# ARHITEKTURA I ORGANIZACIJA RAČUNARA

## **3. DEO**

KATEDRA ZA RAČUNARSTVO ELEKTRONSKI FAKULTET U NIŠU

### **ZADATAK 1**

- Kombinaciona logika nekog sistema sastoji se od 6 blokova kombinacionih mreža A, B, C, D, E i F sa vremenima prostiranja signala kroz njih od 80ps, 30ps, 60ps, 50ps, 70ps i 10ps respektivno. Izlazni signal iz poslednjeg bloka F upisuje se u registar sa vremenom prostiranja 20ps. Možemo projektovati protočnu verziju ove mreže umetanjem protočnih registra sa vremenom prostiranja 20ps između parova ovih blokova, čime ovih 6 blokova delimo u stepene.
  - A. Između kojih blokova treba umetnuti jedan protočni registar da formiramo protočnu verziju mreže sa dva stepena koji će imati maksimalnu propusnost za toliko broj stepena. Kolika će biti latencija i propusnost takve mreže?
  - B. Između kojih blokova treba umetnuti dva protočna registra da formiramo protočnu verziju mreže sa tri stepena koja će imati maksimalnu propusnost za toliki broj stepena. Kolika će biti latencija i propusnost takve mreže?
  - C. Umećemo tri protočna registra .....
  - D. Koliki je minimalni broj stepena koji će dati protočnu organizaciju sa maksimalnom dostižnom propusnošću. Prikazati tu organizaciju i izračunati njenu latenciju i propusnost.

### **ZADATAK 1**

A 80ps

B 30ps

C 60ps

D 50ps E 70ps

F 10ps

REG 20ps

- Minimalno vreme prostiranja kroz jedan stepen jednako je najdužem vremenu prostiranja kroz pojedinačne blokove.
- Vremena prostiranja kroz grupe blokova unutar stepena trebalo bi da budu što ujednačenija.
- Protočno organizovana mreža taktuje se signalima čija je minimalna perioda određena zbirom najdužeg vremena prostiranja unutar stepena i vremena prostiranja kroz protočni registar iza stepena.
- Latencija kašnjenje kroz celu mrežu

$$T_L = 80 + 30 + 60 + 50 + 70 + 10 + 20 = 320ps,$$
  $1ps = 10^{-12}s$ 

W – Propusnost – broj podataka koji mogu da se obrade u jedinici vremena

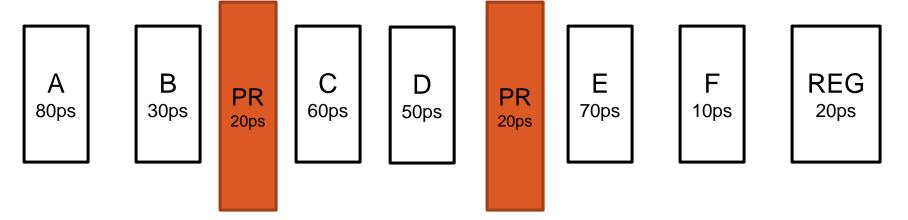
$$W = \frac{1}{T_I} = \frac{1}{320 \cdot 10^{-12}} = 3.125 \cdot 10^9 pod/s$$

A 80ps B C 60ps PR 20ps D E 70ps F 10ps

$$A - C = 80 + 30 + 60 = 170 ps$$
  
 $D - F = 50 + 70 + 10 = 130 ps$ 

$$T_{CA} = 170 + 20 = 190ps$$
  
 $T_{LA} = 2 \cdot T_{CA} = 2 \cdot 190 = 380ps$ 

$$W_A = \frac{1}{T_{CA}} = \frac{1}{190 \cdot 10^{-12}} = 5.263 \cdot 10^9 pod/s$$

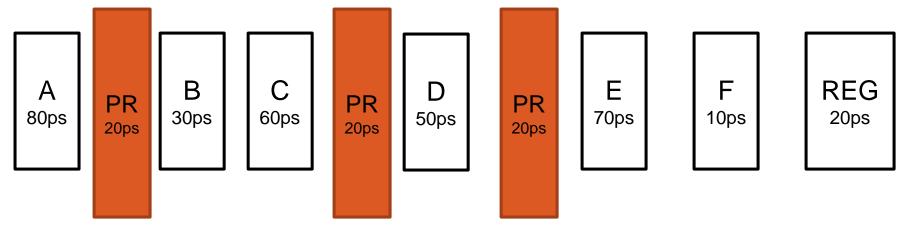


$$A - B = 80 + 30 = 110ps$$
  
 $C - D = 60 + 50 = 110ps$   
 $E - F = 70 + 10 = 80ps$ 

$$T_{CB} = 110 + 20 = 130ps$$
  
 $T_{LB} = 3 \cdot T_{CB} = 3 \cdot 130 = 390ps$ 

$$W_B = \frac{1}{T_{CR}} = \frac{1}{130 \cdot 10^{-12}} = 7.692 \cdot 10^9 pod/s$$

