

Central Processing Unit Architecture Home Assignment 1

Bashir Bin Said: 200258986

Nir Schneider: 316098052

הקדמה:

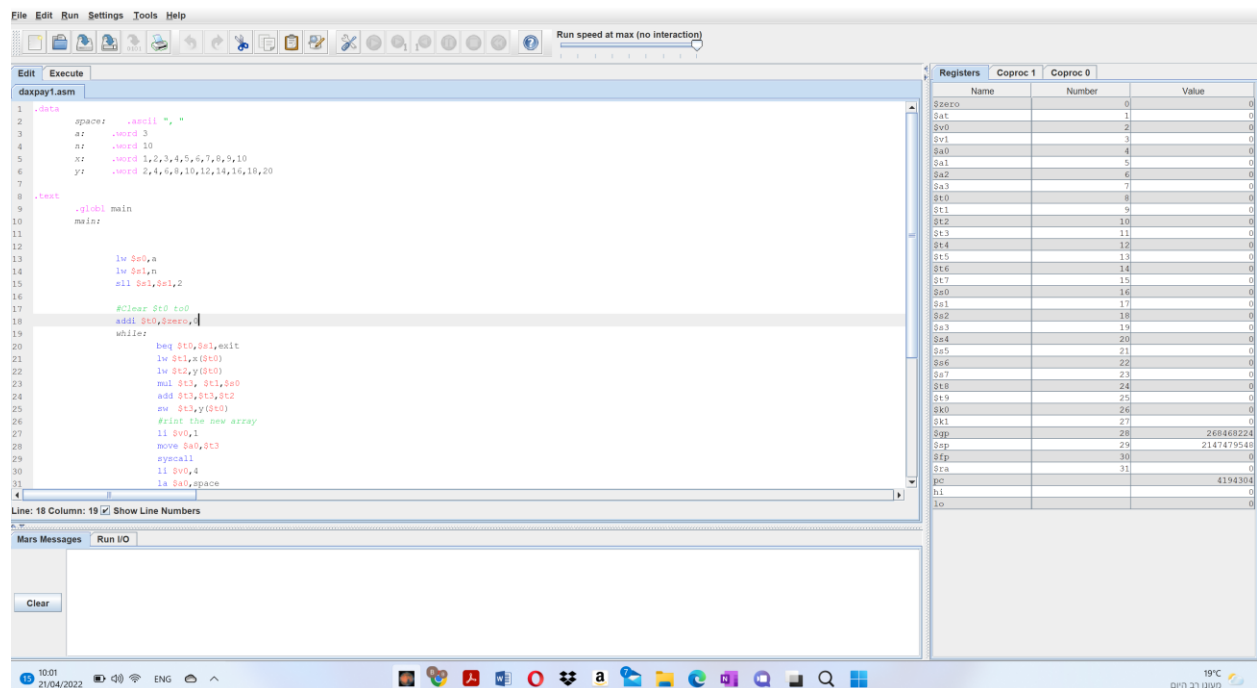
בעבודה מספר 1 בקורס אדריכלות יחידת עיבוד מרכזית התבקש לפתור שתי בעיות שונות המחולקות לשתי שאלות. שתי השאלות מתייחסות לקוד שקול בשפת אסמבלי של MIPS.

שאלה 1 מתייחסת לחישוב DAXPY המבצע כפל של וקטור ובסקלר ומחבר את המכפלה עם וקטור אחר, אשר התוצאה נשמרת באחד הווקטורים.

שאלה 2 מתייחסת לחישוב $n!$ בשימוש בלולאה וללא שימוש ברקורסיה.

