


Arhitektura i organizacija računara 2

Dinamička predikcija grananja **Dinamičko preuređenje** **instrukcija**

Scoreboard tehnika, Tomasulov algoritam



Katedra za računarstvo
Elektronski fakultet u Nišu
Univerzitet u Nišu

Zadatak 1

- Program P sadrži dve naredbe uslovnog grananja **CB-1** i **CB-2**. Ishodi grananja zavise od vrednosti promenljive **A** u programu. U sledećoj tabeli dati su ishodi naredbi grananja kada se program P izvršava za različite vrednosti promenljive A (**T** – grananje se obavlja, **NT** – grananje se ne obavlja).

Vrednost A	CB-1	CB-2
1	T	T
2	NT	NT
3	NT	T

Zadatak 1

- A. Ako se koriste **1-bitni prediktori** koji su **inicijalizovani na "NT"** popuniti tabelu pri čemu CB-P označava predikciju, CB-A akciju, a CB-U novu vrednost prediktora.
- B. Ako se koriste **2-bitni prediktori** koji su implementirani kao zasićeni brojači koji su **inicijalizovani na 00**, popuniti tabelu pri čemu CB-P označava predikciju, CB-A akciju, a CB-U novu vrednost prediktora.
- C. Ako se koriste **(1,1) korelacioni prediktori** koji su **inicijalizovani na (NT/NT)**, i poslednje grananje se **nije obavilo**, popuniti tabelu pri čemu CB-P označava predikciju, CB-A akciju, a CB-U novu vrednost prediktora.

Zadatak 1 - rešenje

Vrednost A	CB-1	CB-2
1	T	T
2	NT	NT
3	NT	T

A. Ako se koriste **1-bitni prediktori** koji su **inicijalizovani na "NT"** popuniti tabelu pri čemu

A. CB-P označava predikciju,

B. CB-A akciju, a

C. CB-U novu vrednost prediktora.

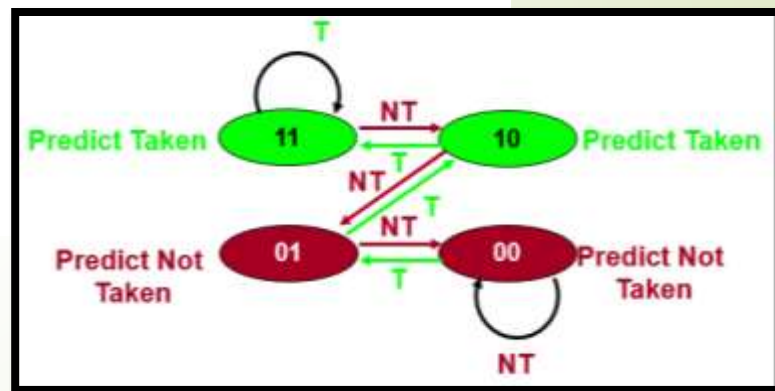
A	CB-1:P	CB-1:A	CB-1:U	CB-2:P	CB-2:A	CB-2:U
2	NT	NT	NT	NT	NT	NT
1	NT	T	T	NT	T	T
3	T	NT	NT	T	T	T

Zadatak 1 - rešenje

Vrednost A	CB-1	CB-2
1	T	T
2	NT	NT
3	NT	T

B. Ako se koristi **2-bitni prediktori** koji su implementirani kao zasićeni brojači koji su **inicijalizovani na 00**, popuniti i tabelu pri čemu

- A. CB-P označava predikciju,
- B. CB-A akciju, a
- C. CB-U novu vrednost prediktora.



A	CB-1:P	CB-1:A	CB-1:U	CB-2:P	CB-2:A	CB-2:U
2	00	NT	00	00	NT	00
1	00	T	01	00	T	01
3	01	NT	00	01	T	10

Zadatak 1 - rešenje

Vrednost A	CB-1	CB-2
1	T	T
2	NT	NT
3	NT	T

C. Ako se koriste **(1,1) korelacioni prediktori** koji su **inicijalizovani na (NT/NT)**, i poslednje grananje se **nije obavilo**, popuniti tabelu pri čemu CB-P označava predikciju, CB-A akciju, a CB-U novu vrednost prediktora.