### ZADATAK 1 - C

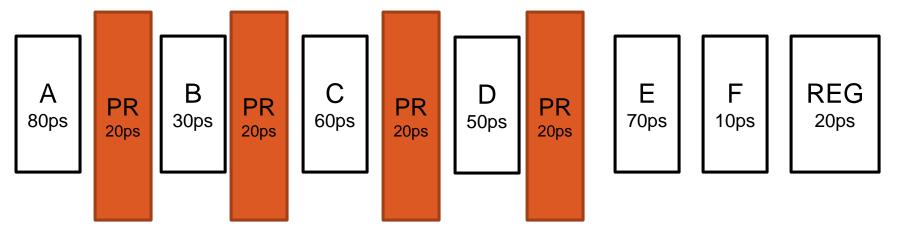


$$A = 80ps$$
 $B - C = 30 + 60 = 90ps$ 
 $D = 50ps$ 
 $E - F = 70 + 10 = 80ps$ 

$$T_{CC} = 90 + 20 = 110ps$$
  
 $T_{LC} = 4 \cdot T_{CC} = 4 \cdot 110 = 440ps$ 

$$W_C = \frac{1}{T_{CC}} = \frac{1}{110 \cdot 10^{-12}} = 9.09 \cdot 10^9 pod/s$$

### ZADATAK 1 - D



$$A = 80ps$$
,  $B = 30ps$ ,  $C = 60ps$ ,  $D = 50ps$ ,  $E - F = 70 + 10 = 80ps$ 

$$T_{CD} = 80 + 20 = 100ps$$
  
 $T_{LD} = 5 \cdot T_{CD} = 5 \cdot 100 = 500ps$ 

$$W_D = \frac{1}{T_{CD}} = \frac{1}{100 \cdot 10^{-12}} = 10 \cdot 10^9 = 10^{10} \ pod/s$$

### **ZADATAK 2**

- Dat je deo programa koji se izvršava na celobrojnom protočnom sistemu DLX.
   Pretpostaviti da su sva obraćanja memoriji pogoci keša. Početni sadržaj registra R3 je R2 + 396.
  - A. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija bez ikakvih premošćavanja ali pretpostaviti da upis u registar prethodi čitanju istog registra u istom ciklusu kloka. Koliko ciklusa zahteva izvršenje petlje?
  - B. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija pri postojanju hardvera za premošćavanje. Koliko ciklusa zahteva izvršenje petlje?

```
pon:
```

```
LW R1, O(R2)
ADDI R1, R1, #1
SW R1, O(R2)
ADDI R2, R2, #4
SUB R4, R3, R2
BNEZ R4, pon
```

```
R3 = R2 + 396

R4 = R3 - R2, R2 se u svakom koraku povećava za 4

Pogram se vraća na početak dok R2 ne postane R3

(posle 99 prolaska = 396 / 4 = 99)
```

### **ZADATAK 2**

- IF pribavljanje instrukcije
- ID dekodiranje instrukcije, pribavljanje operanada iz registra
- EX izvršenje instrukcije
- ME obraćanje memoriji
- WB upis rezultata u odredišni registar

Za obavljanje svake od faza instrukcije CPU ima odgovarajući stepen. Ovih 5 stepena obrazuju linearni niz stepena kroz koji prolazi svaka instrukcija.

### Hazardi

- Strukturni
- Hazardi podataka
  - Čitanje nakon upisa (prava zavisnost)
  - Upis nakon upisa (izlazna zavisnost)
  - Upis nakon čitanja (anti zavisnost)
- Hazardi upravljanja

## Izbegavanje hazarda premošćavanjem

 Sastoji se u dostavljanju izvorišnih operanada zavisnim instrukcijama pre nego što ih instrukcije proizvođači rezultata upišu u odredišne registre.

pon:	4
LW	R1, O(R2)
ADDI	R1, R1, #1

SW R1, O(R2)

**ADDI** R2, R2, #4

**SUB** R4, R3, R2

BNEZ R4, pon

IF	ID	EX	ME	WB													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

pon:

IF	ID	EX	ME	WB													
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

pon:

**BNEZ** 

LW R1, O(R2)
ADDI R1, R1, #1
SW R1, O(R2)
ADDI R2, R2, #4
SUB R4, R3, R2

R4, pon

IF	ID	EX	ME	WB													
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB										
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

pon:

IF	ID	EX	ME	WB													
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB										
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB							
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

pon:

IF	ID	EX	ME	WB													
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB										
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB							
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB						
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB													
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB										
		IF	*	*	ID	*	*	ΕX	ME	WB							
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB						
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB			
									IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

#### pon:

LW R1, O(R2)
ADDI R1, R1, #1
SW R1, O(R2)
ADDI R2, R2, #4
SUB R4, R3, R2
BNEZ R4, pon

IF	ID	EX	ME	WB													IF
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB										
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB							
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB						
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB			
									IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

17 ciklusa – 1 prolaz 99 puta se prolazi kroz petlju, ukupno:  $17 \cdot 99 + 1 = 1684 \ ciklusa$ . 1 se dodaje zbog poslednje WB.