שאלה 1:

צילומי מסך לפני הרצת התוכנית:



File Edit Run Settings Tools Help

Run speed at max (no interaction)

Assemble the current file and clear breakpoints

Step F7
Backstep F8
Pause F9
Step F11
Reset F12

Clear all breakpoints Ctrl+K
Toggle all breakpoints Ctrl+T

```

1 .data
2 darray:
3
4
5
6
7
8 .text
9
10 .globl main
11 main:
12
13     lw $a0,a
14     lw $a1,n
15     sll $a1,$a1,2
16
17     #clear $t0 to 0
18     addi $t0,$zero,0
19     while:
20         beq $t0,$a1,exit
21         lw $t1,x($t0)
22         lw $t2,y($t0)
23         mul $t3,$t1,$a0
24         add $t3,$t3,$t2
25         sw $t3,y($t0)
26         #print the new array
27         li $v0,1
28         move $a0,$t3
29         syscall
30         li $v0,4
31         la $a0,space

```

Line: 18 Column: 19 Show Line Numbers

Mars Messages Run I/O

Clear

10:02 21/04/2022 HE 19°C מעון זר היום

File Edit Run Settings Tools Help

Run speed at max (no interaction)

Execute

Text Segment

Bkpt	Address	Code	Basic	Source
	0x00400000	0x3c011001	lui \$1,4097	13: lw \$a0,a
	0x00400004	0x3c000004	lw \$16,4(\$1)	
	0x00400008	0x3c011001	lui \$1,4097	14: lw \$a1,n
	0x0040000c	0x3c010009	lui \$17,4(\$1)	
	0x00400010	0x00118880	sll \$17,\$17,2	15: sll \$a1,\$a1,2
	0x00400014	0x20080000	addi \$t0,\$zero,0	18: addi \$t0,\$zero,0
	0x00400018	0x1110014b	beq \$t0,\$a1,exit	20: beq \$t0,\$a1,exit
	0x0040001c	0x3c011001	lui \$1,4097	21: lw \$t1,x(\$t0)
	0x00400020	0x00280921	addu \$1,\$1,\$8	
	0x00400024	0x3c29000c	lw \$9,12(\$1)	
	0x00400028	0x3c011001	lui \$1,4097	
	0x0040002c	0x00280921	addu \$1,\$1,\$8	22: lw \$t2,y(\$t0)
	0x00400030	0x3c2a0034	lw \$10,52(\$1)	
	0x00400034	0x71305802	mul \$t3,\$t1,\$a0	23: mul \$t3,\$t1,\$a0

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)	Value (+1c)
0x10010000	8236	3	10	1	2	3	4	5
0x10010020	6	7	8	9	10	11	12	13
0x10010040	8	10	12	14	16	18	20	22
0x10010060	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010080	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100a0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100c0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100e0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010100	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010120	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010140	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010160	0	0	0	0	0	0	0	0

Registers Coproc 1 Coproc 0

Name	Number	Value
\$zero	0	0
\$at	1	0
\$v0	2	0
\$v1	3	0
\$a0	4	0
\$a1	5	0
\$a2	6	0
\$a3	7	0
\$t0	8	0
\$t1	9	0
\$t2	10	0
\$t3	11	0
\$t4	12	0
\$t5	13	0
\$t6	14	0
\$t7	15	0
\$a0	16	0
\$a1	17	0
\$a2	18	0
\$a3	19	0
\$a4	20	0
\$a5	21	0
\$a6	22	0
\$a7	23	0
\$a8	24	0
\$a9	25	0
\$k0	26	0
\$k1	27	0
\$gp	28	268460224
\$fp	29	2147479548
\$sp	30	0
\$ra	31	4194304
\$pc		0
\$hi		0
\$lo		0

Mars Messages Run I/O

Assembler: assembling C:\Users\VALENT\Desktop\mips\mips\CP0\mipsBashicFile\daxpayl.asm
Assembler: operation completed successfully.

Clear

10:02 21/04/2022 HE 19°C מעון זר היום

צילום מסך אחרי הרצת התוכנית:

C:\Users\ALECT\Desktop\מיון\מיון\CPU\mpisBashFile\daxpay1.asm - MARS 4.5

File Edit Run Settings Tools Help

Run speed at max (no interaction)

