנות שגיאות נוספות, ככל שישן. כמוובן שאין כל טעם לייצר את קבצי הפלט אם נתגלו שגיאות (ممילא אי אפשר להשלים את קוד המכוונה).

שם פעולה	שיטות מייען חוקיות עbor אופרנד מקור	שיטות מייען חוקיות עbor אופרנד יעד
mov	0,1,2,3	1,2,3
cmp	0,1,2,3	0,1,2,3
add	0,1,2,3	1,2,3
sub	0,1,2,3	1,2,3
lea	1	1,2,3
clr	אין אופרנד מקור	1,2,3
not	אין אופרנד מקור	1,2,3
inc	אין אופרנד מקור	1,2,3
dec	אין אופרנד מקור	1,2,3
jmp	אין אופרנד מקור	1,2
bne	אין אופרנד מקור	1,2
red	אין אופרנד מקור	1,2,3
prn	אין אופרנד מקור	0,1,2,3
jsr	אין אופרנד מקור	1,2
rts	אין אופרנד יעד	אין אופרנד יעד
stop	אין אופרנד יעד	אין אופרנד יעד

73111 1CS SIC . entry tlc 92132 j1c ok  
-ent y p1j  
73111 1CS SIC . extern tlc 92132 j1c ok  
-ext y p1j

MAIN:	add	r3, LIST
LOOP:	prn	#48
	lea	STR, r6
	inc	r6
	mov	*r6,K
	sub	r1, r4
	cmp	r3, #-6
	bne	END
	dec	K
	jmp	LOOP
END:	stop	
STR:	.string	"abcd"
LIST:	.data	6, -9
	.data	-100
K:	.data	31