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	<b>R1</b> , #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
<b>BNEZ</b>	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	EX						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID			WB						
	IF	ID	*	EX						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1, O(R2)	
ADDI	R1, R1, #1	
SW	R1, O(R2)	
ADDI	R2, R2, #4	
SUB	R4, R3, R2	
<b>BNEZ</b>	R4, pon	

IF	ID	EX		WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI		R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID	EX	ME							
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI		R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB		R3, R2
<b>BNEZ</b>	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	* '	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
<b>BNEZ</b>	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
					IF	ID	EX			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
<b>BNEZ</b>	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
					IF	ID	EX			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	R1, #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	R2, #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID		ME			
					IF	ID	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	<b>R1</b> , 0(	R2)
ADDI	R1, R1	, #1
SW	<b>R1</b> , 0(	R2)
ADDI	R2, R2	<b>,</b> #4
SUB	R4, R3	, R2
BNEZ	R4, po	n (

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
					IF	ID	EX	ME	WB	
						IF	ID	EX		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	R1,	O(R2)
ADDI	R1,	<b>R1</b> , #1
SW	R1,	O(R2)
ADDI	R2,	<b>R2</b> , #4
SUB	R4,	R3, R2
BNEZ	R4,	pon

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
					IF	ID	EX	ME	WB	
						IF	ID	EX		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

LW	<b>R1</b> , 0	(R2)
ADDI	R1, R	L, #1
SW	<b>R1</b> , 0	(R2)
ADDI	R2, R2	<mark>2</mark> , #4
SUB	R4, R3	3, R2
BNEZ	R4, po	on (

IF	ID	EX	ME	WB						
	IF	ID	*	<b>EX</b>	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
					IF	ID	EX	ME	WB	
						IF	ID	EX	ME	WB
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

#### pon:

BNEZ	R4,	pon	
SUB	R4,	R3,	<b>R2</b>
ADDI	R2,	<b>R2</b> ,	#4
SW	R1,	0(R2	2)
ADDI	R1,	<b>R1</b> ,	#1
LW	R1,	$O(R^2)$	2)

IF	ID	EX	ME	WB						IF
	IF	ID	*	<b>V</b> EX	ME	WB				
		IF	*	ID	EX	ME	WB			
				IF	ID	EX	ME	WB		
					IF	ID	EX	ME	WB	
						IF	ID	EX	ME	WB
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

10 ciklusa – 1 prolaz

99 puta se prolazi kroz petlju, ukupno:  $10 \cdot 99 + 1 = 991 \ ciklusa$ , 1 se dodaje zbog poslednje WB.

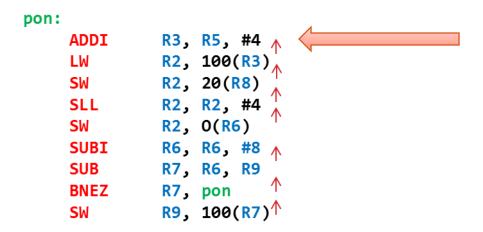
### **ZADATAK 3**

- Dat je deo programa koji se izvršava na celobrojnom protočnom sistemu DLX. Pretpostaviti da su sva obraćanja memoriji pogoci keša. Početni sadržaj registra R6 je R9 + 96.
  - A. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija bez ikakvih premošćavanja ali pretpostaviti da upis u registar prethodi čitanju istog registra u istom ciklusu kloka. Pretpostaviti da se grananjima rukuje predviđanjem da neće biti obavljena. Koliko ciklusa zahteva izvršenje ovog dela programa?
  - B. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija pri postojanju hardvera za premošćavanje. Za svako premošćavanje ukazati na ciklus kloka u kome se ono vrši, kao i na protočni stepen iz koga se podatak za premošćavanje uzima i protočni stepen kome je podatak dostavljen. Pretpostaviti da se grananjima rukuje predviđanjem da će biti obavljena. Koliko ciklusa zahteva izvršenje ovo programa?

```
ADDI
         R3, R5, #4
         R2, 100(R3)
LW
SW
         R2, 20(R8)
SLL
         R2, R2, #4
SW
         R2, O(R6)
         R6, R6, #8
SUBI
SUB
         R7, R6, R9
BNEZ
         R7, pon
SW
         R9, 100(R7)
```