Edit Execute

Text Segment

Bkpt	Address	Code	Basic	Source
	0x04000000	0x3c011001	lui \$1,4097	
	0x04000004	0x8c300004	lw \$16,4(\$1)	13: lw \$a0,a
	0x04000008	0x3c011001	lui \$1,4097	14: lw \$a1,n
	0x0400000c	0x8c310008	lw \$17,0(\$1)	
	0x04000010	0x00118800	slil \$17,\$17,2	15: sll \$a1,\$a1,2
	0x04000014	0x20080000	addi \$8,\$0,0	18: addi \$t0,\$zero,0
	0x04000018	0x11110014	beq \$8,\$17,20	20: beq \$t0,\$a1,exit
	0x0400001c	0x3c011001	lui \$1,4097	21: lw \$t1,x(\$t0)
	0x04000020	0x02080021	addu \$1,\$1,\$8	
	0x04000024	0x8c29000c	lw \$9,12(\$1)	
	0x04000028	0x3c011001	lui \$1,4097	22: lw \$t2,y(\$t0)
	0x0400002c	0x02080021	addu \$1,\$1,\$8	
	0x04000030	0x8c2a003d	lw \$10,32(\$11)	
	0x04000034	0x71305802	mul \$t3,\$t1,\$a0	23: mul \$t3,\$t1,\$a0

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)	Value (+1c)
0x10010000	8236	3	10	1	2	3	4	5