A	CB-1:P	CB-1:A	CB-1:U	CB-2:P	CB-2:A	CB-2:U
2	(NT/NT)	NT	(NT/NT)	(NT/NT)	NT	(NT/NT)
1	(NT/NT)	T	(T/NT)	(NT/NT)	T	(NT/T)
3	(T/NT)	NT	(T/NT)	(NT/T)	T	(T/T)

Zadatak 2

- Neka je data sledeća sekvenca aktuelnih ishoda za jednu naredbu grananja.
- T znači da je došlo do grananja (*branch taken*), a N do grananja nije došlo (*branch not taken*). U konkretnom slučaju pretpostaviti da je to jedinstvena instrukcija tipa *Branch* u programu.


T T T N T N T T T N T N T T T N T N

- Usvojiti da se predviđanje ishoda grananja obavlja pomoću BHT **korišćenjem jedno-bitnih brojača**. Brojači kod BHT-a se **inicijaliziraju na stanje N**. Koja će od grananja (*branches*) u datoj sekvenci biti pogrešno predviđena (*miss-predicted*)?

Zadatak 2 - rešenje

T T T N T N T T T N T N T T T N T N

Stanje prediktora pre predikcije	Ishod grananja	Pogrešna predikcija?
N	T	Da
T	T	Ne
T	T	Ne
T	N	Da
N	T	Da
T	N	Da
N	T	Da
T	T	Ne
T	T	Ne



T	N	Da
N	T	Da
T	N	Da
N	T	Da
T	T	Ne
T	T	Ne
T	N	Da
N	T	Da
T	N	Da

Zadatak 3 - Scoreboard tehnika

- Predpostavimo da EXE faza ADDD I SUBD instrukcije traje 1 klok, a množenje 2 kloka. U sistemu postoje dve funkcionalne jedinice za sabiranje i oduzimanje. Popuniti tabele koje prikazuju stanja rezervacionih stanica i registra rezultata za svaki klok ciklus ako se izvršava sledeći niz instrukcija:

S1: MULTD F0, F1, F2

S2: ADDD F3, F0, F1

S3: ADDD F1, F2, F1

S4: SUBD F0, F1, F2

Inicijalne vrednosti registara su F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution complete	Write Result
S1	1			
S2				
S3				
S4				

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	Yes	multd	F0	F1	F2			Yes	Yes
Add1	No								
Add2	No								

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult			

ciklus

1

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution complete	Write Result
S1	1	2		
S2	2			
S3				
S4				

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	Yes	multd	F0	F1	F2			No	No
Add1	Yes	addd	F3	F0	F1	multd		No	Yes
Add2	No								

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult			add1

ciklus

2

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD **F0, F1, F2**
S2: ADDD **F3, F0, F1**
S3: ADDD **F1, F2, F1**
S4: SUBD **F0, F1, F2**

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution	Write Result
S1	1	2	3	
S2	2			
S3	3			
S4				

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	Yes	multd	F0	F1	F2			No	No
Add1	Yes	addd	F3	F0	F1	multd		No	Yes
Add2	Yes	addd	F1	F2	F1			Yes	Yes

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult	add2		add1

ciklus

3

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution complete	Write Result
S1	1	2	3-4	
S2	2	×		
S3	3	4		
S4				

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	Yes	multd	F0	F1	F2			No	No
Add1	Yes	addd	F3	F0	F1	multd		No	Yes
Add2	Yes	addd	F1	F2	F1			No	No

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult	add2		add1

ciklus

4

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution	Write Result
S1	1	2	3-4	5
S2	2			
S3	3	4	5	
S4				

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	No								
Add1	Yes	addd	F3	F0	F1			Yes	Yes
Add2	Yes	addd	F1	F2	F1			No	No

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka		add2		add1

ciklus

5

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution complete	Write Result
S1	1	2	3-4	5
S2	2	6		
S3	3	4	5	6
S4	6			

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	No								
Add1	Yes	addd	F3	F0	F1			No	No
Add2	Yes	subd	F0	F1	F2			Yes	Yes

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	add2			add1

ciklus

6

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD **F0, F1, F2**
S2: ADDD **F3, F0, F1**
S3: ADDD **F1, F2, F1**
S4: SUBD **F0, F1, F2**