### **ZADATAK 3**

```
pon:
    ADDI
              R3, R5, #4 ∧
              R2, 100(R3)
    LW
              R2, 20(R8)
    SW
              R2, R2, #4
    SLL
    SW
              R2, O(R6)
                                                Razlika se smanjuje za 8
    SUBI
              R6, R6, #8 ∧
                                                pa ima 96 / 8 = 12 prolaska
    SUB
              R7, R6, R9
              R7, pon
    BNEZ
              R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
    SW
```



IF	ID	EX	ME	WB																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

```
pon:
    ADDI
               R3, R5, #4 _
               R2, 100(R3)
     LW
               R2, 20(R8)
     SW
               R2, R2, #4
     SLL
     SW
               R2, O(R6)
               R6, R6, #8 ∧
     SUBI
     SUB
               R7, R6, R9
               R7, pon
     BNEZ
               R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

pon:		
	ADDI	R3, R5, #4 ↑
	LW	R2, 100(R3)
	SW	R2, 20(R8)
	SLL	R2, R2, #4
	SW	R2, O(R6)
	SUBI	R6, R6, #8 ↑
	SUB	R7, R6, R9
	BNEZ	R7, pon ↑
	SW	R9, 100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

```
pon:
    ADDI
               R3, R5, #4 ∧
               R2, 100(R3)
     LW
               R2, 20(R8)
     SW
               R2, R2, #4
     SLL
     SW
               R2, O(R6)
               R6, R6, #8 ∧
     SUBI
     SUB
               R7, R6, R9
               R7, pon
     BNEZ
               R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

pon:		
	ADDI	R3, R5, #4 <sub>1</sub>
	LW	R2, 100(R3)
	SW	R2, 20(R8) $^{\text{T}}$
	SLL	R2, R2, #4 $^{T}_{\Lambda}$
	SW	R2, O(R6)
	SUBI	R6, R6, #8 ^
	SUB	R7, R6, R9
	BNEZ	R7, pon ↑
	SW	R9, 100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

pon:		
	ADDI	R3, R5, #4 ↑
	LW	R2, 100(R3)
	SW	R2, 20(R8)
	SLL	R2, R2, #4
	SW	R2, O(R6)
	SUBI	R6, R6, #8 ^
	SUB	R7, R6, R9
	<b>BNEZ</b>	R7, pon ^
	SW	R9, 100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB									
									IF	*	*	ID	EX	ME	WB								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

pon:		
	ADDI	R3, R5, #4 ↑
	LW	R2, 100(R3)
	SW	R2, 20(R8)
	SLL	R2, R2, #4
	SW	R2, O(R6)
	SUBI	R6, R6, #8 ^
	SUB	R7, R6, R9
	BNEZ	R7, pon ↑
	SW	R9, 100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB									
									IF	*	*	ID	EX	ME	WB								
												IF	ID	*	*	EX	ME	WB					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

pon:		
	ADDI	R3, R5, #4
	LW	R2, 100(R3)
	SW	R2, 20(R8)
	SLL	R2, R2, #4
	SW	R2, O(R6)
	SUBI	R6, R6, #8 ∧
	SUB	R7, R6, R9
	BNEZ	R7, pon
	SW	R9, 100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB									
									IF	*	*	ID	EX	ME	WB								
												IF	ID	*	*	EX	ME	WB					
													IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

pon:				
	ADDI	R3,	R5, #4 ∧	
	LW	R2,	100(R3)	
	SW		20(R8) 1	
	SLL		R2, #4 <sup>T</sup>	
	SW	R2,	O(R6)	
	SUBI	R6,	R6, #8 ∧	
	SUB	R7,	R6 R9	
	BNEZ		pon 1	
	SW	R9,	100(R7) <sup>↑</sup>	