0x10010020	6	7	8	9	10	5	10	15
0x10010040	20	25	30	35	40	45	50	0
0x10010060	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010080	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100a0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100c0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100e0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010100	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010120	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010140	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010160	0	0	0	0	0	0	0	0

0x10010000 (.data) [X] Hexadecimal Addresses [] Hexadecimal Values [] ASCII

Mars Messages Run I/O

5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50,
-- program is finished running --

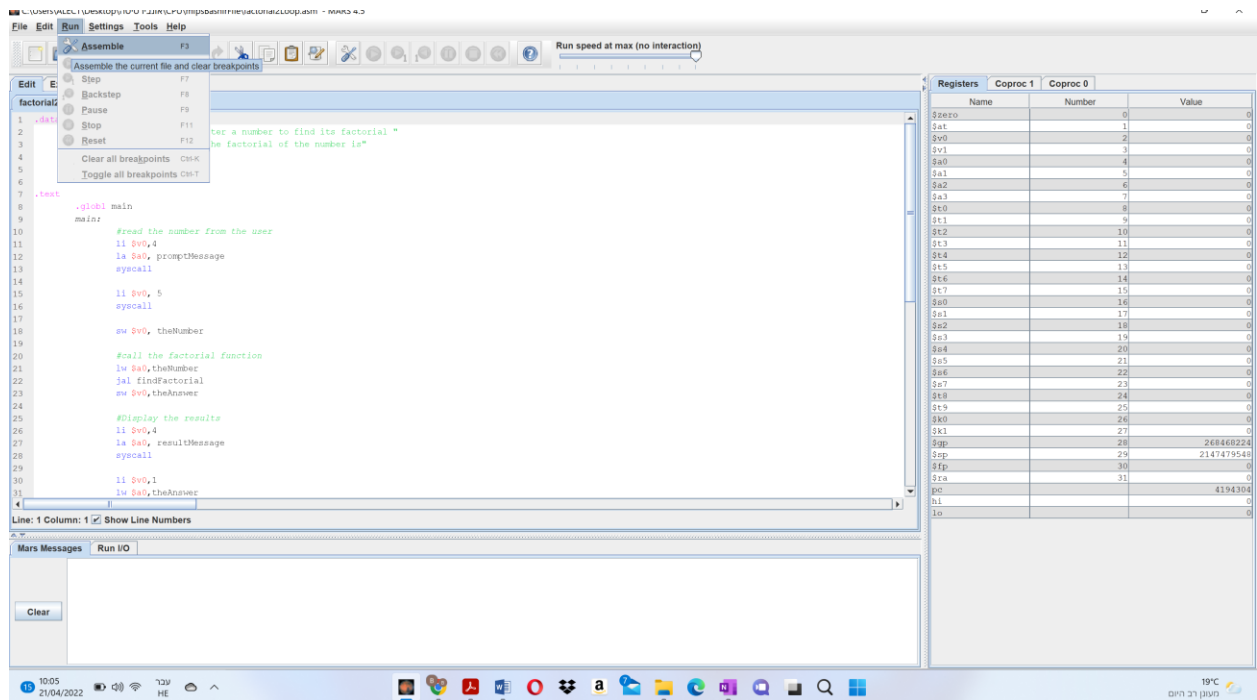
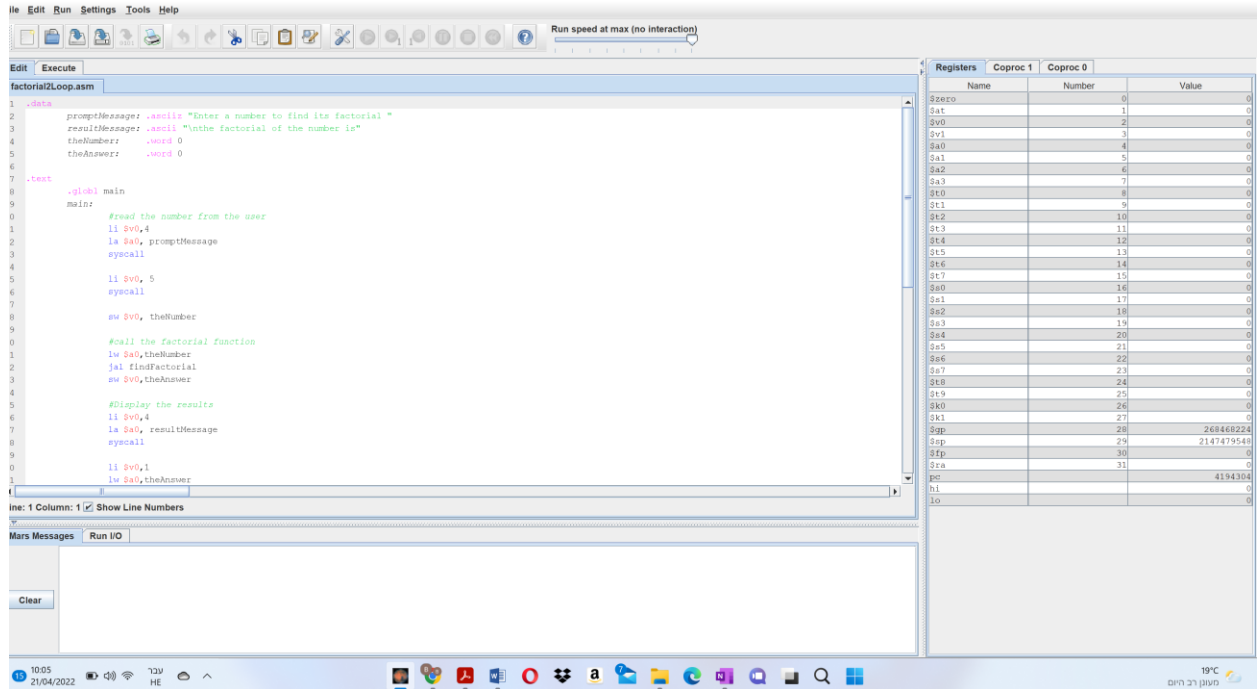
Clear