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution	Write Result
S1	1	2	3-4	5
S2	2	6	7	
S3	3	4	5	6
S4	6	7		

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	No								
Add1	Yes	addd	F3	F0	F1			No	No
Add2	Yes	subd	F0	F1	F2			No	No

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	add2			add1

ciklus

7

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution	Write Result
S1	1	2	3-4	5
S2	2	6	7	8
S3	3	4	5	6
S4	6	7	8	

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	No								
Add1	No								
Add2	Yes	subd	F0	F1	F2			No	No

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	add2			

ciklus

8

Zadatak 3 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Read Operand	Execution	Write Result
S1	1	2	3-4	5
S2	2	6	7	8
S3	3	4	5	6
S4	6	7	8	9

Tabela statusa FU

FU	Busy	Op	Fi	Fj	Fk	Qj	Qk	Rj	Rk
Mult	No								
Add1	No								
Add2	Yes								

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka				

ciklus

9

Zadatak 4 - Tomasulov algoritam

- Predpostavimo da EXE faza ADDD I SUBD instrukcije traje 1 klok, a množenje 2 kloka. U sistemu postoje dve funkcionalne jedinice za sabiranje i oduzimanje. Popuniti tabele koje prikazuju stanja rezervacionih stanica i registra rezultata za svaki klok ciklus ako se izvršava sledeći niz instrukcija:

S1: MULTD F0, F1, F2

S2: ADDD F3, F0, F1

S3: ADDD F1, F2, F1

S4: SUBD F0, F1, F2

Inicijalne vrednosti registara su F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Zadatak 4 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Exe	Write res.
S1			
S2			
S3			
S4			

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult					
Add1					
Add2					

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka				



ISSUE S1

Zadatak 4 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Exe	Write res.
S1	1		
S2			
S3			
S4			

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult	muld	20	30		
Add1					
Add2					

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult			



ISSUE S1

Zadatak 4 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2	
S2	2		
S3			
S4			

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult	muld	20	30		
Add1	addd		20	mult	
Add2					

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult			add1



ISSUE S2

Zadatak 4 – rešenje

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=10, F1=20, F2=30, F3=40

Tabela statusa instrukcije

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2-3	
S2	2	✗	
S3	3		
S4			

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult	muld	20	30		
Add1	addd		20	mult	
Add2	addd	30	20		

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult	add2		add1



ISSUE S3

Zadatak 4 – rešenje

Tabela statusa instrukcije

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=**600**, F1=20, F2=30, F3=40

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2-3	4
S2	2	✗	
S3	3	4	
S4			

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult	muld				
Add1	addd	600	20		
Add2	addd	30	20		

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	mult	add2		add1



ISSUE S3

Zadatak 4 – rešenje

Tabela statusa instrukcije

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=**600**, F1=20, F2=30, F3=40

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2-3	4
S2	2	5	
S3	3	4	5
S4			

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult					
Add1	addd	600	20		
Add2	addd	30	20		

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka		add2		add1

ciklus

5

Zadatak 4 – rešenje

Tabela statusa instrukcije

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=600, F1=**50**, F2=30, F3=40

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2-3	4
S2	2	5	6
S3	3	4	5
S4	6		

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult					
Add1					
Add2	subd	50	30		

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	add2			



ISSUE S4

Zadatak 4 – rešenje

Tabela statusa instrukcije

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=600, F1=**50**, F2=30, F3=40

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2-3	4
S2	2	5	6
S3	3	4	5
S4	6	7	

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult					
Add1					
Add2	subd	50	30		

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka	add2			

ciklus

7

Zadatak 4 – rešenje

Tabela statusa instrukcije

S1: MULTD F0, F1, F2
S2: ADDD F3, F0, F1
S3: ADDD F1, F2, F1
S4: SUBD F0, F1, F2

F0=**20**, F1=50, F2=30, F3=40

	Issue	Exe	Write res.
S1	1	2-3	4
S2	2	5	6
S3	3	4	5
S4	6	7	

Tabela stanja rezervacionih stanica

Rez. stanica	Op	Vj	Vk	Qj	Qk
Mult					
Add1					
Add2					

Registar rezultata

Registar	F0	F1	F2	F3
Oznaka				

ciklus

8