IF	ID	EX	ME	WB																			
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB									
									IF	*	*	ID	EX	ME	WB								
												IF	ID	*	*	EX	ME	WB					
													IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB		
																IF	*	*	ID	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

```
pon:
     ADDI
                R3, R5, #4 ∧
                R2, 100(R3)
     LW
                R2, 20(R8)
     SW
     SLL
                R2, R2, #4
     SW
                R2, O(R6)
                R6, R6, #8 ∧
     SUBI
     SUB
                R7, R6, R9
     BNEZ
                R7, pon
                R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

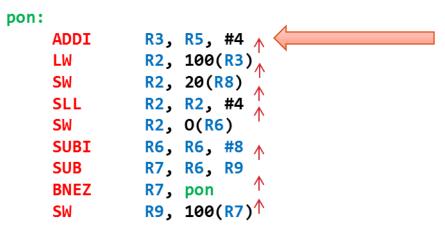
IF	ID	EX	ME	WB																	IF		
	IF	ID	*	*	EX	ME	WB																
		IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB													
					IF	*	*	ID	EX	ME	WB												
								IF	ID	*	*	EX	ME	WB									
									IF	*	*	ID	EX	ME	WB								
												IF	ID	*	*	EX	ME	WB					
													IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB		
																IF	*	*	ID	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

21 ciklus – 1 prolaz

12 prolaska

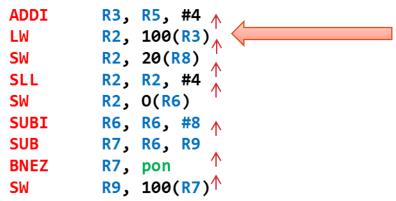
**Ukupno:**  $21 \cdot 12 + 2 = 254 \ ciklusa$ , 2 se dodaje zbog poslednje **ME** i **WB**.





IF	ID	EX	ME	WB												
4	2	2	4	_				0	40	44	42	42	4.4	45	4.6	47
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	<b>17</b>





IF	ID	EX	<sub>Ι</sub> ΜΕ	WB												
	IF	ID	<b>VEX</b>													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<b>15</b>	16	17

```
ADDI
           R3, R5, #4 ∧
           R2, 100(R3)
R2, 20(R8)
LW
SW
           R2, R2, #4
SLL
SW
           R2, O(R6)
           R6, R6, #8 ∧
SUBI
SUB
           R7, R6, R9
           R7, pon
BNEZ
           R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
SW
```

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<b>15</b>	16	17

ADDI	R3,	R5, #4 ↑
LW	R2,	100(R3)
SW	R2,	20(R8)
SLL		R2, #4 1
SW	R2,	O(R6)
SUBI	R6,	R6, #8 ↑
SUB	R7,	R6, R9
BNEZ		pon
SW		100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	ME	WB												
	IF	ID	EX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<b>15</b>	16	17

## ADDI R3, R5, #4 ↑ LW R2, 100(R3) ↑ SW R2, 20(R8) ↑ SLL R2, R2, #4 ↑ SW R2, 0(R6)

SUBI	R6,	R6, #8 ∧	\
SUB	R7,	R6, R9	
BNEZ		pon	
SW	R9,	100(R7)	\

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

**SUB** 

SW

**BNEZ** 

## ADDI R3, R5, #4 ↑ LW R2, 100(R3) ↑ SW R2, 20(R8) ↑ SLL R2, R2, #4 ↑ SW R2, 0(R6) SUBI R6, R6, #8 ↑

R7, R6, R9 R7, pon

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	VEX											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

**SUB** 

SW

**BNEZ** 

## ADDI R3, R5, #4 ↑ LW R2, 100(R3) ↑ SW R2, 20(R8) ↑ SLL R2, R2, #4 ↑ SW R2, 0(R6) SUBI R6, R6, #8 ↑

R7, R6, R9 R7, pon

IF	ID	EX	ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	VEX	ME	WB									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

**BNEZ** 

SW

# PON: ADDI R3, R5, #4 LW R2, 100(R3) SW R2, 20(R8) SLL R2, R2, #4 SW R2, 0(R6) SUBI R6, R6, #8 SUB R7, R6, R9

R7, pon

IF	ID	EX	ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

SW

#### pon: ADDI R3, R5, #4 ∧ R2, 100(R3) LW R2, 20(R8) SW R2, R2, #4 SLL R2, O(R6) SW R6, R6, #8 ∧ SUBI **SUB** R7, R6, R9 R7, pon **BNEZ**

IF	ID	EX	<sub>Ι</sub> ΜΕ	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WВ											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<b>15</b>	16	17

#### pon: ADDI R3, R5, #4 ∧ R2, 100(R3) LW R2, 20(R8) SW R2, R2, #4 SLL SW R2, O(R6) R6, R6, #8 ∧ SUBI **SUB** R7, R6, R9 R7, pon **BNEZ** R9, 100(R7)<sup>↑</sup> SW

IF	ID	EX	ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	ME	WB							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

SW

```
pon:
    ADDI
              R3, R5, #4 ∧
              R2, 100(R3)
    LW
              R2, 20(R8)
    SW
              R2, R2, #4
    SLL
    SW
              R2, O(R6)
              R6, R6, #8 ∧
    SUBI
              R7, R6, R9
    SUB
              R7, pon
    BNEZ
```

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	<b>VEX</b>	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	VEX	ME	<sub>l</sub> WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	ME	WB							
						IF	ID '	VEX								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

#### pon: ADDI R3, R5, #4 ∧ R2, 100(R3) LW R2, 20(R8) SW R2, R2, #4 SLL SW R2, O(R6) R6, R6, #8 ^ SUBI **SUB** R7, R6, R9 **BNEZ** R7, pon R9, 100(R7)<sup>↑</sup> SW

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							
						IF	ID	VEX	ME	WB						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