Registers Coproc 1 Coproc 0

Name	Number	Value
\$zero	0	0
\$at	1	268500992
\$v0	2	10
\$v1	3	0
\$a0	4	268500992
\$a1	5	0
\$a2	6	0
\$a3	7	0
\$t0	8	40
\$t1	9	10
\$t2	10	20
\$t3	11	50
\$t4	12	0
\$t5	13	0
\$t6	14	0
\$t7	15	0
\$a0	16	3
\$a1	17	40
\$a2	18	0
\$a3	19	0
\$a4	20	0
\$a5	21	0
\$a6	22	0
\$a7	23	0
\$t8	24	0
\$t9	25	0
\$k0	26	0
\$k1	27	0
\$gp	28	268468224
\$fp	29	2147479544
\$sp	30	0
\$ra	31	0
pc		4194420
\$t1		0
\$t0		30

שאלה 2:

צילומי מסך לפני ההרצה



File Edit Run Settings Tools Help

Run speed at max (no interaction)

Edit Execute

Text Segment

Bkpt	Address	Code	Basic	Source
0x04000000	0x24020004	addiu \$2,\$0,4	11:	li \$v0,4
0x04000004	0x3c011001	lui \$1,4097	12:	la \$a0, promptMessage
0x04000008	0x34240000	ori \$4,\$1,0		
0x0400000c	0x0000000c	syscall	13:	syscall
0x04000010	0x24020005	addiu \$2,\$0,5	15:	li \$v0, 5
0x04000014	0x0000000c	syscall	16:	syscall
0x04000018	0x3c011001	lui \$1,4097	18:	sw \$v0, theNumber
0x0400001c	0xac220049	sw \$2,\$2(\$1)		
0x04000020	0x3c011001	lui \$1,4097	21:	lw \$a0,theNumber
0x04000024	0xf8c24004	lw \$4,\$2(\$1)		
0x04000028	0x8c100017	jal 0x0400005c	22:	jal findFactorial
0x0400002c	0x3c011001	lui \$1,4097	23:	sw \$v0,theAnswer
0x04000030	0xac220049	sw \$2,\$2(\$1)		
0x04000034	0x24020004	addiu \$2,\$0,4	26:	li \$v0,4

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)	Value (+1c)
0x10010000	1702129221	543236210	1651340654	1948283493	1768300655	1763730542	1713402740	1869898593
0x10010020	1818323314	1946812448	1713399144	1869898593	1818323314	543584032	543516788	1651340654
0x10010040	1763734137	115	0	0	0	0	0	0
0x10010060	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010080	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100a0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100c0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100e0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010100	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010120	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010140	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010160	0	0	0	0	0	0	0	0

Mars Messages Run I/O

Assembly: assembling C:\Users\ALECT\Desktop\משימת1\CPU\mipsBashirFile\Factorial2Loop.asm
Assembly: operation completed successfully.

Clear

10:06 21/04/2022

19°C מעון זב רחם

צילום מסך אחרי הרצת התוכנית:

C:\Users\ALECT\Desktop\משימת1\CPU\mipsBashirFile\Factorial2Loop.asm - MARS 4.5

File Edit Run Settings Tools Help

Run speed at max (no interaction)

Edit Execute

Text Segment

Bkpt	Address	Code	Basic	Source
0x04000000	0x24020004	addiu \$2,\$0,4	11:	li \$v0,4
0x04000004	0x3c011001	lui \$1,4097	12:	la \$a0, promptMessage
0x04000008	0x34240000	ori \$4,\$1,0		
0x0400000c	0x0000000c	syscall	13:	syscall
0x04000010	0x24020005	addiu \$2,\$0,5	15:	li \$v0, 5
0x04000014	0x0000000c	syscall	16:	syscall
0x04000018	0x3c011001	lui \$1,4097	18:	sw \$v0, theNumber
0x0400001c	0xac220049	sw \$2,\$2(\$1)		
0x04000020	0x3c011001	lui \$1,4097	21:	lw \$a0,theNumber
0x04000024	0xf8c24004	lw \$4,\$2(\$1)		
0x04000028	0x8c100017	jal 0x0400005c	22:	jal findFactorial
0x0400002c	0x3c011001	lui \$1,4097	23:	sw \$v0,theAnswer
0x04000030	0xac220049	sw \$2,\$2(\$1)		
0x04000034	0x24020004	addiu \$2,\$0,4	26:	li \$v0,4

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)	Value (+1c)
0x10010000	1702129221	543236210	1651340654	1948283493	1768300655	1763730542	1713402740	1869898593
0x10010020	1818323314	1946812448	1713399144	1869898593	1818323314	543584032	543516788	1651340654
0x10010040	1763734137	115	0	0	0	0	0	0
0x10010060	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010080	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100a0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100c0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100e0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010100	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010120	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010140	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010160	0	0	0	0	0	0	0	0

Mars Messages Run I/O

Enter a number to find its factorial 1:

Clear

10:06 21/04/2022

19°C מעון זב רחם

Edit Execute

Text Segment					Source
Bkpt	Address	Code	Basic		
<input type="checkbox"/>	0x00400000	0x24020004	addiu \$2,\$0,4	11:	li \$v0,4
<input type="checkbox"/>	0x00400004	0x3c011001	lui \$1,4097	12:	la \$a0, promptMessage
<input type="checkbox"/>	0x00400008	0x34240000	ori \$4,\$1,0		
<input type="checkbox"/>	0x0040000c	0x0000000c	syscall	13:	syscall
<input type="checkbox"/>	0x00400010	0x24020005	addiu \$2,\$0,5	15:	li \$v0, 5
<input type="checkbox"/>	0x00400014	0x0000000c	syscall	16:	syscall
<input type="checkbox"/>	0x00400018	0x3c011001	lui \$1,4097	18:	sw \$v0, theNumber
<input type="checkbox"/>	0x0040001c	0xac220048	sw \$2,\$2(\$1)		
<input type="checkbox"/>	0x00400020	0x3c011001	lui \$1,4097		
<input type="checkbox"/>	0x00400024	0x8c240048	lw \$a0,theNumber	21:	
<input type="checkbox"/>	0x00400028	0x8c100017	jal 0x0040005c	22:	jal findFactorial
<input type="checkbox"/>	0x0040002c	0x3c011001	lui \$1,4097	23:	sw \$v0,theAnswer
<input type="checkbox"/>	0x00400030	0xac220048	sw \$2,\$2(\$1)		
<input type="checkbox"/>	0x00400034	0x24020004	addiu \$2,\$0,4	26:	li \$v0,4

Data Segment								
Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)	Value (+1c)
0x10010000	1702129221	643236210	1651340654	1946283493	1768300655	1763730542	1713402740	1869898593
0x10010020	1818323314	1946812448	1713399144	1869898593	1818323314	543584032	543516788	1651340654
0x10010040	1763734117	115	10	3628800	0	0	0	0
0x10010060	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010080	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100a0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100c0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100e0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010100	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010120	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010140	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010160	0	0	0	0	0	0	0	0

Hexadecimal Addresses Hexadecimal Values ASCII

Mars Messages Run I/O

Enter a number to find its factorial 10

the factorial of the number is 3628800

-- program is finished running --

Clear

Registers Coproc 1 Coproc 0

Name	Number	Value
\$zero	0	0
\$at	1	268500992
\$v0	2	10
\$v1	3	0
\$a0	4	3628800
\$a1	5	0
\$a2	6	0
\$a3	7	0
\$t0	8	0
\$t1	9	0
\$t2	10	0
\$t3	11	0
\$t4	12	0
\$t5	13	0
\$t6	14	0
\$t7	15	0
\$a0	16	1
\$a1	17	0
\$a2	18	0
\$a3	19	0
\$a4	20	0
\$a5	21	0
\$a6	22	0
\$a7	23	0
\$t8	24	0
\$t9	25	0
\$a0	26	0
\$k1	27	0
\$fp	28	268468224
\$sp	29	2147479548
\$tp	30	0
\$ra	31	4194348
\$pc		4194396
\$hi		0
\$lo		3628800

מסקנות ותובנות:

ישנן כמה מסקנות שאנחנו יכולים להסיק ממהלך הניסוי שביצענו.

- סיבוכיות ריצה:
 - בשיטה הרקורסיבית יש $O(n)$ קריאות רקורסיביות כאשר בכל קריאה מבוצעות $O(1)$ פעולות. לכן סה"כ זמן הריצה לתוכנית הינו $O(n)$
 - בשיטה האיטרטיבית ישנן $O(n)$ איטרציות כשאר בכל איטרציה מבוצעות $O(1)$ פעולות. לכן גם בשיטה זו סה"כ זמן הריצה הינו $O(n)$.
 - למרות שמורכבות הזמן התיאורטית של שתי התוכניות זהה, לתוכנית רקורסיבית ייקח יותר זמן לביצוע עקב התקורה של קריאות פונקציות, שהיא הרבה יותר גבוהה מזו של איטרציה.
- סיבוכיות מקום:
 - בתוכנית הרקורסיבית, עקב כל קריאה רקורסיבית, זיכרון מסוים מוקצה ב-stack לאחסון פרמטרים ומשתנים מקומיים. מכיוון שישנן $O(n)$ קריאות רקורסיביות, סיבוכיות המקום באמצעות הרקורסיה היא $O(N)$.
 - שום זיכרון נוסף לא מוקצה בתוכנית האיטרטיבית, ולכן סיבוכיות המקום בשיטה זו היא $O(1)$.
- בשיטת הרקורסיה נחוץ לשמור את הכתובת של ה-SP בכל פעם בקריאה לפונקציה מחדש.
- שיטת הלולאה הינה יותר פשוטה ויותר קלה להבנה.

הקוד:

קודים וקבצים מצורפים בתקיה הסופית.