```
pon:
    ADDI
               R3, R5, #4 ∧
               R2, 100(R3)
     LW
               R2, 20(R8)
     SW
               R2, R2, #4
     SLL
     SW
               R2, O(R6)
               R6, R6, #8 ∧
     SUBI
     SUB
               R7, R6, R9
               R7, pon
     BNEZ
               R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							
						IF	ID	VEX	ME	WB						
							IF	ID	EΧ							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

```
pon:
    ADDI
               R3, R5, #4 ∧
               R2, 100(R3)
     LW
               R2, 20(R8)
     SW
               R2, R2, #4
     SLL
     SW
               R2, O(R6)
               R6, R6, #8 ∧
     SUBI
     SUB
               R7, R6, R9
               R7, pon
     BNEZ
               R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							
						IF	ID	VEX	ME	WB						
							IF	ID	EΧ	ME	WB					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

```
pon:
    ADDI
               R3, R5, #4 ∧
               R2, 100(R3)
     LW
               R2, 20(R8)
     SW
               R2, R2, #4
     SLL
     SW
               R2, O(R6)
     SUBI
               R6, R6, #8 ∧
     SUB
               R7, R6, R9
               R7, pon
     BNEZ
               R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	<b>VEX</b>	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							
						IF	ID	VEX	ME	WB						
							IF	ID	EΧ	ME	WB					
								#								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

```
pon:
    ADDI
               R3, R5, #4 ∧
               R2, 100(R3)
     LW
               R2, 20(R8)
     SW
               R2, R2, #4
     SLL
     SW
               R2, O(R6)
     SUBI
               R6, R6, #8 ∧
     SUB
               R7, R6, R9
               R7, pon
     BNEZ
               R9, 100(R7)<sup>↑</sup>
     SW
```

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB												
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							
						IF	ID	VEX	ME	WB						
							IF	ID	EΧ	ME	WB					
								#			IF	ID	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

```
pon:
```

ADDI	R3,	R5, #4 ∧
LW	R2,	R5, #4 100(R3)
SW	R2,	20(R8)
SLL	R2,	KZ, #4 ∧
SW	R2,	O(R6)
SUBI	R6,	R6, #8 ↑
SUB	R7,	R6 R9
BNEZ		pon 1
SW	R9,	100(R7) <sup>↑</sup>

IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							IF					
	IF	ID	VEX	ME	WB											
		IF	ID	EX	ME	WB										
			IF	ID	V <sub>EX</sub>	ME	WB									
				IF	ID	EX	ME	WB								
					IF	ID	EX	<sub> </sub> ME	WB							
						IF	ID	VEX	ME	WB						
							IF	ID	EΧ	ME	WB					
								#			IF	ID	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

12 ciklusa – 1 prolaz

11 prolaska

**Ukupno:**  $12 \cdot 11 + 5 = 137 \ ciklusa$ , 5 se dodaje zbog poslednje **IF**, **ID**, **EX**, **ME**, **WB**.

#### **ZADATAK 4**

- Dat je deo programa koji se izvršava na protočnom sistemu DLX uz korišćenje standardnog FP protočnog sistema. Pretpostaviti da su sva obraćanja memoriji pogoci keša. Početni sadržaj registra R4 je R2 + 792.
  - A. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija bez ikakvih premošćavanja ali pretpostaviti da upis u registar prethodi čitanju istog registra u istom ciklusu kloka. Pretpostaviti da se grananjima rukuje predviđanjem da neće biti obavljena. Koliko ciklusa zahteva izvršenje ovog dela programa?
  - B. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija pri postojanju hardvera za premošćavanje. Koliko ciklusa zahteva izvršenje ovo programa?

```
F0, O(R2)
LD
         F4, O(R3)
LD
         F0, F0, F4
MULD
         F2, F0, F2
ADDD
         R2, R2, #8
ADDI
ADDI
         R3, R3, #8
SUB
         R5, R4, R2
BNEZ
         R5, pon
```

#### **ZADATAK 4**

- Dat je deo programa koji se izvršava na protočnom sistemu DLX uz korišćenje standardnog FP protočnog sistema. Pretpostaviti da su sva obraćanja memoriji pogoci keša. Početni sadržaj registra R4 je R2 + 792.
  - A. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija bez ikakvih premošćavanja ali pretpostaviti da upis u registar prethodi čitanju istog registra u istom ciklusu kloka. Pretpostaviti da se grananjima rukuje predviđanjem da neće biti obavljena. Koliko ciklusa zahteva izvršenje ovog dela programa?
  - B. Prikazati vremenski dijagram izvršenja ovog niza instrukcija pri postojanju hardvera za premošćavanje. Koliko ciklusa zahteva izvršenje ovo programa?

```
pon:
```

```
Petlja se izvršava: 782 / 8 = 99 puta
        F0, O(R2)
LD
        F4, O(R3)
LD
        F0, F0, F4
MULD
                          FP:
        F2, F0, F2
ADDD
                          Množenje traje 7 ciklusa (nema ME)
        R2, R2, #8
ADDI
                          Sabiranje traje 4 ciklusa (nema ME)
ADDI
        R3, R3, #8
SUB
        R5, R4, R2
BNEZ
        R5, pon
```

LD	F0, O(R2)
LD	F4, O(R3)
MULD	F0, F0, F4
ADDD	F2, F0, F2
ADDI	R2, R2, #8
ADDI	R3, R3, #8
SUB	R5, R4, R2
BNEZ	R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<b>15</b>	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	<b>26</b>

LD	F0, O(R2)
LD	F4, O(R3)
MULD	F0, F0, F4
ADDD	F2, F0, F2
ADDI	R2, R2, #8
ADDI	R3, R3, #8
SUB	R5, R4, R2
BNEZ	R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<b>25</b>	26

LD	F0, O(R2)
LD	F4, O(R3)
MULD	F0, F0, F4
ADDD	F2, F0, F2
ADDI	R2, R2, #8
ADDI	R3, R3, #8
SUB	R5, R4, R2
BNEZ	R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	WB												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

```
F0, O(R2)
LD
         F4, O(R3)
LD
         F0, F0, F4
MULD
         F2, F0, F2
ADDD
         R2, R2, #8
ADDI
ADDI
         R3, R3, #8
         R5, R4, R2
SUB
BNEZ
         R5, pon
```

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	<b>A1</b>	<b>A2</b>	А3	Α4	WB							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

```
F0, O(R2)
LD
         F4, O(R3)
LD
         F0, F0, F4
MULD
         F2, F0, F2
ADDD
         R2, R2, #8
ADDI
ADDI
         R3, R3, #8
         R5, R4, R2
SUB
         R5, pon
BNEZ
```

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	М7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	<b>A1</b>	A2	А3	Α4	WB							
						IF	*	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<b>25</b>	26

#### pon:

F0, O(R2) LD F4, O(R3) LD F0, F0, F4 MULD F2, F0, F2 **ADDD** R2, R2, #8 ADDI R3, R3, #8 ADDI R5, R4, R2 SUB R5, pon **BNEZ** 

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	<b>A1</b>	A2	А3	Α4	WB							
						IF	*	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB								
														IF	ID	EX	ME								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<b>25</b>	26

LD	F0, O(R2)
LD	F4, O(R3)
MULD	F0, F0, F4
ADDD	F2, F0, F2
ADDI	R2, R2, #8
ADDI	R3, R3, #8
SUB	R5, R4, R2
BNEZ	R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	<b>A1</b>	A2	А3	Α4	WB							
						IF	*	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB								
														IF	ID	EX	ME	*	WB						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

#### pon:

F0, O(R2) LD F4, O(R3) LD F0, F0, F4 MULD F2, F0, F2 **ADDD** R2, R2, #8 ADDI R3, R3, #8 ADDI R5, R4, R2 SUB **BNEZ** R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	М7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	<b>A1</b>	A2	А3	Α4	WB							
						IF	*	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB								
														IF	ID	EX	ME	*	WB						
															IF	ID	*	*	EX	ME	WB				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<b>25</b>	26

LD	F0, O(R2)
LD	F4, O(R3)
MULD	F0, F0, F4
ADDD	F2, F0, F2
ADDI	R2, R2, #8
ADDI	R3, R3, #8
SUB	R5, R4, R2
BNEZ	R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																					
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	A1	A2	А3	Α4	WB							
						IF	*	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB								
														IF	ID	EX	ME	*	WB						
															IF	ID	*	*	EX	ME	WB				
																IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

#### pon:

LD	FØ,	O(R2)	
LD	F4,	O(R3)	
MULD	F0,	F0, F4	4
ADDD	F2,	F0, F2	2
ADDI	R2,	R2, #8	3
ADDI	R3,	R3, #8	3
SUB	R5,	R4, R2	2
BNEZ	R5,	pon	

IF	ID	EX	ME	WB																				IF	
	IF	ID	EX	ME	WB																				
		IF	ID	*	*	М1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	WB												
			IF	*	*	ID	*	*	*	*	*	*	*	<b>A1</b>	A2	А3	Α4	WB							
						IF	*	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB								
														IF	ID	EX	ME	*	WB						
															IF	ID	*	*	EX	ME	WB				
																IF	*	*	ID	*	*	EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<b>15</b>	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	<b>26</b>

24 ciklusa – 1 prolaz

99 prolaska

**Ukupno:**  $24 \cdot 99 + 1 = 2377 \ ciklusa$ , 1 se dodaje zbog poslednje **WB**.



#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

#### pon:

LD F0, O(R2) LD F4, O(R3)

MULD F0, F0, F4 ADDD F2, F0, F2

ADDI R2, R2, #8

ADDI R3, R3, #8

**SUB** R5, R4, R2

BNEZ R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

LD	F0,	0(R2	2)		
LD	F4,	0(R3	3)		
MULD	F0,	FØ,	F4		
ADDD	F2,	F0,	F2		
ADDI	R2,	R2,	#8		
ADDI	R3,	R3,	#8		
SUB	R5,	R4,	R2		
BNEZ	R5,	pon			

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	* •	M1															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	* '	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	WB								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	<sub>I</sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	⁄A1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	<sub>I</sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	<b>√</b> A1	<b>A2</b>	А3	<b>A4</b>	WB				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

5

6

#### pon:

F0, O(R2) LD LD F4, O(R3) F0, F0, F4 MULD F2, F0, F2 **ADDD** R2, R2, #8 ADDI ADDI R3, R3, #8 SUB R5, R4, R2 R5, pon BNEZ

8

EX ME WB IF ID ME WB IF EX ID \* **₩**1 M5 M6 M7 WB IF ID **M2** M3 M4 \* \* \* \* \* \* A4 WB IF ID /A1 **A2 A3** \* EX IF ID ME WB

11

**12** 

**13** 

10

14

**15** 

**16** 

**17** 

18

**19** 

20

21

#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	<sub> </sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	<b>√</b> A1	<b>A2</b>	А3	<b>A4</b>	WB				
					IF	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB					
												IF	ID	EX	ME	*	WB			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

#### pon:

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	<sub>l</sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	<b>√</b> A1	<b>A2</b>	А3	Α4	WB				
					IF	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB					
												IF	ID	EX	ME	*	WB			
													IF	ID	VEX					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

LD	F0, O(R2)
LD	F4, O(R3)
MULD	F0, F0, F4
ADDD	F2, F0, F2
ADDI	R2, R2, #8
ADDI	R3, R3, #8
SUB	R5, R4, R2
BNEZ	R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	<sub> </sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	⁄A1	<b>A2</b>	А3	Α4	WB				
					IF	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB					
												IF	ID	EX	ME	*	WB			
													IF	ID	<b>VEX</b>	*	ME	WB		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

LD	F0,	0(R2	2)
LD	F4,	0(R3	3)
MULD	F0,	FØ,	F4
ADDD	F2,	FØ,	F2
ADDI	R2,	R2,	#8
ADDI	R3,	R3,	#8
SUB	R5,	R4,	<b>R2</b>
BNEZ	R5,	pon	_

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	<sub>I</sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	√A1	<b>A2</b>	А3	Α4	WB				
					IF	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	<sub> </sub> WB					
												IF	ID	EX	ME	*	WB			
													IF	ID	<b>VEX</b>	*	ME	WB		
														IF	ID	* \	/EX			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

F0,	0(R2	2)
F4,	0(R3	3)
F0,	FØ,	<b>F4</b>
F2,	FØ,	F2
R2,	R2,	#8
R3,	R3,	#8
R5,	R4,	<b>R2</b>
R5,	pon	
	F4, F0, F2, R2, R3, R5,	F0, O(R2 F4, O(R3 F0, F0, F2, F0, R2, R2, R3, R3, R5, R4, R5, pon

IF	ID	EX	ME	WB																
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	<sub>l</sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	* •	<b>√</b> A1	<b>A2</b>	А3	Α4	WB				
					IF	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB					
												IF	ID	EX	ME	*	WB			
													IF	ID	EX	*	ME	WB		
														IF	ID	*	<b>∕EX</b>	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

#### pon:

F0, O(R2) LD LD F4, O(R3) MULD F0, F0, F4 ADDD F2, F0, F2 ADDI R2, R2, #8 R3, R3, #8 ADDI R5, R4, R2 SUB R5, pon **BNEZ** 

IF	ID	EX	ME	WB															IF	
	IF	ID	EX	ME	WB															
		IF	ID	*	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	<sub>I</sub> WB								
			IF	*	ID	*	*	*	*	*	*	√A1	A2	А3	Α4	WB				
					IF	*	*	*	*	*	*	ID	EX	ME	WB					
												IF	ID	EX	ME	*	WB			
													IF	ID	<b>VEX</b>	*	ME	WB		
														IF	ID	* \	/EX	ME	WB	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

19 ciklusa – 1 prolaz

99 prolaska

**Ukupno:**  $19 \cdot 99 + 1 = 1882 \ ciklusa$ , 1 se dodaje zbog poslednje **WB**.